

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RENAN MARRÉ BIAZATTI

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE COBERTURA DE
BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SOJA**

**PATO BRANCO
2022**

RENAN MARRÉ BIAZATTI

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE COBERTURA DE
BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SOJA**

**Decomposition And Nutrient Release Of Brachiaria Cover Crop In Function Of
Soybean Potassium Fertilization**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Dr^aTangriani Simioni Assmann

Coorientadora: Dr^a Raquel Santiago Barro

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco**



RENAN MARRE BIAZATTI

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE COBERTURA DE BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE
ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SOJA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Solos E Sistemas Integrados De Produção Agropecuária.

Data de aprovação: 09 de Fevereiro de 2022

Prof.a Tangriani Simioni Assmann, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Alceu Luiz Assmann, Doutorado - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (Iapar-Emater)

Prof Paulo Fernando Adami, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 25/02/2022.

"Dedico
A minha mãe
Ao meu pai
A minha irmã"

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter seguido comigo em toda minha vida.

À minha mãe Gloria Marré Biazatti, meu pai Jadir Ventorim Biazatti e irmã Scheila Cristina Biazatti deixo um agradecimento especial, por todas as lições de amor, companheirismo, amizade, caridade, dedicação, compreensão e inspiração que vocês me dão a cada novo dia. Sinto-me orgulhoso e privilegiado por ter essa família tão especial, AMO MUITO VOCÊS.

A Família Biazatti e Marré em especial minhas Avós Ozilia Ventorim e Penha Sezim, meu avô Amelio Biazatti, meu Padrinho Jose Nildo, e ao meus tios João Luiz, Conceição Aparecida, Evillyn, Gasparina, James Boffetti e Irineia por acreditar no meu sonho e sempre me motivar a seguir em frente.

A minha orientadora Dr^a. Tangriani Simioni Assmann pelo companheirismo, puxões de orelha, amizade e oportunidade de participar de um trabalho de pesquisa orientado por uma grande professora, pela ajuda na realização desse trabalho. Agradeço por todos os ensinamentos compartilhados de forma admirável, e por me guiar nos primeiros passos da pós-graduação. Muito obrigado por tudo!

A minha co-orientadora Dr^a Raquel Santiago Barro, que desde final da graduação esteve presente em minha vida, me ajudando, aconselhando e me dando vários puxões de orelha a qual carrego comigo sempre, saiba que guardo profunda admiração e inspiração. Você sempre estará no meu coração e como você sempre diz você é o anjo que caiu do céu na minha vida.

Aos professores Dr. Paulo Fernando Adami e Dr. Alceu Luis Assmann pela participação na banca e as sugestões de melhoria desse trabalho.

E a todos os professores que ao longo da minha vida transmitiram seus conhecimentos para minha formação.

Deixo também minha sincera admiração e agradecimento as minhas amigas/irmãs Gabriela Brancalione, Jilvana Barbara, Tayna Donel, que aceitaram a difícil tarefa de dividir apartamento comigo e que sempre estiveram em todos os momentos dessa jornada me acolhendo, me dando força e compartilhando momentos incríveis, vocês são a prova de que Deus coloca anjos em nosso caminho, amo vocês.

Agradeço as minhas mães de coração que me acolheram no paraná e que tenho profunda admiração e respeito Marta Brancalione, Graciela Kern, Eyde mig, Clarice Lenhart e Marlene Rank.

Aos meus Amigos que fiz no estado do Paraná Janete Milani, Jani, Elisangela Mesquita, Eduardo Francisco, Rafaela Brancalione, Neuza, Roselaine, Camila Lenhart, Sebastião Pinheiro, Eduardo Lenhart, Iverlene Uteinski Carlos noatto, Carla, Vanessa Pelissaro, Eliza Cielo, Micheli Aline, Franciele, Alex Mariano, Marcia, Erika, Ivelise, Renan, Sid, por todos os momentos felizes compartilhados e tamb pelo apoio nos momentos difíceis.

A Joelma Murliki, Milka Samara, Maria Luiza Pegorer, Katiane Viana, Caren Rodrigues,

Daiane Ceccon, Denize Perles, Ana Claudia Gervoni, Vanessa Rossow, Paula Fank, Aline Vieira, Maylon Roberto, Josiele antonielle, Vanessa Manetti, Lucas Henrique, Beatriz Cruz, Bruna Quintino, Kellyson, Poliana, Nina que mesmo com a distância vocês sempre estiveram presentes e me ajudaram durante o Mestrado, com um gesto de carinho ou uma palavra amiga. É muito bom saber que tenho vocês sempre comigo, meus bons e velhos amigos. Amo vocês!

Deixo meu imenso agradecimento aos meus companheiros de Pós-graduação, Luryan Tairini, Igor Severo, Bruna Gil, Laíse Souza, Luana e Camila.

A Patricia Mara de Almeida amiga que embarcou comigo no sonho da pós-graduação, agradeço pelo companheirismo diário no laboratório e na vida. Você tornou os dias de trabalho muito mais leves e divertidos. Obrigado por me ajudar em todos os momentos que precisei sou muito grato a você.

Ao meu namorado Bruno Lenhart Pinheiro e sua família por todo amor, amizade, carinho, compreensão e apoio em tantos momentos difíceis desta caminhada. Obrigado por permanecer ao meu lado sempre com sorrisos e paciência.

Agradeço imensamente a minha Psicóloga Dr^a Giliane Schmitz por não deixar me desaminar em momentos difíceis e mostrar os melhores caminhos a seguir e me ensinando a compreender e controlar meus sentimentos.

Agradeço a Fundação-MT e a APROSOJA pela parceria de projeto e a concessão da área para a realização do trabalho e ajuda durante esse processo.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram não só com esse trabalho, mas ao longo de toda jornada.

Ao LAQUA e a central de Análise por todo suporte prestado no laboratório, e ao projeto Universal pela concessão do equipamentos laboratoriais através do nº 420556/2016-8.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do mestrado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de incentivo concedida através do nº88887.519103/2020-00.

*Se escuto . . .
esqueço.*

*Se vejo . . .
recordo.*

*Se faço . . .
Sei!*

(Provérbio Chinês)

RESUMO

Os solos arenosos apresentam baixa capacidade de troca catiônica, ficando assim propensos a sofrer processos de perdas dos nutrientes por lixiviação, principalmente ânions e cátions como o potássio. Dos manejos utilizados a campo a cobertura do solo é o recurso capaz de reverter esses problemas e promover proteção do solo, otimizar a ciclagem dos nutrientes e reduzir perdas nutricionais, o que possibilita uma maior eficiência de uso de fertilizantes. Assim sendo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da cobertura do solo e doses crescentes de adubação potássica na dinâmica do sistema *Brachiaria*-soja e na resposta da adubação potássica da cultura da soja. O experimento foi instalado e conduzido do ano de 2016 a 2020 na Estação Experimental CAD-PARECIS da Fundação MT, localizado no município de Campo Novo dos Parecis, MT. O experimento foi conduzido em quatro repetições no delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial incompleto. A parcela foi constituída pelo fator cobertura do solo (presença e ausência) da braquiária e a subparcela foi constituída pelas diferentes doses de potássio aplicados na forma de cloreto de potássio na cultura da soja (0; 60; 120; e 180 kg K₂O ha⁻¹). Foram avaliados a produção da fitomassa da cobertura do solo e determinados os componentes de produção da cultura da soja assim como a ciclagem de nutrientes. Os resultados demonstraram que a utilização da adubação potássica foi mais eficiente nas áreas em que a soja foi cultivada na sequência da cultura de cobertura ($p < 0,05$), sendo que a máxima eficiência técnica foi obtida com 100 kg de K₂O. Já para o cultivo sem a presença da cobertura do solo a dose de 120 kg K₂O ha⁻¹ correspondeu à máxima eficiência produtiva. A adubação potássica aplicada na soja influenciou a decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária ($p < 0,05$), sendo que na dose mais alta de fertilização potássica da soja (180 kg K₂O ha⁻¹) foram liberados 160 kg de Kg ha⁻¹, o que foi 60% maior em relação as parcelas cultivadas sem aplicação de adubação potássica. Confirmando desta forma o potencial de recuperação de nutrientes pela cultura de cobertura e a ciclagem dos mesmos durante o processo de decomposição da palhada de *Brachiaria ruziziensis*.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes, plantio direto, solos arenosos, adubação de sistemas.

ABSTRACT

Sandy soils have a low capacity for cation exchange, thus prone to suffer nutrients leaching processes, mainly anions, and cations such as potassium. Cover crops may reduce this problem and promote soil protection, optimizing nutrient cycling, reducing nutritional losses, which allows for greater efficiency in the use of fertilizers. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the influence of soil cover and increasing doses of powdered fertilization on the dynamics of the *Brachiaria*-soybean system and on the response of potassium fertilization of the soybean crop. The experiment was installed and conducted from 2016 to 2020 at the CAD-PARECIS Experimental Station of Fundação MT, located in Campo Novo dos Parecis, MT. The experiment was carried out in a randomized block design in an incomplete factorial scheme with four replications. Main plot was constituted by the presence and absence of cover crop (brachiaria) and the subplot was constituted by the different doses of potassium applied as potassium chloride in the soybean crop (0; 60; 120; and 180 kg K₂O ha⁻¹). The results showed that the use of potassium fertilization was more efficient in the areas where soybean was cultivated following the cover crop ($p < 0.05$), and the maximum technical efficiency was obtained with 100 kg K₂O ha⁻¹. For cultivation in absence of cover crop, a dose of 120 kg K₂O ha⁻¹ corresponded to maximum production efficiency. Potassium fertilization applied to soybean influenced the decomposition and nutrient release of Brachiaria straw ($p < 0.05$), with the highest dose of soybean potassium fertilization (180kg K₂O ha⁻¹) released 160 kg K₂O ha⁻¹, which was 60 % higher compared to plots cultivated without application of potassium fertilization. This confirms the potential for nutrient recovery by the cover crop and their cycling during the decomposition process of *Brachiaria ruzizienses* straw.

Keywords: nutrient cycling, no-tillage, sandy soils, system fertilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dados meteorológicos da safra 2019-2020	26
Figura 2 – Croqui da area experimental	27
Figura 3 – Produtividade da matéria seca da <i>Brachiaria ruzizienses</i> em função da adubação potássica.	34
Figura 4 – Taxa de decomposição da cobertura do solo em função da adubação potássica	36
Figura 5 – Quantidade matéria seca (kg ha-1) mineralizada em função da adubação potássica	37
Figura 6 – Taxa de liberação de nitrogênio da cobertura do solo em função da adubação potássica	38
Figura 7 – Quantidade de nitrogênio (kg ha-1) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por 4 safras	39
Figura 8 – Taxa de liberação de fósforo da cobertura do solo em função da adubação potássica	39
Figura 9 – Quantidade de fósforo (kg ha-1) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por 4 safras	40
Figura 10 – Taxa de liberação de potássio da cobertura do solo em função da adubação potássica	41
Figura 11 – Quantidade de potássio (kg ha-1) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por 4 safras	42
Figura 12 – Taxa de liberação de cálcio da cobertura do solo em função da adubação potássica	43
Figura 13 – Quantidade de cálcio (kg ha-1) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por 4 safras	44
Figura 14 – Taxa de liberação de magnésio da cobertura do solo em função da adubação potássica	44
Figura 15 – Quantidade de magnésio (kg ha-1) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por três safras	45
Figura 16 – Visualização aparente de deficiência nutricional	47
Figura 17 – Produtividade da soja em função de adubação Potássica	47
Figura 18 – Produtividade da soja sobre diferentes manejos de cobertura do solo e doses de K ₂ O	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Importação e exportação de nutrientes da cultura da soja	23
Tabela 2 – ciclagem de nutrientes de diferentes espécies de planta	25
Tabela 3 – Atributos químicos do solo na implantação do experimento, Fundação MT e APROSOJA, 2016	28
Tabela 4 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" da produtividade da matéria seca e os nutrientes retidos em Kg ha ⁻¹ no resíduo da <i>Brachiaria ruziziensis</i> sob efeito das doses de K ₂ O a 5% de probabilidade	32
Tabela 5 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos teores iniciais dos nutrientes presente no matéria seca da <i>Brachiaria ruziziensis</i> sob efeito das doses de K ₂ O a 5% de probabilidade	32
Tabela 6 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" da taxa de decomposição e liberação do nutrientes do resíduo da <i>Brachiaria ruziziensis</i> sob efeito das doses K ₂ O e o tempo a 5% de probabilidade	32
Tabela 7 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" da produtividade e componentes de rendimento da cultura da soja sob efeito das doses de K ₂ O a 5% de probabilidade	33
Tabela 8 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos teores foliares nutricionais da cultura da soja a 5% de probabilidade	33
Tabela 9 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" da produtividade da soja sob diferentes manejos de cobertura e dose de K ₂ O a 5% de probabilidade	33
Tabela 10 – Teores iniciais nutricional da matéria seca e suas respectivas curvas de regressão em função da adubação potássica	34
Tabela 11 – Teores nutricionais retidos em kg ha ⁻¹ no resíduo da <i>Brachiaria ruziziensis</i> em função da adubação potássica e produtividade da matéria seca	35
Tabela 12 – Parâmetros do modelo não linear ajustados à matéria seca <i>Brachiaria ruziziensis</i> afetado por doses de K ₂ O aplicados na cultura da soja por três cultivos	36
Tabela 13 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de nitrogênio de resíduo de <i>Brachiaria ruziziensis</i> afetado por doses de K ₂ O aplicados na cultura da soja por três cultivos	38
Tabela 14 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de fósforo de resíduo de <i>B. ruziziensis</i> afetado por doses de K ₂ O aplicados na cultura da soja por três cultivos	40
Tabela 15 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de potássio de resíduo de <i>B. ruziziensis</i> afetado por doses de K ₂ O aplicados na cultura da soja por três cultivos	41

Tabela 16 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de cálcio de residuo de <i>B. ruzizienses</i> afetado por doses de K ₂ O aplicados na cultura da soja por três cultivos	43
Tabela 17 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de magnésio de residuo de <i>B. ruzizienses</i> afetado por doses de K ₂ O aplicados na cultura da soja por três cultivos	45
Tabela 18 – Teores nutricionais da cultura da soja sob doses crescentes de adubação potássica aplicadas	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ILP	Integração Lavoura Pecuária
C/N	Relação entre carbono e nitrogênio
C	Carbono
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
B	Boro
MS	Matéria Seca

LISTA DE SÍMBOLOS

Ha	Hectare
Kg	quilo
K ₂ O	Oxido de potássio
KCl	Cloreto de potássio
g	grama

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	18
2	REFERENCIAIS TEÓRICOS	19
2.1	A Cultura Da Soja	19
2.2	A influência da cultura de cobertura em Solos do cerrado	20
2.3	A Cultura da <i>Brachiaria ruziziensis</i>	21
2.4	Adubação potássica	21
2.5	Os sistemas de produção e a ciclagem e exportação dos nutrientes	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.0.1	Caracterização da área em estudo	26
3.0.2	VARIÁVEIS ESTUDADAS	28
3.0.2.1	<i>Avaliações na cultura da Brachiaria ruziziensis</i>	28
3.1	Equação modelo Simples	29
3.2	Equação Modelo duplo	29
3.2.0.1	<i>Avaliações cultura da soja</i>	30
3.2.1	Procedimentos estatísticos	30
4	RESULTADOS	32
4.1	Produção de matéria seca de braquiária	33
4.2	Teores nutricionais da palhada de <i>Brachiaria ruziziensis</i>	34
4.2.1	Decomposição da matéria seca da <i>Brachiaria ruziziensis</i>	36
4.2.2	Liberação de nitrogênio da palhada de <i>Brachiaria ruziziensis</i>	37
4.2.3	Liberação de fósforo da palhada de <i>Brachiaria ruziziensis</i>	39
4.2.4	Liberação de potássio da palhada de <i>Brachiaria ruziziensis</i>	41
4.2.5	Liberação de cálcio da palhada de <i>Brachiaria ruziziensis</i>	42
4.2.6	Liberação de Magnésio da palhada de <i>Brachiaria ruziziensis</i>	44
4.3	Concentração nutricional foliar, produtividade e componente de rendimento da Soja	46
5	DISCUSSÃO	49
5.0.1	Cultura <i>Brachiaria ruziziensis</i>	49
5.0.2	Produtividade da cultura da soja	53

6	CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A produção de grão é uma das atividades com maior participação na economia mundial, no Brasil correspondeu no ano de 2020 a 26,6% do PIB, o que compreende a 2 trilhões de reais agregados na economia brasileira (CNA). Para a realização deste feito a agricultura brasileira vem ganhando grande expansão no centro-oeste, região a qual se destaca por concentrar 46% da produção de cereais no Brasil, principalmente o estado do Mato Grosso que compreende 28% da produção total (CONAB, 2021).

Todavia, a região central do Brasil apresenta grandes desafios a serem superados em relação ao manejo das culturas de grão, em virtude dos processos de degradação ocasionados pelos solos de características arenosas, presentes em grande parte da região, na qual, compreende o Bioma Cerrado (REATTO *et al.*, 2007).

O Bioma expressa como características principais solos com menor Capacidade de troca catiônica (CTC), baixa fertilidade do solo, reduzido teor de matéria orgânica e propensão a perda excessiva de partículas pelos processos erosivos (CARNEIRO *et al.*, 2016).

Porém a cultura da soja destaca-se substancialmente com grande importância econômica, sendo uma das commodities mais cultivada no centro-oeste. Entretanto, nos últimos anos, tem se observado alta variabilidade e queda de produção, em virtude das condições edafoclimáticas, baixa fertilidade do solo e restrições hídricas prolongadas da região (CONAB, 2021).

Outro aspecto importante observado no manejo cultural da soja é a alta dependência de insumos agrícolas, principalmente os fertilizantes usados para garantir a estabilidade produtiva, o que acaba por incrementar o custo de produção (EMBRAPA, 2013).

Dentre os nutrientes de maior requerimento que são inseridos a partir de adubos, citam-se fósforo e o potássio, onde estes participam de importantes atividades metabólicas de todas as plantas, sendo portanto, associados diretamente ao desenvolvimento das culturas (FERNANDES, 2006).

