

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PERDAS DE NUTRIENTES POR EROSÃO ENTRESSULCOS  
SOB PASTAGEM IRRIGADA EM UBERABA-MG**

**José Antonio Bessa**

**Zootecnista**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PERDAS DE NUTRIENTES POR EROSÃO ENTRESSULCOS  
SOB PASTAGEM IRRIGADA EM UBERABA-MG**

**José Antonio Bessa**

**Orientador: Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho**

**Co-orientador: Prof. Dr. José Carlos Barbosa**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Ciências do Solo).

**2012**

Bessa, José Antonio  
B p Perdas de nutrientes por erosão entressulcos sob pastagem irrigada em Uberaba-MG / José Antonio Bessa. -- Jaboticabal, 2013  
xii, 41 f. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Marcílio Vieira Martins Filho

Banca examinadora: Zigomar Menezes de Souza, Renato Farias do Valle Junior, Gener Tadeu Pereira, José Marques Junior

Bibliografia

1. Chuva simulada. 2. Cobertura vegetal. 3. Gramínea. 4. Modelagem. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CAMPUS DE JABOTICABAL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

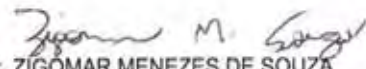
**TÍTULO:** PERDAS DE NUTRIENTES POR EROSÃO ENTRESSULCOS SOB PASTAGEM IRRIGADA EM UBERABA-MG

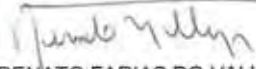
**AUTOR:** JOSÉ ANTONIO BESSA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO) , pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO  
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof. Dr. ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA  
Universidade Estadual de Campinas / Departamento de Água e Solo / Campinas/SP

  
Prof. Dr. RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR  
Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG

  
Prof. Dr. GENEZ TADEU PEREIRA  
Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof. Dr. JOSE MARQUES JUNIOR  
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 20 de dezembro de 2012.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**JOSÉ ANTONIO BESSA** – Filho de Nelo da Cunha Bessa e Mágnima de Oliveira Bessa, nascido em Veríssimo – MG em 13 de dezembro de 1961. Formou-se em Zootecnia pela Faculdade de Zootecnia de Uberaba – FAZU, em 1984. Especialista em Educação Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia e em Administração pela Faculdade de Ciências Econômicas do Triângulo Mineiro. Em 2004 obteve o título de Mestre em Educação Profissional Agrícola pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Servidor do quadro permanente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, atuando como Professor do ensino fundamental, básico, técnico e tecnológico desde 1986. Atualmente lotado na Reitoria, respondendo pela Diretoria de Extensão.

À minha esposa Creusa Maria, aos meus filhos Clayton e Nelo Eduardo e à minha mãe Mágnima de Oliveira Bessa.

## **DEDICO**

À memória de meu pai, Nelo da Cunha Bessa, aos meus irmãos Arquimedes, Lourival, Fátima e Nelo e a todos os familiares e amigos que sempre acreditaram e apoiaram a minha trajetória de vida.

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração direta e/ou indireta de muitas pessoas. Manifesto aqui minha gratidão primeiramente a Deus e a Jesus Cristo por me conceder vida e a possibilidade de contribuir com a sociedade. Minha gratidão também de forma particular:

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, UNESP, Câmpus de Jaboticabal;

Ao pesquisador e professor Dr. Marcílio Vieira Martins Filho pela orientação, ensinamentos, competência e paciência durante a realização do trabalho;

Ao professor Dr. José Carlos Barbosa pela coorientação nos momentos decisivos com extrema competência e paciência;

A banca de qualificação, composta pelos pesquisadores e professores: Dr. Marcílio Vieira Martins Filho, Dr. Gener Tadeu Pereira, Dr. Afonso Lopes, Dra. Carolina Fernandes e Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra pelas sugestões precisas e valiosas durante o exame geral de qualificação;

A Elisabete Ferreira Borges pela participação efetiva e competente na elaboração do projeto do DINTER, oportunizando assim a realização do mesmo;

Ao Professor Eurípedes Ronaldo Ananias Ferreira, ex Diretor Geral do IFTM, câmpus Uberaba e ex Reitor do IFTM, que acreditou e apoiou a parceria IFTM – UNESP câmpus Jaboticabal;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e à Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica – SETEC, do Ministério da Educação, pelo Programa - modalidade Dinter;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM, pela oportunidade desta pós-graduação;

Ao Reitor do IFTM, professor Dr. Roberto Gil Rodrigues Almeida pelo companheirismo e amizade;

Ao professor Dr. João Antonio Galbiatti e à professora Dr<sup>a</sup> Sueli Ciabotti pela coordenação do DINTER;

Aos pesquisadores e professores do curso Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, Dr. João Antonio Galbiatti, Dr. José Carlos Barbosa, Dra. Tereza Cristina Tarlé Pissarra, Dr. Manoel Evaristo Ferreira, Dr. Marcílio Vieira Martins Filho, José Eduardo Pitelli Turco, que participaram do programa Dinter, pela competência, dedicação e paciência com os Doutorandos;

Ao Prof. Dr. Renato Farias do Valle Junior pela contribuição no experimento;

Ao João Oliveira Alves pela amizade e pelo apoio;

A colega, Tomiko Yakabe Fantin, pelo companheirismo durante o Dinter;

Ao Odorival Fantin Sanchez pelo apoio durante o programa;

A Professora Dra. Mírian Tavares Dias Cardoso pela amizade, apoio e incentivo;

Ao Lucas Arantes Pereira do IFTM pelo companheirismo e apoio;

Aos colegas da pró-reitoria de extensão, Adriano, Cláudia, Gianna e Patrícia pelo apoio durante o curso;

A Lara, estagiária de comunicação do IFTM, pelo apoio.

Ao professor Dr. Humberto Marcondes Estevam pelo apoio e amizade;

A Alaíde Moreno pela amizade;

Aos membros da banca examinadora professor Dr. Marcílio Vieira Martins Filho, professor Dr. Zigomar Menezes de Souza, professor Dr. Renato Farias do Valle Junior, professor Dr. Gener Tadeu Pereira e professor Dr. José Marques Junior pelas valiosas contribuições.



## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMO - .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 HIPÓTESE .....	3
1.2 OBJETIVOS .....	3
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 PROCESSO DE EROÇÃO DO SOLO E SUA OCORRÊNCIA EM PASTAGENS.....	4
2.1.1 Erosão do solo .....	4
2.1.2 Irrigação de pastagens – algumas implicações.....	7
2.1.3 Utilização do Tifton - 85 em pastagem .....	9
2.2 PERDAS DE MATÉRIA ORGÂNICA E DE NUTRIENTES POR EROÇÃO EM ENTRESSULCOS	11
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
4.1 PERDAS DE SOLOS, MATÉRIA ORGÂNICA E NUTRIENTES NO SEDIMENTO ERODIDO .....	26
4.2 ANÁLISE GERAL DO PROCESSO DE EROÇÃO.....	31
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
TABELA 1. Estatísticas da precipitação total mensal (mm) e total anual (mm) na Estação Climatológica de Uberaba – MG, no período de 1914 a 2000.....	15
TABELA 2. Médias mensais e anuais da Umidade Relativa do ar (UR) de Uberaba-MG, no período de 1931 a 1994.....	16
TABELA 3. Valores médios dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,00 - 0,20 m. ....	17
TABELA 4. Concentrações de MO e nutrientes no sedimento erodido.....	28
TABELA 5. Equação ajustada da Taxa de enriquecimento do sedimento erodido (ER) por matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em função da cobertura do solo por gramínea (CS). ....	31
TABELA 6. Cargas fatoriais atribuídas a cada variável pelos fatores relação cobertura vegetal x processo de erosão e relação solo x planta.....	32
TABELA 7. Comunalidades das variáveis incluídas no modelo por fator e em conjunto.....	33

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa de localização do município de Uberaba-MG. ....	15
FIGURA 2. Mapa de localização do local do experimento. ....	16
FIGURA 3. Croqui da área experimental com o número de piquetes e sentido da ocupação pelos animais. ....	17
FIGURA 4. Vista do local do experimento. ....	18
FIGURA 5. Croqui com o grid da área do experimento e épocas com locais das simulações. ....	19
FIGURA 6. Croqui do quadro utilizado para sortear os percentuais de cobertura vegetal das parcelas. ....	20
FIGURA 7. Detalhe dos aspersores e do simulador em operação. ....	21
FIGURA 8. Calha coletora instalada na parte inferior do simulador de chuva. ....	22
FIGURA 9. Realização do CUC em parcela a ser submetida à simulação de chuva. ....	22
FIGURA 10. Filtragem e secagem do material coletado em estufa. ....	23
FIGURA 11. Taxa de erosão em entressulcos em função da cobertura do solo por gramínea. ....	26
FIGURA 12. Teor de argila no sedimento erodido em função da erosão em entressulcos. ....	27
FIGURA 13. Concentração de matéria orgânica, fósforo e magnésio em função do teor de argila no sedimento. ....	29
FIGURA 14. Concentração de matéria orgânica, fósforo e magnésio no sedimento erodido em função da taxa de erosão em entressulcos. ....	30
FIGURA 15. Distribuição das unidades nos dois primeiros componentes principais. ....	33

## PERDAS DE NUTRIENTES POR EROSÃO ENTRESSULCOS SOB PASTAGEM IRRIGADA EM UBERABA-MG

**RESUMO** - O processo de erosão do solo é reconhecido como o mais grave dos problemas de degradação ambiental, tornando-se um fator limitante para a produção agropecuária em pastagens mal manejadas. O objetivo deste trabalho foi o de quantificar as perdas de solo, de nutrientes (P, K, Ca e Mg) e de matéria orgânica (MO) por erosão em entressulcos e calcular a taxa de enriquecimento desses elementos no sedimento erodido, em área de pastagem irrigada, com capim Tifton-85, com lotação animal rotacionada, em latossolo vermelho, na região de Uberaba-MG. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com os tratamentos no esquema fatorial (4 x 2), com quatro níveis de cobertura de solo pela gramínea (0%, 25%, 50% e 100%), duas épocas (um e 20 dias após a saída dos animais da área) e três repetições, totalizando 24 parcelas. As parcelas, com 0,50 m de largura e 0,75 m de comprimento, foram submetidas a chuva simulada com intensidade da média de 60 mm h<sup>-1</sup>, durante 65 minutos. Os resultados apontam para uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) de perdas de solo e de MO, P, K e Mg no sedimento erodido com o aumento da cobertura de solo pela gramínea. A taxa de enriquecimento dos mesmos no sedimento erodido, em área de pastagem irrigada de tifton – 85, com lotação animal rotacionada, são reduzidas quando o percentual de cobertura de solo for superior a 13,7; 27,3; 53 e 72%, para MO, P, K e Mg, respectivamente.

**Palavras-chave:** chuva simulada, cobertura do solo, gramínea, modelagem

## NUTRIENTS LOSSES BY INTERRILL EROSION UNDER IRRIGATED PASTURE IN UBERABA-MG

**ABSTRACT** - The process of soil erosion is recognized as the most serious problem of environmental degradation, becoming a limiting factor for agricultural production in poorly managed pastures. The aim of this study was to quantify soil losses, nutrients (P, K, Ca and Mg) and organic matter (OM) by interrill erosion and calculate the enrichment of these elements in the eroded sediment in irrigated pastures areas with Tifton-85 grass, with animal rotational stocking in oxisol in the region of Uberaba-MG. The experimental design was completely randomized (CRD) with treatments in a factorial scheme(4 x 2) with four levels of soil covering by the grass (0%, 25%, 50% and 100%), two times (one and 20 days after the removal of the animals from the area) and three replications, totaling 24 fractions. Fractions with 0.50 m wide and 0.75 m long, were subjected to simulated rain with average intensity of 60 mm h<sup>-1</sup> for 65 minutes. The results point to a significant reduction ( $p < 0.05$ ) of soil loss and organic matter, P, K and Mg in the eroded sediment with increasing of ground covering by the grass. The rate of enrichment of the organic matter, P, K and Mg in the eroded sediment, in irrigated pasture areas with Tifton - 85, with animal rotational stocking are reduced when the percentage of ground covering is greater than 13.7; 27.3; 53 and 72% for OM, P, K and Mg, respectively.

