



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE  
MILHO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS TROPICAIS NO SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

**ISABELA MALAQUIAS DALTO DE SOUZA**

**Araras**

**2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE  
DEMILHO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS TROPICAIS NO SISTEMA  
DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

**ISABELA MALAQUIAS DALTO DE SOUZA**

**ORIENTADOR: PROF<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ANASTÁCIA FONTANETTI  
CO-ORIENTADOR: Dr. WANDER LUIS BARBOSA BORGES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras  
2018

Malaquias Dalto de Souza, Isabela

Atributos físicos e químicos do solo e produtividade de milho em consórcio com gramíneas tropicais no sistema de integração lavoura- pecuária

/ Isabela Malaquias Dalto de Souza. -- 2018.

36 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador: Anastácia Fontanetti

Banca examinadora: Wander Luis Barbosa Borges, Fabrício Rossi, Gustavo Pavan Mateus

Bibliografia

1. Sistemas de produção agroecológicos. 2. Sistema de integração lavoura- pecuária. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Helena Sachi do Amaral – CRB/8 7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Isabela Malaquias Dalto de Souza, realizada em 26/02/2018:

---

Prof. Dr. Wander Luis Barbosa Borges  
IAC

---

Prof. Dr. Fabrício Rossi  
UFSCar

---

Prof. Dr. Gustavo Pavan Mateus  
APTA

## **AGRADECIMENTOS**

À minha vó Vanda (*in memorian*) por sempre me guiar em minha jornada e transmitir paz nos momentos mais difíceis.

À minha tia Fernanda pelo apoio, confiança, carinho e incentivo.

A Mera e ao Note pela amizade e carinho ao me receber como parte da família em sua casa.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Anastácia Fontanetti e ao PqC. Dr. Wander Luis Barbosa Borges pela orientação.

Aos pesquisadores e funcionários do Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, do Instituto Agrônomo - IAC, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, que contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do programa de pós-graduação em agroecologia e desenvolvimento rural do CCA/UFSCar.

Ao Prof. Dr. Márcio Roberto Soares do departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental e ao Laboratório de Análise Química de Solos e Planta do CCA/UFSCar.

Aos colegas do programa de pós-graduação em agroecologia e desenvolvimento rural do CCA/UFSCar.

À Fundação Agrisus – Agricultura Sustentável, pelo apoio financeiro ao projeto que originou esta dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos durante todo período do mestrado.

## SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ii
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	6
2.1 Avaliações na cultura do milho .....	10
2.2 Produtividade de biomassa seca de gramíneas forrageiras .....	10
2.3 Análise física do solo .....	10
2.4 Análise química do solo .....	11
2.5 Análise estatística .....	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
4 CONCLUSÕES .....	26
5 LITERATURA CITADA .....	27

## ÍNDICE DE TABELAS

	Pag.
<b>Tabela 1.</b> Caracterização física e química do solo nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m, 2014 .....	8
<b>Tabela 2.</b> Características agronômicas e componentes de produção do híbrido de milho PIONEER 30F35 e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária, Votuporanga, SP, safra 2014/15 .....	13
<b>Tabela 3.</b> Porosidade total, densidade do solo e distribuição de agregados estáveis em água >2mm, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras, Votuporanga, SP, 2015 .....	15
<b>Tabela 4.</b> Atributos químicos do solo nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras, Votuporanga, SP, 2015 .....	16
<b>Tabela 5.</b> Características agronômicas e componentes de produção do híbrido de milho PIONEER 30F35 e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária, Votuporanga, SP, safra 2015/16 .....	18
<b>Tabela 6.</b> Características agronômicas e componentes de produção do híbrido de milho PIONEER 30F35 e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária, Votuporanga, SP, safra 2016/17 .....	20
<b>Tabela 7.</b> Porosidade total, densidade do solo e distribuição de agregados estáveis em água >2mm, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras, Votuporanga, SP, 2017 .....	21
<b>Tabela 8.</b> Atributos químicos do solo nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras, Votuporanga, SP, 2017 .....	24

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Pag.
<b>Figura 1.</b> Temperatura média mensal e balanço hídrico em Votuporanga (SP) durante os meses de outubro de 2014 a junho de 2017 .....	7



# **ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE MILHO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS TROPICAIS NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

**Autor: ISABELA MALAQUIAS DALTO DE SOUZA**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ANASTÁCIA FONTANETTI**

**Co-orientador: Dr. WANDER LUIS BARBOSA BORGES**

## **RESUMO**

O sistema de integração lavoura-pecuária em sistema de semeadura direta aumenta os resíduos vegetais sobre o solo e contribui para a melhoria dos atributos físicos e químicos do mesmo, minimizando os efeitos da compactação, ocasionados pelo pastejo. Contudo, as gramíneas forrageiras que compõem o sistema produtivo, juntamente com o milho, podem definir o sucesso do mesmo, pois apresentam distintos comportamentos em consórcio, podendo impactar de forma diferenciada a produtividade do milho e os atributos físicos e químicos do solo. Objetivou-se com esse trabalho avaliar as inter-relações entre o milho e gramíneas forrageiras no sistema de integração lavoura-pecuária, durante três safras consecutivas e, seus efeitos sobre os atributos físicos e químicos do solo. Os experimentos foram conduzidos no município de Votuporanga, SP, nas safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17, em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram: T1 – milho em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Marandu; T2 – milho em consórcio com *U. ruziziensis*; T3 – milho em consórcio com a *U.* híbrida DOW HD794; T4 – milho em consórcio com *Megathyrsus maximus* cv. Aruana; T5 – milho solteiro. As cultivares de milho utilizados foram: PIONEER 30F35 (safra 2014/15), DOW 2B710 (safra 2015/16) e DOW 2B587 (safra 2016/17). As características produtivas dos consórcios milho/gramíneas forrageiras avaliadas foram: milho - estande final de plantas, altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas, massa de 100 grãos, produtividade de

grãos; gramíneas forrageiras - produção de biomassa seca. Os atributos físicos do solo avaliados foram: porosidade total, densidade do solo, estabilidade de agregados e diâmetro médio ponderado (DMP). Os atributos químicos do solo avaliados foram: pH, bases trocáveis, alumínio e hidrogênio extraíveis, fósforo assimilável e saturação por bases. O híbrido de milho PIONEER 30F35 não sofreu influência do consórcio com as gramíneas forrageiras. A cultivar de milho DOW 2B710 apresenta menor vantagem competitiva em consórcio com as gramíneas forrageiras *U. brizantha* cv. Marandu e *U.* híbrida em condições de déficit hídrico e, a gramínea forrageira *M. maximus* cv. Aruana produziu maior quantidade de biomassa seca em consórcio com o milho DOW 2B587 e reduziu a produtividade de grãos do cereal. Na primeira avaliação, realizada em outubro de 2015, houve diferença entre os tratamentos em relação à porosidade total (camada de 0-0,05 m) e à estabilidade de agregados (camada de 0-0,20 m) e, em relação à densidade do solo e ao DMP, os tratamentos não diferiram entre si em nenhuma das camadas de solo avaliadas. Na segunda análise, realizada em abril de 2017, os tratamentos diferiram entre si em relação à estabilidade de agregados, nas três camadas avaliadas e, em relação ao DMP (camada de 0,05-0,20 m). As gramíneas forrageiras não interferiram na densidade do solo, porosidade total, porcentagem de agregados >2mm e DMP. Os tratamentos de milho em consórcio com gramíneas forrageiras proporcionaram os menores teores de potássio e os maiores de alumínio no solo durante o período do experimento.

**Palavras-chave:** agregados, biomassa seca, fertilidade, *Megathyrsus maximus*, porosidade total, *Urochloa brizantha*, *Urochloa ruziziensis*

# PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND CORN PRODUCTIVITY IN CONSORTRY WITH TROPICAL GRAMINEES IN THE WASTE-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM

