

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

ERICK ADRIANO REIS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLO SUBMETIDO A INVERSÃO
DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2016

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

ERICK ADRIANO REIS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLO SUBMETIDO A INVERSÃO
DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2016

ERICK ADRIANO REIS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLO SUBMETIDO A INVERSÃO
DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

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.

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2016

Reis, Erick

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLO SUBMETIDO A INVERSÃO
DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA/ Erick A. Reis.**

Pato Branco. UTFPR, 2016

36 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,
2016.**

Bibliografia: f. 28- 30

**1. Agronomia. 2. Inversão. I. Cassol, Luís César. 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

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLO SUBMETIDO A INVERSÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA

por

ERICK ADRIANO REIS

Monografia apresentada às 13 horas 30 min. do dia 02 de Dezembro de 2016 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 professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Eng. Agrônomo MSc. Ricardo Beffart Aiolfi

UTFPR

Prof^a. Dr^a. Tangriani Simioni Assmann

UTFPR

Prof. Dr. Luís César Cassol

UTFPR

Orientador

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.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena. Em especial a minha filha que se tornou a razão e objetivo da minha luta.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos meus pais que apesar de todas as dificuldades sempre me fortaleceram, a minha irmã que teve papel fundamental em toda a minha graduação e em especial a Valentina, minha filha, que é o que me motiva.

Ao professor Dr Luís César Cassol por aceitar me orientar nesse trabalho e ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UTFPR-PB, pela realização das análises.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos”. (Frederich Nietzsche)

RESUMO

REIS, Erick. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLO SUBMETIDO A INVERSÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA. 36 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

O Brasil, bem como outros países com base agrícola, é um grande consumidor de insumos agrícolas, com destaque para os adubos inorgânicos. Entretanto, devido ao custo da adubação e o uso do sistema de plantio direto, onde não há revolvimento do solo para incorporação destes adubos, estudos que visam melhorar o aproveitamento da adubação para as culturas subsequentes vêm crescendo ano após ano. Assim, tendo em vista a necessidade de melhor uso dos insumos agrícolas, este trabalho consistiu em adicionar adubação nitrogenada e potássica no inverno, durante o cultivo da aveia ou no verão durante o cultivo do milho, buscando observar a disponibilidade dos nutrientes no perfil do solo durante o ciclo produtivo. Para tanto, foram coletadas amostras de solo ao final do cultivo de verão nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação de 200kg ha⁻¹ de N na forma de ureia e de 80 kg de K₂O ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio, aplicados em cobertura no inverno na cultura da aveia ou no verão na cultura do milho. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e em seguida as médias foram comparadas pelo teste de Tukey pelo programa ASSISTAT. De maneira geral não houve diferença significativa entre os tratamentos com adubação no inverno ou no verão ao longo do perfil do solo, possivelmente pelo curto espaço de tempo que o experimento foi avaliado, de forma que a consolidação de sistemas geralmente requer alguns anos para que diferenças significativas possam ser influentes em algumas tomadas de decisão. Maiores valores para matéria orgânica, pH, saturação por bases, fósforo e potássio foram encontrados nas camadas superficiais do solo, independente do sistema de adubação utilizado.

Palavras-chave: Manejo. Minerais. Disponibilidade.

ABSTRACT

REIS, Erick A. Título (CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SOIL SUBMITTED TO NITROGEN AND POTASSIC FERTILIZER INVESTMENT). 36 s. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2016.

The Brazil, as well as other countries with an agricultural base, is a major consumer of agricultural inputs, especially inorganic fertilizers. However, due to the cost of fertilization and the use of the no-tillage system, in which there is no soil rotation for the incorporation of these fertilizers, studies that aim to improve the utilization of the fertilizer for subsequent crops have been growing year after year. Thus, considering the need for better use of agricultural inputs, this work consisted in adding nitrogen and potassium fertilization at the winter, during the oats cultivation, or at the summer during maize cultivation, looking for observe the availability of these nutrients in the soil profile during the productive cycle. For this, soil samples were collected at the end of the summer crop in the depths of 0 to 5, 5 to 10, 10 to 20, 20 to 40 and 40 to 60 cm. The experimental design was a randomized complete block, with three replications. The treatments consisted of the application 200 kg ha⁻¹ of nitrogen in urea form and 80 kg ha⁻¹ of potassium in potassium chloride form, applied in winter, during the oats cultivation, or at the summer during maize cultivation. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), and then the means were compared by the Tukey test through the ASSISTAT program. In general, there was no significant difference between the treatments with fertilization in winter or summer along the soil profile, possibly for the short time the experiment was evaluated, so that systems consolidation usually requires some years to significant differences may be influential in some decision-making. Higher values for organic matter, pH, percent base saturation, phosphorus and potassium were found in the superficial layers of the soil, regardless of the fertilization system used.

Keywords: Management. Minerals. Availability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Precipitação pluviométrica registrada na área experimental, no período de abril/2015 a março/2016.....	20
Figura 2. Temperatura média registrada na área experimental, no período de abril/2015 a março/2016.....	21
Figura 3. Matéria orgânica ao longo do perfil de solo adubado com nitrogênio e potássio aplicados totalmente no inverno ou totalmente no verão, em cinco camadas de solo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.....	23
Figura 4. pH-CaCl ₂ (a) e saturação por bases (b) ao longo do perfil de solo adubado com nitrogênio e potássio aplicados totalmente no inverno ou totalmente no verão, em cinco camadas de solo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.....	24
Figura 5. Cálcio (a) e magnésio (b) trocáveis ao longo do perfil de solo adubado com nitrogênio e potássio aplicados totalmente no inverno ou totalmente no verão, em cinco camadas de solo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.....	25
Figura 6. Fósforo (a) e potássio (b) disponíveis ao longo do perfil de solo adubado com nitrogênio e potássio aplicados totalmente no inverno ou totalmente no verão, em cinco camadas de solo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.....	26

