

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**Análise Isotópica ($\delta^{15}\text{N}$), Produtividade e Composição Química
do Capim-marandu Adubado com Uréia e Cama de Frango**

LUCIANE DO CARMO SERAPHIM

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, como
parte das exigências para a obtenção do
título de Mestre.

BOTUCATU – SP
Novembro/2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**Análise Isotópica ($\delta^{15}\text{N}$), Produtividade e Composição Química do Capim-
marandu Adubado com Uréia e Cama de Frango**

LUCIANE DO CARMO SERAPHIM
Zootecnista

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Ducatti
COORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, como
parte das exigências para a obtenção do
título de Mestre.

BOTUCATU - SP
Novembro/2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Seraphim, Luciane do Carmo.

Análise Isotópica (^{15}N), produtividade e composição química do capim-marandu adubado com ureia e cama de frango / Luciane do Carmo Seraphim. - Botucatu, 2014

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Carlos Ducatti

Coorientador: Paulo Roberto de Lima Meirelles

Capes: 50404008

1. Nitrogênio - Isótopos. 2. Ureia como fertilizante.
3. Análise por diluição isotópica. 4. Cama de galinha.

Palavras-chave: Cama de frango; Estacionalidade; Isótopos de nitrogênio; Ureia.

PENSAMENTOS...

"Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas". (Carl Sagan)

"Estamos na situação de uma criancinha que entra em uma imensa biblioteca, repleta de livros em muitas línguas. A criança sabe que alguém deve ter escrito aqueles livros, mas não sabe como. Não compreende as línguas em que foram escritos. Tem uma pálida suspeita de que a disposição dos livros obedece a uma ordem misteriosa, mas não sabe qual ela é". (Albert Einstein)

"A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro". (Albert Einstein)

DEDICO

Aos meus amados pais, Luiz e Lucia, pelo amor, carinho e incentivo ao estudo em todas as etapas da minha educação.

Ao meu filho, Lucas, por em tão pouco tempo de vida ter me ensinado várias lições e por me proporcionar um amor incondicional.

Ao meu marido, Wellington, pelo seu amor, companheirismo e paciência nas horas mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por seu imenso amor e infinita misericórdia, pela vida e por ter me concedido chegar até aqui.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Ducatti, pela confiança em me aceitar como sua orientada quando tudo parecia não ter mais solução, pelos ensinamentos, apoio e exemplo de competência e profissionalismo.

Ao Professor, Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles, pela amizade, confiança, disponibilidade, aprendizado e paciência em ensinar.

Ao Prof. Dr. André Mendes Jorge, por conceder a área de Bubalinos na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia para condução do experimento.

A Prof. Dr. Maria Márcia Sartori, pelo auxílio com as análises estatísticas.

Aos funcionários/amigos do Centro de Isótopos Estáveis: Evandro Tadeu da Silva, Cibele Kruliski, Mariana Sasso, Juliana Denadaí, Márcia Sartori em auxiliar e ensinar a rotina do laboratório e pela amizade construída nesses anos.

À funcionária do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ/UNESP - Botucatu: Gisele Setznagl, por sua disponibilidade, disposição em ensinar, auxílio nas análises e por sua amizade.

À minha prima irmã, Tatiana Lucila P. Sobrinho, pela amizade e por ter me mostrado a profissão de zootecnista, despertando em mim essa paixão.

Aos amigos de longa data, que compreenderam minha ausência muitas vezes: Danielle Biondo, Evandro Teixeira, Guilherme Pilan, Mayara Fumis, Priscila de Santi,

Raquel Marcelino, Renata Minozzi, Tamires Ferreira, Thaís Fermiano, Thiago Fajardo e Vanessa Sasdelli.

Aos meus amigos conquistados durante a graduação: Vânia Fournou, Lucas Schmidt, Letícia Tomazini e Natalia Leal pela amizade, ensinamentos, alegrias e tristezas. À Vânia, pelo companheirismo durante toda nossa jornada e durante todas as dificuldades encontradas pelo nosso caminho. Ao Lucas, por todos os momentos vividos, por toda ajuda, por todas as conversas.

