

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

**DINÂMICA DE CARBONO E NITROGÊNIO EM PASTOS DE
CAPIM-XARAÉS SUBMETIDOS A DIFERENTES RESÍDUOS
PÓS-PASTEJO**

**Elisamara Raposo
Zootecnista**

2013

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

**DINÂMICA DE CARBONO E NITROGÊNIO EM PASTOS DE
CAPIM-XARAÉS SUBMETIDOS A DIFERENTES RESÍDUOS
PÓS-PASTEJO**

Elisamara Raposo

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Coorientador: Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia

2013

R219d Raposo, Elisamara
Dinâmica de carbono e nitrogênio em pastos de capim-xaraés
submetidos a diferentes resíduos pós-pastejo / Elisamara Raposo. --
Jaboticabal, 2013
x, 69 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri
Banca examinadora: Liziane de Figueiredo Brito, Gabriel Maurício
Peruca de Melo
Bibliografia

1. *Brachiaria brizantha*. 2. Fluxo de carbono. 3. Ciclagem de
nutrientes. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 636.084.22

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

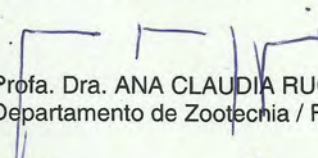
TÍTULO: DINÂMICA DE CARBONO E NITROGÊNIO EM PASTOS DE CAPIM-XARAÉS
SUBMETIDOS A DIFERENTES RESÍDUOS PÓS-PASTEJO

AUTORA: ELISAMARA RAPOSO

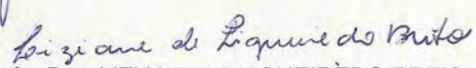
ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. ALAN RODRIGO PANOSSO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA , pela
Comissão Examinadora:


Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. LIZIANE DE FIGUEIRÊDO BRITO

Pós-Doutoranda / Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de
Jaboticabal


Prof. Dr. GABRIEL MAURÍCIO PERUCA DE MELO

Universidade Camilo Castelo Branco / Descalvado/SP

Data da realização: 25 de fevereiro de 2013.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Elisamara Raposo, filha de Arlindo Raposo e Maria Cristina da Silva Raposo, natural de Ribeirão Preto, nascida em 16 de abril de 1987. Em março de 2006, ingressou no curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal e se formou em 2010 sob orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri, com o trabalho de conclusão de curso intitulado “Estudo do capim milheto e do híbrido de sorgo-sudão manejados sob duas alturas de resíduo em pastejo rotativo com ovinos”, com o qual recebeu “Prêmio Zootecnia”, atribuído pela Coordenadoria de Trabalhos de Graduação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, ao melhor Trabalho de Iniciação Científica para Graduação em Zootecnia. Durante a graduação foi bolsista de Iniciação Científica pela agência de fomento FAPESP durante três anos em dois projetos. Participou como voluntária do Grupo PET Zootecnia nesta instituição de ensino e foi monitora voluntária da disciplina “Plantas tóxicas e invasoras de pastagens” sob responsabilidade da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri. Em março de 2011, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na área de Forragicultura e Pastagens também na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri. No mês de fevereiro de 2013, submeteu-se à banca para a defesa de Dissertação, sendo aprovada como Mestre em Zootecnia.

*“No mundo tereis tribulações,
mas coragem: Eu venci o
mundo!” (Jo 16, 33)*

Dedico

*A família Raposo e ao meu
namorado com todo meu
amor e carinho*

Ofereço

*A todos os amigos, professores e
funcionários que contribuíram direta
ou indiretamente para a realização
deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me fazer trilhar em bons caminhos, e compreender que as coisas não acontecem no tempo dos homens, mas no tempo em que ele determina o que será melhor para seus filhos.

A minha mãe Maria Cristina exemplo de mulher, esposa e mãe, que fez o possível e o impossível para que eu pudesse estudar. Não há palavras que expressem quão grata sou por tudo que sempre fez por nós. Te amo!

Aos meus irmãos Cleiton e Junio e as minhas irmãs Elizandra e Elisângela pelo amor incondicional, pelo carinho, apoio, compreensão, ajuda, conselhos e momentos de descontração. Amo muito vocês.

Ao meu namorado Temistoclis pelo amor, carinho, atenção, companheirismo, paciência, apoio, compreensão, pelas boas risadas, brincadeiras e por fazer meus dias mais felizes e a minha vida mais leve. Amo você!

Aos meus cunhados Alexandre e Luciano e minha cunhada Juliana, pelo carinho, momentos de descontração e ajuda sempre que precisei.

Ao meu sobrinho João Victor responsável por grandes folias e alegrar sempre nossas vidas com sua espontaneidade, criatividade e por ser um menino muito amoroso.

A minha orientadora Prof. Dra. Ana Cláudia Ruggieri pelo carinho, amizade, confiança, cuidados, incentivo, oportunidade, conselhos, ajuda, orientação, ensinamentos transmitidos e contribuições na minha formação pessoal e profissional.

Ao meu coorientador Dr. Alan Rodrigo Panosso pela amizade, carinho e paciência em me ensinar, pela ajuda com a estatística, pelas conversas e incentivos.

Ao Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis por ter aceitado o convite para compor minhas bancas examinadoras, pelas contribuições no trabalho, pela amizade, carinho, e ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Newton La Scala Jr. por ter aceitado o convite para compor minha banca examinadora do projeto, pelas contribuições no trabalho e parceria no desenvolvimento das nossas pesquisas.

A Prof. Dr. Wanderley José de Melo por permitir que parte das análises fosse realizada no laboratório de Biogeoquímica do Solo do Departamento de Tecnologia.

A Dra. Liziane de Figueiredo Brito por ter aceitado o convite para compor minhas bancas de qualificação e defesa e também pelas valiosas contribuições no trabalho.

Ao Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo por ter aceitado o convite para compor minha banca de defesa e também pelas valiosas contribuições no trabalho.

Aos funcionários do laboratório de Biogeoquímica do Solo: Sueli Aparecida Leite (técnica), Roberto Aparecido Chelli (técnico) e Rodrigo Thomas de Oliveira (auxiliar técnico) pelo paciencioso ensino das metodologias e procedimentos analíticos e pelas conversas e brincadeiras que muito me alegraram.

À Dra. Estella Rosseto Januszkiewicz pela amizade, carinho, por me proteger e cuidar como uma irmã, pela paciência em me ensinar, pela ajuda desde a minha graduação, pelas conversas e incentivos e também pela ótima companhia de trabalho, sentirei muita saudade.

Ao Dr. Leandro Galzerano pela inestimável ajuda na condução do experimento, pelo companheirismo e pelas boas risadas que demos enquanto arduamente coletávamos dados e amostras.

Aos amigos do setor de Forragicultura: Abmael, Anderson, Cássia, Denise, Eliane, Estella, Fernando, Gustavo, Laís, Liziane, Luíza, Mariana, Nailson, Naomi, Nomaiaí, Paola, Samuel, Serena, Thaís, Thalís, Victor e Wilton, pelo companheirismo, pelos momentos de descontração e pela ajuda.

Um agradecimento especial para Mariana (Mari) pela grande ajuda durante a fase de análises laboratoriais, pelas boas risadas, conversas e loucuras (sopão) que fizemos neste período.

Aos funcionários do setor: José Benedito Severo dos Santos (Sr. Zé), José Roberto Turco (Turquinho) pela ajuda, companheirismo e pelas conversas divertidas.

À Hellen Buzollo por dividir o apartamento comigo, pela amizade, carinho, parceria e cumplicidade. Pelas longas conversas até tarde, pelo ombro nos momentos de tribulação e pelos muitos momentos de descontração.

Aos amigos do Grupo de Oração Universitário – Magnificat: Leandro, Cid, Bruno, Érica e ao padre Edson pela companhia, incentivos, orações, boas conversas e divertimentos.

Aos amigos e amigas de graduação que mesmo longe sempre torceram por mim: Flávia, Bruna (poia), Giovana e Reginaldo. Aos amigos de graduação e companheiros de mestrado: Daniel (Dan), Bruna (Bruninha), Lívia e Carolina. Aos amigos de longa data que perdoaram minhas ausências em muitos momentos: Natália e Paulo. E também aqueles cuja memória me falhou, mas que o coração não se esquece de ser grato.

Ao Professor Paulo Affonso Bellingieri (*in memoriam*) por me iniciar na vida acadêmica; jamais esquecerei as longas conversas em sua sala, das suas palavras de incentivo e da sua vibração a cada conquista que compartilhei com o senhor. Adoraria que estivesse junto a nós neste momento tão importante para mim, mas sei que, de onde estiver, está orgulhoso.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas	xii
Lista de tabelas	xiii
Lista de figuras	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. Capim-xaraés (<i>Brachiaria brizantha</i> (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés sinonímia <i>Urochloa brizantha</i>)	19
2.2. Índice de área foliar residual (IAFr).....	20
2.3. Interceptação luminosa.....	21
2.4. Estoques de carbono e nitrogênio no solo.....	22
2.5. Emissão de CO ₂	24
2.6. Decomposição da matéria orgânica	25
2.7. Atividade enzimática no solo	26
3. OBJETIVOS	29
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Área experimental.....	29
4.2. Histórico da área experimental	30
4.3. Características Edafoclimáticas.....	32
4.4. Índice de área foliar residual.....	34
4.5. Manejo da pastagem e animais	34
4.6. Amostragem do solo	34
4.7. Variáveis estudadas	35
4.7.1. Estoque de carbono e nitrogênio no solo	35
4.7.2. Emissão de CO ₂	35
4.7.3. Atividade enzimática no solo	36
4.7.4. Decomposição da serrapilheira	37
5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	37
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38

6.1. Massa de capim-xaraés.....	38
6.2. Estoques de carbono e nitrogênio do solo.....	39
6.3. Características físicas do solo	44
6.4. Emissão de CO ₂ do solo.....	46
6.5. Atividade enzimática do solo	51
6.6. Decomposição da serrapilheira	54
6.6.1. Teor de matéria orgânica	54
6.6.2. Teor de matéria mineral	55
6.6.3. Teor de carbono.....	56
6.6.4. Teor de nitrogênio	58
6.6.5. Relação carbono:nitrogênio (relação C:N)	59
6.6.6. Teor de Fósforo.....	61
7. CONCLUSÕES	62
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

Lista de abreviaturas

AOAC = Association of Official Analytical Chemists

C = Carbono

°C = grau Celsius

Ca = cálcio

CaCl₂ = cloreto de cálcio

CO₂ = dióxido de carbono

CT = carbono total

CV = coeficiente de variação

DP = desvio padrão

DS = densidade do solo

e = espessura da camada de solo

EstC = estoque de carbono

EstN = estoque de nitrogênio

µg = micrograma

IAF = índice de área foliar

IAFr = índice de área foliar residual

IL = interceptação luminosa

K = potássio

µm = micrometro

µmol = micromol

mmol_c = milimol carga

Mg = magnésio

Mg = megagramas

MM = matéria mineral

MO = matéria orgânica

MS = massa seca

N = Nitrogênio

NT = nitrogênio total

P = fósforo

Pg = petagramas

PNF = paranitrofenol

PV = peso vivo

Relação C:N = Relação carbono:nitrogênio

S = enxofre

T = temperatura

TFSE = terra fina seca em estufa

TPF = trifenil formazam

U = umidade

V = valor de saturação de bases

VTP = volume total de poros

Lista de tabelas

Tabela 1. Massa total, folhas, colmo e material morto no pré e no pós-pastejo (kg.ha ⁻¹ de MS) em pastos de capim-xaraés manejados com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) no ano de 2011.....	39
Tabela 2. Teores de carbono (C) e nitrogênio (N), relação C:N em diferentes profundidades do solo sob pastos de capim-xaraés em março de 2011.....	40
Tabela 3. Teores de nitrogênio (N), carbono (C) e relação C:N em pastos de capim-xaraés manejados com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) em março de 2011.....	41
Tabela 4. Estoques de carbono (EstC) (Mg ha ⁻¹) e estoques de nitrogênio (EstN) (Mg ha ⁻¹) em diferentes profundidades do solo sob pastos de capim-xaraés em março de 2011.....	42
Tabela 5. Estoques de carbono (EstC) (Mg ha ⁻¹) e estoques de nitrogênio (EstN) (Mg ha ⁻¹) em pastos de capim-xaraés manejados com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) no ano de 2011.....	43
Tabela 6. Valores de densidade, macro e microporosidade e volume total de poros (VTP) em diferentes profundidades do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada com diferentes índices de área foliar (IAFr) em março de 2011.....	45
Tabela 7. Macroporosidade e microporosidade do solo de pastos de capim-xaraés manejados com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) em março de 2011.....	45
Tabela 8. Emissão total de carbono do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) durante os meses de janeiro a outubro de 2011.....	47
Tabela 9. Média ± desvio padrão (DP) e valores de correlações lineares entre emissão de CO ₂ , temperatura e umidade do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) em 2011.....	51
Tabela 10. Atividade das enzimas arilsulfatase (mg PNF kg ⁻¹ TFSE h ⁻¹), protease (mg de tirosina kg ⁻¹ de TFSE h ⁻¹) e celulase (mg glicose kg ⁻¹ TFSE h ⁻¹) do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) durante os meses de janeiro a outubro de 2011.....	52
Tabela 11. Atividade da enzima desidrogenase (mg TPF kg ⁻¹ TFSE h ⁻¹) do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) durante os meses de janeiro a outubro de 2011.....	54

Lista de figuras

- Figura 1. Croqui da área experimental da pastagem de capim-xaraés, número dos piquetes, área (m²) e índice de área foliar residual (IAFr).....30
- Figura 2. Área experimental da pastagem de capim-xaraés, número dos piquetes, área (m²) e índice de área foliar residual (IAFr).....30
- Figura 3. Valores de temperatura máxima (T_{máx}), mínima (T_{mín}) e média (T_{méd}) e valores acumulados de precipitação durante os meses experimentais na cidade de Jaboticabal. Fonte: Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.....33
- Figura 4. Valores médios de armazenamento (ARM), deficiência (DEF), excesso de água (EXC) no solo e número de dias com chuva (ND) durante os meses experimentais na cidade de Jaboticabal. Fonte: Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.....33
- Figura 5. Variabilidade temporal da emissão de CO₂ do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) entre os meses de janeiro a outubro de 2011.....48
- Figura 6. Porcentagem de matéria orgânica (MO) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação.....55
- Figura 7. Porcentagem de matéria mineral (MM) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação.....56
- Figura 8. Porcentagem de carbono (C) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação.....57
- Figura 9. Porcentagem de nitrogênio (N) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação.....58
- Figura 10. Relação C:N do material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação.....60
- Figura 11. Porcentagem de fósforo (P) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação.....61

DINÂMICA DE CARBONO E NITROGÊNIO EM PASTOS DE CAPIM-XARAÉS SUBMETIDOS A DIFERENTES RESÍDUOS PÓS-PASTEJO

RESUMO – O índice de área foliar residual (IAFr) é importante ferramenta no manejo das pastagens, mas pouco se sabe sobre sua influência nas características físicas, químicas e biológicas do solo, além da contribuição para os estoques de carbono e nitrogênio do solo. O experimento teve por objetivo quantificar o estoque de carbono e nitrogênio, a emissão de CO₂ e a decomposição da serrapilheira de pastos de capim-xaraés submetidos a diferentes resíduos pós-pastejo nas condições edafoclimáticas de Jaboticabal, SP. A área total de capim-xaraés era de 2.795,9 m², formada em dezembro de 2004 e foi dividida em 12 piquetes para alocação do experimento. Os tratamentos consistiram de quatro resíduos pós-pastejo, definidos por índice de área foliar residual (IAFr = 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3). O IAFr foi estimado com auxílio do aparelho analisador de dossel – AccuPAR Linear PAR/LAI ceptometer da Decagon. A entrada dos animais nos piquetes de pastejo ocorreu quando o dossel atingiu 95% de interceptação de luz (IL) e a saída sempre que o IAFr pré determinado fosse atingido. As avaliações de estoque de carbono e nitrogênio no solo foram realizadas na profundidade de 0 a 30 cm, com três repetições em cada área. Os estoques de carbono e nitrogênio foram calculados com base na massa de solo equivalente. As medidas de emissão de CO₂ foram realizadas semanalmente utilizando-se o aparelho de câmara de fluxo LI-COR (LI-8100). As avaliações das atividades enzimáticas do solo foram feitas a cada 30 dias na profundidade de 0-20 cm durante os meses de janeiro a outubro de 2011, e nestas amostras, foram realizadas as determinações da: atividade das proteases, arilsulfatases, celulasas e desidrogenases. A avaliação da decomposição da serrapilheira seguiu a técnica de sacos de “nylon”, sendo incubados por 0, 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P) e carbono (C) e calculada a relação C:N no material remanescente. Os teores de C e N do solo, a relação C:N, e os estoques de C e N do solo foram diferentes nas profundidades e IAFr avaliados, sendo maiores em superfície e diminuindo em profundidade. O IAFr 2,3 proporcionou o maior valor de C e N no solo. Não houve diferença entre os IAFr na emissão de CO₂ do solo e atividade enzimática no solo durante o período de avaliação e apenas na atividade da desidrogenase verificou-se variações sazonais. Os IAFr influenciaram a decomposição da serrapilheira e a decomposição mais rápida ocorreu no IAFr 1,8, resultando no menor valor da relação C:N após 256 dias de estudo. Os IAFr estudados interferem na decomposição da serrapilheira, porém não interferem nas atividades enzimáticas e emissão de CO₂ do solo