**Keywords:** simulated rainfall, soil covering, grass, modeling



## 1 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira sofre uma dependência muito grande do uso de forrageiras tropicais como alternativa de alimentação de ruminantes em virtude do seu baixo custo de produção, alto potencial produtivo e da sua boa adaptação às diversas regiões brasileiras. Calcula-se que aproximadamente 96% do plantel de bovinos brasileiros sejam manejados única e exclusivamente em pastagens (ANUALPEC, 2007).

Preocupações surgem com a degradação das pastagens que é uma das principais limitações para a sustentabilidade da atividade pecuária em regiões tropicais, causando grandes prejuízos econômicos e ambientais (DIAS-FILHO, 2006). Há estimativas que indica que entre 50 e 80% das pastagens cultivadas nos cerrados apresentam variados graus de degradação, o que resulta em baixa produtividade (BROSSARD; BARCELOS, 2005).

Qualquer critério que seja proposto para avaliar o estágio de degradação de uma pastagem, independente da espécie forrageira tem que, necessariamente, considerar esses dois parâmetros: diminuição da produção e mudança na composição botânica. Uma terceira medida, quando a degradação se apresenta em grau mais avançado, é a estabilidade do solo (grau de erosão) (NASCIMENTO JUNIOR; QUEIROZ; SANTOS, 1994).

A erosão é um processo de desprendimento, arraste e deposição de partículas do solo. Este processo é descrito como físico energético gerado a partir das interações de agentes ativos (vento e chuva) e passivo (solo) do sistema natural (CASSOL; REICHERT, 2002). Mundialmente a erosão do solo é reconhecida como o mais grave dos problemas de degradação ambiental. Áreas de pastagens mal manejadas têm sido afetadas pela incidência deste fenômeno. Associado à erosão há perdas do potencial de uso do solo para fins de produção agropecuária, como um reflexo das perdas de matéria orgânica, nutrientes e água durante o processo erosivo do solo.

Na bacia rio Uberaba 38,37% das áreas em uso com lavouras e pastagens expõem o solo a uma maior erosão (VALLE JÚNIOR et al., 2010). Os referidos autores verificaram, ainda, que 37% da área total da mesma bacia (905,24 km<sup>2</sup>) sofrem perdas de solo acima do limite de tolerância à erosão. Disto decorre um

grande problema ambiental, visto ser a erosão em entressulcos uma fonte difusa de poluição.

O processo de erosão em entressulcos é um dos principais fatores que contribui para a diminuição da produtividade e sustentabilidade dos solos agrícolas, podendo acarretar sua degradação (CASSOL; REICHERT, 2002), uma vez que reduz a capacidade produtiva das culturas, além de causar sérios danos ambientais, tais como o assoreamento e a poluição das fontes de água (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003). Este processo está frequentemente associado com o enriquecimento do sedimento por frações finas do solo de baixa densidade, como silte, argila, P e C adsorvidos ao material erodido (KUHN et al., 2010) ou solubilizados na água perdida pelo escoamento superficial (PELLEGRINI et al., 2008).

A cobertura vegetal, os sistemas de manejo e cultivo, a quantidade e o método de aplicação dos fertilizantes e corretivos no solo, a topografia, o volume e a intensidade do escoamento superficial, são os principais fatores que influenciam as perdas de nutrientes e carbono orgânico, pois afetam o teor dos mesmos na água e nos sedimentos e afetam a perda total de água e de sedimentos perdidos por erosão (PELLEGRINI et al., 2008).

Neste sentido as pastagens formadas com forrageiras da espécie *Cynodon dactylon* cv. Tifton-85 podem contribuir com a redução da erosão nas áreas ocupadas pela pecuária brasileira visto que a cobertura de solo associa o efeito da cobertura vegetal oferecida pelo dossel e pela cobertura vegetal em contacto direto com a superfície do solo (estolões superficiais e materiais orgânicos não aproveitados pelos animais).

A irrigação de pastagens é uma técnica relativamente recente no Brasil e tem por objetivo proporcionar uma umidade no solo de fácil disponibilidade às plantas, para que os vegetais tenham condições de um maior desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, uma elevada produção de massa (PINHEIRO, 2002).

Em de áreas irrigadas por pivô central recém implantadas, os pecuaristas brasileiros têm alcançado taxas de lotação de 10 UA ha<sup>-1</sup> na primavera-verão e de 6 UA ha<sup>-1</sup> no outono-inverno e ganhos médios de 800 g UA<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Em pastagens não irrigadas, a taxa de lotação é de 8 UA ha<sup>-1</sup> na primavera-verão é de 1,0 a 1,5 UA ha<sup>-1</sup> no outono-inverno (DRUMOND; FERNANDES, 2001).



Vários autores têm avaliado perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica em diferentes sistemas de uso e manejo do solo (MARTINS FILHO, et al., 2009; GILLES, et al., 2009; BERTOL, et al., 2011; SOUSA; MARTINS FILHO; MATIAS, 2012). Outros autores como Quinton; Cattb e Hess, (2001) e Kuhn et al. (2010) apontam para a necessidade de um melhor entendimento dos efeitos do padrão de erosão nas perdas de sedimento e substâncias químicas com a enxurrada, entretanto o presente trabalho justifica-se pois, poucos são os estudos de erosão em área de pastagem irrigada formada com forrageira com hábito de crescimento estolonífero, especificamente o tifton 85 (*Cynodon spp*).

### **1.1 Hipótese**

A hipótese do presente trabalho é que as perdas de solo, de nutrientes e de matéria orgânica por erosão em entressulcos em latossolo vermelho, na região de Uberaba-MG, sob pastagem de tifton – 85, irrigada, com lotação animal rotacionada, são reduzidas com o aumento da altura do dossel e da cobertura de solo pela gramínea.

### **1.2 Objetivos**

O objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas de solo, de nutrientes (P, K, Ca e Mg) e de matéria orgânica (MO) por erosão em entressulcos e calcular a taxa de enriquecimento desses elementos no sedimento erodido, em área de pastagem, com capim Tifton-85, irrigada, com lotação animal rotacionada, em latossolo vermelho, na região de Uberaba-MG.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Processo de erosão do solo e sua ocorrência em pastagens

#### 2.1.1 Erosão do solo

A erosão do solo é um fenômeno complexo, que envolve o desprendimento, arraste e deposição de suas partículas. Este processo é descrito como físico energético gerado a partir das interações de agentes ativo (vento e chuva) e passivo (solo) do sistema natural, como a resistência que o solo exerce à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal (BERTOL et al., 2007). Dependendo das características desses agentes e suas interfaces, este processo pode transformar em trabalho, originando as perdas significativas de solo, água e outras substâncias do solo como demonstram trabalhos de Bertol et al. (2007); Martins Filho et al. (2009) e Sousa; Martins Filho e Matias, (2012).

Na erosão hídrica o processo pode ser descrito da seguinte forma: com o início da chuva, parte do volume precipitado é interceptada pela vegetação e parte atinge a superfície do solo, provocando o umedecimento dos seus agregados e reduzindo suas forças coesivas (BERTOL et al., 2007). Com a continuidade da ação da chuva, pode ocorrer a desintegração dos agregados, com consequente desprendimento de partículas menores (KUHNS et al., 2010). A desagregação do solo provocada pelo impacto das gotas da chuva e o seu transporte por um fino fluxo superficial constituem a fase mais importante do processo de erosão (SOUSA; MARTINS FILHO; MATIAS, 2012; SILVA et al., 2012).

A quantidade de solo desestruturado aumenta com a intensidade da precipitação, a velocidade e o tamanho das gotas (PRUSKI et al., 1997). Os nutrientes que se encontram no solo podem ser removidos por estarem adsorvidos às partículas sólidas (minerais e orgânicas) e dissolvidos na água do escoamento superficial (QUINTON; CATTB; HESS, 2001; PELLEGRINI et al., 2008).

As concentrações no material integral da erosão (partículas de solo + água de escoamento superficial), entretanto, variam com o regime de chuva, com o tipo de solo e com os seus teores atuais neste último (PRUSKI et al., 1997). Estes teores, para um mesmo local e tipo de solo, variam com as práticas de manejo agrícola empregadas, com os diferentes sistemas de cultivo, métodos de preparo do solo e

semeadura das culturas e tipos, quantidades, frequências e formas de aplicação de fertilizantes e corretivos (COGO; LEVIEN; SCHAWARZ, 2003; BERTOL et al., 2007).

Em sistemas de conservação do solo como plantio direto e cultivo mínimo a erosão é reduzida, entretanto, as perdas de solos e nutrientes em áreas de pastagens são pouco relatadas e podem ser significativamente elevadas, porque existem diversas espécies forrageiras com diferentes hábitos de crescimento o que, muitas vezes não permite uma cobertura total do solo e, a forma de aplicação de corretivos e fertilizantes em pastagem estabelecida se dá pela sua distribuição superficial no solo (BERTOL et al., 2004).

No processo de erosão hídrica, os agentes ativos são representados pelas características das chuvas, declividade do terreno, comprimento da rampa da encosta e capacidade de retenção de água no solo, enquanto que os agentes passivos são representados pela resistência que o solo exerce a ação erosiva e a densidade da cobertura vegetal (CANTALICE et al., 2009).

Entre as diversas variáveis que interferem no processo de erosão, a cobertura vegetal é, reconhecidamente, o fator isolado que exerce maior influência, por proporcionar um efeito protetor para o solo contra o impacto da gota de chuva (BERTOL, 2005). A importância da cobertura vegetal na proteção do solo contra o impacto das gotas de chuvas é destacada por Perin et al. (2004) e na redução significativa das perdas de solo e água por Amorim (2003).

Segundo Silva et al. (2012), o efeito da cobertura vegetal do solo sobre a erosão pode ser: tipo I ( $C_{ii}$ ), relativo à cobertura vegetal oferecida pelo dossel; tipo II ( $C_{iii}$ ), relativo à cobertura vegetal em contato direto com a superfície do solo; e, tipo III ( $C_{iiii}$ ), efeito da incorporação de resíduos vegetais ao solo em função do seu uso e manejo.

O efeito tipo I é aquele decorrente da interceptação das gotas da água da chuva propiciada pelo dossel ou parte aérea das culturas, o qual é dependente da altura e densidade do dossel. A cobertura em contato direto com a superfície do solo, efeito tipo II, permite que a energia cinética das gotas da chuva seja dissipada junto à superfície, além de constituir-se num obstáculo à ação cisalhante da enxurrada. O efeito tipo III é aquele resultante dos resíduos incorporados e do efeito residual do uso e manejo do solo na desagregação e transporte de sedimentos erodidos (MARTINS FILHO et al., 2004).

A presença da cobertura vegetal auxilia no amortecimento do impacto das gotas de chuva e na redução da velocidade do escoamento superficial, minimizando as perdas de água e solo. Como o clima (principalmente a precipitação pluvial), o solo (resistência à dispersão e sua taxa de infiltração de água) e a topografia não podem ser modificados, a cobertura do solo assume um importante papel no controle da erosão provocada pela chuva (WILDNER, 1985). Segundo Pruski et al. (1997) outra vantagem que a boa cobertura do solo apresenta é a inibição de plantas daninhas, o que auxilia na redução da degradação da pastagem.

A presença da cobertura vegetal do solo aumenta a rugosidade hidráulica dessa superfície, o que reduz a velocidade e a profundidade do fluxo de enxurrada (MARTINS FILHO, 2007) e também a quantidade de água interceptada, amortecendo a energia do impacto das gotas de chuva, reduzindo a desagregação dos agregados, a obstrução dos poros e o selamento superficial do solo (PRUSKI, et al., 1997).

As perdas de solo e água foram reduzidas significativamente com a presença da cobertura vegetal, alcançando 95% e 68%, respectivamente, quando as perdas observadas nas parcelas com cultivo de milho morro abaixo foram comparadas com aquelas observadas na parcela com solo descoberto e preparado no sentido do declive (AMORIM, 2003).

Os resultados obtidos por Pinese Junior, Cruz e Rodrigues (2008) sobre a influência da cobertura vegetal na proteção do solo contra a erosão hídrica comprovaram a importância das gramíneas na proteção do solo, favorecendo a interceptação das chuvas, infiltração e a diminuição do escoamento superficial.

Em áreas de campo nativo, no sul do Brasil, com dominância da gramínea denominada capim-caninha (*Andropogon lateralis* L.), a diminuição da cobertura do solo devido à queima da vegetação ocasionou aumento de 49 % na taxa máxima de enxurrada em relação à ausência de queima. Isso indica que houve influência da parte aérea da massa vegetal do campo nativo na interceptação e retenção superficial de água da chuva e na infiltração de água no solo (BERTOL et al., 2011).