Segundo o autor como consequência, a disponibilidade dos mesmos no solo é um dos grandes fatores que garante uma alta produtividade, entretanto os mesmos encontram-se em baixas concentrações devido os processos de erosão devido ao manejo incorreto do solo o que acentuam as quedas de produtividade e prejuízos para a cultura.

Desse modo, a utilização de estratégias produtivas compatíveis com as condições edafoclimáticas da região necessitam ser estudadas para otimizar o cultivo sustentável da soja na região. Salton *et al.* (2008) indica que a soja apresenta uma melhor resposta a adubação quando cultivada sobre resíduo da cultura de cobertura. Esse efeito foi atribuído pelos autores à influência da palhada sobre os aspectos químicos e físicos do solo, haja visto que, sem plantas de cobertura são relatados que há menores valores de capacidade de retenção de cátions e, desta forma os nutrientes inseridos via adubação ficam dispersos e propensos a sofrer perdas

por lixiviação e erosão.

A ciclagem é o processo caracterizado pelo movimento dos nutrientes pelos compartimentos solo-planta-atmosfera, também chamado ciclo biogeoquímico. Neste as plantas absorvem e acumulam o nutriente em sua composição o convertendo em produção de biomassa, então após a deposição da matéria seca no solo, mediante aos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica, promovem a liberação dos nutrientes para o solo (ANGHINONI *et al.*, 2013).

Segundo o autor, seguindo este princípio é possível indicar que as adubações na cultura atualmente praticadas em sistema de plantio direto, estão sendo realizadas em excesso, pois, se desconsidera a ciclagem de nutrientes proporcionada pela cultura de cobertura do solo.

A introdução das culturas de cobertura principalmente em épocas de pousio alocadas entre os meses de maio a agosto no Estado do MT, apresenta um bom potencial, visto que as mesmas atuam sobre a conservação do solo e dos recursos hídricos, sobre a ciclagem de nutrientes, e do armazenamento de carbono no solo (REICOSKY, 2015).

Assim, dentre as culturas de cobertura usadas atualmente, o gênero *Brachiaria* destaca-se entre os demais, uma vez que, suas características indicam melhor distribuição de dossel, o que promove uma maior proporção de solo coberto e conseqüentemente maior aumento da concentração de matéria orgânica, elevada capacidade de realizar ciclagem de nutriente e grande potencial de desenvolvimento do sistema radicular que favorece a criação de canais preferenciais, desse modo ajudando a melhorar o sistema (ALMEIDA, 2014).

Não obstante o gênero das *Brachiarias* em específico apresenta uma relação C:N caracterizada de média a alta, atributo a qual pode ocasionar em uma decomposição lenta, que por sua vez, retarda a liberação dos nutrientes como nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio e conseqüentemente reduz a sua disponibilidade no solo e afeta de maneira negativa a nutrição da cultura subsequente (ALMEIDA, 2014).

Apesar deste grande potencial das braquiárias, ainda são necessários estudos para mensurar os componentes de decomposição e de liberação de nutrientes da forrageira nas condições edafoclimáticas do MT. Outro aspecto é entender a influência da cultura de cobertura quando submetida à uma sucessão com presença de adubação na cultura grão.

Por esta razão este trabalho visa estudar os componentes de decomposição da cultura da *Brachiaria* para melhor orientar as práticas de manejo e adubação da cultura da soja.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência do cobertura do solo e doses crescentes de adubação potássica na dinâmica do sistema *Brachiaria*- soja e na resposta da adubação potássica da cultura da soja.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Mensurar os componentes de decomposição da matéria seca da *Brachiaria ruziziensis*;
- Determinar a ciclagem de nutrientes promovida pela decomposição da *Brachiaria ruziziensis*
- Analisar a resposta a adubação potássica dos componentes produtivos da cultura da soja e da *Brachiaria ruziziensis*

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 A Cultura Da Soja

A soja (*Glycine max (L.) Merrill*) é uma planta originária do continente asiático, sobretudo a região do Rio Yangtse, na China. Sendo uma leguminosa cultivada pelos chineses há cerca de 5 mil anos atrás. No Brasil a cultura apresentou importância econômica depois da década de 40. No Ocidente foi cultivada primeiramente como forrageira nos Estados Unidos, e posteriormente com propósito para uso como grãos (EMBRAPA, 2013).

Pertencente à família *Fabaceae*, apresenta um comportamento de porte ereto, ramificada e dois tipos de crescimento o determinado, no qual a planta cresce até 20% após o início do florescimento, e indeterminado, quando as plantas continuam crescendo após a floração, isso é variável de acordo com a cultivar (VIEIRA *et al.*, 2009). É uma espécie agrícola de fundamental importância mundial para a alimentação humana e animal, devido seu potencial nutritivo que concentra quantidade significativa de aminoácidos essenciais. Além de desempenhar importante papel na indústria alimentícia na produção de óleos comestíveis, também se destaca em relação a produção de farinha, sabão, resinas, tintas, vernizes, solventes e biodiesel (ANDRADE, 2020)

A produção de Soja no Brasil vem crescendo nos últimos 20 anos em decorrência do aumento na produtividade e área cultivada. Desse modo, o país passa a ser considerado o segundo maior produtor do referido grão mundialmente. Dentre as regiões produtoras de soja, destaca-se o centro-oeste, onde apresenta crescente expansão e maior expressão econômica CONAB (2021).

A difusão do seu cultivo se tornou viável e facilitado principalmente devido à capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico para a sua própria nutrição, assim a inoculação das sementes de soja é o primeiro passo para a obtenção de boa nodulação e, conseqüentemente, ao adequado suprimento de nitrogênio. A fixação realizada pela soja advém do estabelecimento da associação simbiótica entre essa leguminosa e a bactéria do gênero *Bradyrhizobium spp.*, por intermédio do complexo enzimático da nitrogenase (VARGAS *et al.*, 1994) (CEREZINI *et al.*, 2016).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Brasil produziu nas safras 2016/17, 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020, 114, 119, 115, 125 milhões de toneladas de grãos de soja respectivamente, justificando que essa variação de produção é associada principalmente a irregularidades pluviométrica da região central do Brasil e nos manejos realizados na cultura.

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) estimou a produção nacional da soja no ciclo 2018/19 uma produção recorde de 217 milhões de toneladas, entretanto no meio do ciclo sucedeu uma estiagem no centro-oeste brasileiro, na qual ocasionou uma redução drástica na produtividade.

Os autores EMBRAPA (2013) e Gajić *et al.* (2018) afirmam que a cultura da soja

apresenta grande necessidade de disponibilidade de água, onde seu ponto crítico hídrico é de 300 mm, principalmente em duas fases de seu ciclo, na germinação-emergência e na floração-enchimento de grãos, onde o stress hídrico nos períodos mencionado ocasionaria grande perda de produtividade.

Alguns fatores são determinantes na nodulação ou fixação biológica do nitrogênio como a tensão da água, a umidade, temperatura, pH, salinidade e toxinas do solo [Collino et al. \(2015\)](#). Portanto importante observar que grande parte dos fatores para uma boa nodulação da soja estão relacionados ao solo, onde o manejo do mesmo apresenta grande impacto sobre a cultura, sobretudo o incremento da matéria orgânica (MOS), isto é, a MOS influenciará em todos os atributos do solo, nesse aspecto, o incremento de matéria seca ajudará a suprir as necessidades para o bom desenvolvimento da cultura e garantindo uma alta produtividade.

2.2 A influência da cultura de cobertura em Solos do cerrado

Os solos do cerrado brasileiro é representando em sua grande maioria como de baixa fertilidade, ácidos, cargas dependentes do pH, presença de óxidos de ferro, alumínio, são altamente intemperizados, baixa retenção hídrica, susceptíveis a processos erosivos, baixa estabilidade de agregados e elevadas taxas de lixiviação de nutrientes ([CARNEIRO et al., 2016](#)).

Grande partes do cerrado é pertencentes a classes dos Latossolos, esses representam cerca de 48% da área do bioma e os arenosos (Neossolos Quartzarênicos), que representam cerca de 15% da área total, onde são os mais comumente encontrados ([REATTO et al., 2007](#)).

Solos com tais características, a matéria orgânica exerce papel importante na dinâmica dos nutrientes. Neste sentido, destaca-se a importância de uma agricultura conservacionista, a qual compreende a combinação de manejos como revolvimento mínimo do solo, conservação de resíduos vegetais sobre o solo ou plantas em crescimento e a rotação de culturas ([REICOSKY, 2015](#)) ([DERPSCH et al., 2010](#)).

As diferentes espécies de plantas de cobertura podem promover a proteção do solo e atuar como adubação verde de forma distinta. A escolha de combinações favoráveis de espécies contribui para ocorrência de benefícios mútuos ao solo e ao sistema como um todo ([MORAES et al., 2014](#)).

A introdução da cobertura do solo impacta na qualidades físicas-hídricas, promovendo benefícios principalmente no aumento de porosidade, estruturação do solo, condutividade hidráulica, conservação da umidade, taxa de infiltração e retenção de água do solo, o que por sua vez estará contribuindo para a melhoria das suas condições biológicas e químicas do solo ([MOTA et al., 2011](#))

As gramíneas são comumente utilizadas como cobertura de solo, permitindo uma melhor estruturação do aspecto físico do solo e o aumento da disponibilidade de nutrientes para a cultura em sucessão, pois as mesma apresentam relação C:N maior o que acarretará em uma permanência maior da cobertura no sistema. Por possuir sistemas radiculares mais desenvolvidos é capaz de absorver nutrientes em profundidades maiores que as culturas

convencionais realizando assim uma maior ciclagem de nutriente além de ser facilmente cultivada por apresentar uma facilidade de adaptação as regiões brasileira (LEHMANN; PARR, 2016).

2.3 A Cultura da *Brachiaria ruzizienses*

Muitas espécies forrageiras são utilizadas no Brasil na formação de pastagens ou como cobertura do solo. A *Brachiaria ruziziensis* é um capim originário da África, onde ocorre em condições úmidas e não inundáveis, tendo sido encontrada no Zaire e oeste do Kenya. É uma espécie de capim perene, com 1-1,5 m de altura, possui rizomas fortes, em forma de tubérculos arredondados. As folhas são lineares e lanceoladas, com 100-200 mm de comprimento e 15 mm de largura e pubescentes (SENDULSKY, 1997).

No Brasil, essa espécie de forrageira tem sido amplamente introduzida em rotação de culturas, pois apresenta alto potencial produtivo em solos tropicais, qualidade nutritiva para animais, e facilidade de manejo na dessecação (ALMEIDA, 2014).

Segundo o mesmo autor a espécie possui adaptações à baixa disponibilidade de fósforo no solo, extenso sistema radicular, que resulta em maior superfície de contato com o solo; alta capacidade de absorção de fosforo e potássio por unidade de comprimento da raiz; habilidade de acessar formas solúveis e insolúveis de P, que geralmente não são disponíveis para outras plantas; e alta afinidade com micorrizas arbusculares. Essa forrageira se adapta a vários tipos de solos, desde os mais arenosos até os mais argilosos, porém, requer boa drenagem e condições de média fertilidade. Com adubação nitrogenada, supera, em produção, as principais gramíneas utilizadas atualmente.

A *Brachiaria ruziziensis* possui melhor relação folha/colmo do que as demais espécies do gênero *Brachiaria*. No entanto, comparado às outras espécies desse gênero, a *Brachiaria ruziziensis* é menos produtiva na época de seca e/ou de temperaturas baixas, é mais sensível às cigarrinhas-das-pastagens e mais exigente quanto à fertilidade do solo comparada a outras espécies. (ALVIM; BOTREL; XAVIER, 2002) .

2.4 Adubação potássica

O potássio (K), é o segundo nutriente mineral requerido pelas plantas em termos de quantidade, e permanece quase totalmente na forma iônica nos tecidos, isto por não possuir função estrutural no metabolismo vegetal (MEHARG, 2012).

É um nutriente responsável por desempenhar função vital na fotossíntese, na translocação de fotossintetizados, na abertura e fechamento dos estômatos, na ativação de enzimas de plantas, etc. O K é conhecido como o nutriente da qualidade, devido aos seus importantes efeitos sobre o tamanho, forma, cor, sabor e resistência à armazenagem (GOMES *et al.*, 2008).

No Brasil, segundo Moody e Bell (2006), basicamente o potássio se apresenta no solo em três compartimentos, sendo estes, K na solução, não trocável e K trocável que é a mais

importante reserva de fornecimento do nutriente por estar prontamente disponível as plantas.

As formas de K no solo estão em equilíbrio dinâmico umas com as outras [Moody e Bell \(2006\)](#). A concentração de K na solução quando ocorre o processo de extração, tende a ser reposta pela liberação do K trocável, este que quando a quantidade na solução e nos grupos funcionais superficiais apresentam uma queda drástica, parte do K não trocável pode se espalhar nas entre-camadas dos argilominerais 2:1, podendo também se tornar disponível às plantas, ou seja, o K não trocável pode ser fonte do nutriente às plantas a curto prazo ([SILVA et al., 2015](#)).

Para [al. \(2012\)](#) Vieira et al. (2012), os teores críticos de K apresentaram comportamento semelhante aos de P, onde neste estudo afirmam que o teor crítico de K para na profundidade de 0-0,10 m é de $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e na camada de 0-0,20 m, o teor foi de $0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, seguindo o mesmo comportamento verificado na camada mais superficial.

[El-Mageed et al. \(2016\)](#) afirmam que solos de regiões tropicais que apresentam solos arenosos a adubação potássica favorece a resistência a stress hídrico, entretanto se o sistema não apresenta a cobertura do solo a mesma necessita ser aplicada de forma dividida, visto que esse o potássio é facilmente lixiviado e para o suprimento nutricional da plantas nos períodos críticos é necessário realizar tal manejo, outra solução para o problema é como introdução da cobertura do solo que além de realizar a ciclagem de nutrientes, incrementam no teor de matéria orgânica e conseqüentemente aumenta as cargas elétricas do solo.

A principal fonte de K é o cloreto de potássio (KCl) que tem, em média, 60% de K_2O e se encontra em rochas sedimentares. Também sulfato de potássio (K_2SO_4), nitrato de potássio (KNO_3) e potássio e magnésio $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)$ que completam então o grupo dos fertilizantes potássicos minerais ([GOMES et al., 2008](#)).

Quando os solos se encontram com alto teor de K, diferem para as plantas no poder de suprimento do nutriente, devido as várias formas que este elemento pode ser encontrado. [Mallarino, Oltmans e Piekema \(2017\)](#) em cultivos sucessivos de milho e soja em sistema de plantio direto e rotação de cultura afirmam que o mesmo permanece por um maior tempo no sistema, pois o nutriente apresenta grande poder residual em plantio direto e é facilmente reciclado.

O potássio normalmente é absorvido por diversas espécies em quantidades superiores às que necessitam, fato este que é chamado de "consumo de luxo", por isso o excesso de K pode interferir de forma negativa na absorção de outros nutrientes, principalmente quando competem pelos mesmos sítios de absorção nos tecidos radiculares ([RANZAN, 2018](#)).

Como exemplo, tem-se a competição entre cálcio, magnésio e potássio que utilizam os mesmos sítios de absorção, competição esta que pode resultar no menor acúmulo de um destes nutrientes, acarretando no menor desenvolvimento da planta ([ANDREOTTI et al., 2001](#)).

[Andreotti et al. \(2001\)](#) afirmou que o efeito negativo do desbalanço de nutrientes na planta, somente é detectado a partir do florescimento da cultura e a correção do problema nesse estágio já não será mais reversível. Com base nisto, é visto que a proporção de K em

relação ao Ca e Mg, por competirem pelos mesmos sítios de absorção, deve ser definida ainda na implantação de cultura.

Anghinoni *et al.* (2013), constataram que adubações potássicas atualmente praticadas, venham sendo feitas em excesso, pois, se desconsidera a quantidade de retorno de K pela ciclagem. Mesmo se a cultura de cobertura for destinada ao pastejo animal, grande parte do nutriente volta ao solo pelos dejetos animais e beneficiam a cultura subsequente.

2.5 Os sistemas de produção e a ciclagem e exportação dos nutrientes

Segundo BORTOLINI *et al.* (2002), para culturas de grãos apresentarem um bom rendimento final, é necessária a presença adequada de nutrientes disponíveis para as plantas. Para uma correta recomendação de adubação, envolvendo quantidade e épocas de realização da mesma, é fundamental saber sobre a absorção de nutrientes e do acúmulo de matéria seca, estes em função dos estádios fenológicos da planta.

As exigências nutricionais da planta em seu desenvolvimento, são definidas pela quantidade de nutrientes extraídos do solo durante o ciclo, por isso, é ideal para que não tenha redução de produtividade, que os nutrientes estejam sempre disponíveis na forma e também na fase adequada (CAVALINI *et al.*, 2018). A exportação de nutrientes se refere a quantidade de nutrientes que são retirados pelos grãos ou também pela massa seca produzida. Este processo é ligado a produção que se obtém juntamente com a acumulação de matéria seca, principalmente dos grãos (PINHO *et al.*, 2009).

A exportação de nutrientes varia em função da produção de matéria seca, do índice de colheita e de fatores ambientais que interferem nos processos de crescimento e absorção mineral, de acordo com cada cultura. Pinho *et al.* (2009), enfatizam a importância de ter quantidades de nutrientes extraídas disponíveis para as plantas, em que devem ser repostas pela ciclagem do nutriente no solo e/ou pelas adubações.

A cultura da soja apresenta uma exportação dos nutrientes devido a retirada do grão tabela 1, entretanto os resíduos vegetais que permanecem no sistema também conseguem retornar para o sistema o restante do nutriente retido pela planta (EMBRAPA, 2013).

Tabela 1 – Importação e exportação de nutrientes da cultura da soja

Parte da Planta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				
Grãos	51	10	20	3,0	2,0
Restos culturais	32	5,4	18	9,2	4,7
Total	83	15,4	38	12,2	6,7
% Exportada	61	65	53	25	30

Fonte: EMBRAPA, 2013

Embora a quantidade de K absorvida pela cultura da soja seja grande, a quantidade exportada é de 53%, sendo que o restante volta ao solo através da ciclagem de nutrientes

([EMBRAPA, 2013](#)).

