

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RONALDO JUNIOR LANZARIN

**COMPORTAMENTO DE POTÁSSIO E FÓSFORO NO SOLO EM UM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA COM
ADUBAÇÃO DE SISTEMAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RONALDO JUNIOR LANZARIN

**COMPORTAMENTO DE POTÁSSIO E FÓSFORO NO SOLO EM UM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA COM
ADUBAÇÃO DE SISTEMAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2018**

RONALDO JUNIOR LANZARIN

**COMPORTAMENTO DE POTÁSSIO E FÓSFORO NO SOLO EM UM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA COM
ADUBAÇÃO DE SISTEMAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^a. Dra. Tangriani Simioni Assmann

Coorientadora: M. Sc. Flávia Levinski

PATO BRANCO

2018

Ronaldo, Lanzarin

Comportamento de potássio e fósforo no solo em um sistema de integração lavoura-pecuária com adubação de sistemas/ Ronaldo Lanzarin.

Pato Branco. UTFPR, 2018

52 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof^a. Dra. Tangriani Simioni Assmann

Coorientador: M.Sc. Flavia Levinski

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.

Bibliografia: f. 41 – 46

1. Agronomia. 2. Adubação nitrogenada .3. Perda de nutrientes I. Assmann, Tangriani, orient. II. Levinski, Flavia, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título..

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

COMPORTAMENTO DE POTÁSSIO E FÓSFORO NO SOLO EM UM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA COM ADUBAÇÃO DE SISTEMAS

por

RONALDO JÚNIOR LANZARIN

Monografia apresentada às 15:00 horas 00 min., do dia 03 de abril de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

M. Sc. Flávia Levinski
FAI - Faculdade de Itapiranga

M. Sc. Rosângela Corrêa de Lima
PPGAG-UTFPR - Câmpus Pato Branco

Prof^a. Dr^a. Tangriani Simioni Assmann
UTFPR - Câmpus Pato Branco
Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour
Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

RESUMO

LANZARIN, Ronaldo, J. Comportamento do Potássio e Fósforo no solo em um sistema de integração lavoura-pecuária com adubação de sistemas. 52 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

Devido à complexidade do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), o potássio (K) e o fósforo (P) podem apresentar comportamento diferente de outros sistemas que não envolvem a presença de animais. Isso se deve ao fato de os animais provocarem alterações na pastagem e no solo durante o inverno, podendo alterar a dinâmica do potássio e do fósforo. Este trabalho teve por objetivo avaliar a dinâmica do K e P no solo em função de Tempo de N, Altura de Pasto e doses de nitrogênio, em um sistema envolvendo pastagem de azevém, cultivo de milho silagem e feijão safrinha. O estudo avaliou se o sistema ILP está sendo sustentável, além de permitir observar qual a melhor maneira de conduzi-lo e quais os principais agentes capazes de influenciar a dinâmica dos nutrientes. Dentre os agentes esta a pressão de pastejo, a inversão da adubação nitrogenada e as doses de N. O experimento foi conduzido na cidade de Abelardo Luz – SC, na Fazenda Pacheco que é manejada sob sistema Integração lavoura-pecuária - ILP desde 2012. Com o presente estudo foi possível constatar que o teor de K teve diferença na dose zero de N, onde N-Adubação Grãos o teor de potássio foi maior em relação a N-Adubação Pastagem. Este resultado se deve a interação entre os três fatores: Tempo de N (N- Adubação Pastagem, N- Adubação Grãos), altura de pastejo e doses de N em feijão safrinha. Estes tratamentos adotados causaram alteração na absorção de nutrientes proporcionada pelo azevém por conta da aplicação de N e a menor pressão de pastejo. Não foi observado ocorrência de lixiviação de K no solo, pois a concentração de K seguiu uma tendência decrescente na medida em que se aprofundava a amostragem do perfil. O P no solo não teve alteração em seu comportamento por conta dos tratamentos altura de pastejo, Tempo de N, e doses de N. Muito embora o P no solo tornar-se mais solúvel por conta dos tratamentos adotados. Isso se deve ao conteúdo de fósforo presente nos resíduos (fezes e palhada), estar em uma forma mais solúvel, podendo causar algum tipo de alteração no comportamento deste nutriente. Portanto a integração lavoura-pecuária promove a interação complexa destes tratamentos, proporcionando ao solo a amenização dos impactos fornecidos pela pecuária e ao produtor possibilita, com esta atuação, maior lucratividade.

Palavras-chave: Perdas de nutrientes. Adubação nitrogenada. Sinergismo de nutrientes.

ABSTRACT

LANZARIN, Ronaldo, J. Potassium behavior in soil as a function of grazing pressure and application of nitrogen fertilization in a crop-livestock integration system . 52 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2018.

Due to the complexity of the crop-livestock integration system (ILP), potassium (K) and phosphorus (P) may behave differently from other systems that do not involve the presence of animals. This is due to the fact that the animals cause alterations in the pasture and the soil during the winter, being able to alter the dynamics of potassium and phosphorus. The objective of this work was to evaluate the dynamics of K and P in the soil as a function of time of nitrogen fertilization, pasture height and nitrogen doses, in a system involving ryegrass pasture, corn silage and bean in second crop. The study evaluated whether the ILP system is being sustainable, besides allowing to see how best to conduct it and which are the main agents capable of influencing nutrient dynamics. The experiment was carried out in the city of Abelardo Luz - SC, at Pacheco Farm, which is managed under the Livestock and Livestock Integration (ILP) system since 2012. The present study found that the K content had a difference in the zero dose of N, where N-Grain fertilization the potassium content was higher in relation to N-pasture fertilization. This result is due to the interaction between the three factors: N time (N-grazing, N-grazing), grazing height and N doses in second-season beans. These adopted management caused changes in the nutrient absorption provided by the ryegrass due to the application of N and the lower grazing pressure. It was not observed the occurrence of K leaching in the soil, because the concentration of K followed a decreasing tendency as the profile sampling deepened. The P in the soil had no change in its behavior due to the management of grazing height, N time, and N doses. Although the P in the soil became more soluble due to the management adopted. This is due to the content of phosphorus present in the waste (faeces and straw), be in a more soluble form, and may cause some kind of alteration in the behavior of this nutrient. Therefore, crop-livestock integration promotes the complex interaction of these managements, providing to the soil the mitigation of the impacts providing by livestock and to the producer allows, with this performance, greater profitability.

Keywords: Nutrient losses. Nitrogen fertilization. Nutrient synergism.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Croqui do experimento e ilustração dos tratamentos e alocação das subparcelas dos cultivos de feijão safrinha, Abelardo Luz SC. Pato Branco, 2017.....30
- Figura 2 – Teores de (P) mg.dm^{-3} cm profundidade amostradas 16 dias após a aplicação de N em feijão safrinha e comparadas pela análise de variância ANOVA.....33
- Figura 3 – Teores de K no solo nas diferentes alturas de pasto, AA - Alta Altura (a) e BA - Baixa Altura (b), quinze dias após a aplicação de ureia no feijão safrinha. Médias comparadas pela análise de variância Anova com 5% de probabilidade de erro.....37
- Figura 4 – Teores de K em profundidade no perfil do solo 16 dias após aplicação de nitrogênio no cultivo de feijão safrinha e médias comparadas pela análise de variância ANOVA.....38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de solo apresentando os valores de Fósforo (P), Potássio (K), pH, Matéria Orgânica (MO) e saturação de bases (V%) a profundidade de 20 cm anterior a implantação da cultura do Milho em 2015, Pato Branco, PR, 2018.....	25
Tabela 2 – Histórico da área experimental. UTFPR, Pato Branco, PR, 2018.....	26

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AA	Alta Altura de Pasto
BA	Baixa Altura de Pasto
CFB	Clima Temperado Úmido com Verão Temperado
$\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$	Centimol de carga por decímetro cúbico
CTC	Capacidade de troca de cations
g dm^{-3}	Gramas por decímetro cúbico
ha	Hectare
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
K	Potássio
N	Nitrogênio
NG	N – Adubação Grãos
NP	N – Adubação Pastagem
P	Fósforo
PR	Unidade da Federação – Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 GERAL.....	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	13
3 HIPÓTESE.....	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
4.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	15
4.2 POTÁSSIO NO SOLO.....	16
4.3 POTÁSSIO NA PALHADA.....	18
4.3.1 Influências da pressão de pastejo sobre o potássio.....	19
4.3.2 Influência da adubação nitrogenada nas perdas de potássio.....	20
4.4 COMPORTAMENTO DO FÓSFORO NO SOLO.....	21
4.4.1 Comportamento do fósforo no solo sob aplicação de nitrogênio.....	23
4.4.2 Fósforo na palhada.....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1 AZEVÉM PASTAGEM.....	27
5.2 MILHO SILAGEM.....	27
5.3 FEIJÃO SAFRINHA.....	28
5.4 ANÁLISE DO SOLO.....	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
6.1 COMPORTAMENTO DO FÓSFORO NO SOLO.....	32
6.2 COMPORTAMENTO DE POTÁSSIO NO SOLO.....	34
7 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
ÍNDICE DE ANEXOS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente necessidade de aumentar a produtividade agrícola e também de uma maior diversificação dos sistemas agrícolas, o Sistema de Integração lavoura-pecuária se mostra uma importante técnica de cultivo para aumentar a rentabilidade e sustentabilidade da agricultura, melhorando as condições econômicas dos agricultores da região Sul do Brasil (CARVALHO et al., 2010).

Uma técnica que aumente a produtividade sem que ocorra danos econômicos e ambientais se constitui numa alternativa muito interessante para superar o desafio de aumentar a produção de alimentos nos próximos anos.

A opção de se fazer a integração lavoura-pecuária (ILP), abre a possibilidade de desenvolver a agropecuária de uma forma mais rentável e trazendo uma renda adicional. Isso é uma maneira de tentar minimizar os efeitos da diminuição da renda per capita aos agricultores, fazendo com que esses não passem a vislumbrar a alternativa de sair do campo (BORTOLLI, 2010).

Para uma boa utilização da integração lavoura-pecuária são necessários avanços na área científica, nos conhecimentos relacionados a dinâmica dos nutrientes no solo. Devido a isso, há a importância de se conhecer mais sobre a mobilidade vertical dos nutrientes presentes no solo, que podem ser afetados por vários fatores, podendo causar prejuízos econômicos e ambientais (WERLE, 2008).

A mobilidade apresentada pelos nutrientes no solo trazem malefícios ao sistema, causando limitação na disponibilidade desses nutrientes às plantas (WERLE, 2008). Portanto é plausível a adoção de sistemas que proporcionem a permanência ou a ciclagem desses nutrientes no sistema.

A disponibilidade de K para as plantas depende de fatores como a presença de minerais em forma primária ou secundária, da ciclagem de nutrientes, da CTC do solo e da aplicação de corretivos de fertilidade (BORTOLON et al., 2010).

O K presente no solo pode apresentar formas diferentes, ocorrendo na forma trocável (potássio ligado às cargas negativas das superfícies das frações orgânicas e inorgânicas), como também na forma não trocável (potássio estrutural), havendo algumas diferenças entre essas duas formas, que podem vir a sofrer lixiviação ou não. A velocidade de transformação do K da forma trocável para a forma não-trocável pode ocorrer de uma forma acelerada que por sua vez ira

influenciar a dinâmica do K e poderá causar a lixiviação do mesmo em sua forma inicialmente não disponível (ROSOLEM et al., 2006).