**Author: ISABELA MALAQUIAS DALTO DE SOUZA**

**Adviser: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ANASTÁCIA FONTANETTI**

**Co-adviser: Dr. WANDER LUIS BARBOSA BORGES**

## ABSTRACT

The crop-livestock integration system under direct seeding system increases the vegetal residues on the soil and contributes to the improvement of the physical and chemical attributes of the same, minimizing the compaction effects caused by grazing. However, forage grasses that make up the production system, along with maize, can define the success of the same, since they have different behaviors in a consortium, being able to impact in a different way the corn productivity and the physical and chemical attributes of the soil. The objective of this work was to evaluate the interrelationships between maize and forage grasses in the crop-livestock integration system during three consecutive harvests and their effects on soil physical and chemical attributes. The experiments were conducted in the municipality of Votuporanga, SP, in the 2014/15, 2015/16 and 2016/17 crops, in a randomized complete block design with four replications. The treatments were: T1 - maize in a consortium with *Urochloa brizantha* cv. Marandu; T2 - maize in consortium with *U. ruziziensis*; T3 - maize in consortium with *U.* hybrid DOW HD794; T4 - maize in consortium with *Megathyrsus maximus* cv. Aruana; T5 - single corn. The maize cultivars used were: PIONEER 30F35 (vintage 2014/15), DOW 2B710 (vintage 2015/16) and DOW 2B587 (vintage 2016/17). The productive characteristics of corn / forage grasses consortia evaluated were: maize - final plant stand, first ear insertion height, plant height, 100 grain mass, grain yield; forage grasses - production of dry biomass. The soil physical attributes evaluated were: total

porosity, soil density, aggregate stability and weighted mean diameter (WMD). The chemical attributes of the soil evaluated were: pH, exchangeable bases, extractable aluminum and hydrogen, assimilable phosphorus and base saturation. The PIONEER 30F35 corn hybrid was not influenced by the consortium with forage grasses. The maize cultivar DOW 2B710 presents a smaller competitive advantage in consortium with the forage grasses *U. brizantha* cv. Marandu and *U.* hybrid under conditions of water deficit, and forage grass *M. maximus* cv. Aruana produced a larger amount of dry biomass in a consortium with DOW 2B587 maize and reduced grain yield of the cereal. In the first evaluation, carried out in October 2015, there was a difference between the treatments in relation to the total porosity (0-0.05 m layer) and the stability of aggregates (0-0.20 m layer) and, in relation to soil density and WMD, the treatments did not differ in any of the evaluated soil layers. In the second analysis, carried out in April 2017, the treatments differed in relation to the stability of aggregates in the three layers evaluated and in relation to the WMD (0.05-0.20 m layer). Forage grasses did not interfere in soil density, total porosity, percentage of aggregates > 2 mm and DMP. Corn treatments in consortium with forage grass provided the lowest levels of potassium and the highest values of aluminum in the soil during the experiment period.

**Key words:** aggregates, dry biomass, fertility, *Megathyrsus maximus*, total porosity, *Urochloa brizantha*, *Urochloa ruziziensis*

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas integrados de produção agropecuária geram vários benefícios ao solo, plantas e animais, por explorar o sinergismo entre seus componentes (BONINI et al., 2016).

A integração lavoura pecuária (ILP) pode ser definida como a diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades da agricultura e da pecuária dentro da propriedade rural de forma harmônica com benefícios para ambas as atividades (SALTON et al., 2001). Dessa forma o produtor pode, com a receita produzida pelas culturas anuais, amortizar, pelo menos em parte, os gastos com a recuperação da capacidade produtiva do pasto (BORGHI, 2007).

A ILP em sistema de semeadura direta (SSD) aumenta o acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo e a decomposição desses resíduos eleva a quantidade de nutrientes e estimula a atividade biológica, que resulta em alterações na fertilidade do solo (COSTA et al., 2015). De acordo com os mesmos autores, esse sistema, também favorece a formação de macroporos, aumenta a porosidade total, reduz a compactação e contribui para formação de macroagregados em decorrência da densa formação de raízes das gramíneas.

A adoção da ILP contribui para viabilizar o SSD, principalmente em áreas com elevada precipitação e temperatura, onde há dificuldade para

produção e manutenção da palha, nesse caso, a biomassa produzida pela pastagem tropical propicia cobertura do solo. Além disso, as gramíneas forrageiras utilizadas para a formação da pastagem melhoram a estrutura do solo devido ao sistema radicular abundante e aos resíduos de biomassa deixados na superfície e em sub superfície do solo (LOSS et al., 2011; SILVA et al., 2011).

A cultura do milho destaca-se na ILP devido às inúmeras aplicações que esse cereal possui dentro da propriedade agrícola e, por apresentar características favoráveis para o cultivo consorciado com as gramíneas forrageiras, como a elevada altura das plantas e de inserção das espigas e a maior taxa de acúmulo de biomassa seca nos estádios iniciais do desenvolvimento, permitindo que a colheita ocorra sem interferência das plantas em consórcio (ALVARENGA et al., 2006; BUSATO e BUSATO, 2011).

Diversos fatores podem definir o sucesso do consórcio milho/gramínea forrageira na ILP, dentre esses, destacam-se as espécies e cultivares que compõem o sistema. Os híbridos precoces de milho, em geral apresentam vantagem competitiva no consórcio com as gramíneas (IKEDA et al., 2013; FREITAS et al., 2013). Já as gramíneas forrageiras apresentam diferenças quanto à adaptação ao sombreamento, ao estresse hídrico, velocidade de estabelecimento, produção de biomassa e relação biomassa parte aérea/raiz e, essas características, interferem no manejo que deverá ser adotado no consórcio (PARIZ, 2009).

Em sistemas consorciados com o milho, as plantas forrageiras diminuem a produção de folhas, colmos e bainhas, mas apresentam satisfatório potencial de rebrota e priorizam a produção de folhas após a colheita de grãos (BORGHI et al., 2007).

Alvarenga et al. (2006) verificaram, em diversos ensaios realizados com o consórcio milho/gramínea forrageira, que houve redução de 5% na produtividade de grãos de milho, contudo, também verificaram vários casos de diferenças não-significativas entre o milho solteiro e o consorciado.

De acordo com Barducci et al. (2009), a *U. brizantha* e espécies do gênero *Megathyrsus*, por terem sistema radicular vigoroso e profundo,

apresentam elevada tolerância à deficiência hídrica e boa absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo e, considera-se que a espécie *M. maximus* é mais tolerante ao sombreamento que as do gênero *Urochloa* (MARTUSCELLO et al., 2009). A *U. ruziziensis*, apesar de apresentar menor produtividade de biomassa seca, em relação à *U. brizantha*, na ILP destaca-se pela rápida cobertura do solo, boa composição bromatológica, palatabilidade, boa reciclagem de nutrientes, facilidades na sua dessecação e produção uniforme de sementes (TRECENZI, 2005, PIRES, 2006, CECCON, 2007).

Na ILP, uma das preocupações é a degradação do solo, ocasionada pelo pisoteio animal, que tem como consequência a compactação do solo (GIAROLA et al., 2007). A compactação reduz a aeração e a infiltração de água, aumenta a resistência do solo à penetração das raízes (TREIN et al., 1991; BOENI et al., 1997) e pode comprometer a camada superficial do solo, aumentando a densidade e reduzindo a porosidade (GIAROLA et al., 2007).

Resultados de pesquisas apontam que os sistemas de ILP ocasionam impacto negativo na qualidade físico-hídrica do solo somente nas camadas superficiais, e que, fatores como textura e condições de umidade do solo e o tipo de manejo adotado na área interferem na intensidade desse impacto (MARCHÃO et al., 2007; LANZANOVA et al., 2007; CONTE et al., 2011).

Esse processo de degradação pode reduzir a produtividade das culturas, como o milho (ALBUQUERQUE, 2001).

Um dentre os vários benefícios da ILP é a recuperação e manutenção das características produtivas do solo. A matéria orgânica acumulada no solo tem fundamental importância sobre a atividade de microrganismos e da fauna do solo, que contribuem na agregação, propiciando maior infiltração de água no perfil, redução da erosão e do escoamento superficial, maior armazenamento de água, ação positiva sobre a estabilidade de agregados, porosidade, densidade e redução da compactação do solo (MACEDO, 2001; MARTIUS et al., 2001; PALM et al., 2001).

De acordo com Salton et al. (2008), além da fração mineral, a fauna do solo, os microrganismos, as raízes, os agentes inorgânicos e as variáveis ambientais são fatores envolvidos na formação e estabilidade de agregados do

solo. O crescimento de raízes ligado aos resíduos vegetais estimula a formação de macroagregados estáveis, com tamanho superior a 0,25 mm (SALTON et al., 2005).

É desejável identificar espécies de gramíneas forrageiras que aliem a abundante produção de palhada para a cobertura do solo com um vigoroso crescimento do sistema radicular, ocasionando assim melhorias na estrutura do solo. Para isso são indicadas gramíneas do gênero *Urochloa*, que possuem sistema radicular fasciculado, de rápido estabelecimento possibilitando melhor estruturação do solo, com formação de agregados estáveis, macroporosidade e canais (SALTON et al., 2014).

Alterações dos atributos químicos do solo resultam do elevado acúmulo de resíduos vegetais sobre sua superfície, onde esses, no processo de decomposição da massa vegetal, proporcionam a mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo para a superfície, estimulando a atividade biológica e resultando em alterações na sua fertilidade (COSTA et al., 2015).

Para que seja feita a rotação ou consorciação de culturas dentro da ILP, é importante conhecer a espécie que será utilizada em relação à sua produção de biomassa seca e tempo de decomposição, fatores esses que interferem na quantidade de palhada no solo e, por conseguinte, nas características químicas do solo (ANDREOTTI et al., 2008). Silva et al. (2006) afirmaram que a diversificação das espécies em sistemas de ILP proporcionam maior diversidade dos grupos da macrofauna invertebrada no solo e, esses invertebrados, alteram a atividade de microrganismos que são responsáveis pelos processos de mineralização e humificação da matéria orgânica do solo, variando a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (DECAËNS et al., 2003).