A ciclagem é o movimento dos nutrientes pelos compartimentos do sistema integrado de produção agropecuária (atmosfera, planta, animal e solo) também chamados de ciclos biogeoquímicos. Neste, as plantas absorvem nutrientes e água, incorporam carbono pela fotossíntese e promovem então o crescimento e a produção de biomassa, que retornam ao solo posteriormente na forma de resíduo vegetal. Após a decomposição ou mineralização, forma-se a matéria orgânica do solo, que irá se decompor liberando CO₂ e nutrientes minerais ([ANGHINONI *et al.*, 2013](#)).

Os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) são sistema de cultivos planejados para explorar de maneira sistêmica englobando o sinergismos e propriedades emergentes, que realiza a interação de solo-planta-animal-atmosfera das áreas cultivadas ([MORAES; PIVA; CARVALHO, 2011](#)) ([CARVALHO *et al.*, 2014](#)).

No Brasil esses modelos de cultivos são popularmente conhecidos pela integração lavoura pecuária, onde corresponde na associação de diversas atividades agropecuárias dentro de uma mesma área que são planejados dentro de diferentes escalas espaço-temporais, onde são inseridos cultivos como milho, soja, arroz, algodão, em rotação com pecuária de corte ou leite ([ANGHINONI *et al.*, 2013](#)).

O sistema integrado é pensado a partir de modelos de rotação de cultura e plantio direto que ira garantir a sustentabilidade do sistema e melhorar de maneira sistêmica em todas as culturas cultivadas. Nessa abordagem quanto mais diversificada for melhor será a funcionalidade ecossistêmica, a diversidade está entrelaçada com tempo de cada cultura, as culturas inseridas e o intervalo entre cada cultura ([SMUKLER *et al.*, 2010](#)).

Segundo [Anghinoni *et al.* \(2013\)](#) pode-se conduzir sistemas menos diversificado onde a cultura safra é inserida uma vez por ano e a cultura antecessora também como no verão safra (soja) e no inverno forrageiras continuamente, ou preferivelmente sistemas mais diversificado verão soja inverno forrageiras, verão milho (safra), inverno forrageiras, verão soja (safra), inverno forrageira, verão Milho (safra).

Esses modelos de cultivo demonstram de maneira eficiente a ciclagem de nutrientes e energia e melhora os atributos físico-químicos do solo, aumenta a porcentagem de matéria orgânica e torna o SIPA mais sustentáveis ([RYSCHAWY *et al.*, 2012](#)) ([LEMAIRE *et al.*, 2013](#)).

Dentro desse modelo produtivo um dos mais importantes aspectos é a mensuração da ciclagem de nutrientes, pois após o processo de decomposição da biomassa da cultura de cobertura o nutriente é liberado gradualmente para a solução do solo e a safra (principal) poderá usufruir do mesmo em todo o seu ciclo, como demonstrado na tabela 2 os principais grupos de plantas utilizados ([ANGHINONI *et al.*, 2013](#)).

Tabela 2 – ciclagem de nutrientes de diferentes espécies de planta

PLANTAS	N	P	K	FONTE
	Kg ha ⁻¹			
Aveia e Azevem	181,2	18,9	102,2	SILVA et al., 2015
Brachiaria brizantha	59,4	14,6	145,9	MAGALHÃES et al., 2002
Algodão	112	19,4	86,9	AQUINO et al., 2014
Milho	110	34	159,6	BORGES, 2006

Pacheco *et al.* (2013) avaliando a capacidade de ciclagem da *Brachiaria ruzizienses* encontrou que a mesma foi capaz de ciclar 144,14; 12,4; 118,97; 63,37; 37,11 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg respectivamente em 90 dias após a dessecação. Já Betta *et al.* (2007) avaliando a ciclagem de fosforo e potássio a partir da *B. ruzizienses* encontraram 10,82 e 27,42 kg ha⁻¹ para P e K respectivamente.

Segundo WEIL e BRADY (2016), a taxa de decomposição média das culturas é de 85% e o que influenciará nesses aspectos são fatores climáticos e a relação C:N que define o tempo de decomposição.

O primeiro nutriente a ser liberado na decomposição é o potássio (NADAL, 2018). SANTI, AMADO e ACOSTA (2003) em seu trabalho constatou que o potássio é o nutriente mais ciclado é que esse manejo reduziu as perdas por lixiviação do mesmo.

Em torno de 95% do potássio se encontra na fase sólida do solo em equilíbrio com a fase líquida, porém, grande parte do K que é absorvido pelas culturas e retorna à superfície do solo a partir da decomposição dos restos tornando-se novamente disponível para as plantas Schlindwein e Anghinoni (2000). Concordando com Rajj *et al.* (1997), que afirmam que o K não fica incorporado às cadeias carbônicas da matéria orgânica nos resíduos vegetais, sendo assim, após a colheita ou pós senescência das plantas, rapidamente irá voltar ao solo de forma disponível pa- ra as culturas.

Assmann *et al.* (2018) afirmam que a inclusão de plantas de cobertura no sistema promove uma ciclagem maior, em virtude que essas espécies apresentam um sistema radicular mais desenvolvidos capaz de explorar camadas mais profundas e conseqüentemente reaproveitar nutrientes que tenham sofrido processos de lixiviação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.0.1 Caracterização da área em estudo

O experimento foi instalado no ano de 2016 na ESTAÇÃO EXPERIMENTAL CAD-PARECIS, localizado na rodovia MT-488, km 07, município de Campo Novo dos Parecis, Mato Grosso-MT.

O município encontra-se em uma altitude média de 527m, o clima da região é classificado como tropical úmido, segundo classificação de Köppen. O solo da área experimental é classificado como areias quartzarênicas e apresentando relevo ondulado plano (EMBRAPA, 2013)

A precipitação pluviométrica local apresenta média de 2200 mm e a umidade relativa do ar é de 80%, a estação chuvosa é totalmente definida entre setembro a abril com temperatura média de 26,1 °C(EMBRAPA, 2006). As condições climáticas na safra de 2019-2020 estão demonstrada pela figura 1.

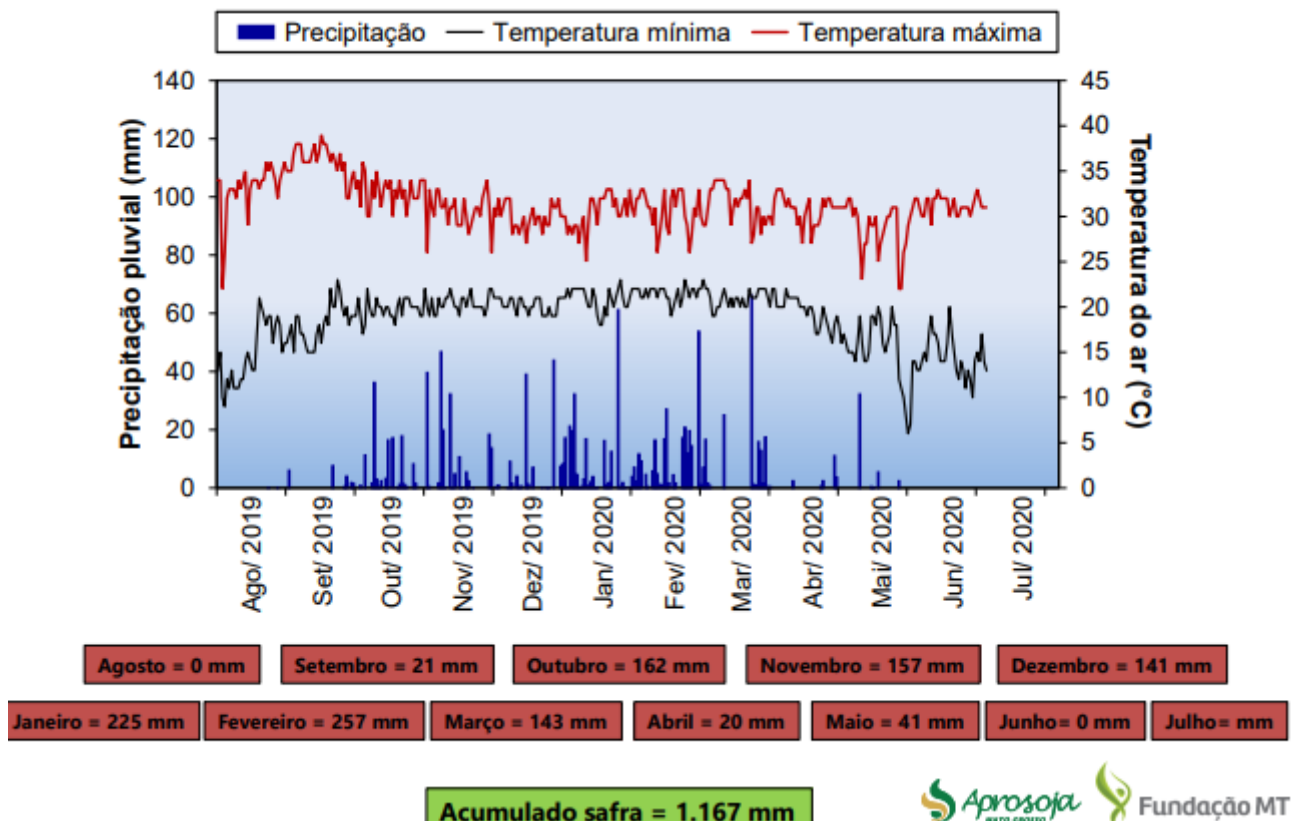


Figura 1 – Dados meteorológicos da safra 2019-2020

O experimento foi conduzido no delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas adicionais (Figura 2), com quatro repetições. As parcelas apresentavam 121 m² (15x

8,1), sendo constituída pelas diferentes doses de K_2O (0, 60, 120, 180 $kg\ ha^{-1}$) e com dois tipos de manejo de cobertura do solo somente na dose de 60 e 120 $kg\ K_2O\ ha^{-1}$ (com e sem cobertura), totalizando 8 tratamentos.

Todas as doses da adubação potássica apresentavam a cobertura do solo, já as parcelas sem cobertura foi realizado somente nas dose de 60 e 120 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O em 2018, sendo estes considerados as parcelas adicionais.

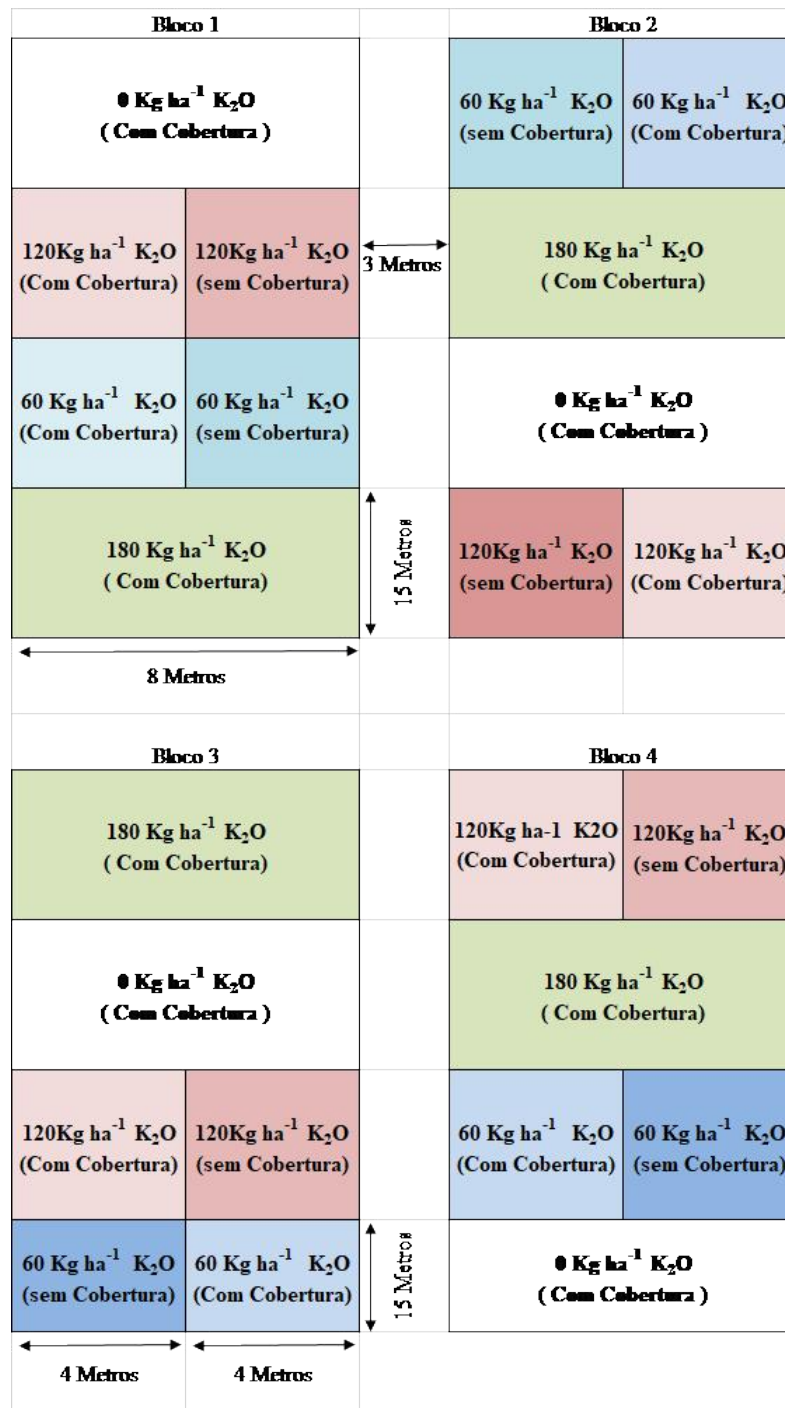


Figura 2 – Croqui da area experimental

O solo do experimento na implantação do experimento no ano de 2016 apresentava

as seguintes características químicas (Tabela 3)

Tabela 3 – Atributos químicos do solo na implantação do experimento, Fundação MT e APROSOJA, 2016

Prof (cm)	pH	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Ca	Mg	Al	H	M.O g dm ³	Argila	Areia g kg ⁻¹	Silte
0–10	5,4	45,2	68,4	3,1	0,5	0	2,4	2	145	810	45
10–20	4,7	16,4	24,4	1,4	0,3	0	3,3	1,4	140	815	45
20–40	4,7	1,8	19,6	0,8	0,2	0	2,2	9	–	–	–

A implantação do experimento foi realizada no ano de 2016 onde nesta safra já foi inserida as adubações potássica com suas respectivas doses, os tratos culturas, o tratamento de semente e a cobertura do solo para todas as parcelas durante três cultivos sequenciais.

O experimento era conduzido sempre com a implantação da cobertura do solo com a *Brachiaria ruziziensis* em março e sua dessecação em julho. O presente trabalho realizou a avaliação somente da safra 2019/2020, onde a cobertura do solo foi introduzida no dia 12/03/2019 utilizando a espécie *Brachiaria ruziziensis* o espaçamento utilizado foi (17x45cm), na cultura de cobertura não foi realizado nenhum tipo de trato cultura, no dia 01/07/2019 foi realizado a dessecação utilizando a molécula N-(phosphonomethyl)glycine (glifosato).

Após a dessecação da cultura da *Brachiaria ruziziensis*, a soja só foi introduzida 90 dias após esse período, visto que, no mesmo não apresentou precipitação.

A cultura da soja, foi semeada no dia 15/10/2019 e colhida em 10/02/2020, sendo usado a cultivar CZ 48B32 IPRO com população final de 240000 plantas/ha em espaçamento de 45 cm entre linhas, no dia da semeadura foi realizado o tratamento de sementes com Fungicida Sistêmico e de contato do Grupo Químico Triazol (Ipconazole) e Dimetiditiocarbamato (Tiram) e Inseticida e cupinicida de ação de contato e ingestão do grupo químico Pirazol, após do plantio foi realizado a aplicação com jato dirigido no sulco de plantio com inoculante Biomax premium a qual é composto pela bactérias *Bradyrhizobium japonicum* *Bradyrhizobium elkanii*.

Ja no manejos da adubação, todas as parcelas receberam 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ na forma de Super simples no sulco de plantio e aplicação de 0,8 kg boro ha⁻¹, sendo utilizado o produto Produbor®(B 10%) a lanço no dia da semeadura.

Para a inserção dos tratamentos todas as parcelas receberam adubação potássica em suas respectivas doses exceto o tratamento controle que não recebeu a aplicação do nutriente, a mesma foi aplicados no dia do plantio e realizada a lanço na forma de cloreto de potássio (KCl).

3.0.2 VARIÁVEIS ESTUDADAS

3.0.2.1 Avaliações na cultura da *Brachiaria ruziziensis*

Na *Brachiaria ruziziensis* foram determinados aleatoriamente em área de 4m² o componente de produção da forrageira, antes de realizar a dessecação da palhada.

Após a coleta da massa vegetal, o material foi alocados na estufa com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante para as determinações da massa seca da parte aérea, foram pesadas em balança de precisão e os resultados foram extrapolados para kg ha⁻¹.

Foram retiradas amostras do material coletado para realizar a produção dos litter-bags e a determinação da ciclagem de nutrientes realizada pela cultura de cobertura.

Para a produção e alocação dos litter-bags a campo foi pesado em média 30 gramas do resíduo coletado e alocado em sacos de náilon de 2 mm de malha, com dimensões de 20 x 20 cm, havendo espaços que permitiu a passagem da meso e da macrofauna. O peso inicial das amostras foi determinado. Posteriormente, os sacos de decomposição foram distribuídos e depositados sobre o solo. As épocas de coleta foram distribuídas, sendo coletadas aos 0, 42, 85, 92, 99, 108, 113, 127, 141, 152, 169, 183, 197, 211, 225, 240 e 252 dias após a deposição.

A deposição do Litter-bags foi realizada no dia 01/08/2019, ainda, nessas amostras também foram determinados os teores de N pelo método de Kjeldahi (Bremner, 1965) E P, K, Ca e Mg pelo método de digestão nítrico-perclorica (Johnson Ulrich, 1959) seguindo a metodologia descrita por (TEDESCO *et al.*, 1995).