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, fluxo de carbono, ciclagem de nutrientes

CARBON AND NITROGEN DYNAMICS IN XARAÉS GRASS PASTURE UNDER DIFFERENT POST-GRAZING RESIDUES

ABSTRACT - Residual leaf area index (LAIr) is an important tool in pasture management, but little is known about its influence on physical, chemical and biological soil properties, in addition to the contribution to carbon and nitrogen stocks in the soil. The experiment aimed to quantify carbon and nitrogen stocks in the soil, CO₂ emissions and litter decomposition in Xaraés grass pastures under different post-grazing residues in environmental conditions of Jaboticabal, SP. Total area of Xaraés grass was 2795,9 m², formed in December 2004 and was divided into 12 paddocks for experiment allocation. The treatments consisted of four post-grazing residues, defined by residual leaf area index (LAIr = 0,8, 1,3, 1,8 and 2,3). LAIr was estimated with aid of canopy analyzer equipment - AccuPAR Linear PAR / LAI ceptometer the Decagon. The animals starting grazing in the paddocks when the canopy reached 95% light interception (LI) and the end of grazing occurred when the LAIr predetermined was reached. Evaluations of carbon and nitrogen stocks in soil were realized at depth 0 to 30 cm, with three replications in each area. Carbon and nitrogen stock were calculated based on the equivalent soil mass. Measurements of CO₂ emissions were performed weekly using an equipment flow chamber LI-COR (LI-8100). Evaluations of soil enzymatic activities were made every 30 days at a depth of 0-20 cm during ten months (January to October 2011), and these samples were analyzed: proteases, arylsulfatases, cellulases and dehydrogenases activity. Evaluation of litter decomposition followed the litter bag technique and incubated for 0, 4, 8, 16, 32, 64, 128 and 256 days. Dry matter (DM), organic matter (OM), nitrogen (N), phosphorus (P) and carbon (C) contents was determined and calculated the C: N ratio in the remaining material. Soil C and N contents, soil C: N ratio, and C and N stocks in the soil were different at depths and LAIr evaluated, it was larger in surface and decreasing in depth. LAIr 2.3 provided the highest value C and N in the soil. There was no difference among the LAIr and soil CO₂ emissions and soil enzyme activities during the evaluation period and only in dehydrogenase activity was found seasonal variations. LAIr influenced litter decomposition and faster decomposition occurred at LAIr 1,8, resulting in the smallest value of C: N ratio after 256 days of study. LAIr studied interfere in litter decomposition, but do not interfere in soil enzyme activity and CO₂ emission.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, carbon flux, nutrient cycling

1. INTRODUÇÃO

O tema "mudanças climáticas" é objeto de preocupação no mundo todo. A causa destas mudanças consiste no aumento de emissões de gases de efeito estufa (GEE), advindos, principalmente, das atividades antrópicas, culminando na elevação da temperatura média global do planeta. Esse aumento da temperatura é consequência do incremento significativo na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, cujos principais são: o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O).

No Brasil, ao contrário do que ocorre nos países desenvolvidos, as maiores emissões de gases de efeito estufa não decorrem da queima de combustíveis fósseis. No País, os setores Agropecuários e o Uso e Mudança do Uso da Terra e Florestas são os responsáveis pela maior parcela dos gases de efeito estufa emitidos (BRASIL, 2010).

A maior parcela das emissões líquidas estimadas de CO₂, no Brasil, é proveniente da mudança do uso da terra, em particular da conversão de florestas para uso agropecuário. Esse setor foi responsável pela maior parcela das emissões de CO₂ e pela totalidade das remoções de CO₂, que incluem o manejo de áreas protegidas, a regeneração de áreas abandonadas e a mudança no estoque de carbono nos solos, com as emissões líquidas do setor participando com 77% das emissões líquidas totais de CO₂ em 2005 (BRASIL, 2010).

Naturalmente, nos ecossistemas há o ciclo do carbono, neste, uma das etapas consiste no sequestro de carbono atmosférico pela planta, para ser utilizado na fotossíntese e, em etapa mais avançada do mesmo ciclo, a morte da planta culmina em deposição de material orgânico no solo. A decomposição do material orgânico (pelos microrganismos presentes no solo) promove liberação de gás carbônico para a atmosfera; formação da matéria orgânica e nutrientes para o solo, iniciando o ciclo novamente.

Fisiologicamente, as plantas emitem CO₂ para a atmosfera durante o processo de respiração, mas em taxas inferiores às do processo de fixação do carbono, realizado por estas plantas durante o processo de fotossíntese. Nesse

sentido, as pastagens, assim como matas e florestas podem ser consideradas sumidouros naturais ao sequestro do carbono atmosférico, lembrando que os estoques de carbono estão concentrados na biomassa acima e abaixo do solo, na serrapilheira e no solo (CGEE, 2008).

Uma função comum a todos os ecossistemas é a capacidade de emitirem e sequestrarem o carbono atmosférico. Segundo Aduan et al. (2003) esta capacidade é determinada por vários processos físico-químicos e bióticos que, atuam em direções e intensidades diferentes e que, para realmente entender o papel atual e futuro de um ecossistema no balanço de carbono atmosférico, seria necessário também conhecer e quantificar todos esses processos. Portanto, as pastagens são consideradas ecossistemas promissores no sequestro de carbono atmosférico, principalmente por constituírem grandes áreas no território nacional. Estima-se apenas com a recuperação de pastagens degradadas uma economia de 104,5 milhões de toneladas de CO₂ –eq, que deixariam de contribuir para agravar o efeito estufa (LEITE, 2010).

O sucesso no sequestro de carbono atmosférico mantém relação estreita, principalmente, entre o carbono e o nitrogênio, pois o nitrogênio é um nutriente determinante ao crescimento das plantas e à formação da matéria orgânica do solo. A falta ou diminuição de nitrogênio na solução do solo acarreta em diminuição do crescimento das plantas e na formação da matéria orgânica no solo, uma vez que, é um nutriente limitante ao crescimento microbiano.

Nas pastagens, a utilização de fertilizantes nitrogenados não é comum, e o fornecimento de nitrogênio para as plantas advém, principalmente, da reciclagem de nutrientes via decomposição da serrapilheira e formação da matéria orgânica. Erros no manejo da pastagem podem causar prejuízos à manutenção da produtividade dos pastos, principalmente, quando estes são super pastejados, culminando em morte de raízes, esgotamentos das reservas das plantas, baixos retornam de nutrientes ao solo, sobretudo de nitrogênio dificultando o restabelecimento do pasto após um evento de desfolha. A medida que decisões de manejo erradas são repetidas o pasto entra em estado

de degradação e deixa de ser um potencial sumidouro do carbono atmosférico e de contribuir para a mitigação de gases de efeito estufa.

Os estudos existentes, normalmente, comparam distintos ecossistemas, mas são raros os que avaliam diferentes manejos do pasto associado à dinâmica do ciclo do carbono e do nitrogênio em pastagens permitindo maior compreensão deste ecossistema no que concerne ao crescimento, à reciclagem de nutrientes e, até mesmo, à fisiologia da gramínea frente a um determinado manejo e a contribuição deste ecossistema para as mudanças climáticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés sinonímia *Urochloa brizantha*)

O capim-xaraés foi coletado em Cibitoke, Burundi, Leste da África. Esse capim não é um híbrido, mas é uma variedade resultante de um processo de seleção. A forrageira possui plantas vigorosas, que atingem altura média de 1,5 m. Possui folhas mais largas que as do capim-marandu, lanceoladas com pouca pubescência e de coloração verde-escura (EMBRAPA, 2002). O capim-xaraés é uma gramínea perene, crescimento entouceirado, com talos prostrados que podem se enraizar quando em maior contato com o solo (VALLE et al., 2004).

O capim-xaraés é indicado para regiões de clima tropical úmido e para as de cerrados, com estação seca variando entre quatro e cinco meses. Desenvolve-se bem em diferentes tipos de solos, notadamente os de média a alta fertilidade natural e apresenta boa resposta à adubação. Produz cerca de 70% de forragem durante o período chuvoso, pois floresce tardiamente, por volta do mês de abril (EMBRAPA, 2002). Sob lotação contínua, deve ser manejado à altura de 30 a 45 cm e sob pastejo rotativo as alturas indicadas para a entrada e saída dos animais são 35 e 15 cm, respectivamente (EMBRAPA, 2010).

Nas condições edafoclimáticas de Jaboticabal, SP, Magalhães (2010) estudou ofertas de forragem e pastejo rotativo em cultivares de *Brachiaria* e observou no capim-xaraés massa de forragem no pré-pastejo (média de quatro ciclos de pastejo) de 10.260,82 kg.ha⁻¹ e 7.178,5 kg.ha⁻¹, respectivamente nos verões de 2007/2008 e 2008/2009. Galzerano (2012) avaliando índices de área foliar residual no capim-xaraés manejado sob pastejo rotativo durante os verões de 2009/2010 e 2010/2011 observou massas de forragem pré-pastejo de 7.073,30; 6.864,40; 7.710,04 e 8.097,47 kg.ha⁻¹, respectivamente nos índices de área foliar residual 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3 no primeiro verão avaliado e 8.328,28; 10.693,54; 10.846,14 e 11.332,00 kg.ha⁻¹, respectivamente, nos índices de área foliar residual 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3 no segundo verão.

2.2. Índice de área foliar residual (IAFr)

A intensidade e a frequência de desfolha ocasionada pelo pastejo ou corte promovem a perda de área foliar fotossinteticamente ativa, reduzindo a interceptação de energia luminosa, e por consequência a fotossíntese (ALEXANDRINO, GOMIDE e PACIULLO, 2008) e os responsáveis pela manutenção da sobrevivência dos tecidos remanescentes e da respiração celular logo após o corte ou pastejo são as reservas orgânicas e o índice de área foliar remanescente (SILVA, NASCIMENTO JR e EUCLIDES, 2008).

Segundo Lemaire (1997), desfolhações severas, com remoção de mais de 50% da folha, diminuem o crescimento radicular, pois a planta destina a maior parte dos fotoassimilados, recém-sintetizados, para a reconstituição da parte aérea e recuperação da capacidade fotossintética. Além disso, quando a parte aérea da planta é removida, uma proporção semelhante da raiz morre, tratando-se de uma estratégia adaptativa da planta para diminuir a demanda de fotoassimilados do sistema radicular e concentrar os compostos orgânicos recém-sintetizados para o crescimento da parte aérea (RICHARDS, 1993).

Quando a área foliar remanescente não é suficiente, as plantas utilizam o material de reserva (compostos nitrogenados e carboidratos) para reconstituir nova área fotossintética após a desfolhação. Para que esta situação não ocorra é necessário manejar corretamente a pastagem no que concerne aos aspectos

de eficiência de pastejo, taxa de lotação, pressão de pastejo que permitam a manutenção de área foliar residual suficiente para a rebrotação do pasto após um evento de desfolhação. Nesse sentido, estudos realizados com o intuito de verificar a eficiência de IAFr como estratégia de manejo de pastagens foram desenvolvidos por diversos autores (LIMA SANTOS, 2009; SILVA, 2010; GALZERANO, 2012).

Segundo Lima Santos (2009) o IAFr é um critério efetivo para controlar e definir estratégias de pastejo em capim-tanzânia. Silva (2010) estudando pastos de capim-tifton-85 submetidos à regime de lotação rotacionada com ovinos concluiu que o IAFr afeta diretamente as características morfológicas dos pastos e gera resultados que auxiliam na orientação do manejo.

Galzerano (2012) estudando IAFr como ferramenta no manejo de pastagens concluiu que pastos de capim-xaraés apresentam mudanças na altura do dossel, massa de forragem total, componentes morfológicos do pasto e período de descanso, em resposta as intensidades de pastejo. Embora, existam estudos que comprovam que o IAFr é importante ferramenta no manejo das pastagens pouco se sabe sobre sua influência nas características físicas, químicas e biológicas do solo, dessa forma, estudos realizados com este propósito são de grande valia para a elucidação dos IAFr como ferramenta do manejo de pastagens comprovando o benefício sobre as características do solo, além da contribuição para os estoques de carbono e nitrogênio do solo.

2.3. Interceptação luminosa

A produção total de forragem é determinada pela quantidade de luz interceptada pelo dossel. Quando nutrientes e água não são limitantes, a produção “teto” é dependente da energia luminosa recebida. Essa máxima produção somente será obtida se área apropriada de folhas interceptar a luz incidente (WARREN-WILSON, 1961). O desenvolvimento do conceito de índice de área foliar (IAF) proposto por Watson (1947) possibilitou a racionalização e um melhor entendimento das relações entre a interceptação luminosa e o acúmulo de massa seca das plantas. Segundo este autor, o IAF é determinado

pela razão entre a área foliar e a área de solo ocupada pela cultura, e dependendo da condição, o principal determinante da interceptação e utilização da radiação solar pelas plantas. Dessa forma, o IAF constitui uma das principais características estruturais do pasto, pois influencia o uso da radiação fotossinteticamente ativa e, conseqüentemente, a fotossíntese e a produção de matéria seca (LAWLOR, 1995).

Em um valor de IAF chamado de “ótimo”, há interceptação de aproximadamente toda a luz incidente, com um mínimo de auto-sombreamento, este IAF proporciona o máximo valor de taxa de acúmulo de forragem (RHODES, 1973). Abaixo do IAF ótimo as taxas de acúmulo são dependentes do IAF e são mais reduzidas quando a interceptação luminosa (IL) é incompleta, enquanto que acima do IAF ótimo há redução na taxa de acúmulo causada pelo aumento das perdas respiratórias, consequência do sombreamento excessivo, que resulta em balanço negativo de carbono (HAY e WALKER, 1989). O valor de IAF que proporciona 95% de IL e, no qual, a taxa de acúmulo de forragem está próxima do valor máximo é definido como IAF “crítico” e é neste ponto que se deve realizar o pastejo a fim de se aproveitar o máximo acúmulo de forragem sem haver perdas por meio de senescência do pasto devido ao sombreamento das folhas inseridas em posições mais baixas no dossel.

2.4. Estoques de carbono e nitrogênio no solo

Estudos relativos ao carbono orgânico do solo sob diferentes sistemas de manejo, fornecem importantes subsídios para a avaliação da qualidade do solo. Existe interesse cada vez maior na identificação dos sistemas de manejo de pastagens que promovam a melhoria do estoque de carbono no solo (FREITAS et al., 2000).

A matéria orgânica do solo constitui o maior reservatório de carbono da superfície terrestre. Estima-se que os estoques de carbono no solo estejam entre 1.200 e 1.500 petagramas (Pg ou 10^{15} g), superando, assim, o estoque de carbono na biota (ANDERSON, 1995). No solo, os compartimentos responsáveis pelo estoque de carbono são: a biomassa subterrânea, que

compreende todos os órgãos vivos localizados abaixo da linha do solo, a serrapilheira, que atua como regulador do fluxo de carbono e nutrientes que se localizam entre a vegetação e o solo, a matéria orgânica do solo, que constitui o maior estoque de carbono de todos os ecossistemas terrestres e a biomassa microbiana, que possui estreita relação com os componentes físicos e químicos do solo (ADUAN et al., 2003).

Nas pastagens, segundo Urquiaga et al. (2010), a dinâmica do carbono no solo é semelhante à que ocorre nos sistemas agrícolas e, de fato, a pouca frequência com que ocorre o revolvimento do solo leva a condição semelhante à observada em sistemas de plantio direto. Segundo estes autores, somente as pastagens corretamente manejadas, no que se refere à escolha do sistema de lotação e a pressão de pastejo empregados, entre outros, conseguem manter os estoques de carbono do solo em níveis similares aos encontrados nos solos sob vegetação nativa.