Um dos principais benefícios das gramíneas para o solo é o acúmulo de matéria orgânica em profundidade. Para que ocorra acúmulo de matéria orgânica em profundidade é necessário manter o sistema radicular ativo e vigoroso no solo por maior parte do tempo (SALTON et al., 2014). Os resíduos de biomassa seca das plantas permitem recuperar os teores de matéria



orgânica do solo (MOS) a valores próximos ao original (WENDLING et al., 2005).

Amado et al. (2001) e Santos et al. (2011), avaliando a qualidade de solo em ILP sob SSD, observaram acúmulos de matéria orgânica, carbono, cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e potássio (K) na camada superficial (0-0,05 m), em relação às camadas mais profundas e, Carvalho et al (2005) observou que esse sistema pode elevar o pH, os teores de potássio, carbono e de saturação de bases de um ano para outro, concluindo que o nível de fertilidade do solo pode aumentar com esse manejo.

Esse sistema também pode reduzir a variação no teor de MOS que ocorre com a mudança de componentes, aumentando com a pastagem e reduzindo com a lavoura de grãos (VILELA et al., 2011). Costa et al. (2015) observaram que ocorre extração de nutrientes pelas culturas em ILP e que essa extração pode reduzir ou manter os valores dos atributos químicos do solo.

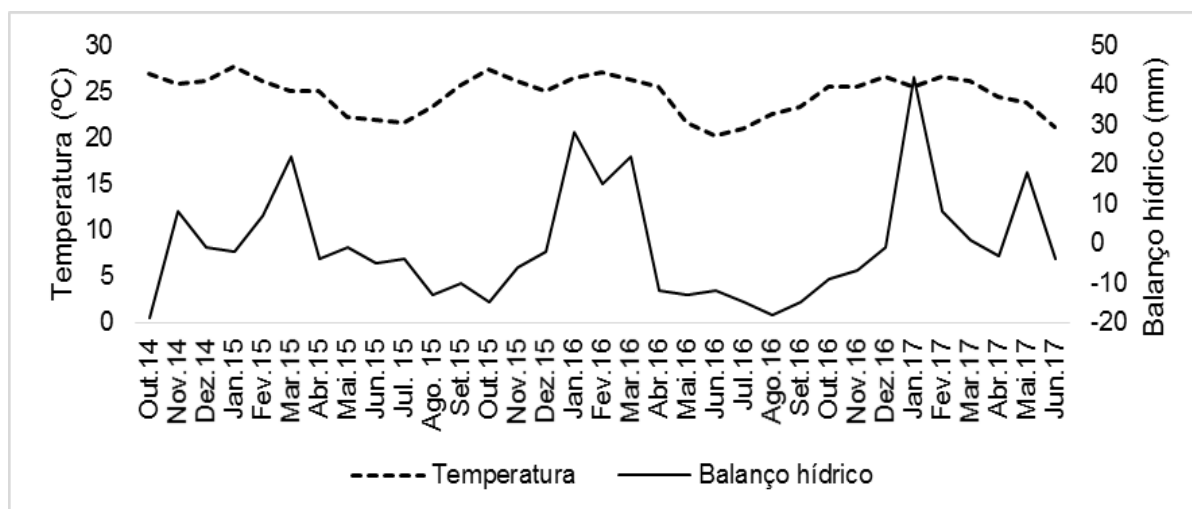
Mendonça et al. (2013) considerando principalmente o efeito das adubações nas culturas e a intensificação da utilização da área agrícola com cultivos realizados durante todo o ano, integrando espécies com diferentes sistemas radiculares, observaram que os resíduos vegetais com diferentes relações C/N contribuem para alterações das taxas de decomposição e ciclagem de nutrientes.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar as inter-relações entre o milho e gramíneas forrageiras no sistema de integração lavoura pecuária e, os efeitos na fertilidade e atributos físicos do solo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, do Instituto Agrônomo - IAC, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA/SAA-SP, localizado no município de Votuporanga-SP, com coordenadas geográficas 20° 28' de Latitude Sul e 50° 04' de Longitude Oeste, apresentando relevo suave e altitude de 467 m, em uma área com sistema de integração lavoura-pecuária desde a safra 2011/12, com aproximadamente 0,256 hectares.

O clima é o Aw, tropical com invernos secos segundo a classificação de Köppen (1948). Foi realizado acompanhamento meteorológico referentes à temperatura média e balanço hídrico mensal (Figura 1) durante as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17 (CIIAGRO). O solo é classificado como Argissolo Vermelho- Amarelo Eutrófico de textura média (EMBRAPA, 2013).



**Figura 1.** Temperatura média mensal e balanço hídrico em Votuporanga (SP) durante os meses de outubro de 2014 a junho de 2017. Fonte: CIIAGRO

A área era destinada à produção de grãos e apresentou a seguinte seqüência de culturas: amendoim na safra 2010/11, com preparo convencional do solo; milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sobre a resteva do amendoim em sistema de semeadura direta (SSD), na safra 2011/12. Sessenta dias após a colheita do milho, foram introduzidos bovinos de corte recém-desmamados na área, em pastejo contínuo, e mantidos até setembro de 2013, sendo que, a taxa de lotação variou de acordo com a oferta de forragem. Após a retirada dos animais a área permaneceu em pousio por trinta dias até o momento da dessecação com herbicida. Na safra 2013/14 foi semeada soja em SSD sobre a palhada da *U. brizantha* cv. Marandu. Após a colheita da soja foi semeada *Crotalaria juncea* sobre a palhada da soja.

Previamente à implantação do experimento, safra 2014/15, amostras de solo para a determinação dos atributos físicos (DANIELSON et al., 1986) e caracterização química (RAIJ et al., 2001) foram coletadas nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização física e química do solo nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m, Votuporanga, SP, 2014

Profundidade	Areia		Silte		Argila				
	-----g kg <sup>-1</sup> -----								
0-0,05	866		62		72				
0,05-0,40	855		70		75				
0,20-0,40	829		74		97				
	PT <sup>(2)</sup>		DS <sup>(3)</sup>		> 2 mm <sup>(4)</sup>		DMP <sup>(5)</sup>		
	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		kg dm <sup>-3</sup>		%		mm		
0-0,05	0,36		1,61		48,87		2,47		
0,05-0,20	0,32		1,66		26,96		1,50		
0,20-0,40	0,33		1,68		11,34		0,85		
	P	M.O <sup>(1)</sup>	pH(CaCl <sub>2</sub> )	K	Ca	Mg	H+Al	Al	V
	(Resina)								
	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>							
0-0,05					-----mmolc.dm <sup>-3</sup> -----				%
0,05-0,20	23	29	5,5	2,5	12	15	20	0,1	59
0,20-0,40	10,5	20,5	4,5	2,8	6,8	3,5	23,5	0,1	35
	6	17	5,2	0,8	7	4	19	0,1	38

M.O(1): matéria orgânica

Foram instalados três experimentos consecutivos, nas safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, e os tratamentos consistiram em: T1 – milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu (Syn. *Brachiaria brizantha*); T2 – milho em consórcio com *U. ruziziensis* (Syn. *B. ruziziensis*); T3 – milho em consórcio com a forrageira *Urochloa* híbrida DOW HD794; T4 – milho em consórcio com *M. maximus* cv. Aruana (Syn. *Panicum maximum*); T5 – milho solteiro. As parcelas experimentais, nos três experimentos, receberam sempre o mesmo tratamento.

Na safra 2014/15, em 21 de novembro de 2014 foi semeado o híbrido simples de milho PIONEER 30F35 na densidade de 5,1 sementes metro<sup>-1</sup>. Na adubação de semeadura foi utilizado 300 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 08-28-16. Foram realizadas duas adubações de cobertura, sendo a primeira aos 16 dias

após semeadura (DAS), utilizando 230 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 20-00-20 e a segunda aos 25 DAS, utilizando 250 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio.

Na safra 2015/16, foi semeado em 21 de dezembro de 2015 o híbrido simples de milho DOW 2B710, na densidade de 5,1 sementes metro<sup>-1</sup>. Na adubação de semeadura utilizou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 08-28-16. Foram realizadas duas adubações de cobertura, sendo a primeira aos 18 DAS, utilizando 250 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 20-00-20, e a segunda aos 22 DAS, utilizando 250 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio.

Na safra 2016/17, no dia 05 de dezembro de 2016 semeou-se o híbrido simples de milho DOW 2B587, na densidade de 5 sementes metro<sup>-1</sup>. Na adubação de semeadura, utilizou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 08-28-16 e, na adubação de cobertura, realizada aos 17 DAS, 250 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 20-00-20.

A cultivar de milho utilizada na safra 2014/15 apresenta ciclo precoce, elevado potencial produtivo excelente sanidade foliar boa qualidade de colmo (PIONEER, 2017) e, as cultivares de milho utilizadas nas safras 2015/16 e 2016/17 apresentam ciclo precoce, plantas de porte baixo, arquitetura normal, colmo e raiz com alta resistência física, bom empalhamento, alto potencial produtivo e estabilidade de produção (DOW SEMENTES, 2016).

