

“Disponibilidade de Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Estoque de Carbono em Rotação de Culturas nos Sistemas de Plantio Direto e Convencional no Oeste Paulista”

Autor Acadêmico: *Paulo Claudeir Gomes da Silva*

Orientador: *Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan*

Co-Orientador: *Prof. Dr. Carlos Henrique dos Santos*

Presidente Prudente/SP

2015

RELATÓRIO FINAL

Projeto Agrisus No: **1134/13**

Título da Pesquisa: Disponibilidade de Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Estoque de Carbono em Rotação de Culturas nos Sistemas de Plantio Direto e Convencional no Oeste Paulista.

Interessado (Coordenador do Projeto): Carlos Sérgio Tiritan

Instituição: Unoeste - Universidade do Oeste Paulista, Rodovia Raposo Tavares , KM 572, Presidente Prudente - São Paulo – Brasil, tel. (018) 32292024, e-mail: tiritan@unoeste.br

Local da Pesquisa: Presidente Prudente - São Paulo - Brasil

Valor financiado pela Fundação Agrisus: 14.500,00

Vigência do Projeto: 18.4.13 a 30.12.14

RELATÓRIO FINAL DA PESQUISA:

1. RESUMO

Um sistema de produção bem conduzido, além de melhorar o aproveitamento dos nutrientes, pode reduzir perdas dos mesmos, promovendo benefícios tanto econômicos quanto ambientais. O intuito desta pesquisa é estudar a influência de sistemas de manejo sobre a qualidade física, química e biológica do solo típico da região de Presidente Prudente, SP, bem como seus efeitos tanto no desenvolvimento e produtividade de diferentes culturas agrícolas. Trabalho conduzido na área de produção agrícola do Campus II da Unoeste, em Presidente Prudente-SP, com início de avaliação em setembro de 2012. Será realizada amostragem do solo na profundidade de 0 a 5 cm; 5 a 10 cm; 10 a 20 cm; 20 a 40 cm, e 40 a 60 cm para análise química (Raij et al., 2001) e granulométrica (Embrapa, 2006), para definição de adubação conforme Raij et al. (1997). Com a finalidade de avaliar as características físicas e químicas do solo em diferentes manejo e sucessão de culturas. Sendo que os resultados preliminares obtidos até a presente avaliação uma vantagem onde tem a sucessão de lavouras com gramíneas independentemente do manejo adotado.

2. INTRODUÇÃO

A região do Oeste paulista, mais especificamente, a região de Presidente Prudente apresenta clima caracterizado como tropical chuvoso com diminuição intensa das chuvas no inverno. A temperatura média anual é de 23,6°C, com invernos secos e frios e

verões muito quentes. Temperaturas elevadas e períodos definidos de déficit hídrico prolongado, associados com solos de baixo teor de argila no horizonte A, como é o caso dos argissolos, típicos da região, impõem dificuldades ao desenvolvimento de culturas e a obtenção de elevadas produtividades na região. Neste contexto, observam-se teores insatisfatórios de matéria orgânica e baixa fertilidade nestes solos. Portanto, a busca de conhecimento mais específico para melhorar o manejo de solo e culturas torna-se de suma importância para a região.

Uma das possibilidades para as culturas de safrinha visando a produção de forragem na ILP seria o cultivo de gramíneas tropicais consorciadas com outras espécies, como por exemplo, leguminosas de cobertura, girassol, nabo forrageiro, etc. Nesses casos, a semeadura simultânea ou a sobre-semeadura de duas ou mais espécies, pode potencializar a capacidade produtiva e a qualidade da fitomassa a ser ofertada na alimentação animal, seja no pastejo a campo ou na produção de silagem.

Gramíneas tropicais de cobertura, como o milheto (*Pennisetum glaucum*) e o sorgo (*Sorghum bicolor*), são amplamente utilizadas em regiões de inverno seco no Brasil Central, em sucessão às lavouras de verão, principalmente por apresentarem alta adaptabilidade à deficiência hídrica, elevada produção de fitomassa, para viabilizar a rotação de culturas e produção de palhada no SPD, e possibilitar o pastejo e oferta de forragem na ILP (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003; PEREIRA-FILHO et al., 2005). No caso das leguminosas de verão utilizadas para cobertura do solo, tem-se o guandu (*Cajanus cajan*) que é originário na África, com elevada adaptabilidade ao ambiente tropical, muito capacitado para fixar N atmosférico, e pode ser utilizado para produção de grãos e forragem, além do manejo na rotação de culturas (SILVEIRA et al., 2005).

3. MATERIAIS & MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O trabalho foi realizado na área de produção agrícola do Campus II da Unoeste, em Presidente Prudente-SP, com início de avaliação em setembro de 2012. O solo cultivado foi classificado como Argissolo Vermelho Distroférico. Sendo realizada amostragem do solo na profundidade de 0 a 10 cm; 10 a 20 cm; 20 a 30 cm; 30 a 40 cm, e 40 a 60 cm para análise química (Raij et al., 2001) e granulométrica (Embrapa, 2006), para definição de adubação conforme Raij et al. (1997). A localização geográfica da área experimental é de 22° 07' S, longitude 51° 27' W e a altitude de 430 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com temperatura média anual de 25°C e regime pluvial caracterizado por dois períodos distintos, um chuvoso de outubro a março e outro de

baixo índice pluvial de abril a setembro.

3.2 Manejo da área do experimento e delineamento estatístico

A implantação foi para realizar a comparação de sistemas de manejo de solo plantio direto e convencional e de culturas agrícolas a partir de monocultivos soja e sorgo na safra e da cultura de milho solteiro e consorciado com *Urochoa brizantha* cv. MG-5 na safrinha, e semeado aveia nas áreas de milho solteiro após colheita.

A área experimental foi manejada no SPD por três anos consecutivos, com milho no verão e plantas de cobertura na entressafra (aveia preta e milheto). Na implantação das culturas que foram estudadas, utilizamos uma semeadora motomecanizada, desenvolvida para o SPD.

Sendo utilizado o delineamento experimental em blocos casualizado, em esquema fatorial, com a distribuição dos tratamentos em faixas. O esquema fatorial é caracterizado por dois tipos de manejo de solo (convencional e sistema de plantio direto - SPD e dois sistemas de manejo de culturas agrícolas (gramíneas/leguminosas e sucessão gramíneas/gramíneas), com quatro repetições, onde os tratamentos foram formados pelas culturas de sorgo e soja; milho e milho com capim *Urochoa brizantha* cv. MG-5.

Os tratamentos culturais como controle de plantas daninhas, pragas e doenças, realizamos a partir de monitoramento periódico, e foram executados para que as espécies cultivadas apresentem o máximo de desenvolvimento possível, dentro de critérios técnicos de uso de defensivos agrícolas e manejo cultural.

O milho safrinha cultivar AG 8061, foi plantado no dia 06 de fevereiro de 2013, com 200 kg/ha de 08-28-16, juntamente com a *Urochoa* MG-5.

O manejo de segundo ano teve início com o plantio de sorgo cultivar volumax 17 sementes por metro linear, espaçado com 0,90m e adubação de 4-30-10 com 200 kg/ha. E a soja cultivar potencia com 17 sementes/m/linear, com 0,45m de espaçamento e uma adubação de base com 260/kg/ha do mesmo adubo, sendo ambos semeados no dia 13 de novembro de 2013. O milho safrinha cultivar AG 8061, foi semeado no dia 26 de março de 2014, semeando 5 sementes por metro linear, com 200 kg/ha de 8-28-16, juntamente com a *Urochoa* MG-5 sem adubo.

A adubação de cobertura na cultura do milho foi realizada no dia 18 de abril de 2014, sendo utilizado como fonte de nitrogênio úreia 45% N, em uma quantidade de 50 kg/N/ha. Na aplicação ocorreu uma chuva de 32mm, sendo que após não ocorreu chuva no período de 34 dias, afetando o desenvolvimento das culturas.

Para o plantio da safra 2014/15, na área mecanizável foi utilizado o gradão em

26/09/14, por ter ocorrido chuvas neste período e a niveladora em 24/10/14.

Dia 29 de outubro de 2014 foi semeado sorgo volumax com densidade de 17 sementes por metro linear, espaçado com 0,90m e adubação de 4-30-10 com 200 kg/ha. E a soja cultivar potencia com 17 sementes/m/linear, com 0,45m de espaçamento e uma adubação de base com 260/kg/ha do mesmo adubo.

Nas faixas que não tem consorciação de *Urochoa*, foi utilizado uma aplicação de atrazina na dosagem recomendada, para controle de plantas daninhas.

3.3 Parâmetros para avaliação

As avaliações foram realizadas em duas épocas (Agosto/Setembro e Fevereiro/Março) nos anos agrícolas 2013/2014.

3.3.1 Determinação do N-total e N-inorgânico (NH_4^+ e NO_3^-) em solos

Utilizamos as amostras coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, para a determinação do N-total e N-inorgânico de acordo com Cantarella e Trivelin (2001). Para a análise de N-inorgânico, pelo método de destilação a vapor, as amostras de solo coletadas úmidas e secadas ao ar e, posteriormente, preservadas em geladeira ($T=5^\circ\text{C}$) e analisadas no máximo em 5 dias. Serão coletadas 128 amostras/período de coleta.