O sucesso no manejo da pastagem está estreitamente associado ao nitrogênio, pois este nutriente determina a velocidade de crescimento e a produção de forragem (SILVA, NASCIMENTO JR e EUCLIDES, 2008). No caso das pastagens, em que o uso de fertilizantes é menos intenso, a principal via de fornecimento de nitrogênio às plantas é a reciclagem de nutrientes via decomposição da serrapilheira, e uma das estratégias para manter o fornecimento deste nutriente é o manejo correto do pasto mantendo-o sob pressão de pastejo em que a quantidade de nutrientes reciclada no resíduo seja suficiente para atender a demanda da pastagem (JANTALIA et al., 2006).

O nitrogênio proveniente das excretas dos animais também constitui via de entrada deste nutriente nas pastagens, porém a distribuição das excretas dentro de pastagem não é homogênea, culminando em mosaicos de crescimento no pasto e em áreas rejeitadas ao consumo pelos animais devido à presença de fezes. Dessa forma, a decomposição da serrapilheira e a formação de matéria orgânica no solo são processos imprescindíveis para a manutenção de níveis de nitrogênio requeridos pelas plantas no solo, pois, a primeira constituirá a via de entrada e a segunda o reservatório deste nutriente no solo, pois a maior parte do nitrogênio mineral é derivada da matéria

orgânica do solo através do processo de mineralização (SILVA, NASCIMENTO JR e EUCLIDES, 2008).

Os estoques de nitrogênio no solo parecem depender de interações deste nutriente com substâncias que compõe a matéria orgânica do solo, pois, segundo Urquiaga et al. (2005) a medida que os resíduos orgânicos são decompostos, para a formação de matéria orgânica do solo, são originados os primeiros componentes do húmus. Estes componentes advêm de compostos resistentes de vegetais superiores e são modificados por meio de reações bioquímicas, resultando em compostos ainda mais resistentes à ação dos microorganismos, sendo os mais comuns os compostos modificados da lignina. Segundo os autores muitos destes compostos do húmus são passíveis de reagir com compostos proteicos, protegendo, assim, o nitrogênio orgânico do ataque microbiano.

2.5. Emissão de CO₂

O solo é a maior reserva de carbono em sistemas terrestres, segundo Wang e D'Odorico (2008) o carbono estocado na matéria orgânica do solo é de 2400 Pg, que é aproximadamente o dobro da quantidade estocada na vegetação (550 Pg) e atmosfera (750 Pg) juntas. Menor apenas do que os oceanos. Estima-se que as atividades antrópicas liberem anualmente 7,5 Pg do carbono existente no solo para a atmosfera, na forma de CO₂ (BODDEY et al., 2004).

A quantidade de carbono orgânico no solo é o resultado do balanço entre dois processos: deposição de resíduos (serrapilheira e raízes) de plantas que originalmente captaram o carbono do CO₂ atmosférico através da fotossíntese; e decomposição dos resíduos depositados que resulta na emissão do CO₂ para a atmosfera. O primeiro processo é favorecido por altas taxas de produção primária, favorecida pela abundância de água, calor e nutrientes. A decomposição também é favorecida pela abundância de água e calor, mas é ainda mais estimulada pelo revolvimento do solo nos processos de preparo, conforme praticado na agricultura convencional com arados e outros implementos semelhantes, que destroem os agregados do solo que protegem a

matéria orgânica da ação microbiana (BODDEY et. al., 2004). Segundo os autores supracitados, outra prática que resulta na perda de carbono do solo é o desmatamento e queima de vegetação nativa, que reduzem drasticamente a deposição de resíduos sem alteração proporcional na decomposição da matéria orgânica do solo.

A introdução de espécies de gramíneas tropicais de origem africana, como, por exemplo, do gênero *Brachiaria* sp. têm capacidade de armazenar quantidades significantes de carbono nos solos (SILVA et al., 2004). As gramíneas desse gênero são conhecidas, também, pela capacidade de adaptação às condições de clima e de solos tropicais e produção de matéria seca em abundância, durante todo o ano, se as condições de temperatura e de umidade do solo forem favoráveis (SEGNINI et al., 2008).

2.6. Decomposição da matéria orgânica

Vários fatores afetam a quantidade de resíduos, que irão formar a serrapilheira, entre eles, destacam-se o clima, o solo, as características genéticas da espécie, a idade e a densidade de plantas (SOARES, 2008). Por outro lado, a transformação de serrapilheira em matéria orgânica do solo depende de fatores, como, a qualidade da serrapilheira (quanto aos constituintes: lignina, carbono, nitrogênio entre outros), a relação C:N do material, a atividade microbiana, o pH, a umidade e a temperatura, a estrutura do solo, etc.

A taxa de decomposição sofre alterações ao longo do tempo promovendo diferenças na composição química do material remanescente, resultando também em novos indicadores de decomposição, os quais podem mudar constantemente. Existem inúmeros fatores que interagem na regulação de perda de massa, formação de húmus, dinâmica dos nutrientes e padrões de composição química para a decomposição da serrapilheira (BERG e MCCLAUGHERTY, 2008).

O aumento dos teores de matéria orgânica do solo ocorre de forma lenta, tendo como pré-requisito básico que a deposição seja maior que a decomposição de resíduos vegetais. Esse balanço tem relação estreita com a

produtividade primária e com o manejo da pastagem, especialmente com os aspectos que afetam a eficiência de utilização da forragem como o manejo do pastejo, sistema de lotação e pressão de pastejo (DUBEUX JR. et al., 2004).

Sistemas de pastagens bem manejadas de *Brachiaria*, com o não revolvimento do solo ou queimadas, podem proporcionar o sequestro de carbono da atmosfera via sistema radicular e coroa das plantas, ou mesmo outros restos vegetais depositados na superfície do solo. Isso influenciado pela entrada do nitrogênio, na forma de fertilizante ou de mineralização do material orgânico (SEGNINI et al., 2007).

O manejo da pastagem é ferramenta fundamental para minimizar perdas de nutrientes e maximizar a eficiência dos fertilizantes aplicados por meio da ciclagem de nutrientes. Por exemplo, se a desfolhação for drástica, pode ocorrer um balanço negativo de carbono, ou seja, a respiração é maior que fotossíntese, esse balanço negativo leva a redução substancial do material de reserva composto por carboidratos e compostos nitrogenados (PENATI et al., 1999). Dessa forma, estudos focados em diferentes IAF podem gerar informações consistentes quanto às intensidades de pastejo que melhor proporcionam o restabelecimento do IAF do pasto e a produção de matéria seca. Assim, o método de pastejo, adubação, níveis adequados de nitrogênio na dieta, lotação animal e pressão de pastejo, distribuição de sombra e água na pastagem, escolha do tipo animal (raça, sexo, idade) adequado e uso correto do fogo são algumas estratégias que compõem o manejo da pastagem (SOLLENBERGER et al, 2002).

2.7. Atividade enzimática no solo

Enzimas no solo estão evidentemente envolvidas na decomposição da matéria orgânica e muitas outras transformações químicas no solo (PANCHOLY e RICE, 1973), atuando como agentes catalíticos nestes processos (FERNÁNDEZ et al., 2008). Segundo Fernández et al., (2008) os microorganismos são a principal fonte de enzimas do solo, devido a sua grande biomassa, alta atividade metabólica e curto período de vida, que os permite liberar quantidades relativamente maiores do que, as que as plantas e animais

são capazes de produzir. Portanto, nos diversos ecossistemas terrestres, o crescimento, a produtividade e o balanço de nutrientes dependem, principalmente, da composição da microbiota do solo e da atividade microbiana (SALAZAR et al., 2011) e a atividade enzimas são influenciadas por grande quantidade de fatores naturais e antropogênicos que modificam consideravelmente o comportamento e propriedades (FERNÁNDEZ et al., 2008).

As enzimas atuam sobre substratos específicos, e por este comportamento, são classificadas em quatro grupos: oxiredutases, transferases, hidrolases e liases. Os dois primeiros grupos são os mais estudados. Entre as oxiredutases, a desidrogenase tem recebido especial atenção, por ser enzima intracelular, tem sua atividade associada respiração referente à atividade metabólica, mas não, necessariamente, quantifica o número de microorganismos presentes no solo (MELO et al., 2010). Dessa forma, a atividade parece ser regulada pelos mesmos fatores que alteram o crescimento microbiano, tais como, umidade e temperatura, entre outros.

As hidrolases são enzimas conhecidas por atuarem no ciclo de nutrientes dentre elas há as proteases constituem um grupo de enzimas responsáveis por catalizar a hidrólise de proteínas à polipeptídeos, e oligopeptídeos à aminoácidos. A atividade das proteases foi detectada em plantas, animais e microorganismos, mas pelo alto peso da molécula de proteína o primeiro passo da degradação proteica ocorre extracelularmente (ALEF e NANNIPIERI, 1995). Estes autores observaram que a protease pode ser encontrada nas células vivas, mortas, de forma livre no solo ou ser adsorvida a partículas orgânicas, inorgânicas ou organominerais do solo.

Avaliando a biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem de capim-tifton-85 com diferentes lotações de ovinos em Jaboticabal, Garcia e Nahas (2007) mensuraram a atividade da protease na camada de 0–10 e de 10-20 cm de profundidade e observaram que os valores da atividade desta enzima variaram de 922,1 a 3.075,64 μg de tirosina g^{-1} de solo seco. Essa variação correspondeu a aumento significativo de 2,2 a 4,8 vezes na atividade da protease encontrada na camada de 0–10, em relação à de 10–20 cm. Os

autores observaram ainda diminuição significativa da atividade proteolítica na seguinte ordem: pastos com baixa lotação têm maior atividade proteolítica que pastos com ausência de animais (controle) e estes têm maior proteolítica que pastos com alta lotação, indicando que em pastos com alta lotação o potencial de mineralização do N poderia ter sido afetado pela disponibilidade deste elemento neste tratamento.

Segundo Pancholy e Rice, (1973) amilase, celulase e invertase são algumas das importantes enzimas do solo que são parcialmente responsáveis pela taxa e curso da decomposição da serrapilheira, ou seja, são enzimas envolvidas no ciclo do carbono. Pancholy e Rice, (1973) avaliando atividade enzimática em diferentes sistemas sucessão de campos velhos, encontraram as maiores atividades da celulase na primavera e verão e as menores no outono e inverno. Os autores não encontraram correlações positivas entre o teor de carbono orgânico e pH do solo sobre a atividade da celulase, possivelmente, porque esta enzima atue nas primeiras reações de decomposição formando substratos para outras reações.

As sulfatases constituem um grupo de enzimas que hidrolisam ésteres de sulfato orgânico, esse grupo de enzimas foi detectado em plantas, animais e microorganismos; e após diversos estudos sugeriu-se que as sulfatases pudessem desempenhar um importante papel nos processos em que o enxofre orgânico no solo é mineralizado e disponibilizado para as plantas em crescimento (TABATABAI e BREMNER, 1970). Existem vários grupos de sulfatases, porém, o grupo das arilsulfatases foi o primeiro grupo de sulfatases descoberto na natureza e por essa razão recebeu maior atenção do que os outros grupos de sulfatases (TABATABAI e BREMNER, 1970). A arilsulfatase está associada à presença de fungos no solo, pois estes possuem ésteres de sulfatos, os quais são substratos para a atividade desta enzima (LISBOA, 2009). Acredita-se que a atividade esteja correlacionada com a ciclagem de enxofre no solo. Pinto e Nahas (2002) estudando a atividade e população microbiana envolvida nas transformações do enxofre em solos com diferentes vegetações encontraram correlação significativa entre a atividade desta enzima e o teor de S-orgânico e S-total.

As ações antropogênicas são passíveis de afetar os padrões de atividade enzimática no solo, tornando-as sensíveis indicadores biológicos sobre o estado e a qualidade do solo. Em pastagens, as ações antropogênicas referem-se ao manejo do pastejo e a utilização de insumos, tais como, fertilizantes e corretivos. Dessa forma, estudos sobre estratégias de manejo, aliados a avaliação da atividade enzimática do solo, são fundamentais na tentativa de definir a intensidade de pastejo capaz de manter a qualidade do solo e avaliar os impactos causados pelo manejo inadequado.

3. OBJETIVOS

Os objetivos desse estudo foram avaliar o efeito de diferentes resíduos pós-pastejo em pastos de capim-xaraés sob pastejo rotativo nas condições edafoclimáticas de Jaboticabal, SP sobre as seguintes características:

1. Emissão de dióxido de carbono (CO₂);
2. Estoque de carbono e nitrogênio do solo;
3. Porosidade e densidade do solo;
4. Atividade enzimática no solo;
5. Decomposição da serrapilheira;

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área experimental

O experimento foi conduzido em área do setor experimental de forragicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Unesp, Campus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°15'22" de latitude sul, longitude de 48°18'58"W, à altitude de 595 m acima do nível do mar. A área de capim-xaraés possuía 2.795,9 m² e foi dividida em 12 piquetes para alocação dos tratamentos e repetições (Figura 1).

7 198m ² IAF 1,3	8 283m ² IAF 1,8	9 113 m ² IAF 0,8	10 368m ² IAF 2,3	11 198m ² IAF 1,3	12 283m ² IAF 1,8
1 368m ² IAF 2,3	2 198m ² IAF 1,3	3 283m ² IAF 1,8	4 113 m ² IAF 0,8	5 368m ² IAF 2,3	6 113 m ² IAF 0,8

Figura 1. Croqui da área experimental da pastagem de capim-xaraés, número dos piquetes, área (m²) e índice de área foliar residual (IAFr).

4.2. Histórico da área experimental

A área foi implantada em dezembro de 2004 (Figura 2) e desde o verão de 2006/2007 foi manejada sob diferentes intensidades de pastejo, durante os verões, em estudos realizados na área.



Figura 2. Área experimental da pastagem de capim-xaraés, número dos piquetes, área (m²) e índice de área foliar residual (IAFr).

Em outubro de 2007, Magalhães (2010) e Janusckiewicz (2011) coletaram amostras de solo na profundidade de 0 - 20 cm para caracterização

química da fertilidade, verificação e correção da acidez e aplicação dos adubos necessários, seguindo as recomendações de WERNER et al. (1996). As análises químicas do solo foram realizadas no Departamento de Solos e Adubos da Universidade Estadual Paulista UNESP, Campus de Jaboticabal obtendo-se os seguintes resultados: pH (CaCl_2) 5,3; 27 g dm^{-3} MO; 15 mg dm^{-3} P (resina); $6,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ K; $28 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Ca; $11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Mg; 62% de V.

No resultado da análise de solo, as autoras observaram que a saturação por bases e o teor dos macronutrientes atendiam às exigências mínimas do capim-xaraés e utilizaram $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio na forma de ureia, que foram aplicados em dose única, manualmente e a lanço, nos meses de janeiro de 2008 e 2009. Neste estudo a área foi dividida em 12 piquetes e foram alocados quatro tratamentos (ofertas de forragem) e três repetições. Foram realizados quatro ciclos de pastejo entre os meses de novembro a fevereiro de 2007/2008 e 2008/2009.

Galzerano (2012) realizou quatro amostragens na camada de 0-20 cm de profundidade nos verões de 2009/2010 e 2010/2011. As análises químicas foram realizadas Departamento de Solos e Adubos da Universidade Estadual Paulista UNESP, Câmpus de Jaboticabal obtendo-se os seguintes resultados: pH (CaCl_2) 4,9; 23 g dm^{-3} MO; 12 mg dm^{-3} P (resina); $3,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ K; $22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Ca; $9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Mg; 45% de V na amostragem realizada em outubro de 2009. pH (CaCl_2) 4,9; 21 g dm^{-3} MO; 8 mg dm^{-3} P (resina); $2,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ K; $32 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Ca; $10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Mg; 51% de V na amostragem realizada em fevereiro de 2010; pH (CaCl_2) 4,4; 31 g dm^{-3} MO; 9 mg dm^{-3} P (resina); $3,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ K; $16 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Ca; $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Mg; 32% de V na amostragem realizada em outubro de 2010; pH (CaCl_2) 5,0; 24 g dm^{-3} MO; 7 mg dm^{-3} P (resina); $4,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ K; $33 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Ca; $10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Mg; 53% de V na amostragem realizada em fevereiro de 2011.