Neste contexto, se faz necessária a pesquisa quanto ao comportamento do potássio e fósforo no solo, sendo que integração lavoura-pecuária juntamente com adubação, ira provocar consequências que são pouco estudadas até o momento. A integração lavoura-pecuária insere no seu sistema de produção a presença dos animais na lavoura, exercendo pressões de pastejo que serão diferenciadas em cada tratamento ou tratamentos. As diferentes pressões de pastejo poderão ou não influenciar na dinâmica do K no solo, que posteriormente este conhecimento ira ajudar a definir qual a melhor altura de pastejo para não prejudicar a pastagem e também o solo pela perda de K.

A influência dos fatores “intensidades de pastejo” e “Tempo de N” (na cultura de azevém), “dose de adubação nitrogenada” (em feijão safrinha), foram também avaliados para o elemento Fósforo (P), que é um importante mineral para a produção vegetal. O P no solo é conhecido por não se movimentar verticalmente devido a sua capacidade de ser adsorvido por alguns argilominerais (caulinita), e pelos óxidos de ferro e de alumínio com ocorrência frequente em solos de regiões tropicais e subtropicais (ZANCANARO, 2015).

Entre os fatores que influenciam este nutriente no solo destacam-se a acidez e a adsorção por componentes mineralógicos (VILAR, 2013). Segundo Zancanaro (2015), quanto maior a adsorção do fósforo no solo, menor o teor de fósforo na solução do solo e menor absorção de P pelas plantas, criando a demanda de uma maior quantidade de adubo fosfatado a ser aplicado.

O fósforo orgânico no solo esta presente em resíduos de planta, esterco e tecidos microbianos, portanto alterações nos teores destes componentes presentes no solo irão afetar o teor de fósforo no solo, devido a isso, principalmente a intensidade de pastejo, pode influenciar a dinâmica do P (SOUZA et al., 2010).

Portanto o manejo de uma área deve ser planejado com atenção para a matéria orgânica do solo, tendo em vista que os sistemas que promovem aumento da matéria orgânica, contribui para o incremento de formas mais lábeis de P, pois além da ciclagem do nutriente pelas plantas os ácidos orgânicos oriundos da decomposição da matéria orgânica bloqueiam sítios de adsorção por recobrimento dos óxidos de Fe e Al (LEITE et al., 2016).

Em um sistema (ILP), em que o solo é submetido a falta de cobertura por palhada por uma alta pressão de pastejo e condição de estresse hídrico ocorre certa diminuição no teor de fósforo microbiano no solo, já em situação sem estresse, mesmo na maior intensidade de pastejo, o sistema de integração lavoura-pecuária mantém os teores de nutriente da biomassa microbiana do solo em valores iguais aos das menores intensidades de pastejo (SOUZA et al., 2010).

A interação entre os nutrientes é um fator fundamental a ser estudado para que os mesmos sejam aplicados de forma correta visando o máximo aproveitamento de todos os nutrientes. A aplicação da adubação nitrogenada nas parcelas será um fator que pode influenciar na dinâmica do potássio e do fósforo no sistema, podendo ocorrer formação de compostos como nitrato de potássio que é mais facilmente perdido por lixiviação no perfil do solo.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Caracterizar o comportamento de potássio e de fósforo no solo em função da antecipação de adubação nitrogenada em diferentes intensidades de pastejo durante o cultivo do azevém e a sua influência nos teores desses nutrientes no solo na cultura do feijão safrinha submetida a doses de adubação nitrogenada.

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar as variações do teor de potássio no perfil do solo, com a finalidade de avaliar se há ocorrência de perdas deste nutriente no sistema.
- Diagnosticar alterações no comportamento do fósforo e potássio no solo em função das intensidades de pastejo e da inversão da adubação nitrogenada.
- Analisar a influência das diferentes doses de nitrogênio em feijão safrinha no comportamento de potássio e fósforo no solo.
- Verificar a relação entre adubação nitrogenada e a dinâmica de potássio e fósforo no solo.

3 HIPÓTESE

Neste experimento espera-se que o potássio do solo não seja perdido através de lixiviação por conta dos tratamentos aplicados, embora que se tenha, em algumas parcelas, uma alta pressão de pastejo e distribuição de dejetos em pontos isolados, que poderiam favorecer o surgimento da mesma.

Devido aos tratamentos aplicados neste experimento envolverem aplicações de nitrogênio juntamente com a presença de animais, além de os tratamentos serem bastante distintos entre si. Espera-se a ocorrência de alterações no teor de P no solo entre os tratamentos que podem ser causados por possíveis alterações de pH do solo ou alterações quanto a labilidade do fósforo, além de maior extração pelas plantas de um tratamento para outro.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Para a formação das pastagens ou lavouras nas regiões de clima tropical ou subtropical, por se tratar de áreas onde o solo apresenta baixa fertilidade, se faz necessário realizar a correção dessa baixa disponibilidade de nutrientes através de fertilizantes, permitindo assim, que as gramíneas implantadas possam ter um desenvolvimento pleno. Essa fertilização permitirá uma exploração de forma mais intensiva, tendo maior produtividade e podendo ter um retorno financeiro semelhante a outras atividades agrícolas (RONQUIM, 2010). Porém se a pastagem for implantada em áreas de lavoura essa correção de solo inicial talvez não seja necessária.

O uso das terras na região Sul vem passando por várias mudanças entre os últimos anos, aonde o plantio direto baseado principalmente na sucessão trigo-soja já vem sofrendo modificações. As novas tecnologias a serem implantadas visam garantir maior biodiversidade, sustentabilidade e renda, dessa forma, provendo receitas ao agricultor durante o período de inverno também (CASSOL, 2003).

Para que um sistema integrado seja bem sucedido, ou que seja sustentável, é necessário haver um manejo adequado das plantas forrageiras, das culturas de verão e também dos animais, de forma a não promover prejuízos ao sistema radicular por compactação, e que permita uma produção de matéria orgânica adequada para o sistema. Nestes sistemas é utilizado o controle da quantidade de animais por unidade de área, como prática responsável em determinar se a pastagem utilizada tem eficiência em promover um balanço positivo ou negativo dos nutrientes do solo em sistemas integrados (CARVALHO et al., 2010).

A adoção de práticas que propiciem diversificar as atividades dentro de uma propriedade, permitindo geração de receitas ao agricultor, é a base para uma agricultura mais sustentável e produtiva. A integração lavoura-pecuária é uma prática promissora e que se adéqua as necessidades das propriedades agrícolas (CASSOL, 2003).

Sabe-se que a prática da lavoura ou da pecuária são processos sustentáveis, pois as duas formas de utilizar a terra promovem a ciclagem de materiais fundamentais para a sustentabilidade do sistema. Entretanto, a utilização de uma ou outra prática de forma separada pode não se prolongar, isso devido a uma série de oscilações nas receitas de cada prática, onde em certo período a pecuária esta tendo bom lucro e depois os preços ficam ruins ao pecuarista, e a lavoura passa a ser mais rentável (CASSOL, 2003). A adoção de sistemas integrados, portanto, se faz uma prática que promove estabilidade e também uma segurança ao agricultor, por se tratar de duas fontes de renda, a carne e os grãos.

Segundo Bortolli (2010), fazem necessários estudos na área que se refere à dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta-animal desde o período de inverno, onde são alimentados os animais, até o verão, momento em que os nutrientes são aproveitados pelas culturas de grãos, utilizadas nesta estação. Necessita-se de maiores informações com relação à ciclagem de nutrientes, isso é de grande relevância, garantindo sustentabilidade da produção agrícola.

Em sistemas integrados a ciclagem de nutrientes envolve mais fatores e torna-se mais complexa, devido à interação entre solo-planta-animal. Sob o manejo de integração lavoura-pecuária a disponibilidade dos nutrientes e também o melhor aproveitamento destes nutrientes, é inerente à velocidade de decomposição e liberação dos nutrientes pela matéria seca presente na área (ANGHINONI, 2011).

De acordo com Haynes e Willians (1993), manejar os nutrientes em solo sob pastejo possui maior complexidade, isso se deve a não homogeneidade na distribuição dos dejetos dos animais, além da interferência física causada no solo devido ao pisoteio. Portanto, o pisoteio trará consequência de compactação do solo e a desuniformidade de distribuição dos dejetos contribuirá para aumento das perdas de potássio no solo.

4.2 POTÁSSIO NO SOLO

Têm-se estudado várias evidências no sentido de entender a dinâmica do potássio (K) no solo, pois se trata de um elemento influenciado por diversos fatores. Em sistemas onde não é realizado pastejo pode haver diminuição no que diz respeito às perdas de potássio, o que se deve ao fato de este nutriente, que está “circulando” pelos animais, apresentar-se em uma forma mais solúvel, podendo este

ser causador de algumas alterações com relação à dinâmica do potássio no perfil do solo, que proporcionara uma dinâmica diferente deste nutriente comparado a um sistema onde não há pastejo. Essas perdas de K que ocorrem sob qualquer sistema de plantio, são promovidas por lixiviação, por água de escoamento ou devido à ocorrência de erosão (DECHEN, 2010).

Quando as perdas de um determinado nutriente são em maior número de que a sua entrada na lavoura, ocorre uma situação em que determinado momento ira se esgotar as reservas do nutriente presente no solo, gerando uma circunstância em que o processo de produção agrícola não mais é possível (OENEMA et al., 2003).

Da quantidade total de K que volta para o solo pelas excretas dos animais, 70 a 90% é eliminada pela urina, na forma iônica, sendo esta uma forma disponível para as plantas (HAYNES e WILLIANS, 1993). Portanto o comportamento deste nutriente e a sua ciclagem dependem de fatores que podem ser manejados pelo homem, assim, o manejo vai definir se este nutriente permanece no solo ou é perdido para o meio (FERREIRA et al., 2011).

Como o elemento potássio possui apenas uma carga de valência (K⁺), é pouco adsorvido nos coloides do solo (ERNANI et al., 2007). Portanto isso o torna mais susceptível a lixiviação que outros elementos químicos.

O potássio no solo é um elemento que sofre oscilações em sua concentração devido a uma série de fatores que podem ser manipulados pelo manejo. A CTC do solo que é influenciada pela quantidade de matéria orgânica, pH do solo, tipo de solo e da quantidade de argila, é o componente que determina a maior ou menor relação K trocável da solução. Ou seja, haverá menos K na solução do solo para uma mesma quantidade de K total em um solo com CTC maior, isso ira se refletir em diminuição das perdas de potássio por lixiviação, menor retirada desnecessária pelas plantas, e uma maior capacidade de armazenamento de K neste solo (YAMADA & ROBERTS, 2005).

O potássio do solo está sob três formas distintas: Potássio não disponível - O potássio encontra-se fortemente retido na estrutura dos minerais, sendo liberado apenas após a intemperização dos minerais, o que, não ocorre em um ano de cultivo. Potássio lentamente disponível - O potássio encontra-se fixado ou retido entre as lâminas de certas argilas que se contraem e dilatam durante condições de secagem e umedecimento do solo. Potássio disponível - É o potássio

que se encontra na solução do solo e adsorvido na forma orgânica no modo trocável, pela argila e pela matéria orgânica do solo (LOPES, 1995).

Em locais onde é realizado o sistema de integração lavoura-pecuária a dinâmica do K no solo pode sofrer influências deste manejo decorrente da grande e desigual quantidade de potássio prontamente disponível da urina que pode provocar uma ciclagem de baixa eficiência do K e representar uma predisposição a perdas (FERREIRA et al., 2009).