A semeadura das gramíneas, nas safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17, foi realizada nas entrelinhas da cultura do milho, após as adubações de cobertura, no estágio fenológico V5 (cinco folhas expandidas), V7 (sete folhas expandidas) e V5 (cinco folhas expandidas) do milho, respectivamente. Foram semeadas duas linhas das gramíneas forrageiras na entrelinha do milho, utilizando-se 600 pontos de valor cultural (PVC) ha<sup>-1</sup> de cada gramínea forrageira.

O espaçamento utilizado para a cultura do milho foi de 0,80 m entre as linhas e a parcela experimental era formada por quatro linhas de milho e 30 m de comprimento. Para as avaliações utilizaram-se as duas linhas centrais de cada parcela, nos 20 m centrais da parcela.

Após a colheita do milho, nas safras 2014/15 e 2015/16, foram introduzidos bovinos de corte na área, com taxa de lotação variando de acordo

com a disponibilidade de forragem, em pastejo contínuo por aproximadamente três meses. Após a retirada dos animais a área foi dessecada com o herbicida glifosato ( $720 \text{ g kg}^{-1} \text{ i.a}$ )

### **2.1 Avaliações na cultura do milho**

Para a cultura do milho, foram avaliados no momento da colheita: altura de inserção da primeira espiga e de plantas, estande final, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

Para a determinação da altura de inserção da primeira espiga e de plantas de milho utilizou-se 10 plantas aleatórias de cada parcela, e para o estande final e produtividade de grãos do milho utilizou-se 5 m das duas linhas centrais da área útil de cada parcela.

Foram colhidas todas as espigas dos 5 m das duas linhas centrais da área útil de cada parcela e após a debulha avaliaram-se: massa de 100 grãos e produtividade de grãos, sendo, a massa de grãos corrigida para 13% de umidade.

### **2.2 Produtividade de biomassa seca de gramíneas forrageiras**

A produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras foi avaliada aos 60 dias após a colheita do milho. Para a avaliação, utilizou-se uma moldura de  $0,5 \times 0,5 \text{ m}$  ( $0,25 \text{ m}^2$ ), lançada aleatoriamente em dois pontos da área útil das parcelas. Após o corte, os materiais foram picados e colocados em estufa para secagem com circulação de ar com temperatura de  $60^\circ\text{C}$  por 72 horas, para obtenção da biomassa seca.

### **2.3 Análise física do solo**

Amostras de solo com estrutura preservada em anéis volumétricos de aproximadamente  $0,05 \text{ m}$  de diâmetro e  $0,04 \text{ m}$  de altura (para análise de

porosidade e densidade do solo) e amostras de solo com estrutura não preservada (em torrões) foram coletadas em outubro de 2015 e abril de 2017.

As amostras foram coletadas em trincheiras abertas em dois pontos aleatórios de cada parcela, coletando-se duas sub amostras por parcela. Em cada trincheira a amostragem foi realizada nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m.

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico e a porosidade total foi determinada pelo método da mesa de tensão (DANE e HOPMANS, 2002; DANIELSON e SUTHERLAND, 1986).

As amostras em torrões foram coletadas com auxílio de enxadão, acondicionadas em sacos de plástico e, posteriormente, secas ao ar. No preparo das amostras, os torrões foram destorroados manualmente, tomando-se cuidado para não destruir os agregados. Em seguida os agregados foram tamisados em peneiras de 6 mm e 4 mm e, os agregados retidos na menor peneira foram selecionados para a análise laboratorial via úmida (KEMPER e CHEPIL, 1965). O tamisamento via úmida foi utilizado para a determinação da distribuição das classes de agregados, utilizando-se o aparelho de oscilação vertical preconizado por Yoder (1936), que foi calibrado para funcionar durante 10 min, com 30 oscilações por minuto. Para a separação entre as classes de agregados determinaram-se as seguintes classes: agregados > 4,0 mm; agregados entre 4,0-2,0 mm; agregados entre 2,0-1,0 mm; agregados entre 1,0-0,5 mm; agregados entre 0,5-0,25 mm e agregados < 0,25 mm. Após ser realizada a separação das classes de agregados foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) em mm, conforme Kemper e Chepil (1965). Para facilitar a visualização e interpretação dos dados utilizou-se apenas os resultados de agregados maiores que 2 mm, somando-se as classes de agregados > 4,0 mm e agregados entre 4,0-2,0 mm.

#### **2.4 Análise química do solo**

As amostragens do solo para fins da avaliação de fertilidade da área experimental foram realizadas nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m

em outubro de 2015 e abril de 2017, nas mesmas camadas, retirando-se, com auxílio de enxadão, duas sub amostras (amostras simples) por parcela, as quais foram homogeneizadas em uma amostra composta e acondicionadas em sacos de plástico e, posteriormente, secas ao ar.

As amostras foram analisadas quimicamente para determinação de pH em  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup> (relação solo: solução 1:2,5), bases trocáveis no solo (Ca, Mg e K), alumínio e hidrogênio extraíveis, fósforo assimilável, conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001); com esses resultados foram calculados os valores de saturação por bases (V) mediante a relação entre o teor de bases trocáveis no solo (Ca, Mg e K) e a capacidade de troca de cátions (CTC) em porcentagem.

## **2.5 Análise estatística**

Os dados obtidos em cada experimento foram submetidos, separadamente, à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do programa Assistat (SILVA e AZEVEDO, 2016).



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2014/15, utilizando-se o híbrido simples PIONEER 30F35, não houve diferença entre os tratamentos para as variáveis analisadas (Tabela 2), corroborando com Ramella et al. (2013) que constataram que a altura de inserção de espiga, altura de plantas, estande final de plantas e produtividade de grãos de milho não sofreram influência quando cultivadas em consórcio com *U. brizantha* e, com Kluthcouski et al. (2000) que verificaram que a produtividade de grãos de milho não foi afetada pelo consórcio com gramíneas do gênero *Urochloa* quando comparado com o cultivo solteiro.

**Tabela 2.** Características agronômicas e componentes de produção do híbrido de milho PIONEER 30F35 e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária, Votuporanga, SP, safra 2014/15

Tratamentos	Altura de		Estande final	Massa de 100 Grãos	Produtividade de grãos	Produtividade de biomassa seca das gramíneas
	inserção da primeira espiga	Altura de plantas				
	----- m -----	-----		g	kg ha <sup>-1</sup>	
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	67187,50 <sup>ns</sup>	32,40 <sup>ns</sup>	10168,75 <sup>ns</sup>	3900,88 a
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	0,99	2,10	70833,34	33,29	7794,75	2262,92 c
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	1,06	2,20	76041,66	33,66	10361,75	2275,25 c
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	1,00	2,06	67708,33	31,43	9656,75	3083,00 b
M solteiro <sup>(5)</sup>	0,99	2,06	70312,50	32,74	10214,75	-----
CV%	9,57	8,88	8,24	6,68	16,10	12,66

<sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F em nível de 5 % de significância; médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância.; <sup>(1)</sup>*Urochloa brizantha* cv. Marandu; <sup>(2)</sup>*Urochloa ruziziensis*; <sup>(3)</sup>*Urochloa* híbrida DOW HD794; <sup>(4)</sup>*Megathyrsus maximus* cv. Aruana; <sup>(5)</sup>Milho solteiro.

Gramíneas do gênero *Urochloa*, semeada após o estágio V4 do milho, não apresentam grande potencial de competição por água, luz e nutrientes com a cultura produtora de grãos, tornando possível o cultivo em consórcio da cultura de milho e a gramínea (KLUTHCOUSKI et al., 2003). Alvarenga et al. (2006) constataram que o milho solteiro ou consorciado, semeado juntamente ou após o estágio V4 da cultura, não tende a apresentar redução na produtividade ou, quando apresenta, é uma queda pequena, com redução de 5% da produtividade. Observa-se que a produtividade média de grãos de milho foi de 9639 kg ha<sup>-1</sup> nessa safra, superior à média do estado de São Paulo que foi de 5889 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015).

Segundo Correia et al. (2011), quando o *M. maximus* cv. Aruana é semeada após o estabelecimento do milho, este não interfere nas características produtivas do cereal.

Outro fator que pode ter relação com a elevada produtividade de milho é o fato de, na safra anterior, ter-se semeado *Crotalaria juncea* (crotalária), que apresenta elevada capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico (OLIVEIRA et al., 2002); Além disto, a produção de fitomassa da crotalária viabiliza o sistema de semeadura direta e, quando cultivadas em pré-safra, podem fornecer nitrogênio e aumentar a produtividade de milho (BERTIN et al., 2005).

Collier et al. (2006) constataram que os tratamentos de milho sobre os resíduos de crotalária estão associados a maiores produtividades de grãos de milho e isso pode estar relacionado à quantidade de resíduos e à maior taxa de decomposição inicial da crotalária os quais provavelmente fornecem N em maiores quantidades.

Nessa safra, a maior produtividade de biomassa seca de forragem foi da *U. brizantha*. Segundo Dias Filho (2002) a *U. brizantha* é tecnicamente viável para ser semeada em consórcio pois, apesar de ter sua capacidade fotossintética reduzida sob sombreamento, essa gramínea apresenta plasticidade fenotípica e tolerância em resposta ao sombreamento, o que permite seu crescimento, mesmo que lento.