3.3.2 Determinação de P-remanescente no solo

O fósforo remanescente (Prem) foi determinado conforme Alvarez e Fonseca (1990). Cinco centímetros cúbicos de terra fina seca ao ar foram colocados em contato por uma hora com uma solução de $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ de CaCl_2 , com 60 mg L^{-1} de P. Após a agitação, separaram-se as fases sólida e líquida e, na solução de equilíbrio, foi determinada a concentração de Prem pelo método do ácido ascórbico e, posteriormente, foi feita a leitura em espectrofotômetro (BRAGA; DEFELIPO, 1974). As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm.

3.3.3 Determinação de K e demais parâmetros básicos do solo

Após a coleta, das amostras nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, foram enviadas para o laboratório de análise de solos da UNOESTE para a determinação

dos parâmetros químicos do solo pH (CaCl_2), Matéria Orgânica (g dm^{-3}), Fósforo disponível (mg dm^{-3}), Potássio ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$), Cálcio ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$), Magnésio ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$), Enxofre ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$), CTC ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$) e Saturação por Bases ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$) de acordo com metodologia de Raij et al. (2001).

3.3.4 Quantificação do Estoque de Carbono do solo

Nas áreas escolhidas, para a obtenção dos valores de densidade aparente do solo (D_s), foram coletadas amostras indeformadas de solo em trincheira com dimensão de 1,0 de largura x 1,0 m de profundidade, aberta no centro de cada unidade experimental. Utilizando-se um cilindro de aço inox (anéis volumétricos) com volume de $0,098 \text{ dm}^3$, coletadas duas amostras indeformadas no centro de cada camada/parcela experimental, totalizando 160 amostras. Ainda no campo, os anéis de aço inox passaram por uma limpeza, onde foi retirado o excesso de solo da sua parte inferior. Posteriormente, as duas extremidades dos anéis foram tampadas com o objetivo de evitar a perda de solo no transporte, bem como a perda da umidade natural. Após as amostras foram levadas para o laboratório de análise química e física de solos da UNOESTE para a determinação da D_s , conforme metodologia descrita em EMBRAPA (1997).

A determinação de carbono orgânico total (COT) nas amostras coletadas das mesmas áreas foi realizada através da coleta de amostras deformadas de solo, nas entrelinhas dos cultivos e nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. Foram coletadas quatro sub amostras (amostras simples) que misturadas formaram duas amostras compostas em cada parcela e profundidade, sendo considerada cada amostra uma repetição. No total, foram coletadas 160 amostras, submetidas ao método de análise de Walkley-Black (1934) descrito em Raij et al. (2001). O teor de matéria orgânica total (MOT) obtido por este método foi convertido em carbono orgânico total (COT) através da aplicação do fator de van Bemmelen (divisão por 1,724), com base no pressuposto de que a matéria orgânica do solo contém 58% de C orgânico.

O estoque de carbono orgânico total no solo (ECOT), nas amostras deformadas, em cada área foi calculado com base em massa equivalente de solo (ELBERT; BETTANY, 1995) de acordo com a seguinte fórmula: $\text{ECOT (Mg ha}^{-1}\text{)} = \{\text{Teor de C} \times \text{E} \times \text{D}\}$, em que C = valor em g kg^{-1} , E = espessura da camada (dm) e D = densidade aparente do solo (kg dm^{-3}) na camada. Posteriormente, seguindo recomendação de SISTI *et al.* (2004), o ECOT dos sistemas de manejo, foram corrigidos para uma mesma massa de solo, tendo as condições de MN como referência de valores.

No mesmo período da amostragem de solo também foram realizadas

amostragens de palhada (matéria seca) das culturas na superfície do solo nas parcelas específicas. Sendo coletadas 04 amostras de material, em cada parcela, usando um quadro de madeira com dimensões de 1,0 m x 1,0 m (área de 1,0 m²). O material coletado foi levado à estufa com circulação forçada de ar à 65 °C, até obtenção de massa constante, pesado e moído. Para a determinação do teor de carbono (C) utilizamos o método de Walkley-Black descrito por Tedesco et al. (1995).

3.3.5 Determinação da Densidade de Partículas e Porosidade total do solo

Para determinação da Densidade de Partículas (Dp), as amostras coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, totalizando 160 amostras/período de coleta. Utilizou-se 20 g de solo deformado e seco (105 °C), o qual foi colocado em balão volumétrico de 50 ml. Com o auxílio de uma bureta completa-se o volume dos balões volumétricos com álcool etílico e anota-se o volume gasto (EMBRAPA 1997). Por meio da equação abaixo, calcula-se a densidade real de partículas: **Equação: $Dp = Ms/(Vb-Valc)$** , onde: *Dp* = Densidade de partículas (g cm⁻³); *Ms* = Massa de solo deformado e seco (g); *Vb* = Volume do balão volumétrico (50 ml); *Valc* = Volume de álcool etílico gasto.

Por meio dos resultados de Densidade do Solo - Ds (calculada através das amostras indeformadas coletadas em anéis cilíndricos de aço inox) e da Densidade de Partículas - Dp foi possível calcular a Porosidade Total (Pt) do solo (EMBRAPA, 1997), utilizando a equação: **Equação: $Pt = 1 - (Ds/Dp)$** , onde: *Pt* = Porosidade total (cm³ cm⁻³); *Ds* = Densidade aparente do solo (g cm⁻³); *Dp* = Densidade de partículas (g cm⁻³).

3.3.6 Produtividade de grãos

A produtividade foi realizada, para quantificação da material vegetal e produtividade por hectare. As coletas realizadas aleatoriamente em locais representativos das parcelas, sendo a parte aérea vegetal cortada manualmente, rente à superfície do solo, pesadas individualmente e posteriormente a produção de grãos. A realização das avaliações de produtividade foram realizadas nas cultura de sorgo e soja na safra, mas para avaliações estatísticas somente a da cultura do milho solteiro e consorciado com *Urochoa brizantha* cv. MG-5 na safrinha.

4. RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO (salientar os resultados que eram esperados na carta consulta)

Em solos arenosos temos uma dificuldade muito grande de mantermos palha

no sistema e com as irregularidades das chuvas e temperatura elevadas, observam-se teores insatisfatórios de matéria orgânica e baixa fertilidade nestes solos. Portanto, a busca de conhecimento mais específico para melhorar o manejo de solo e culturas torna-se de suma importância para a região.

Tabela 1. Quantidade de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e N-total da primeira época de avaliação.

Fatores de Variação	Teste F					
	NH_4	CV %	NO_3	CV%	N-total	CV %
Manejo de solo (a)	8,21 *	267,60	6,10 *	98,51	0,37 ns	267,60
Manejo cultura (b)	3,01 ns	179	0,70 ns	141,07	2,45 ns	178,99
Profundidades (c)	3,01 *	169,81	3,28 *	140,60	3,38 *	169,81
(a)x(b)	1,64 ns		0,41 ns		1,93 ns	
(a)x(c)	3,47 *		0,61 ns		1,64 ns	
(b)x(c)	0,86 ns		0,54 ns		0,96 ns	
(a)x(b)x(c)	1,13 ns		0,46 ns		1,07 ns	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns = não significativo ($p \geq .05$)

Fonte: O autor

Na tabela 01 observamos que as concentrações avaliadas pelo teste F, mostraram que a rotação e consorciação de culturas nos sistemas de semeadura direta e convencional não apresentaram disponibilidade significativa de N total no solo, porém apresentou nível significativo de amônio (NH_4^+) em relação ao nitrato (NO_3^-) e Ntotal nas diferentes profundidades amostradas. Também apresentando a interação significativa entre os dois manejos de solo.

Tabela 02. Média de concentração do amônio (NH_4^+), amônia (NO_3^-) e N total em relação aos sistemas de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC)

Manejo de solo	NH_4^+ (mg Kg ⁻¹)	NO_3^- (mg kg ⁻¹)	N total (mg kg ⁻¹)
SSD	141,99 a	15,13 b	239,13 a
SSC	34,85 b	22,33 a	285,59 a

dms NH_4^+ : 91,53 dms NO_3^- : 7,14 dms N total: 186,50

Fonte: O Autor

Os dois sistemas de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC) avaliados

(Tabela 2) não apresentaram níveis significativos para a interação, porém pode-se observar que entre os dois sistemas há uma diferença mínima significativa (dms), onde no plantio direto o acúmulo de N na forma de NH_4^+ foi maior que no convencional, mas para a forma de NO_3^- o sistema convencional foi superior ao plantio direto e não diferenciando estatisticamente na forma de N total.

Desta forma, um fator importante que merece ser considerado é que, no sistema do plantio direto, a decomposição de resíduos das culturas de cobertura, pode alterar os teores de nutrientes no solo (CARVALHO et al. 2011, NASCENTE et al. 2013), sendo que os teores de N, em sua maioria, é armazenada na parte orgânica do solo, o que faz que ele seja um dos nutrientes mais dinâmicos no SSD, sendo um grande reservatório das formas mais disponíveis para planta os íons amônio e nitrato.