Em sistemas sem pastejo ocorre uma diferenciação na dinâmica do K. Segundo Ferreira et al. (2009), embora a ausência de pastejo propicie menor ciclagem de potássio, resultou em teores mais elevados do nutriente ao longo do perfil, comparado as áreas onde havia animais, principalmente áreas de pastejo mais intenso. Uma causa provável desta menor concentração de K no solo destas áreas pode ser a extração deste elemento através da retirada da matéria verde das plantas, portanto este elemento está circulando pelos animais.

4.3 POTÁSSIO NA PALHADA

O potássio é o segundo nutriente mais importante para as plantas, requerido em menor quantidade apenas que o nitrogênio, então devido a esta importância para as plantas este é exigido em quantidades significativas (ROSOLEM et al., 2003).

O potássio é um nutriente que possui grande mobilidade nas plantas, independente do nível de concentração no vegetal, se for em células do xilema ou floema. A translocação do potássio nas plantas tem grande facilidade devido a 80% deste elemento se apresentar na forma solúvel nos vegetais (MALAVOLTA, 1980).

A lixiviação do potássio de resíduos vegetais é dependente de alguns fatores, como a espécie vegetal e lâmina de chuva para a retenção de água no resíduo vegetal presente sobre o solo. A lâmina de chuva é o fator que mais influencia na dinâmica do potássio na palhada. No caso da retenção de água, esta não influencia grandemente na lixiviação de potássio, pois a retenção de água pela palhada das diferentes espécies vegetais não passou de três milímetros (ROSOLEM et al., 2003).

Bortolli (2010), trabalhando com trigo duplo propósito, obteve resultados em que as perdas de K da palhada foram maiores em sistemas sem o

pastejo, quando comparado ao sistema em que é utilizado o pastejo, as diferenças foram bastante significativas, o que é interessante do ponto de vista de ciclagem de nutrientes.

Em cultivo de *Crotalaria Juncea* os resultados de liberação de potássio pela palhada totalizaram 175 kg ha⁻¹, porém o período de maior liberação de K se concentrou em um curto espaço de tempo, em um período de 35 dias foi liberada a quantidade de 160 Kg ha⁻¹ de potássio (EIRAS, 2010).

A partir de quando as plantas secam e a palhada permanece sobre o solo, esta sofrerá influência das condições climáticas. Ocorre através das chuvas o molhamento da palhada que promove difusão de K, este potássio é proveniente dos vacúolos das células das plantas que estão senescentes, até um momento que se satura a palhada com água, a partir daí, o K passa a ser procedente de células mortas da área central dos tecidos (ROSOLEM et al., 2003).

Como a liberação de potássio é muito rápida pelos tecidos vegetais talvez esse fenômeno não seja benéfico em sistemas integrados onde o pastejo é menos severo, por ser menor a ciclagem de K no pastejo de baixa intensidade (BORTOLLI, 2010).

4.3.1 Influências da pressão de pastejo sobre o potássio

Além de a produção animal estar relacionada com a quantidade e qualidade da forragem, a produção da forrageira também está relacionada com a presença dos animais. A remoção de uma parte do dossel da planta pelos animais irá influenciar a produtividade da pastagem, provocando alterações na quantidade e qualidade da forragem presente no sistema (PERIN, 2003).

A presença dos animais na pastagem provocam alterações em fatores como características físicas, macro e microbiológicas do solo e ciclagem de nutrientes expelidos através das fezes e da urina dos animais (Costa et al., 2004).

A dinâmica do elemento potássio em um sistema de integração lavoura-pecuária diferencia-se de outros sistemas de manejo ao longo do ciclo das culturas de verão e também da pastagem, isso devido a ser um sistema mais complexo e envolve além da produção de grãos, a entrada de animais na área (FERREIRA et al., 2009).

Os sistemas de produção baseados no pastejo pelos animais são quase autossustentáveis, com uma demanda muito baixa por fertilizantes para repor as quantidades de nutrientes exportadas pelos animais (JUNIOR et al., 2002). O potássio está entre esses nutrientes que possui ciclagem no sistema por influência do pastejo, influenciando também na produtividade da pastagem e também na produção animal (BORTOLLI, 2010).

Este sistema permite que a ciclagem do potássio aumente com o aumento da intensidade de pastejo, sendo determinado pela produção acumulada da massa seca e também pelo teor de K presente na pastagem, contudo não houve influência na produção de grãos da soja que sucedeu a pastagem (FERREIRA, 2009).

Segundo Ferreira (2009), ocorre diminuição no teor de K com a maior intensidade de pastejo, 10 cm de altura. Contudo este experimento recebeu apenas 45 kg.ha⁻¹ de N, em uma pastagem de aveia, isso pode ter limitado o crescimento da pastagem, em consequência diminuiu a ciclagem de K. Além disso, boa parte deste K extraído pelas plantas que sofreram alta pressão de pastejo esta circulando pelos animais.

4.3.2 Influência da adubação nitrogenada nas perdas de potássio

Quando é realizada a adubação nitrogenada com ureia, esta sofre algumas alterações que podem influenciar a dinâmica dos elementos químicos que estão presentes no solo. Portanto se faz necessário conhecer as alterações provocadas por este fertilizante, e verificar se realmente ocorrem perdas de nutrientes decorrentes da adubação nitrogenada.

Trabalhando com bananais Raij et al. (1996) observaram que a aplicação de N causou redução no pH e teor de K no solo, essa redução foi diretamente proporcional á dose de N aplicada. Essa redução ocorreu também na saturação por bases, que influência nas quantidades de vários elementos químicos.

Segundo Júnior et al. (2001), os fertilizantes nitrogenados possuem certa capacidade de acidificar os solos, este fenômeno ocorre em vários experimentos e sua reação capaz de acidificar o solo é oriunda de reações químicas onde se produz H⁺. Esta redução no pH se deve pela nitrificação e também por perdas de elementos catiônicos para camadas mais profundas. Outra reação que

pode contribuir para perdas de K é a união de elementos catiônicos com o ânion NO_3^- .

Para bananeiras a adubação nitrogenada em grande quantidade causou alguns impactos na composição química do solo, repercutindo em diminuição na saturação por bases que é associada a perda de cátions para camadas mais profundas, acompanhando o ânion NO_3^- e este influencia diretamente na quantidade de bases disponíveis para absorção pelas plantas, entre elas o K. Como a saturação de bases deve ser mantida em 60% a diminuição deste valor pode causar menores produtividades no decorrer do tempo. (TEIXEIRA et al., 2001).

A adubação nitrogenada pode gerar algumas alterações no solo que podem vir a aumentar as perdas de potássio por lixiviação. O nitrogênio no solo pode interagir com K formando o nitrato de potássio que é lixiviado com maior facilidade.

Porém Farinelli (2004), afirma que a interação de potássio e nitrogênio obedece a Lei do Mínimo, pois quando o nitrogênio é aplicado em uma quantidade suficiente para aumento da produção, a mesma passa a ser limitada pelos baixos teores de potássio no solo.

Segundo Viana (2007), a interação entre nitrogênio e potássio promoveu um aumento na produção, pois com baixo nível de aplicação de potássio, a resposta ao nitrogênio foi limitada, mas com o aumento do nível de potássio, ocorreu acentuada resposta ao nitrogênio.

Do mesmo modo Carvalho et al. (1991) observaram efeito positivo na produção de capim-Braquiária em função da adubação nitrogenada e este efeito só foi possível devido a aplicação de adubação potássica, pois quando esta foi suprimida a produção de capim-Braquiária foi menor.

4.4 COMPORTAMENTO DO FÓSFORO NO SOLO

O fósforo (P) é um elemento que se movimenta muito pouco no solo, normalmente fica onde é colocado pela intemperização dos minerais ou pela adubação, dessa maneira pouco fósforo é perdido por lixiviação, embora ele possa movimentar-se um pouco mais em solos arenosos (LOPES, 1995).

Isso acontece pelo fato dos solos muito intemperizados apresentar entre seus principais constituintes alta afinidade pelo P, que induz a formação de complexos de superfície de esfera interna (VILAR, 2013).

No solo, o P é encontrado normalmente na forma orgânica, que geralmente forma complexos com a matéria orgânica do solo, a fração inorgânica é composta pela fração fosfato (PO_4). Sabendo da baixa disponibilidade de P nos solos brasileiros, este nutriente se torna um dos componentes essenciais e mais críticos para nutrição das plantas, não superando apenas o nitrogênio (NUNES, 2011).

Á pesar de o P possuir esta propriedade de pouca susceptibilidade à lixiviação no solo, isso pode se tornar um problema devido ao “envelhecimento” deste evento resultando na transformação do P da forma lábil para outra não lábil (NOVAIS et al., 1999).

A disponibilidade de P para as plantas é descrita normalmente pelo grau de labilidade desse nutriente no solo, ou seja, a forma e interação que o P está sofrendo pelos sítios de adsorção do solo. No caso de o fósforo estar na solução ou fracamente adsorvido, ele é considerado lábil, se estiver adsorvido com maior força nas argilas e óxidos e hidróxidos de Fe e Al é considerado não lábil ou de baixa labilidade (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

Na grande maioria dos solos, a maior parte do P ocorre de forma mineral ligada a óxidos de Fe e Al nos solos ácidos, e a Ca nos neutros e alcalinos. O fósforo orgânico dos solos oscila de 3 a 90% de P total, ou de 1 a 3% da Matéria Orgânica do Solo. Para compreender a dinâmica do P no solo recomenda-se analisa-lo em latossolos cultivados e em condições naturais, onde se observou que a fração considerada lábil e pouco lábil que engloba P-disponível e P-microbiano são maiores em solos cultivados e menor nos sob condições naturais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

No entanto, foram descobertas formas que podem contribuir para disponibilização do P insolúvel para absorção pelas plantas, como a possibilidade de produção de ácidos minerais por processos quimioautotróficos no solo, principalmente pela oxidação da amônia (nitrificantes) e do S, produzindo assim, ácido nítrico e sulfúrico, respectivamente, que podem atuar sobre as rochas fosfatadas aumentando o teor de P disponível no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A formação destes compostos podem ser promovidos no sistema de

integração lavoura-pecuária, devido a presença de nitrogênio, esterco e P insolúvel, podendo assim, contribuir para o aumento da produtividade nas lavouras sob este sistema.

A ciclagem de P pelas plantas é uma consequência da integração lavoura-pecuária, pois sistemas que produzem grande quantidade de matéria orgânica contribuem para o incremento de formas mais lábeis de P (LEITE et al., 2016).

Este elemento é demandado em grande quantidade e é normalmente o nutriente mais limitante nos solos (KLEIN, 2012). Para se conhecer melhor o comportamento deste nutriente em sistemas integrados se faz necessárias pesquisas para que se possa fazer uma adubação adequada nos locais que desempenham as atividades de integração lavoura-pecuária.

4.4.1 Comportamento do fósforo no solo sob aplicação de nitrogênio

A aplicação de N em pastagem aumenta sua capacidade de produção de massa seca, conseqüentemente deposita sobre o solo maior quantidade de matéria orgânica, e isso aumenta a eficiência de ciclagem dos nutrientes (LEITE et al., 2016). A ciclagem de nutrientes é fator primordial para os sistemas produtivos, em torno de 77 e 79% do total do P presente nas folhas e raízes mortas, respectivamente, ficam disponíveis para as plantas cultivadas após o cultivo da cultura de cobertura (Borkert et al., 2003).