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Resumo da análise de variância dos teores de potássio no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016	32
Anexo 2: Resumo da análise de variância dos teores de cálcio no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.....	32
Anexo 3. Resumo da análise de variância dos teores de magnésio no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.	32
Anexo 4. Resumo da análise de variância dos teores de matéria orgânica no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.	33
Anexo 5. Resumo da análise de variância dos teores de fósforo no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.....	33
Anexo 6. Resumo da análise de variância dos teores de pH no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.....	33
Anexo 7. Resumo da análise de variância dos teores de saturação por bases no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS

Eng.	Engenheiro
Prof.	Professor(a)
Dr.	Doutor(a)
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
PB	Pato Branco
SPD	Sistema Plantio Direto
C/N	Carbono por Nitrogênio
ILP	Integração Lavoura e Pecuária
CTC	Capacidade de Troca de Cátions

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
6 CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS.....	28
ANEXOS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O sistema de produção agrícola denominado Plantio Direto, (SPD), deve seguir os preceitos de manutenção da palhada, rotação de culturas, reciclagem da matéria orgânica, intensificação dos processos de agregação do solo e favorecimento das atividades biológicas do solo, em detrimento do melhor controle de pragas (SEIXAS, 2001).

Segundo Neto (2007), o SPD já está consagrado como um sistema conservacionista de produção agrícola, porém o cultivo convencional ainda é uma realidade em muitas regiões. Além disso, este autor destaca que o período de consolidação do sistema de plantio direto situa-se entre o 9º e 10º ano após sua implementação, com base na região central do Brasil.

É importante priorizar a cobertura do solo, principalmente se as áreas apresentarem certo grau de degradação da matéria orgânica. As culturas de milho e de aveia, integradas e de forma planejada no sistema de rotação, proporcionam alto potencial de produção de fitomassa e de elevada relação C/N (carbono/nitrogênio), garantindo a manutenção da cobertura do solo dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície (JUNIOR et al., 2012). O cultivo do milho com menor espaçamento entrelinhas e/ou consorciado com leguminosas, quando bem conduzidas, proporcionam elevado índice de cobertura do solo, massa seca e excelente e vigoroso sistema radicular, além de uma produtividade consideravelmente boa e excelente alternativa em áreas de integração lavoura-pecuária.

A Integração Lavoura Pecuária (ILP) tem se tornado alvo de diversas vertentes de pesquisa, fazendo com que o uso do solo seja cada vez mais intenso, de acordo com a sua classificação de capacidade de uso, mantendo-o mais dinâmico e proveitoso para a diversidade de espécies que a agricultura precisa.

A estrutura básica de um sistema de ILP consiste em rotação de culturas, uso de sistema plantio direto, cobertura permanente, manejo correto de pastagens, uso de animais e vegetais melhorados e produção animal intensiva em pastejo (MORAES et al., 2002). A produção de grãos no verão consegue garantir lucro de curto prazo para manutenção e investimento do sistema e conciliando com

a produção e o manejo das pastagens no inverno, visando suprir as necessidades forrageiras da propriedade em determinadas épocas mantem a garantia de aporte residual para a cultura sucessora.

No sistema ILP ocorre melhor aproveitamento dos nutrientes presentes nas pastagens, visto que os excrementos dos animais deveriam ficar na área pastejada, promovendo assim a ciclagem de nutrientes, e minimizando as perdas por exportação (ASSMANN et al., 2008).

Este ano o Brasil importou 25% mais adubo do que no mesmo período do ano passado, aproximadamente 14,9 milhões de toneladas, podendo atingir 32 milhões de toneladas como em 2014, se a demanda persistir.

O custo do adubo representa de 30 a 40% do custo total de produção no campo. Essa informação demonstra a dimensão da importância do bom uso desse insumo, seja ele na questão de momento de compra, momento de aplicação, forma de aplicação ou dosagem, de modo a obter máximo aproveitamento dessa peça importante para obtenção de altas produtividades.

Em face ao exposto, tanto por razões econômicas como ambientais, é fundamental conseguir-se uma melhor eficiência de aproveitamento dos nutrientes aplicados via adubação. Nesse sentido alguns estudos tem preconizado a inversão de adubação, ou seja, a aplicação dos nutrientes, especialmente nitrogênio e potássio, na pastagem cultivada no inverno, sem uso dos mesmos na cultura do verão. Essa prática poderia reduzir perdas por lixiviação, em função do maior sistema radicular das pastagens, reduzir perdas por volatilização de NH_3 (amônia), pela maior umidade do solo no inverno, além de que, neste período, o custo dos adubos é menor, em relação ao verão.

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar a distribuição espacial dos nutrientes disponibilizados via adubação mineral no solo, em função da época da sua aplicação, correlacionando em qual condição de manejo haverá melhor aproveitamento pelas culturas implantadas na área.

2 OBJETIVOS

Tendo em vista a crescente valorização de adubos inorgânicos, a melhor utilização dos mesmos se faz necessária no que diz respeito a otimizar sua disponibilidade no solo e sua absorção pela planta, além de maximizar a sua ciclagem fazendo com que permaneça atuando por mais tempo no solo e possa ser aproveitada por todo o sistema, já que é dimensionada não somente para cultura de grãos mas sim para todas as demais.

2.1 GERAL

Avaliar o efeito de níveis de adubação nitrogenada e potássica aplicadas totalmente no inverno ou no verão, em áreas com plantas de cobertura, sobre a dinâmica de nutrientes na fertilidade do solo.

2.2 ESPECÍFICOS

Verificar a possível lixiviação de Potássio (K^+), em áreas com plantas de cobertura, a partir da adubação realizada no inverno ou no verão;

Avaliar as características químicas do solo em área cultivada no sistema plantio direto, com adubação nitrogenada e potássica realizada totalmente no inverno ou no verão.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Os Latossolos são solos profundos, localizados em regiões de clima tropical e subtropical, bastante intemperizados e que, portanto, apresentam CTC inferior aos solos localizados em regiões temperadas. As cargas presentes nos Latossolos são dependentes de pH ou variáveis, logo, a calagem é prática fundamental, não apenas para aumentar o pH, fornecer cálcio e magnésio e neutralizar o alumínio tóxico, como também para gerar cargas negativas. Estas cargas são responsáveis por reter nutrientes catiônicos no solo, como o potássio, que sofre atração eletrostática.