As taxas de decomposição e de liberação de nutrientes foram estimadas através do ajuste ao modelo de regressão não linear aos valores observados pelo programa estatístico Statgraphics Plus 4.1 e descrito por (WIEDER; LANG, 1982).

3.1 Equação modelo Simples

$$\text{RDM e RN} = A^{-kat} + (100 - A)$$

3.2 Equação Modelo duplo

$$\text{RDM e RN} = A^{-kat} + (100 - A)^{-kbt}$$

Onde RDM é a matéria seca restante e RN os nutrientes restantes após o tempo t (dias), o A é o componente decomponível, o ka e kb são taxas constantes de decomposição da matéria seca ou liberação dos nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível (A) e do compartimento mais recalcitrante ((100 - A)^{-kbt}, respectivamente, a escolha do modelo foi realizada através dos valores do coeficiente de determinação (R²) de maior significância, indicando os maiores graus de associação entre o modelo ajustado e os valores observados.

Os dois modelos consideram que a matéria seca (MS) dos resíduos das culturas ou a quantidade de nutrientes remanescentes pode ser dividida em dois compartimentos. No modelo simples, apenas a MS ou os nutrientes remanescentes do compartimento mais facilmente decomponível é transformada, diminuindo exponencialmente com o tempo a uma taxa constante. A MS remanescente do segundo compartimento é considerada recalcitrante e, por isso, não sofreu transformação no período de amostragem. No modelo exponencial duplo a MS e os nutrientes dos dois compartimentos diminuem exponencialmente a taxas constantes,

sendo que a primeira fração é transformada em taxas mais elevadas do que a segunda, que é de mais difícil decomposição (recalcitrante). A escolha do tipo de modelo de cada tratamento foi feita com base nos valores dos coeficientes de determinação (R^2).

As mesmas equações foram utilizadas para determinar a taxa de liberação de nutrientes e sua Fração prontamente ativa e recalculando quando utilizado o modelo duplo, havendo substituição do RN por N, P e K, Ca e Mg. Os valores de quantidade total liberada de cada nutriente também foram calculados, visto que a massa seca remanescente sobre o solo em cada unidade experimental foi mensurada.

A liberação cumulativa de N-P-K foi estimada por diferenças entre a quantidade inicial de N-P-K no resíduo e a quantidade de N-P-K em cada período de incubação (isto é, a concentração percentual de N-P-K multiplicada pelo DM restante obtido a partir do modelo exponencial.

Através da obtenção da constante de decomposição, também se estimou o tempo para o desaparecimento de 50% da serapilheira (meia vida) ($T_{1/2}$ vida) dos nutrientes nos resíduos culturais remanescentes a partir da equação proposta por [Paul E.A.; Clark \(1989\)](#)

$$T_{1/2} \text{ vida} = 0,693 / k(a,b)$$

3.2.0.1 Avaliações cultura da soja

Para quantificar os componentes produtivos da cultura avaliou a população final de plantas (PFP), onde foram contados o número de plantas presentes na área de 5,4 m² de cada parcela, a altura final de planta (AFP), foram amostradas 20 plantas por parcela em pré-colheita, o peso de mil grãos (PMG), sendo pesado 3 amostras de 500 grãos em umidade de 13% por parcela, e produtividade de grãos de soja (PROD), foram coletadas amostras em dois pontos representativos por parcela, essas amostras eram compostas com três linhas adjacentes de 4,0 m de comprimento, após a coleta realizava a batida e peneiramento e assim padronizado a umidade dos grãos e realizado a pesagem dos mesmos e extrapolados para kg ha⁻¹.

Também foi realizada uma amostragem de diagnose foliar e quantificar os teores dos macronutrientes na cultura da soja, onde foi coletado 20 folhas no florescimento pleno, (trifólio com pecíolo) de cada parcela.

3.2.1 Procedimentos estatísticos

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a transformação dos dados foi realizada quando necessário. Quando os resultados mostraram significância a 5% de probabilidade, as médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para os fatores quantitativos, a regressão polinomial foi ajustada. Modelos lineares e quadráticos foram testados e a seleção do modelo foi baseada na significância (menos de 5%) e no coeficiente de determinação (R^2). Para a interação significativa, taxas

crecentes de K foram avaliados em cada situação individualmente. A análise estatística foi realizada com R studio e statgraphics® versão12.5 (Systat Software, San Jose, CA).

4 Resultados

A produtividade e os nutrientes retidos da no residuo *Brachiaria ruziziensis* extrapolados em kg ha⁻¹ foi influenciado somente pelas doses de potássio aplicados na soja, como expressado na tabela 4.

Tabela 4 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" da produtividade da matéria seca e os nutrientes retidos em Kg ha⁻¹ no resíduo da *Brachiaria ruziziensis* sob efeito das doses de K₂O a 5% de probabilidade

Variavel	MS	N	P	K	Ca	Mg
Kdose	0,0001*	0,0001*	0,001*	0,0001*	0,0024*	0,0071*

Obs: Ms: matéria seca; N: nitrogênio; P: Fósforo; K: potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio. garítmica, * Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.^{Ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

A concentração inicial dos nutrientes do resíduo da *Brachiaria ruziziensis* foi influenciado somente pelas doses de potássio aplicados na soja, conforme descrito pela tabela 5.

Tabela 5 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos teores iniciais dos nutrientes presente no matéria seca da *Brachiaria ruziziensis* sob efeito das doses de K₂O a 5% de probabilidade

Variavel	N	P	K	Ca	Mg
Kdose	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,6812 Ns	0,0156*

Obs: N: nitrogênio; P: Fósforo; K: potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio. garítmica, * Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.^{Ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

Foi observado efeito de interação entre dose de potássio vs tempo sobre a taxa de decomposição da Matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Tabela 6).

Tabela 6 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" da taxa de decomposição e liberação do nutrientes do resíduo da *Brachiaria ruziziensis* sob efeito das doses K₂O e o tempo a 5% de probabilidade

Variavel	MS	N	P	K	Ca	Mg
Kdose (A)	0,0001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,0001*
Tempo (B)	0,0001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,0001*
Interação (AXB)	0,0001*	0,001*	0,001*	0,000*	0,0001*	0,0,001*

Obs: Ms: Matériai seca ; N: nitrogênio; P: Fósforo; K: potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio.. * Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.^{Ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

A produtividade da soja cultivada sobre o resíduo da *Brachiaria ruziziensis* foi influenciada somente pelas doses de potássio aplicados na soja, conforme descrito pela tabela 7.

Tabela 7 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" da produtividade e componentes de rendimento da cultura da soja sob efeito das doses de K₂O a 5% de probabilidade

Variável	Produtividade	PFP	AFP	PMG
Kdose	0,0001*	0,3744 ^{Ns}	0,4631 ^{Ns}	0,2768 ^{Ns}

OBS: PFP: População final de planta; AFP: Altura final de planta; PMG: Peso de Mil Grãos. * Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{Ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

Os teores nutricionais foliares da cultura da soja foi influenciado pelas doses de potássio, conforme descrito pela tabela 7.

Tabela 8 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos teores foliares nutricionais da cultura da soja a 5% de probabilidade

Variável	N	P	K	Ca	Mg
Kdose	0,7927 ^{Ns}	0,3485 ^{Ns}	0,0001*	0,0003*	0,0072*

Obs: N: nitrogênio; P: Fósforo; K: potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio.. * Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{Ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey.

Foi observado efeito de interação entre dose de potássio vs o manejo da cobertura do solo sobre a produtividade da soja (Tabela 9).

Tabela 9 – Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" da produtividade da soja sob diferentes manejos de cobertura e dose de K₂O a 5% de probabilidade

Variável	Produtividade
Cobertura(A)	0,1900 ^{Ns}
Kdose(B)	0,1172 ^{Ns}
Interação(AB)	0,0181*

*** Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{Ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey.**

4.1 Produção de matéria seca de braquiária

A produtividade da matéria seca da *Brachiaria ruziziensis* foi influenciada pelas doses de potássio ($p < 0,0001$) aplicados na cultura da soja, anteriormente, por três cultivos da leguminosa. Onde é demonstrada pela (figura 3).

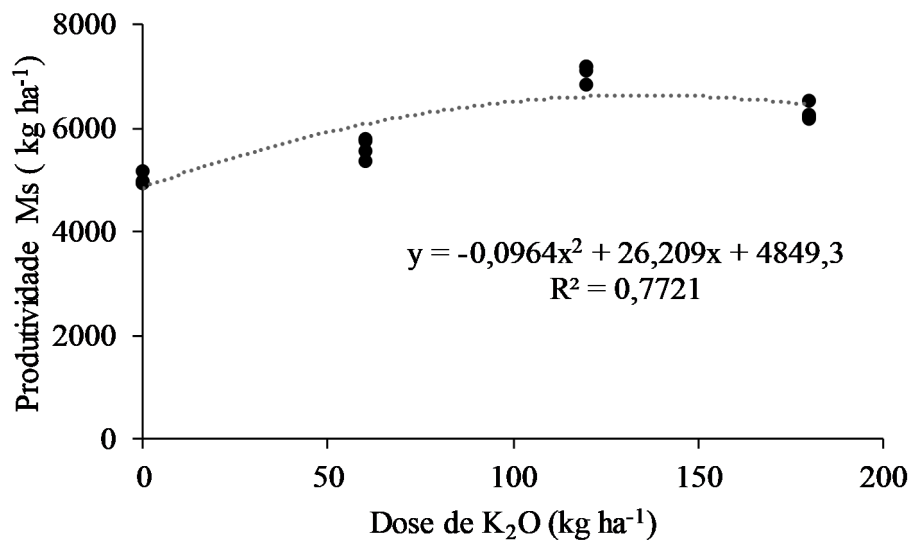


Figura 3 – Produtividade da matéria seca da *Brachiaria ruziziensis* em função da adubação potássica.

A máxima eficiência técnica produtiva foi obtida na dose de 135 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 3), que expressa uma produtividade de 6630,62 kg ha⁻¹ de matéria seca, sendo 30% maior do que a produtividade de braquiaria cultivada sobre as parcelas que não receberam adubação potássica na soja.

4.2 Teores nutricionais da palhada de *Brachiaria ruziziensis*

As doses de potássio aplicadas na soja influenciaram os teores iniciais de N, P, K e Mg da matéria seca da cobertura de braquiária (Tabela 10) ($P < 0,0001$). Já os teores iniciais Ca não foram influenciados pela adubação potássica da soja, sendo que o teor médio inicial de Ca observado na palhada de braquiária foi de $6,39 \pm 0,22$ g Ca kg⁻¹.

Tabela 10 – Teores iniciais nutricionais da matéria seca e suas respectivas curvas de regressão em função da adubação potássica

Nutriente	Dose kg K ₂ O ha ⁻¹				Equação	R ² (%)
	0	60	120	180		
	g kg ⁻¹					
N	15,42	15,02	14,22	14,15	$y = -0,0077x + 15,394$	92,1
P	3,02	3,87	2,97	3,00	$y = -0,000057x^2 + 0,0086x + 3,1587$	37,8
K	14,85	19,10	20,80	26,80	$y = 0,0626x + 14,755$	95,7
Ca	6,70	6,17	6,47	6,25	ns*	
Mg	4,57	4,60	4,60	3,70	$y = -0,000054x^2 + 0,0055x + 4,5087$	93,6

Conforme observado na Tabela 10 os teores de N na palhada de *Brachiaria ruziziensis* diminuíram com o incremento de adubação potássica na soja, sendo que para cada quilo de

K_2O aplicados na cultura soja o teor de N da palhada de braquiária diminuiu em 0,0077 g N kg.

Os teores iniciais de P na matéria seca foram influenciados pelas doses de adubação potássica aplicadas anteriormente na cultura soja ($P < 0,0001$) (tabela 5. Contudo o modelo quadrático encontrado dessa relação (tabela 10 apresentou baixo coeficiente de correlação ($R^2 = 0,35$).

A concentração inicial do potássio na matéria seca, aumentou conforme houve o incremento da adubação potássica promoveu um aumento no teor inicial do nutriente ,onde para cada kg de K_2O , eleva 0,0626 gramas de K na planta.

Com o aumento da doses da adubação potássica também ocorreu uma redução no teor inicial do magnésio da cobertura do solo, demonstrado pela tabela 10, onde se observar que na maior dose avaliada (dose de 180 kg K_2O ha⁻¹) o teor do nutriente na planta decresceu 20% em relação ao tratamento testemunha a qual não recebeu a adubação potássica.

Os teores nutricionais de todos os nutrientes retidos no resíduo *Brachiaria ruziziensis* foi influenciados pela adubação potássica (Tabela 11. sendo expressado seus respectivos modelos de regressão.

Tabela 11 – Teores nutricionais retidos em kg ha⁻¹ no resíduo da *Brachiaria ruziziensis* em função da adubação potássica e produtividade da matéria seca

Nutriente	Dose kg K ₂ O ha ⁻¹				Equação	R ² (%)
	0	60	120	180		
Produt.	5004,5	5609,0	7071,3	6287,3	Figura 3	—
N	78,2	84,2	100,6	88,9	$y = -0,0012x^2 + 0,3017x + 76,306$	72,7
P	15,1	21,7	21,1	18,9	$y = -0,0006x^2 + 0,1273x + 15,419$	93,8
K	74,4	107,0	147,0	168,6	$y = 0,5377x + 75,874$	98,8
Ca	33,5	34,6	45,7	39,3	$y = -0,0005x^2 + 0,1409x + 32,156$	58,9
Mg	21,6	24,9	30,7	23,3	$y = -0,0007x^2 + 0,1525x + 20,822$	74,1

O teor do nitrogênio apresentou sua máxima concentração na dose de 125 kg K_2O ha⁻¹ expressando 95,26 Kg N ha⁻¹, na qual o modelo expressou uma correlação de 0,727.

A matéria seca apresentou sua máxima retenção de fósforo na dose de 106 kg K_2O ha⁻¹ expressando 22,17 Kg P ha ha⁻¹, demonstrando alta correlação entre os dados ($R^2 = 0,938$).

O potássio retido no resíduo da *Brachiaria* expressou um crescimento linear em função das doses de potássio, ou seja a medida que aumenta a aplicação de potássio, promove uma maior absorção do nutriente.

A retenção de cálcio na matéria seca expressou sua máxima concentração na dose de 149 kg K_2O ha⁻¹ expressando 42,04 Kg Mg ha⁻¹. Contudo o modelo quadrático encontrado dessa relação (tabela 11 apresentou baixo coeficiente de correlação ($R^2 = 0,58$).

O teor do Magnésio apresentou sua máxima concentração na matéria seca na dose de 109 kg K_2O ha⁻¹ expressando 29,12Kg Mg ha⁻¹.

4.2.1 Decomposição da matéria seca da *Brachiaria ruziziensis*

Houve influência significativa da interação doses de potássio x tempo ($p < 0,05$) sob a taxa de decomposição da matéria seca da *Brachiaria*. A (Figura 4) descreve o decaimento exponencial duplo para todas as 4 doses de K_2O . O ajuste do modelo médio para as 4 doses foi de $0,75 \pm 0,4$, onde todas as doses seguem uma taxa de decomposição similar, observando que no decorrer do tempo, foi decomposto aproximadamente 45% da cobertura.

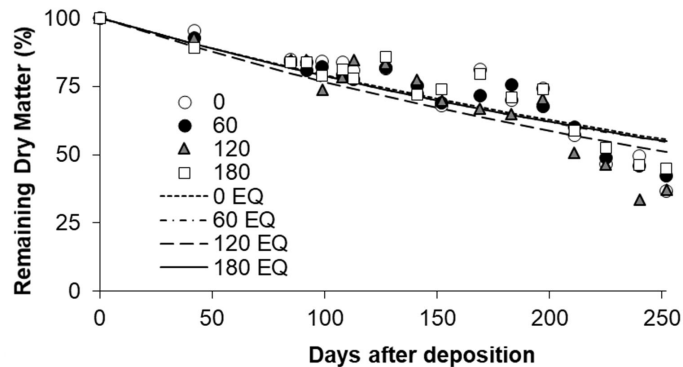


Figura 4 – Taxa de decomposição da cobertura do solo em função da adubação potássica

Avaliando os parâmetros de decomposição da matéria seca o modelo que melhor representou a decomposição em função das doses crescentes de adubação potássica foi o modelo exponencial duplo, que demonstra a mineralização no componente prontamente decomponível (%) e do mais recalcitrante (%) apresentados pela tabela 12. A fração mais decomponível variou entre 31,26 a 61,68%, o compartimento mais recalcitrante apresentou valores entre 38,32 a 68,87%, os dois compartimentos apresentaram uma taxa de diminuição média de $0,002 \pm 0,0002$ dia (kA).

Tabela 12 – Parâmetros do modelo não linear ajustados à matéria seca *Brachiaria ruziziensis* afetado por doses de K_2O aplicados na cultura da soja por três cultivos

K Dose (Kg ha ⁻¹)	Matéria seca						
	Compartimento decomponível			Compartimento recalcitrante			
	Ac. Fra (%)	kA K.Dia ⁻¹	T1/2 (Dias)	Recalcitrante (%)	kB K.Dia ⁻¹	T1/2 (Dias)	R ² (%)
0	61,68	0,0023407	296,06	38,32	0,00232760	297,73	72,4
60	55,49	0,0023966	289,15	44,51	0,00238701	290,32	80,3
120	31,26	0,0026273	263,77	68,74	0,00267984	258,60	75,1
180	48,13	0,0022599	306,66	51,87	0,00250570	276,57	74,5

o tempo de meia vida (T1/2), componente a qual faz parte dos parâmetros de decomposição da matéria seca, apresentou valores superiores a 250 dias tanto no compartimento prontamente decomponível quanto no mais recalcitrante, esse aspecto demonstra grande durabilidade da palhada sobre solo em todo o ciclo da cultura da soja, onde que o menor valor

encontrado foi na dose 120kg K₂O ha⁻¹ um tempo de aproximadamente 263 e 258 dias para a fração prontamente decomponível e mais Recalcitrante respectivamente.