Observa-se na (Tabela 3) que no manejo de cultura denominado de Sorgo/Milho-*Urochloa brizantha*, a concentração de NH_4^+ encontrado no solo apresentou um considerável aumento. Esse aumento pode ser explicado pelo fato do sorgo e da *Urochloa* apresentarem elevada eficiência de recuperação do N aplicado, sendo mais eficiente na recuperação do NH_4^+ , não ocorrendo isso nesta avaliação para a rotação de sorgo/milho/aveia.

Cabezas et al. (2005), observaram que na ausência de *Urochloa brizantha*, a eficiência média dos fertilizantes nitrogenados foi de 51,6 % do N aplicado, sendo inferior, em média 9,1% em relação à quantificada na presença de Urochoa, o que poderia parecer contrario ao esperado. Com o cultivo do milho em consorcio não foi afetado negativamente a assimilação de N fertilizante.

Tabela 3. Média de concentração de NH_4^+ e NO_3^- e N total em relação aos manejos de culturas.

Manejo de cultura	NH_4^+ (mg Kg ⁻¹)	NO_3^- (mg kg ⁻¹)	Ntotal (mg kg ⁻¹)
Sorgo/Milho- <i>Urochloa brizantha</i>	138,68 a	13,85 a	418,41 a
Soja/Milho/Aveia	100,07 ab	21,83 a	225,76 a
Soja/Milho- <i>Urochloa brizantha</i>	80,55 ab	18,69 a	175,48 a
Sorgo/Milho/Aveia	34,37 b	20,53 a	229,78 a

dms NH_4^+ : 101,00 dms NO_3^- : 16,70 dms N total: 272,84

Fonte: O autor

Os sistemas de manejos influenciaram na disponibilidade de NH_4^+ presentes no solo, evidenciando uma possível tendência de aumento desse elemento em áreas de sistema de semeadura direta, com diferença estatística na profundidade de 40-60 cm (Tabela 4). Esses fatores físicos, químicos e biológicos estão intimamente relacionados, porque um pode afetar

o outro. Tais resultados foram comprovados por Carneiro et al. (2007) em pesquisa realizada em solo arenoso mostrando que o manejo e o uso do solo devem ser alterados para que se proporcionem melhorias nos atributos estudados.

Tabela 4. Médias de interação entre os dois manejos de solo aplicados em relação às profundidades amostradas para concentração NH_4^+

Manejo de Solo	Profundidade (cm)				
	0 -5	5 -10	10- 20	20 - 40	40 - 60
SSD	94,21 bA	49,27 bA	142,15 bA	125,16 bA	299,18 aA
SSC	28,28 aB	37,26 aB	56,65 aB	25,82 aB	25,22 aB

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Letras maiúsculas comparam o sistema de semeadura direta (SSD) e sistema de semeadura convencional (SSC), e letras minúsculas comparam as profundidades em cada sistema de manejo aplicado.

Fonte: O autor

Como mencionado anteriormente, a área está sendo cultivada com esses sistemas há apenas um ano e pesquisas já realizadas indicam que o SSD demora em média de cinco a seis anos para se estabilizar (RHEINHEIMER et al. 1998), o que pode ser um fator que explica porque os maiores teores de NH_4 serem encontrados nas camadas inferiores, indo na contra mão da normalidade dos que apontam teores mais elevados de deste elemento nas camadas de 0-5 e 10-20 cm. (RHEINHEIMER et al. 1998). Tais resultados (Tabela 4) apontam que solos, como o Argissolo, com elevado teor de areia, nas camadas superficiais proporcionam condições para que o NH_4 permaneça livre nos espaços porosos, sendo facilmente transportado pela água para as camadas inferiores do perfil.

5. Análises Estatísticas da Segunda Época de Avaliação (1º semestre de 2014)

Na segunda época de avaliação (2014), observou-se (Tabela 11) que não se obteve valores significativos de NH_4^+ , NO_3^- , e N total com relação ao manejo de solo. Entretanto, verifica-se que o manejo de culturas agrícolas influenciou significativamente nos teores de NH_4^+ e NO_3^- . Destaca-se também que houve interação significativa para o NH_4^+ e NO_3^- em relação as profundidades amostradas.

Tabela 5. Teores de NH_4^+ , NO_3^- e N total da segunda época de avaliação

Fatores de Variação	Teste F					
	NH ₄ ⁺	CV%	NO ₃ ⁻	CV%	N TOTAL	CV%
Manejo de solo (a)	0,08 ns	163,54	,26 ns	73,58	2,07 ns	173,76
Manejo de cultura (b)	15,12 **	118,10	5,44 **	53,54	0,08 ns	111,61
Profundidades (c)	0,67 ns	126,77	1,66 ns	61,43	2,89 *	106,08
(a)x(b)	1,50 ns		0,37 ns		1,93 ns	
(a)x(c)	2,88 *		3,84 **		1,40 ns	
(b)x(c)	0,60 ns		1,62 ns		1,17 ns	
(a)x(b)x(c)	1,24 ns		0,72 ns		1,01 ns	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$)

Fonte: O autor

Em relação ao manejo de solo de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC), pode-se observar que não houve uma influencia no teor de NH₄⁺ (Tabela 06), ou seja, os dois manejos foram equivalentes um ao outro.

Tabela 6. Resultados dos Níveis de NH₄⁺, NO₃⁻ e N total no 1º semestre de 2014

Manejo de solo	NH ₄ ⁺ (mg Kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	N total (mg kg ⁻¹)
SSD	240,87 a	22,71 a	472,46 a
SSC	223,67 a	28,33 a	316,78 a
	dms: 149,90	dms: 27,01	dms: 265,26

Fonte: O autor

Como já foi comentado anteriormente, nos primeiros anos o SSD é instável, sendo comum verificar menor disponibilidade de N às plantas quando comparado ao SSC (PHILLIPIS et al. 1980; BLEVINS et al., 1983; FREITAS, 1988; ROSSO, 1989; SÁ, 1992). Há várias razões que explicam este fato como a maior imobilização, menor mineralização, recuperação do estoque de matéria orgânica, dentre outras (AMADO et al., 2002). Com isso justificam-se os teores de NH₄⁺ serem semelhantes, destacando, porém que as tendências apontam que com o passar do tempo o teor de NH₄⁺ no SSD aumentará.

O teor de NH₄⁺ teve média mais elevada com o manejo Soja/Milho-*U. brizantha* do que os demais (Tabela 07). Isso pode ter acontecido porque estas culturas podem ter apresentado maior eficiência de recuperação do N aplicado, sendo mais eficientes na recuperação do NH₄⁺, como argumentado anteriormente, na primeira época de avaliação sobre

o consórcio de milho e *Urochloa brizantha*.

Tabela 07. Média de concentração de NH_4^+ em função dos manejos de culturas

Manejo de cultura	NH_4^+ (mg Kg^{-1})	NO_3^- (mg kg^{-1})	Ntotal (mg kg^{-1})
Sorgo/Milho- <i>Urochloa brizantha</i>	113,00 b	10,19 b	400,07 a
Soja/Milho/Aveia	244,26 b	35,82 a	386,10 a
Soja/Milho- <i>Urochloa brizantha</i>	466,48 a	39,70 a	419,84 a
Sorgo/Milho/Aveia	105,36 b	16,39 ab	372,47 a

dms NH_4^+ : 173,49 dms NO_3^- : 24,79 dms N total: 258,57

Fonte: O autor

Em estudos realizado por Amado et al. (2002) houve a constatação de que a disponibilidade de N foi mais influenciada pela composição da consorciação, do que pelo total de matéria seca produzida pelos sistemas. Neste caso os autores observaram que, quanto maior a proporção de leguminosas nas consorciações, maior a disponibilidade de N para a cultura em sucessão.

Na segunda época de avaliação pode-se observar (Tabela 08) que tanto o sistema de semeadura direta quanto o convencional não teve uma grande mudança na quantidade de amônio no solo, porém o SSD ainda apresentou um pequeno acréscimo de NH_4^+ na camada de 10-20 cm, enquanto no SSC a camada de 40-60 cm foi a que apresentou maior teor de NH_4^+ .

Tabela 08: Médias de interação entre os manejos de solo aplicados em relação às profundidades amostradas para concentração de NH_4^+

Manejo Solo	Profundidade (cm)				
	0 – 5	5 -10	10 – 20	20 – 40	40 – 60
SSD	112,76 aB	203,26 aAB	406,35 aA	289,27 aAB	192,72aAB
SSC	240,73 aA	191,28 aA	123,95 bA	213,30 aA	349,06 aA

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Letras maiúsculas comparam o sistema de semeadura direta (SSD) e sistema de semeadura convencional (SSC), e letras minúsculas comparam as profundidades em cada sistema de manejo aplicado. Fonte: O autor

Em comparação com o NH_4^+ da primeira época de avaliação, o SSD apresentou melhor resultado, ainda podendo observar que na primeira avaliação houve a lixiviação do elemento devido ao pouco tempo da aplicação desse sistema. Agora, na Tabela 08 pode-se notar que já aparece mudança nas características químicas do solo. Essa pequena mudança confirma o que se tem estudado sobre a influência desse sistema em solos arenosos, embora ainda seja arriscado afirmar alguma hipótese devido ao pouco tempo de manejo. Entretanto,

pode-se ter, com o passar do tempo, melhoria na estruturação do solo, mostrando menor movimentação do NH_4^+ . A incorporação gradativa da matéria orgânica ao solo pode ser um motivo importante. Este aumento também poderá ser mais significativo com as futuras avaliações devido às sucessões com as leguminosas que conseguem adicionar ao solo N para as culturas seguintes.