A condição climática brasileira, sem fenômenos extremos ao longo do ano, como neve ou calor em demasia, permite que a agricultura seja praticada durante todos os meses do ano, e essa capacidade traz benefícios importantíssimos para o solo. Manter plantas ciclando durante os 12 meses do ano nas áreas de lavoura, garante durante todo esse período que o solo mantenha-se sempre coberto e com raízes, conferindo matéria orgânica e alimento pra fauna e flora do solo, além de manter sempre em atividade a fixação de carbono por meio da fotossíntese (ASSMANN et al., 2016).

O elevado custo de produção, a falta de garantias de comercialização e os riscos inerentes às adversidades climáticas, são responsáveis pela redução da área de cultivo com cereais de inverno (SILVA et al., 2015). No sul do Brasil, a maior parte das áreas agrícolas vem sendo usadas para implantação de culturas com finalidade específica de produção de palha, sem qualquer ganho econômico imediato, voltando toda a importância da cobertura do solo para a preservação da qualidade dos solos agrícolas e não necessariamente visando geração de renda. Nesse contexto, a integração lavoura pecuária tem se mostrado uma alternativa viável para melhorar a utilização das áreas no inverno, adicionando um ganho econômico, e acrescentando resíduos orgânicos de rápido processamento ao sistema do solo através dos resíduos de excrementos dos animais. A integração lavoura-pecuária é uma boa alternativa para o desenvolvimento de uma agropecuária mais rentável, diversificando as propriedades e trazendo uma renda adicional aos agricultores (BORTOLLI, 2010).

Segundo Rodrigues (2000), dependendo do metabolismo animal e da forragem fornecida, é possível que 90% dos nutrientes minerais retornem ao solo através das excreções dos animais, onde, os 10% de nutrientes remanescentes são retidos para a formação do corpo dos animais e para integrar os produtos sistematicamente fornecidos por esses animais como carne e leite.

Segundo Cassol (2003), a agricultura e a pecuária não devem ser vistas como atividades antagônicas, mas sim, atividades complementares e integradas, funcionando em sinergismo, tendo a lavoura um melhor resultado quando integrada com a pecuária e vice-versa, sendo o sucesso deste sistema dependente do manejo integrado dos componentes solo-planta-animal, que por sua vez, são dinâmicos e interagem entre si.

O sistema gerado pela integração Lavoura-Pecuária demanda grande quantidade de energia adicionada através da adubação. As plantas adubadas serão pastejadas e degradadas, de modo que a taxa de decomposição de resíduos vegetais seja compatível com a manutenção do solo, favorecendo sua proteção contra agentes erosivos por maior período de tempo e conferindo aporte de nutrientes sincronizado com a demanda da cultura subsequente (OLIVEIRA et al., 2002). Desta forma o manejo da adubação na cultura de cobertura/forageira afeta diretamente a cultura sucessora.

No que diz respeito à ciclagem de nutrientes, um maior acúmulo de matéria seca na cultura invernal, através da adubação, proporciona maior cobertura do solo e todos os seus benefícios, possibilitando pastejo mais intensivo, que também traz benefícios para o sistema, quando bem efetuado (BORTOLLI, 2010).

Com a adubação da cultura de inverno, principalmente tratando-se do nitrogênio, ocorre maior produção de biomassa (PELEGRINI et al., 2010) e com isso maior quantidade de nitrogênio fica disponível para a cultura sucessora através da ciclagem do nitrogênio, com um fluxo de N mais estável no solo e com menor imobilização, ou seja, liberação mais rápida, entretanto no momento certo (SÁ, 1999). A adição ou não de adubação nitrogenada na cultura de cobertura/forageira tem relação direta com a qualidade do material produzido e com a velocidade de decomposição deste.

A mobilidade dos íons no solo, a partir das regiões fertilizadas, pode afetar a disponibilidade dos nutrientes aos vegetais e as perdas por lixiviação. Os íons se movem no solo em direção às raízes por difusão, devido à existência de gradiente de concentração, e por fluxo de massa, em decorrência da formação de gradiente hídrico (BARBER, 1962).

Além do nitrogênio, outro nutriente considerado crítico no sistema de ILP é o potássio, que tem vital importância para a planta, como regulador osmótico e produtor de celulose, portanto interferindo diretamente na produção de amido nos grãos e garantindo maior crescimento radicular, conferindo maior tolerância a stress hídrico (BRUNETTO et al., 2005). A disponibilidade de potássio para as plantas depende muito de sua difusão no solo, uma vez que a quantidade que chega até as raízes por fluxo de massa é muito menor do que a taxa de absorção. Além disso, a mobilidade iônica do potássio, que é um fertilizante salino, pode também influenciar a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas, devido ao incremento na concentração eletrolítica da solução (BEVILAQUA et al., 1996) quando são colocados muito próximo das sementes.

Neste sentido, com o crescimento do sistema plantio direto e suas variações como o uso do sistema ILP, a necessidade de se conhecer a mobilidade vertical dos íons cresceu, uma vez que, nesse sistema os fertilizantes são aplicados sobre a superfície do solo e os nutrientes necessitam chegar até as raízes para serem absorvidos (SILVA et al., 2001).

Além das questões técnicas que favorecem uma maior produção da planta de cobertura/forageira, bem como redução de sua relação C/N, a adubação aplicada no período do outono/inverno propicia outras vantagens. Uma delas diz respeito a possível economia no preço do fertilizante, que de maneira geral apresenta-se mais barato no período de inverno do que no verão, onde de fato a demanda é maior e mais intensa. A taxa de ocupação de máquinas no período de inverno também facilita o trabalho, pois normalmente após o plantio da cultura de inverno, salvo trigo para o Sudoeste do Paraná, há uma estagnação por parte do manejo cultural. Dessa forma a inversão de adubação proporciona um conjunto de fatores que em longo prazo são bastante rentáveis.