O efeito de gramíneas e leguminosas no controle de erosão foi avaliado por Dechen, Lombardi Neto e Castro (1981), os quais observaram que: as perdas de solo variaram de 0,1 a 35,0 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, e as perdas de água de 0,6 a 8,8 %, sendo as menores perdas de solo e água para as gramíneas e as maiores para as

leguminosas, mostrando uma maior eficiência das gramíneas na proteção do solo contra erosão.

### 2.1.2 Irrigação de pastagens – algumas implicações

A irrigação da pastagem, dentre outros fatores como o manejo da adubação, temperatura e luminosidade, surge como alternativa para minimizar as perdas de produtividade pela estacionalidade na produção da forrageira, eliminando o efeito do estresse hídrico sofrido pela cultura durante a época das secas e mantendo a taxa de lotação outono-inverno o mais próximo possível da alcançada na primavera-verão (AZEVEDO; SAAD, 2009).

A prática da irrigação da pastagem poderia reduzir custos de produção e tempo de trabalho para alimentar o rebanho, comparada a outras alternativas de suplementação no outono-inverno, tais como a silagem e o feno. Isso ocorre pela utilização de menor área, uso de água de baixa qualidade e possibilidade de prolongar o período de pastejo durante a estação seca (DRUMOND et al., 2006).

A resposta de cinco cultivares de *Panicum maximum* (capim-mombaça, capim-tanzânia, capim-guiné, capim-colonião e capim-centauro) à irrigação e à adubação nitrogenada (50, 75 e 100 kg N<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>) foi avaliada durante o período de um ano por Souza et al. (2005). Os autores observaram que a irrigação aumentou a produção de todas as forrageiras avaliadas, sendo que a melhor resposta, com aumento de aumento de 14,3 t MS ha<sup>-1</sup>, foi obtida com o capim-mombaça.

Em trabalho que teve como objetivo avaliar a cobertura do solo e altura de planta em seis gramíneas (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, *Pennisetum purpureum* cv. Pioneiro, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Cynodon nlemfuensis* L. cv. Estrela) manejadas por corte sob efeito de diferentes lâminas de irrigação e estações do ano, Alencar et al. (2009) concluíram que o *Cynodon* proporcionou maior cobertura ao solo e que a cobertura solo não é afetada pelas estações anuais e responde positivamente ao aumento da lâmina de irrigação. Nas estações outono / inverno o aumento da lâmina de irrigação proporciona aumento na altura de planta.

Em se tratando de pastagens irrigadas em sistemas de pastejo rotacionado ou em campos de produção de feno, as restrições físicas podem levar a redução da

produtividade em resposta à irrigação, o que se deve à aeração deficiente sob condições de elevados conteúdos de água no solo (MAGALHÃES et al., 2009).

Diversas técnicas têm sido utilizadas no intuito de obter incremento da produção das pastagens, como as técnicas de adubação, a adoção de diferentes sistemas de pastejo e, ultimamente, a irrigação (LIMA et al., 2004). No entanto, a irrigação em pastagens pode facilitar a compactação do solo, uma vez que os maiores efeitos do pisoteio de animais são evidenciados principalmente quando o solo encontra-se com umidade elevada (LIMA et al., 2004).

A compactação do solo promovida pelo pisoteio animal e pelo tráfego de máquinas é um dos grandes entraves à obtenção de elevadas produtividades das pastagens (LIMA et al., 2004), levando à queda da sua capacidade de suporte animal, por reduzir gradativamente o vigor da forrageira e aumentar os processos erosivos do solo. Assim, torna-se necessário adequar o manejo aos fatores fitotécnicos, zootécnicos e edáficos dos sistemas de produção, para que seja evitada a sua degradação (OLIVEIRA; SEVERIANO; MELO, 2007).

Em área cultivada com capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido em um Argissolo Vermelho, Lima et al. (2004) verificaram que a maior compactação inicial verificada no sistema de pastejo rotacionado intensivo irrigado favoreceu o deslocamento das curvas de compressão uniaxial para valores superiores de densidade do solo.

A elevação do número de animais por unidade de área de pastagem mostra a possibilidade do aumento generalizado da densidade do solo e da redução da macroporosidade do solo o que pode segundo Maia (2003), limitar a produtividade e aumentar o processo de degradação ambiental.

Com relação à melhoria estrutural do solo, os maiores benefícios das gramíneas estão relacionados à alta densidade e à periódica renovação radicular, além da liberação de exsudatos na rizosfera que estimulam a atividade microbiana, levando à formação e à estabilização dos agregados do solo (SILVA; MIELNICZUK, 1997).

Outro benefício das gramíneas na descompactação do solo foi apresentado por Severiano et al. (2010). Com base no conhecimento de valores de pressão de preconsolidação e modelos de capacidade de suporte de carga do solo, o potencial de descompactação de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico muito argiloso promovido pelo capim-tifton 85, em condições de casa de vegetação e os efeitos da

compactação do solo sob a produção desta forrageira os autores concluíram que nas condições do estudo o mesmo promoveu a descompactação do referido solo.

Por outro lado, o uso de plantas que atuam como descompactadoras do solo constitui-se importante estratégia de manejo em sistemas intensivos de produção, fazendo-se oportuno o conhecimento a respeito da adaptabilidade e eficiência de recuperação da qualidade estrutural de solo por parte da espécie vegetal a ser utilizada (SEVERIANO et al., 2010). Espécies de plantas com sistema radicular bastante agressivo, além de oferecerem proteção da superfície do solo formam canais responsáveis pelo aumento do movimento de água e a difusão de gases. As plantas ditas descompactadoras apresentam potencial de rompimento de camadas de impedimento mecânico uniformemente, além de contribuírem para a melhoria do estado de agregação do solo (SEVERIANO et al., 2010).

### **2.1.3 Utilização do Tifton - 85 em pastagem**

Para cada tipo de solo, nível tecnológico utilizado e produtividade potencial esperada, existe uma espécie ou cultivar de gramínea mais indicada. A escolha da melhor espécie forrageira deve ser precedida de um diagnóstico, por meio do qual se considera o histórico da área, o tipo de solo e suas condições, bem como as condições climáticas da região, que também são fatores importantes a se considerar (PERON; EVANGELISTA, 2003).

A maioria dos produtores procura uma forrageira que seja produtiva, tolerante ao frio, à seca, ao encharcamento, às pragas e às doenças; que seja rústica, produtiva em solos pobres, apresente respostas nítidas à fertilização, persista sob altas pressões de pastejo, multiplique-se por sementes, agressiva na formação e que permita formar pastagens mistas ou consorciadas. Características difíceis de serem reunidas em uma mesma forrageira (PERON; EVANGELISTA, 2003).

Com relação às características específicas de cada espécie de gramínea como instrumento de proteção do solo contra a erosão as informações são escassas. Embora não especificando o cultivar do *Panicum maximum*, seu estágio de degradação, o manejo adotado e a sua altura no momento em que foi realizado o experimento para quantificação da erosão com diferentes declives, Inácio et al. (2007) verificaram que as taxas de desagregação foram maiores no solo descoberto em relação ao solo com cobertura, independentemente do declive.

Gramíneas do gênero *Cynodon* apresentam diversas características desejáveis a uma planta forrageira tais como: são perenes; estoloníferas e rizomatosas; possuem alta produtividade, grande participação de folhas na massa total, alta densidade populacional garantindo uma grande ocupação do terreno; rápida formação do estande inicial da pastagem, em função do vigoroso crescimento dos rizomas e estolões, ocupando rapidamente o solo e, quando bem manejadas proporcionam uma grande presença de estolões e rizomas possibilitando uma vasta cobertura do solo, o que dificulta a ocorrência de erosões (BURTON; GATES; HILL, 1993). Entre as forrageiras utilizadas na formação de pastagens as gramíneas do gênero *Cynodon* são detentoras de boas características para o auxílio no controle da erosão hídrica do solo (ALVIM et al., 1998).

Dentre as forrageiras do gênero *Cynodon* destaca-se a *Cynodon* spp cv Tifton 85 – Bermudagrass que é resultado do cruzamento do Tifton 68 com a introdução PI 290884, proveniente da África do Sul (HILL; GATES; BURTON, 1993). É um capim recomendado para fenação e pastejo, em decorrência da boa relação lâmina foliar/colmo que possui. Apresenta boa resistência a doenças, ao déficit hídrico, ao fogo e baixa resistência à acidez (VILELA; ALVIM, 1996). Apresenta características como porte mais elevado, colmos mais compridos, folhas mais extensas e de coloração verde mais escura e estolões que se expandem rapidamente, possuindo rizomas grandes e em menor número do que as das outras cultivares deste gênero. (BURTON; GATES; HILL, 1993).

Segundo Alvim et al., (1996) o Tifton 85 tem alta exigência em fertilidade do solo, não sendo recomendado para solos ácidos e pobres em nutrientes. Tem maior custo inicial devido a sua implantação ser realizada apenas por mudas. Não difere muito de outras forrageiras quanto à sazonalidade de produção (76% concentra-se em seis meses do ano) limitando a sua utilização em determinadas épocas.

A gramínea Tifton-85 é uma forrageira que apresenta grande velocidade de resposta a fatores químicos do solo, graças à alta densidade do seu sistema radicular (ALVIM et al., 1996). Desde que tenha condições adequadas de fertilidade e umidade ela continua a se desenvolver em dias curtos e frios até o limite de 4°C.

Todas as práticas utilizadas para prevenir a erosão hídrica têm como princípio evitar o impacto das gotas da chuva com o solo, evitar o escoamento superficial e propiciar condições para a infiltração de água (CASSOL; REICHERT, 2002). Condições oferecidas pela gramínea tifton-85 (BURTON; GATES; HILL, 1993).



## 2.2 Perdas de matéria orgânica e de nutrientes por erosão em entressulcos

As perdas de matéria orgânica e nutrientes por erosão em entressulcos têm sido tratadas em diversos experimentos (MARTINS FILHO et al., 2009; SOUSA; MARTINS FILHO; MATIAS, 2012), numa perspectiva de buscar alternativas para o desenvolvimento de novas técnicas de manejo para a redução de seus efeitos.

Deste processo os nutrientes de plantas e matéria orgânica perdidos são responsáveis pelo empobrecimento do solo no local de origem da erosão e conseqüente redução da produtividade das culturas, na proporção de cerca de 4 vezes a cada 10 cm de solo perdido (SOUSA; MARTINS FILHO; MATIAS, 2012), bem como pela contaminação ambiental fora do local da erosão (SCHICK et al., 2000).

A concentração de nutrientes na enxurrada depende da concentração destes na camada mais superficial do solo, a qual é influenciada pela sua fertilidade natural e pela quantidade, pelo tipo, pela forma de aplicação dos fertilizantes e corretivos no solo (BERTOL, 2005). Assim, as perdas totais de nutrientes por erosão hídrica são resultantes das quantidades totais de solo perdido, da concentração destes no solo original e dos teores dos referidos nutrientes na água removida no processo erosivo (GUADAGNIN et al., 2005).

Em áreas de pastagens estabelecidas, assim como no sistema de semeadura direta, a não inversão da camada superior do solo tem proporcionado o acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo, sendo que tal situação produz um potencial para uma maior perda de nutrientes, uma vez que na superfície do solo estes são facilmente transportados pelo escoamento superficial (SHARPLEY et al., 1994).

Segundo Cassol et al. (2002) em uma situação de implantação de espécies melhoradas da pastagem nativa em que o calcário e os fertilizantes utilizados são aplicados superficialmente, sem incorporação ao solo, quantidades significativas de nutrientes podem ser perdidas com as águas que escoam nas enxurradas. Aspecto fundamental do ponto de vista de que os nutrientes aplicados por meio das adubações ficam concentrados na superfície do solo, o que facilita suas perdas com material integral da erosão (BERTOL, 2005).

A associação das partículas de solo com a água de escoamento superficial irá favorecer a dissolução dos corretivos e fertilizantes na água que se encontra retida nas microdepressões de armazenamento superficial e nos resíduos culturais, bem

como o seu transporte subsequente via escoamento superficial, o que, sobremaneira, favorece a perda de nutrientes por erosão, mais do que se eles tivessem sido incorporados ao solo (BERTOL, 2005). Isto pode ocasionar problemas de queda na produtividade das forragens e de poluição ambiental, cujos efeitos são acumulativos ao longo dos anos (CASSOL; REICHERT, 2002).