O emprego da adubação nitrogenada altera a atividade microbiana no solo, o que reflete no aumento da taxa de decomposição dos resíduos vegetais. Como o P que constitui os tecidos vegetais encontra-se em compostos orgânicos, o regime de decomposição pelos microrganismos do solo é fundamental para sua mineralização, tornando-o assim, novamente disponível para as plantas (LEITE et al., 2016).

A adubação nitrogenada inclusive promove um aumento significativo na produção de matéria seca de raízes que, dependendo da cultura, varia de 25 a 60% e levando em consideração que o P movimenta-se muito pouco no solo (difusão), a interceptação radicular através do maior desenvolvimento das raízes, possibilita aumentar a exploração e a absorção de P no solo pelas plantas (LEITE et al., 2016).

Algumas alterações nas formas de P no solo são observadas em experimentos em que se aplica N na pastagem. Quando se aplica nitrogênio em pastagem ocorre aumento nos teores de P orgânico no solo em formas mais móveis e menos susceptíveis a adsorção. No caso do P inorgânico também ocorre aumento da concentração e labilidade e maior mineralização deste elemento no solo (DEISS et al., 2016).

Trabalhando com plantio direto Leite et al. (2016) no cultivo de milho, observou uma redistribuição das formas de P inorgânico e P orgânico entre as divisões lábeis e moderadamente lábeis, sem causar impactos no P disponível extraído por resina.

4.4.2 Fósforo na palhada

A palhada das culturas de cobertura que ficam sobre o solo após a morte das plantas, possui certa quantidade de cada nutriente que é necessário para o desenvolvimento da lavoura, entre esses nutrientes está o fósforo, que merece atenção por conta da sua importância e pela limitação de produtividade que esse nutriente pode causar.

O manejo das culturas de inverno é componente determinante sobre o comportamento do P no solo e as formas que irá permanecer no mesmo. Do P presente na palhada cerca de 60 a 80% são solúveis em água, sendo que a maior parte está na forma orgânica. Embora o P seja pouco móvel, pode retornar ao solo por chuvas de alta intensidade, quando a cultura de cobertura está em estado latente ou morta (BORKERT et al., 2003).

Segundo Leite et al. (2016), não ocorre efeito de plantas de cobertura e de doses de N no valor total de P no solo, contudo provoca redistribuição do P em compartimentos lábeis e moderadamente lábeis por conta da ciclagem causada pela absorção do nutriente pela cultura de cobertura.

No caso do teor de P na palhada Nervis (2016), observou que os teores deste na palhada remanescente do milho no verão, foram maiores quando a pastagem de inverno recebeu adubação nitrogenada. Já para a aplicação de N somente na cultura do milho os teores de fósforo na palhada de milho seguiram uma tendência linear decrescente.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um talhão da Fazenda Pacheco localizada no município de Abelardo Luz – SC, no ano agrícola de 2015/2016. O local pertence a Fazenda Pacheco localizado na latitude 26°31'29,67" Sul e longitude 53° 04" Oeste, com altitude de 850 m acima do nível do mar.

O solo da propriedade foi classificado como Latossolo Bruno distrófico, típico, com horizonte A proeminente, de textura argilosa e o relevo é definido como suave ondulado (7% de declividade). Onde o clima predominante na região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfb), segundo a classificação de Koppen (ALVARES et al., 2014).

A análise granulométrica do perfil do solo apresenta teor de argila > 69% até os 40 cm de profundidade, indicando a textura muito argilosa do solo. A análise química foi retirada da profundidade de 0 a 20 cm (Tabela 1). Essa análise permitiu realizar a recomendação de (fósforo) P, (potássio) K, de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004).

Tabela 1 – Análise de solo apresentando os valores de Fósforo (P), Potássio (K), pH, Matéria Orgânica (MO) e saturação de bases (V%) a profundidade de 20 cm anterior a implantação da cultura do Milho em 2015, Pato Branco, PR, 2018.

pH (CaCl ₂)	Ind. SMP	MO (g dm ⁻³)	P mg dm ⁻³	K	Ca (cmol _c dm ⁻³)	Mg
4,89	5,95	39,84	4,95	0,23	4,42	2,75
Al ³⁺	H+Al	CTC ^{efetiva} (cmol _c dm ⁻³)	CTC ^{pH7}	V (%)	m	
0,04	5,21	7,45	12,62	58,56	0,60	

O local do experimento era manejado sob sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) em sistema de cultivo mínimo, onde eram realizadas gradagens para incorporar no solo as sementes dos cereais de inverno. Em meados de 2012 se iniciou, nesta área, o sistema ILP sob sistema de plantio direto para fins de experimentação (Tabela 2).

Para unidades experimentais foram utilizadas doze parcelas (piquetes) já alocados. A área total do experimento é de aproximadamente 14 ha e, adjacente a este há uma área de 10 ha para manter os animais reguladores.

Tabela 2 – Histórico da área experimental. UTFPR, Pato Branco, PR, 2018

Período	Culturas
Verão 2012/2013	Sorgo Forrageiro (<i>Sorghum bicolor</i>)
Inverno 2013	Aveia preta comum (<i>Avena strigosa</i>)
Verão 2013/2014	Milho grãos (<i>Zea mays</i>)
Inverno 2014	Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>) + azevém (<i>Lolium multiflorum</i> L.)
Verão 2014/2015	Soja (<i>Glycine max</i>)
Inverno 2015	Azevém (<i>Lolium multiflorum</i> L.)
Verão 2015/2016	Milho silagem (<i>Zea mays</i> L.) + Feijão Carioca (<i>Phaseolus vulgaris</i>)

Os piquetes foram dimensionados de modo a manter no mínimo três animais “testers” na pastagem e se for necessário colocar mais animais no piquete, estes animais serão obtidos de uma área ao lado do experimento, onde ficam os animais reguladores. A área dos piquetes foi determinada de acordo com os tratamentos, variando de 10727,2 á 12973,55 m², principalmente, devido à utilização de N e a altura da pastagem. Os animais tiveram acesso livre ao sal e água.

O delineamento experimental foi efetuado em blocos ao acaso em esquema fatorial (2 x 2 x 4 x 4), com três repetições. O primeiro fator foi Tempo de Adubação de N no sistema, com dois níveis: N aplicado na pastagem (N- adubação Pastagem) e N aplicado na cultura de grãos antecessora à pastagem (N- adubação Grãos), na dose 200 kg de N ha⁻¹ em uma única aplicação em ambos os tempos. Entretanto, para o cultivo de feijão safrinha foi reduzida a dose para 100 kg ha⁻¹ aplicado nos piquetes N-adubação grãos, devido o menor requerimento de N pela cultura. O segundo fator foi a Altura de Pasto, caracterizada por duas alturas de pasto (Alta Altura de Pasto e Baixa Altura de Pasto), com alturas pretendidas de 25 e 10 cm, respectivamente. O terceiro fator foi as diferentes doses de N aplicados na cultura de feijão safrinha nas doses 0; 50; 100; e 150 kg de N ha⁻¹ feitas em uma única aplicação nas subparcelas alocadas nas parcelas N-Adubação Grãos e N-Adubação Pastagem no cultivo do Feijão Carioca. O quarto fator foi a profundidade de coleta que foram de 0-5; 5-10; 10-20; e 20-40 cm de profundidade no solo.

A cultura antecessora a pastagem de azevém era a soja, nesta foi aplicado adubação no sulco de semeadura, na dose de 214 kg ha⁻¹ de KristaTM

fosfato monoamônio (25,68 kg de N ha⁻¹ e 130 kg ha⁻¹ de P₂O₅), e 150 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio aplicado a lanço (90 kg de K₂O).

5.1 AZEVÉM PASTAGEM

A cultura de azevém (*Lolium multiflorum* L.) foi implantada no dia 26 de março de 2015, a lanço. A densidade de semeadura do azevém (comum) foi de 40 kg ha⁻¹ de sementes. O azevém foi sobressemeado na soja quando este, atingiu a maturação fisiológica e as folhas começaram a cair. A adubação foi de 60 Kg P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg K₂O ha⁻¹ a lanço no dia 21/05/2015, fonte de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A adubação nitrogenada de 200 kg ha⁻¹ aplicou-se em cobertura com ureia (45% de N) no dia 21/05/2015, em apenas uma aplicação na fase de perfilhamento do azevém (aproximadamente 55 dias após a semeadura).

As intensidades de pastejo, determinadas pela altura da pastagem, foram atingidas por meio de pastejo contínuo, utilizando um bastão de medida, amostrando duas vezes por semana em 40 pontos em cada unidade experimental. Os animais adentraram no experimento no dia 31 de maio de 2015, dias após a semeadura, quando o azevém apresentava altura média de 19,7 cm, sendo este pastejado até o dia 5 de setembro de 2015, totalizando 99 dias de pastejo.

Foram utilizados bovinos da raça Charolês, sendo que, a entrada e saída dos animais reguladores da pastagem dependeu da distância entre o valor real de altura da pastagem e o valor preconizado para cada Altura de Pasto.

5.2 MILHO SILAGEM

Após a dessecação do azevém, com 1,5 k ha⁻¹ de Roundup WG (sal de amônio de glifosato) + 45 mL de Frohart máximo (Adjuvante) no dia 05/09/2015, pouco tempo após a retirada dos animais, foi estabelecida a cultura do milho, sendo esta realizada no dia 14/09/2015, em sistema de plantio direto, com espaçamento de 45 cm entre linhas, apresentando uma população final de 60370 plantas ha⁻¹. O híbrido utilizado foi o AG8780 VT-Pro da Agrocere.

Na recomendação da adubação foi estabelecido as seguintes dosagens de cada fertilizante: A distribuição foi feita em sulco de semeadura com 350 kg ha^{-1} do formulado NPK 09-26-14, totalizando $31,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, 91 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 49 kg ha^{-1} de K_2O .

Os tratos culturais almejavam o controle de plantas daninhas e pragas, com apenas uma aplicação. Essa foi efetuada no dia 17/10/2015, com uso de $5,5 \text{ L ha}^{-1}$ de Primatop SC (Atrazina + Simazina), 180 mL ha^{-1} de Callisto (Mesotriona), $1,2 \text{ L ha}^{-1}$ de Lorsban 480 BR (Clorpirifós) e 45 mL ha^{-1} de Frohart Máximo (Adjuvante).

A adubação nitrogenada foi aplicada nas parcelas N-adubação grãos, que não receberam adubação nitrogenada na pastagem. A aplicação da adubação nitrogenada foi no dia 27/10/2015, quando o milho encontrava-se no estágio de desenvolvimento V6-V7. Foi aplicado em cobertura de 200 kg ha^{-1} de N em aplicação única, com a fonte nitrato de amônio e cálcio (27% de N).

5.3 FEIJÃO SAFRINHA

Para o cultivo do feijão safrinha após a colheita do milho silagem, foi realizada a dessecação da área de resteva no dia 25/01/2016 com $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Roundup WG (sal de amônio de glifosato), devido a alta infestação de papuã. A cultivar de feijão utilizada foi a IAC Milênio, tipo Carioca, semeada no dia 27/01/2016, em sistema de plantio direto, com espaçamento de $0,45 \text{ m}$ entre linhas, com média de 10 sementes por metro, totalizando $222.222 \text{ plantas ha}^{-1}$. Foi utilizado tratamento de sementes com 2 mL kg^{-1} de Co-MO, 3 mL kg^{-1} de Cropstar (Imidacloprido + Tiodicarbe) e 2 mL kg^{-1} de Protreat (Carbendazim + Tiram). A área foi adubada no momento da semeadura, em sulco com 390 kg ha^{-1} do formulado NPK 02-20-20, que fornece o equivalente a $7,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N 78 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 78 kg ha^{-1} de K_2O .