6. Avaliação de P-remanescente (P-rem) e P-disponível (P-disp)

De acordo com as análises estatísticas realizadas (Tabela 09), em relação a primeira época de coleta de dados, os teores de P-remanescente (P-rem) foram significativos considerando a influência do manejo de solo, do manejo de culturas e das profundidades avaliada. Também foi verificado que houve interação significativa entre os manejos de solo e culturas, não havendo significância para as demais interações.

Para a mesma época de aplicação o P-disponível (P-disp) foi significativo somente para profundidade de coleta e houve interação entre manejo de solo e profundidade (Tabela 1); os outros fatores não se mostraram significativos. Na segunda época de coleta (Tabela 1), o P-rem foi significativo apenas para manejo de culturas e profundidades do solo. Para os demais fatores os valores não foram significativos, estatisticamente.

Tabela 09. Valores do teste F para os parâmetros P-remanescente (P-rem) e P-disponível (P-disp) nas amostras coletadas nas 1ª e 2ª épocas de avaliação

Fatores de Variação	Teste F		
	P-rem (1ª época)	P-rem (2ª época)	P-disp (1ª época)
Manejo de solo (a)	31,11 **	0,72 ns	1,08 ns
Manejo de cultura (b)	6,38 **	3,35 *	1,05 ns
Profundidades (c)	35,20 **	21,29 **	11,30 **
(a)x(b)	4,60 *	1,72 ns	2,60 ns
(a)x(c)	0,19 ns	0,37 ns	5,98 **
(b)x(c)	0,82 ns	0,77 ns	0,93 ns
(a)x(b)x(c)	1,85 ns	0,63 ns	1,30 ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$)

O teor de P-remanescente, na primeira época de coleta, no sistema de semeadura convencional (SSC), se mostrou estatisticamente superior ao sistema de semeadura direta (SSD) (Tabela 2). Esta observação também foi verificada na segunda época de avaliação. Em relação aos teores de P-disponível os valores não se mostraram significativos para manejo de solo, na primeira época de avaliação (Tabela 10).

Tabela 10. Média do teor de P-rem e P-disp. nos sistemas de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC)

Manejo de solo	Frações de P extraídas do solo		
	P-rem (1ª época)	P-rem (2ª época)	P-disp (1ª época)
SSD	104,42 b	151,40 b	81,58 a
SSC	156,35 a	200,29 a	39,28 a
CV(%)	14,86	46,61	154,97
Dms	9,75	41,24	47,12

Observação: P-rem.: mg L⁻¹; P-disp.: mg dm⁻³. As letras são utilizadas para comparação dos valores na coluna

Quando analisados os teores de P-rem na primeira época de coleta, observa-se que a sucessão de gramíneas, sorgo/milho-*Urochloa brizantha*, proporcionou valores inferiores deste elemento no solo. A sucessão de culturas soja/milho/aveia apresentou valores intermediários de P-rem, que pode ser definida através do manejo nos anos subsequentes (Tabela 11).

Tabela 11. Média do teor de P-rem e P-disp. nos sistemas de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC) nas 1ª e 2ª épocas de avaliação

Manejo de Culturas	Frações de P extraídas do solo		
	P-rem (1ª época)	P-rem (2ª época)	P-disp (1ª época)
Sorgo/Milho- <i>Urochloa</i>	108,26 b	150,50 a	46,63 a
Soja/Milho/Aveia	133,74 ab	164,86 a	61,67 a
Soja/Milho- <i>Urochloa</i>	120,86 b	193,53 a	52,54 a
Sorgo/Milho/Aveia	158,68 a	194,51 a	80,90 a
CV(%)	41,36	42,78	152,81
Dms	34,11	47,58	58,40

Observação: P-rem.: mg L⁻¹; P-disp.: mg dm⁻³. As letras são utilizadas para comparação dos valores na coluna

Ainda de acordo com os dados da Tabela 11, a sucessão de culturas sorgo/milho/aveia, mostrou-se como um manejo de maior interesse na época inicial. Na segunda época de avaliação, os valores não se diferiram estatisticamente, em relação aos teores de P-rem. Os resultados semelhantes demonstram que o manejo de culturas ainda é recente e o sistema está em estabilização.

Os maiores teores de P-rem foram encontrados nas camadas compreendidas de 0-20 cm de profundidade (Tabela 12), em ambas as épocas de amostragens, evidenciando o fato de que o P, apresentando a característica de baixa mobilidade e alto poder de reação/fixação no solo, permanece presente nas camadas superficiais, uma vez que a adubação é realizada superficialmente. Ainda de acordo com Rheinheimer e Anghinoni (2001), no sistema plantio direto, recuperam-se maiores teores de P na camada superficial, em

comparação com o do cultivo convencional; a aplicação superficial de calcário e de adubos, o não revolvimento do solo e a cobertura constante alteram a dinâmica dos nutrientes, aumentando as cargas negativas e diminuindo a complexação de P, no entanto, não se sabe se este P está na forma orgânica, podendo ser utilizado pelas plantas (ERNANI et al., 1996; 2000; SELLES et al., 1997; RHEINHEIMER et al., 1998).

Tabela 12. Média dos teores de P-rem e P-disp nas profundidades avaliadas nas 1ª e 2ª épocas de avaliação

Profundidade (cm)	Frações de P extraídas do solo		
	P-rem (1ª época)	P-rem (2ª época)	P-disp (1ª época)
0 - 5	175,71 a	205,54 a	75,90 ab
5 - 10	163,10 a	206,70 a	131,14 a
10 - 20	164,74 a	181,77 a	64,46 b
20 - 40	99,72 b	181,29 a	25,15 bc
40 - 60	48,65 c	103,94 b	5,52 c
CV(%)	39,93	29,31	133,31
Dms	36,22	35,86	50,04

Observação: P-rem.: mg L⁻¹; P-disp.: mg dm⁻³. As letras são utilizadas para comparação dos valores na coluna

No entanto, na segunda época os valores, apesar de ser realizada comparação estatística, numericamente, apresentaram tendência de serem superiores aos valores da primeira época (Tabela 12). Esta observação demonstra o fato de ter sido realizado o revolvimento do solo, no preparo convencional, e inverter parte do solo levando o P para as camadas mais profundas do solo. No sistema de plantio direto este fato pode ser atribuído à decomposição da matéria orgânica que lentamente vai deixando os elementos, no caso P, disponíveis às plantas, ou ainda à presença de *Urochloa brizantha* no sistema, esta tem sistema radicular profundo e quando dessecada para a implantação das próximas culturas suas raízes se decompõem e deixam os elementos em forma disponível no solo. Os sistemas de cultivo em que o solo recebe o mínimo de preparo podem apresentar acúmulo de nutrientes disponíveis às culturas nas camadas mais superficiais, especialmente de elementos com movimentação reduzida no perfil como o fósforo (DE MARIA E CASTRO, 1993; MUZILLI, 1983; CENTURION, DEMATTÊ & FERNANDES, 1985).

As médias de interação do P-remanescente na primeira época de coleta (Tabela 13) demonstraram, para o sistema de semeadura direta, que não houve diferença estatística para os manejos de cultura utilizados; já em relação ao sistema de semeadura convencional, houve diferença significativa, de modo que o manejo de culturas, principalmente na presença de milho solteiro e aveia apresentaram os maiores valores do elemento, em relação ao manejo apenas com presença de milho e *Urochloa brizantha*.

Tabela 13. Média do teor de P-rem considerando a interação entre os sistemas de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC) com o manejo de culturas

Manejo de solo	P-rem (mg L ⁻¹) - (1ª época)			
	Sorgo/Milho- <i>Urochloa</i>	Soja/Milho/Aveia	Soja/Milho- <i>Urochloa</i>	Sorgo/Milho/Aveia
	SSD	84,30 bA	86,90 bA	118,18 aA
SSC	132,23 aB	180,59 aA	123,53aB	189,07 aA

As letras maiúsculas são utilizadas para comparação dos valores na linha e as letras minúsculas na coluna. dms coluna: 31,57; dms linha: 48,24

A interação entre os fatores manejo de solo e a profundidade avaliada está apresentada na Tabela 14.