O processo de remoção dos nutrientes com a erosão do solo tende a ser seletivo, uma vez que a matéria orgânica e as partículas mais finas do solo, ambas ricas em nutrientes, são mais vulneráveis às perdas do que as frações mais grosseiras do solo. A matéria orgânica é o primeiro constituinte do solo a ser removido pela erosão, por causa de sua maior concentração na superfície do solo e de sua baixa densidade. Além disto, os teores de nutrientes são mais elevados no sedimento perdido em relação à composição química original do solo (CASSOL; REICHERT, 2002).

Os nutrientes das plantas como fósforo, potássio, cálcio e magnésio perdidos por erosão hídrica podem significar expressiva perda monetária, na forma de adubos e calcário que foram adicionados ao solo (SOUSA; MARTINS FILHO; MATIAS, 2012), com conseqüente aumento no custo de produção das culturas.

Em áreas com cana de açúcar submetidas ao manejo de colheita da cana crua e da cana queimada, Andrade (2009), em análise da valoração econômica das perdas de nutrientes por erosão, verificou que a cana crua apresentou o melhor retorno técnico e econômico em virtude de proporcionar melhor conservação do solo e da água.

A quantidade de fósforo transportado no escoamento superficial pode tornar-se concentrada pelo fato de estar fortemente adsorvido aos minerais de argila, especialmente aos óxidos de ferro e alumínio, e, ou, complexados à matéria orgânica, possui baixa mobilidade no solo, sendo, por isto, removido preferencialmente junto com os sedimentos da erosão, comparados à sua remoção junto à água da enxurrada (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003).

Os teores de fósforo na camada superficial do solo apresentaram correlação linear e positiva com os teores desse elemento nos sedimentos presentes na água da enxurrada (SCHICK et al., 2000). Leite (2003) observou que os teores de fósforo, potássio e carbono orgânico nos sedimentos do escoamento relacionaram-se direta e positivamente com a composição química da camada de 0,0 cm – 2,5 cm de profundidade do solo de onde o sedimento se originou. Como grande parte do

fósforo se encontra associada com a superfície de partículas do solo, a erosão é provavelmente, um importante mecanismo do seu deslocamento de áreas agrícolas. (BERTOL, 2005).

Assim como acontece com o fósforo, a perda de potássio do solo por erosão hídrica está mais associada ao sedimento, sendo sua concentração na água do escoamento superficial ou enxurrada geralmente baixa (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003). Bertol et al. (2004) relataram maiores concentrações de potássio no sedimento da erosão do que na água do escoamento superficial, em virtude da sua alta concentração no solo, decorrente da aplicação de fertilizantes. Além disso o potássio é um dos nutrientes mais lixiviados dos tecidos vegetais, uma vez que ele se encontra em componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas. Esta lavagem do potássio dos tecidos das plantas pela água da chuva também contribui para sua maior concentração na camada mais superficial do solo (VIEIRA; COGO; CASSOL, 1978).

A remoção do cálcio e magnésio do solo por erosão hídrica ocorre, principalmente, adsorvidos às suas partículas sólidas (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003; MARTINS FILHO et al., 2009). As quantidades perdidas por erosão hídrica são influenciadas pelas perdas totais de solo e das suas concentrações no referido solo (LEITE et al., 2004).

No que se refere à maneira em que acontece a perda da maioria dos nutrientes de plantas por erosão hídrica do solo, verifica-se que ocorre principalmente pela sua adsorção às suas partículas minerais e orgânicas, podendo, pois a sua remoção ser minimizada por meio do controle adequado da erosão (BERTOL, 2005). Entretanto, em áreas de pastagens estabelecidas, mesmo adotando práticas conservacionistas, segundo Bertol (1994), nem sempre é possível reduzir a perda de nutrientes, em virtude de suas possíveis altas concentrações nas camadas mais superficiais do solo e possibilidades de serem removidos, essencialmente, dissolvidos na água da enxurrada, mesmo que ela esteja isenta ou com baixa carga de sedimentos.

Nas áreas que apresentam elevada cobertura e/ou rugosidade superficial, as perdas de solo e água são reduzidas, o que pode diminuir as perdas de nutrientes por erosão (BERTOL, 1994). Em pastagens estabelecidas como não ocorre o revolvimento do solo na sua manutenção possibilita a permanência da cobertura vegetal e o material orgânico não aproveitado pelos animais na sua superfície, o que

diminui a perda de solo, água e de nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio por erosão em entressulcos (ALENCAR et al., 2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental situa-se no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), no Município de Uberaba-MG (Figura 1), nas coordenadas geográficas de 19° 39' 19" latitude sul e 47° 57' 27" longitude oeste (Figura 2) e a 795 metros de altitude. O clima é classificado como Aw, tropical quente, segundo a classificação de Köppen, apresentando inverno frio e seco. A precipitação média anual é de 1584,2 mm (Tabela 1) para uma série histórica de 62 anos (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES, 2003), a temperatura média anual é de 22,6°C e a umidade relativa do ar média, segundo Uberaba em dados (2009) é de 71,5% (Tabela 2). O relevo é predominantemente suave ondulado com declividade média variando de 2 a 8%.



FIGURA 1. Mapa de localização do município de Uberaba-MG.

TABELA 1. Estatísticas da precipitação total mensal (mm) e total anual (mm) na Estação Climatológica de Uberaba – MG, no período de 1914 a 2000.

<b>Mês</b>	<b>Amostras</b>	<b>Valor médio</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
Janeiro	62	283,6	118,8	541,0
Fevereiro	62	221,2	42,8	453,2
Março	62	199,9	28	616,0
Abril	62	101,7	0	268,1
Maio	62	45,2	0	177,7
Junho	62	20,2	0	100,6
Julho	62	13,7	0	83,6
Agosto	62	12,5	0	78,4
Setembro	62	62,3	0	242,7
Outubro	62	140,5	0	410,0
Novembro	62	201,7	54,3	438,9
Dezembro	62	281,1	119,3	438,5
<b>Anual</b>	<b>62</b>	<b>1584,2</b>	<b>1193,2</b>	<b>2158,6</b>

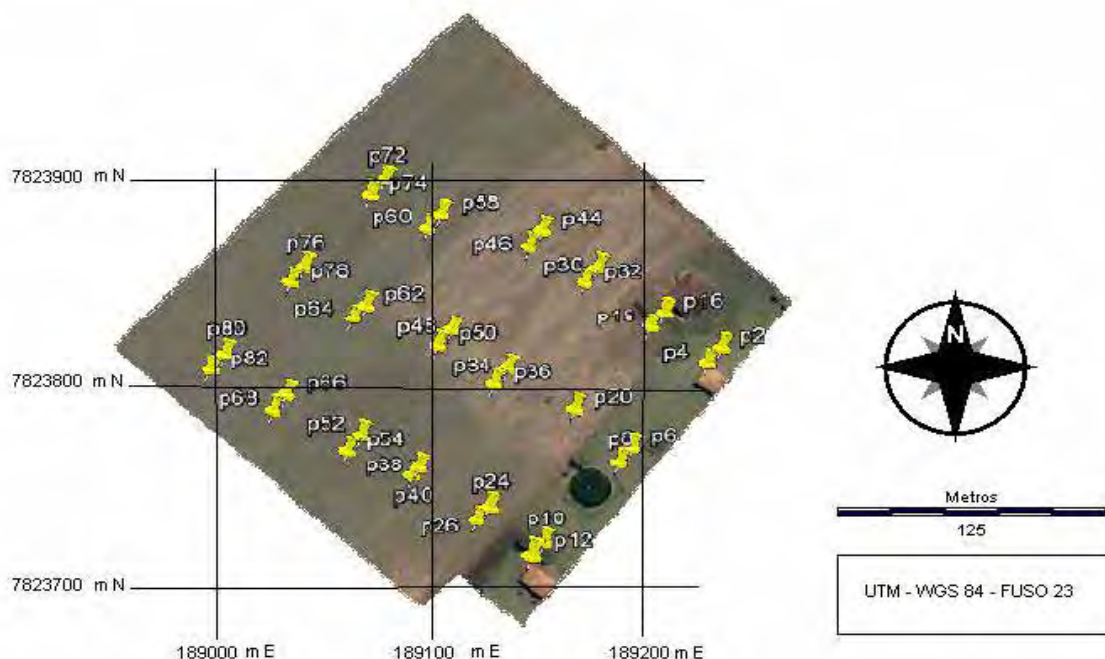


FIGURA 2. Mapa de localização do local do experimento.

TABELA 2. Médias mensais e anuais da Umidade Relativa do ar (UR) de Uberaba-MG, no período de 1931 a 1994.

UR Média (%)												
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
79	79	78	76	73	70	64	60	58	68	74	79	71,5

O solo foi classificado, segundo o sistema brasileiro de classificação dos solos, como Latossolo Vermelho textura média (EMBRAPA, 2006). Até a profundidade de 40 cm, apresenta  $220 \text{ g kg}^{-1}$  de argila,  $730 \text{ g kg}^{-1}$  de areia e  $50 \text{ g kg}^{-1}$  de silte. A fração areia é composta por  $10 \text{ g kg}^{-1}$  de areia grossa,  $210 \text{ g kg}^{-1}$  de areia média,  $370 \text{ g kg}^{-1}$  de areia fina e  $140 \text{ g kg}^{-1}$  de areia muito fina. A densidade média das parcelas em que foram realizadas as simulações foi de 1,60. Os atributos químicos do solo na profundidade de 0,00 – 0,20 m são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Valores médios dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,00 - 0,20 m.

<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>SB</b>	<b>CTC</b>	<b>V</b>
	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%
5,04	23,5	31,66	0,19	1,87	0,36	2,42	4,85	50,11

Para a realização do experimento foi efetuado o mapeamento de uma área de cinco hectares, divididos em três baterias de piquetes, sendo cada uma composta de oito piquetes, totalizando 24 piquetes de 0,19 ha (Figura 3), irrigados pelo sistema de aspersão em malha, cultivada com capim Tifton-85 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfluensis*).

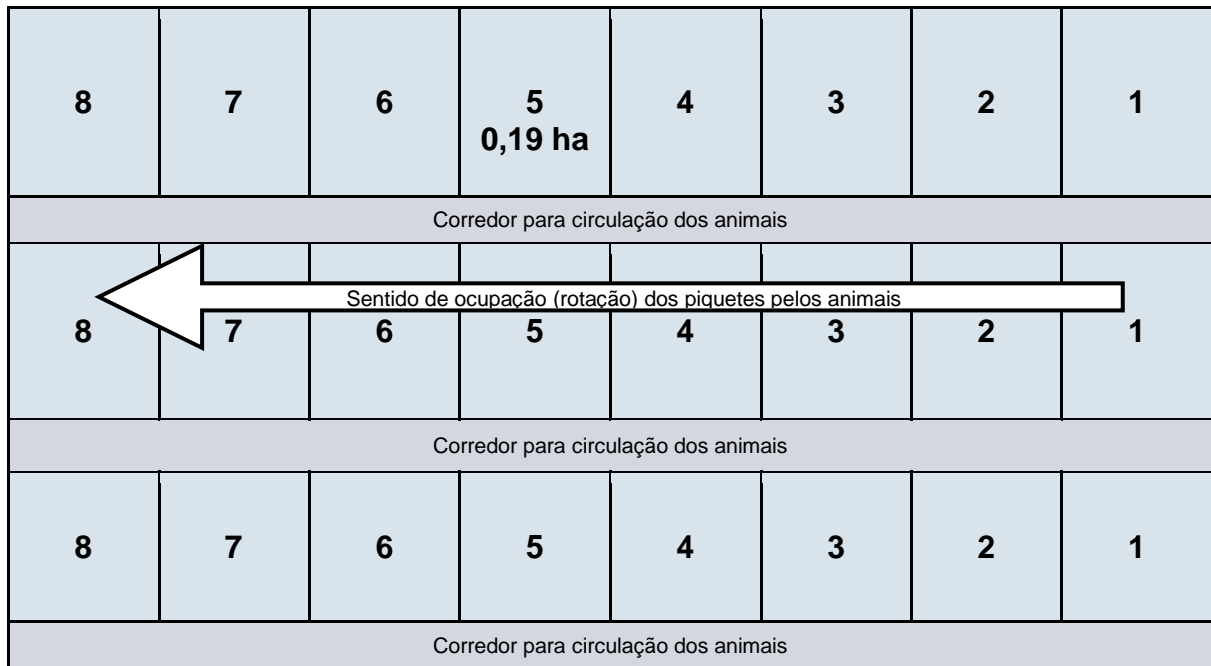


FIGURA 3. Croqui da área experimental com o número de piquetes e sentido da ocupação pelos animais.