Por outro lado, na região sul, onde as estações chuvosas não são bem definidas e é possível se conviver com invernos, via de regra, muito chuvosos (IAPAR, 2015), a inversão de adubação pode acarretar lixiviação dos nutrientes, especialmente em relação a potássio e nitrato (CALONEGO et al., 2005), o primeiro por ser um cátion monovalente e o segundo por apresentar carga negativa e não ter capacidade de adsorção as partículas coloidais do solo.

Em face ao exposto, pode surgir uma pequena insegurança em adotar essa técnica de manejo não havendo garantia de que esses nutrientes se manterão no solo para a cultura subsequente que, via de regra será soja ou milho, na região Sudoeste do Paraná.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental da UTFPR, Câmpus Pato Branco, sob um Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, com 750 g kg⁻¹ de argila, 1,4 g kg⁻¹ de areia e 248,6 g kg⁻¹ de silte. A temática do estudo envolve adubação nitrogenada e potássica em cobertura, aplicadas integralmente no inverno ou no verão, onde a cultura de inverno era a aveia preta (*Avena strigosa*) e a de verão o milho (*Zea mays*), num processo denominado “Adubação de Sistema”.

O clima local, classificado segundo Köppen, é tipo Cfa. Os dados de precipitação e temperaturas, ao longo do período experimental são apresentados nas Figuras 1 e 2.

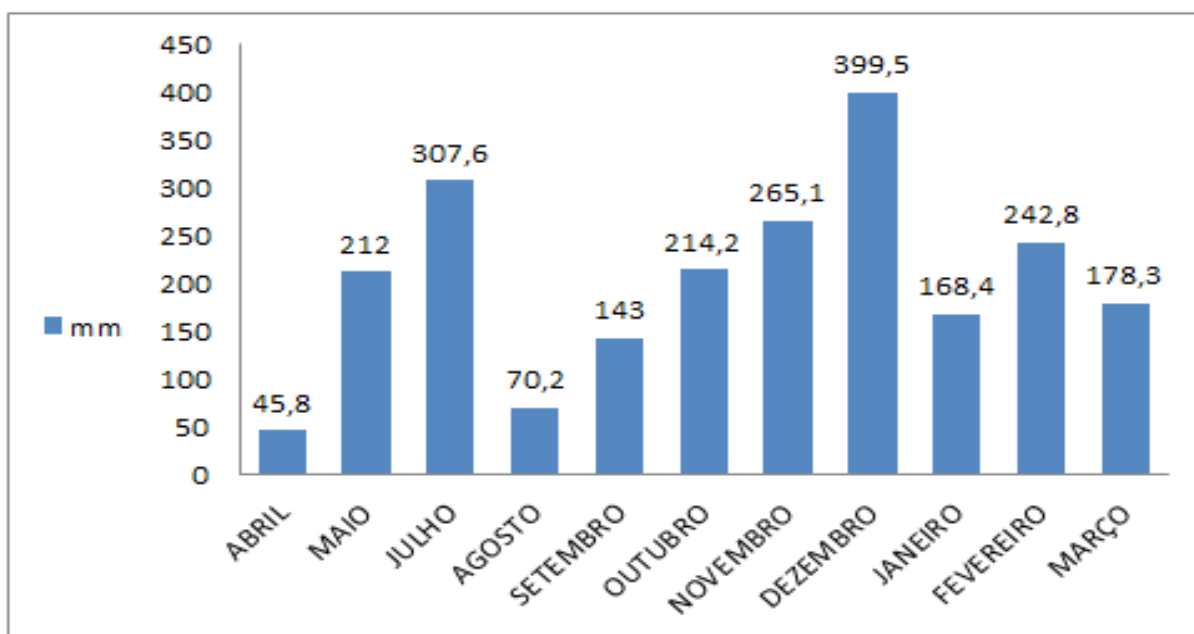


Figura 1. Precipitação pluviométrica registrada na área experimental, no período de abril/2015 a março/2016.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos arranjados em parcela subdividida, e três repetições. Nas parcelas principais foram aplicadas doses de adubação nitrogenada e potássica no inverno ou no verão, sendo estas: 200-0; 150-50; 50-150; 0-200 kg de N, usando ureia como fonte, e 80-0; 60-20; 20-60; 0-80 kg de K₂O, usando KCl como fonte, nos períodos inverno-verão, respectivamente. Nas subparcelas, no período de inverno, foram

aplicados dois tratamentos: aveia destinada para produção de biomassa e aveia destinada a produção de forragem, ou seja, com cortes.