Aos amigos conquistados na Pós-graduação: Adrielle Ishizuka, Ana Stradiotti, Barbara Fernandes, Erikelly Santana, Gabriela Berchiol, Guilherme Pimenta, Janaína Hadlich, Marco Carvalho, Marco Aurélio Factori, Priscila Cavalca, Raquel Lourençon, Vanessa Pelícia. Em especial ao Marco Aurélio, por sua amizade, por toda disponibilidade em querer ajudar e ensinar, por seu companheirismo e ensinamentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**Capes**) pela bolsa concedida, o que me proporcionou a continuar.

Muito obrigada!

"Não cai uma folha da árvore sem a permissão de Deus!"

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
1. <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu e seu potencial produtivo.....	2
2. Cama de Frango como Adubo Orgânico.....	4
3. Isótopos Estáveis.....	7
4. Aplicação da Técnica de Isótopos Estáveis em Estudo de Nutrição Animal.....	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
CAPÍTULO 2.....	17
ANÁLISE ISOTÓPICA ($\delta^{15}\text{N}$), PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAPIM-MARANDU ADUBADO COM URÉIA E CAMA DE FRANGO	
Resumo.....	18
Abstract.....	19
1. Introdução.....	20
2. Material e Métodos.....	21
3. Resultados e Discussão.....	25
4. Conclusões.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CAPÍTULO 3.....	48
IMPLICAÇÕES.....	49

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 2.....	17
Tabela 1. Valores referentes a análise de terra e cama de frango utilizada no experimento.....	25
Tabela 2. Valores médios da produtividade de massa seca (kg/ha) e Proteína Bruta (%) para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13).....	28
Tabela 3. Valores médios (%) dos valores de Fibra em Detergente Neutro e Fibra em Detergente Ácido para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13).....	30
Tabela 4. Valores médios (%) de lignina para os tratamentos em função dos cortes realizados (1 a 13).....	30
Tabela 5. Valores médios de Porcentagem de Nitrogênio Total e $\delta^{15}\text{N}$ Total (‰) da massa total de forragem para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13).....	31
Tabela 6. Valores médios (‰) de $\delta^{15}\text{N}$ Perfilho, $\delta^{15}\text{N}$ Follha e $\delta^{15}\text{N}$ Colmo para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13).....	34
Tabela 7. Equações resultantes das análises dos resultados de $\delta^{15}\text{N}$, os coeficientes de determinação (r^2) e dias de incorporação juntamente com porcentagem de incorporação.....	37
Tabela 8. Coeficiente de escores da análise de componentes para proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) ao decorrer dos cortes.....	39

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 2.....	17
Figura 1. Dados climáticos (precipitação pluviométrica, temperatura mínima, média e máxima) referentes ao período experimental (mar/2012 a mar/2013).....	27
Figura 2. Valores de produtividade de massa seca (Kg/ha) para os tratamentos sem adubação (SA), uréia (U) e cama de frango (CF) em função dos cortes realizados (1 a 13).....	29
Figura 3. Comportamento dos valores isotópicos do $\delta^{15}\text{N}$ para a massa total de forragem em função dos dias de corte nas condições naturais para os tratamentos: sem adubação (a), uréia (b) e cama de frango (c).....	35
Figura 4. Modelo exponencial do valor isotópico da forragem dentro do período experimental dos tratamentos avaliados.....	36
Figura 5. Taxa de Degradação da cama de frango contida nos "litter bags" durante o período experimental.....	38
Figura 6. Análise discriminante para diferenciação de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da cama de frango presente no "litter bag" ao decorrer dos cortes.....	39

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. *Urochloa brizantha* cv. Marandu e seu potencial produtivo

No Brasil, a área ocupada por pastagens é de 180 milhões de hectares, e deste total, aproximadamente 70% são pastagens plantadas (IBGE, 2012), sendo que 85% desta área são do gênero *Urochloa* (FONSECA; MARTUSCELLO; FARIA, 2006).

Pereira (2002) relatou, que dentre as forrageiras, se destacam aquelas do gênero *Urochloa* por sua adaptação a diversos modelos de produção animal e condições de clima e solo, além de sua produtividade.