A área é ocupada por bovinos leiteiros, da raça girolando (Figura 4). Considerando que o clima seco reduz a taxa de crescimento da forrageira, o período de ocupação dos piquetes pelos bovinos variou no decorrer do ano. O manejo adotado nos piquetes durante o período das águas foi de três dias de ocupação pelos bovinos e 21 dias de descanso da forrageira sem a presença dos animais, enquanto que no período seco do ano foi de cinco dias de ocupação e 35 dias de descanso.

Para determinar a quantidade de animais por piquete (UA) foi estimado no dia anterior à entrada dos bovinos a produção de matéria seca (MS) disponível. Para estimar a produção de matéria seca por piquete utilizou-se amostras da matéria verde acima da altura de corte recomendada para o tifton (10 cm), cortadas manualmente com o auxílio de um cutelo e secas em estufa a 105° C por 24 horas. Na época das águas a oferta de forragem (MS) foi de 5% do peso vivo médio e na época da seca de 7% do peso vivo médio dos animais. A disponibilidade de forragem foi adotada segundo Euclides et al. (1997).

Os animais entram nos piquetes números “1” e após o consumo da forragem disponível, estabelecido pelo período de ocupação (três dias), são transferidos para os piquetes subseqüentes por igual período e assim sucessivamente até retornarem aos piquetes números “1” (Figura 3).



FIGURA 4. Vista do local do experimento.

O histórico da área apresenta uma ocupação originariamente por cerrados e posteriormente por pastagem com a gramínea Jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) em condição de elevado estágio de degradação, até que em 1984, a gramínea foi erradicada e iniciado um sistema de plantio alternado entre milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*) até meados de 1993. No final de 1993 foi implantado na área pastagem com *Brachiária decumbens*, que se manteve até meados de 2002. No final do ano de 2002 e início de 2003 a braquiária foi erradicada e substituída, por meio de mudas, pela forrageira tifton-85.

Informações até 2002 sobre o preparo de solo, práticas de conservação do solo, correção e adubação da área não possuem registros. Para a implantação do tifton-85, em 2003, a área foi corrigida com calcário dolomítico e adubada com



superfosfato triplo, sem informações das dosagens. O tifton foi implantado por meio de mudas após uma aração e duas gradagens, sendo que a segunda gradagem foi adotada para incorporar as mudas ao solo. Posteriormente à implantação do tifton-85 a área foi submetida a uma adubação “pesada” com farinha de ossos e com “cama de frango”, sem registros de época e dosagens.

A adubação, com registros de 2007 até 2009, realizada na área experimental foi de  $360 \text{ Kg N ha}^{-1}$ , na forma de uréia, aplicados em superfície, manualmente, em seis doses iguais ao ano;  $46 \text{ Kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , na forma de superfosfato simples, aplicados em superfície, por meio de um distribuidor de calcário, em uma única vez, no início da estação das águas, juntamente com  $60 \text{ Kg}$  de micronutrientes (FTE) e,  $340 \text{ Kg de K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , na forma de cloreto de potássio, aplicados em superfície por meio de um distribuidor de calcário, duas vezes iguais, sendo uma em janeiro e a outra em dezembro.

Na área total foi estabelecido um grid com pontos eqüidistantes. As simulações foram realizadas em 24 pontos com a forrageira em duas idades, sendo a primeira, considerada época “1”, naqueles piquetes com a forrageira com um dia após a saída dos animais e a segunda, considerada época “2”, naqueles piquetes com a forrageira com vinte dias após a saída dos animais (Figura 5), caracterizando duas alturas médias diferentes do dossel,  $13,25$  e  $45,0 \text{ cm}$ , respectivamente. A altura da forrageira foi mensurada pela média de cinco pontos ao lado do local da simulação por meio do uso de uma régua graduada de madeira.

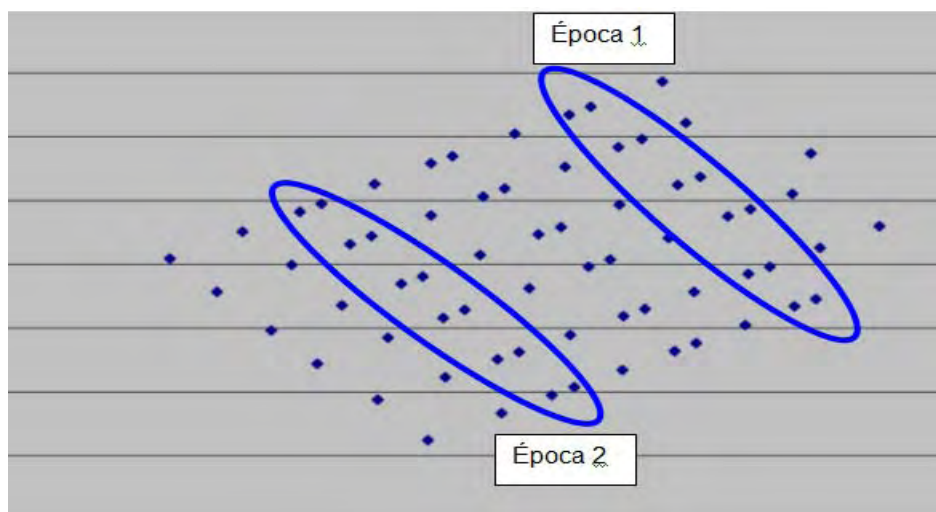


FIGURA 5. Croqui com o grid da área do experimento e épocas com locais das simulações.

Foi coletada em três pontos ao lado de cada simulação de chuva, com o auxílio de um quadro metálico de 1 m<sup>2</sup>, a matéria verde (MV) acima da altura recomendada para a saída dos animais dos piquetes (10 cm). A MV foi cortada manualmente com o auxílio de um cutelo e pesada para estimativa da produção de MV na área. Amostras da MV foram pesadas e embaladas em sacos de papel e secas em estufa a 105° C por 24 horas para determinação dos teores médios de matéria seca (MS) da forrageira, os quais foram 26,69%, nos piquetes da época “1” e de 31% nos piquetes da época “2”.

Para a simulação da chuva foi definido as porcentagens de cobertura vegetal (CV) pelo tifton iguais a 0%, 25%, 50% e 100%. Para o estabelecimento das porcentagens de CV utilizou-se uma moldura com as dimensões da base do simulador de chuvas (0,75 m x 0,50 m), subdividida em oito partes iguais (Figura 6). Portanto, com a remoção da vegetação correspondente às 8, 6, 4 e 0 partes do quadro obteve-se, nesta ordem, as porcentagens de CV iguais a 0%, 25%, 50% e 100%.

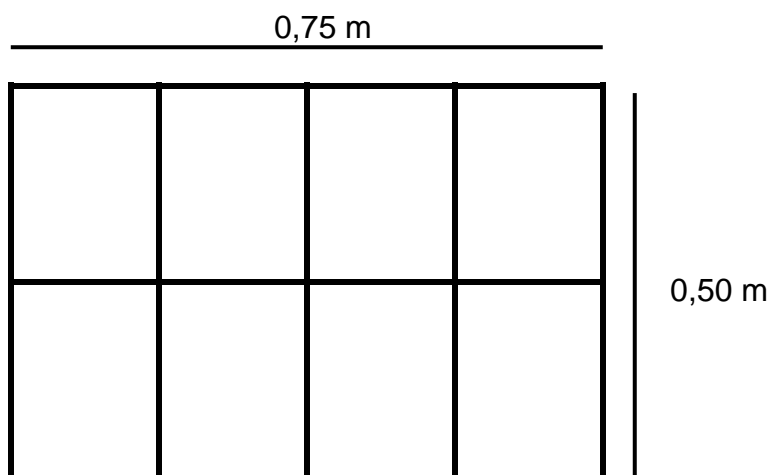


FIGURA 6. Croqui do quadro utilizado para sortear os percentuais de cobertura vegetal das parcelas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com os tratamentos no esquema fatorial (4 x 2), com quatro níveis de cobertura de solo pela gramínea (0%, 25%, 50% e 100%), duas épocas (um e 20 dias após a saída dos animais da área) e três repetições, totalizando 24 parcelas.

As parcelas experimentais foram submetidas a chuvas simuladas com intensidade média de 60 mm h<sup>-1</sup>, durante 60 minutos, equivalendo a uma chuva com

período de retorno de cinco anos, segundo equação de chuvas intensas para região de Uberaba-MG (PINTO et al., 1999).

Para a realização das chuvas foi utilizado um simulador construído com base no modelo de Fraga Junior (2008), atendendo as características elaboradas por Meyer e Harmon (1979). O simulador possui as dimensões de 2,30 m de altura, 0,50 m de largura por 0,75 m de comprimento, perfazendo uma área de 0,375 m<sup>2</sup>. Na sua parte superior está disposto uma mangueira de 25 mm, em círculo, na qual estão distribuídos 12 microaspersores equidistantes (Figura 7). A mangueira foi conectada ao sistema de irrigação para receber a água utilizada na simulação.



FIGURA 7. Detalhe dos aspersores e do simulador em operação.

A estrutura do simulador foi construída com tubos de ferro com formato retangular (“metalon”) com dimensões de 50 x 30 x 3 mm. Contornando a base do simulador foi instalada uma chapa de aço com 0,40 m de altura e 4 mm de espessura com a finalidade de delimitar a parcela e ser cravada no solo a uma profundidade de 15 cm no momento de sua instalação. Na parte frontal, no sentido da declividade, foi feito uma abertura de 10 cm para acoplar a calha coletora da enxurrada produzida (Figura 8).



FIGURA 8. Calha coletora instalada na parte inferior do simulador de chuva.

Para determinar a uniformidade de distribuição de água dos microaspersores utilizou-se a metodologia proposta por CHRISTIANSEN (1942), analisando 20 recipientes dispostos na área útil do simulador, (Figura 9).



FIGURA 9. Realização do CUC em parcela a ser submetida à simulação de chuva.

Para a coleta da enxurrada foi efetuado um molhamento inicial em todas as parcelas durante cinco minutos iniciais objetivando condições de uniformidade na umidade. A partir daí, a cada cinco minutos devidamente cronometrados, até totalizar 60 minutos, os escoamentos superficiais foram coletados, em recipientes de plástico (PET) com capacidade de 1,5 L, e conduzidos ao laboratório para quantificação do volume da solução, da concentração de sedimentos e determinação das taxas de perda de solo e água.

O volume de sedimento coletado em cada parcela passou por um processo de filtragem em filtro de papel, tipo coador de café, tamanho 103 (Figura 10). Parte do material filtrado, 20 ml de cada amostra, foi coletado em Becker com capacidade

de 50 ml. Antes do procedimento os filtros e os copos foram secos em estufa a 105° C por 24 horas. Posteriormente, tanto os filtros de papel como os Beckers contendo o sedimento também foram submetidos ao processo de secagem em estufa a 105° C, pelo mesmo período (Figura 10).



FIGURA 10. Filtragem e secagem do material coletado em estufa.

Após a secagem, os filtros de papel e os Beckers foram pesados novamente em balança com resolução mínima de 0,0001 g, determinando-se o peso do solo seco de cada tempo de coleta. A concentração de sedimentos foi obtida considerando-se o volume da suspensão, a densidade da água e do sedimento na suspensão, conforme descrito por Martins Filho et al. (2009).

As análises químicas para determinar fertilidade foram baseadas em metodologias descritas em Raij; Andrade e Quaggio (2001). As concentrações de Matéria orgânica, fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio no sedimento erodido foram determinados como descrito por Martins Filho et al. (2009).

As taxas de desagregação do solo em entressulcos  $D_i$  ( $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) foram determinadas conforme a equação 1:

$$D_i = \frac{m_s}{A t} \quad (1)$$

em que,  $m_s$  = massa de solo desagregado (kg);  $t$  = tempo de coleta, s, e  $A$  = área da parcela,  $\text{m}^2$ .

Os valores de  $D_i$  foram normalizados para o valor de intensidade de chuva planejado de  $60 \text{ mm h}^{-1}$  de acordo com equação 2:

$$D_{in} = D_i \left( \frac{I_p}{I_o} \right)^2 \quad (2)$$

em que,  $D_{in}$  são as taxas de desagregação do solo em entressulcos normalizadas,  $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ;  $D_i$  são as taxas de erosão em entressulcos observadas,  $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ;  $I_p$  é a intensidade de chuva planejada,  $\text{mm h}^{-1}$ , e  $I_o$  é a intensidade de chuva observada,  $\text{mm h}^{-1}$ .