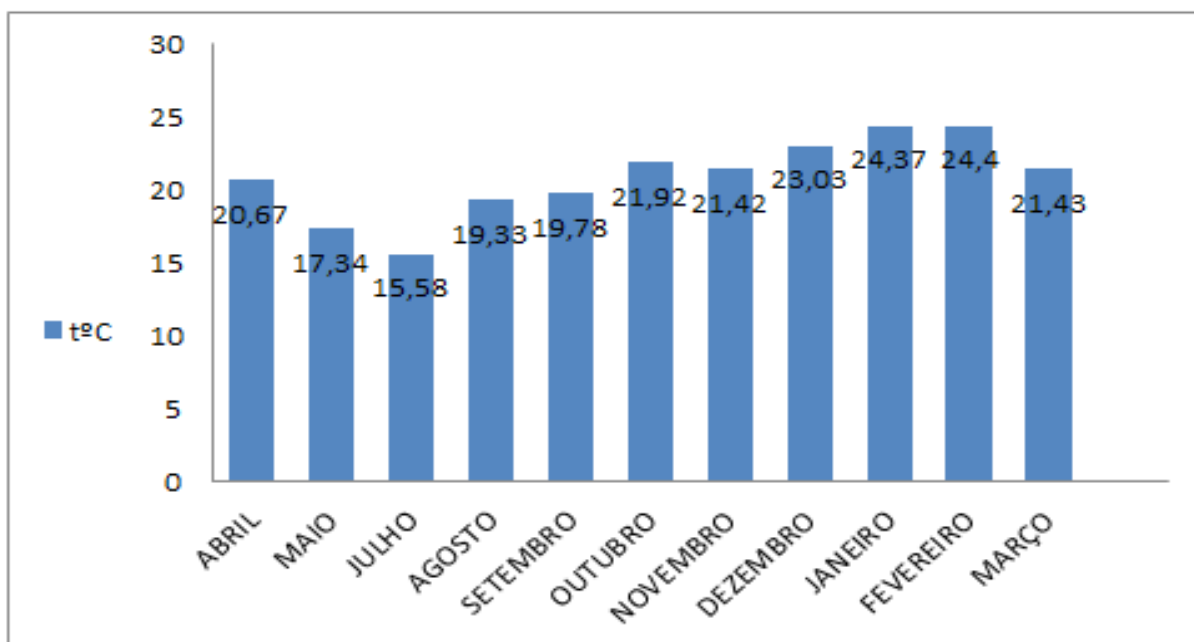


Figura 2. Temperatura média registrada na área experimental, no período de abril/2015 a março/2016.

Neste trabalho foram avaliados somente os tratamentos de dose cheia e nas subparcelas onde a aveia foi destinada para produção de biomassa, ou seja, sem corte. Desta forma, os tratamentos avaliados neste trabalho consistiram de:

I) Adubação de Inverno com 200 kg ha⁻¹ de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados em cobertura na cultura de aveia na forma de ureia e de cloreto de potássio, respectivamente.

II) Adubação de Verão com 200 kg ha⁻¹ de N e a 80 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados em cobertura na cultura do milho, na forma de ureia e de cloreto de potássio, respectivamente.

Além disso, foi realizada adubação fosfatada de base com 35 kg P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato triplo tanto na implantação da aveia quanto do milho.

O experimento teve início em 2015 com a cultura da aveia preta com densidade de semeadura de 100 Kg ha⁻¹ no inverno. A dessecação ocorreu no final de setembro com glifosato Atanor, em dosagem recomendada e, em seguida, foi semeada a cultura do milho com o híbrido Syngenta- Maximus, em espaçamento de

0,45 m e densidade de semeadura de 70.000 sementes ha⁻¹ no verão. Após a colheita do milho (Março/Abril), na segunda semana de Abril, no dia 13/04/16, foram realizadas amostragens de solo, um ponto por parcela, nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm buscando encontrar possíveis resquícios de nutrientes que podem ter sido lixiviados e/ou perdidos, dando foco principalmente ao potássio. Nas mesmas amostras também foram avaliados o pH, os teores de matéria orgânica, fósforo, cálcio e magnésio, seguindo metodologia descrita em Pavan et al. (1992).

Vale lembrar que este experimento foi realizado em um ano agrícola (2015/2016), mas que faz parte de um estudo que irá continuar ao longo dos anos.

Para a coleta das amostras de solo foi aberta uma trincheira em cada unidade experimental e, até 20 cm de profundidade, estas foram coletadas com auxílio de uma pá de corte. A partir dos 20 cm as amostras foram coletadas com trado.

Os dados coletados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De maneira geral, tanto para o solo com adubação de inverno quanto de verão, observa-se maior concentração de nutrientes nas camadas até 20 cm, onde também de fato encontra-se a maior parte da rizosfera (PAVINATO et al., 2008). Ao longo do perfil do solo o teor dos nutrientes vai reduzindo, o que caracteriza as áreas em sistema de plantio direto.

A adubação concentrada no inverno ou aplicada apenas no verão não influenciou o teor de matéria orgânica do solo (Figura 3). O gradiente de matéria orgânica em relação a profundidade, observado em outros trabalhos (ACQUA et al., 2013; EMBRAPA, 2009) envolvendo o sistema plantio direto, se repetiu também neste trabalho. Na camada superficial os teores são altos (acima de 50 g dm^{-3}) e nas demais camadas são considerados médios ($25\text{-}50 \text{ g dm}^{-3}$), conforme a CQFS-RS/SC (2004). Importante destacar que mesmo na camada de 40-60 cm foram encontrados valores de matéria orgânica acima do observado em algumas áreas onde os manejos conservacionistas são mal trabalhados, principalmente aquelas submetidas ao processo erosivo, onde a matéria orgânica é degradada e as camadas superficiais perdem todo esse aporte de nutrientes e estruturação.

Esses valores demonstram que as práticas de manejo adotadas na área experimental são adequadas e conduzem a sustentabilidade do sistema.

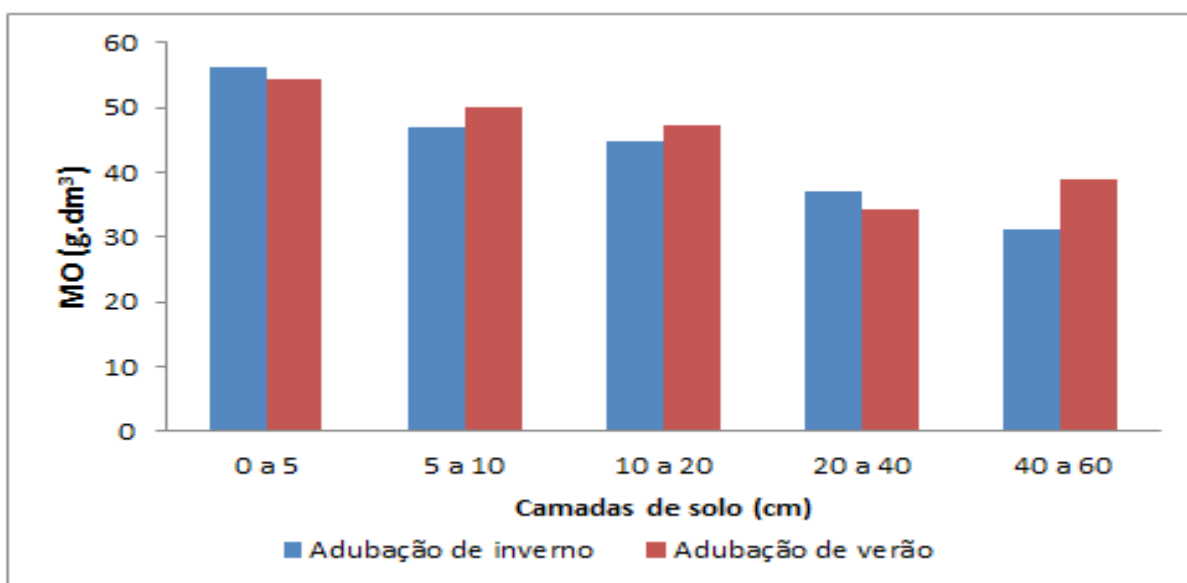


Figura 3. Matéria orgânica ao longo do perfil de solo adubado com nitrogênio e potássio aplicados totalmente no inverno ou totalmente no verão, em cinco camadas de solo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.