As pastagens cultivadas com gramíneas tiveram grande expansão entre as décadas de 1970 e 1990, principalmente com o plantio de espécies do gênero *Urochloa*, com predominância de *U. decumbens* e *U. brizantha* (BODDEY et al., 2004; PACIULLO et al., 2008). Essas pastagens foram plantadas, na maioria das vezes, em solos de baixa fertilidade natural, o que contribuiu para o avanço do processo de degradação, poucos anos após o estabelecimento das pastagens (BODDEY et al., 2004; MACEDO, 2005; PACIULLO et al., 2008), que é um problema presente em cerca de 50% dos 105 milhões de hectares com pastagens plantadas (MACEDO, 2005; PACIULLO et al., 2008).

A produtividade animal em pastagem, que depende do desempenho animal, está associada à qualidade da forragem e a capacidade de suporte da pastagem (número de animais por unidade de área) (BOIN, 1986). Embora as gramíneas forrageiras tropicais não sejam de excelente qualidade, permitindo ganhos de peso vivo na faixa de 0,6 a 0,8 kg/animal/dia, a produtividade animal pode ser elevada pelo seu grande potencial de produtividade de massa, principalmente no período das águas (CORRÊA, 1997a).

Apesar de o Brasil possuir um dos maiores rebanhos comerciais do planeta e da maior parte do leite e carne produzidos basear-se na utilização de pastagens, os índices de produtividade na maioria das propriedades são baixos. As principais causas da degradação têm sido relacionadas desde a escolha da espécie ou cultivar de forrageira para determinada região e sistema de produção, seguido do estabelecimento deficiente, com preparo inadequado do solo, ausência de calagem e adubação, baixa qualidade da semente e baixa densidade de semeadura, até o mau manejo da espécie forrageira, principalmente o superpastejo. Tais fatos se devem às falhas na adequação do projeto de exploração pecuária como um todo, incluindo

problemas relativos à conservação dos solos, distribuição de aguadas e saleiros, conservação de forragens e planejamento do equilíbrio da oferta e demanda de alimentos ao longo do ano (SOUZA NETO e PEDREIRA, 2004), além da não reposição de nutrientes.

Na região dos Cerrados, que detém aproximadamente 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas, mais da metade dessa área encontra-se em processo de degradação, enquanto que na região oeste do estado de São Paulo (LUPATINI et al., 2008) constataram que 70% das pastagens cultivadas apresentam algum grau de degradação.

Para a obtenção de elevada quantidade de forragem, é necessário considerar que as gramíneas forrageiras são tão ou mais exigentes que as culturas tradicionais (SILVA, 1995). Desta forma, para a exploração intensiva das pastagens, a correção e a adubação estão entre os fatores mais importantes a determinar o nível de produção das forrageiras. Tendo em vista a baixa fertilidade dos solos, é necessário que se estabeleçam, inicialmente, níveis médios de fertilidade a serem alcançados, como possibilidade de viabilização técnica e econômica, dada a gradual capacidade de resposta dos solos no processo de recuperação (CORRÊA, 1997b).

Além dos aspectos da adubação, há também os fatores climáticos que influenciam o crescimento da forrageira. Analisando a influência desses fatores climáticos (radiação solar, temperatura, e água) na produção de massa seca de gramíneas tropicais, Costa e Monteiro (1997) observaram que as maiores produções concentradas no período de primavera-verão, principalmente em dosséis não-irrigados, devem-se principalmente à maior precipitação no período (por ser a água neste caso o fator limitante) porém, nos cultivos irrigados, a distribuição irregular na produção de forragem está associada à variação de temperatura e luminosidade durante o ano. Por sua vez, Mannerje e Pritchard (1974) afirmam que a associação de baixas temperaturas e curtos fotoperíodos deve ser o principal fator climático limitante do crescimento de plantas forrageiras irrigadas.

O suprimento de água para forrageiras é determinado também pela habilidade destas em utilizar a água armazenada no solo e pela capacidade de controlar as perdas pelo mecanismo estomático (MAIZENAUER e SUTILI, 1983). Assim, o comportamento de uma planta cultivada em situação de déficit hídrico dependerá do estágio de desenvolvimento, do genótipo, da duração e severidade do déficit (PETRY et al., 1999).