A taxa de infiltração de água no solo foi determinada como sendo a diferença entre a intensidade da chuva e a taxa de enxurrada. O efeito da cobertura do solo por gramínea, fator  $C_i$ , foi determinado com o modelo:

$$C_i = D_i / K_i I R S_f \quad (3)$$

em que,  $D_i$  é a taxa média de erosão entressulcos, observada nas parcelas sem coberturas do solo, obtida nos 15 últimos minutos das amostragens de enxurrada,  $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ;  $K_i$  é a erodibilidade do solo,  $\text{kg m}^{-4} \text{s}^{-1}$ ;  $I$  é a intensidade de chuva,  $\text{m s}^{-1}$ ;  $R$  é a taxa de enxurrada,  $\text{m s}^{-1}$  e,  $S_f$  é o fator declividade.

Os valores de  $D_i$  obtidos nas parcelas sem cobertura, nos 15 últimos minutos das amostragens de enxurrada, foram utilizados para se estabelecer a erodibilidade em entressulcos  $K_i$  ( $\text{kg s m}^{-4}$ ). O fator declividade ( $S_f$ ) foi determinado conforme a equação 4:

$$S_f = 1,05 - 0,85 \ln^{-4 \text{sen} \theta} \quad (4)$$

em que,

$\ln$  é o logaritmo neperiano, e  $\theta$  é o ângulo do declive em graus.

O valor da altura do fluxo superficial,  $y$  (m) foi obtida como descrito por Cantalice et al. (2009):

$$y = \frac{q}{v} \quad (5)$$

em que,

$q$  é a descarga líquida por unidade de largura,  $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ , e  $v$  é a velocidade média do escoamento,  $\text{m s}^{-1}$ .

O número de Reynolds ( $R_e$  adimensional) foi obtido conforme a equação 6:

$$R_e = \frac{q}{v} \quad (6)$$

em que,  $q$  é a descarga líquida por unidade de largura,  $m^2 s^{-1}$ , e  $\nu$  é a viscosidade cinemática da água,  $m^2 s^{-1}$ .

Os valores da viscosidade cinemática da água foram determinados pela equação 7:

$$\nu = [1,14 - 0,031 (T - 15) + 0,00068 (T - 15)^2] \times 10^{-6} \quad (7)$$

em que,  $T$  é a temperatura da água em  $^{\circ}C$ .

Quando  $Re < 500$ ,  $Re > 500$  e  $Re > 2.000$ , o fluxo foi considerado laminar, turbulento transicional e completamente turbulento, respectivamente.

Para obter o valor de Froude ( $Fr$ , adimensional) foi utilizada a seguinte expressão:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (8)$$

em que,  $g$  é a aceleração da gravidade,  $m s^{-2}$ , e  $h$  é a altura do fluxo superficial,  $m$ . Conforme Grant (1997) quando  $Fr > 1$  o fluxo é denominado de supercrítico e, no caso contrário, de subcrítico.

Os resultados foram submetidos à análise da variância de um DIC, sendo que, para as comparações múltiplas das médias, utilizou-se o teste de Duncan a 5%. Diferenças com nível mínimo de significância inferior a 5% foram consideradas significativas. Todos os resultados das análises estatísticas foram obtidos com o programa Statistica (STATSOFT, 2007).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Perdas de solos, matéria orgânica e nutrientes no sedimento erodido

As perdas de solo por erosão em entressulcos ( $D_i$ ) decresceram, exponencialmente e significativamente ( $p < 0,01$ ), com o aumento da cobertura do solo por gramínea, o que é apresentado na Figura 11. Pan e Shangguan (2011) determinaram na presença de cobertura vegetal por gramínea redução de  $D_i$  da ordem de 94%. No presente trabalho os resultados apontam para uma redução de  $D_i$  da ordem de 99% com a presença de 100% da cobertura vegetal pelo tifton. É possível afirmar que a presença de cobertura vegetal viva ou morta reduz o efeito do impacto das gotas de água da chuva, dissipando a energia das gotas de água da chuva, o que reduz a desagregação do solo e preveni o selamento superficial, com consequente redução da taxa de enxurrada pelo aumento no represamento e na taxa de infiltração de água (KNAPEN; SMETS; POESEN, 2009; MARTINS FILHO et al., 2009; LICHNER et al., 2011; SILVA et al.; 2012).

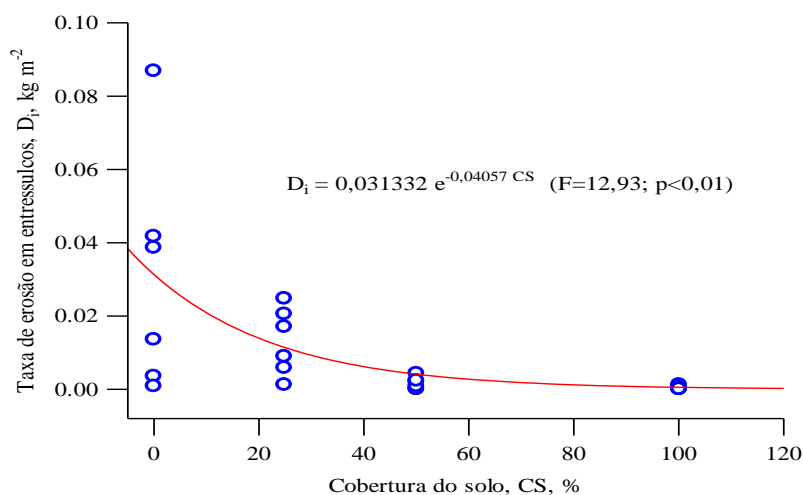


FIGURA 11. Taxa de erosão em entressulcos em função da cobertura do solo por gramínea.

Mesmo com as reduções das taxas de erosão em entressulcos, com o aumento da cobertura do solo por gramínea, a Figura 12 demonstra que o sedimento erodido estava enriquecido com argila para todas as condições de cobertura do solo. Deve-se ressaltar que, em média o solo original apresentou concentração de argila da ordem de  $23,2 \text{ g kg}^{-1}$ , a qual é inferior aos valores



apresentados na Figura 13. Tais resultados são concordantes com os obtidos por Quinton; Cattb e Hess, (2001). É possível verificar, ainda, que a concentração de argila tendeu a aumentar com o acréscimo da taxa de erosão em entressulcos. Tais resultados corroboram conclusões de Cassol et al. (2002) e Kuhn et al. (2010), quanto a erosão em entressulcos do solo ser seletiva, uma vez que as suas partículas mais finas são mais vulneráveis às perdas do que as mais grosseiras.

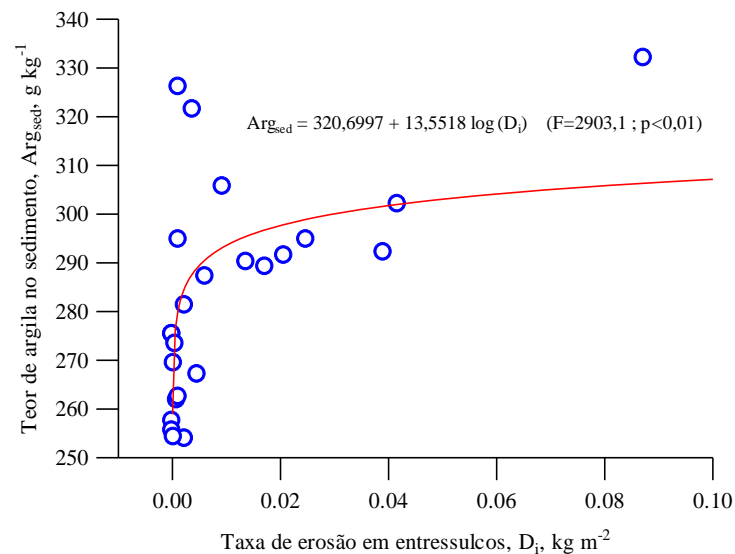


FIGURA 12. Teor de argila no sedimento erodido em função da erosão em entressulcos.

As concentrações de matéria orgânica e de nutrientes (fósforo, potássio, cálcio e magnésio) no sedimento erodido em função da época (idade da forrageira) e do percentual de cobertura do solo pela gramínea (CS) são apresentadas na Tabela 4. Reduções significativas ( $p < 0,05$ ) de MO e P no sedimento erodido foram obtidas com o aumento da CS. Entre as épocas apenas para 0%, 50% e 100% de CS ocorreram reduções significativas ( $p < 0,05$ ) nas concentrações de MO e P presentes no sedimento erodido. Tais resultados são, provavelmente, consequências de uma forte erosão seletiva, o que é comum em processos erosivos em entressulcos (MARTINS FILHO et al., 2009). Sousa; Martins Filho e Matias, (2012), obteve também resultados semelhantes em função da cobertura da superfície do solo por resíduos de cana-de-açúcar.

O processo de erosão em entressulcos, frequentemente, está associado como o enriquecimento do sedimento erodido por finas frações de baixa densidade como silte, argila e P que são preferencialmente transportados (KUHN et al., 2010).

Para as concentrações de potássio, independente da época, ocorreu reduções significativas ( $p < 0,05$ ) no sedimento erodido, com 50% e 100% de CS (Tabela 4). Este fato possivelmente está relacionado à via preferencial de transporte de potássio ser pela água de enxurrada (SILVA et al., 2012), que foi reduzida com o aumento da cobertura do solo.

As perdas verificadas para o cálcio no sedimento erodido em ambas as épocas e em todas as coberturas apresentaram comportamento variável, com expressivo aumento com 100% de CS (Tabela 4), contrariando os resultados de Silva et al. (2012), uma vez que os maiores valores de perdas ocorreram nas parcelas com o solo exposto em relação às cobertas com resíduos de cana-de-açúcar. Além do fato de que a concentração de nutrientes na água e nos sedimentos varia com sua concentração no solo (FAVARETO, 2002). Talvez o fato da aplicação de calcário na área do experimento ser a lanço e sem incorporação ao solo e, mesmo ser solúvel em água podem justificar as variações observadas, uma vez que o Ca e o teor de argila sedimento no erodido apresentaram baixo coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,0089$ ).

TABELA 4. Concentrações de MO e nutrientes no sedimento erodido.

Variável	Época	Cobertura do solo, %			
		0	25	50	100
MO, g dm <sup>-3</sup>	1	33,0 aA	17,5 bA	11,7 bcA	4,3 cA
	2	36,5 aA	15,2 bA	1,7 cB	1,2 cA
P, mg dm <sup>-3</sup>	1	41,9 aA	29,3 bA	19,6 cA	16,3 cA
	2	30,7 aB	29,9 aA	11,5 bB	7,5 bB
K, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1	2,7 bB	4,2 aA	0,9 cA	0,9 cA
	2	3,6 aA	3,7 aB	0,9 bA	1,0 bA
Ca, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1	1,0 bB	3,0 abA	2,0 bA	4,0 aA
	2	3,7 aA	3,0 aA	1,2 bA	1,0 bB
Mg, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1	18,7 aA	11,0 bB	7,4 cA	3,8 dA
	2	15,7 aB	13,6 bA	3,0 cB	2,4 dA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

O comportamento apresentado pelo magnésio é semelhante ao da matéria orgânica e do fósforo, que houve reduções significativas ( $p < 0,05$ ) no sedimento erodido com o aumento da Cobertura de Solo. Enquanto que entre as épocas para 0%, 50% e 100% de cobertura de solo ocorreram reduções significativas ( $p < 0,05$ ) nas suas concentrações no sedimento erodido (Tabela 4). Isto possivelmente ocorreu pela desagregação do solo pelo impacto direto das gotas da chuva, a exemplo do verificado por Braida e Cassol (1999) e Silva et al. (2012).

As relações entre argila ( $Arg_{sed}$ ) e matéria orgânica (MO) e argila ( $Arg_{sed}$ ) e fósforo (P) e argila ( $Arg_{sed}$ ) e magnésio (Mg) presentes no sedimento erodido são significativas e apresentadas nas Figuras 13. Consequentemente, as relações entre concentração de MO, P e Mg em função de  $D_i$  exibem padrões similares (Figura 14), inclusive com o da Figura 12. Os resultados apresentados das relações entre concentração de MO, P e Mg em função de  $D_i$  são concordantes com o observado por Quinton; Cattb e Hess, (2001). Isto posto fica evidente que MO, P e Mg foram seletivamente transportados com o material mais fino, no caso argila, o que corrobora resultados de Quinton; Cattb e Hess, (2001); Kuhn et al. (2010).