Na cultura do feijão foi aplicado no dia 29/02/2016, 100 kg ha^{-1} de nitrogênio no estágio V3 e V4, em única aplicação, fonte ureia (45% de N), nas parcelas com tratamento N-Adubação Grãos. Nas quatro subparcelas presentes nos 12 piquetes foi aplicado as doses de N 0, 50, 100 e 150 kg ha^{-1} no dia 26/02/2016, em dose única e fonte ureia (45% de N). Respeitando as condições climáticas ideais para aplicação de ureia, para que não ocorram perdas por condições climáticas desfavoráveis.

Manejo fitossanitário: No dia 17/02/2016 foi realizada a única aplicação de herbicida, juntamente com inseticida, foram aplicados 1 L ha⁻¹ fusiflex (Fomezafem + Fluazifope-Butílico), 250 mL ha⁻¹ de Biomol (Fertilizante foliar) e 150 mL ha⁻¹ de Orobor (nitrogênio + boro) 1,2 L de Lorsban 480 BR (Clorpirofós) e 45 mL de Frohart Máximo (adjuvante). No dia 08/03/2016 aplicou-se o primeiro tratamento fungicida mais inseticida, com 60 mL ha⁻¹ de Celera Smart (Clorimuron-Etílico), 1,5 kg ha⁻¹ Unizeb Gold (Mancozeb), 0,2 L ha⁻¹ de Ampligo (Lambda-Cialotrina + Chlorantraniliprole), 0,5 L ha⁻¹ de Amistar Top (Azoxistrobina + Difeconazol), e 150 mL ha⁻¹ Orobor N1 (nitrogênio + boro) (adjuvante) com o intuito de prevenir e controlar fungos e insetos, pragas do feijão. No dia 28/03/2016 efetuou-se a segunda aplicação de fungicida e inseticida, utilizando 0,5 L ha⁻¹ de Amistar Top, 0,5 kg ha⁻¹ Lancer gold (acefato + imidaclopir), 0,3 L ha⁻¹ de Intrepid (metoxifenoazida), 60 mL ha⁻¹ frohart Aurus (complexo de proteção de gotas – adjuvante), 150 mL ha⁻¹ Orobor.

No dia 20 de abril de 2016 foi realizada a dessecação do feijão com 2 L ha⁻¹ de Reglone (Diquate), 1,5 L ha⁻¹ de Gramocil (Paraquat + Diurom) e 150 mL ha⁻¹ Orobor N1 (nitrogênio + boro) (adjuvante). A colheita das subparcelas foi realizada dia 28/04/2016, de modo manual. No dia 04/05/2016 colheu-se a parcela total, a colheita foi mecanizada, com uso de colhedora automotriz.

5.4 ANÁLISE DO SOLO

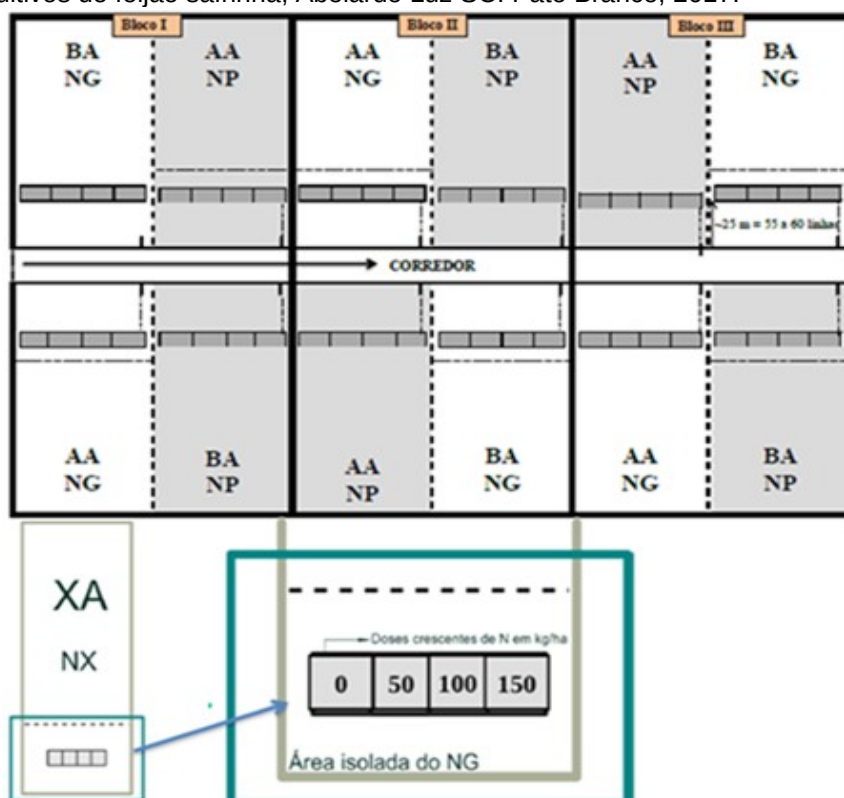
As amostragens ocorreram no intervalo entre azevém e milho, no dia 07/09/2015 após a saída dos animais (05/09/2015), e após a aplicação de N (27/10/2015), 19 dias após a aplicação (16/11/2015). Para o cultivo do feijão ocorreu amostragem após a realização da silagem de milho (23/01/2016), no dia 24/01/2016 e após a aplicação de N (26/02/2016), 16 dias após aplicação (12/03/2016). No total foram quatro datas de amostragem de solo, três na parcela total e uma data em subparcelas.

Foi realizada a coleta de solo em um ponto em cada subparcela, a amostragem foi realizada nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 cm para analisar K e P. A amostragem ocorreu no dia 12/03/2016, quando a cultura do feijão encontrava-se em estágio fenológico R6.

As coletas de solo foram retiradas com utilização de uma pá de corte, as amostras foram secas em estufa sob temperatura de 55 °C. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho tipo Martelo e peneiradas em peneiras com malha de 2 mm e depois seguiram para análise. O potássio foi extraído com a solução de duplo ácido (Mehlich-1) e determinado no fotômetro de chama.

A extração de potássio pelo método de (Mehlich-1) envolve alguns processos fundamentais: Onde o extrato de solo é succionado e pulverizado em uma chama, onde ocorre a volatilização do extrator que fica no ambiente da chama um aerossol na forma sólido-gasoso. Este processo desencadeia a excitação de átomos, que por sua vez emitem energia (fótons). Os fótons de radiação emitidos possuem um comprimento de onda distinto para cada elemento. O potássio possui um comprimento de onda de 766 nm, que é selecionada pelo monocromador e depois atinge o fotodetector e este determina a concentração do K devido a radiação emitida ser proporcional a concentração do elemento (Mehlich, 1953).

Figura 1 – Croqui do experimento e ilustração dos tratamentos e alocação das subparcelas dos cultivos de feijão safrinha, Abelardo Luz SC. Pato Branco, 2017.



Legenda: AA- Alta Altura de Pasto; BA – Baixa Altura de Pasto; NP – N-Adubação Pastagem; NG – N-Adubação Grãos.

O P foi determinado pelo método Mehlich-1, que utiliza uma solução com a mistura de ácidos fortes diluídos ($\text{HCL } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$) onde o pH oscila entre 2 e 3 (BORTOLON, 2006).

O método de extração por Mehlich-1 foi criado para quantificar fósforo e potássio acessíveis para as plantas em solos da região Leste dos EUA (MEHLICH, 1953). Também é utilizado em laboratórios de rotina nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (BORTOLON, 2006).

Os dados das subparcelas obtidos pela amostragem de solo foram submetidos à análise de variância ($\alpha=5\%$) conforme o esquema fatorial $2 \times 2 \times 4 \times 4$ em parcelas subdivididas; Fator A= tempo de adubação nitrogenada; Fator B= Altura de Pasto (Alta e Baixa Altura); Fator C= Doses de N: 0; 50; 100; 150 kg de N ha^{-1} ; Fator D= profundidade de coleta de solo (0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm), em delineamento blocos ao acaso, com três repetições.

A representação das médias dos nutrientes fósforo e potássio foram representados graficamente, utilizando o aplicativo computacional estatístico SigmaPlot versão 12.0 (Systat Software, San Jose, CA).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 COMPORTAMENTO DO FÓSFORO NO SOLO

A avaliação do teor de fósforo foi realizada 16 dias após a aplicação de N na cultura do feijão safrinha, realizada no dia 12 de março de 2016. Nesta avaliação foi analisado o comportamento do fósforo em função dos tratamentos.

Não ocorreram efeitos dos fatores Tempo de N, Altura de Pasto, bem como doses de N em relação ao comportamento de fósforo no do solo, em nível 5% de significância pela análise de variância ANOVA. Isso indica que com Baixa Altura ou Alta Altura de Pasto, o sistema não provoca efeitos a ponto de alterar o comportamento do fósforo presente.

O teor de fósforo no solo seguiu uma tendência decrescente na medida em que se aumentou a profundidade de avaliação (Figura 2). Isso se esperava pelo fato de a aplicação de fósforo não ser incorporada ao solo, e ser aplicada através das semeadoras no momento do plantio, em sistema plantio direto. Além disso, o P apresenta elevada capacidade de fixação por alguns argilominerais (por exemplo, caulinita) e pelos óxidos de ferro e de alumínio (ZANCANARO, 2016).

O maior teor de P em superfície é comum por se tratar de um elemento químico pouco móvel no solo e, portanto a ocorrência de lixiviação deste elemento em solos argilosos é pouco pronunciada (NOVAIS, 2007).

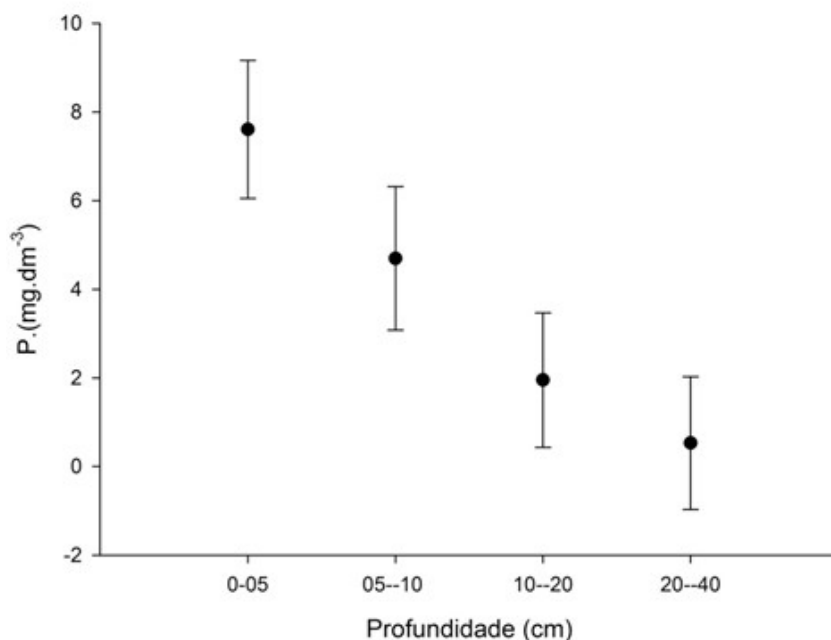
Os teores de fósforo apresentaram diferença significativa entre si em alguns pontos, e indicaram que o P apresenta teores maiores em superfície, indicando a disponibilidade do mesmo para as plantas por se concentrar na área de absorção pelas raízes.