Em relação aos atributos físicos do solo, na primeira avaliação, realizada em outubro de 2015, houve diferença entre os tratamentos em relação à porosidade total (camada de 0-0,05 m) e à estabilidade de agregados (camada de 0-0,20 m) e, em relação à densidade do solo e DMP, os tratamentos não diferiram entre si, em nenhuma das camadas de solo avaliadas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Porosidade total, densidade do solo e distribuição de agregados estáveis em água >2mm, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras, Votuporanga, SP, 2015.

Tratamentos	PT m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	DS kg dm <sup>-3</sup>	> 2 mm %	DMP mm
		0-0,05 m		
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	36,05 ab	1,76 <sup>ns</sup>	15,04 b	4,76 <sup>ns</sup>
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	35,78 b	1,86	26,66 a	5,04
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	42,49 a	1,87	18,72 ab	4,81
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	36,96 ab	1,95	24,64 ab	4,85
M solteiro <sup>(5)</sup>	35,67 b	1,76	17,44 ab	4,30
CV%	7,847	6,8	24,69	9,40
		0,05-0,20 m		
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	35,37	1,89	10,98 a	4,78
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	38,09	1,99	8,06 ab	4,76
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	34,99	1,94	6,21 ab	4,88
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	34,01	1,94	6,32 ab	4,36
M solteiro <sup>(5)</sup>	35,25	1,94	4,42 b	4,62
CV%	10,2	6,16	35,44	11,26
		0,20-0,40 m		
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	37,07	1,85	4,52	3,50
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	40,49	1,92	5,32	3,53
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	39,26	1,89	2,69	3,48
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	36,88	1,84	3,88	3,45
M solteiro <sup>(5)</sup>	32,39	1,88	2,99	3,50
CV%	14,19	6,74	41,93	3,40
		Produtividade de biomassa seca das gramíneas		
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>			3900,88 a	
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>			2262,92 c	
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>			2275,25 c	
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>			3083,00 b	
CV%			12,66	

<sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F em nível de 5 % de significância. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância. <sup>(1)</sup>*Urochloa brizantha* cv. Marandu; <sup>(2)</sup>*Urochloa ruziziensis*; <sup>(3)</sup>*Urochloa* híbrida DOW HD794; <sup>(4)</sup>*Megathyrsus maximus* cv. Aruana; <sup>(5)</sup>Milho Solteiro; <sup>(6)</sup>Matéria orgânica.

A porosidade total na camada de 0-0,05 m foi menor com os tratamentos milho em consórcio com *U. ruziziensis* e milho solteiro, diferindo do tratamento milho em consórcio com *Urochloa* híbrida.

Na camada de 0-0,05 m o tratamento milho em consórcio com *U. ruziziensis* apresentou maior porcentagem de agregados superiores a 2 mm e diferiu do tratamento milho em consórcio com *U. brizantha*. No entanto, a *U. ruziziensis* apresentou menor produtividade de biomassa seca que *U. brizantha* na safra 2014/15, por outro lado, na camada de 0,05-0,20 m, o tratamento milho em consórcio com a *U. brizantha* apresentou a maior porcentagem de agregados superiores a 2 mm quando comparado ao tratamento milho solteiro. Esses resultados, evidenciam a importância das forrageiras na estabilização de agregados do solo. A maior estabilização de agregados é decorrente da alta densidade de raízes das gramíneas forrageiras, que favorecem a aproximação das partículas pela constante absorção de água do perfil e de periódicas renovações do sistema radicular (SILVA e MIELNICZUK, 1997) e, de acordo com Stone et al., (2003), as gramíneas do gênero *Urochloa* apresentam efeito positivo sobre a agregação do solo.

Em relação ao DMP, foi possível observar uniformidade nos valores nas três camadas estudadas, revelando que houve melhoria neste atributo do solo quando comparada às análises de caracterização inicial da área (Tabela 1).

Na primeira avaliação química, realizada em outubro de 2015, os tratamentos diferiram entre si em relação aos teores de matéria orgânica (M.O.) e K nas camadas de 0-0,05 m e 0,20-0,40 e, para o teor de Al na camada de 0-0,40 m (Tabela 4).

**Tabela 4.** Atributos químicos do solo nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras, Votuporanga, SP, 2015

Tratamentos	P		pH Ca Cl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al	Al	V %
	Resina mg/dm <sup>3</sup>	M.O. <sup>(6)</sup> g/dm <sup>3</sup>							
0-0,05 m									
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	10,00	8,00 ab	4,50	1,25 b	11,25	7,75	18,25	1,80 a	51,87
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	17,75	6,75 b	4,48	1,13 b	10,75	6,50	18,50	1,63 a	49,49
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	16,50	15,75 a	4,83	1,53 b	18,75	12,75	16,75	1,15 ab	66,39
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	17,75	4,25 b	4,53	1,58 b	11,50	7,75	18,25	1,88 a	52,15
M solteiro <sup>(5)</sup>	13,75	8,50 ab	4,38	3,15 a	11,25	8,50	18,25	0,43 b	54,33
CV%	39,30	45,45	6,96	26,42	28,41	36,02	16,32	38,48	16,05
0,05-0,20 m									
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	16,00	4,75	4,03	1,63	6,50	3,00	24,50	6,25 a	31,95
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	16,75	5,75	4,10	2,28	7,25	3,50	21,00	3,95 ab	38,22
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	17,25	2,25	4,58	1,95	10,00	4,75	17,75	2,08 ab	48,46

<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	23,75	2,75	4,10	2,08	8,00	5,00	23,25	4,58	ab	39,35		
M solteiro <sup>(5)</sup>	15,25	7,50	4,25	1,55	6,75	4,25	19,75	0,85	b	38,96		
CV%	50,43	73,83	7,46	59,51	28,33	27,72	21,02	67,27		21,51		
0,20-0,40 m												
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	25,00	4,75	b	3,90	0,98	b	5,25	2,75	26,50	6,68	a	26,34
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	20,25	2,00	b	4,23	1,13	ab	8,25	3,25	20,25	3,28	ab	38,33
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	14,00	2,25	b	4,60	1,45	ab	11,50	4,50	19,00	2,23	ab	47,69
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	10,75	6,50	b	4,33	1,03	b	7,50	5,00	21,25	5,13	ab	36,54
M solteiro <sup>(5)</sup>	15,50	16,50	a	4,40	1,95	a	7,00	3,25	20,00	1,08	b	38,22
CV%	56,85	60,16		11,66	29,49		41,62	76,17	23,62	67,19		37,65

Produtividade de biomassa seca das gramíneas

<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	3900,88	a
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	2262,92	c
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	2275,25	c
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	3083,00	b
CV%	12,66	

(ns) Não significativo de acordo com o teste de F em nível de 5 % de significância . Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância. <sup>(1)</sup>*Urochloa brizantha* cv. Marandu; <sup>(2)</sup>*Urochloa ruziziensis*; <sup>(3)</sup>*Urochloa* híbrida DOW HD794; <sup>(4)</sup>*Megathyrsus maximus* cv. Aruana; <sup>(5)</sup>Milho Solteiro; <sup>(6)</sup>Matéria orgânica.

Mesmo tendo baixa produtividade de biomassa seca na safra 2014/15, a *Urochloa* híbrida em consórcio com o milho proporcionou os maiores teores de M.O. na camada de 0-0,05 m e diferiu dos consórcios de milho com *U. ruziziensis* e *M. maximus*. De acordo com Costa et al. (2015), as alterações químicas do solo em sistemas integrados são causadas pelo elevado acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície que, após se decompor, proporcionam mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo para a superfície e estimulam a atividade biológica.

Na camada de 0,20-0,40 m o tratamento milho solteiro proporcionou os maiores teores de M.O. quando comparado aos tratamentos com o consórcio entre milho e as gramíneas forrageiras. Salton et al. (2014) afirmaram que para que ocorra o acúmulo de matéria orgânica em profundidade por parte das gramíneas, é preciso manter o sistema radicular ativo e vigoroso por maior parte de tempo e, nas três safras, as gramíneas forrageiras permaneciam na área por, no máximo, nove meses (período entre a semeadura e dessecação).

Esses teores de M.O podem ser explicados pelo acúmulo de biomassa seca da crotalária, semeada no final da safra anterior. Isso ocorre porque a crotalária, apesar de ser uma fabácea, possui elevada relação carbono/

nitrogênio (C/N) (29), sua biomassa permanece por mais tempo nos solos tropicais (CARVALHO e AMABILE, 2006).

Em relação ao K, os baixos teores nos tratamentos de milho em consórcio com as gramíneas forrageiras podem ser explicados pela extração desse nutriente que, de acordo com Primavesi et al. (2006), é o segundo nutriente mais extraído do solo pelas gramíneas forrageiras. Batista et al. (2011) também observaram que a extração de K do solo e acúmulo nas gramíneas foi maior quando comparado aos outros nutrientes.