Após o pastejo de imposição dos tratamentos em novembro de 2009 e em novembro de 2010 foram realizadas na área experimental calagem e adubação, ambas em cobertura. A calagem consistiu na aplicação de $1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de calcário calcítico e a adubação na aplicação de $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N na forma de sulfato de amônio e $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K na forma de cloreto de potássio,

ambas em dose única, manualmente e a lanço. A aplicação do calcário foi realizada com objetivo de elevar os valores de V(%) e pH da área. Galzerano (2012) avaliou quatro ciclos de pastejo e quatro índices de área foliar residual (IAFr = 0,8; 1,3; 1,8; 2,3) durante dois verões. Os ciclos de pastejo ocorreram nas seguintes datas: ciclo 01: 03/11/09 a 17/12/09; ciclo 02: 18/12/09 a 13/01/10; ciclo 03: 14/01/10 a 15/02/10; ciclo 04: 16/02/10 a 01/04/10 compreendendo o verão de 2009/2010 e os ciclos 01: 28/11/10 a 28/12/10; ciclo 02: 29/12/10 a 25/01/11; ciclo 03: 26/01/11 a 14/03/11 e ciclo 04: 15/03/11 a 21/04/11 compreendendo o verão de 2010/2011. Em todos os estudos supracitados foram utilizadas vacas e/ou novilhas não lactantes com peso médio aproximado de 450 kg. Entre os meses de abril a setembro entre os anos de 2006 a 2011 a área experimental não recebia nenhum manejo.

4.3. Características Edafoclimáticas

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico, textura argilosa, horizonte A moderado, com relevo suave ondulado (ANDRIOLI e CENTURION, 1999). Antes do início experimental foi realizada amostragem de solo na profundidade de 0-20 cm para análise da fertilidade do solo. As análises das características químicas do solo foram realizadas no Departamento de solos e adubos da FCAV – UNESP, Campus Jaboticabal. O resultado apresentou as seguintes características: pH (CaCl₂) 4,4; 31 g dm⁻³ MO; 9 mg dm⁻³ P (resina); 3,9 mmol_c dm⁻³ K; 16 mmol_c dm⁻³ Ca; 8 mmol_c dm⁻³ Mg; 32% de V. Em novembro de 2010 foi realizado pastejo para imposição dos tratamentos, em seguida, foram realizadas a calagem e adubação, de forma manual e a lanço. A aplicação de 1000 kg ha⁻¹ de calcário calcítico para a calagem e de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de sulfato de amônio e 100 kg ha⁻¹ de potássio na forma de cloreto de potássio, aplicados em dose única.

O clima de Jaboticabal é do tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado por duas estações bem definidas, uma chuvosa que compreende os meses de outubro a março e uma seca que compreende os

meses de abril a setembro. Os dados meteorológicos referentes ao período experimental (Figuras 3 e 4) foram obtidos junto à Estação de Agrometeorologia pertencente a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp Câmpus de Jaboticabal.

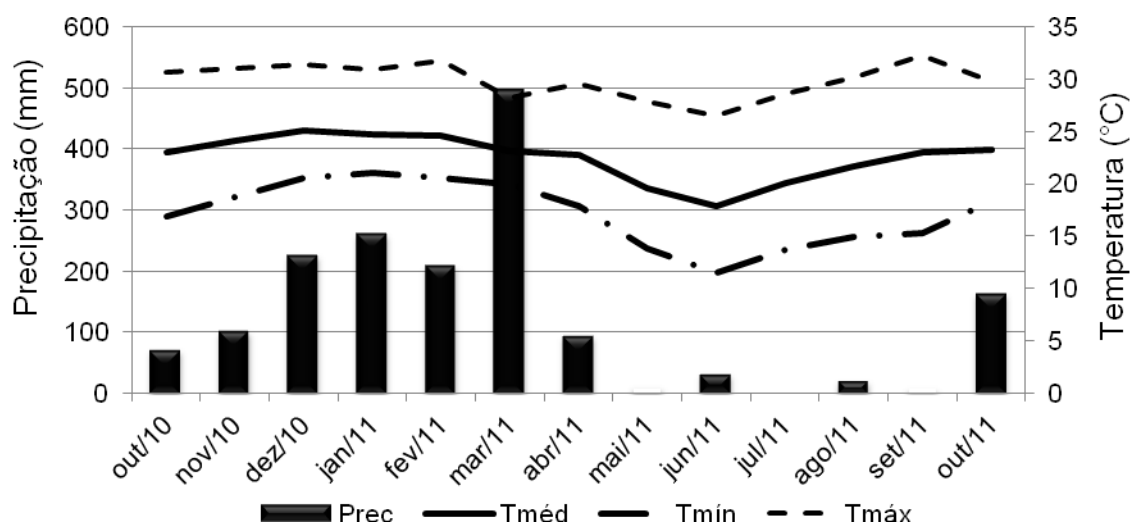


Figura 3. Valores de temperatura máxima (Tmáx), mínima (Tmín) e média (Tméd) e valores acumulados de precipitação durante os meses experimentais na cidade de Jaboticabal. **Fonte:** Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.

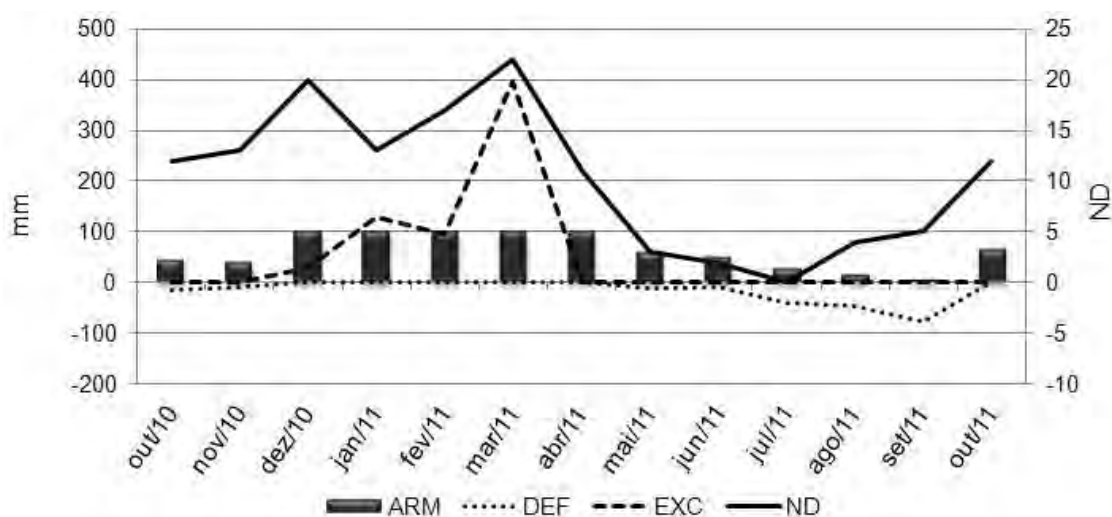


Figura 4. Valores médios de armazenamento (ARM), deficiência (DEF), excesso de água (EXC) no solo e número de dias com chuva (ND) durante os meses experimentais na cidade de Jaboticabal. **Fonte:** Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.

4.4. Índice de área foliar residual

As intensidades de pastejo foram determinadas por IAFr nos seguintes índices: 0,8;1,3; 1,8 e 2,3. O IAFr foi estimado com auxílio do aparelho analisador de dossel – AccuPAR Model LP – 80 PAR/LAI (Decagon devices®). Foram tomadas 20 medidas acima e 20 medidas abaixo do dossel, em cada piquete, em cada avaliação.

4.5. Manejo da pastagem e animais

Foi utilizada a técnica de mob-stocking para a realização dos pastejos, utilizando-se grupos de animais para desfolhações rápidas (duração de 4 a 20 horas), simulando um cenário de pastejo rotativo (ALLEN et al., 2011) e para tal foram usadas vacas e novilhas da raça Holandesa (*Bos taurus taurus* L.) com peso médio de 450 kg. Os animais entraram nos piquetes sempre que o dossel atingia 95% de IL permanecendo até que o IAF residual pré determinado fosse atingido.

4.6. Amostragem do solo

Estoques de carbono e nitrogênio

A amostragem de solo foi realizada no dia 28 de março de 2011. Foram coletadas amostras indeformadas com auxílio de amostrador adaptado a cilindros com dimensões médias de 5,04 cm de diâmetro interno e 4,01 cm de altura, para determinação da densidade do solo (DS) (EMBRAPA, 1997) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, com três repetições em cada tratamento. O volume total de poros (VTP) do solo foi calculado com base no valor da densidade do solo. A distribuição de poros por tamanho (macroporosidade e microporosidade) foi determinada submetendo mostras, previamente saturadas à pressão de 0,06 atm, em panela de pressão. O volume de água retido na amostra nesta condição corresponde aos microporos, e os macroporos são calculados por diferença (EMBRAPA, 1997). Essas análises foram realizadas no laboratório Athenas, em Jaboticabal, SP.

Atividade enzimática no solo

Foram coletadas três amostras para determinação da atividade enzimática do solo na profundidade de 0 – 20 cm com auxílio de um trado tipo holandês entre os meses de janeiro e outubro de 2011 em cada piquete. As amostras foram peneiradas em peneira de malha de dois mm, acondicionadas em potes plásticos de 250 ml e mantidas em câmara fria (10°C) até o momento das análises.

4.7. Variáveis estudadas

4.7.1. Estoque de carbono e nitrogênio no solo

O teor de carbono e nitrogênio total do solo foi mensurado utilizando-se o analisador elementar LECO modelo TruSpec CN628 (LECO INSTRUMENTS, ST JOSEPH, MICHIGAN, USA), em amostras previamente secas passadas em peneira de 2 mm. O estoque de carbono (*EstC*) foi calculado com base na massa de solo equivalente (BAYER et al., 2000), pela expressão $EstC = (CT \cdot DS \cdot e) / 10$, sendo *EstC* o estoque de carbono ($Mg\ ha^{-1}$), *CT* o teor de carbono total ($g\ kg^{-1}$), *DS* a densidade do solo ($kg\ dm^{-3}$), e *e* a espessura da camada estudada (cm). O estoque de nitrogênio (*EstN*) foi calculado com base na massa de solo equivalente (NEILL et al., 1997), pela expressão $EstN = (NT \cdot DS \cdot e) / 10$, sendo *EstN* o estoque de nitrogênio ($Mg\ ha^{-1}$), *NT* o teor de nitrogênio total ($g\ kg^{-1}$), *DS* a densidade do solo ($kg\ dm^{-3}$) e *e* a espessura da camada estudada (cm).

4.7.2. Emissão de CO₂

A emissão de CO₂ do solo foi registrada semanalmente utilizando-se uma câmara de fluxo fabricada pela companhia LI-COR (LI-8100). O sistema LI-8100 monitorou a concentração de CO₂ no interior da câmara, esta foi operada próxima à concentração de CO₂ da atmosfera na área experimental. A câmara de solo é um sistema fechado, com volume interno de 991 cm³, e área

circular de contato com o solo de 71,6 cm² (diâmetro de 0,10 m) que analisa a concentração de CO₂ no interior por meio de espectroscopia de absorção ótica na região do infravermelho; a câmara foi instalada sobre um colar de PVC, previamente colocado no solo em cada um dos seis pontos amostrais por tratamento. A utilização de colares de PVC se justifica pela probabilidade de ocorrerem distúrbios provenientes pela inserção da câmara diretamente no solo, como a quebra de sua estrutura porosa, por exemplo, que acarretaria em aumento da emissão de CO₂ superestimando o valor naquele ponto.

Os anéis de PVC foram instalados nos piquetes 24 horas antes da primeira leitura e permaneceram nelas até a entrada dos animais, quando os anéis eram retirados. Após a saída dos animais os anéis de PVC eram novamente instalados para a avaliação das emissões de CO₂ até o próximo pastejo e assim, sucessivamente.

4.7.3. Atividade enzimática no solo

Em amostras de solo foram realizadas as seguintes determinações:

a) Atividade das proteases (ALEF e NANNIPIER, 1995): consistiu na incubação da amostra de solo na presença de caseína. Durante a hidrólise ocorreu a liberação de aminoácidos, entre eles a tirosina, que foi estimada através da reação com o reagente de Folin-Ciocateau;

b) Atividade de arilsulfatases (TABATABAI e BREMNER, 1970): consistiu na incubação da amostra de solo com solução da p-nitrofenil sulfato de potássio (substrato), dosando-se a quantidade de p-nitrofenol liberada por espectrofotometria na região do visível;

c) Atividade de celulasas (PANCHOLY e RICE, 1973): foi determinada através da incubação da amostra de solo com o substrato da enzima (carboximetilcelulose), avaliando-se, então, a quantidade de glicose produzida.

d) Atividade das desidrogenases (THALMANN, 1968): baseou-se na determinação da taxa de redução do cloreto de trifeniltetrazólio (TTC) a trifetil formazam (TPF) por quantidade de solo, incubado a 30 °C por 24 horas. O método

do TTC é um indicador sensível para demonstrar alterações na atividade microbiana em solos por alterações de manejo ou adição de resíduos.

4.7.4. Decomposição da serrapilheira

A avaliação da decomposição da serrapilheira seguiu a técnica de sacos de “nylon” (adaptado de DUBEUX JR. et al., 2006). Foi recolhida, em bandejas plásticas, a camada de serrapilheira presente sobre o solo em cada piquete e levada ao laboratório de forragicultura. As frações de serrapilheira foram pesadas (15 g saco^{-1}) e colocadas no interior das bolsas de nylon. Os sacos utilizados eram de malha de $75 \mu\text{m}$ e mediram $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$. As bolsas de “nylon” foram previamente secas em estufa à $55 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas, pesadas e colocadas as frações de serrapilheira correspondentes em cada saco. Em seguida, os sacos foram colocados sobre a superfície do solo de cada piquete referente ao material coletado e cobertos com serrapilheira, sendo incubados por 0, 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias.

Após o término de cada tempo de incubação, as bolsas foram limpas com pincel para a retirada dos resíduos impregnados e levadas para a estufa a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 horas. Foram determinados os teores de matéria seca e matéria orgânica e matéria mineral de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), nitrogênio e fósforo de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1995) e carbono segundo metodologia descrita por Bezerra Neto e Barreto (2004).

5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os tratamentos consistiram em quatro IAFr com três repetições de área no delineamento inteiramente casualizado. As medidas de emissão de CO_2 do solo foram feitas com seis repetições dentro de única área correspondente ao tratamento e estoques de carbono e nitrogênio do solo que havia três repetições dentro de única área correspondente ao tratamento.

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo utilizando o procedimento PROC MIXED do programa estatístico SAS (SAS versão 9, SAS institute, Cary, NC, USA). Antes da análise estatística foram realizados testes de homocedasticidade dos dados e normalidade dos erros e, quando necessário, foi aplicada transformação nos dados. Na análise estatística os IAFr e as interações foram considerados como efeitos fixos e os períodos como efeitos aleatórios.

A emissão de CO₂ e atividade enzimática do solo foram avaliadas em medidas repetidas no tempo. Os dados de estoque de carbono e nitrogênio, porcentagem de carbono e nitrogênio, relação carbono:nitrogênio, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo e emissão de CO₂ do solo foram analisados por meio de contrastes ortogonais em níveis equidistantes. Os dados de decomposição da serrapilheira foram analisados pelo modelo de regressão exponencial no Proc Nlin.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Massa de capim-xaraés

Os valores de massa de forragem, massas de folhas, colmo e material morto no pré e no pós-pastejo estão apresentados na Tabela 1. A massa de forragem resultou em comportamento linear crescente. Já os componentes morfológicos folha e colmo, embora o contraste não seja significativo, sugerem que houve entre os índices de área foliar residual comportamento linear crescente com maior valor absoluto no IAFr 2,3 nestas variáveis. O material morto no pré-pastejo resultaram em comportamento quadrático.

A massa de forragem e a dos componentes morfológicos folha e colmo resultaram em comportamento linear crescente, O material morto no pós-pastejo, embora o contraste não seja significativo, sugeriu que houve entre os índices de área foliar residual comportamento linear crescente com maior valor absoluto no IAFr 2,3.

As maiores massas obtidas no IAFr 2,3 sugerem que neste tratamento, provavelmente, houve maior sequestro de carbono atmosférico via fotossíntese, com maior atividade metabólica nas raízes e com isso propiciado melhor microambiente a atividade de microrganismos, culminando em maiores valores (absolutos) de emissão de CO₂ (item 6.4), maior entrada de carbono e nutrientes via serrapilheira no solo devido ao pastejo leniente e conseqüentemente estocado mais carbono e nitrogênio no solo (item 6.2).

Tabela 1. Massa total, folhas, colmo e material morto no pré e no pós-pastejo (kg.ha⁻¹ de MS) em pastos de capim-xaraés manejados com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) no ano de 2011.