Tabela 14. Média do teor de P-disp considerando a interação entre os sistemas de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC) com as profundidades avaliadas

Manejo de Solo	P-disp (mg dm ⁻³) - (1ª época)				
	Profundidade (cm)				
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60
SSD	104,24 aB	208,69 aA	77,09 aBC	14,98 aC	2,92 aC
SSC	47,55 aA	53,60 bA	51,83 aA	35,32 aA	8,12 aB

As letras maiúsculas são utilizadas para comparação dos valores na linha e as letras minúsculas na coluna. dms coluna= 59,75; dms linha= 79,26

Estatisticamente os resultados das análises de solo coletadas no SSD mostra que, as camadas de 20-40 e de 40-60 cm apresentaram o menor teor de P-disp em comparação com as demais profundidades (Tabela 14). No SSC, as amostras representativas das camadas de 0-40 cm apresentaram teores estatisticamente iguais, enquanto foi diagnosticada diferença estatística na profundidade de 40-60 cm.

Em sistemas agrícolas, há a tendência de diminuição nos teores de P-disp e P-rem em profundidade, diante da menor mobilidade do P proporcionado pelas reações de adsorção e fixação deste elemento. Em solos oxidicos estes efeitos são intensificados. Somados a estes fatores devem ser considerados o teor de matéria orgânica, argila e areia no perfil de solo.

Comparando os sistemas SSD e SSC em cada profundidade de solo amostrada (Tabela 14), verifica-se que houve diferença estatística apenas na camada de 5-10 cm de profundidade. Nesta situação, foi encontrado maior teor de P-rem no SSD.

7. Avaliação do Potássio

As análises submetidas ao teste F demonstraram que as interações entre os manejos de solo e manejo entre as culturas não foram significativas referente ao teor de K no solo, neste período avaliado. Verificou-se significância nas interações entre manejos de solo e profundidades avaliadas, assim como também nos manejos de culturas relacionados à profundidade do solo, testando a hipótese com cerca de 1 a 5% de chance ao erro e 95% ao acerto (Tabela 15).

Tabela 15. Valores do teste F para o parâmetro K das amostras coletadas na 1ª época de avaliação (2013)

Fatores de Variação	Teste F		CV (%)	Dms
Manejo de solo (a)	17,89	*	34,97	0,59
Manejo de cultura (b)	5,87	**	24,80	0,53
Profundidades (c)	6,01	**	21,85	0,51
Blocos	3,64	ns		
(a)x(b)	2,55	ns		
(a)x(c)	8,30	**		
(b)x(c)	4,28	**		
(a)x(b)x(c)	1,75	ns		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$)

Não foram constatadas diferenças significativas de teores de K referentes ao manejo de culturas implantadas e o manejo de solo (Tabela 16). Este comportamento pode ser explicado em decorrência das técnicas utilizadas serem recém-implantadas, onde tudo indica que haverá maior disponibilidade deste elemento nos próximos anos. Com o sistema de semeadura direta manejo a longo prazo, poderá se obter aumento na ciclagem de K devido à mineralização na matéria orgânica no solo, oriundos do acúmulo de resíduos (palhada) no solo, e à maior atividade microbiana (MIELNICZUK, 2005). O acúmulo de K no solo vem com o tempo, em superfície mesmo em sistemas nos quais o solo foi revolvido (MUZILLI, 1983).

Tabela 16. Média do teor de K considerando a interação entre os sistemas de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC) com o manejo de culturas

Manejo Solo	Manejo de Culturas			
	Sorgo/Milho- <i>Urochloa</i>	Soja/Milho- Aveia	Soja/Milho- <i>Urochloa</i>	Sorgo/Milho- Aveia
SSD	3,91	3,72	3,88	3,56

SSC	3,75	2,74	2,82	2,62
CV(%) 34,97				
Dms 0,59				

Com relação ao manejo de solo e profundidade (Tabela 17), observou-se que no sistema de semeadura direta obteve-se menor teor de K em camadas profundas, de 40-60 cm.

Tabela 17. Média do teor de K considerando a interação entre as profundidades amostradas e os manejos de solo, na 1ª época de avaliação (2013)

Manejo de Solo	Profundidade (cm)				
	0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
SSD	4,36 aA	4,12 aA	4,04 aA	3,64 aA	2,67 aB
SSC	3,15 aB	2,79 bA	2,71 bA	3,18 aA	3,06 aA
CV(%) 24,80					
Dms 0,53					

As letras maiúsculas são utilizadas para comparação dos valores na linha e as letras minúsculas na coluna.

CV(%) =24,80; dms =0,53

Provavelmente, baixo teor de matéria orgânica pode ter influenciado na movimentação do K, pois os resíduos de cobertura oriundos da semeadura direta favorecem a mobilização de cátions e sua disponibilização para as culturas posteriores (FRANCHINI et al., 2003). O oposto ocorreu em superfície, ou seja maior teor de K foi verificado nas amostras de 0-5 cm (Tabela 17), não se diferenciando estatisticamente nestas camadas mais superficiais. Hernani et al. (1999) e Almeida et al. (2005) constataram que nas camadas superficiais do solo em SSD ocorre um acúmulo maior no estoque de matéria orgânica e, conseqüentemente, aumento nos teores de nutrientes, resultando em maior estabilidade produtiva quando comparada ao sistema de semeadura convencional.

Observou-se que referente ao sistema de semeadura convencional, nas camadas de 0-5 cm o K apresentou-se em maior quantidade, reduzindo-se nas camadas mais profundas, não se diferenciando estatisticamente. O revolvimento do solo de forma periódica aliada a deposição de fertilizantes potássicos em camadas mais profundas podem ser alternativas viáveis para aumentar os teores de K em profundidade (REHM, 1995). Já a distribuição de K no perfil do solo, parece ser independente do grau de revolvimento do solo assim como também do modo de aplicação do elemento (MODEL; ANGHINONI, 1992).

Quando comparado os teores de K entre os manejos de solo em cada

profundidade (Tabela 3), tem-se que o seu teor não se diferenciou significativamente nas camadas de 0-5 cm, o que pode ser explicado pela implantação do sistema ser recente, sendo que nas camadas de 5-10 cm houve diferença e o K se apresentou menor no SSC comparado ao SSD, o que decorre, provavelmente do aumento da CTC do solo oriundos das práticas agrícolas do sistema, como acúmulo de palhada, e restos vegetais.

Admite-se ainda que nas camadas de 10-20 cm (Tabela 17) o elemento apresentou diferenças nos sistemas avaliados estando em menores quantidades no SSC, e nas camadas de 20-40 e 40-60 cm não se obteve diferenças estatisticamente significativas. Nota-se que em todas as camadas comparadas entre os sistemas de manejo do solo, os valores de K no sistema de semeadura direta foram superiores aos do sistema de semeadura convencional, exceto nas camadas mais profundas de 40-60 cm (Tabela 3), os quais são coerentes com os resultados obtidos por MIELNICZUK (2005). Estes autores relatam diferenças no teor de K no solo em decorrência dos sistemas de preparo utilizados, sinalizando significativo aumento na semeadura direta comparada com sistemas com operações de aração e gradagem. Assim, em SSD pode ter ocorrido menor lixiviação decorrente do acúmulo de matéria orgânica que aumenta a CTC, e da remoção do K de camadas subsuperficiais pelas raízes das culturas com liberação nas camadas mais superficiais, assim como pela lavagem das folhas (KLEPKER; ANGHINONI, 1995).

Referente às interações diagnosticadas entre o manejo de culturas e as profundidades avaliadas, tem-se que o manejo entre o milho consorciado com *Urochloa brizantha* seguido de uma sucessão do sorgo, nas camadas de 40-60 cm apresentou menor teor de K, não ocorrendo diferenças significativas nas demais camadas (Tabela 18).

Tabela 18. Média do teor de K considerando a interação entre as profundidades amostradas e manejo de culturas, na 1ª época de avaliação (2013)

Manejo de Culturas	Profundidade (cm)				
	0-5	5-10	10-20	20-40	40-60
Sorg/Mil- <i>Urochloa</i>	4,49 aA	3,98 aA	4,04 aA	3,91 aA	2,71 abB
Soj/Mil-Aveia	4,15 abA	3,61 aAB	3,63 aAB	2,60 bBC	2,15 bC
Soj/Mil- <i>Urochloa</i>	3,10 cA	3,19 aA	3,28 abA	3,65 aA	3,53 aA
Sorg/Mil-Aveia	3,28 bcA	3,04 aA	2,58 bA	3,49 abA	3,06 abA

CV(%) 21,85

Dms 0,51

As letras maiúsculas são utilizadas para comparação dos valores na linha e as letras minúsculas na coluna.

CV(%) = 21,85; dms = 0,51

O baixo teor deste nutriente no solo, a 40-60 cm, pode ter sido ocasionado pela absorção do elemento pela planta para posterior translocação de K para a parte aérea, perda de K na água de escoamento superficial e lixiviação.

No manejo em que foi empregada a sucessão milho/aveia, seguido de uma sucessão da leguminosa soja, observou-se diferenças no teor do elemento entre as camadas de 0-5 cm, se mantendo entre as camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, diferenciando-se das camadas de 20-40 cm. O teor de K foi menor nas camadas mais profundas de 40-60 cm.