Em relação ao Al, a não realização de calagem na área, pode ter propiciado elevados teores desse elemento nas três profundidades, para os tratamentos com o consórcio entre gramíneas forrageiras e o milho, corroborando com Santos et al. (2009) que também constataram aumento do Al após instalação de ILP, decorrente da acidificação do solo causada também pela falta de calagem.

Na safra 2015/16, na qual o híbrido de milho utilizado foi o DOW 2B710, houve diferença entre os tratamentos para as variáveis massa de 100 grãos e produtividade de grãos (Tabela 5). O milho solteiro apresentou massa de 100 grãos superior aos consórcios e produtividade de grãos superior aos tratamentos milho consorciado com as gramíneas *U. brizantha* cv. Marandu e *Urochloa* híbrida. Segundo Pariz et al. (2011), o desenvolvimento da cultura do milho quando consorciado com espécies do gênero *Urochloa* é influenciado, sobretudo, pela velocidade de estabelecimento da forrageira e consequente aumento da competição por água, luz e nutrientes e, essa, pode afetar negativamente o desenvolvimento e produtividade de grãos do milho.

**Tabela 5.** Características agrônômicas e componentes de produção do híbrido de milho PIONEER 30F35 e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária, Votuporanga, SP, safra 2015/16

Tratamentos	Altura de		Estande final	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos	Produtividade de biomassa seca das gramíneas
	inserção da primeira espiga	Altura de plantas				
	----- m -----	-----		g	kg ha <sup>-1</sup>	
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	63020,84 <sup>ns</sup>	17,74 b	3696,48 b	3123,23 ab

<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	0,70	1,33	60416,66	16,53 b	4429,13 ab	2183,93 b
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	0,78	1,46	63020,83	20,09 b	3829,67 b	2273,33 b
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	0,70	1,34	62500,00	18,71 b	4497,26 ab	3990,20 a
M solteiro <sup>(5)</sup>	0,76	1,50	59895,83	26,40 a	5239,96 a	-----
CV%	7,90	7,63	5,82	11,92	10,04	16,33

(ns) Não significativo de acordo com o teste de F em nível de 5 % de significância; médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância.; <sup>(1)</sup>*Urochloa brizantha* cv. Marandu; <sup>(2)</sup>*Urochloa ruziziensis*; <sup>(3)</sup>*Urochloa* híbrida DOW HD794; <sup>(4)</sup>*Megathyrsus maximus* cv. Aruana; <sup>(5)</sup>Milho solteiro.

A maior produção de biomassa seca de forragem, nessa safra, foi obtida por *M. maximus* cv. Aruana que não diferiu da *U. Brizantha* cv. Marandu. A *U. brizantha* adapta-se a solos de média fertilidade, tolera condições de acidez e requer saturação por bases variando entre 45,0 e 54,8% (CFSEMG, 1999; FORTES et al., 2008). Fato que pode ter favorecido o desenvolvimento dessa gramínea nesse trabalho, visto a baixa saturação por bases do solo (em média 44%).

Resultados semelhantes foram verificados por Chioderoli et al. (2010) que, avaliando o consórcio de milho com gramíneas no município de Selvíria-MS, observaram menor produtividade de grãos de milho quando esse foi consorciado com *U. brizantha*, em razão da competição estabelecida entre a gramínea forrageira e o cereal. Jakelaitis et al. (2005) também verificaram redução significativa na produtividade de grãos de milho no consórcio com *U. brizantha* em experimento realizado em Rondônia. Por outro lado, Ramella et al. (2013) estudando a influência da consorciação de *U. brizantha*, semeadas a lanço com diferentes densidades de semeaduras (0; 5,0; 10,0 e 15,0 kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do milho, observaram que o consórcio não influenciou a produtividade de grãos do cereal.

Entretanto, a gramínea *M. maximus* cv. Aruana, apesar de ter produzido maior quantidade de biomassa, não interferiu na produtividade de grãos de milho na safra 2015/16. Jakelaitis et al. (2010) verificaram que quando a *M. maximus* foi semeada simultaneamente com o milho, reduziu a produtividade de grãos das cultivares avaliadas.

O híbrido de milho DOW 2B710 é tolerante ao estresse hídrico e às variações de fertilidade do solo (DOW SEMENTES, 2016), tais características

podem ter conferido a essa cultivar de milho maior vantagem competitiva no consórcio com a *M. maximus* cv. Aruana.

Na safra 2016/17, na qual cultivou-se o híbrido de milho DOW 2B587, também houve diferença entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ) para as variáveis massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho (Tabela 6). Novamente o milho solteiro foi o tratamento que proporcionou maior massa de 100 grãos e maior produtividade de grãos, diferindo do consórcio de milho com a gramínea *M. maximus* cv. Aruana, em relação à massa de 100 grãos, e dos consórcios com as gramíneas *U. ruziziensis* e *M. maximus* cv. Aruana, em relação à produtividade de grãos.

**Tabela 6.** Características agrônômicas e componentes de produção do híbrido de milho PIONEER 30F35 e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária, Votuporanga, SP, safra 2016/17

Tratamentos	Altura de inserção da primeira espiga ----- m -----	Altura de plantas	Estande final	Massa de 100 grãos g	Produtividade de grãos kg ha <sup>-1</sup>	Produtividade de biomassa seca das gramíneas
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	63020,84 <sup>ns</sup>	17,74 b	3696,48 b	1887,27 bc
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	0,70	1,33	60416,66	16,53 b	4429,13 ab	1512,99 c
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	0,78	1,46	63020,83	20,09 b	3829,67 b	2750,32 b
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	0,70	1,34	62500,00	18,71 b	4497,26 ab	4479,20 a
M solteiro <sup>(5)</sup>	0,76	1,50	59895,83	26,40 a	5239,96 a	-----
CV%	7,90	7,63	5,82	11,92	10,04	15,23

<sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F em nível de 5 % de significância; médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância.; <sup>(1)</sup>*Urochloa brizantha* cv. Marandu; <sup>(2)</sup>*Urochloa ruziziensis*; <sup>(3)</sup>*Urochloa* híbrida DOW HD794; <sup>(4)</sup>*Megathyrsus maximus* cv. Aruana; <sup>(5)</sup>Milho solteiro.

A gramínea *M. maximus* cv. Aruana produziu biomassa seca superior às demais gramíneas na safra 2016/17. Quando as condições climáticas são favoráveis, a forrageira *M. maximus* cv. Aruana semeada na entrelinha do milho, apresenta rápido estabelecimento e desenvolvimento e compete com o milho pelos fatores de produção (BARDUCCI et al., 2009). Na safra 2016/17 não houve déficit hídrico (Figura 1), fato que contribuiu para o maior desenvolvimento e acúmulo de biomassa seca da *M. maximus* cv. Aruana,



acarretando maior vantagem competitiva da gramínea forrageira em consórcio com o milho. Jakelaitis et al. (2010) estudando gramíneas em consórcio com milho, também constataram que as do gênero *M. maximus* apresentam maior produção de biomassa seca que as cultivares de *U. brizantha*, sendo essa última, a espécie que menos competiu com o milho pelos fatores de produção.

Apesar de ambas cultivares de milho avaliadas serem híbridos simples precoces, segundo Gimenis et al. (2008), um dos fatores que determinam a produtividade de uma cultura agrícola principal em consórcio com outras espécies vegetais é a capacidade competitiva do seu material genético. Alterações, como o índice de área foliar, o ângulo de inserção da folha, a quantidade de folhas e a distribuição das folhas nas plantas podem elevar a capacidade do milho em interceptar a radiação solar (ARGENTA et al., 2001) e, assim, garantir maior vantagem competitiva no consórcio.

Na segunda avaliação física, realizada em abril de 2017, os tratamentos diferiram entre si em relação à estabilidade de agregados, nas três camadas avaliadas e, em relação ao DMP na camada de 0,05-0,20 m (Tabela 7).

**Tabela 7.** Porosidade total, densidade do solo e distribuição de agregados estáveis em água >2mm, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras, Votuporanga, SP, 2017.

Tratamentos	PT m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	DS kg dm <sup>-3</sup>	> 2 mm %	DMP Mm
			0-0,05 m	
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	40,96 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	50,41 a	3,31 <sup>ns</sup>
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	41,63	1,56	47,98 a	3,44
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	36,26	1,62	30,26 b	3,46
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	39,94	1,63	48,77 a	3,29
M solteiro <sup>(5)</sup>	37,53	1,66	54,52 a	3,34
CV%	13,49	8,27	9,45	2,90
			0,05- 0,20 m	
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	33,19	1,80	2,24 bc	3,36 c
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	36,06	1,79	4,01 ab	3,49 abc
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	33,20	1,78	5,61 a	3,61 a
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	31,69	1,77	1,76 c	3,51 ab
M solteiro <sup>(5)</sup>	32,87	1,75	4,01 ab	3,43 bc
CV%	9,75	5,29	28,05	1,93
			0,20-0,40 m	
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	34,50	1,77	4,12 ab	3,43
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	36,50	1,77	2,32 c	3,30
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	35,41	1,81	4,38 a	3,60

<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	34,39	1,67	1,35	c	3,38
M solteiro <sup>(5)</sup>	34,81	1,76	2,60	bc	3,33
CV%	8,44	3,96	22,96		4,77

Produtividade de biomassa seca das gramíneas

<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	1887,27	bc
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	1512,99	c
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	2750,32	b
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	4479,20	a
CV%	15,23	

<sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F em nível de 5 % de significância. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância.