	Pré - pastejo				Contraste	
	0,8	1,3	1,8	2,3	Efeito*	P**
Massa total	8328,28	10693,54	10846,14	11332,00	L	0,0029
Folhas	3907,96	4621,76	4552,58	4845,03	ns	> 0,10
Colmo	2664,46	3516,51	3746,69	3983,75	ns	> 0,10
Material morto	1755,87	2555,28	2546,88	2503,24	Q	0,0598
	Pós - pastejo					
Massa total	5812,02	6909,76	7662,15	8137,30	L	0,0012
Folhas	1273,78	1686,69	2141,73	2338,22	L	<,0001
Colmo	2466,30	2724,51	3120,46	3187,59	L	0,0458
Material morto	2071,97	2498,54	2399,94	2611,51	ns	> 0,10

*Efeito: L = linear; ns = não significativo; **P = valor de probabilidade

6.2. Estoques de carbono e nitrogênio do solo

Os teores de carbono e nitrogênio, e a relação carbono:nitrogênio (C:N) do solo foram diferentes ($P < 0,05$) nas profundidades (Tabela 2) e os IAFr avaliados (Tabela 3). Não houve interação entre profundidade de amostragem e IAFr ($P > 0,05$).

Os teores de carbono foram superiores na profundidade de 0-5 cm (2,35%) decrescendo nas profundidades de 5-10, 10-20 e 20-30 cm com valores de 1,96, 1,72 e 1,41 %, respectivamente. Comportamento semelhante ocorreu no teor de nitrogênio apresentando maior teor na profundidade de 0-5 cm (0,24%), e menor na profundidade de 20-30 cm (0,15%); as profundidades de 5-10 e 10-20 cm não foram diferentes entre si, apresentando valores de 0,20 e 0,18 %, respectivamente. A relação C:N foi superior na profundidade de

0-5 cm (9,73) e menores na profundidade 20-30 cm (9,20) diferindo entre si, as profundidades 5-10 e 10-20 cm não diferiram entre si e foram semelhantes à primeira e última profundidades avaliadas.

Teixeira (2011) avaliou os teores de carbono em pastagens com diferentes sistemas de uso e manejo observou que os teores de carbono diminuem a medida que a profundidade de amostragem do solo aumenta corroborando com os resultados encontrados o presente estudo.

Tabela 2. Teores de carbono (C) e nitrogênio (N), relação C:N em diferentes profundidades do solo sob pastos de capim-xaraés em março de 2011.

Profundidade (cm)	C (%)	N (%)	C:N
0 – 5	2,35 A*	0,24 A	9,73 A
5 – 10	1,96 B	0,20 B	9,60 AB
10 – 20	1,72 C	0,18 B	9,34 AB
20 - 30	1,41 D	0,15 C	9,20 B
CV (%)	9,76	8,74	7,13

* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O teor de carbono no solo é dependente das entradas e saídas de carbono no sistema. Nesta área de capim-xaraés, a menor intensidade de pastejo resultou em maiores massas de resíduo pós-pastejo nos estudos de Magalhães (2010) e Galzerano (2012) e este efeito ainda era observado durante a estação de outono/inverno em que os pastos de capim-xaraés senesciam e permaneciam com diferentes massas de acordo com os tratamentos. Parte desta massa senescente, provavelmente, era decomposta no verão seguinte, quando as condições climáticas (temperatura e umidade) eram favoráveis às atividades de decomposição dos microorganismos do solo. Este comportamento após anos de manejo, pode ser uma das causas da diferença obtida no teor de carbono no solo entre os IAFr estudados (Tabela 3).

O comportamento quadrático do teor de carbono do solo no IAFr 0,8 (1,81 %) talvez possa ser explicado com base no comportamento de crescimento da população de microrganismos que podem se multiplicar rapidamente em situações de estresse e acelerar a decomposição dos resíduos depositados sobre o solo culminando em rápida formação de matéria orgânica no solo.

À medida que os resíduos orgânicos são decompostos, para a formação de matéria orgânica ou húmus, são originados os primeiros componentes do húmus (Urquiaga et al., 2005). Estes componentes advêm de compostos resistentes de vegetais superiores, e são modificados por meio de reações bioquímicas, resultando em compostos ainda mais resistentes à ação dos microrganismos, sendo os mais comuns os compostos modificados da lignina. Segundo os autores supracitados, muitos destes compostos do húmus são passíveis de reagir com compostos proteicos, protegendo assim o nitrogênio orgânico do ataque microbiano. Dessa forma, o IAFr 2,3 cujo teor de carbono no solo foi maior (1,99 %) (Tabela 3) também resultou em maior teor de nitrogênio (0,21 %) (Tabela 3) no solo. Baixa relação C:N no solo foi observada em todos os IAFr (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de nitrogênio (N), carbono (C) e relação C:N em pastos de capim-xaraés manejados com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) em março de 2011.

	IAFr				Contrastes	
	0,8	1,3	1,8	2,3	Efeito*	P**
N (%)	0,20	0,19	0,19	0,21	Q	<0,0001
C (%)	1,81	1,76	1,84	1,99	Q	<0,0001
C:N	9,12	9,47	9,76	9,51	Q	0,0020

* Q = efeito quadrático ** P = probabilidade

Os estoques de carbono e nitrogênio do solo foram diferentes ($P < 0,05$) nas profundidades (Tabela 4) e IAFr avaliados (Tabela 5). Não houve interação entre profundidade de amostragem e IAFr ($P > 0,05$).

Os estoques de carbono foram superiores na profundidade de 0-10 cm decrescendo nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm com valores de 30,80, 24,40 e 19,28 Mg ha⁻¹, respectivamente. Comportamento semelhante ocorreu no estoque de nitrogênio apresentando maior valor na profundidade de 0-10 cm (3,20 Mg ha⁻¹), intermediário na profundidade de 10-20 cm (2,61 Mg ha⁻¹) e menor na profundidade de 20-30 cm (2,10 Mg ha⁻¹).

Tabela 4. Estoques de carbono (EstC) (Mg ha⁻¹) e estoques de nitrogênio (EstN) (Mg ha⁻¹) em diferentes profundidades do solo sob pastos de capim-xaraés em março de 2011.

Profundidade (cm)	EstC	EstN
0 - 10	30,90 A	3,20 A
10 – 20	24,40 B	2,61 B
20 - 30	19,25 C	2,10 C
CV (%)	8,73	8,66

* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ellert e Janzen (1999) citando Campbell et al. (1995) e Larney et al. (1997) reportaram que práticas de preparo do solo podem influenciar o estoque de carbono do solo após os períodos de 5 a 40 anos. No caso de pastagens, após o estabelecimento, provavelmente, as diferenças no estoque de carbono no solo devem-se a intensidade do manejo de desfolha. Em estudo sobre estoques de carbono e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária realizado por Souza et al. (2009) só foi possível observar diferenças entre as alturas de pastejo (10, 20 e 40 cm) sobre os estoques totais de carbono e nitrogênio no solo no sexto ano de avaliação, comprovando que os estoques de carbono e nitrogênio dependem de vários anos sob o mesmo tipo manejo para serem modificados. Dessa forma, comportamentos diferentes no estoque de carbono e nitrogênio nos diferentes IAFr (Tabela 4) eram esperados, pois a área de capim-xaraés foi estabelecida em 2004 e desde o verão de 2006/2007 foi manejada sob diferentes intensidades de pastejo,

durante cinco verões, em estudos realizados nesta área (MAGALHÃES, 2010; JANUSCKIEWICZ, 2011; GALZERANO, 2012).

Tabela 5. Estoques de carbono (EstC) (Mg ha^{-1}) e estoques de nitrogênio (EstN) (Mg ha^{-1}) em pastos de capim-xaraés manejados com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) no ano de 2011.

	IAFr				Contrastes	
	0,8	1,3	1,8	2,3	Efeito*	P**
EstC	73,54	69,82	73,23	81,62	Q	0,0118
EstN	8,10	7,39	7,57	8,60	Q	0,0014

* Q = efeito quadrático ** P = probabilidade

Teixeira (2011) encontrou estoques de carbono na camada de 0-30 cm em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu caracterizadas como pasto antigo e pasto melhorado (pastejo rotacionado, altura do pasto de entrada dos animais: 25 ou 35 cm, adubadas com 50 e 200 kg de N ha^{-1}) de 68,6; 64,9; 84,7; 72,7 e 98,7 Mg ha^{-1} respectivamente para pasto antigo, pasto melhorado – 25/50, pasto melhorado – 35/50, pasto melhorado – 25/200 e pasto melhorado – 35/200. Os valores encontrados neste estudo foram de 73,54; 69,82; 73,23 e 81,62 Mg ha^{-1} , respectivamente nos IAFr 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3.

Os valores encontrados nos IAFr 0,8; e 1,8 assemelham-se aos das pastagens manejadas com altura de entrada de 25 cm e adubadas com 200 Kg de N ha^{-1} ; o valor encontrado no IAFr 2,3 assemelha-se ao do pasto manejado com altura de entrada de 35 cm e adubado com 50 Kg de N ha^{-1} . O estoque de carbono no IAFr 1,3 assemelha-se ao de um pasto antigo de capim-marandu estudados por Teixeira (2011). Estes valores indicam que mesmo o IAFr 0,8 que corresponde a maior intensidade de pastejo é um manejo de pastagens pertinente ao estoque de carbono no solo, porém o pasto mantido no IAFr 2,3 cujo estoque de carbono foi maior provavelmente possuía mais lignina no material de origem e por consequência conferiu maior proteção à degradação da matéria orgânica do solo e nitrogênio.

O estoque de nitrogênio no solo está relacionado com a matéria orgânica do solo, pois se sabe que compostos proteicos podem reagir com compostos da fração húmica da matéria orgânica do solo, protegendo assim o

nitrogênio orgânico do ataque microbiano. Dessa forma, no IAFr 2,3 onde o estoque de carbono no solo foi maior ($81,62 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Tabela 5) também apresentou maior estoque de nitrogênio ($8,60 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Tabela 5) no solo.

6.3. Características físicas do solo

Os valores de densidade do solo e volume total de poros (VTP) foram diferentes nas profundidades ($P < 0,05$) (Tabela 6), mas resultaram em comportamentos semelhantes nos IAFr avaliados ($P > 0,05$). Os valores de macro e microporosidade do solo foram semelhantes nas profundidades ($P > 0,05$), mas diferentes nos IAFr avaliados ($P < 0,05$) (Tabela 7). Não houve interação entre profundidade do solo e IAFr ($P > 0,05$). Maiores valores de densidade do solo em superfície são esperados, pois é a camada do solo que absorve o impacto do pisoteio dos animais em pastejo e do maquinário agrícola quando o uso é necessário nas pastagens. Essas ações podem afetar a distribuição de poros no perfil do solo, o que pode ser notado no volume total de poros da área de capim-xaraés que foi maior na camada de 0,20 a 0,30 m e menor em superfície (Tabela 5).

O ajuste linear decrescente de macroporosidade no IAFr (Tabela 7) e o ajuste linear crescente de microporosidade no IAFr (Tabela 6) foram o inverso do presumido. Esperava-se que a densidade do solo fosse maior no IAFr 0,8, uma vez que, durante anos a intensidade de pastejo na área correspondente a este tratamento foi maior (oferta de forragem de $4 \text{ kg MS } 100 \text{ kg PV}^{-1}$) e que a densidade do solo fosse menor no IAFr 2,3 (oferta de forragem de $13 \text{ kg MS } 100 \text{ kg PV}^{-1}$) onde o pastejo foi leniente, porém isto não ocorreu, talvez porque a maior intensidade de pastejo IAFr 0,8 não seja suficiente para provocar diferenças na densidade do solo entre os IAFr.

Tabela 6. Valores de densidade, macro e microporosidade e volume total de poros (VTP) em diferentes profundidades do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada com diferentes índices de área foliar (IAFr) em março de 2011.

Profundidade (cm)	DS (g cm ⁻³)	Macro (%)	Micro (%)	VTP (%)
0 - 5	1,46 A*	6,85 A	41,76 A	48,35 B
5 - 10	1,44 A	7,72 A	40,98 A	48,70 B
10 - 20	1,41 AB	8,16 A	41,23 A	49,39 AB
20 - 30	1,36 B	8,34 A	41,80 A	50,14 A
CV (%)	3,30	17,21	2,64	2,53

* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Macroporosidade e microporosidade do solo de pastos de capim-xaraés manejados com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) em março de 2011.

	IAFr				Contrastes	
	0,8	1,3	1,8	2,3	Efeito*	P**
Macro	9,87	7,16	8,06	6,82	L	0,0642
Micro	38,84	41,71	41,61	42,52	L	0,0004

* L = efeito linear ** P = probabilidade

Carvalho et al. (2012) reportaram o impacto da intensidade de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm) sobre os atributos físicos do solo. Os autores relataram que em estudo realizado durante cinco anos consecutivos de rotações pasto/lavoura sobre um Latossolo Vermelho Distroférrico tanto a macroporosidade quanto a densidade do solo foram afetadas pelo pastejo, sendo que a macroporosidade foi menor nas maiores intensidades de pastejo (10 e 12% nas intensidades de 10 e 20 cm, respectivamente) e a densidade do solo maior nas maiores intensidades de pastejo (1,39 e 1,36 kg dm⁻³ nas intensidades de 10 e 20 cm, respectivamente). No presente estudo não houve diferenças na densidade do solo entre os IAFr, porém houve efeito linear

decrecente na macroporosidade e linear crescente na microporosidade do solo, comportamento inverso ao reportado pelos autores supracitados.

6.4. Emissão de CO₂ do solo

O pico de emissão de CO₂ do solo no dia 10 de fevereiro (Figura 5) foi ocasionado, provavelmente, pela ocorrência de chuvas no dia anterior à leitura, promovendo o preenchimento dos poros do solo e expelindo o CO₂ contido no interior dele.

A média das emissões que correspondem aos meses de janeiro a março, época em que houve maior incidência de chuvas e maiores armazenamentos de água no solo (Figuras 3 e 4) foi de 3,37; 3,66; 3,24 e 3,70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente nos IAFr 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3. Entre os meses de abril a setembro, correspondentes à época do ano em que há menor ocorrência de chuvas e menores temperaturas, a média das emissões de CO₂ do solo foram de 2,08; 2,03; 2,35 e 2,22 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente nos IAFr 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3. No mês de outubro onde as médias das emissões de CO₂ do solo foram de 2,69; 2,73; 2,74 e 2,74 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente nos IAFr 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3, verifica-se um pequeno aumento na média das emissões em cada IAFr. Este fato ocorreu devido ao início de nova estação chuvosa e retomada do crescimento do capim-xaraés e crescimento de microorganismos no solo. A média total dos 10 meses de avaliação (janeiro a outubro de 2011) foi de 2,49; 2,55; 2,69 e 2,68 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente nos IAFr 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3.

Varella et al. (2004) obtiveram em pastagem no Cerrado valor médio anual do efluxo de CO₂ do solo de 4,00 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e durante o período seco as emissões médias foram de 2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ enquanto que na estação chuvosa situaram-se entre 3 e 6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Comportamento semelhante foi observado no presente estudo em as emissões médias no período chuvoso, são maiores que as emissões de CO₂ no período seco do ano.

As emissões de CO₂ não foram influenciadas pelos IAFr. Foi realizado estudo comparativo sobre as áreas formadas sob a linha correspondente a

cada IAFr no do gráfico das emissões semanais de CO₂ (Figura 11) e verificou-se que não houve efeito dos tratamentos sobre as emissões totais de CO₂. Os dados de área foram submetidos à análise de contrastes ortogonais para níveis equidistantes (Tabela 8).

Tabela 8. Emissão total de carbono do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) durante os meses de janeiro a outubro de 2011.

IAFr	Total (kg ha ⁻¹)	DP*	Contrastes	
0,8	7344,25	545,14	Efeito	P
1,3	7529,46	493,73	Linear	0,1243
1,8	8017,09	515,50	Quadrático	0,6257
2,3	7903,31	1173,89	Cúbico	0,5106
CV(%)	9,60			

*DP = Desvio padrão

Segundo Sulzman et al., (2005) o fluxo de CO₂ do solo tem três origens: a respiração das raízes juntamente com a respiração microbiana derivada de rizodeposição, respiração microbiana na serrapilheira acima do solo e respiração microbiana da serrapilheira subterrânea (raízes mortas).

Esperava-se que diferentes IAFr resultassem em padrões distintos de emissões de CO₂ do solo, pois o pastejo intensivo (IAFr 0,8) visivelmente removia mais de 50% das folhas do capim-xaraés. A remoção de mais de 50% da folha, segundo Lemaire (1997), faz com que as plantas direcionem os produtos da fotossíntese para o restabelecimento da parte aérea em detrimento ao crescimento das raízes. Dessa forma, esperava-se que no IAFr 0,8 houvesse redução no crescimento das raízes e diminuição na deposição de serrapilheira e de raízes mortas, e com isso menores taxas de emissão de CO₂ do solo. Comportamento inverso era esperado no IAFr 2,3, resultando em maiores emissões de CO₂ do solo.