O comportamento de P (Figura 2) indica sua maior disponibilidade nas profundidades 0-5; 5-10 cm, isto se deve ao fato, de as aplicações dos fertilizantes via sulco de semeadura concentrarem-se nestas profundidades e também pelo fósforo apresentar pouca mobilidade no solo. Além disso, alguns trabalhos tem mostrado que o teor de P aumenta linearmente com o aumento do pH do solo, sendo este maior nas profundidades 0-5; 5-10 cm (ZOZ et al., 2009).

Anghinoni et al. (2009) observaram que a quantidade de nutrientes disponibilizada pelo resíduo sobre o solo, depende da quantidade do conteúdo dos

mesmos nesses resíduos e da quantidade de resíduo. Isso explica porque o sistema entra em equilíbrio conforme o manejo adotado.

Figura 2 – Teores de (P) mg.dm^{-3} cm profundidade amostradas 16 dias após a aplicação de N em feijão safrinha e comparadas pela análise de variância ANOVA.



De encontro ao que encontrou Lustosa (1998), em áreas sem pastejo a liberação de nutrientes da palhada é maior de que áreas com pastejo, no entanto, onde ocorre pastejo o volume de fezes e urina são muito significativos e liberam grande quantidade de nutrientes para o solo. Assim a liberação de nutrientes entre os dois sistemas (Alta Altura de Pasto e Baixa Altura de Pasto), tende a ser semelhante.

Em um experimento de longa duração foi observado que a aplicação de N promove um aumento na produção de matéria seca das raízes, levando em conta que o P movimenta-se muito pouco no solo a interceptação radicular através do maior desenvolvimento das raízes, possibilita aumentar a exploração de P pelas raízes das plantas (LEITE et al., 2016). Indicando que as plantas bem nutridas de N tem maior capacidade de extrair o P, compensando a acidificação causada pela adubação nitrogenada.

Sabendo que a interferência do nitrogênio em relação ao comportamento do fósforo é pouco significativa, isso pode ser evidenciado por não ter sido constatadas alterações no comportamento de P por N. Mesmo que, as

ações antrópicas que favorecem a produção de biomassa, permitindo que boa parte do P esteja em formas mais solúveis, porém uma constante produção de plantas sobre o solo, e quanto mais vigorosa essas plantas forem, maior será a ciclagem do P no sistema. O mesmo foi encontrado por Guerra et al. (1996).

Trabalhos científicos como o de Leite et al. (2016) tem mostrado que a maior solubilidade de P pelo cultivo de plantas de cobertura tem contribuído para a produção agrícola por conta da maior disponibilidade deste nutriente, além disso, os ácidos orgânicos oriundos da decomposição da matéria orgânica bloqueiam sítios de adsorção por recobrimento dos óxidos de Fe e Al, diminuindo a toxicidade do alumínio e permitindo assim, o crescimento das raízes.

Em solos com alta intensidade de pastejo, o sistema de integração lavoura-pecuária mantém os teores de P da biomassa microbiana do solo em valores iguais aos solos em que são aplicados menores intensidades de pastejo (SOUZA et al., 2010). Isso explica o porquê não ocorreram alterações no comportamento do fósforo no solo sob as diferentes intensidades de pastejo.

De acordo com Pellegrini et al., (2010), quanto mais o pasto cresce, maior será a carga animal necessária para manter a altura do pasto, levando em conta que os animais promovem a ciclagem de nutrientes, isso significa que o sistema permanece em equilíbrio para quaisquer das doses de N que forem aplicadas. Os solos da região, além de possuir grande resiliência possuem grande capacidade de armazenar nutrientes pelo seu alto teor de argila e CTC, permitindo a inversão da adubação nitrogenada.

6.2 COMPORTAMENTO DE POTÁSSIO NO SOLO

Para o teor de potássio no solo constatou-se a influência da interação tripla. Tempo de N, Altura de Pasto e doses de N (Figura 3 a), na dose zero (0) nas subparcelas do feijão safrinha, que foram submetidas aos tratamentos (0; 50; 100; 150 kg de N ha⁻¹).

A diferença observada através da análise de variância Anova ocorreu na dose zero ($P < 0,0014$), no tratamento Alta Altura de Pasto. Onde que, os teores de potássio foram maiores nas parcelas N-Adubação Grãos sob as doses 0; 50; 100 kg de N ha⁻¹ (Figura 3 a), divergindo do tratamento N-Adubação Pastagem, em que os teores de K foram mais baixos.

Esse resultado é indicativo da adubação nitrogenada ocorrida ainda no cultivo de milho para silagem, quando essas parcelas receberam 200 kg de N ha⁻¹, em dose única.

As parcelas que não receberam nitrogênio durante o cultivo do milho apresentaram menores teores de potássio (Figura 3 a). E na medida em que aumentou-se as doses de nitrogênio (50; 100; 150kg de N ha⁻¹), no cultivo de feijão safrinha nessas parcelas, aumentou os teores de K no solo (Figura 3 a). Este fato ocorreu pela adubação nitrogenada ter solubilizado o potássio que estava contido em resíduos sobre o solo.

Em N-Adubação Grãos ocorreu diminuição do teor de potássio no solo à medida que se aplicou doses maiores de N (50; 100; 150 kg de N ha⁻¹), na cultura de feijão safrinha, em parcelas com tratamento Alta Altura de Pasto (Figura 3 a). Isso ocorre porque o potássio e nitrogênio atuam de forma sinérgica, pois ao aplicar N aumenta-se a absorção de K via raízes, justificando a diminuição de potássio no solo (NOVAIS et al., 2007).

Além disso, a pastagem sob este manejo não absorveu N, conseqüentemente a pastagem se desenvolveu menos, portanto suportou menor número de animais sob a área, resultando em permanência dos teores de K no solo sob os manejos N-Adubação Grãos.

Quanto ao Tempo de N, para as condições de Baixa Altura, é indiferente aplicar o nitrogênio na pastagem ou na cultura de grãos. O comportamento de K, não apresentou diferença significativa entre esses dois tratamentos (Figura 3 b).

Portanto pode-se aplicar o nitrogênio durante o inverno na pastagem e durante o verão na cultura de grãos não aplicar, diminuindo riscos de perda de N e de condições inapropriadas para aplicação de N durante a cultura de grãos. Além disso, na estação do verão é um período que os produtores têm pouco tempo livre, devido aos trabalhos na lavoura se concentrarem neste período e a inversão da adubação nitrogenada traz maior comodidade para a produção de grãos no verão.

A possibilidade de aplicação de ureia durante o inverno para ser ciclada para o verão sendo utilizada na cultura de grãos é de grande importância. Um aspecto importante é o menor risco de perda de N por conta da volatilização na forma de amônia (NH₃), por ação da urease que tem sua atividade catalisada por temperatura e também a baixa umidade favorecendo a ação da urease, condições

que ocorrem constantemente durante o verão, período em que é normalmente aplicado nitrogênio nas culturas de grãos como o milho, por exemplo, (TASCA, 2011).

As subparcelas em que foi aplicada as doses de 50; 100; 150 kg de N ha⁻¹ em Alta Altura (Figura 3 a), em feijão safrinha, o teor de K no solo não diferiu entre N-Adubação Grãos e N-Adubação Pastagem.

A diminuição do teor de potássio no solo nas parcelas que receberam nitrogênio na pastagem ocorreu porque as condições durante o inverno são melhores para a absorção de N (TASCA, 2011). Junto a isso, a absorção de N atua em sinergia com a absorção de K (MALAVOLTA, 1980). Portanto a absorção de N na pastagem pode ter ocorrido de forma muito eficiente a ponto de diminuir a quantidade de K no solo, quando comparado com as parcelas que receberam N somente na cultura de grãos. Essa diferença deve-se também, ao fato de o milho utilizado para silagem exportar grande quantidade de K pela retirada de toda a palhada sobre o solo.

Igualmente Novais (2007), afirma que as interações entre nitrogênio e potássio usualmente são do modo não competitivo, onde a absorção de um dos elementos eleva a necessidade do outro.

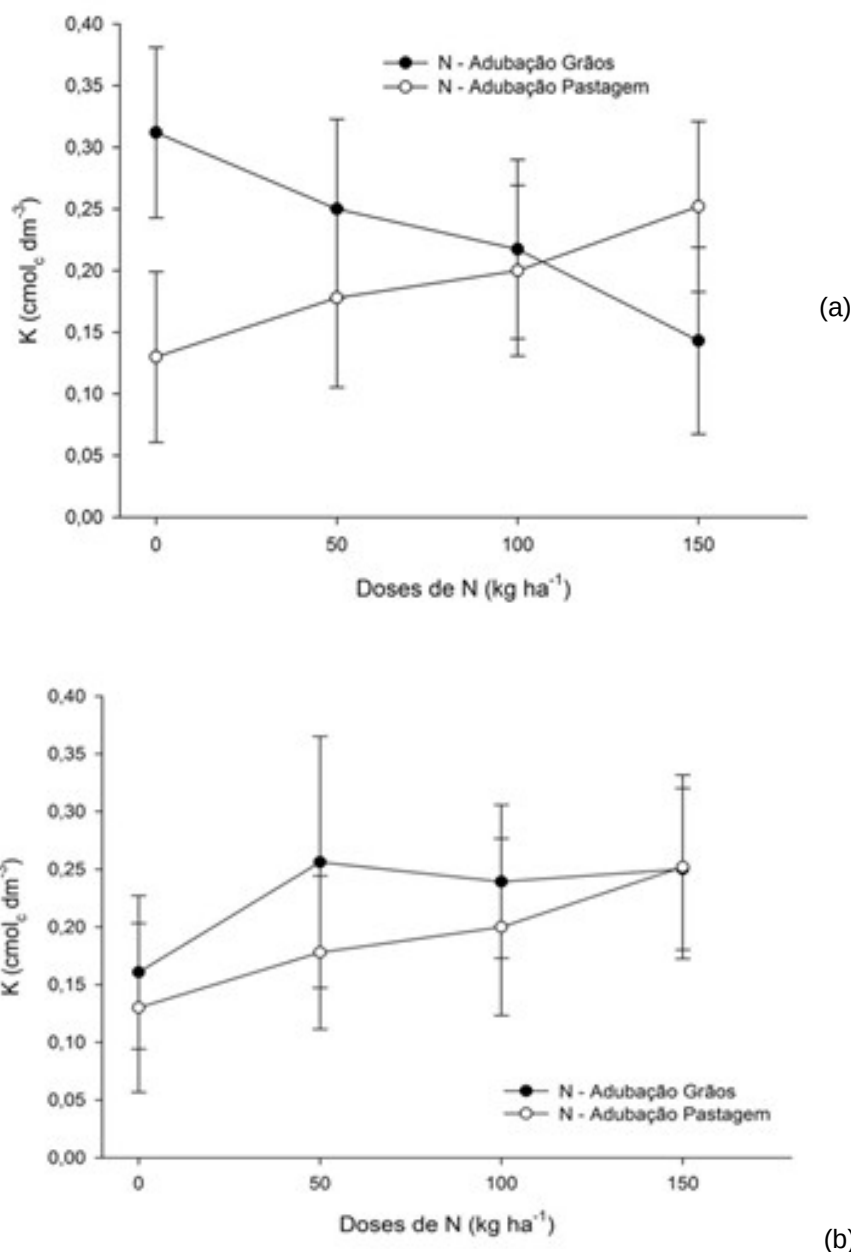
Afinal o N potencializa o crescimento das plantas, sendo fundamental para o crescimento de plantas pastejadas. Essas necessitam emitir novas folhas, perfilhos e novas raízes, com o objetivo principal de acelerar a rebrota (COSTA et al., 2004). O que vai promover maior absorção de K por conta da relação sinérgica com o nitrogênio.