<sup>(1)</sup>*Urochloa brizantha* cv. Marandu; <sup>(2)</sup>*Urochloa ruziziensis*; <sup>(3)</sup>*Urochloa* híbrida DOW HD794; <sup>(4)</sup>*Megathyrsus maximus* cv. Aruana; <sup>(5)</sup>Milho Solteiro; <sup>(6)</sup>Matéria orgânica.

Na camada de 0-0,05 m o tratamento milho em consórcio com a *U. híbrida* proporcionou a menor porcentagem de agregados >2mm. Por outro lado, na camada de 0,05-0,20 m, o tratamento milho com a *Urochloa* híbrida favoreceu a formação de agregados >2mm quando comparada aos tratamentos com as gramíneas forrageiras *U. brizantha* e *M. maximus* e, na camada de 0,20-0,40 m, o tratamento com a *Urochloa* híbrida apresentou maior porcentagem de agregados que os tratamentos milho em consórcio com *U. ruziziensis* e *M. maximus* e milho solteiro.

Na camada de 0,05-0,20 m o tratamento milho em consórcio com a *Urochloa* híbrida proporcionou maior DMP quando comparado aos tratamentos milho em consórcio com *U. brizantha* e milho solteiro. Assim como observado na primeira análise (ano?), as gramíneas forrageiras conferiram maior uniformidade nos valores do DMP, nas três camadas avaliadas.

Segundo Salton et al. (1999), a elevação e estabilidade do DMP ocorre quando uma das culturas do sistema é a pastagem e, esses efeitos ocorrem de forma intensa e relativamente rápida, possivelmente devido ao farto sistema radicular formado pela pastagem logo após sua implantação. De acordo com Marchão et al. (2007), a integração de pastagens na rotação de culturas auxilia na melhoria da qualidade física do solo, em razão da combinação de três efeitos principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular atuando como agente agregante e aumento da atividade da macrofauna do solo.

Não houve diferença entre os tratamentos em relação à porosidade total e densidade do solo, corroborando com Silveira et al. (2011) que constataram

que a ILP não afetou significativamente a densidade e a porosidade do solo na camada de 0-0,20 m, concluindo que o pisoteio animal nos tratamentos com pastagem, não afetou significativamente a densidade do solo.

Segundo Costa et al. (2015), a pressão no solo, resultado do pisoteio animal, é considerado um dos agentes causadores da compactação e, as gramíneas forrageiras no sistema ILP sob SSD, formam uma camada de palha na superfície do solo, reduzindo a pressão exercida sobre o mesmo. Além de incorporar matéria orgânica na superfície do solo, o sistema radicular das gramíneas, operam de forma muito importante na formação de agregados do solo (BRONICK e LAL, 2005; SALTON et al., 2008) e, por consequência, exercem influência nos demais atributos físicos do solo como porosidade e densidade do solo (SCHIAVO et al., 2012).

Enfatiza-se que, na avaliação realizada em 2015, a maior produtividade de biomassa seca no tratamento milho em consórcio com *U. brizantha* proporcionou melhorias nas características físicas do solo como maior porcentagem de agregados superiores a 2mm na camada de 0,05-0,20 m e, a menor produtividade de biomassa seca produzida pelo tratamento de milho em consórcio com *U. ruziziensis* propiciou menor porosidade total na camada de 0-0,05 m.

Na avaliação realizada em 2017, a menor produtividade de biomassa seca da *Urochloa* híbrida proporcionou menor porcentagem de agregados maiores que 2 mm, na camada de 0-0,05 m. A menor produtividade de biomassa seca da *U. brizantha* propiciou menor porcentagem de agregados maiores que 2 mm e menor DMP, na camada de 0,05-0,20 m e, a menor produtividade de biomassa seca da *U. ruziziensis* proporcionou menor porcentagem de agregados maiores que 2 mm, na camada de 0,20-0,40 m.

Constata-se assim que não houve grande correlação entre produtividade de biomassa seca e melhoria nas características físicas do solo nas condições edafoclimáticas onde a pesquisa foi realizada. Contradizendo esse resultado, Salton et al. (2008) constataram que as gramíneas forrageiras exercem efeito sobre a formação de agregados maiores que 2 mm.

Na segunda análise química do solo, realizada em abril de 2017, não houve diferença entre os tratamentos para as variáveis analisadas (Tabela 8).

**Tabela 8.** Atributos químicos do solo nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m e produtividade de biomassa seca das gramíneas forrageiras, Votuporanga, SP, 2017

Tratamentos	P Resina mg/dm <sup>3</sup>	M.O <sup>(6)</sup> g/dm <sup>3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	-----mmol/dm <sup>3</sup> -----						
				K	Ca	Mg	H+Al	Al	V %	
0-0,05 m										
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	17,25	17,25	4,65	1,75	11,75	6,25	22,75	1,35	44,45	
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	14,50	16,50	4,70	1,68	12,75	7,50	21,75	0,98	49,86	
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	18,75	16,50	4,58	1,63	11,25	7,25	21,25	1,00	49,13	
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	15,75	16,75	4,65	1,78	12,00	9,25	20,25	0,68	53,50	
M solteiro <sup>(5)</sup>	18,25	14,25	4,30	1,15	11,25	7,00	23,75	1,63	45,38	
CV%	44,95	46,38	7,68	42,20	29,86	41,28	22,93	49,35	19,82	
0,05-0,20 m										
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	41,25	6,50	4,30	1,75	6,25	3,75	26,00	5,05	32,78	
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	15,25	8,25	4,73	1,60	8,25	4,00	19,00	1,30	41,80	
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	15,75	7,50	4,30	1,83	7,25	3,75	24,00	3,70	36,03	
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	21,75	5,25	4,33	2,03	6,75	4,00	21,50	2,98	36,95	
M solteiro <sup>(5)</sup>	37,00	5,50	4,23	1,08	6,00	3,50	27,50	6,68	27,08	
CV%	63,62	20,37	9,21	31,22	48,29	50,22	29,06	50,08	38,83	
0,20-0,40 m										
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>	49,00	8,25	4,23	1,10	7,25	3,50	44,75	5,45	23,28	
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>	11,75	7,00	4,70	1,33	9,50	4,00	18,25	1,58	44,53	
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>	13,75	6,25	4,53	1,23	7,50	3,75	22,75	4,05	37,65	
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>	21,00	6,50	4,30	1,20	5,25	2,75	25,50	4,83	26,00	
M solteiro <sup>(5)</sup>	27,75	5,25	4,40	1,25	6,00	3,50	28,75	7,05	27,48	
CV%	72,36	24,67	9,18	41,37	46,52	46,73	49,56	47,32	43,14	
Produtividade de biomassa seca das gramíneas										
<i>U. brizantha</i> <sup>(1)</sup>							1887,27	bc		
<i>U. ruziziensis</i> <sup>(2)</sup>							1512,99	c		
<i>U. híbrida</i> <sup>(3)</sup>							2750,32	b		
<i>M. maximus</i> <sup>(4)</sup>							4479,20	a		
CV%							15,23			

<sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F em nível de 5 % de significância. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância. <sup>(1)</sup>*Urochloa brizantha* cv. Marandu; <sup>(2)</sup>*Urochloa ruziziensis*; <sup>(3)</sup>*Urochloa* híbrida DOW HD794; <sup>(4)</sup>*Megathyrsus maximus* cv. Aruana; <sup>(5)</sup>Milho Solteiro; <sup>(6)</sup>Matéria orgânica.

As alterações que ocorreram nos atributos químicos do solo, no decorrer do experimento, são consequências das adubações realizadas e do acúmulo de resíduos vegetais sobre o solo, proporcionados pelo SSD utilizado em associação à ILP. A decomposição desses resíduos propicia uma ciclagem de nutrientes e estimula a atividade biológica, que resulta em alterações na fertilidade do solo. Costa et al. (2015) observaram melhorias nos atributos

químicos do solo decorrentes do efeito das adubações nas culturas e da intensificação do uso da área agrícola com ILP sob SSD. Os resíduos de biomassa seca das plantas permitirão recuperar os teores de MOS a valores próximos ao original (WENDLING et al., 2005). No entanto, de maneira geral, os atributos químicos foram menores no final do experimento quando comparados à caracterização inicial da área (Tabela 1).

#### 4 CONCLUSÕES

O consórcio de gramíneas forrageiras com híbrido de milho PIONEER 30F35 não interferiu nas características agronômicas e produtivas do milho e, a *U. brizantha*, por apresentar elevada tolerância à deficiência hídrica, produziu a maior quantidade de biomassa seca na safra 2014/15.

O híbrido de milho DOW 2B710 apresenta menor vantagem competitiva em consórcio com as gramíneas forrageiras *U. brizantha* cv. Marandu e *Urochloa* híbrida em condições de déficit hídrico.