Quando observado a quantidade remanescente descrito pela figura 5, é notório que houve uma diminuição gradativa da quantidade da matéria seca remanescente ao longo do experimento independente da adubação potássica recebida, visto que a diferença demonstrada na quantidade remanescente é explicada pela produção da forrageira conforme a figura 3

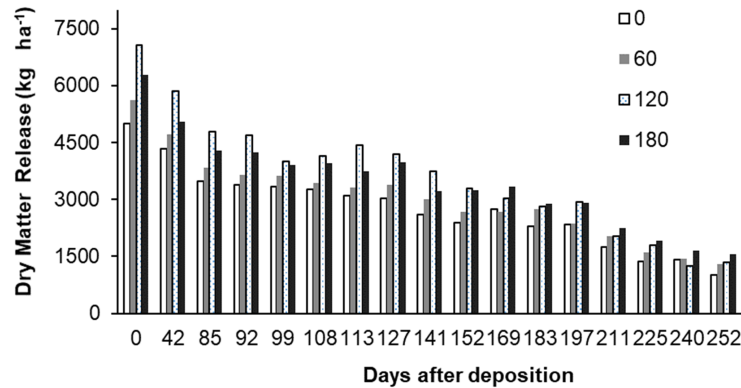


Figura 5 – Quantidade matéria seca (kg ha⁻¹) mineralizada em função da adubação potássica

Comparando as quantidades iniciais (dia 0) com ao do final do experimento (dia 252) é possível observar que houve uma redução de 3168,58; 3232,03; 4454,45; 3456,71 kg ha⁻¹ de matéria seca da cobertura do solo para as doses de 0, 60, 120 e 180 kg K₂O ha⁻¹ respectivamente no final das avaliações (252 dias).

4.2.2 Liberação de nitrogênio da palhada de *Brachiaria ruziziensis*

Houve influência significativa da interação doses de potássio vs tempo ($p < 0,0001$) sob a taxa liberação do nitrogênio da *Brachiaria*. a 6, demonstra uma constância na liberação caracterizada como lenta, visto que ao final das avaliação aos 252 dias, aproximadamente 30% do N nas doses de 0, 60 e 120 kg K₂O ha⁻¹ retido na matéria seca havia liberado para o sistema, a dose de 180 expressa uma decomposição menor, onde somente 20% do N retido na matéria seca apresentava-se liberado.

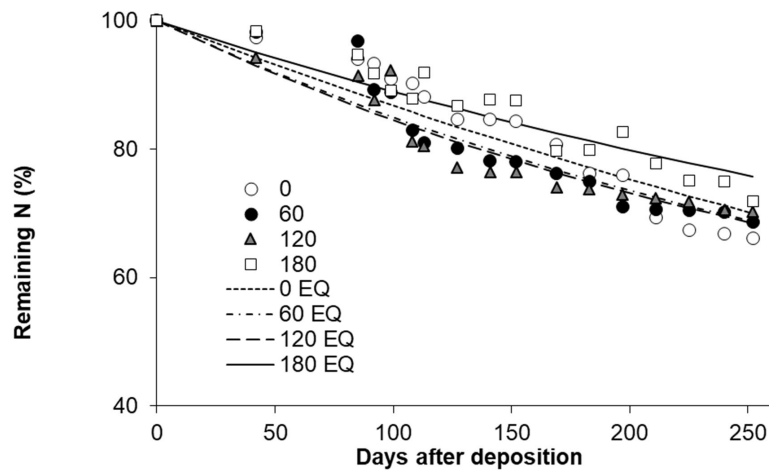


Figura 6 – Taxa de liberação de nitrogênio da cobertura do solo em função da adubação potássica

Para os componente de liberação do nitrogênio o modelo exponencial simples melhor representou a decomposição em função das doses crescentes de adubação potássica, apresentado pela tabela 13, onde demonstra que a fração prontamente decomponível foi similar em todas as doses variando entre 58,58 a 65,17%, entretanto na 0kg K₂O ha⁻¹, onde nesta respectiva dose o comparimento mais decomponível apresentou valor de 97,74%.

Tabela 13 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de nitrogênio de resíduo de *Brachiaria ruziziensis* afetado por doses de K₂O aplicados na cultura da soja por três cultivos

Kdose (Kg ha ⁻¹)	Nitrogênio			
	Ac. Fra (%)	kA K.Dia ⁻¹	T1/2 (Dias)	R2 %
0	97,74	0,0014437	480,03	87,3
60	62,10	0,0027750	249,73	87,5
120	58,58	0,0030651	226,09	87,6
180	65,17	0,0018494	374,72	85,4

Os dias necessários para decompor 50% do resíduo inicial (T1/2) variaram de 226,09 a 480,03. esses valores acompanharam a taxa de decomposição expressa pelo Ka, onde contatou-se uma variação de 0,001 a 0,003 k. dia⁻¹.

A quantidade liberada de nitrogênio (figura 7) a dose que apresentou maior acumulo liberação foi de 120kg K₂O ha⁻¹, sendo correspondente a 74,43 ±4,03 kg N ha⁻¹.

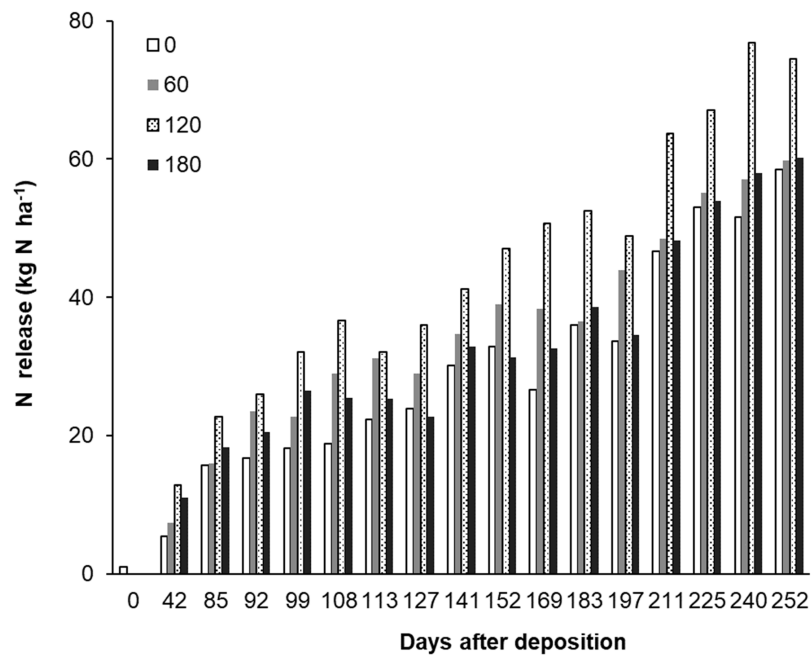


Figura 7 – Quantidade de nitrogênio (kg N ha^{-1}) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por 4 safras

4.2.3 Liberação de fósforo da palhada de *Brachiaria ruziziensis*

Houve influência significativa da interação doses de potássio vs tempo ($p < 0,0001$) sob a taxa de liberação de fósforo do resíduo da *Brachiaria*. A (figura 8) apresenta que a dose de $60 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ proporcionou uma liberação 25% maior que as demais.

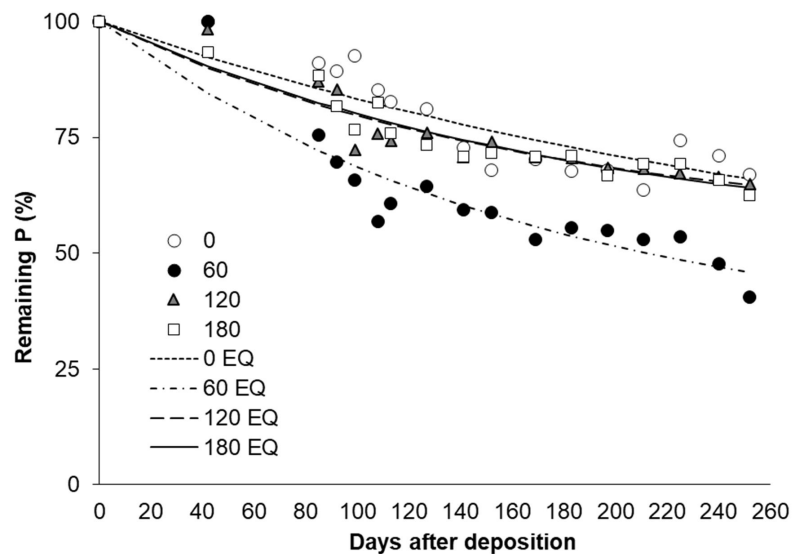


Figura 8 – Taxa de liberação de fósforo da cobertura do solo em função da adubação potássica

Para os componente de liberação do fósforo o modelo que melhor representou a

decomposição em função das quatro doses de adubação potássica foi o modelo exponencial simples apresentando uma correlação média de 0,78; apresentados pela tabela 14. A fração ativa apresentou valores entre 45,85 a 63,12%.

Tabela 14 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de fósforo de residuo de *B. ruzizienses* afetado por doses de K₂O aplicados na cultura da soja por três cultivos

Kdose (Kg ha ⁻¹)	Fósforo			
	Ac. Fra (%)	T1/2 K.Dia ⁻¹	kA (Dias)	R ² (%)
0	63,12	225,66	0,0030710	74,2
60	69,07	114,28	0,0060642	84,6
120	45,85	118,44	0,0058513	71,7
180	49,34	134,17	0,0051651	82,3

A dose de 0 kg ha⁻¹ de K₂O apresenta um maior tempo de meia vida, sendo relacionado ao menor valor de Ka, parâmetro que mensura a velocidade de decomposição realizado pelas bactéria decompositoras.

Para a quantidade liberada do fósforo (Figura 9), a dose da adubação potássica de 60 kg K₂O ha⁻¹, promoveu uma maior quantidade liberada do nutriente, visto que o valor encontrado foi de 17,97 ±0,70; kg P ha⁻¹, o que corresponde a aproximadamente 30% a mais que o tratamento que nao recebeu a adubação potássica.

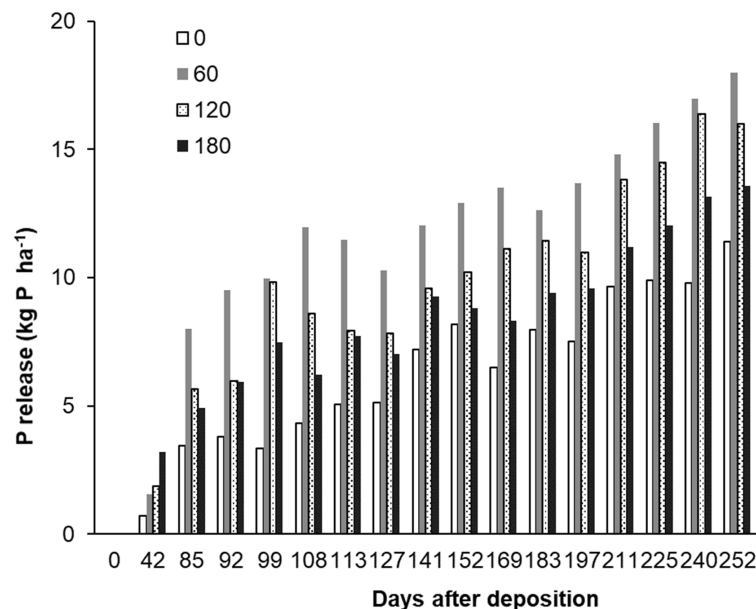


Figura 9 – Quantidade de fósforo (kg ha⁻¹) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por 4 safras

4.2.4 Liberação de potássio da palhada de *Brachiaria ruziziensis*

Houve influencia significativa da interação doses de potássio vs tempo ($p < 0,0001$) sob a taxa liberação do potássio da *Brachiaria*. A (figura 10), apresenta aumento da taxa de liberação do potássio no decorrer do tempo, onde aos 99 dias após a deposição dos Litter-bags, esse aumento expressa uma alta mineralização, este período mencionado coincide com o início das precipitações (Figura 1).

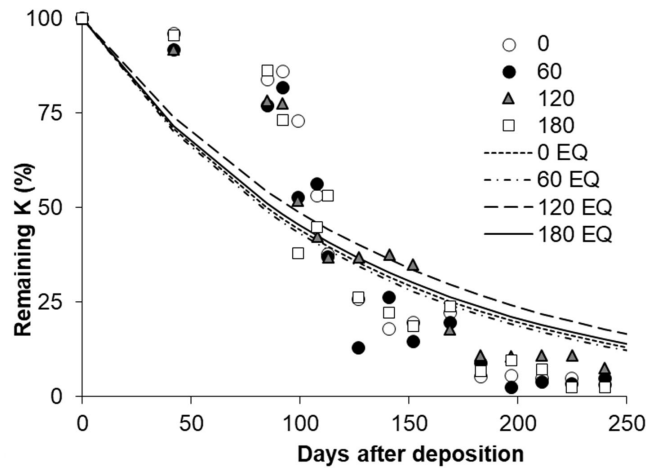


Figura 10 – Taxa de liberação de potássio da cobertura do solo em função da adubação potássica

Avaliando os parâmetros de decomposição do potássio o modelo que melhor representou a decomposição em função das quatro doses de adubação potássica foi o modelo exponencial duplo, com uma correlação média de $0,76 \pm 3,21$; apresentado pela tabela 15). A tabela demonstra que a fração prontamente decomponível apresentou valores entre 51,62 a 69,63%, já o compartimento mais recalcitrante apresentou valores entre 30,37 a 48,38%.

Tabela 15 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de potássio de resíduo de *B. ruziziensis* afetado por doses de K_2O aplicados na cultura da soja por três cultivos

Potássio							
Compartimento decomponível				Compartimento recalcitrante			
Kdose (Kg ha ⁻¹)	Ac. Fra (%)	kA K.Dia ⁻¹	T1/2 (Dias)	Recalcitrante (%)	kB K.Dia ⁻¹	T1/2 (Dias)	R ² (%)
0	57,40	0,0086899	79,75	42,60	0,00750279	92,37	72,4
60	69,63	0,0084355	82,15	30,37	0,00836203	82,87	75,9
120	51,62	0,0069457	99,77	48,38	0,00748594	92,57	81,4
180	56,44	0,0073259	94,60	43,56	0,00869825	79,67	77,1

O tempo de meia vida para todas as doses de potássio apresentaram período médio de até 100 dias tanto para o compartimento mais decomponível quanto para o mais recalcitrante,

Visto que, esse alto valor apresenta relação com o período chuvoso mencionado descrição dos resultados da figura 10 e demonstrado pela figura 1.

Quando observado o acúmulo da liberação do potássio (figura 10, os valores encontrados apresentam um liberação até os 183 dias após a deposição dos litter-bags, após esse período demonstram uma constância nos valores amostrados, o que representa um mineralização de grande parte do nutriente presente na matéria seca até a data de 183 dias.

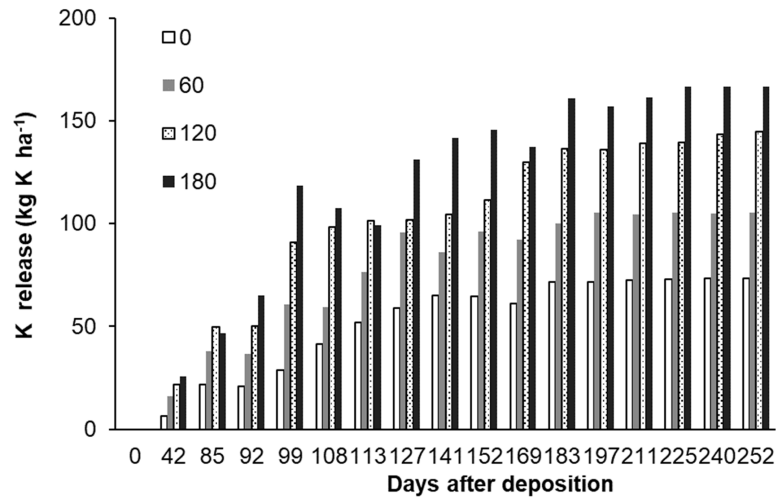


Figura 11 – Quantidade de potássio (kg ha⁻¹) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por 4 safras

4.2.5 Liberação de cálcio da palhada de *Brachiaria ruziziensis*

Houve influencia significativa da interação doses de potássio vs tempo ($p < 0,0001$) sob a taxa liberação do cálcio da *Brachiaria*. A figura 12 expressa que as doses de 60 e 120 kg K₂O ha⁻¹ promoveu uma mineralização 25% a maior em relação aos demais tratamentos durante todas as avaliações.

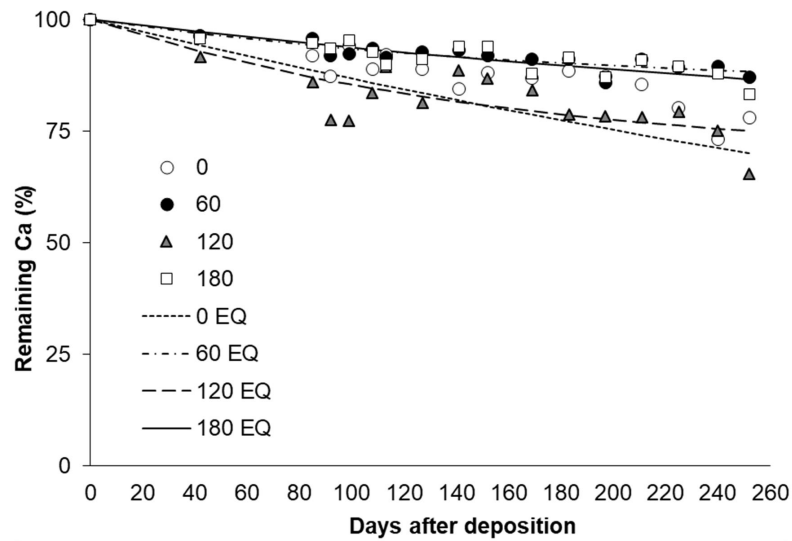


Figura 12 – Taxa de liberação de cálcio da cobertura do solo em função da adubação potássica

Para os componente de liberação do cálcio o modelo que melhor representou a decomposição em função das quatro doses de adubação potássica foi o modelo exponencial simples, com ajuste médio de $0,54 \pm 5,7$, apresentados pela tabela 16, É notório que os valores encontrados para cálcio apresentam uma alta variabilidade dos dados, oque pode ser observado pelos valores de R^2 .