Na dose 0 as parcelas N adubação pastagem tiveram menores teores de potássio, o que indica a maior absorção de N durante a fase pastagem junto de K (Figura 3 a).

O aumento na extração de K é uma hipótese aceitável pelo fato de que é a única forma deste nutriente ter sido retirado do perfil do solo, já que não foi observado ocorrência de lixiviação de K nas profundidades de solo analisadas (Figura 4).

Viana (2007) afirmou que a interação entre nitrogênio e potássio promoveu um aumento na produção, pois com baixo nível de aplicação de potássio, a resposta ao nitrogênio foi limitada, mas com o aumento do nível de potássio, ocorreu maior resposta ao nitrogênio.

Figura 3 – Teores de K no solo nas diferentes alturas de pasto, AA - Alta Altura (a) e BA - Baixa Altura (b), quinze dias após a aplicação de ureia no feijão safrinha. Médias comparadas pela análise de variância Anova com 5% de probabilidade de erro.



A aplicação de nitrogênio no feijão safrinha nas parcelas N-adubação pastagem promoveu maior absorção de K. Isso indica que uma menor quantidade de K fica susceptível a lixiviação. Devido a isso, quando é adicionado ao solo o N ou o K de forma isolada pode ocorrer deficiência do nutriente não adicionado (NOVAIS, 2007).

A intensificação do pastejo não provoca alterações significativas no teor de potássio no perfil do solo em relação às parcelas com menor intensidade de

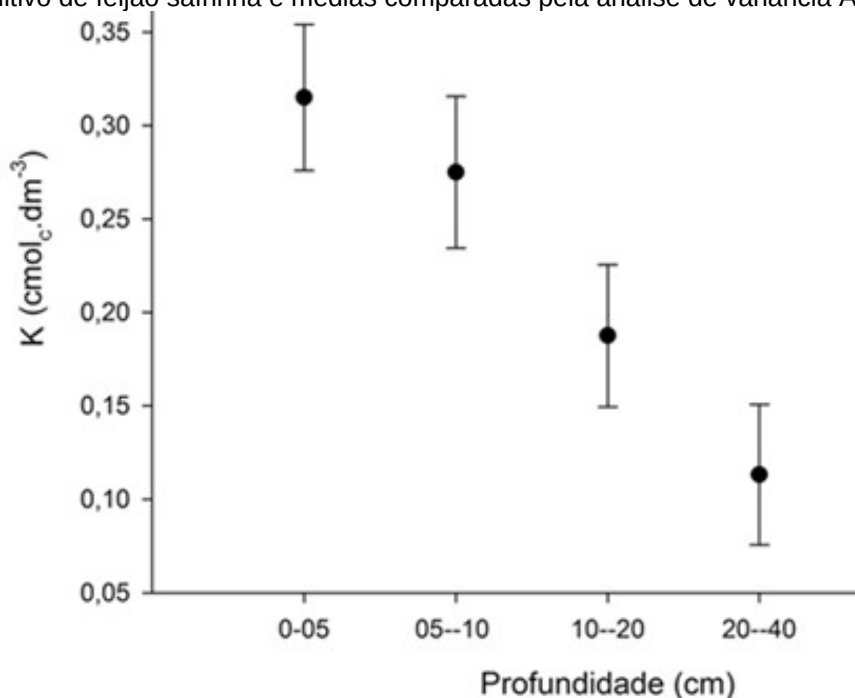
pastejo. Contrariando Ferreira et al. (2009), onde declara que em áreas sem pastejo o K sofre menores perdas, pelo fato deste nutriente quando liberado pelos animais ser considerado como mais solúvel.

Com o aumento da profundidade no perfil do solo houve diferença nos teores de potássio, em relação as profundidades iniciais. O que se esperava por conta das aplicações de potássio serem realizadas em superfície (a lanço) ou a no máximo 15 cm de profundidade (pelo sulcador das semeadoras).

Não houve influência estatística dos manejos no teor de potássio no solo para as profundidades (0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm). Assim pode-se dizer que não estão ocorrendo perdas em profundidade de potássio por conta dos tratamentos realizados.

Os maiores teores de K foram observados na camada superficial do solo, reduzindo com aumento da profundidade. Assim, demonstrando a não ocorrência de lixiviação de K neste solo e experimento.

Figura 4 – Teores de K em profundidade no perfil do solo 16 dias após aplicação de nitrogênio no cultivo de feijão safrinha e médias comparadas pela análise de variância ANOVA.



Dentre os fatores que contribuíram para a não lixiviação de K no solo, o teor de argila é um dos principais. O que é confirmado pelo trabalho de Werle (2008), onde afirma que entre as principais características que interferem na perda de K é a textura, pois se constatou que a intensidade de perdas deste nutriente em

solos de textura argilosa se manteve constante, ao contrario do solo arenoso, que apresentou grande perda de K no início do experimento e só diminuiu quando o solo apresentava-se com muito pouca quantidade de K.

Outro fator que contribuiu para não ocorrência de lixiviação de K neste experimento foi a relação de sinergismo, onde ao aplicar nitrogênio, é potencializado a absorção de K via raízes (ACOSTA, 2009). Sendo assim, ocorre uma maior absorção de K pela planta, ciclando maior quantidade deste durante o período de pastejo.

Por se tratar de um solo com características que favorecem a CTC alta do solo, esta provavelmente influencia na dinâmica do K no solo. Segundo Yamada & Roberts (2005) a CTC do solo varia de acordo com a matéria orgânica, tipo e quantidade de argila e pH. A CTC é o componente com maior influência sobre a relação K trocável: K da solução do solo, então, para uma mesma quantidade de K total existirá menos K na solução em solos com alta CTC, o que promoverá menos déficit de K por lixiviação, diminuição da retirada desnecessária de K pelas plantas e em consequência disso, ocorrerá maiores reservas de K para as culturas.

O solo em que foi realizado o trabalho possui um alto teor de argila e CTC, isso explica o motivo de não ocorrer alteração no comportamento de K no solo pelo efeito dos manejos aplicados. Indo de encontro ao que encontrou Werle et al. (2008), onde afirma que solos com alta CTC e teor de argila tem baixa lixiviação de K mesmo apresentando altos teores deste nutriente no solo.

Portanto o comportamento deste nutriente e a sua ciclagem dependem de fatores que podem ser manejados pelo homem, deste modo, o manejo vai determinar se este nutriente mantém-se no solo ou se é perdido para o meio (FERREIRA et al., 2011).

7 CONCLUSÕES

Os teores de fósforo no solo não sofreram influência em seu comportamento por conta dos manejos aplicados no experimento: Tempo de N, dose de nitrogênio e Altura de Pasto. Isso é reflexo da complexidade da dinâmica do fósforo no solo em diversos sistemas de manejo.

Há uma maior concentração de fósforo nas profundidades superficiais, o que era esperado já que os dejetos dos animais atuam no aumento desta concentração na faixa de 0 a 10 cm. Outro importante fator que influencia neste aumento é o fato de a adubação aplicada no plantio direto que é feita por meio de um sulcador, atuar na faixa de 5 a 15 cm.

O tempo de adubação nitrogenada e as doses de nitrogênio aplicadas no feijão safrinha influenciaram nos teores de potássio quando o pasto foi manejado em Alta Altura. Isso acontece devido à alteração na absorção de nutrientes proporcionada pelo azevém por conta da aplicação de N e a menor pressão de pastejo.

Em Baixa Altura de Pasto não foram constatadas alterações no teor de potássio no solo, portanto a maior ciclagem de nutrientes no manejo em Baixa Altura de Pasto beneficia o sistema e não apresenta ocorrência de lixiviação.

No sistema de integração lavoura-pecuária adotado, o potássio não demonstra perdas significativas via lixiviação no perfil do solo. Isso indica que estas técnicas podem ser seguramente implantadas sem riscos de danos relevantes a fertilidade do solo se forem asseguradas as mesmas condições de solo, clima e manejos aplicados.

Por fim, a integração lavoura-pecuária promove a interação complexa destes manejos, proporcionando ao solo a amenização dos impactos fornecidos pela pecuária e ao produtor possibilita, com esta atuação, maior lucratividade reduzindo a possibilidade do mesmo conjecturar maior êxito em desvencilhar-se do meio rural.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, José Alan Almeida. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. 200 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2009.

ALVARES, Clayton A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p.711–728, 2014.

ANGHINONI, Ibanor; Assmann, Joice Mari; MARTINS, Amanda Posselt; COSTA, Sérgio Ely; CARVALHO, Paulo Cesar Filho. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. **Synergismus scyentifica**, v. 6, n. 1, p. 8 2011.

BORKERT, Clovis Manuel; GAUDÊNCIO, Celso Almeida; PEREIRA, José Erivaldo; PEREIRA, Leonardo Régis; JUNIOR, Adilson Oliveira. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 143–153, 2003.

BORTOLLI, Marcos A. **Influência de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a decomposição e liberação de nutrientes da palhada em sistema de integração lavoura/pecuária**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -- Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2010.

BORTOLON, Leandro.; GIANELLO, Cleisio. SCHLINDWEIN, Jairo A. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do Sul do Brasil estimada por métodos multielementares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.5 p.1753- 1761. 2010.

BORTOLON, Leandro. **Métodos de avaliação da disponibilidade de nutrientes para as plantas em solos do Rio Grande do Sul**. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, RS, 2005.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.S. Resposta de uma espécie de brachiaria à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 195-200, 1991.

CARVALHO, Paulo C. F.; AGHINONI, Ibanor; MORAES, Anibal; SOUZA, Edicarlo D.; SULC, Reuben M.; LANG, Claudete R.; FLORES, João P. C.; LOPES, Marília L. T.; SILVA, Jamir L. S.; CONTE, Osmar; WESP, Cristiane L.; LEVIEN, Renato; FONTANELI, Renato S.; BAYER, Cimelio; Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no_till integrated systems. **Springer Science**, Passo Fundo, v. 88, n. 10, p. 259–273, 2010.

CASSOL, Luís Cesar. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo. Porto Alegre, RS, 2003.

COSTA, Newton Lucena; MAGALHÃES, João Avelar; TOWNSED, Cláudio Ramalho; PAULINO, Valdinei Tadeu. **Fisiologia e manejo de plantas forrageiras**. 1.ed. Porto Velho, Embrapa Rondônia, 2004. 32p.

DECHEN, Sonia C. F. ; MARIA, Isabella C. ; **SPD controla perdas de terra, água e nutrientes**. 1.ed. Piracicaba, Visão Agrícola. 2010. 210p.

DEISS, Leonardo; MORAES, Anibal; DIECKOW, Jeferson; FRANZLUEBBERS, Alan J.; GATIBONI, Luciano Colpo; SASSAKI, Guilherme Lanzi; CARVALHO, Paulo C.F. Soil phosphorus compounds in integrated crop-livestock systems of subtropical Brazil. **Geoderma**, v. 274, n. 96, p. 88–96, 2016.

EIRAS, Priscila Pixoline; COELHO, Fábio Cunha. **Adubação verde na cultura do milho**. 1. ed. Niterói, Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento. 2010. 16 p.