Em relação aos parâmetros da acidez do solo, a adubação de sistema não alterou os valores de pH, não havendo diferenças entre os tratamentos nas diferentes camadas amostradas (Figura 4a). Mesmo com a aplicação de uma alta dose de N na camada superficial (200 kg N ha⁻¹), que pode contribuir para a redução do pH devido ao processo de nitrificação, onde há liberação de íons H⁺, tanto no sistema com aplicação no inverno como no verão, observou-se maiores valores de pH nas duas primeiras camadas (0-10 cm) (ESCOSTENGUY. et al., 2013), não caracterizando a formação de uma frente de acidificação, algumas vezes observada em áreas de plantio direto.

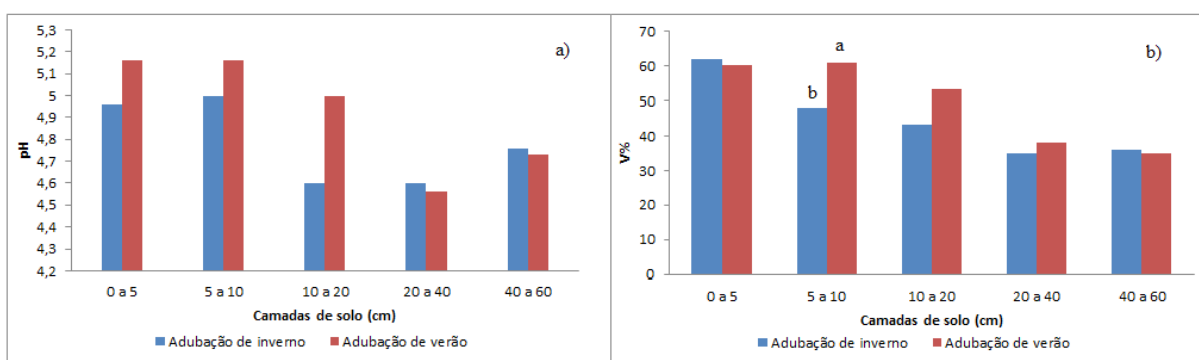


Figura 4. pH-CaCl₂ (a) e saturação por bases (b) ao longo do perfil de solo adubado com nitrogênio e potássio aplicados totalmente no inverno ou totalmente no verão, em cinco camadas de solo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.

Existe forte correlação entre pH e saturação por bases, ou seja, o aumento de um é acompanhado pelo aumento do outro. De certa forma isto ocorreu no presente trabalho e, a exemplo do pH, maiores valores de saturação por bases foram observados nas duas primeiras camadas de solo avaliadas (0-10 cm), observando-se valores superiores a 50% (Figura 4b). Abaixo de 20 cm, tanto o pH quanto a saturação por bases caracterizam uma condição de alta acidez, evidenciada por valores de pH em torno de 4,7 e saturação por bases inferior a 40%. Desta forma, numa condição de estresse hídrico as raízes das culturas poderiam enfrentar dificuldade para se aprofundarem. De todos os parâmetros químicos avaliados, a saturação por bases, na camada de 5-10 cm, foi o único que apresentou diferença entre as duas formas de adubação, encontrando-se maiores valores quando todo o N e K foram aplicados na cultura de verão (Figura 4b), porém não se encontra uma explicação para tal fato.

Os teores de cálcio também seguiram a distribuição em gradiente, tanto na adubação de inverno quanto de verão, sem diferença entre ambas nas cinco camadas de solo amostradas (Figura 5a). Até 10 cm de profundidade os valores de cálcio são superiores ao nível crítico, ou seja, $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Por sua vez, abaixo de 20 cm são encontrados baixos valores de cálcio, corroborando com os dados de pH e saturação por bases. Em relação ao magnésio altos teores foram encontrados em todo o perfil do solo, independente do sistema de adubação (Figura 5b), o que pode ser explicado pelo fato do magnésio ser um cátion que apresenta um maior grau de hidratação em relação ao cálcio, o que facilita uma movimentação mais intensa desse elemento no solo.

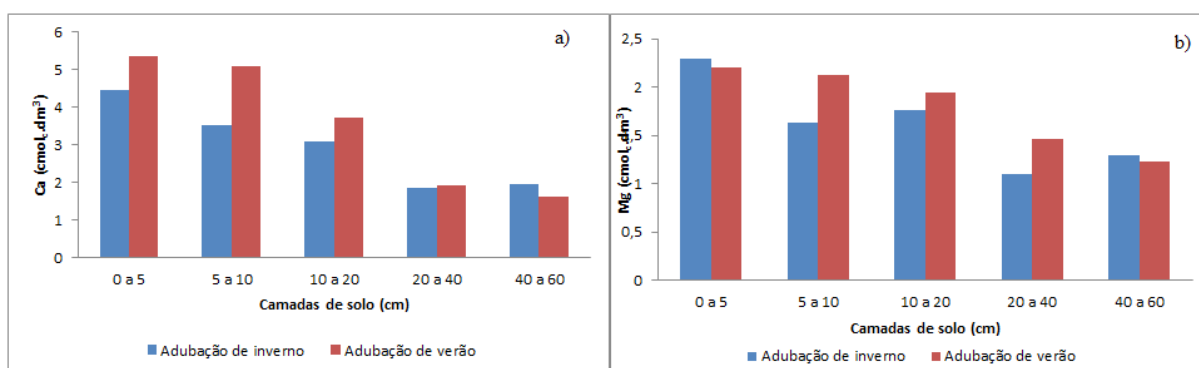


Figura 5. Cálcio (a) e magnésio (b) trocáveis ao longo do perfil de solo adubado com nitrogênio e potássio aplicados totalmente no inverno ou totalmente no verão, em cinco camadas de solo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.