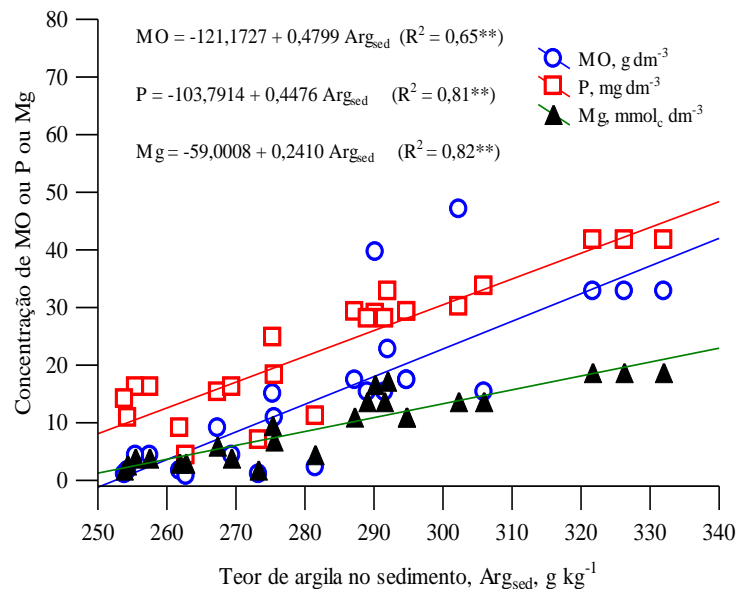


FIGURA 13. Concentração de matéria orgânica, fósforo e magnésio em função do teor de argila no sedimento.

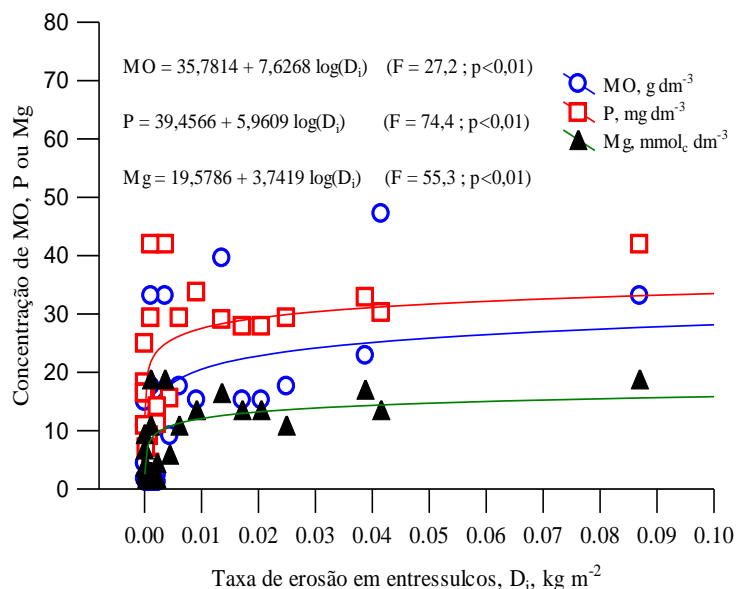


FIGURA 14. Concentração de matéria orgânica, fósforo e magnésio no sedimento erodido em função da taxa de erosão em entressulcos.

As equações ajustadas das taxas de enriquecimento do sedimento erodido (ER) por MO, P, K, Ca e Mg em função da CS pela gramínea são apresentadas na Tabela 5. A ER é a relação entre a concentração de MO e/ou nutriente no sedimento erodido. Quando ER é maior que 1 (um) significa que o sedimento se encontra enriquecido por matéria orgânica ou nutrientes do solo (MARTINS FILHO et al., 2009). Segundo Nearing; Norton e Zhang, (2001), considerável enriquecimento pode ocorrer durante os processos de transporte e deposição.

A  $ER_{Ca}$  teve aumento exponencial e significativo com aumento da CS, o que pode ser explicado pelo fato da área ter sido submetida a uma aplicação pesada de farinha de ossos. Com isto justifica-se, possivelmente, a irregular perda de Ca associada ao sedimento erodido, distintamente do Mg por exemplo. Verifica-se que  $ER_K$  e  $ER_{Mg}$  decresceram, exponencialmente e significativamente ( $p < 0,01$ ), com o aumento da cobertura do solo por gramínea. Há, portanto, similaridade com o resultado apresentado para  $ER_{MO}$  e  $ER_P$  e, ainda, com o da taxa de erosão em entressulcos (Figura 11), o que já era esperado em função dos demais resultados apresentados nas Figuras 13 e 14.

TABELA 5. Equação ajustada da Taxa de enriquecimento do sedimento erodido (ER) por matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em função da cobertura do solo por gramínea (CS).

Equação ajustada	Teste F	Valor de p do teste F
$ER_{MO} = 1,2781 e^{-0,0287 CS}$	F= 186,1	p < 0,01
$ER_P = 1,1865 e^{-0,0114 CS}$	F = 23,8	p < 0,01
$ER_K = 1,6922 e^{-0,0133 CS}$	F = 79,8	p < 0,01
$ER_{Ca} = 0,1055 e^{0,0011 CS}$	F = 37,8	p < 0,01
$ER_{Mg} = 4,5976 e^{-0,0199 CS}$	F = 26,9	p < 0,01

Pelas funções ajustadas (Tabela 5) foi possível determinar para uma  $ER \leq 1$  que: 1) no caso da MO, isto só será possível com uma porcentagem de cobertura do solo superior (CS) a 13,7%; 2) para o P, isto ocorrerá com uma CS igual a 27,3%; 3) para o K ocorrerá com CS superior a 53%; 4) já no caso do Mg foi determinado uma CS mínima de 72%. O cálcio não foi considerado em função da aplicação mencionada de farinha de ossos e posterior calagem. Sousa et al. (2012) determinaram serem necessários percentuais de CS da ordem de 64,27% para  $ER_{MO} \leq 1$  e  $ERP \leq 1$  de 83,07%, em áreas cultivada com cana-de-açúcar, num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico submetido a aplicações pesadas com P. Logo, a cobertura vegetal no caso da pastagem com tifton – 85 é mais eficiente na diminuição da taxa de enriquecimento quando comparado com a cana de açúcar.

## 4.2 Análise geral do processo de erosão

A análise de fatores permitiu avaliar um modelo para explicar a variação dos resultados apresentados no presente trabalho (Tabelas 4 e 5 e Figuras 11 a 14). Tais resultados contribuíram para confirmar a necessidade apontada por Kuhn et al. (2010), quanto a investigar o efeito do manejo do solo na quantidade e dinâmica de perdas de nutrientes e MO por erosão em entressulcos. Segundo Kuhn et al. (2010), atualmente, a tecnologia disponível inadequadamente prevê uma série de fatores interagindo, tais como rugosidade superficial, as propriedades texturais, desagregação, MO, P e Mg e a importância relativa de diferentes intensidades de chuva nas perdas por erosão em entressulcos.

O Modelo ajustado levou em consideração dois fatores, os quais apresentaram autovalores maiores que 1. O primeiro fator captado se refere à relação “Cobertura Vegetal x Processo de Erosão” que é composto, como apresentado na Tabela 6, pelas variáveis matéria orgânica (MO), fósforo (P), Magnésio (Mg) e argila (Arg<sub>sed</sub>) presentes no sedimento, número de Froude (Fr) e taxa de descarga ( $q_w$ ). O segundo fator que se refere à relação “Solo x Planta” é formado por variáveis indicativas da cobertura vegetal (MS%) e umidade do solo (U%). Os dois fatores explicam conjuntamente 79,99% das variações obtidas no experimento considerando-se o processo de erosão em entressulcos em função da época e percentual de cobertura do solo por gramínea.

TABELA 6. Cargas fatoriais atribuídas a cada variável pelos fatores relação cobertura vegetal x processo de erosão e relação solo x planta.

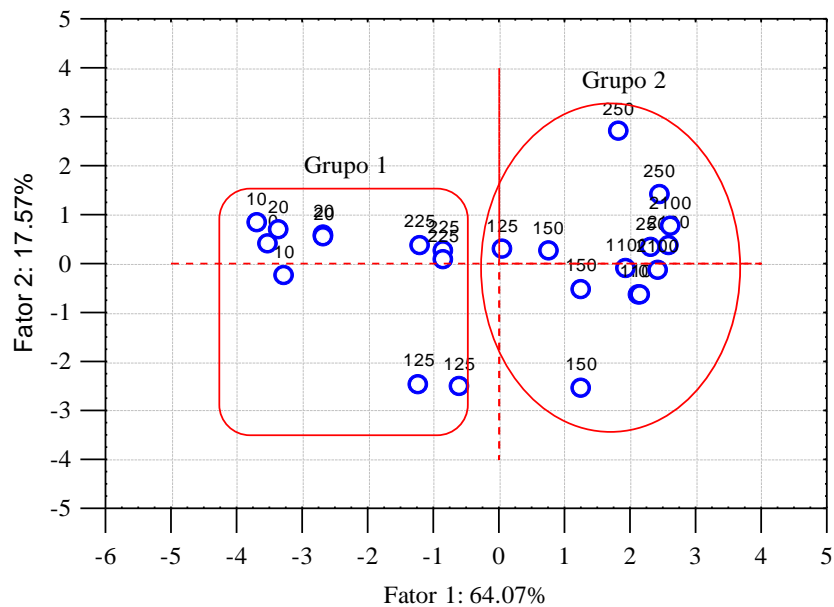
Variável	Fator relação: Cobertura	Fator
	Vegetal x Processo de Erosão	relação: Solo x Planta
MO	-0,9406	0,0155
P	-0,9344	-0,0936
Mg	-0,9719	0,0139
MS%	0,0953	0,8109
U%	0,0555	0,8509
Arg <sub>sed</sub>	-0,9107	0,0774
Fr	-0,9205	0,0863
$q_w$	-0,8568	0,0396
Autovalor	5,1256	1,4057
Variação explicada	0,6407	0,1757

A Tabela 7 apresenta os valores de comunalidades, cujos valores indicam o percentual de cada variável que é explicada pelos fatores em conjunto. Fica demonstrado que a variável que melhor foi explicada pelos fatores (maior valor de comunalidade) foi o Mg<sub>sed</sub> (Magnésio no sedimento erodido), a qual teve 95,61% de sua variação captada pelos fatores. Outras variáveis com expressivas variações captadas pelos fatores foram em ordem: P, Arg<sub>sed</sub>, MO, Fr e  $q_w$ .

TABELA 7. Comunalidades das variáveis incluídas no modelo por fator e em conjunto.

Variável	Fator Relação: Cobertura Vegetal x Processo de Erosão	Fator Relação: Solo x Planta	Conjunto
MO	0,8947	0,8850	0,8530
P	0,8732	0,8819	0,9438
Mg	0,9447	0,9449	0,9561
MS%	0,0091	0,6666	0,2763
U%	0,0031	0,7271	0,4893
Arg <sub>sed</sub>	0,8294	0,8353	0,8704
F <sub>r</sub>	0,8472	0,8547	0,8395
q <sub>w</sub>	0,7341	0,7357	0,7682

É possível notar que as variáveis propiciaram identificar dois grupos distintos (Figura 15). O grupo 1 composto basicamente pelos tratamentos com 0% e 25% de cobertura do solo por gramínea, independentemente da época de amostragem, Já o grupo 2 é composto basicamente pelos tratamentos com 50% e 100% de cobertura do solo por gramínea, também independentemente da época de amostragem. Os resultados são coerentes com a necessidade de cobertura do solo superior a 13,7; 27,3; 53 e 72%, pelo tifton-85 para que ocorra uma  $ER \leq 1$  de MO, P, K e Mg, respectivamente.



Unidades (Época 1 ou 2 + % cobertura do solo (10, 25, 50 ou 100) = 10, 125, 150, 1100 ou 20, 225, 250 e 2100,

FIGURA 15. Distribuição das unidades nos dois primeiros componentes principais.

## 5 CONCLUSÃO

As perdas de solo, de matéria orgânica e de nutrientes (P, K, Ca e Mg) por erosão em entressulcos são reduzidas com o aumento da cobertura de solo pelo tifton-85 validando a hipótese apresentada.