A gramínea forrageira *M. maximus* cv. Aruana, em condições climáticas favoráveis, produz maior quantidade de biomassa seca em consórcio com o híbrido de milho DOW 2B587, reduzindo a produtividade de grãos do cereal.

As gramíneas forrageiras interferiram positivamente na porosidade total, porcentagem de agregados >2mm e DMP.

Os tratamentos de milho em consórcio com gramíneas forrageiras apresentaram os menores teores de K durante o período de experimento e os maiores valores de Al na safra 2014/15.

## 5 LITERATURA CITADA

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p.717-723, set. 2001.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p.189-197, 2001.

ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; JUNIOR, E. F.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p.109-115, 2008.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.1075-1084, 2001.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p.211-222, 2009.

BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; DE MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p.1154-1160, 2011.

BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, p. 379-386, 2005.

BOENI, M.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SCARPINI, C.A.; BUENO, M. E. B. Densidade de raízes do milho e atributos do solo induzidos por pastejo e preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Rio de Janeiro, 1997. **Anais**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

BONINI, C. S. B.; LUPATINI, G. C.; ANDRIGHETTO, C.; MATEUS, G. P.; HEINRICH, R.; ARANHA, A. S.; SANTANA, E. A. R.; MEIRELLES, G. C. Produção de forragem e atributos químicos e físicos do solo em sistemas integrados de produção agropecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p.1695-1698, 2016.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p.163-171, 2007.

BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 1-2, p.3-22, 2005.

BUSATO, C.; BUSATO, C. C. M. Crescimento inicial da cultura do milho em cultivo consorciado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 307-316, 2011.

CARVALHO, D.B.; BELLO, M.; PISSAIA, A.; MORAES, A. de.; PELISSARI, A.; MARQUES, R.; BONA FILHO, A. Fertilidade do solo em integração lavoura-



pecuária na região de Guarapuava/PR. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.3, p. 57-65, 2005.

CARVALHO, A.M. & AMABILE, R.F. Cerrado: Adubação verde. Brasília, Embrapa Cerrados, 2006. 369p.

CECCON, G. Palha e pasto com milho safrinha em consórcio com braquiária. **Circular técnica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p.1101-1109, 2010.

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

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Lavras, 1999. 359 p.

Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira- grãos. **Monitoramento Agrícola Cultivos de verão, 2ª safra e de inverno – Safra 2014/15** v.2, n.10, jul. 2015.

CORREIA, N. M; LEITE, M. B; DANIEL, B. Efeito do consórcio de milho com *Panicum maximum* na comunidade infestante e na cultura da soja em rotação. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p.545-555, 2011.

CONTE, O.; WESP, C. L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p.579-587, 2011.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema

Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 3, p.852-863, 2015.

DANE, J. H.; HOPMANS, J. W. Water retention and storage. In: DANE, J.H ; TOPP, G.C. (Ed). **Methods of soil analysis: Part 4** – physical methods. Madison: American Society of America, p.671-720, 2002.

DANIELSON, R. E., SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical methods. SSSA Book Ser. 5.1. Madison: Soil Science Society of America, p.443-461, 1986.

DECAËNS, T.; BUREAU, F.; MARGERIE, P. Earthworm communities in a wet agricultural landscape of the Seine Valley (Upper Normandy, France). **Pedobiologia**, v. 47, n. 5-6, p.479-489, 2003.

DIAS FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p.65-68, 2002.

DOW SEMENTES. Guia de sementes 2016, p. 24-27. Disponível em: [http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh\\_0965/0901b803809657ef.pdf?filepath=br/pdfs/noreg/013-05181.pdf&fromPage=GetDoc](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_0965/0901b803809657ef.pdf?filepath=br/pdfs/noreg/013-05181.pdf&fromPage=GetDoc). Acesso em: 31 Out. 2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

FORTES, C. A.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; MORAES, A. R.; EVANGELISTA, A. R.; SOUZA, M. Níveis de silicato de cálcio e magnésio na produção das gramíneas Marandu e Tanzânia cultivadas em um Neossolo Quartzarênico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p.267-274, 2008.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p.22-30, 2007.

FREITAS, R. S.; PEREIRA, A. D.; LEÃO, P. C. L.; TICELLI, M.; KASAI, F.; SAWAZAKI, E.; CAZENTINI-FILHO, G.; MARTINS, A L. M.; BORGES, W. L. B.;

STRADA, W. L.; FINOTO, E. L.; OLIVEIRA, A. L.; VITOR, L. G.; TOKUDA, F. S.; PONTE, M. S. Desempenho de cultivares de milho convencionais na região norte/oeste do estado de São Paulo nas safras 2011/12 e 2012/13. **Nucleus**, Ituverava, v. 3, n. 3, p.117-124, 2013.

GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; DUTRA, A. C.. Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, n. 5, p.863-873, 2007.

GIMENES, M. J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E. P.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da Fzva**, Uruguaiana, v. 15, n. 2, p.61-76, 2008.

IKEDA, F. S.; VICTORIA FILHO, R.; MARCHI, G.; DIAS, C. T. S.; PELISSARI, A. Interferências no consórcio de milho com *Urochloa* spp. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p.1763-1770, 2013.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F. C. L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p.59-67, 2005.

JAKELAITIS, A.; DANIEL, T. A. D.; ALEXANDRINO, A.; SIMÕES, L. P.; SOUZA, K. V.; LUDTKE, J. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p.380-387, 2010.

KEMPER W. D, CHEPIL W. S. Size distribution of aggregates: In: Blake CA, Evans DD, White JL, Ensminger LE, Clark FE, editors. Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: **American Society of Agronomy**, Part I, p.499-510, 1965.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BACELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. **Circular Técnica**, 38. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 28p, 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 407-441, 2003.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, n. 5, p.1131-1140, 2007.

LOSS, A.; PEREIRA, M; G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN A.; ANJOS L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p.1269-1276, 2011.

MACEDO, M. C. M. Integração Lavoura e Pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 18, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.257-283, 2001.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, vol.42, n.6, pp.873-882, 2007.

MARTIUS, C.; TIESSEN, H.; VLEK, P. L. G. The management of organic matter in tropical soils: what are the priorities? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.61, n.1/2, p.1-6, 2001.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 37, n. 1, p.251-259, 2013.

OLIVEIRA, F.H.T. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SBCS. ALVAREZ, V. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. V.II, p.393-486.

PALM, C.A.; GILLER, K.E.; MAFONGOYA, P.L; SWIFT, M.J. Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.16, n.1/2, p.63-75, 2001.

PARIZ, C. M. ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p.360-370, 2009.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p.875-882, 2011.

PIRES, W. *Manual de pastagem: formação, manejo e recuperação*. Viçosa: **Aprenda Fácil**, 2006.

PIONEER SEMENTES. Híbridos de milho. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/30f35>.

Acesso em: 09 Fev. 2018.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p.562-568, 2006.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 284p, 2001.

RAMELLA, J. R. P.; BATTISTUS, A. G.; SILVA, C.; LIBARDI, K. D. C.; CASTAGNARA, D. D.; OLIVEIRA, P. S. R.; NERES, M. A. Influência do Sistema Lavoura-Pecuária com *Zea mays* L. e *Brachiaria brizantha* nas Variáveis Produtivas da Cultura Milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 2, p.96-104, 2013.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FABRÍCIO, A.C. & BROCH, D.L. Avaliação de atributos físicos e químicos do solo e rendimento de grãos na rotação lavoura-pastagem no sistema plantio direto. In: Congreso latinoamericano de la ciencia del suelo, 14., Temuco, 1999. **Suelo– Ambiente– Vida: resúmenes**. Temuco, Universidad de La Frontera, 1999.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; HERNANI, L. C. Rotação lavoura-pecuária no Sistema Plantio Direto. **Informe Agropecuário**, Dourados, MS, v.22, p.92-99, 2001.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C. Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 29**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 58 p, 2005.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 1, p.11-21, 2008.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. Sistema radicular de plantas e qualidade do solo. **Comunicado Técnico, 198**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, 2014.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p.70-79, 2014.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S.T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p.719-727, 2009.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; DREON, G. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração

- lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 3, p.474-482, 2011.
- SCHIAVO, J. A.; COLODRO, G. Agregação e resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 3, p.406-412, 2012.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.113-117, 1997.
- SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p.697-704, 2006.
- SILVA, R. F.; GUIMARÃES, M. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.46, n.10, p.1277-83, 2011.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p.3733-3740, 29, 2016.
- SILVEIRA, P. M.; SILVA, J. H.; LOBO JUNIOR, M.; CUNHA, P. C. R. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v.46, n.10, p.1170-1175, 2011.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; KLUTHCOUSKI, J. Influência das pastagens na melhoria dos atributos físico hídricos do solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.171-178, 2003.
- TRECENTI, R. Técnicas de consórcio ajudam na formação de palha para o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 86, 2005.
- TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo

intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 19, p. 105-111, 1991.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p.1127-1138, 2011.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p. 487-94, 2005.

YODER R. E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 28, n. 5, p.337-357, 1936.