Em relação aos macronutrientes primários, fósforo e potássio, também não houve efeito dos sistemas de adubação (inverno ou verão) sobre a distribuição dos mesmos no perfil do solo (Figura 6). Confirmando ser uma área típica de plantio direto, a área experimental apresenta elevados teores de fósforo na camada superficial para solos de textura muito argilosa, como os do presente estudo (em torno de 11 mg dm^{-3}), decrescendo rapidamente a partir desta camada para valores inferiores a 3 mg dm^{-3} (Figura 6a). Isso se deve ao fato do fósforo ser um elemento pouco móvel no solo e, via de regra, a colocação do adubo ao ser feita usando sistema de discos na semeadora, acaba concentrando o elemento nos primeiros centímetros de solo.

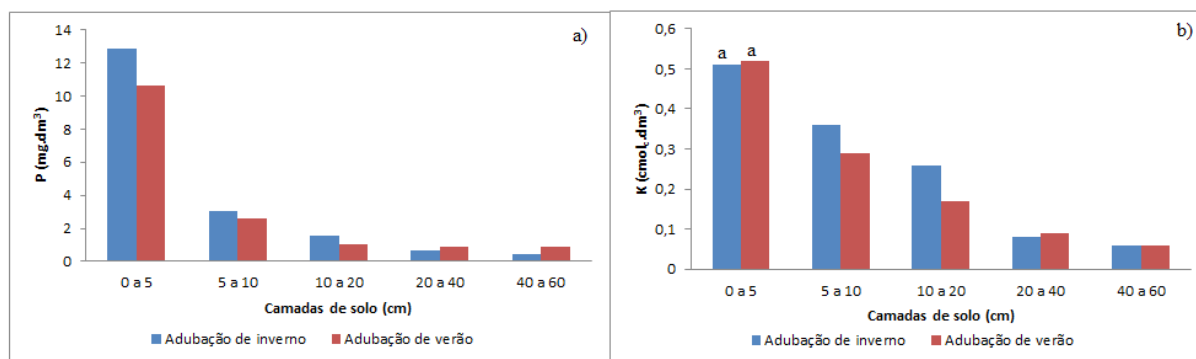


Figura 6. Fósforo (a) e potássio (b) disponíveis ao longo do perfil de solo adubado com nitrogênio e potássio aplicados totalmente no inverno ou totalmente no verão, em cinco camadas de solo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.

No caso do potássio a análise estatística demonstrou efeito dos tratamentos na camada superficial (0-5 cm), porém o teste de médias não acusou diferenças. O gradiente no perfil do solo foi menos acentuado, cujos valores foram reduzindo de forma mais gradual, também sem efeito da adubação de sistema (inverno ou verão). Valores muito baixos de potássio foram observados apenas nas camadas de 20-40 e de 40-60 cm (Figura 6b), demonstrando que não houve perdas por lixiviação. Mesmo que não tenha havido significância estatística, até 20 cm de profundidade os valores numéricos de potássio são superiores quando o fertilizante foi aplicado totalmente no inverno. Desta forma, a hipótese de que altas precipitações no inverno poderiam lixiviar o elemento não se confirma no presente estudo.

Em função dos resultados apresentados, a utilização do recurso de adubação integral no inverno pode ser explorado, principalmente visando maior aproveitamento da cultura de inverno, onde possivelmente haverá maior resposta produtiva. Sob esse ponto de vista a tomada de decisão precisa levar em conta qual o objetivo deseja-se alcançar com a adubação, além do bom uso dos recursos, como aproveitamento de insumos da safra anterior, ou aproveitamento de preço do insumo.

6 CONCLUSÕES

Para os dois sistemas de adubação estudados, com adubação total de N e K em cobertura na cultura de inverno (aveia) quanto na cultura de verão (milho) não se mostraram diferentes estatisticamente no que diz respeito a distribuição dos nutrientes, teor de matéria orgânica, pH e saturação por bases ao longo do perfil do solo. A única diferença foi observada na camada de 5-10 cm com maior valor de saturação por bases para a adubação de inverno, porém sem uma explicação convincente para tal fato.

No entanto, é importante considerar o fato deste ser o primeiro ano agrícola do experimento. Ensaio que avaliam a fertilidade do solo, de maneira geral, mostram resultados a partir do terceiro ano de repetição, visto que o solo é um organismo vivo e de mutação lenta.

REFERÊNCIAS

- ACQUA, N. H. D.; SILVA, G. P.; BENITES, V. M.; ASSIS, R. L.; SIMON, G. A. Métodos de amostragem de solos em áreas sob plantio direto no Sudoeste Goiano. Campina Grande – Pernambuco. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2013.
- ASSMANN, A. L.; PIN, E. A.; SOARES, A. B.; ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L. Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar. Londrina: Instituto Agronomico do Paraná – IAPAR, 2008.
- ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B. Migrando de adubação de culturas para adubação de sistemas por meio de Integração Lavoura Pecuária. Triunfo: Informativo Integrar, 2016.
- BARBER, S.A. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. Soil Science, 1962.
- BEVILAQUA, G. A. P.; BROCH, D. L.; POSSENTI, J. C.; VILELA, F. A. Posição do fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho. Revista Brasileira de Agrociência, 1996.
- BORTOLLI, M. A. de. Influência de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a decomposição e liberação de nutrientes da palhada em sistema de integração lavoura-pecuária. Pato Branco, Dissertação de Mestrado, UTFPR, 2010.
- BRUNETTO, G.; GATIBONI, L. C.; SANTOS, D. R.; SAGGIN, A.; KAMINSKI, J. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um argissolo sob sistema plantio direto. Santa Maria-RS. UFSM. 2005.
- CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. Botucatu-SP. UNESP. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2005.
- CASSOL, L. C. Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura pecuária em semeadura direta com calcário na superfície. 143f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do solo) - Porto Alegre, Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- CQFS – RS/SC. Comissão de química e fertilidade do solo. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, 2004.