Tabela 16 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de cálcio de residuo de B. ruzizienses afetado por doses de K_2O aplicados na cultura da soja por três cultivos

Kdose (Kg ha ⁻¹)	Cálcio			
	Ac. Fra (%)	kA K.Dia ⁻¹	T1/2 (Dias)	R ² (%)
0	42,26	0,0025	274,36	64,2
60	15,36	0,0056	123,09	51,3
120	31,48	0,0063	110,88	50,1
180	30,22	0,0023	299,06	51,9

A dose de $60 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ apresentou o menor valor de fração prontamente decomponível. O tempo de meia vida apresentaram valores entre 110,88 a 274,36 dias, a dose 0 e 180 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, visto que nas duas doses o K_a expressa uma baixa velocidade de decomposição.

Em relação quantidade liberada do cálcio (figura 13) a dose de $120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, apresentou uma maior quantidade liberada ao longo do tempo, chegando uma concentração liberada de aproximadamente $30 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, esse valor representa uma liberação 26% maior que o tratamento a qual não recebeu a adubação potássica.

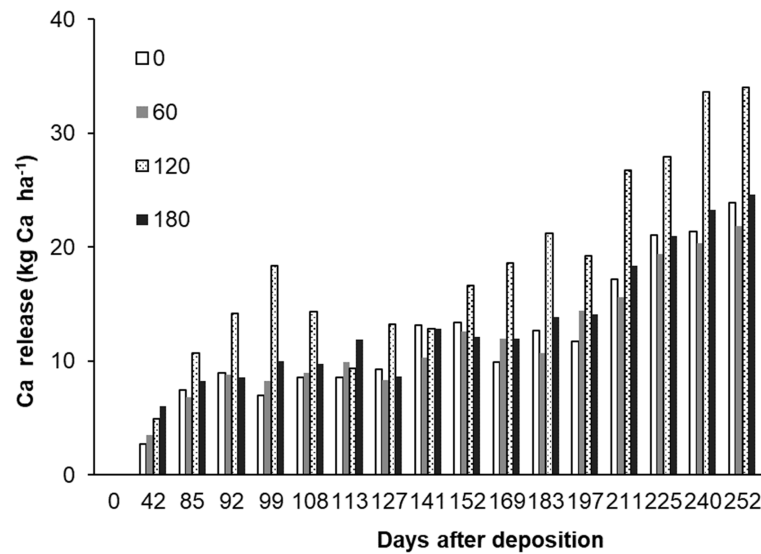


Figura 13 – Quantidade de cálcio (kg ha⁻¹) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por 4 safras

4.2.6 Liberação de Magnésio da palhada de *Brachiaria ruziziensis*

Houve somente o efeito individual doses de potássio e tempo ($p < 0,05$) sob a taxa liberação do magnésio da *Brachiaria*. A figura 12 demonstra que na dose de 120 kg K₂O ha⁻¹ ($p < 0,05$), apresenta uma liberação 20% maior que as demais doses no decorrer do tempo.

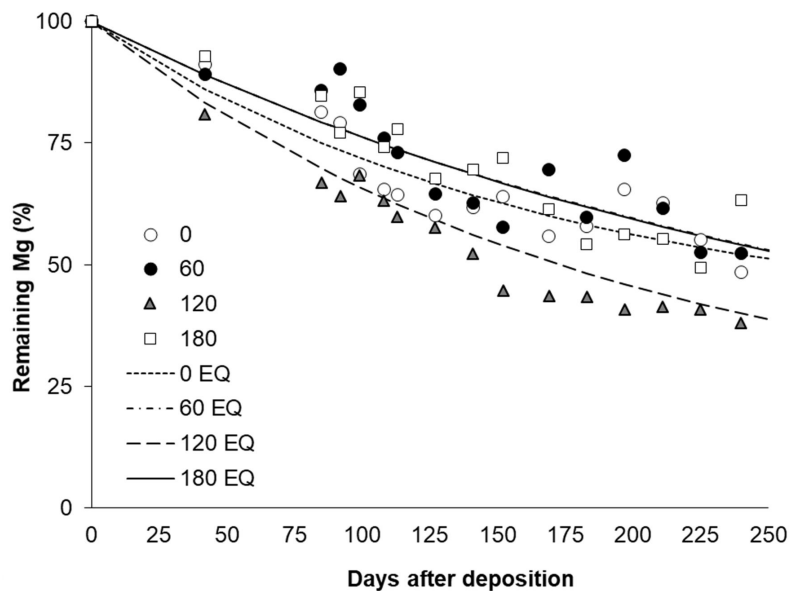


Figura 14 – Taxa de liberação de magnésio da cobertura do solo em função da adubação potássica

Nos parâmetros de liberação do magnésio o modelo que melhor representou a decomposição em função das doses crescentes de adubação potássica foi o modelo exponencial simples, com o ajuste médio de $83\% \pm 6,53$.

Tabela 17 – Parâmetros do modelo não linear ajustados liberação de magnésio de residuo de *B. ruziziensis* afetado por doses de K₂O aplicados na cultura da soja por três cultivos

Magnésio				
Kdose (Kg ha ⁻¹)	Ac. Fra (%)	kA K.Dia ⁻¹	T1/2 (Dias)	R ² (%)
0	63,01	0,0059	116,74	80,00
60	80,40	0,0035	198,07	79,1
120	83,40	0,0053	130,94	93,2
180	82,41	0,0034	203,88	81,3

O tratamento onde não realizou a adubação potássica,apresentou uma menor fração pontamente decomponível e uma menor valor de meia vida (t_{1/2}), entretanto a velocidade de decomposição (kA) foi maior que os demais.

Já quando comparado a quantidade liberada de magnésio (figura ?? correspondendo a figura 14 a dose de 120kg K₂O ha⁻¹ também promoveu um acúmulo de magnésio liberado 32% maior do nutriente que as demais doses.

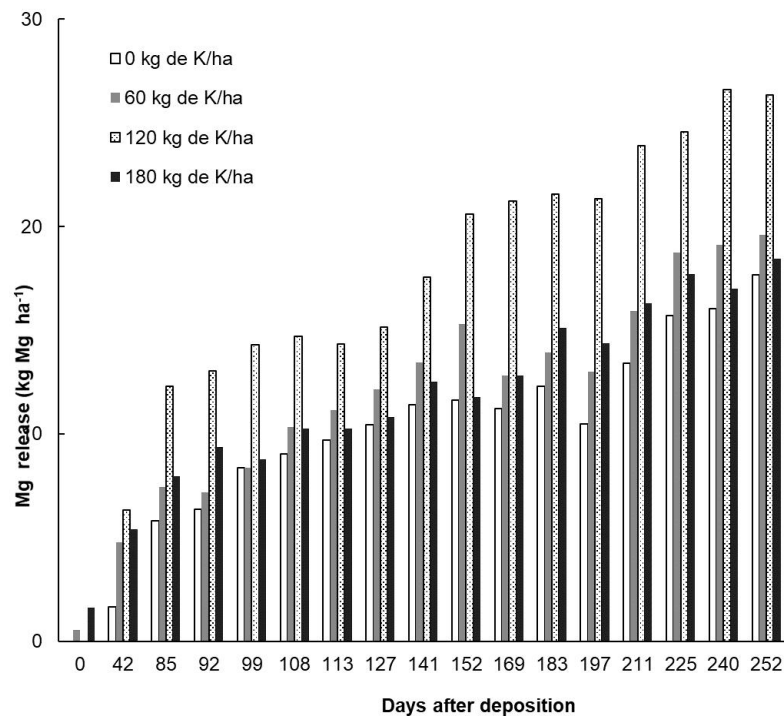


Figura 15 – Quantidade de magnésio (kg ha⁻¹) liberado da palhada de braquiária em função do tempo e de doses de potássio aplicado na cultura da soja por três safras

4.3 Concentração nutricional foliar, produtividade e componente de rendimento da Soja

A concentração nutricional foliar da cultura da soja, os nutrientes potássio, cálcio e magnésio foram influenciados pela adubação potássica (Tabela 18). Nitrogênio e fósforo não apresentaram influência em relação a adubação potássica apresentando valores médios de $41,7 \pm 0,40$ e $3,46 \pm 0,021$ g kg⁻¹ respectivamente.

Tabela 18 – Teores nutricionais da cultura da soja sob doses crescentes de adubação potássica aplicadas

Nutrientes	Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)				Equação	R ² (%)
	0	60	120	180		
	g Kg ⁻¹					
Nitrogênio	41,67	41,72	42,27	41,12	<i>Ns</i>	
Fósforo	3,50	3,45	3,45	3,45	<i>Ns</i>	
Potássio	15,45	23,95	28,25	28,60	$y=0,079x + 17,5$	89,2
Cálcio	10,05	9,90	9,67	9,60	$y=-0,0026x + 10,04$	96,9
Magnésio	4,00	3,87	3,72	3,70	$y=-0,0018x + 3,98$	93,8

A concentração do potássio na folha da soja apresentou um aumento de 0,079g a cada quilo de K₂O incrementado na adubação.

O teor de cálcio foliar da soja demonstrou uma diminuição de 0,0026 g a cada quilo de K₂O incrementado pela adubação.

A concentração foliar de magnésio diminuiu 0,0018 g conforme o incremento de cada quilo de K₂O.

A figura 16 apresenta a comparação das doses de potássio, demonstrando amarellamento nas folhas principalmente da dose de 120 e 180 kg K₂O ha⁻¹

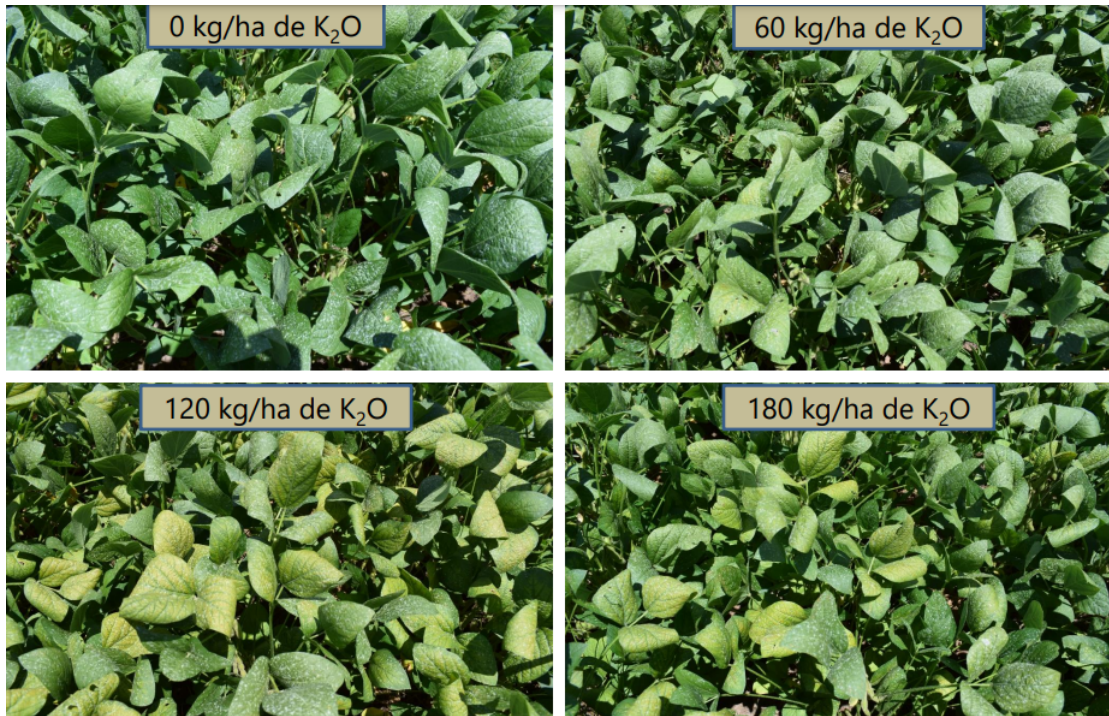


Figura 16 – Visualização aparente de deficiência nutricional

A produtividade da soja foi influenciada em relação as doses crescentes da adubação potássica ($p < 0,05$) (figura 17). Já os componentes de rendimento da soja como peso de mil grãos, altura de planta e população final de plantas, não apresentaram diferenças estatísticas significativas em relação a adubação potássica.

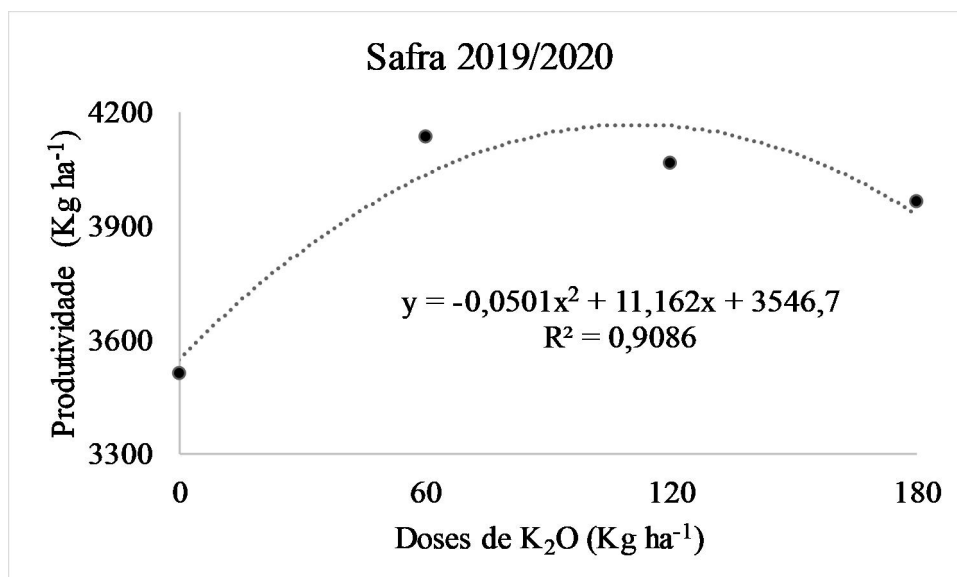


Figura 17 – Produtividade da soja em função de adubação Potássica

A produtividade da soja apresentou sua máxima eficiência técnica na dose de 111 kg K₂O ha⁻¹, o que correspondeu valor aproximadamente 4000 kg ha⁻¹ de grão de soja.

Para a avaliação comparando as parcelas adicionais a qual não apresentavam cobertura na superfície do solo, foi avaliado a diferença de produtividade nas doses de 60 e 120 kg K₂O ha⁻¹ com e sem cobertura (Figura 18), onde houve influência significativa da interação doses de potássio vs manejo da cobertura do solo ($p < 0,05$) sob a produtividade da soja (figura 10), visto que a dose 120 kg K₂O ha⁻¹ sem cobertura do solo apresentou maior produtividade sendo estatisticamente igual aos tratamentos de 60 e 120 kg K₂O ha⁻¹ com cobertura, a dose de 60 kg K₂O ha⁻¹ com cobertura apresentou diferença estatística da dose de 120 kg K₂O ha⁻¹ e sendo igual as demais.

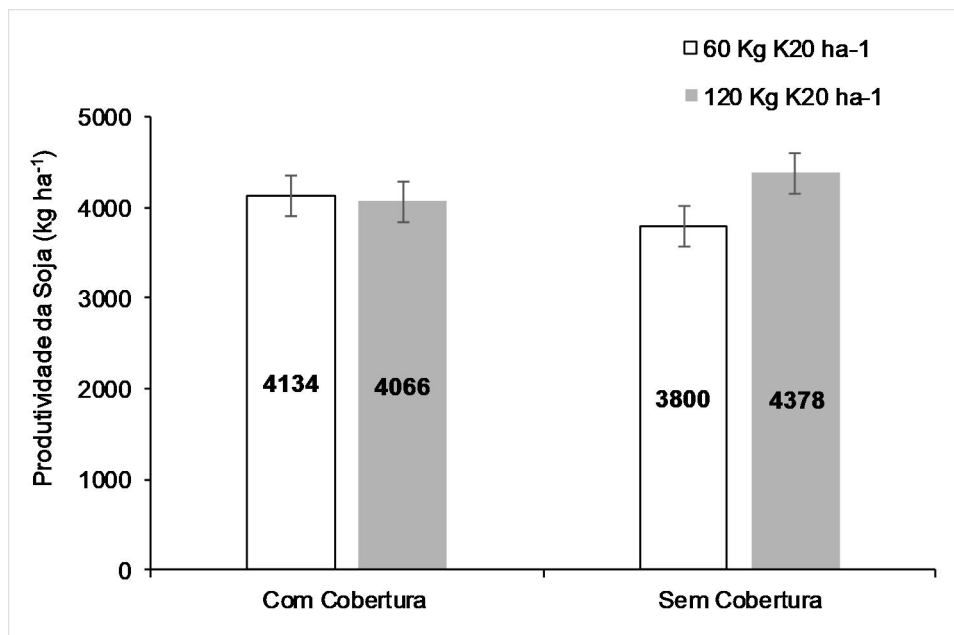


Figura 18 – Produtividade da soja sobre diferentes manejos de cobertura do solo e doses de K₂O

OBS: As barras que estão na mesma amplitude e apresentam transposição das suas pontas não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade

A doses de 120 kg K₂O ha⁻¹ apresentou produtividade superior no manejo com a cobertura do solo correspondendo a uma produtividade de 4378 kg ha⁻¹.

5 Discussão

5.0.1 Cultura *Brachiaria ruziziensis*

A influência do potássio no incremento da produtividade da cobertura do solo é explicada pelo poder residual principalmente em sistemas de plantio direto que o potássio apresenta. [Vilela et al. \(1999\)](#) constataram esse poder residual quando observou por 8 safras o comportamento equivalente da produtividade de Soja e milho onde era realizada somente a adubação na cultura da soja, e o milho mesmo sem a adubação apresentava produtividade continuas sem quedas. [SOUSA e Lobato \(2004\)](#), também observaram o efeito residual da adubação potássica onde aplicaram em dose única de 600 kg ha⁻¹ de K₂O em sistema de plantio direto, onde proporcionou um rendimento igual em sete colheitas de milho, justificando esse comportamento principalmente pelo efeito residual do potássio.