ERNANI, Paulo Roberto; BAYER, Cimélio; ALMEIDA, Jaime Antônio.; CASSOL, Paulo César. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 393-401, 2007.

FARINELLI, R.; PERNARIOL, F. G.; FORNASIERI, D.; BORDIN, L. Características agrônômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 447–454, 2004.

FERREIRA, Eric Victor Oliveira; ANGHINONI, Ibanor; CARVALHO, Paulo César Faccio; COSTA, Sergio Ely Valadão Gigante Andrade; CAO, Eduardo Giacomelli. Concentração do potássio do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1675- 1684, 2009.

FERREIRA, Eric Victor Oliveira; ANGHINONI, Ibanor; ANDRIGHETTI, Marcelo Hoerbe; MARTINS, Amanda Posselt; CARVALHO, Paulo César Faccio. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n. 1, p. 161–169, 2011.

FERREIRA, Eric V. O. **Dinâmica de potássio em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto sob intensidades de pastejo**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Porto Alegre, RS, 2009.

GUERRA, José Guilherme M.; ALMEIDA, Dejour Lopes; SANTOS, Gabriel Araújo; FERNANDES, Manlio Silvestre. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. Campinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 291-299, 1996.

HAYNES R. J. WILLIAMS, P. H. Nutrient Cycling and Soil Fertility in the Grazed Pasture Ecosystem. **Advances in Agronomy**, v. 49, p. 119-199, 1993.

JÚNIOR, G. B. M. BARIONI, L. G. CEZAR, I. M. VILELA, L. **Sistemas de Produção Animal em Animal em Pastejo: um Enfoque de Negócio**. Planaltina, Embrapa Cerrados, EMBRAPA, 31p. 2002.

JÚNIOR, Nagib Jorge Melém; MAZZA, Jairo Antônio; DIAS, Carlos Tadeu Santos; BRISKE, Emerson Gilberto. Efeito de fertilizantes nitrogenados na acidificação de um Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico Distrófico cultivado com milho. **Amapá Ciência e Tecnologia**, v. 2, n.1, p. 75-89, 2001.

KLEIN, Claudia. AGNE, Sandra Aparecida Antonini. Fósforo: De nutriente a poluente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia**, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.

LEITE, Jacqueline Nayara Ferraça; CRUZ, Mara Cristina Pessôa; FERREIRA, Manoel Evaristo; ANDRIOLI, Itamar; BRAOS, Lucas Boscov. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 11, p. 1880–1889, 2016.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1995. 177p.

LUSTOSA, Sebastião Brasil Campos. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plantio direto**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba, PR, 1998.

MALAVOLTA, E.; **Elementos de nutrição mineral de plantas**. 6. ed. Piracicaba, Ouro Fino: Luiz de Queiroz, 1980. 251p.

MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄ by North Carolina Soil Testing Laboratories**. Raleigh, University of North Carolina, 1953.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2 ed. Lavras Editora UFLA, 2006. 744p.

NERVIS, Joel Nicholas. **Decomposição e liberação de nitrogênio, potássio e fósforo de palhada de milho (Zea Mays) em sistema de integração lavoura-pecuária**. 40 f. Monografia (Especialização em Engenharia Agrônômica) –

Departamento Acadêmico de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. F.; REINALDES L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES J. C. L. **Fertilidade do solo**. 3 ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NUNES, Danielle Aparecida Duarte. **Mineralização de fósforo orgânico em solos sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem**. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.

OENEMA, O.; KROS, H.; VRIES, W. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. **European Journal of Agronomy**, v. 20, n. 3, p. 3–16, 2003.

PAVINATO, Paulo Sérgio; ROSOLEM, Ciro Antonio. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 911–920, 2008.

PELLEGRINI, Luiz Giovani; MONTEIRO, Alda Lúcia Gomes; NEUMANN, Mikael; MORAES, Anibal; FILHO, Amadeu Bona; MOLENTO, Marcelo Beltrão; PELLEGRINI, Ana Carolina Ribeiro Sanquetta. Produção de cordeiros em pastejo contínuo de azevém anual submetido à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1399–1404, 2010.

PERIN, Rogério. **Características da pastagem e desempenho animal em uma consorciação de Panicum maximum Jacq cv. tanzânia E Arachis pintoi submetida a diferentes alturas de manejo**. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná. Departamento de fitotecnia e fitossanitarismo. Curitiba, PR, 2003.

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

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 1 ed. Campinas. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26p.

ROSOLEM, Ciro Antonio. SANTOS, Fernanda Pereira. FOLONI, José Salvador Simonetti. CALONEGO, Juliano Carlos. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 6 p. 1033-1040, 2006.

ROSOLEM, Ciro Antonio; CALONEGO, Juliano Carlos; FOLINI, José Salvador Simonetti. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de

acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 1806–9657, 2003.

SILVA, Maria Conceição; SANTOS, Mércia Virgínia Ferreira; JUNIOR, José Carlos Batista Dubeux; LIRA, Mário Andrade; MELO, Wellington Samay; OLIVEIRA, Tatiana Neres; ARAÚJO, Gherman Garcia Leal. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no Agreste de Pernambuco. 2. valor nutritivo da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2007–2016, 2004.

SOUZA, Edicarlos Damacena; COSTA, Sérgio Ely Valadão Gigante Andrade; ANGHINONI, Ibanor; LIMA, Christina Venzke Simões; CARVALHO, Paulo César Faccio; MARTINS, Amanda Posselt. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 79–88, 2010.

TASCA, Francis Alex. ERNANI, Paulo Roberto. ROGERI, Douglas Antonio. GATIBONI, Luciano Colpo. CASSOL, Paulo César. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 493–502, 2011.

TEIXEIRA, Luiz Antonio Junqueira; NATALE, William; RUGGIERO, Carlos; Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 684–689, 2001.

YAMADA, T.; ROBERT, T. L. **Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração**. 2 ed. Piracicaba. Instituto Internacional da Potassa, 2005. 841p.

VIANA, Eloise Mello. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em planta de trigo**. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Departamento de Ciência do Solo, Piracicaba, SP, 2007.

VILAR, Cesar Crispim. VILAR, Flavia Carolina Moreira. Comportamento do fósforo em solo e planta. **Revista Campo Digital**, v. 8, n. 2, p. 37–44, 2013.

WERLE, Rodrigo. GARCIA, Rodrigo Arroyo. ROSOLEM, Ciro Antonio. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 2297–2305, 2008.

ZANCANARO, Leandro. KAPPES, Claudinei. VALENDORFF, José David Piccoli. CORADINI, Douglas. DAVID, Marco Antônio. **Adubação fosfatada no sulco de semeadura e em superfície**. 10 ed. Rondonópolis, Fundação Mato Grosso, 2016, 510p.

ZOZ, Tiago; LANA, Maria do Carmo; STEINER, Fábio; FRANDOLOSO, Jucenei Fernando; FEY, Rubens. Influência do pH do solo e de fertilizantes fosfatados sobre a adsorção de fósforo em latossolo vermelho. **Synergismus scyentifica**, v. 04, n. 1, p. 1–3, 2009.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A – Resultado da análise ANOVA de potássio em profundidade.....	49
ANEXO B – Resultado da análise Multifatorial ANOVA de potássio em Baixa Altura de Pasto.....	49
ANEXO C – Resultado da análise Multifatorial ANOVA de potássio em Alta Altura de Pasto.....	50
ANEXO D – Resultado da análise ANOVA de fósforo em profundidade.....	50

ANEXOS

ANEXO A – Resultado da análise ANOVA de potássio em profundidade.

Analysis of Variance for K - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tempo de N	0,0614944	1	0,0614944	3,66	0,0577
B:Altura pasto	0,0008693	1	0,0008693	0,05	0,8205
C:Dose N	0,00260079	3	0,000866929	0,05	0,9845
D:Profund nume	1,16041	4	0,290103	17,25	0,0000
E:Bloco	0,105495	2	0,0527473		
INTERACTIONS					
AB	0,00554649	1	0,00554649	0,33	0,5666
AC	0,0916167	3	0,0305389	1,82	0,1466
AD	0,0464433	4	0,0116108	0,69	0,5997
BC	0,0142236	3	0,00474121	0,28	0,8384
BD	0,0204569	4	0,00511422	0,30	0,8749
CD	0,081862	12	0,00682183	0,41	0,9598
ABC	0,346025	3	0,115342	6,86	0,0002
ABD	0,0263375	4	0,00658438	0,39	0,8145
ACD	0,090445	12	0,00753708	0,45	0,9410
BCD	0,071327	12	0,00594392	0,35	0,9770
RESIDUAL	2,59013	154	0,016819		
TOTAL (CORRECTED)	4,79061	223			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANEXO B – Resultado da análise Multifatorial ANOVA de potássio em Baixa Altura de Pasto.

Analysis of Variance for K - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tempo de N	0,0102135	1	0,0102135	0,61	0,4372
B:Dose N	0,0122164	3	0,00407212	0,24	0,8656
C:Profund nume	0,437954	4	0,109489	6,55	0,0002
D:Bloco	0,0939414	2	0,0469707		
INTERACTIONS					
AB	0,13605	3	0,0453499	2,71	0,0518
AC	0,00648712	4	0,00162178	0,10	0,9831
BC	0,0639184	12	0,00532654	0,32	0,9836
ABC	0,0411643	12	0,00343036	0,21	0,9978
RESIDUAL	1,12023	67	0,0167198		
TOTAL (CORRECTED)	1,96537	108			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANEXO C – Resulto da análise Multifatorial ANOVA de potássio em Alta Altura de Pasto.

Analysis of Variance for K - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tempo de N	0,0465777	1	0,0465777	2,58	0,1127
B:Dose N	0,00828815	3	0,00276272	0,15	0,9275
C:Profund nume	0,736208	4	0,184052	10,19	0,0000
D:Bloco	0,0447636	2	0,0223818		
INTERACTIONS					
AB	0,312519	3	0,104173	5,76	0,0014
AC	0,0590791	4	0,0147698	0,82	0,5182
BC	0,100211	12	0,00835088	0,46	0,9303
ABC	0,173018	12	0,0144181	0,80	0,6513
RESIDUAL	1,31917	73	0,0180708		
TOTAL (CORRECTED)	2,82523	114			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANEXO D – Resultado da análise ANOVA de fósforo em profundidade.

Analysis of Variance for P - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tempo de N	18,1375	1	18,1375	0,68	0,4116
B:Altura pasto	2,52678	1	2,52678	0,09	0,7590
C:Dose N	79,8004	3	26,6001	0,99	0,3973
D:Profund nume	1352,66	4	338,164	12,64	0,0000
E:Bloco	75,419	2	37,7095		
INTERACTIONS					
AB	12,1723	1	12,1723	0,45	0,5010
AC	5,50647	3	1,83549	0,07	0,9766
AD	50,7698	4	12,6924	0,47	0,7545
BC	67,139	3	22,3797	0,84	0,4759
BD	73,9464	4	18,4866	0,69	0,5993
CD	164,78	12	13,7317	0,51	0,9039
ABC	33,599	3	11,1997	0,42	0,7399
ABD	152,829	4	38,2071	1,43	0,2274
ACD	246,971	12	20,581	0,77	0,6814
BCD	425,392	12	35,4493	1,32	0,2096
RESIDUAL	4120,92	154	26,7592		
TOTAL (CORRECTED)	6956,58	223			

All F-ratios are based on the residual mean square error.