A taxa de enriquecimento dos mesmos no sedimento erodido, em área de pastagem de tifton – 85, irrigada, com lotação animal rotacionada, são reduzidas quando o percentual de cobertura de solo for superior a 13,7; 27,3; 53 e 72%, para MO, P, K e Mg, respectivamente.

Para as condições de estudo a cobertura mínima de solo deve ser de 72% (magnésio como limitador) para garantir a redução da taxa de enriquecimento de MO, P, K e Mg.



## 6 REFERÊNCIAS

ALENCAR, C. A. B.; OLIVEIRA, R. A.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; FIGUEIREDO, J. L. A.; CUNHA, F. F. Lâminas de irrigação e estações anuais na cobertura do solo e altura de gramíneas cultivadas sob corte. **Acta Sci., Agron.** v.31 n.3 Maringá jul./set. 2009.

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; REZENDE, H.; VILELA, D. Efeito de doses de nitrogênio e do intervalo entre cortes sobre a produção de matéria seca e teor de proteína bruta do Tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 492-494.

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; PACIOLO, D. S. C. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção de matéria seca e teor de proteína bruta do coast-cross. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1996.

AMORIM, R. S. S. **Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas Brasileiras.** Viçosa-MG, Universidade federal de Viçosa, 2003. 116p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola).

ANDRADE, N. S. F. **Valoração econômica das perdas de nutrientes por erosão em cana-de-açúcar.** Jaboticabal, SP, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. 83f. (Tese de Doutorado).

ANUALPEC 2007. **Anuário de Pecuária de Corte.** São Paulo: Instituto FNP, 2007. 368p.

AZEVEDO, L. P. de; SAAD, J. C. C.; Irrigação de pastagens via pivô central, na bovinocultura de corte. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 492-503, outubro-dezembro, 2009.

BERTOL, I. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 18, p. 267-271, 1994.

BERTOL, I.; GOBBI, E.; BARBOSA, F. T.; PAZ-FERREIRO, J.; GEBLER L.; RAMOS J. C. & WERNER, R. S. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 35 p.1421-1430, 2011.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J.; BARBOSA, F.T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, 485-494, 2004. , n. 3, p. 655-661, maio/jun., 2004.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; BERTOL, I.; ROFOFF, G. Perdas de solo e água e qualidade de escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em áreas cultivadas sob semeadura direta e submetida as adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.781-792, 2007.

BERTOL, O.J. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2005. 208p. (Tese de Doutorado)

BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A.. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.31, n.4 Viçosa, p. 711-721, 1999.

BROSSARD, M.; BARCELLOS, A.O. Conversão do cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de latossolos. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.22, p.153–168, 2005.

BURTON, G. W.; GATES, R. N.; HILL, G. M. Registration of Tifton 85 bermudagrass. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 3, p. 644-645, May/June 1993.

CANTALICE, J. R. B.; BEZERRA, S. A.; OLIVEIRA, O. F. L; MELO, R. O. de. Hidráulica e taxas de erosão em entressulcos sob diferentes declividade e doses de cobertura morta. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.2, p.68-74, 2009.

CASSOL, E. A.; LEVIEN, R.; ANGHINONI, I.; BADELUCCI, M. P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 705-712, 2002.

CASSOL, E.A.; REICHERT, J.M. **Pesquisa em erosão do solo no Brasil**. p.399-420. In: ARAÚJO, Q.R. (organizador). 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus - BA: editora UESC, 2002.

CHRISTIANSEN, J.P. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, Agricultural Experiment Station, n. 670, Bulletin, 1942 124p.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

DECHEN, S.C.F.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O. M. de; Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em latossolo roxo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas. v. 5, p.133-137, 1981.

DIAS-FILHO, M.B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 258). Disponível em: <<http://bit.ly/h26Fbx>>. Acesso em 21 novembro 2012.

DRUMOND, L.C.D.; FERNANDES, A.L.T. Viabilidade econômica de irrigação de pastagem. **Revista ABCZ**, Ano 0, n.1, Abril/2001.

DRUMOND, L. C. D.; ZANINI, J. R.; AGUIAR, A. P. A.; RODRIGUES, G. P.; FERNANDES, A. L. T.; Produção de matéria seca em pastagem de Tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.426-433, set./dez. 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

EUCLIDES, V.P.B.; FILHO, K. E.; ARRUDA, J. Z.; FIGUEIREDO, G. R. **Alternativas de suplementação para redução da idade de abate de bovinos em pastagem de *Brachiaria decumbens***. n.25. Campo Grande: EMBRAPA – CNPGC, 1997. 25 p. (Circular Técnica, 25).

FAVARETTO, N. **Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium related to water quality and plant nutrition**. West Lafayette, Purdue University, 2002. 150p. (Tese de Doutorado).

FRAGA JUNIOR, E.F. Erodibilidade em Entressulcos de um Latossolo Vermelho Distroférico em Uberaba-MG. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Rio de Janeiro. **Anais da Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2008. CD-ROM.

GILLES, L.; COGO, N. P.; BISSANI, C. A.; BAGATINI, T.; PORTELA, J. C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1427-1440, 2009.

GRANT, G. E. Critical flow constrains flow hydraulics in mobile-bed streams: a new hypothesis. **Water Resources Research**, Washington, v.33, n.2, p.349-358, 1997.

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 277 - 286, 2005.

HILL, G. M.; GATES, R. N.; BURTON, G. W. Forage quality and grazing steer performance from tifton 85 and tifton 78 bermudagrass pastures. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 3219-3225, 1993.

INÁCIO, E. dos S.B.; CANTALICE, J. R. B.; NACIF, P. G. S.; ARAUJO, Q. R. de; BARRETO, A. C..Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista brasileira engenharia agrícola e**

**ambiental**, 2007., v. 11. n. 4, p. 355-360, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000400002>>. Acesso em 16/11/2012.

KNAPEN, A.; SMETS, T.; POESEN, J. Flow-retarding effects of vegetation and geotextiles on soil detachment during concentrated\_flow. **Hydrological Processes**, Hoboken, v. 23, n.17, p.2427-2437, 2009.

KUHN, N. J.; ARMSTRONG, E. K.; LING, A. C.; CONNOLLY, K. L. Interril erosion of carbon and phosphorus from conventionally and organically farmed devon silts soils. **Catena**, Amsterdam, v. 57, p. 113-133, 2010.

LEITE, D. **Erosão hídrica sob chuva simulada em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes manejos**. Lages, Universidade do estado de Santa Catarina, 2003. 100p. (Tese de Mestrado).

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; SANTOS, E.J.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - 49. Perdas de água e solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.1033-1044, 2004.

LICHNER, L.; ELDRIDGE, D. J.; SCHACHT, K.; ZHUKOVA, N.; HOLKO, L.; SÍR, M.; PECHO, J. Grass cover influences hydrophysical parameters and heterogeneity of water flow in a sandy soil. **Pedosphere**, Beijing, v.21, n.6, p.719-729, 2011.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T. P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 945-951, 2004.

MAGALHÃES, E. N.; OLIVEIRA, G. C. de; SEVERIANO, E. C.; PINHO COSTA, K. A. de.; BORNELLI, M. C. Recuperação estrutural e produção de capim tifton 85 em um argissolo vermelho-amarelo compactado. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 68-76, jan./mar. 2009.

MAIA, J.C.S. **Determinação de esquemas de amostragem para avaliação de parâmetros físicos do solo para uso em agricultura de precisão**. Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso, 2003. 62p. (Relatório de Pesquisa).

MARTINS FILHO, M. V.; ENGLER, M. P. C.; IZIDORIO, R.; COTRIN, F. B.; SERRA, E. A.; AMARAL, N. S.; SOUZA, Z. M. Modelos para a estimativa do subfator cobertura- Manejo (Cill) relativo à erosão entressulcos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 603-611, 2004.

MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R. B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p.8-18, 2009.

MARTINS FILHO, M.V. **Modelagem do processo de erosão e padrão espacial da erodibilidade em entressulcos**. Jaboticabal: FCAV, 2007. 121f. Tese (Livre-

docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

MEYER, L.D.; HARMON, W.C. **Interrill runoff and erosion: Effects of row-sideslope shape, rain energy, and rain intensity**. Transactions of the ASAE, St Joseph, v. 35, n.4, p.1199-1203, 1979.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D.S.; SANTOS, M.V.F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: Peixoto, A.M.; Moura, J.C.; Faria, V.P. (eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. 325p.

NEARING, M. A.; NORTON, D. L., ZHANG, X., Soil erosion and sedimentation. In: RITTER, W. F. and SHIRMOHAMMADI, A. (Ed.) **Agricultural no point source pollution**. Boca Raton: Lewis Publishers, p. 29-58, 2001.

OLIVEIRA G.C.; SEVERIANO, E.C.; MELLO, C.R. Dinâmica da resistência à penetração de um latossolo vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 265-270, 2007.

PELLEGRINI, J.B.R.; SANTOS, D.R.; GONÇALVES, C.; COPETTI, A.C.C.; BORTOLUZZI, E.C. Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. especial, p. 2639-2646, 2008.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M. & CECOM, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

PERON, A.J., EVANGELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, 2003.

PINESE JUNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, pp. 157-175, 2008.

PINHEIRO, V.D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil**. 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PINTO, F. A.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F.; ALVES, A. R.; CECOM, P. R. Equações de chuvas intensas para algumas localidades do Estado de Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, v.16, p.91-104, 1999.

PRUSKI, F.F; FERREIRA, PA, RAMOS M.M. CECOM, P.R.; Model to desinglelevel terraces. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v. 123, n.1.p. 8-12, 1997. QUINTON, J.N.; CATTB, J.A.; HESS, T.M. The selective removal of phosphorus from

soil: is event size important? **Journal of Environmental Quality**, v. 30, n.2, p. 538-545, 2001.

RAIJ, B; ANDRADE, J.C; QUAGGIO, J.A.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico. 285p, 2001.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT Jr., A.A. & BATISTELA, O. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.437-447, 2000.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B.; MAGAHÃES, E. N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14 n.1 Campina Grande. Jan. 2010.

SHARPLEY, A.N.; CHAPRA, S.C.; WEDEPOHL, R.; SIMS, J.T.; DANIEL, T.C. & REDDY, K.R. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. **J. Environ. Qual.**, v. 23, p. 437-451, 1994.

SILVA, G. R. V., SOUZA, Z. M.; MARTINS FILHO, M. V.; BARBOSA, R. S.; SOUZA, G. S. Soil, water and nutrient losses by interrill erosion from green cane cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n.3, p. 963-970, 2012.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 311-317, 1997.

SILVA, J.; W.; DA; GUIMARÃES, E.; C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciênc. agrotec.**, Lavras. V.27, n.3, p.665-674, maio/jun., 2003.

SOUZA, G. B.; MARTINS FILHO, M. V.; MATIAS, S. S. R. Perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica em uma vertente coberta com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em Guariba - SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n.3, p.490-500, 2012.

SOUZA, E. M.; ISEPON, O. J.; ALVES, J. B.; BASTOS, J. F. P.; LIMA, R. C. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p.1146-1155, 2005.

STATSOFT, Inc. HILL, T. & LEWICKI, P.(2007). **Statistics: Methods and Applications**. Tulsa, OK, USA: StatSoft, 2007.

UBERABA EM DADOS – **Anuário Edição 2009**. Ano Base 2008. Disponível em: [http://www.uberaba.mg.gov.br/sedet/uberaba\\_em\\_dados\\_2008/Capitulo01.pdf](http://www.uberaba.mg.gov.br/sedet/uberaba_em_dados_2008/Capitulo01.pdf). Acesso em: 26 de Dezembro de 2010.

VALLE JUNIOR, R. F. do; GALBIATTI, J. A.; MARTINS FILHO, M. V.; PISSARRA, T. C. T. Potencial de erosão da bacia do Rio Uberaba. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.5, p. 897-908, 2010.

VIEIRA, M.J.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo de solo para a cultura da soja (*Glycine Max* (L) Merrill), em condições de chuva simulada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 3, p.209, 214, 1978.

VILELA, D.; ALVIM, M. J. V. Produção de leite em pastagem de "coast-cross". In: Workshop sobre o potencial forrageiro do gênero *Cynodon*. 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: CNPGL, 1996. p. 77-91.

WILDNER, L. P. **Efeito da adição de diferentes resíduos orgânicos nas perdas de solo e água em um solo podizólico vermelho amarela**. Santa Maria, RS:UFMS, 100p. dissertação (mestrado em Agronomia), 1985.