A partir da figura 3 é possível observar uma redução da produção da forrageira em dose superior a 130 kg ha⁻¹ de K₂O, esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que a alta concentração de potássio no solo acarreta uma baixa absorção dos outros nutrientes que competem pelo mesmo sitio de absorção como cálcio e magnésio ([MENGEL; KIRKBY, 2004](#)). [Cardoso \(2016\)](#) também encontrou redução da produtividade do capim Tifton-85, quando submeteram a forrageira a doses de potássio superiores a 120 kg ha⁻¹.

[Lima et al. \(2019\)](#) avaliando o acúmulo de foragem em função da adubação potássica, encontrou incremento do capim *Urochloa ruziziensis* até a dose de 140 kg ha⁻¹ de K₂O.

A concentração inicial encontrada para nitrogênio(N) e potássio(k) são valores próximos ao demonstrados por [Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Brito \(2007\)](#) que avaliando os teores iniciais de plantas de cobertura encontrou para a *brachiaria brizantha* 10 g N kg⁻¹, 22,5 g K kg⁻¹.

Os valores encontrados para fósforo encontram-se dentro do intervalo proposto por [Sousa et al. \(2019\)](#), que em seu experimento expressa valores que variaram entre 3 a 5 g P kg⁻¹ em 10 espécies de cobertura do solo incluindo a *Brachiaria ruziziensis*.

A retenção dos nutrientes descrito pela tabela 11 foi avaliada levando em consideração a concentração inicial quantificada em g kg⁻¹ e a produtividade da matéria seca em função das doses de potássio, onde é possível observar que o *Bachiaria ruziziensis* foi capaz de reter grandes quantidades de nutriente, realizando de maneira eficaz o armazenamento dos nutrientes. Com isso evitando com que esses nutrientes fique dispersos no solo, onde pode acabar sofrendo processos erosivos e se torna não disponível para a cultura sucessora.

[Costa et al. \(2014\)](#) avaliando o acúmulo de nutriente de palhada de *Brachiaria*, observaram que a forrageira realizou a retenção de 138,48 kg N ha⁻¹, 20,17 kg P ha⁻¹ e 202,67 Kg K ha⁻¹, os valores encontrado no presente trabalho são inferiores ao descrito pelo autor entretanto a produtividade expressada pelo autor é maior, o que exemplifica tal diferença, visto que os valores são extrapolados a partir da produtividade da matéria seca.

A diminuição na retenção de nitrogênio é relacionada com a diluição de N, que há uma redução do teor do nutriente, em virtude do aumento da produtividade da matéria seca. Paula (2005) demonstra esse comportamento avaliando a diluição de N na cultura da batata. Orioli Júnior (2013) também encontrou resultados semelhantes para a cultura do milho.

Quando observado os parâmetros de decomposição da matéria seca é notório que dose de 120 kg K₂O ha⁻¹ apresentou um tempo de meia vida menor essa diferença está relacionada com sua maior concentração de Nitrogênio figura 10, esse fator interferiu positivamente para ocorrer a diminuição da relação C:N ocasionando uma degradação mais rápida dos seus componentes decomponíveis e recalcitrantes, visto que os decompositores realizam a mineralização da matéria seca utilizando o nitrogênio presente no solo para sua nutrição e reprodução, ou seja, quanto menor a quantidade de N presente no sistema menor será a ação das bactérias decompositoras e sua população para realizar tal ação (TORRES; PEREIRA, 2008) (MEDRADO *et al.*, 2011).

Na dose de 180 kg K₂O ha⁻¹ é possível perceber que há uma diminuição da fração mais recalcitrante e um aumento da mais decomponível (Tabela 12) esse comportamento é justificado, pois quando a dose de K₂O é superior a 150 kg K₂O ha⁻¹ a concentração de potássio desfavorece a absorção de cálcio e magnésio. A partir disso entende-se que a fração mais recalcitrante irá diminuir ocasionando o aumento da fração ativa, visto que esses dois nutrientes fazem parte de componentes estruturais da planta.

Durante as avaliações percebe-se uma baixa taxa de decomposição dos resíduos, que é explicada pela alta relação C:N das gramíneas. Souza *et al.* (2010) afirmam que a durabilidade da cobertura no sistema está relacionada com a composição da mesma, atribuindo principalmente a relação C:N e lignina:N, onde esses atributos retardam a mineralização pois torna o resíduo mais resistente à ação dos microrganismos.

Mendonça *et al.* (2015) em seu trabalho estudando várias espécies de plantas de cobertura em sistema plantio direto, afirmando que as gramíneas como milho e a *Urochloa ruziziensis* apresentam uma menor taxa de decomposição e conseqüentemente uma duração maior sobre o solo, sendo assim espécies favoráveis para sistemas de plantio direto com o intuito de proteção do solo.

O retardamento na taxa de liberação até os 99 dias após a deposição dos resíduos, é ocasionado em virtude de que nesse período houve uma estiagem prolongada, o que ocasionou o retardamento da ação dos microrganismos na mesma, visto que a decomposição é regulada pela qualidade dos resíduos, principalmente a relação C:N e fatores do ambiente como umidade do solo, precipitação e a quantidade de organismos decompositores, ou seja, se as condições ambientais não favorecem a proliferação dos decompositores a ação dos mesmos são retardadas (HEAL; ANDERSON; SWIFT, 1997).

O nitrogênio e fósforo apresentaram resultados semelhantes para os parâmetros de decomposição, visto que o tempo de meia vida na tabela 13 e 14 foi similar em todas as doses de potássio exceto na 0 kg K₂O ha⁻¹, onde nesta respectiva dose o tempo de meia

vida é o dobro maior que as demais, esse resultado pode ser explicado pelo fato de que com uma menor quantidade de matéria seca produzida provocou uma menor concentração de organismos decompositores e promoveu esse retardamento da velocidade de decomposição e conseqüentemente aumentando o tempo de meia vida.

[Marcelo, Corá e Fernandes \(2012\)](#) em seu trabalho demonstram que o tempo de meia vida do nitrogênio é 170 dias e 57 para fósforo, os valores encontrados para N e P no presente estudo, 283 e 122 respectivamente, são superiores ao encontrado pelo autor, essa diferença pode ser explicada em virtude de que no período avaliado teve uma estiagem de 99 dias após a deposição dos resíduos da cobertura do solo, onde este aspecto influenciou diretamente da decomposição do resíduo.

[Silva et al. \(2009\)](#) em seu trabalho afirma que plantas com relação C:N intermediário disponibilizam nitrogênio no solo em maior quantidades e de maneira mais rápida.

[Ziech et al. \(2015\)](#) avaliando a decomposição de diferentes coberturas do solo, afirma que as gramíneas acumula em sua composição altas quantidades de carbono orgânico o que resulta em elevada relação C:N e diminuição da taxa de decomposição de nitrogênio que fica retido pelos organismos decompositores.

A liberação do nitrogênio apresenta uma baixa porcentagem de liberação, sendo explicado por [Fernandes \(2006\)](#) que expressam que o nitrogênio estão presentes na composição dos compartimentos de maior resistência a decomposição como no esqueleto de cadeias carbônicas que apresentam alta relação C:N conseqüentemente baixa taxa de decomposição.

A dose de 120 kg kg K₂O ha⁻¹ promoveu uma maior quantidade liberada de nitrogênio aos final dos 252 dias esse aspecto é explicado pelo maior acúmulo de matéria seca na respectiva dose.

A liberação de fósforo como demonstrada aos dias 169 após a deposição dos litter-bags (77 dias após o plantio da soja) a dose de 60 kg K₂O ha⁻¹ foi capaz de realizar a ciclagem de 13 kg P ha⁻¹ , em comparação com trabalhos de [OLIVEIRA, J. A. de; CASTRO, C. de; PEREIRA, L. R.; DOMINGOS \(2016\)](#) onde apontam em seu estudo que a fase de maior absorção de fósforo da cultura da soja encontra-se entre 70 a 85 dias após a emergência e a extração de P pela cultura da soja é de aproximadamente 6,73 kg de fósforo por tonelada produzida [EMBRAPA \(2013\)](#) , portanto no presente estudo em tal período a cobertura do solo estava contribuindo com aproximadamente 50% da concentração nutricional exigida pela cultura, conseqüentemente a introdução da cobertura do solo é capaz de proporcionar uma diminuição do uso de adubos, resultando em menor custo de produção e maior lucratividade.

Para os resultados no compartimento de decomposição do potássio o tempo de meia vida foi favorável para todas as doses visto que apresentaram período médio de 100 dias, significando que cobertura esteve presente no sistema durante todo o período de cultivo da soja realizando a proteção do solo e liberação do nutriente, corroborando com [Leite et al. \(2010\)](#) que em seu trabalho encontraram um tempo de meia vida de 100 dias.

Os resultados encontrados também estão de acordo com [Torres e Pereira \(2008\)](#) onde

estudando a dinâmica do potássio em sistema integrados no cerrado encontraram valores que variaram de 73 a 110 dias, o que vale ressaltar que em regiões tropicais a manutenção da cobertura do solo é extremamente necessária não somente para sincronizar a liberação dos nutrientes, mas também para proteção do solo favorecendo a cultura cultivada sobre a palhada.

Giacomini *et al.* (2004) Doneda (2010) Costa *et al.* (2014) encontraram valores bem inferiores, onde o T1/2 do potássio encontrado era em média 20 dias, onde ocorreu precipitação desde o início da deposição da matéria seca da cobertura sobre o solo.

TAIZ L.; ZEIGER () afirmam em seu trabalho que o potássio é um elemento de fácil liberação do compartimento decomponível, onde ficam retidos em Média 6% do teor inicial no compartimento, é possível perceber porcentagem similar quando comparado o nutriente liberado com o retido tabela 11 avaliados no trabalho.

No presente estudo é possível perceber que adubação potássica influenciou nos dois compartimento, esse efeito pode ser explicado em virtude de que como a planta apresentava em seu tecido concentrações altas do nutriente e o potássio não está ligado a nenhuma componente estrutural a liberação do mesmo esta condiciona a fatores ambientais como a precipitação e concentração nutricional. Costa, Gama-Rodrigues e Cunha (2005) afirmam em seu trabalho que a mineralização da matéria seca não é o fator principal para a ciclagem do potássio, e que esse nutriente é liberado da matéria seca a partir dos fatores ambientais como chuva e umidade.

A *Brachiaria ruziziensis* foi capaz de ciclar na dose de 60 kg K₂O ha⁻¹ quantidade suficiente para suprir a necessidade nutricional da soja, visto que a cultura necessita de 20,14 kg K₂O ha⁻¹ para produzir 4000 kg ha de grão (EMBRAPA, 2013), sendo que na respectiva dose foi ciclado para o sistema concentrações superior a 120kg K₂O ha⁻¹, sendo assim na safra avaliada a adubação não se faz necessária, pois a cobertura do solo já apresentava liberação dos nutriente para suprimento nutricional de potássio da cultura da soja.

Para os valores encontrados nos parametros de liberação de cálcio e magnésio o tempo de meia vida apresentaram valor 15 a 40 dias e 116 a 200 respectivamente, Santos *et al.* (2014) encontraram valores superiores para cálcio e inferiores para magnésio em seu estudo, essa discrepância pode ser explicada em virtude de que a adubação potássica influenciou na concentração do nutriente na planta o que pode ter ocasionada essa diferença no tempo de meia vida.

Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Brito (2007) avaliando a decomposição e mineralização da brachiaria encontraram 122 dias para T1/2 do magnésio, resultado semelhante ao encontrado no estudo.

Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Brito (2007) Costa, Gama-Rodrigues e Cunha (2005) demonstram em seus estudos que a liberação de N, P, Ca e Mg está associada a decomposição da matéria seca, onde quanto maior a taxa de decomposição da matéria seca maior será a taxa de liberação dos nutrientes e conseqüentemente menor o tempo de meia vida.

Observando a quantidade nutricional retida da matéria seca é possível perceber que

90% de todos nutrientes já encontrava-se no sistema a partir da decomposição da matéria seca ao final dos 252 dias.

5.0.2 Produtividade da cultura da soja

A concentração nutricional foliar da soja demonstrada pela tabela 18 demonstra os valores de Nitrogênio e Fósforo encontram-se dentro do ideal conforme o sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) e o Diagnóstico da composição Nutricional) que apresentam como teor ideal de 40,6 g N kg⁻¹ e 3,0 g P kg⁻¹, como os encontrados no presente trabalho de 41,7 e 3,46 para N e P respectivamente.

O teor foliar de potássio somente a dose de 60 kg ha⁻¹ encontra-se na concentração ideal de 23 g kg⁻¹ descrito pelo sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) e o Diagnóstico da composição Nutricional). Os valores nutricionais foliares das doses 120 e 180 kg K₂O ha⁻¹ encontram-se no intervalo determinados como em excesso, o que, pode ocorrer o deslanço nutricional com Ca e magnésio e ocasionar perda de produtividade.

O teor de cálcio foliar está classificado como baixo ou em deficiência nutricional pois expressa valores menor de 10 g Ca kg⁻¹, [Urano et al. \(2007\)](#) afirmam que o valor nutricional adequado para o nutriente é de 11,6 g Ca kg⁻¹. para produtividades de até 4701 kg ha⁻¹ de soja.

Em comparação com os teores nutricionais demonstrados pela tabela 18 e a figura 16 é possível afirmar que as , visto que o nutriente segundo o Diagnóstico da composição Nutricional apresentavam baixos valores. Segundo [Fernandes \(2006\)](#) a deficiência de cálcio provoca clorose intranerval nas folhas mais novas em virtude que o nutriente não remobilizado na planta.

Segundo [Urano et al. \(2007\)](#) a concentração de magnésio acima de 3,7 encontra-se entre o intervalo diagnosticado como suficiente para a planta.

O comportamento da produtividade da soja expressado pela figura 17 é expressado por [Scherer \(1998\)](#), onde explica que quando o teor de K no solo estiver maior que 0,15 cmolc dm³ as respostas da cultura são baixas ou inexistentes, onde a dose de 60 kg K₂O ha⁻¹ representa essa concentração.

[Lange et al. \(2019\)](#) ressalta que quando a cultura da soja está inserida em um sistema de plantio direto sobre palhada e quando o nível do potássio no solo está adequado entre 0,15 cmolc dm³ a 0,40 cmolc dm³, a resposta da cultura a adubação é menor, visto que as reservas do solo e o suprimento realizado a partir da ciclagem de nutriente pela cultura de cobertura, são suficientes para suprir a necessidade nutricional da soja.

[Ribeiro et al. \(2018\)](#) avaliando adubação potássica na soja no cerrado maranhense, encontrou que altas doses de potássio podem inibir ou diminuir a inoculação, provocando queda de produtividade.

A produtividade da Soja apresentou um valor aproximadamente 4000 kg ha⁻¹ avaliando a máxima eficiência técnica da mesma, corroborando com [NAVES \(2018\)](#) que também encontrou produtividade semelhante quando cultivado soja em sistema de plantio direto sobre palhada de

planta de cobertura.

Esse comportamento pode se atribuir a construção da fertilidade do solo, visto que com a inserção da cobertura do solo conseqüentemente há o aumento da concentração de matéria orgânica. [Liu et al. \(2011\)](#) em seu trabalho com dinâmica da matéria orgânica afirma que esse atributo no solo garante uma estabilidade de produtividade, explicado pela contribuição da matéria orgânica (M.O) com o incremento na capacidade de troca catiônica do solo, por melhorar a distribuição dos nutrientes no perfil do solo e aumentar as bases.

É notório que mesmo com baixa concentração da precipitação (figura 1, houve uma estabilidade da produtividade, o que pode ser explicada pelo fato de que, com a inserção de gramíneas no sistema como cobertura do solo, está desempenhou importante papel na estabilidade de agregado, densidade do solo, resistência a penetração e criação de macro e microporos a partir das raízes, [ANSCHAU \(2018\)](#) constata que esses atributos físicos favoreceram o melhor desenvolvimentos da cultura sucessora, visto que quando o sistema apresenta uma melhor agregação e criação de canais preferenciais (macro e microporos) estes contribuem para o armazenamento de água no solo.

A cobertura também exerce função de proteção de fatores adversos como impacto da gota da chuva, processos erosivos e contato direto dos raios solares com o solo, neste sentido além de conservação contra a erosão, reduz a temperatura do solo proporcionando uma redução na evaporação da água, favorecendo uma maior umidade do solo e conseqüentemente um maior armazenamento de água ([FRANCHINI et al., 2009](#)).

[Salton et al. \(2008\)](#) em seu trabalho onde alega que esse efeito pode aparecer devido a influência da palhada sobre os aspectos químicos e físicos do solo, onde sem planta de cobertura não se realiza a ciclagem do nutriente e devido os solos arenoso apresentarem baixa capacidade de retenção de cátions os nutrientes ficam dispersos e propenso a sofrer perdas por lixiviação e erosão.

[CRUZ J.C. \(2015\)](#) afirma que a *B. ruziziensis* favorece essa melhoria na produtividade da soja devido essa espécie apresentar capacidade de reciclar altas quantidades de nutrientes e liberá-los para cultura sucessora a partir da mineralização da palhada, e quando associada a adubações, essa cobertura apresenta importante função de proteção do solo e de realizar a ciclagem, evitando perdas dos nutrientes por lixiviação.

O aspecto importante a se observar, é a produtividades da soja na dose 60 kg K₂O ha⁻¹, nos dois manejos avaliados, visto que com a cobertura do solo a dose expressara superioridade de 333 kg ha⁻¹ de grãos de soja a mais do que a dose de 60 kg K₂O ha⁻¹ sem a cobertura do solo, o que corresponde a 5,56 sacas ha⁻¹, considerando a cotação atual da sacas de soja, o manejo correto da adubação agregaria R\$ 1002 por hectare de lucratividade ao produtor.

Diante deste fato é possível afirmar que quando o manejo da adubação potássica é realizado em um sistema de plantio direto, onde a cobertura do solo é promovida pela *Brachiaria ruziziensis* não apresenta indícios de lixiviação do potássio, pois o nutriente fica armazenado no resíduo da cultura de cobertura e posteriormente volta de maneira rápida ao solo através

da decomposição da matéria seca.

Ribeiro *et al.* (2018) e NADAL (2018) avaliando os aspectos agronômicos da cultura sobre diferentes plantas de cobertura observou que produtividade da soja é aumentada quando cultivada sobre a palhada da *Brachiaria ruziziensis*.