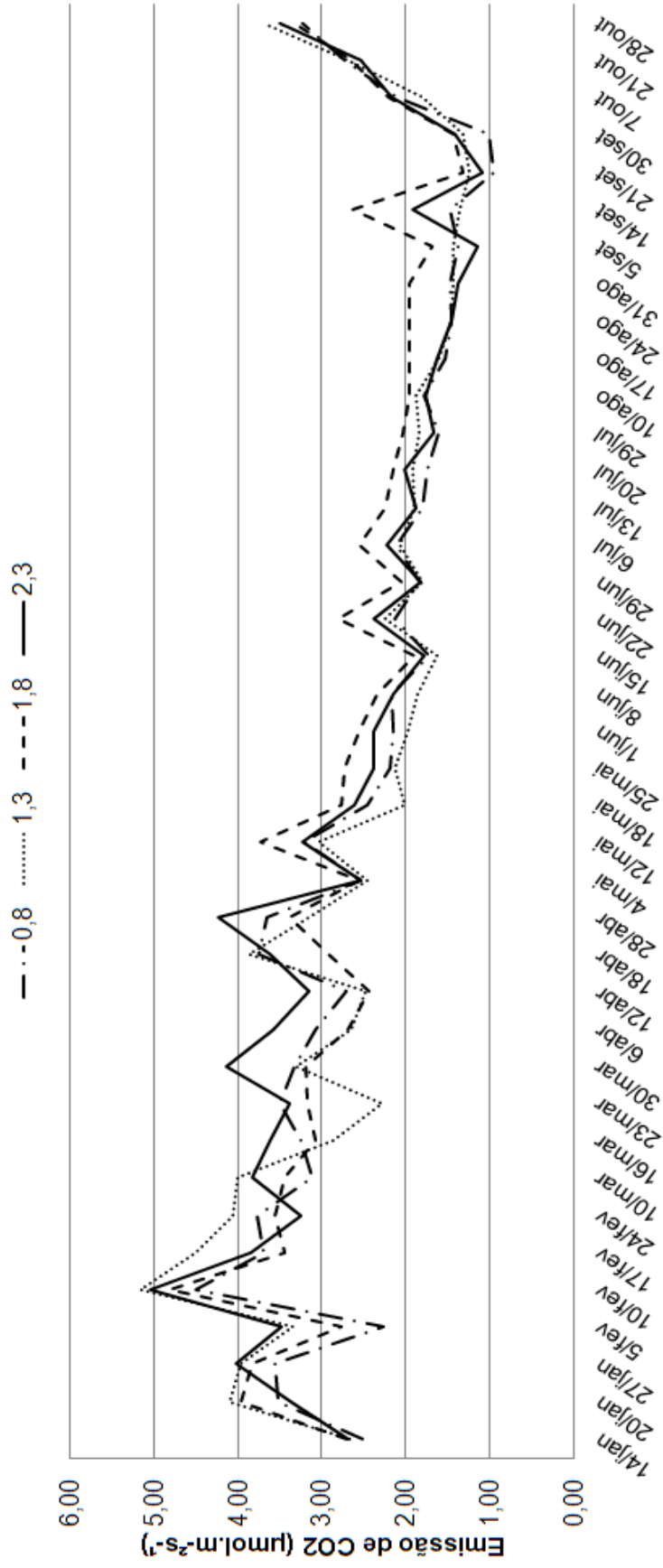


Figura 5. Variabilidade temporal da emissão de CO₂ do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada com diferentes índices de área foliar residual (IAFr) entre os meses de janeiro a outubro de 2011.

Januszkiewicz (2011) estudou compostos de reserva das plantas e atividade enzimática do solo em pastos de *Brachiaria* manejados sob ofertas de forragem de 4, 7, 10 e 13 kg MS 100 kg PV⁻¹ em lotação rotacionada e observou nesta mesma área experimental de capim-xaraés que não houve diferença significativa da massa seca de raízes entre os tratamentos, embora tenha sido observado menores valores dessa variável na oferta de 4 kg MS 100 kg PV⁻¹. Os resultados sugerem que mesmo em maior intensidade de pastejo, o capim-xaraés é capaz de manter o crescimento de raízes.

Embora não existam diferenças nas emissões de CO₂ observa-se tendência linear crescente nessas emissões nos IAFr estudados. Maiores emissões de CO₂ do solo nem sempre é sinônimo de que o manejo empregado contribua para o aumento da emissão de gases de efeito estufa de forma a contribuir nas mudanças climáticas, pois embora os solos de pastos manejados com IAFr 1,8 e 2,3 (em valores) tenham emitido maior quantidade de CO₂ eles, possivelmente, também sequestraram mais CO₂ atmosférico via fotossíntese, uma vez que a produtividade média de MS nesses IAFr no verão de 2010/2011 foi de 8.328,28; 10.693,54; 10.846,14 e 11.332,00 kg.ha⁻¹, respectivamente nos IAFr 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3 (GALZERANO, 2012); e estocam mais carbono (IAFr 2,3) como observado no item anterior (item 6.2).

De acordo com Ellert e Janzen (1999) os fluxos de CO₂ do solo para a atmosfera são extremamente dependentes do crescimento microbiano no solo e da planta, mas que também são influenciados pela temperatura e umidade. Dessa forma, relação direta entre a emissão de CO₂ e a temperatura do solo, e inversa entre a emissão e a umidade do solo foram verificadas neste estudo por meio da análise de correlação (Tabela 9), corroborando com estes autores. Por outro lado, não foram observados índices de correlação significativos (P>0,05) entre a umidade e a temperatura do solo (valores não apresentados). As correlações entre emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo, foram feitas apenas com os dados referentes ao período de 14 de janeiro a 12 de maio, pois a partir desta data não foi possível mensurar de forma confiável a umidade e temperatura do solo devido à dificuldade de inserir os aparelhos de medida no solo.

Correlação positiva entre emissão de CO₂ e temperatura do solo e negativa entre CO₂ e umidade do solo foram observadas neste estudo. No IAFr 0,8, a ausência de camada de serrapilheira protegendo a superfície do solo da exposição à luz solar não foi determinante na correlação entre emissão de CO₂ e temperatura do solo, pois o valor desta correlação foi baixa nesse IAFr, ao contrário de Panosso et al. (2008) que estudando a variabilidade espacial da emissão de CO₂ em latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em áreas de sistemas de manejo de cana crua e cana queimada observaram nas áreas de cana queimada que a incidência de radiação solar ou infiltração de água no solo foram mais importantes na definição da variabilidade espacial da emissão de CO₂ do que em locais com palhada. No IAFr 2,3 a correlação intermediária entre emissão de CO₂ e temperatura do solo, provavelmente decorre da presença de camada espessa de serrapilheira, que sob decomposição tem a temperatura aumentada decorrente do metabolismo dos organismos que estão atuando sobre ela e, provavelmente, este aumento de temperatura influencia na emissão de CO₂ do solo nos pastos manejados com este IAFr (2,3).

Ferreira et al. (2008), estudando a influência de variações ambientais sobre o fluxo de CO₂ do solo sob um campo limpo úmido no Cerrado nos anos de 2005 e 2006, também encontraram correlação negativa entre o fluxo de CO₂ e a altura do lençol freático nesta área, tendo esta correlação explicado 89% das variações em 2005 e 88% no ano de 2006. A umidade do solo interfere na emissão de CO₂ do solo por ocupar os espaços porosos com água e, assim, dificultar as trocas gasosas (PANOSSO et al., 2008), respiração das raízes e dos microorganismos, afetando o ambiente de decomposição (FERREIRA et al., 2008). Esta, provavelmente, foi a causa da correlação entre a emissão de CO₂ e umidade do solo em todos os IAFr, principalmente nos solos sob pastos manejados com os IAFr 1,3 e 1,8 que resultaram em correlações mais altas entre emissão de CO₂ e umidade do solo.

Tabela 9. Média \pm desvio padrão (DP) e valores de correlações lineares entre emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) em 2011.

0,8			
Variável	Média \pm DP*	r	P**
CO ₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	3,29 \pm 0,88		
T (°C)	23,65 \pm 2,43	0,24	0,0277
U (%)	16,99 \pm 10,82	-0,22	0,0271
1,3			
CO ₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	3,41 \pm 1,09		
T (°C)	23,12 \pm 1,99	0,39	0,0004
U (%)	19,54 \pm 12,04	-0,49	<0,0001
1,8			
CO ₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	3,29 \pm 1,04		
T (°C)	23,46 \pm 2,15	0,31	0,0052
U (%)	19,90 \pm 11,60	-0,35	0,0005
2,3			
CO ₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	3,60 \pm 1,36		
T (°C)	22,79 \pm 1,99	0,27	0,0197
U (%)	21,45 \pm 12,54	-0,20	0,0451

* DP = Desvio Padrão; ** P = probabilidade.

6.5. Atividade enzimática do solo

Não foi verificado efeito significativo dos IAFr e meses de avaliação sobre a atividade das enzimas arilsulfatase, protease e celulase ($P > 0,05$), também não houve interação entre IAFr e meses de avaliação ($P > 0,05$). Dessa forma, as atividades destas enzimas mantiveram-se constantes durante os meses de avaliação e foram semelhantes entre os IAFr (Tabela 10).

A provável explicação para a semelhança entre os tratamentos sobre as atividades das arilsulfatases, das proteases e da celulase, pode ser devido ao local de amostragem no solo, pois as amostras de solo foram coletadas em espaços entre touceiras e não especificamente na rizosfera e, segundo Fernández et al. (2008), as

plantas podem interferir diretamente na atividade enzimática do solo, sendo a atividade enzimática maior na rizosfera, que no conjunto do solo. Outra provável causa é a profundidade de amostragem (0-20 cm) que pode ter ocasionado efeito de diluição da atividade enzimática na amostra e resultou em semelhança entre os tratamentos.

Tabela 10. Atividade das enzimas arilsulfatase ($\text{mg PNF kg}^{-1} \text{ TFSE h}^{-1}$), protease ($\text{mg de tirosina kg}^{-1} \text{ de TFSE h}^{-1}$) e celulase ($\text{mg glicose kg}^{-1} \text{ TFSE h}^{-1}$) do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) durante os meses de janeiro a outubro de 2011.

IAFr	Arilsulfatase	Protease	Celulase
	Média		
0,8	6,29	4,11	3,80
1,3	6,83	4,21	3,21
1,8	5,99	4,12	4,07
2,3	6,22	4,10	4,15
CV (%)	26,35	9,15	52,97

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não havendo diferença entre os IAFr, presumia-se, ao menos, que houvesse diferença entre os meses de amostragem, pois, a atividade enzimática está diretamente ligada à atividade de microorganismos (FERNÁNDEZ et al., 2008) e, estes podem ter a atividade afetada pelas condições ambientais. Assim, menores incidências de chuvas e diminuição da temperatura poderiam reduzir a atividade desses microorganismos e por consequência a das enzimas no solo. Nos meses de maio a agosto as temperaturas mínimas atingiram valores inferiores a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (faixa de temperatura tolerada apenas por microorganismos psicrófilos) (Figura 3) e entre os meses de julho a setembro houve déficit hídrico no solo (Figura 4), dessa forma, esperava-se que a atividade destas enzimas nestes meses fosse menor que a atividade nos meses de janeiro à abril e outubro de 2011.

Janusckiewicz (2011) não observou um padrão na atividade das arilsulfatases e proteases durante o período experimental, porém observou maiores valores de

atividades dessas enzimas nos períodos de maior armazenamento de água no solo, diferente do presente estudo. Entre os capins avaliados pela autora, o xaraés foi o que apresentou os menores valores de atividade das arilsulfatases, o que segundo a autora é explicado pelo hábito de crescimento mais cespitoso desse capim, que não propicia boa cobertura do solo, quando comparado aos capins marandu e mulato e que, possivelmente, o capim-xaraés não foi capaz de manter a umidade do solo e boa atividade enzimática.

Januszkiewicz (2011) observou oscilações da atividade da celulase nos tratamentos no decorrer do experimento e inferiu que as ofertas de forragem e capins estudados não produziram quantidade suficiente de material orgânico para promover diferença entre os tratamentos, e que este fato, pode ter ocorrido devido ao pouco tempo de avaliação.

Não houve efeito dos IAFr sobre a atividade da enzima desidrogenase ($P < 0,05$), porém houve efeito dos períodos de avaliação sobre a atividade desta enzima (Tabela 11). Não houve interação entre IAFr e períodos de avaliação ($P > 0,05$).

A atividade das desidrogenases não foi alterada pelos IAFr, e este comportamento deve-se, provavelmente, à mesma causa reportada para as atividades das arilsulfatases e proteases neste estudo, porém houve diferença entre os períodos de avaliação. Este fato também foi relatado por Januszkiewicz (2011) para a atividade desta enzima, porém, ocorreram maiores atividades da desidrogenase nos meses de maior precipitação e que apresentaram excesso de água no solo. Este comportamento não foi observado no presente estudo, em que os meses de janeiro, fevereiro e março (principalmente), apresentaram as maiores precipitações e excesso de água no solo (Figura 4), mas a atividade da desidrogenase não foi maior nestes.

Tabela 11. Atividade da enzima desidrogenase ($\text{mg TPF kg}^{-1} \text{ TFSE h}^{-1}$) do solo sob pastagem de capim-xaraés manejada sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) durante os meses de janeiro a outubro de 2011.

Meses	Atividade da desidrogenase
Janeiro	1,92 AB
Fevereiro	1,69 AB
Março	1,65 AB
Abril	2,37 AB
Maio	2,79 AB
Junho	3,18 AB
Julho	1,97 AB
Agosto	4,00 A
Setembro	0,96 B
Outubro	4,34 A

CV (%) = 43,62

Média seguida pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6.6. Decomposição da serrapilheira

6.6.1. Teor de matéria orgânica

O declínio na porcentagem de matéria orgânica no material remanescente da serrapilheira de capim-xaraés ao longo dos tempos de incubação (Figura 6) ajustou-se ao modelo exponencial ($p < 0,0001$) provavelmente é resultado da atividade microbiana, pois os microrganismos necessitam de carbono como fonte de energia para seus processos metabólicos e constituição de compostos orgânicos, para tal, utilizam o carbono orgânico presente nos resíduos vegetais depositados sobre o solo.

No início deste estudo os valores de matéria orgânica no resíduo incubado foram 79,88%, 81,08%, 81,69% e 82,09% e ao final de 256 dias os valores de matéria orgânica no resíduo incubado foram 53,23%, 70,70%, 57,53% e 65,39%, e

respectivamente para os IAFr, 0,8, 1,3, 1,8, e 2,3, perfazendo redução de 33,36%, 12,80%, 29,57% e 20,24% na matéria orgânica nos IAFr 0,8, 1,3, 1,8, e 2,3, respectivamente.

A maior redução na matéria orgânica no IAFr 0,8, se deve, provavelmente, à qualidade de material, no que se refere ao teor de compostos de carbono de fácil degradação. A provável presença destes compostos pode ser a causa da maior redução (em valores) no teor de carbono no material remanescente da serrapilheira deste IAFr (item 6.6.3), ou a maior exposição do material ocasionada pela menor cobertura do solo neste IAFr permitiu maior influência da chuva e exposição solar sobre a degradação da serrapilheira.

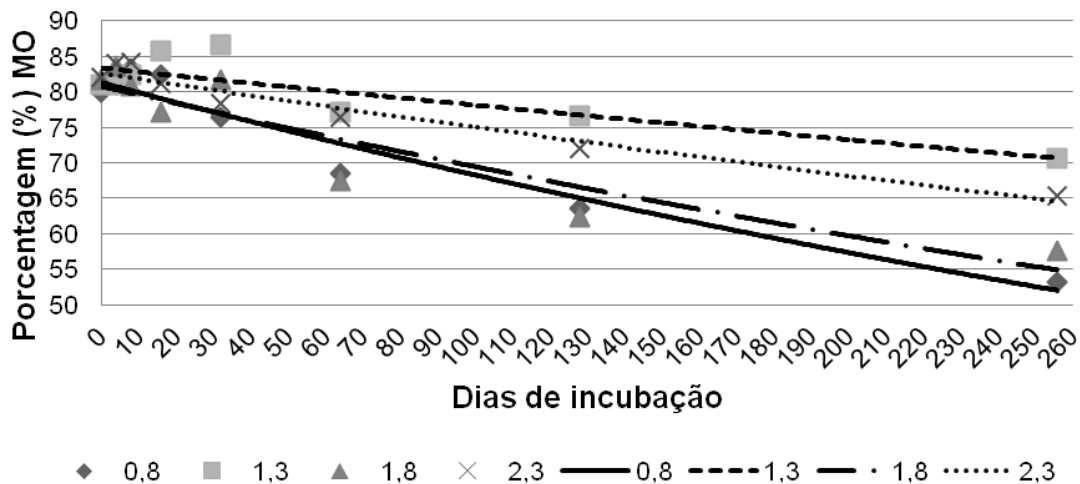


Figura 6. Porcentagem de matéria orgânica (MO) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação*.