Este resultado permite dizer que poderá ocorrer maior disponibilidade de K em superfície ao longo do tempo, quando o SSD for utilizado corretamente, respeitando a rotação/sucessão de culturas e a mínima mobilização do solo. Quando espécies são utilizadas consorciadas algumas vantagens são atribuídas a sua utilização, destacando-se entre elas o maior rendimento de matéria seca e o maior acúmulo de nutrientes, relacionado ao cultivo isolado de cada espécie (VAUGHAN & EVANYOLO 1998; AMADO et al., 2000).

Com a consorciação entre milho e *Urochloa brizantha* e sucessão com soja verificou-se que as camadas superficiais de 0-5 cm obtiveram o teor mais baixo do elemento, se mantendo estável nas demais camadas, que pode ser explicada por uma possível lixiviação do nutriente no solo.

Analisando os diferentes manejos de culturas nas profundidades específicas (Tabela 18), temos que nas camadas superficiais do solo 0-5 cm, o manejo entre milho e *Urochloa brizantha* com sucessão da soja, apresentou o teor mais baixo de K. Nas camadas de 5-10 cm, os diferentes manejos não apresentaram diferenças significativas nos teores do elemento. Foram encontrados também menores teores de K no manejo entre milho e aveia com sucessão de sorgo onde não se diferenciou do manejo com milho e aveia sucedido com soja. Referente às camadas entre 20-40 cm ocorreu variação nos teores do elemento no manejo entre milho e aveia com sucessão de soja, onde o K se apresentou em menor quantidade, sendo que nos demais manejos não houve diferenciação nesta camada.

Já em camadas mais profundas, analisadas entre 40-60 cm no solo (Tabela 18), tem-se que o menor teor de K fora no manejo entre milho e aveia com sucessão de soja, onde não se diferenciou nos demais manejos de culturas realizados. SANTI (2001) destaca que a utilização de aveia como uma importante estratégia de redução de perdas por lixiviação de culturas comerciais, pois a aveia absorve o K residual de culturas anteriores, além do que já se fazia presente no solo superando o aplicado à própria cultura.

8. Avaliação 1 semestre de 2014, referente a densidade aparente do solo (Ds), densidade de partículas (Dp) e porosidade total (Pt).

Conforme observa-se na Tabela 19, houve diferença significativa entre os manejos de solo, a 5% para Ds e 1% para Pt. Também foram observadas diferenças para Ds e Pt na avaliação de profundidade (1%). Nas avaliações sobre densidade de partículas (Dp) não foi detectado diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 19. Valores do teste F para os parâmetros densidade aparente do solo (Ds), densidade de partículas (Dp) e porosidade total (Pt) avaliados

Fatores de Variação	Teste F		
	Ds	Dp	Pt
Manejo de solo (a)	24,95*	1,69 ns	155,24**
Manejo de cultura (b)	1,57 ns	0,21 ns	0,71 ns
Profundidades (c)	5,93**	2,34 ns	17,35**
(a)x(b)	0,87 ns	2,83 ns	2,16 ns
(a)x(c)	2,54*	0,50 ns	1,47 ns
(b)x(c)	1,04 ns	0,53 ns	0,78 ns
(a)x(b)x(c)	0,82 ns	0,86 ns	1,19 ns

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$)

Na avaliação da densidade aparente (Ds) foi encontrado diferença no sistema de manejo de solo, conforme se visualiza na Tabela 20, sendo que no SSD a Ds foi superior, diagnosticando que este solo apresentou um adensamento maior do que no sistema de semeadura convencional (SSD). Este resultado foi diferente ao encontrado por Tormena et al. (2008) onde o alcance da dependência espacial da densidade do solo foi de 7,5 m no plantio direto e 8,5 m no preparo convencional. Conforme Grego; Vieira (2005), encontrou-se maior homogeneidade desta variável neste sistema de manejo, possivelmente devido ao intenso revolvimento do solo, o que pode ter promovido maior desagregação do solo. Provavelmente essa desagregação está associada ao tráfego mais intenso de máquinas e à redução dos teores de carbono orgânico do solo, o que justifica a menor densidade do solo no plantio direto, comparada à do preparo convencional.

Tabela 20. Valores médios de densidade do solo (Ds) em função dos manejos de solo estudados

Manejo de Solo	Ds (g cm ⁻³)
SSD	1,67 a
SSC	1,58 b
CV (%)	6,55

Dms	0,05
-----	------

Os manejos de culturas não se diferenciaram entre si para a avaliação da Ds, conforme consta na Tabela 21, com valores próximos nos diferentes manejos adotados.

Tabela 21. Valores médios de densidade do solo (Ds) em função dos manejos de culturas estudadas.

Manejo de cultura	Ds (g cm ⁻³)
Sorgo/Milho- <i>Urochloa</i>	1,57 a
Soja/Milho/Aveia	1,63 a
Soja/Milho- <i>Urochloa</i>	1,63 a
Sorgo/Milho/Aveia	1,66 a
CV (%)	11,64
Dms	0,12

Já para a avaliação em relação a profundidade obteve-se diferença significativa apenas na camada de 0-5 cm, com uma faixa de transição entre 5-10 cm, sendo que para as demais profundidades não houve diferenciação entre si. Na camada superior pode-se ter encontrado diferença pela quantidade de palhada (matéria orgânica) encontrada sobre a superfície, podendo considerar que esta palhada esteja agregando ao solo, conforme tabela 22 abaixo. Estes resultados podem estar relacionados como cita Stone; Silveira (2001), Cruz et al. (2003) e Falleiro et al. (2003), que no plantio direto, as características estruturais são mais dependentes de fatores biológicos, como o sistema radicular das culturas, da atividade biológica e da decomposição da palha na superfície do solo.

Tabela 22. Valores médios de densidade do solo (Ds) em função das profundidades avaliadas

Profundidade (cm)	Ds (g cm ⁻³)
0 - 5	1,51b
5 - 10	1,61 ab
10 - 20	1,67 a
20 - 40	1,65 a
40 - 60	1,69 a
CV (%)	10,29

Dms	0,12
-----	------

Sobre a densidade aparente (Ds) é importante citar que foi verificada interação entre os fatores profundidade e manejo de solo (Tabela 23).

Tabela 23. Valores médios de densidade do solo (Ds) em função da interação entre as profundidades avaliadas e do manejo de solo

Manejo de Solo	Profundidade (cm)				
	0 -5	5 -10	10- 20	20 – 40	40 - 60
SSD	1,56 aA	1,68 aA	1,71 aA	1,73 aA	1,65 aA
SSC	1,45 aC	1,53 bBC	1,63 aAB	1,58 bABC	1,72 aA

dms para colunas = 0,1103 dms para linhas = 0,1645

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Letras maiúsculas comparam o sistema de semeadura direta (SSD) e sistema de semeadura convencional (SSC), e letras minúsculas comparam as profundidades em cada sistema de manejo aplicado.

Para o plantio direto, entre suas diferentes profundidades avaliadas, não houve diferença estatística, diferentemente do sistema convencional que apresentou diferença significativa entre as profundidades, sendo que a profundidade de 0-5 cm mostrou menor valor de Ds comparada às demais. Já a camada de 40-60 cm apresentou o maior valor de Ds, o que pode estar relacionado com o processo de mecanização utilizado nesta faixa de avaliação.

Estes dados são semelhantes aos obtidos por CASTRO (1991). Estes autores verificaram verificam-se diferenças significativas a 20 e a 60 cm de profundidade. A 20 cm de profundidade ocorreu diferenciação pelo teste de Duncan (5%) no SSC pela formação de uma camada compactada denominada pé-de-grade (CAMARGO, 1983). A 60 cm de profundidade o SSD se diferenciou dos demais sistemas de manejo com menor valor de densidade do solo.

No momento em que foi comparada a profundidade em relação ao manejo de solo conseguiu-se obter diferentes resultados (Tabela 23). Na camada superficial de 0-5 cm o SSC proporcionou menor Ds em relação ao manejo de culturas. Na profundidade de 5-10 e 20-40 cm o manejo SSC a Ds foi inferior ao SSD, tanto no manejo de solo como no manejo culturas.

Estes resultados são diferentes dos encontrados por Grego; Vieira (2005), onde o sistema de preparo convencional apresentou maior homogeneidade sobre sua estrutura do solo comparado ao plantio direto, possivelmente devido ao intenso revolvimento do solo, o que pode ter promovido maior desagregação do solo, evidenciada pela redução da macroporosidade. Provavelmente essa desagregação está associada ao tráfego mais intenso de máquinas e à redução dos teores de carbono orgânico do solo (9,5 e 13,3 g kg⁻¹, respectivamente, no preparo convencional e plantio direto), o que justifica a menor densidade

do solo no plantio direto, comparada à do preparo convencional.

Para o atributo densidade de partícula (Dp) não foram encontradas diferença significativa entre os parâmetros avaliados. Pode-se observar, conforme as Tabelas de 24 a 26, que os valores estatísticos entre cada método de avaliação estão aproximados. Resultados semelhantes foram encontrados por Viana et.al. (2011), pois os valores de densidade de partículas (Dp) não diferiram entre si, indicando a homogeneidade entre as áreas, bem como a ausência de modificações desse atributo com o manejo ou uso do solo.