ESCOSTENGUY, P.A.V.; HANEL, J.; ROEHRIG, R. Acidez e calagem em culturas de grãos em plantio direto. Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Revista Plantio Direto, edição especial conjunta, 2013.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Cultivo de Milho: Preparo convencional de solo. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas. Sistemas de Produção II 5ª edição, 2009.

IAPAR, INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Agrometeorologia: Dados Diárias de Pato Branco. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2084>>. Acesso em: 27/04/2016.

JUNIOR, E. B.; MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; FERREIRA, C. J. B.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um latossolo vermelho após 30 anos sob plantio direto, Viçosa, Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 2012.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; CARVALHO, P. C. F.; CASSOL, L. C. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, N.A., ASSMANN, T.S. (Eds.). I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. Pato Branco. CEFET-PR, 2002.

NETO, O. C. P.; GUIMARÃES, M. F.; RALISCH, R.; FONSECA, I. C. B. F. Análise de tempo de consolidação do sistema de plantio direto. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, 2007.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade. Londrina: IAPAR, 1992.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/5650>>. Acesso 11/11/2016.

PELLEGRINI, L. G.; MONTEIRO, A. L. G.; NEUMANN, M.; MORAES, A.; PELLEGRINI, A. C. R. S.; LUSTOSA, S. B. C. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. Revista Brasileira de Zootecnia, 2010.

RODRIGUES C. A. F. Interação solo-planta-animal e impacto da reciclagem do nitrogênio e do fósforo em pastagem. Universidade Federal de Viçosa – Centro de ciências agrárias – Departamento de Zootecnia, Viçosa - MG, 2000.

SÁ, J. C. M.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Lavras, Universidade Federal de Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999.

SEIXAS, J. Níveis de compactação do solo na cultura do milho (Zea Mays L.). Curitiba: Dissertação Mestrado, UFPR, 2001.

SILVA, F. de. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, 2002.

SILVA, M. A. G.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; FERNANDES, H. G.; GRANJA, F. A.; SCIVITTARO, W. B. Efeito do nitrogênio e potássio na nutrição do pimentão cultivado em ambiente protegido. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2001.

SILVA, M. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; SANDINI, I. E.; CASSOL, L. C.; ASSMANN, T. S.; OLIVEIRA, E. O. Acumulação de nutrientes e produção de forrageira de aveia e acevem em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. Lisboa: Revista de Ciências Agrárias, 2015.

ANEXOS

Anexo 1: Resumo da análise de variância dos teores de potássio no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016

Fonte de variação	GL	Camadas de solo (cm)				
		0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
		----- Valor F -----				
Tratamentos	1	0,0006*	5,8800 ^{ns}	12,0192 ^{ns}	0,2308 ^{ns}	1,0000 ^{ns}
CV (%)		63,03	10,66	13,48	28,86	12,89
* significativo a 1% (p < 0,01); ^{ns} = não significativo.						

Anexo 2: Resumo da análise de variância dos teores de cálcio no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.

Fonte de variação	GL	Camadas de solo (cm)				
		0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
		----- Valor F -----				
Tratamentos	1	1.6093 ^{ns}	5.1733 ^{ns}	3.3119 ^{ns}	0.0199 ^{ns}	0.0199 ^{ns}
CV (%)		17,67	19,54	12,47	46,14	46,14
^{ns} = não significativo.						

Anexo 3. Resumo da análise de variância dos teores de magnésio no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.

Fonte de variação	GL	Camadas de solo (cm)				
		0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
		----- Valor F -----				
Tratamentos	1	0.1429 ^{ns}	3.9474 ^{ns}	1.8231 ^{ns}	0.7035 ^{ns}	0.0440 ^{ns}
CV (%)		14,4	16,37	40,54	41,72	30,75
^{ns} = não significativo.						

Anexo 4. Resumo da análise de variância dos teores de matéria orgânica no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.

Fonte de variação	GL	Camadas de solo (cm)				
		0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
		----- Valor F -----				
Tratamentos	1	0.0242 ^{ns}	4.6976 ^{ns}	0.9231 ^{ns}	0.1196 ^{ns}	1.7113 ^{ns}
CV (%)		18,97	14,2	7,42	26,52	20,29
ns = não significativo.						

Anexo 5. Resumo da análise de variância dos teores de fósforo no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.

Fonte de variação	GL	Camadas de solo (cm)				
		0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
		----- Valor F -----				
Tratamentos	1	7.5896 ^{ns}	0.8890 ^{ns}	0.4936 ^{ns}	0.0541 ^{ns}	0.1472 ^{ns}
CV (%)		8,5	166,42	152,7	134,47	200,48
ns = não significativo.						

Anexo 6. Resumo da análise de variância dos teores de pH no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.

Fonte de variação	GL	Camadas de solo (cm)				
		0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
		----- Valor F -----				
Tratamentos	1	0.3871 ^{ns}	0.3906 ^{ns}	1.5484 ^{ns}	0.0233 ^{ns}	0.0192 ^{ns}
CV (%)		7,77	6,42	8,2	5,84	6,2
ns = não significativo.						

Anexo 7. Resumo da análise de variância dos teores de saturação por bases no solo, avaliados em cinco camadas, após a aplicação dos tratamentos de adubação de sistema. Pato Branco 2016.

Fonte de variação	GL	Camadas de solo (cm)				
		0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
----- Valor F -----						
Tratamentos	1	0.3429 ^{ns}	24.4131*	1.4860 ^{ns}	0.1356 ^{ns}	0.0175 ^{ns}
CV (%)		6,06	5,74	21,21	31,75	21,2
* significativo a 1% (p < 0,01); ^{ns} = não significativo.						