*Equações do ajuste exponencial

IAFr 0,8 – $y = 81,6402 \cdot e^{0,00181x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 1,3 – $y = 83,3712 \cdot e^{0,000656x}$ ($R^2 = 0,99$);

IAFr 1,8 – $y = 81,3237 \cdot e^{0,00161x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 2,3 – $y = 82,7191 \cdot e^{0,000981x}$ ($R^2 = 0,99$).

6.6.2. Teor de matéria mineral

O aumento na porcentagem de matéria mineral no material remanescente da serrapilheira de capim-xaraés ao longo dos tempos de incubação (Figura 7) ajustou-se ao modelo exponencial ($p < 0,0001$). A porcentagem de matéria mineral ao longo dos

tempos de incubação teve comportamento inverso ao da porcentagem de matéria orgânica. Este fato, possivelmente, se deve a atividade dos microrganismos sobre o material incubado, reduzindo o teor de compostos orgânicos do material e, à medida que estes compostos foram utilizados no metabolismo microbiano houve concentração o teor de minerais no material remanescente.

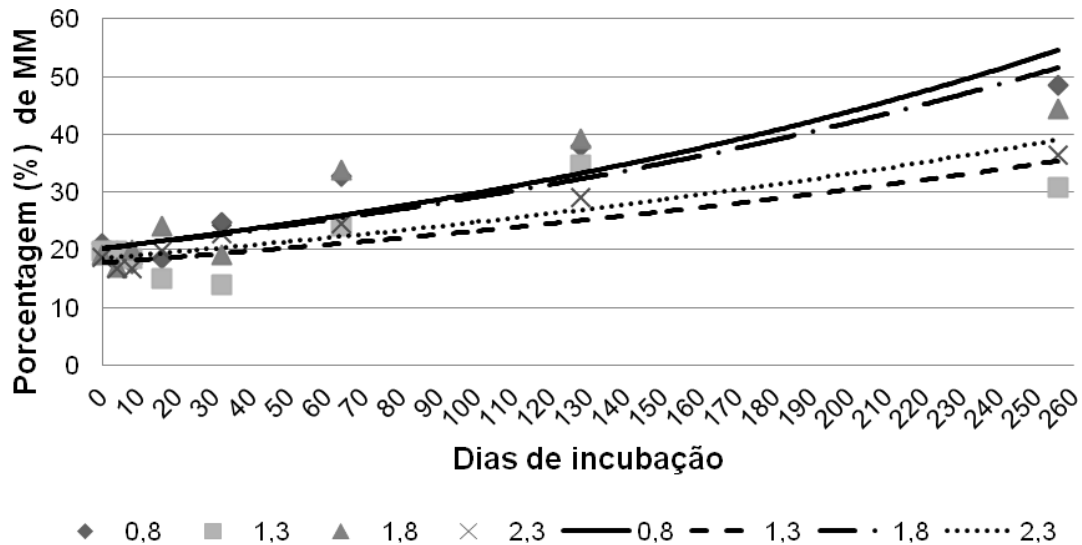


Figura 7. Porcentagem de matéria mineral (MM) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação*.

*Equações do ajuste exponencial

IAFr 0,8 – $y = 21.3494.e^{-0,00339x}$ ($R^2 = 0,98$); IAFr 1,3 – $y = 17,7948.e^{-0,0022x}$ ($R^2 = 0,98$);
IAFr 1,8 – $y = 21,5426.e^{-0,00309x}$ ($R^2 = 0,97$); IAFr 2,3 – $y = 19,0092.e^{-0,00266x}$ ($R^2 = 0,99$).

6.6.3. Teor de carbono

A porcentagem de carbono do material remanescente da serrapilheira de capim-xaraés apresentou comportamento decrescente ao longo dos tempos de incubação (Figura 8) e ajustou-se ao modelo exponencial ($p < 0,0001$).

O declínio na porcentagem de carbono ao longo dos tempos de incubação é esperado, uma vez que, os microrganismos do solo necessitam do carbono orgânico como fonte de energia para seus processos metabólicos, mas a diferença entre os

tratamentos, provavelmente se deve à maior ou menor presença de compostos de carbono de fácil degradação na serrapilheira proveniente de cada IAFr. Monteiro et al. (2002) estudando a dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras encontraram valores de 46,36% de carbono em resíduos de parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, 43,29 % de carbono em *Brachiaria decumbens*, e 44,49% de carbono em *Brachiaria brizantha* cv. comum, valores superiores aos encontrados no início do presente estudo para a serrapilheira de capim-xaraés em que os valores ficaram entre 35,40 e 36,23% de carbono.

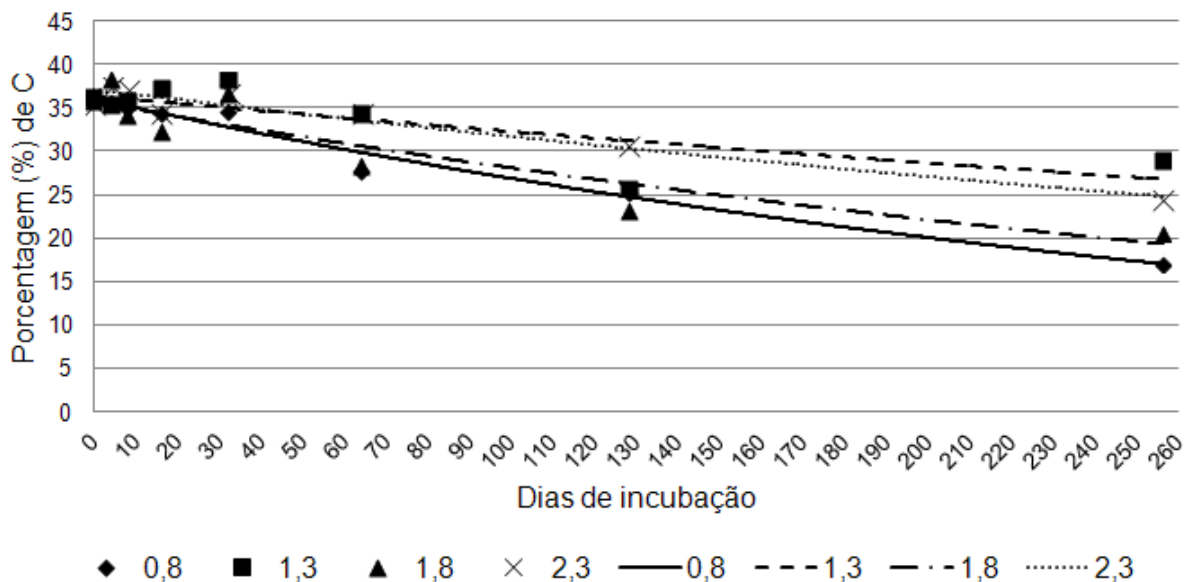


Figura 8. Porcentagem de carbono (C) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação*.

*Equações do ajuste exponencial

IAFr 0,8 – $y = 36,0944e^{0,00296x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 1,3 – $y = 36,7704.e^{0,000924x}$ ($R^2 = 0,99$);

IAFr 1,8 – $y = 36,1247.e^{0,00260x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 2,3 – $y = 37,0482.e^{0,5611164x}$ ($R^2 = 0,99$).

6.6.4. Teor de nitrogênio

A porcentagem de nitrogênio apresentou comportamento crescente e ajustou-se ao modelo exponencial ($p < 0,0001$) (Figura 9). O aumento na porcentagem de nitrogênio ao longo dos tempos de incubação é justificada pela relação C:N inicial superior a 33:1, que leva a imobilização de nitrogênio mineral pelos microorganismos do solo, culminando na concentração deste nutriente na biomassa remanescente, até que a relação C:N atinja o valor 33:1 para que a fase de bioestabilização se inicie e comece a haver a mineralização do nitrogênio, concomitantemente a imobilização deste nutriente. Essa dinâmica será melhor explicada no item “Relação carbono:nitrogênio”.

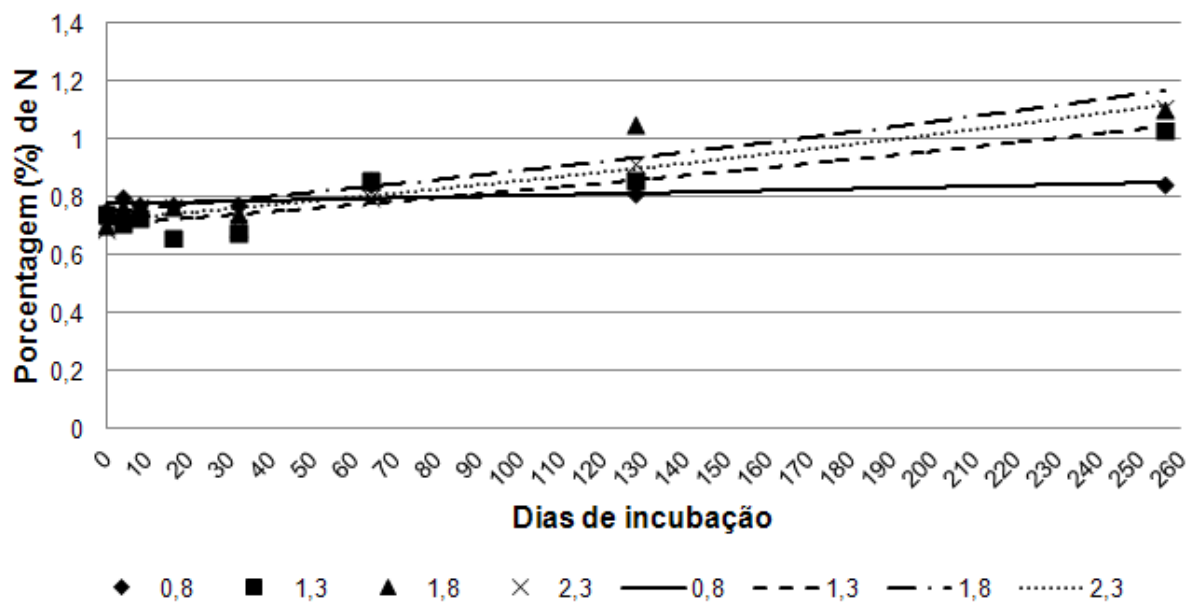


Figura 9. Porcentagem de nitrogênio (N) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação*.

*Equações do ajuste exponencial

IAFr 0,8 – $y = 0,7762e^{-0,00034x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 1,3 – $y = 0,7081.e^{-0,00148x}$ ($R^2 = 0,99$);

IAFr 1,8 – $y = 0,7545.e^{-0,00067x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 2,3 – $y = 0,7211.e^{-0,00169x}$ ($R^2 = 0,99$).

Segundo Leite e Galvão (2008) resíduos de plantas possuem teor de nitrogênio de 0,1 a 5%; os valores iniciais (0,69 a 0,75 % de N) encontrados neste estudo situam-se na faixa reportada por estes autores.

Em estudo realizado por Heringer e Jacques (2002) foram encontrados valores de 0,60 a 1,30% de nitrogênio no mantilho de pastagem nativa submetida a diferentes manejos, valores semelhantes ao encontrados neste estudo. Monteiro et al. (2002) estudando a dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras encontraram valores de 1,20% de N em resíduos de parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, 1,74 % de N em *Brachiaria decumbens*, e 0,67% de N em *Brachiaria brizantha* vc comum. A baixa porcentagem de nitrogênio na serrapilheira provavelmente se deve ao fato de que a planta mobiliza este nutriente da folha mais velha para a mais nova e o pouco nitrogênio remanescente pode estar ligado à compostos estruturais das células vegetais, como a lignina, por exemplo, e isto pode dificultar a ação dos organismos decompositores e permitir a concentração deste mineral no material remanescente.

6.6.5. Relação carbono:nitrogênio (relação C:N)

A relação C:N apresentou comportamento decrescente ao longo dos tempos de incubação e ajustou-se ao modelo exponencial ($p < 0,0001$) (Figura 10). Este comportamento é esperado, pois a utilização do carbono contido no material orgânico pelos microrganismos reduz o teor de carbono do material remanescente diminuindo a relação C:N. Os valores de relação C:N são importantes para entender a dinâmica da decomposição dos resíduos vegetais. Segundo Dubeux Jr. et al. (2006), a queda na relação C:N está relacionada com a rápida decomposição dos compostos de carbono solúveis e imobilização do nitrogênio pela baixa qualidade do resíduo, somado ao nitrogênio ligado à fibra. Nessa fase de rápida decomposição compostos de carbono solúveis, imobilização do nitrogênio e queda da relação C:N as bactérias são as principais responsáveis pelo processo de decomposição (MESSIAS e SILVA, 2008).

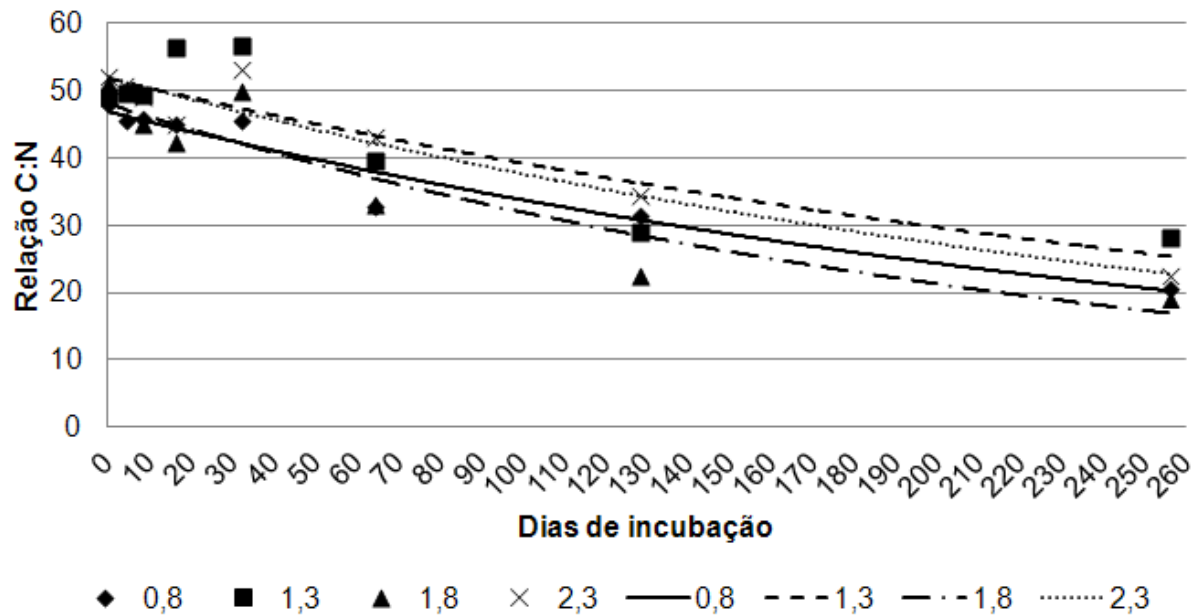


Figura 10. Relação C:N do material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação*.

*Equações do ajuste exponencial

IAFr 0,8 – $y = 47,2373e^{0,00341x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 1,3 – $y = 52,8100.e^{0,00304x}$ ($R^2 = 0,98$);

IAFr 1,8 – $y = 49,6774.e^{0,00474x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 2,3 – $y = 51,7818.e^{0,00311x}$ ($R^2 = 0,99$).

Segundo Kiehl, (1979) nos resíduos com relação C:N superior a 33:1 há fase inicial de decomposição em que ocorre a imobilização de nitrogênio mineral e sua transformação em nitrogênio orgânico para a formação das células do microorganismos. Quando o resíduo chega a relação C:N de 33:1 ocorre nova fase na decomposição do resíduo denominada de bioestabilização, nesta, ao mesmo tempo em que o nitrogênio é mineralizado, também é imobilizado, não havendo competição pelo nitrogênio mineral que já estava presente no solo. Neste estudo ao final dos 256 dias de incubação o material mantido sob influência de todos os IAFr estudados apresentaram valores inferiores a relação 33:1, mas esta relação foi atingida mais rapidamente pelo IAFr 1,8 levando a inferir que, neste IAFr o processo de decomposição da serrapilheira ocorreu de forma mais rápida.