Tabela 24. Valores médios de densidade do solo (Ds) em função do manejo de solo estudados

Manejo de solo	Dp (g cm⁻³)
SSD	2,54 a
SSC	2,52 a
CV (%)	3,21
Dms	0,04

Tabela 25. Valores médios de densidade de partículas (Dp) em função do manejo de culturas agrícolas estudados.

Manejo de Cultura	Dp (g cm⁻³)
Sorgo/Milho-Urochoa	2,52 a
Soja/Milho/Aveia	2,52 a
Soja/Milho-Urochoa	2,53 a
Sorgo/Milho/Aveia	2,56 a
CV (%)	8,89
Dms	0,14

Tabela 26. Valores médios de densidade de partículas (Dp) em função das profundidades avaliadas.

Profundidades (cm)	Dp (g cm⁻³)
0 – 5	2,52 a

5 – 10	2,63 a
10 – 20	2,57 a
20 – 40	2,45 a
40 – 60	2,49 a
CV (%)	10,47
Dms	0,18

Na avaliação da porosidade total (Pt) foram encontradas diferenças entre os sistemas de manejo de solo, conforme a Tabela 27.

Tabela 27. Valores médios de porosidade total (Pt) em função do manejo de solo estudado

Manejo de solo	Pt (cm ³ cm ⁻³)
SSD	0,34 b
SSC	0,37 a
C (%)	4,40
Dms	0,01

O valor da porosidade no SSC foi superior ao SPD, levando em consideração que é o primeiro ano de aplicação do manejo nas áreas. A diferença não foi muito elevada, não se pode apontar de forma contundente que um manejo foi melhor que o outro, pois podem ter existido alguns fatores no momento da coleta e na amostragem que podem ter interferido no resultado.

Comparando o manejo de culturas não houve diferença da porosidade total (Pt) entre os manejos de cultura (Tabela 28).

Tabela 28. Valores médios de porosidade total (Pt) em função do manejo de culturas estudados

Manejo de Cultura	Pt (cm ³ cm ⁻³)
Sorgo/Milho- <i>Urochloa</i>	0,37 a
Soja/Milho/Aveia	0,35 a
Soja/Milho- <i>Urochloa</i>	0,35 a
Sorgo/Milho/Aveia	0,36 a

CV (%)	16,51
Dms	0,04

Para o atributo profundidades no perfil de solo, obteve diferença estatística nas profundidades acima de 10 cm. As avaliações realizadas de 0-5 e de 5-10 cm são equivalentes, diferenciando-se das demais profundidades, conforme mostra a Tabela 29. Constatou-se maior porosidade total nos solos nas profundidades inferiores a 10 cm.

Tabela 29. Valores médios de porosidade total (Pt) em função das profundidades avaliadas

Profundidades (cm)	Pt (cm ³ cm ⁻³)
0 - 5	0,40 a
5 - 10	0,39 a
10 - 20	0,34 b
20 - 40	0,31 b
40 - 60	0,33 b
CV (%)	14,43
Dms	0,04

De acordo com Bertol et al. (2000) a porosidade total variou apenas na profundidade 2,5-5,0cm entre os sistemas de manejo estudados. A relação macroporos/porosidade total mostra que a semeadura direta afetou a porosidade de aeração do solo nas camadas 0-2,5 e 2,5-5,0 cm de profundidade, uma vez que os valores foram, em média, 30% menores do que os 33% adequados sugeridos por KIEHL (1979). Isso pode ser consequência, provavelmente, do adensamento do solo ocasionado pelo tráfego de máquinas efetuado ao longo do tempo, sem revolvimento do solo. Ainda segundo Bertol et al. (2000), no preparo convencional, por outro lado, a porosidade de aeração foi afetada nas camadas 5,0-10,0 e 10,0-15,0 cm, com valores da relação macroporos/porosidade total cerca de 55% menores do que o adequado, devido, provavelmente, à pressão mecânica exercida pelos equipamentos de preparo do solo nessa profundidade.

9. Dados de produção do milho safrinha 2013.

Tabela 30. Diâmetro do colmo (DC), Comprimento da espiga (CE), Diâmetro da espiga (DE), Produtividade (kg ha⁻¹), e Peso do Sabugo (PS).

Tratamento		DC	CE	DE	PRODUTIVIDADE	PS
PD	MS	16,00 B a	13,30 B a	47,56 A a	6167,90 A a	219,15 A a
PC	MS	19,82 A a	16,92 A a	45,84 A a	4442,69 A a	166,97 A a

PD	M+B	13,43 A a	11,23 A a	41,57 A a	3064,91 A b	131,71 A a
PC	M+B	14,14 A b	12,61 A a	39,92 A b	3417,95 A a	132,81 A a
PD	S/MS	14,48 B a	12,98 A a	43,06 A a	4908,62 A ab	174,51 A a
PC	S/MS	17,88 A a	14,37 A a	44,09 A ab	5059,20 A a	199,86 A a
PD	S/M+B	14,08 A a	12,30 A a	45,57 A a	4772,87 A ab	165,69 A a
PC	S/M+B	14,63 A b	14,59 A a	44,51 A ab	4121,17 A a	160,38 A a

Medias seguida da mesma letra, maiúsculas iguais, não diferem estatisticamente o sistema de produção pelo teste Tukey;⁽²⁾ Medias seguida da mesma letra, minúsculas iguais não diferem estatisticamente o consorcio pelo teste Tukey.

Para o comprimento da espiga entre a comparação dos sistemas, o SPC superou o SPD, já para a consorciação os dados relatam que não houve diferença entre si.

Em relação ao diâmetro da espiga não houve diferença na comparação entre as avaliações dos sistemas e sim se diferiram na consorciação sendo que o SPD superou o SPC.

Para a produtividade os dados relatam que não houve diferença na produtividade para os sistemas e sim para a consorciação, sendo que na consorciação com o SPC superou o SPD. Dados semelhantes a de BORGHI & CRUSCIOL (2007) afirmaram que a consorciação de milho com *Urochloa* promoveu, em média, menores produtividades de grãos de milho, que houve interferência das forrageiras em função das modalidades de consórcio.

E a última avaliação que foi o peso do sabugo, e os dados relatam que tanto para a comparação dos sistemas quanto para a comparação da consorciação não se diferenciaram entre si.

10. Dados da Soja Safra 13/14

Na avaliação dos itens de produção nos sistemas adotados dentro do plantio direto e convencional, diferiram estatisticamente apenas no item peso de 100 grãos da cultura da soja, no manejo de solo plantio direto e plantio convencional com milho solteiro e com *Urochloa*. Resultados semelhantes a de SECCO et al. (2005), também não encontraram diferença significativa entre a produtividade da soja para diferentes formas de manejo do solo. No quesito consórcios diferiram estatisticamente dentro de cada sistema realizado plantio direto e convencional, e quando comparado entre os sistemas de manejo de solo, nas áreas onde a cultura antecessora milho consorciado com *Urochloa* superou o milho solteiro em ambos os manejos de solo e com uma produção superior no plantio convencional na produtividade por hectare da soja, conforme Tabela 30 e 31 abaixo. Resultados que divergem de BORTOLUZZI & ELTZ, 2000, que a cobertura vegetal inerente ao sistema de cultivo direto pode ter promovido menor perda de água e menores variações de temperatura do solo,

favorecendo o estabelecimento da cultura, o que pode ser justificado pela área de experimento ter apenas 2 anos com este manejo.

Tabela 31. Número de plantas (N° P), Número de vagens (N° V), Vagens por planta (V/P), Número de grão por vagens (N° G/V), Produtividade (Prod.) e Peso de 100 grãos (P100) em gramas.

Tratamento		Nº P	Nº V	V/P	N G/V	PROD.	P 100
PD	MS	44,12Aa	1575,12 Aa	36,34 Aa	2,00 Aa	283,14 Ab	588,34 Aa
	M+B	40,75Aa	1532,25 Aa	38,00 Aa	2,10 Aa	375,75 Aa	791,00 Aa
	MS	43,50Aa	1442,75 Aa	35,00 Aa	2,32 Aa	219,50 Ab	509,50 Ba
PC	M+B	33,50Aa	1243,00 Aa	40,00 Aa	2,00 Aa	451,00 Aa	805,00 Ba

Legenda: PD – Plantio direto; PC – Plantio convencional; MS –Milho Solteiro; M+B – Milho Urochoa

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra, maiuscula iguais, não diferem estatisticamente o sistema de produção pelo teste de Tukey, ⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra, minuscula iguais, não diferem estatisticamente o consorcio pelo teste de Tukey * e ** significa a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 32. Produtividade média por há de soja no Sistema de Plantio Direto e Convencional, Consorciado e Solteiro na safra 2013/14.