Quando comparado adubação de 120 kg K₂O ha⁻¹ o manejo com e sem cobertura apresenta uma diferença de produtividade, visto que na dose de 120 kg K₂O ha⁻¹ sem a presença da cobertura do solo a produtividade é superior aos todos os outros tratamentos.

Essa resposta pode estar associado a alta concentração do potássio no solo, em virtude da constante adubação consecutiva ao longo dos anos, e como a cobertura do solo realiza a ciclagem do nutriente, além da adubação realizada na safra também apresentava a liberação do nutriente a partir da mineralização da palhada, conseqüentemente com a excessiva concentração do potássio, pode ter ocorrido redução na absorção de cálcio e magnésio, visto que esses competem pelo mesmo sitio de absorção, o que acabou por reduzir na produtividade da soja quando comparado ao manejo sem cobertura.

Levando em consideração o valor atual dos fertilizantes potássicos agrícola que encontra-se com preço médio de R\$ 4.313,40 a tonelada ou R\$4,13 o kg de cloreto de potássio e comparando com as quantidades utilizada nas dose de 60 e 120 kg K₂O ha⁻¹ com cobertura, doses que corresponderam a produtividade semelhante, é perceptível que a economia na compra do fertilizantes alcançaria aproximadamente 416 reais por hectare; Outro aspecto importante a se observar, é a produtividade da soja na dose 60 kg K₂O ha⁻¹, que expressaram superioridade de 68 kg ha⁻¹ de grãos de soja a mais do que a dose de 120 kg K₂O ha⁻¹, o que corresponde a 1,13 sacas ha⁻¹, considerando a cotação atual da sacas de soja, o manejo correto da adubação agregaria R\$ 204 por hectare de lucratividade ao produtor, além da economia gerada na compra do fertilizante.

Esse mecanismo provido pela cobertura do solo que promove uma redução no uso de adubos potássico demonstra que além de garantir uma seguridade produtiva e econômica, também apresenta meios que aplacam problemas advindos da escassez de fornecimento internacional de insumos agrícolas, visto que os adubos potássicos em grande parte são advindo de importações, portanto a redução da quantidade aplicada de adubos potássico favorece a seguridade produtiva no âmbito nacional e a sustentabilidade ao agronegócio.

Mengel e Kirkby (2004) demonstram em seu trabalho que altas concentração de potássio apresenta antagonismo a absorção de outros cátions essenciais as plantas, ocasionando perdas de produtividade, o outro problema do excesso de adubação potássica, é a salinização dos solos, que restringi o crescimento radicular, o que por sua vez também dificulta a absorção de água e nutriente, principalmente em regiões com restrições hídricas.

Lange *et al.* (2019) encontraram efeito negativo na absorção de Ca e Mg em doses superiores a 100 kg K₂O ha⁻¹.

6 CONCLUSÕES

1. A velocidade de liberação dos nutrientes retido na *Brachiaria* é expresso pela ordem de $K > P > Mg > Ca > N$, visto que o potássio foi o nutriente liberado mais rapidamente.

2. A *Brachiaria ruziziensis* é de extrema impotência em solos arenosos, uma vez que é o compartimento de armazenamento do potássio, quando o mesmo encontra-se no solo, ou seja, evitando que o nutriente sofra processos erosivos.

3. A liberação do potássio retido no resíduo da *Brachiaria ruziziensis* é aumentada no período com precipitações.

4. A eficiência da seguridade de produção é resultante da ciclagem de potássio promovida pela *Brachiaria ruziziensis* o que proporcionou um balanço nutricional na cultura.

5. Após 169 dias após a dessecação da *Brachiaria ruziziensis* período de maior necessidade nutricional da cultura da soja a cobertura do solo foi capaz de ciclar 50, 13, 120, 60 e 20 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg contribuindo com a nutrição da cultura de grãos.

6. A presença da cobertura do solo promovida pela *Brachiaria ruziziensis* conseguiu assegurar elevada produtividade da soja, mesmo com a menor dose de potássio aplicada (60 kg K₂O ha⁻¹), enquanto a área que não apresentava cultura de cobertura necessitou a aplicação do dobro da dose de potássio (120 kg K₂O ha⁻¹) para atingir a mesma produtividade.

7. No cultivo da soja sob o resíduo da *Brachiaria ruziziensis*, doses de potássio superiores a 95 kg K₂O ha⁻¹ ocasionam um desbalanço nutricional e prejudica a concentração foliar de cálcio e magnésio, refletindo diretamente em queda de produtividade da soja.

REFERÊNCIAS

- AL., V. et. Fósforo E Potássio Em Latossolos Sob Plantio Direto No Centro-Sul Do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 188–198, 2012.
- ALMEIDA, D. S. **DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM SOLO CULTIVADO COM BRAQUIÁRIA EM ROTAÇÃO COM SOJA**. 80 p. Tese (Doutorado), 2014.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. d. A.; XAVIER, D. F. As principais espécies de Brachiaria utilizadas no país. **Comunicado Técnico - EMBRAPA Gado de Leite (Brazil)**., p. 4, 2002. ISSN 1678-3123.
- ANDRADE, D. F. **Tópicos em Ciências Agrárias Volume 6**. [S.l.: s.n.], 2020. 208 p. ISBN 9786586127683.
- ANDREOTTI, M. *et al.* Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 145–150, 2001. ISSN 1678992X.
- ANGHINONI, I. *et al.* Abordagem sistêmica do solo em Sistemas Integrados de Produção Agrícola e Pecuária no subtrópico brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 8, n. 2, p. 325–380, 2013.
- ANSCHAU, K. A. **PROPRIEDADES FÍSICAS, FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA NO INVERNO**. 86 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) — Universidade Estadual do Oeste do Paraná,, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.089902><http://dx.doi.org/10.1016/j.nantod.2015.04.009><http://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-05514-9><http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-13856-1><http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-14365-2><http://dx.doi.org/1>.
- ASSMANN, T. S. *et al.* ADUBAÇÃO DE SISTEMAS E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA. In: . [S.l.: s.n.], 2018. p. 123–144.
- BETTA, M. *et al.* Efeito da Brachiaria ruziziensis Sobre a Ciclagem do P , K e Produtividade da Soja. n. 1, p. 3–5, 2007.
- BORTOLINI, C. G. *et al.* SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E SEUS EFEITOS SOBRE O ACÚMULO DE N NA PLANTA DE MILHO. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, n. 2, p. 361–366, 2002.
- CARDOSO, S. S. **CRESCIMENTOS SUCESSIVOS DE CAPIM-MARANDU EM POTÁSSICA CRESCIMENTOS SUCESSIVOS DE CAPIM-MARANDU**. 44 p. Tese (Doutorado) — Unesp,, 2016.
- CARNEIRO, J. S. D. S. *et al.* Diagnosis and management of spatial variability of soil fertility in the Cerrado. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 38–49, 2016. ISSN 19832443.

CARVALHO, P. C. d. F. *et al.* Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária 1 Definitions and terminologies for Integrated Crop-Livestock System. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 5, p. 1040–1046, 2014. ISSN 1806-6690. Disponível em: www.ccarevista.ufc.br.

CAVALINI, P. F. *et al.* Resposta Da Soja À Épocas De Aplicação De Potássio Em Cobertura. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 21, n. 1, p. 23–28, 2018. ISSN 1415-8167.

CEREZINI, P. *et al.* Strategies to promote early nodulation in soybean under drought. **Field Crops Research**, Elsevier B.V., v. 196, p. 160–167, 2016. ISSN 03784290. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.06.017>.

COLLINO, D. J. *et al.* Biological nitrogen fixation in soybean in Argentina: relationships with crop, soil, and meteorological factors. **Plant and Soil**, v. 392, n. 1-2, p. 239–252, 2015. ISSN 15735036.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira: Café. **Acomp. safra brasileira de grãos**, v. 8, n. Terceiro levantamento, p. 59, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; CUNHA, G. d. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 563–570, 2005. ISSN 1806-9088.

COSTA, N. R. *et al.* Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 166–173, 2014. ISSN 19810997.

CRUZ J.C., P. F. I. A. F. M. *Árvore do conhecimento milho*. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília**, 2015. ISSN 19811829.

DERPSCH, R. *et al.* Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1–25, 2010. ISSN 19346344.

DONEDA, A. **Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivos solteiro: decomposição e fornecimento de nitrogênio ao milho**. 79 p. Tese (Doutorado), 2010.

EL-MAGEED, T. A. A. *et al.* Combined effect of deficit irrigation and potassium fertilizer on physiological response, plant water status and yield of soybean in calcareous soil. **Archives of Agronomy and Soil Science**, Taylor Francis, v. 63, n. 6, p. 827–840, 2016. ISSN 14763567. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2016.1240363>.

EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2005. **Sistemas de Produção**, v. 16, p. 265, 2013. ISSN 2176-2902. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/download/publicacao/central_2005.pdf.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral De Plantas**. [S.l.: s.n.], 2006. 420–432 p. ISBN 8586504025.

FRANCHINI, J. C. *et al.* Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca. **Embrapa, Documentos 314**, n. 314, p. 39, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/631857>.

- GAJIC, B. *et al.* Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation conditions in a temperate environment. **Agricultural Water Management**, v. 210, n. August, p. 224–231, 2018. ISSN 18732283.
- GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BRITO, E. C. de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1421–1428, 2007.
- GIACOMINI, S. J. *et al.* Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 751–762, 2004.
- GOMES, M. *et al.* Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos. **Embrapa Meio Ambiente: Documentos 66**, p. 62, 2008.
- HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M.; SWIFT, M. **Plant litter quality and decomposition: an historical overview**. [S.l.: s.n.], 1997. 409 p.
- LANGE, A. *et al.* ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SEU EFEITO RESIDUAL NO SISTEMA SOJA-MILHO SAFRINHA EM MATO GROSSO ANDERSON LANGE¹, EDILSON CAVALLI², CASSIANO CAVALLI² e ANTONIO CARLOS BUCHELT³. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, p. 192–205, 2019.
- LEHMANN, C. E.; PARR, C. L. Tropical grassy biomes: Linking ecology, human use and conservation. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 371, n. 1703, 2016. ISSN 14712970.
- LEITE, L. F. C. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 41, n. 1, p. 29–35, 2010. ISSN 18066690.
- LEMAIRE, G. *et al.* Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Elsevier B.V., v. 190, p. 4–8, 2013. ISSN 01678809. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>.
- LIMA, M. A. *et al.* Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 1, 2019. ISSN 13652494.
- LIU, K. *et al.* Grazing intensity and nitrogen fertilization affect litter responses in 'Tifton 85' bermudagrass pastures: I. mass, deposition rate, and chemical composition. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 1, p. 156–162, 2011. ISSN 00021962.
- MALLARINO, A.; OLTMANS, R. R.; PIEKEMA, N. Long-Term Potassium Fertilization Effects on Yield of Corn and Soybean in South Central Iowa Long-Term Potassium Fertilization Effects on Yield. v. 2016, n. 1, p. 6–8, 2017.
- MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta: II - decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1568–1582, 2012.

MEDRADO, R. D. *et al.* Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 2, p. 97–107, 2011. ISSN 15191125.

MEHARG, A. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Edited by P. Marschner. Amsterdam, Netherlands: Elsevier/Academic Press (2011), pp. 684, US\$124.95. ISBN 978 – 0 – 12 – 384905 – 2. **Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 305 – 305, 2012. ISSN 0014 – 4797.

MENDONÇA, V. Z. de *et al.* Liberação De Nutrientes Da Palhada De Forrageiras Consorciadas Com Milho E Sucessão Com Soja. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 39, n. 1, p. 183–193, 2015. ISSN 18069657.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. In: **Principles of plant nutrition**. [S.l.: s.n.], 2004. v. 93, n. 4, p. 849.

MOODY, P. W.; BELL, M. J. Availability of soil potassium and diagnostic soil tests. **Australian Journal of Soil Research**, v. 44, n. 3, p. 265–275, 2006. ISSN 00049573.

MORAES, A. D.; PIVA, J. T.; CARVALHO, F. D. Avanços Científicos Em Integração Lavoura-Pecuária No Sul Do Brasil. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 6, n. 2, 2011. ISSN 2316-4689.

MORAES, A. de *et al.* Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil A pesquisa em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária no Brasil. **Revista Ciência Agronômica Rev. Ciênc. Agron**, v. 45, n. 5, p. 1024–1031, 2014. ISSN 1806-6690. Disponível em: www.ccarevista.ufc.br.

MOTA, M. S. da *et al.* Qualidade E Atributos Fisicos De Um Latossolo Vermelho Distroférrifo Típico Em Diferentes Sistemas De Manejo. **Revista Agrarian**, v. 4, p. 105–112, 2011.

NADAL, A. A. **CICLAGEM E LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO POR PLANTAS DE COBERTURA NA CULTURA DA SOJA NO ECÓTONO CERRADO-AMAZÔNIA MATO- GROSSENSE**. 32 p. Tese (Doutorado), 2018.

NAVES, R. T. **DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA ADICIONAL EM COBERTURA**. 24 p. Tese (Doutorado), 2018.

OLIVEIRA, J. A. de; CASTRO, C. de; PEREIRA, L. R.; DOMINGOS, C. d. S. Estádios Fenológicos E Marcha De Absorção De Nutrientes Da Soja. **Embrapa Soja**, p. 962, 2016.

Orioli Júnior, V. **Adubação nitrogenada e curva crítica de diluição de nitrogênio para a cultura do milho**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, 2013.

PACHECO, L. P. *et al.* Biomass production and nutrient accumulation by cover crops in the Brazilian Cerrado of Piauí State. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 237–246, 2013. ISSN 0006-8705.

PAUL E.A.; CLARK, F. **Soil Microbiology and Biochemistry**. 2. ed. London: [s.n.], 1989. 272 p.

PAULA, A. L. de. **Acúmulo de massa seca e nitrogênio durante o crescimento e desenvolvimento da cultura da batata**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

PINHO, R. G. V. *et al.* MARCHA DE ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA EM MILHO. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 2, p. 157–173, 2009.

RAIJ, B. van *et al.* Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. **Instituto Agrônomo/Fundação IAC, Campinas**, v. 2, p. 285, 1997.

RANZAN, T. **REPOSIÇÃO DE POTÁSSIO E FÓSFORO EM SUCESSÃO DE CULTIVOS EM SOLO DE ALTA FERTILIDADE COM NÍVEIS DE RETIRADA DE BIOMASSA**. 64 p. Tese (Doutorado), 2018.

REATTO, A. *et al.* Hydraulic properties of the diagnostic horizon of Latosols of a regional toposequence across the Brazilian Central Plateau. **Geoderma**, v. 139, n. 1-2, p. 51–59, 2007. ISSN 00167061.

REICOSKY, D. C. Conservation tillage is not conservation agriculture. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 70, n. 5, p. 103–108, 2015. ISSN 00224561.

RIBEIRO, L. M. *et al.* Produtividade da soja em sucessão a cultivos de outono-inverno. **Agrarian**, v. 11, n. 40, p. 120–131, 2018. ISSN 1984-252X.

RYSCHAWY, J. *et al.* Mixed crop-livestock systems: An economic and environmental-friendly way of farming? **Animal**, v. 6, n. 10, p. 1722–1730, 2012. ISSN 17517311.

SALTON, J. C. *et al.* Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11–21, 2008.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. ADUBAÇÃO NITROGENADA NA AVEIA PRETA. I - INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E CICLAGEM DE NUTRIENTES SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, n. 3, p. 1075–1083, 2003.

SANTOS, F. C. dos *et al.* Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1855–1861, 2014.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 57–62, 1998. ISSN 1806-9657.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 611–617, 2000. ISSN 0103-8478.

SENDULSKY, T. Chave para identificação de brachiária. **J Agroceres**, v. 5, p. 4–5, 1997.

SILVA, F. N. da *et al.* 1220 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GRÃOS DA SOJA SOB DIFERENTES SILVA, F. N. da *et al.* DOSES E FONTES DE FÓSFORO EM SOLOS DISTINTOS. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1220–1227, 2009. ISSN 19811829.

SILVA, L. S. da *et al.* Disponibilidade de potássio a arroz irrigado por alagamento em solos de várzea. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 4, p. 379–387, 2015. ISSN 19834063.

SMUKLER, S. M. *et al.* Biodiversity and multiple ecosystem functions in an organic farmscape. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Elsevier B.V., v. 139, n. 1-2, p. 80–97, 2010. ISSN 01678809. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2010.07.004>.

SOUSA, D. C. de *et al.* Dry Mass Accumulation, Nutrients and Decomposition of Cover Plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, p. 152, 2019. ISSN 1916-9752.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. [S.l.]: Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa . . . , 2004.

SOUZA, E. D. de *et al.* Soil microbial biomass in a no-tillage integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 79–88, 2010. ISSN 18069657.

TAIZ L.; ZEIGER, E. **Nutrição Mineral**. [S.l.: s.n.].

TEDESCO, M. jose *et al.* **Analise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. porto alegre: [s.n.], 1995. 174 p.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1609–1618, 2008.

URANO, E. O. M. *et al.* Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 63–72, 2007.

VARGAS, M. A. T. *et al.* **Fixação Biológica De Nitrogênio Em Solos De Cerrados O) (Õs**. [S.l.: s.n.], 1994. 83 p. ISBN 8570750056.

VIEIRA, E. S. N. *et al.* Caracterização de cultivares de soja por descritores morfológicos e marcadores bioquímicos de proteínas e isoenzimas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 86–94, 2009. ISSN 01013122.

VILELA, L. *et al.* **Integração lavoura-pecuária: atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados**. [S.l.]: Embrapa Cerrados Planaltina, 1999.

WEIL, R. R.; BRADY, N. C. **THE NATURE AND PROPERTIES OF SOILS**. [S.l.: s.n.], 2016. 467–473 p.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A Critique of the Analytical Methods Used in Examining Decomposition Data Obtained From Litter Bags Author (s): R . Kelman Wider and Gerald E . Lang Reviewed work (s): Published by : Ecological Society of America Stable URL : <http://www.jstor.org/stab>. **America**, v. 63, n. 6, p. 1636–1642, 1982.

ZIECH, A. R. D. *et al.* Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernal na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374–382, 2015. ISSN 16783921.