6.6.6. Teor de Fósforo

O teor de fósforo apresentou comportamento crescente ao longo dos tempos de incubação e ajustou-se ao modelo exponencial ($p < 0,0001$) (Figura 11). O comportamento crescente no teor de fósforo no material remanescente justifica-se pela redução dos compostos de carbono ao longo do tempo, resultando na concentração de minerais, tais como, nitrogênio, fósforo, entre outros neste material. Os valores de porcentagem de fósforo na serrapilheira são baixos, provavelmente, devido ao fato de que cerca de 60% do fósforo da folha velha é passível de ser mobilizado via floema para as folhas novas (MALAVOLTA et al., 1997), dessa forma muito pouco restará no material senescente da planta. Heringer e Jacques (2002) encontraram valores médios de 0,065% de fósforo em mantilho de pastagem nativa e Estivalet (1997) encontrou 0,09% de fósforo em material senescente de pastagem nativa, valores superiores aos encontrados no início deste estudo que variou de 0,0263 a 0,0299% nos diferentes IAFr.

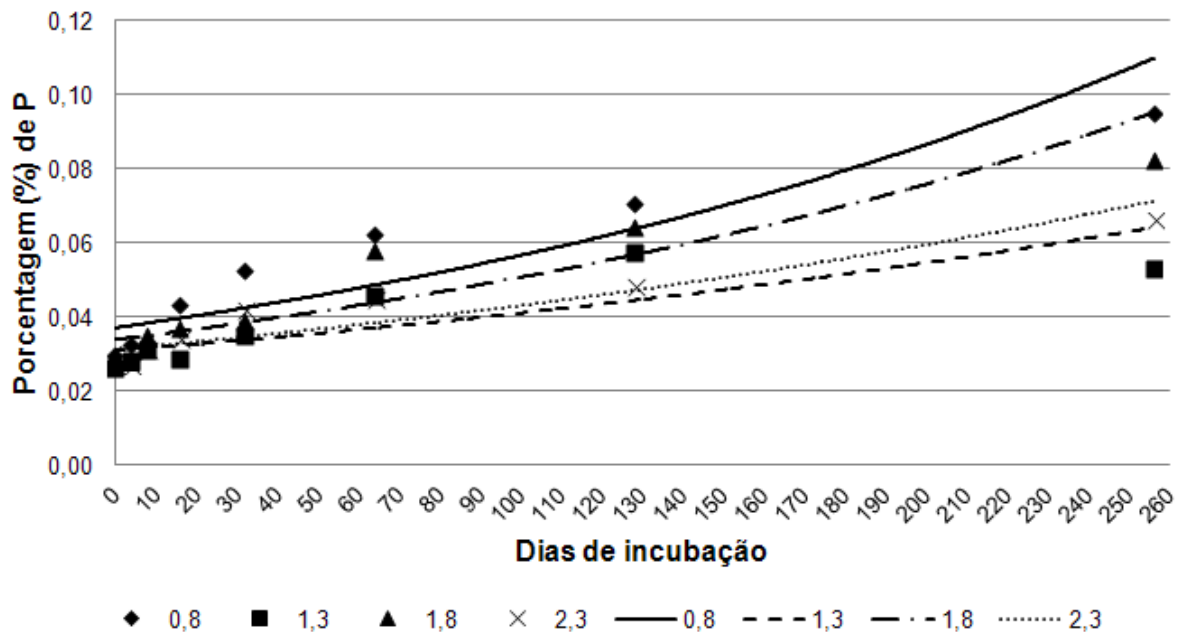


Figura 11. Porcentagem de fósforo (P) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-xaraés manejados sob diferentes índices de área foliar residual (IAFr) nos diferentes tempos de incubação*.

*Equações do ajuste exponencial

IAFr 0,8 – $y = 0,0399e^{-0,00358x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 1,3 – $y = 0,0325.e^{-0,00236x}$ ($R^2 = 0,98$);

IAFr 1,8 – $y = 0,0360.e^{-0,00344x}$ ($R^2 = 0,99$); IAFr 2,3 – $y = 0,0323.e^{-0,00290x}$ ($R^2 = 0,99$).

7. CONCLUSÕES

Diferentes resíduos pós-pastejo resultam em estoques de carbono e nitrogênio do solo diferentes e superiores no índice de área foliar residual 2,3.

Os solos sob os índices de área foliar residual estudados emitem concentrações semelhantes de CO₂ e de atividade enzimática do solo.

A atividade da desidrogenase é influenciada por variações ambientais.

Os índices de área foliar residual influenciam a decomposição da serrapilheira tendo o índice de área foliar residual 1,8 propiciado a menor relação C:N após 256 dias de estudo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, R. E.; VILELA, M. F.; KLINK, C. A. **Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres – o caso do cerrado brasileiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 30 p. (EMBRAPA Cerrados, Documentos 105).

ALEF, K.; NANNIPIER, P. **Methods in applied microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576p.

ALLEN, V.G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E.J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2–28, 2011.

ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C. Princípios morfofisiológicos aplicados no manejo de pastagens. In: SANTOS, A. C. (Ed.) *Do campus para o campo: manejo de solos sob pastagens tropicais*. Goiânia: Impacto, 2008, p. 76-106.

ANDERSON, D.W. Decomposition of organic matter and carbon emissions from soils. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B.A., eds. *Soils and global change*. Boca Raton, CRC Press, 1995. p.165-175.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento Detalhado dos Solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 32p. [CD-rom].

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 2, p. 101-109, 2000.

BERG, B.; McCLAUGHERTY, C. **Plant Litter, Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration**. 2 ed. Finland: Springer, 2008. 338p.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de Análises Químicas em Plantas**. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária, 2004, 165p.

BODDEY, R. M., ALVES, B. J. R., URQUIAGA, S. S. **Sequestro de carbono em solos sob sistemas agropecuários produtivos**. Embrapa Agrobiologia. Seropédica-RJ, 2004. 2p. (folder).

BRASIL – Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - Vol 1 . Brasília: MCT, 2010.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; BARRO, R.; PONTES, L. S.; MONTEIRO, A. L. G.; LANG, C. R.; SILVA, F. D.; PFEIFER, F. M.; KUNRATH, T. R. Manejo do pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: Macedo Jr, G. L.; SANTOS, M. E. R.; BARBERO, L. M.; FRANÇA, J.; FERREIRA, I. C. (Eds) Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado: Sustentabilidade do Sistema Produtivo I., 2012, Uberlândia. **Anais de palestras...** Uberlândia:UFO, 2012. p.29-45.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Manual de Capacitação sobre Mudança do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)** - Brasília, DF: 2008.

DUBEUX JR, J. C. B.; SANTOS, H. Q.; SOLLENBERGER, L.E. Ciclagem de nutrientes: perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensivamente. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V.P. (eds.) **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**. Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 357- 400.

DUBEUX JR, J. C. B.; SOLLENBERGER, L.E.; INTERRANTE, S. M.; VENDRAMINE, J. M. B.; STEWART JR., R. L. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, v. 46, p. 1305-1310, 2006.

ELLERT, B. H; JANZEN, H. H. Short-term influence of tillage on CO₂ fluxes from a semi-arid soil on the Canadian Prairies. **Soil & Tillage Research**, v. 50, p. 21-32, 1999.,

ESTIVALET, C.N.O. **Efeitos da ceifa, queima e diferimento sobre a disponibilidade e composição botânica de uma pastagem natural**. 1997. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p

EMBRAPA, 2002. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro comemora 25 anos e apresenta nova braquiária. (Notícias). Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2002/abril/bn.2004-11-25.2184590530/>

EMBRAPA-CNPGC, 2010. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Gado de Corte. Xaraés – Cultivar de *Brachiaria brizantha*. Disponível em: <http://www.cnpqc.embrapa.br/produtoseservicos/pdf/xaraes.pdf>. Acessado 08 de fevereiro de 2013.

FERNÁNDEZ, M. T. H.; IZQUIERDO, C. G.; STAMFORD, N. P.; MORENO, M. C. M. Enzimas que actúan em la materia orgánica del suelo. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. (Ed.). **Microorganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p. 351-375.

FERREIRA, E. A. B. MEIRELLES, M. L.; FRANCO, A. C.; SANTOS, J. L. M. Influências de variações ambientais sobre o fluxo de CO₂ em solos sob Campo Limpo Úmido no Cerrado. In: Simpósio Internacional de Savanas Tropicais II e Simpósio Nacional do Cerrado. Brasília, 2008. **Anais...** Brasília, 2008.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 157-170, 2000.

GALZERANO, L. Características morfogênicas e estruturais de pastos de capim-xaraés submetidos a intensidades de pastejo. 2012. 104f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.

GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 269- 276, 2007.

HAY, R.K.M.; WALKER, A.J. Interception of solar radiation by the crop canopy. In: HAY, R.K.M.; WALKER, A.J (eds). **An introduction to the physiology of crop yield**. New York: Longman Scientific & Technical, 1989. p.8-30.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A. Nutrientes no mantilho em pastagem nativa sob distintos manejos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.5, p.841-847, 2002.

JANUSCKIEWICZ, E. R. Compostos de reserva das plantas e atividade enzimática do solo em pastos de *Brachiaria* manejados sob ofertas de forragem e lotação rotacionada. 2011. 161f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.

JANTALIA, C. P.; OLIVEIRA, O. C.; LENGROBER, J. A.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. O nitrogênio como elemento chave para evitar a degradação das pastagens e suas implicações na produção de gases de efeito estufa. In: ALVES, B. J.

R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. Manejo de sistemas agrícolas – Impacto o sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Genesis, 2006, p. 201-215.

KIEHL, J. C. Manual de edafologia: relações solo-planta. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 264p.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under: tissue turnover. Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. In: GOMIDE, J. A. (Ed.), 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 1997, p. 117-144.

LEITE, M. Brasil busca uma nova cara. In: O peso da agropecuária no clima. **Revista Unespciência**, v. 1, n. 4, 2010.

LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S. Matéria orgânica do solo: funções e manejo. In: Araújo, A. S. F. et al. (Eds.) **Matéria orgânica e organismos do solo**. Teresina. EDUFPI, 2008. 220p.

LIMA SANTOS, N. Avaliação do Capim-tanzânia manejado com diferentes IAF residuais sob lotação rotacionada por cabras Boer X Saanen. 2009. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

LISBOA, B. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo**. 2009. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LAWLOR, D. W. photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, v. 46, p. 1449-1461 (special issue), 1995.

MAGALLHÃES, M. A. Características morfogênicas, estruturais e composição química de cultivares de *Brachiaria* submetidas a níveis de oferta de forragem sob pastejo rotativo. 2010. 172f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MELO, W. J.; MELO, G. M. P.; ARAÚJO, A. S. F.; MELO, V. P. Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo. In: FIGUEIREDO et al. (Eds) **Biotecnologia aplicada à agricultura**. Brasília, EMBRAPA. Informação tecnológica, Recife, Instituto Agronômico de Pernambuco, 2010, p. 158-187.

MESSIAS, A. S.; SILVA, C. A. A. Microrganismos degradadores de resíduos sólidos. FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. (Ed.). **Microorganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p. 423- 440.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1092-1102, 2002.

NEILL, C.; PICCOLO, M.C.; CERRI, C.C.; STEUDLER, P.A.; MELILLO, J.M.; BRITO, M. Net nitrogen mineralization and net nitrification rates in soils following deforestation for pasture across the southwestern Brazilian Amazon Basin landscape. **Oecologia**. v.110, p. 243– 252, 1997.

PANCHOLY, S. K., RICE, E. C. Soil enzymes in relation to old field succession ; amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase and urease. **Soil Science Society of America Journal**, v. 37, p. 47-50, 1973.

PANOSSO, A. R., PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; LA SCALA JÚNIOR, N.. Variabilidade espacial da emissão de CO₂ em latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.227-236, 2008.

PENATI, M.A.; CORSI, M.; MARTHA JR., G.B.; SANTOS, P.M. Manejo de plantas forrageiras no pastejo rotacionado. Simpósio goiano sobre produção de bovinos de corte. 1999. **Anais....** CBNA, 1999, p. 123-144.

PINTO, C. R. O; NAHAS E. Atividade e população microbiana envolvida nas transformações do enxofre em solos com diferentes vegetações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1751-1756, 2002.

RICHARDS, J. H. Physiology of plants recovering from defoliation. In: **Grassland for Our World** (ed. BAKER, M.J.), SIR Publishing, Wellington NZ, p. 46-54, 1993.

RODHES, I. Relationship between canopy structure and productivity in herbage grasses and its implication for plant breeding. **Herbage Abstracts**, v. 43, p. 129-133, 1973.

SALAZAR, S.; SÁNCHEZ, L. E.; ALVAREZ J.; VALVERDE, A.; GALINDO, P.; IGUAL, J. M.; PEIX, A; SANTA-REGINA, I. Correlation among soil enzyme activities under different forest system management practices. **Ecological Engineering**, v. 37, p. 1123–1131, 2011.

SAS INSTITUTE INC. System for Microsoft Windows, Release 9.1.Cary, 2002-2003.

SEGNINI, A.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L.; PRIMAVESI, O.; MARTIN NETO, L. Potencial de sequestro de carbono em área de pastagem de *Brachiaria decumbens*. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007.

SEGNINI, A.; MARTIN NETO, L.; PRIMAVESI, O.; MILORI, D. M. B. P.; SILVA, W. T. L.; SIMÕES, L. M. **Pecuária e Efeito Estufa: Importância da Qualidade do Sistema de Produção**. São Carlo: Embrapa Gado de Corte, 2008. 4p. (Embrapa-CNGC, Comunicado Técnico 95).

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p.357-363, 2004.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V. B. P. **Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo**. Viçosa: Suprema, 2008, 115p.

SILVA, W. L. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem em pastos de capim-tifton-85 manejados com diferentes IAF residual. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

SOARES, I.; QUEIROZ, J. A.; OLIVEIRA, V. H.; CRISÓSTOMO, L. A.; OLIVEIRA, T. S. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes na cultura do cajueiro anão precoce. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p.173-181, 2008.

SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX Jr., J.C.B.; SANTOS, H.Q.; MATHEWS, B.W. Nutrient Cycling in Tropical Pasture Ecosystems. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais de palestras...** Recife: SBZ, 2002. p.151-179.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33 p.1829-1836, 2009.

SULZMAN, E. W.; BRANT, J. B.; BOWDEN, R. D.; LAJTHA, K. Contribution of aboveground litter, belowground litter, and rhizosphere respiration to total soil CO₂ efflux in an old growth coniferous forest. **Biogeochemistry**, v.73, p. 231–256, 2005.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Arylsulphatase activity of soils. **Soil Science Society Amer. Proc.**, v. 34, n.2, p. 225-229, 1970.

TEIXEIRA, E. M. L. C. Estoque de carbono em pastagens com diferentes sistemas de uso e manejo. 2011. 88f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Instituto de Zootecnia APTA/SAA, Nova Odessa, 2011.

THALMANN, A. Zur methodic der bestimmung der dehydrogenase aktivität triphenyltetrazolium chlorid (TTC) im bodem mittels. **Landwirtsch. Forsch**, v.21, p.249-258, 1968.

URQUIAGA, S.; JANTAGLIA, C. P.; ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Manejo de Sistemas Agrícolas para Sequestro de Carbono no Solo. In: AQUINO, A. M. e ASSIS, R. L. (Ed.) **Processos biológicos o sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Agrobiologia: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 323-342.

URQUIAGA, S.; JANTAGLIA, C. P.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Variações nos estoques de carbono e emissão de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: uma análise crítica. **Informações Agronômicas**, n. 130, 2010.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; PEREIRA, J. M.; VALÉRIO, J. R.; PAGLIARINI, M. S.; MACEDO, M. C. M.; LEITE, G. G.; LOURENÇO, A. J.; FERNANDES, C. D.; DIAS FILHO, M. B.; LEMPP, B.; POTT, A.; SOUZA, M. A. O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação das pastagens de braquiária. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004. 36 p. (Embrapa Gado de Corte, Documentos 149).

VARELLA, R.F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KISSELLE, K. W.; SANTOS, R. V.; BURKE, R. A.; ZEPP, R. G.; VIANA, L. T. Soil fluxes of CO₂, CO, NO, and N₂O from an old pasture and from native savanna in Brazil. **Ecological Applications**, v. 14, 2004.

WANG, L.; D'ODORICO, P. Decomposition and Mineralization. **Encyclopedia of Ecology**. Elsevier, Oxford, UK, p. 838-844, 2008.

WARREN-WILSON, J. Influence of special arrangement of foliage area on light interception and pasture grown. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8. Reading, 1960. **Proceedings**... Oxford, 1961.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of fiel crops. I. Variation in Net assimilations rate and leaf area between years. **Annals of Botany**, v. 11, n. 41, p. 41-76, 1947.