	Tratamento	Kg/ha
PD	MS	1572
	M+B	2087,4
PC	MS	1216,2
	M+B	2505

Legenda: PD – Plantio direto; PC – Plantio convencional; MS –Milho Solteiro; M+B – Milho Urochoa

11. CONCLUSÕES (salientar os objetivos iniciais e mostrar se alcançados)

O teor de NH₄ aumentou no sistema de semeadura direta nas profundidades de 40 - 60 cm com a consorciação sorgo/milho-*Urochloa brizantha* na primeira época de avaliação. Na segunda época os manejos foram equivalentes, destacando que houve maior teor de NH₄ na profundidade de 10-20 cm no sistema de semeadura direta na consorciação Soja/Milho/Aveia.

O teor de potássio no solo foi maior no manejo de semeadura direta quando comparado ao manejo de semeadura convencional.

O P-remanescente (P-rem) aumentou nas camadas superficiais do solo (0-20 cm), em ambos os sistemas de manejo. No entanto, estes valores foram mais significativos no Sistema de Semeadura Convencional. E o teor de P-disponível foi maior somente nas camadas que vão de 0-10 cm de profundidade.

A Ds foi inferior no sistema de semeadura convencional na camada de 0-5 cm e a Pt foi superior também no sistema de semeadura convencional nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Não foram significativas os valores de Densidade de Partículas (Dp) em qualquer

manejo realizado.

Houve um benefício da consórcio milho/*Urochloa brachiaria* no sistema de plantio convencional e um incremento de produtividade na área com rotação de soja no plantio direto.

Dessa forma, os resultados obtidos neste trabalho apontam que nos Sistemas de Plantio, tanto Direto quanto Convencional, a consorciação de milho e *Urochloa brizantha* gerou melhores resultados na produtividade da soja em relação ao milho solteiro. Nesta avaliação, o maior índice de produtividade ocorreu no Sistema Convencional.

11.1. DESCRIÇÃO DAS DIFICULDADES E MEDIDAS CORRETIVAS.

Como observado anteriormente, foi alterada as profundidades de avaliações do solo, ficando da seguinte maneira 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, medida adotada para ser possível observar melhor o incremento do manejo nos primeiros anos de avaliação. A alteração proporcionou a adição de uma camada (0-5 cm) no perfil de avaliação do solo, não prejudicando o desenvolvimento da pesquisa.

Algumas dificuldades surgiram na avaliação do N-total, em virtude de secamento rápido do extrato ácido de algumas amostras de solos coletadas na área. Assim, as análises das amostras que apresentaram este problema na digestão ácida foram repetidas. Algumas observações foram realizadas e acredita-se que tais dificuldades tenham sido sanadas para o próximo ciclo de avaliação. Mas já foram sanadas as dificuldades e as amostras estão sendo processadas.

Destaca-se que a semeadura do sorgo e da soja da 2013/14 foi realizada em 14 de novembro de 2013, com germinação e emergência satisfatórias.

Com o plantio das culturas anteriores, o milho safrinha cultivar AG 8061, foi plantado no dia 26 de março de 2014, semeando 5 sementes por metro linear, com 200 kg/ha de 8-28-16, juntamente com a *Urochoa* MG-5 sem adubo. Prejudicando o sua produção, o material foi avaliado faltando apenas a tabulação dos dados, onde o aluno de graduação responsável vai defender sua monografia neste 1º semestre de 2015.

12. RELATÓRIO PRÁTICO: Só para relatórios FINAIS(contendo os principais resultados escrito em linguagem de extensão, de fácil compreensão por lavradores, de no máximo 1 página)

Observamos que as culturas nos manejos solo plantio direto e convencional e nas sucessões de culturas realizadas nestes sistemas, começaram a diferir. Nas 02 safras de sorgo e soja realizadas, sendo que esta segunda ainda será avaliada, mas com uma observação nota a

fase de transição da melhora das áreas de plantio direto onde tem o plantio somente de gramíneas/gramíneas leguminosa, sendo nítido a superioridade da área onde soja e a do plantio direto referente ao convencional.

Este fator pode esta relacionado com a maior concentração de amônio no sistema de plantio direto, provavelmente pelo aporte de material que fica em cima do solo, o que no plantio convencional é acelerado pelo revolvimento do solo e assim decompondo mais rápido a palha incorporada

Para as avaliações de solo analisando a Densidade aparente (Ds) e para a Porosidade total (Pt) em relação aos diferentes manejos do solo plantio direto e convencional, que é principalmente a respiração do solo e e pensando em retenção de agua no solo, assim sendo nestes 02 anos de avaliação não houve diferença entre as culturas realizadas.

Um fator observado é o controle de plantas daninhas nas áreas onde ocorre o plantio direto e principalmente onde entra a cultura da soja, no modelo convencional na área da soja consegue também fazer um bom manejo, mas onde entra as gramíneas fica mais difícil de controlar e caro, principalmente se tiver tiririca na área, o que no plantio direto ela e o carrapicho praticamente somem.

13. COMPENSAÇÕES OFERECIDAS À FUNDAÇÃO AGRISUS: Só para relatórios FINAIS (descrever de forma sucinta como foram asseguradas as compensações prometidas)

Foram asseguradas as compensações a Fundação Agrisus pela prestação de contas realizadas e os relatórios enviados.

Sendo que o bom desenvolvimento das atividades de campo e laboratórios para as avaliações ao qual o experimento foi submetido e preservação do mesmo, como a tela para proteção de lebres e capivara, só foi possível através dessa parceria.

Assumimos também o compromisso, que ao término da defesa do Doutorado e publicação do artigo, todos os resultados obtidos nesta pesquisa será enviada a Fundação Agrisus.

14. DEMOSTRAÇÃO FINANCEIRA DOS RECURSOS DA FUNDAÇÃO AGRISUS: Só para relatórios Finais(mencionar outras fontes de financiamento de forma comparativa).

QUADRO RESUMIDO: PRESTAÇÃO DE CONTAS - PROJETO No. 1134/13

Período de Outorga: 12/06/2013 a 30/12/2014

MATERIAL	LIBERADO (R\$)	GASTO (R\$)	SALDO (R\$)
Insumos Agrícolas	3.700,00	3.700,00	0,00
Ferramentas: Campo e Lab.	2.800,00	2.785,00	15,00
Reagentes p/ Análises Lab.	3.800,00	3.780,30	19,70
Vidraria p/ Laboratórios	1.200,00	1.197,05	2,95
Alambrado (experimento)	3.000,00	3.000,00	0,00
TOTAL	14.500,00	14.462,35	37,65

Não sendo mencionado nenhuma forma comparativa de apoio financeiro, porque o projeto é desenvolvido dentro a Universidade e tendo como única parceira neste projeto a Fundação Agrisus

PRESTAÇÃO DE CONTAS DO PROJETO DE PESQUISA - PROCESSO AGRISUS Nº 1134/13

DISCRIMINAÇÃO DOS GASTOS REALIZADOS DE ACORDO COM A PROPOSTA DO PROJETO SUBMETID

EMPRESAS/FORNECEDORES	PRODUTOS	CARACTERÍSTICA	Nº NOTA FISCAL
Agropecuária Prudentina Ltda	Insumos Agrícolas	Material de Consumo	27891 (1)
Agropecuária Prudentina Ltda	Insumos Agrícolas	Material de Consumo	24157 (2)
M.A. Dornelas Alambrados - EPP	Alambrado p/ Área Exp.	Material de Consumo	2551 (3)
Merse - Art. p/ Lab. Ltda	Reagentes p/ Laboratório	Material de Consumo	64730 (4)
Merse - Art. p/ Lab. Ltda	Reagentes p/ Laboratório	Material de Consumo	62374 (5)
SPLabor - Com. de Prod. p/ Lab. Ltda	Reagentes p/ Laboratório	Material de Consumo	44322 (6)
SPLabor - Com. de Prod. p/ Lab. Ltda	Reagentes p/ Laboratório	Material de Consumo	63389 (7)
SPLabor - Com. de Prod. p/ Lab. Ltda	Reagentes p/ Laboratório	Material de Consumo	64033 (8)
SPLabor - Com. de Prod. p/ Lab. Ltda	Material p/ Laboratório	Material de Consumo	53250 (9)
SPLabor - Com. de Prod. p/ Lab. Ltda	Vidraria p/ Laboratório	Material de Consumo	63869 (10)
Amitel - Vidros p/ Lab. Ltda	Vidraria p/ Laboratório	Material de Consumo	7422 (11)
SondaTerra - Equip. Agrônômicos Ltda Me	Ferramentas de Campo	Material de Consumo	3660 (12)
SoloTest - Aparelhos p/ Mec. do Solo Ltda	Ferramentas Campo/Lab.	Material de Consumo	37964 (13)
SoloTest - Aparelhos p/ Mec. do Solo Ltda	Ferramentas de Lab.	Material de Consumo	44842 (14)
SondaTerra - Equip. Agrônômicos Ltda Me	Ferramentas de Campo	Material de Consumo	5508 (15)
Perkin Elmer do Brasil Ltda	Material p/ Laboratório	Material de Consumo	24348 (16)
TOTAL (A)			
VALOR OUTORGADO (B)			
SALDO (B-A)			

DATA E NOME DO COORDENADOR

03 de fevereiro de 2015

Dr. Carlos Sergio Tiritan