As variações sazonais nas características das pastagens exercem forte impacto

na pecuária de corte brasileira, porque os animais são alimentados basicamente com pasto. Na estação seca, a produção forrageira é severamente reduzida, a senescência de folhas e perfilhos é acelerada, e as pastagens tropicais, especialmente aquelas mantidas sob pastejo, apresentam normalmente baixa disponibilidade de forragem de boa qualidade.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 1984 lançou a *U. brizantha* cv. Marandu, que se tornou o capim mais plantado no país. Os principais atributos do capim-marandu são: resistência à cigarrinha-das-pastagens, alto potencial de resposta à aplicação de fertilizantes, boa cobertura de solo, crescimento em condições de sombreamento, bom valor nutritivo e excelente produção de sementes (VALLE, EUCLIDES, MACEDO, 2001; ANDRADE, 2003). Porém, apresenta-se mais exigente em fertilidade do solo (NUNES et al., 1985).

Seu hábito de crescimento é cespitoso, com colmos iniciais prostrados, mas produzindo perfilhos cada vez mais eretos ao longo do crescimento da touceira, apresentando intenso perfilhamento nos nós superiores dos colmos floríferos, presença de pelos na porção apical dos entrenós, bainhas pilosas e lâminas largas e longas, com pubescência apenas na face inferior (NUNES et al., 1985; citados POR VALLE; EUCLIDES; MACEDO, 2001).

Portanto, o capim-marandu tem sido muito utilizado em função das suas características, como adaptação a solos de média a alta fertilidade, resistência à cigarrinha-das-pastagens, elevada produtividade quando devidamente adubado e manejado (ANDRADE, VALENTIM, 2006; DIAS-FILHO, 2005).

2. Cama de frango como adubo orgânico

A cama de frango é utilizada no aviário para evitar o contato direto das aves com o piso, servindo de substrato para a absorção de água, incorporação de fezes, urina, penas, descamações da pele e restos de ração. Portanto, a cama de frango é composta de maravalha mais estes componentes.

A sua utilização como adubo orgânico tem-se apresentado como uma saída segura e rentável encontrada por avicultores e produtores de leite e corte, para o destino desse resíduo da criação, bem como, viabilizar o custo de produção em substituição ao adubo sintético.

Em 2001, houve a proibição do uso da cama de frango na alimentação de ruminantes pela Instrução Normativa nº 15 do Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento – MAPA e pela Instrução Normativa nº8 de 26/3/2004, como medida preventiva para se evitar no país os riscos potenciais da Encefalopatia Espongiforme Bovina – EEB, doença popularmente chamada de “mal da vaca louca”. Estudos científicos internacionais já comprovaram que a maioria dos casos de ruminantes que contraíram a doença teve como origem a ingestão de proteína de origem animal contaminada com o agente etiológico da doença. Deste modo, o combate ao uso da cama de frango na nutrição animal faz parte do conjunto de medidas adotadas pelo Ministério para garantir a qualidade da carne e do leite, e evitar qualquer possibilidade de surgimento da doença no país (Mega Agro, 2007).

Para que uma pastagem seja produtiva esta deve receber o manejo adequado, principalmente em termos de adubação para reposição dos nutrientes. Como estratégias de adubação têm-se a adubação nitrogenada mais comumente utilizada por meio de uréia ou por adubação orgânica com cama de aviário.

Para pastagens e capineiras, há a restrição quanto à aplicação da cama de frango e deve ser respeitada a legislação do MAPA (IN nº 25 de 27/07/2009), a qual preconiza que a cama de frango só deve ter seu uso permitido quando realizada a incorporação ao solo. No caso de pastagens, o pastejo só é permitido 40 dias depois da incorporação do fertilizante ao solo (IN nº 25 de 27/07/2009 - Anexo IV). Esta incorporação trata-se da absorção ou da penetração da cama no solo, sendo esta indisponibilizada ao consumo animal.

Segundo Menezes, et al (2004), para diminuir o impacto ao meio ambiente, a cama deve ser aplicada segundo conceitos técnicos, medindo sua composição química e as necessidades de nutrientes da planta. O produtor que optar por este tipo de fertilização orgânica do solo, deve medir anualmente o balanço entre os nutrientes, além disso, analisar a água de rios e lagos próximos onde a cama é aplicada, pois este é o principal indicativo das perdas de nutrientes, principalmente nitrato (N-NO_3), por lixiviação.

Kiehl (1997) relata o efeito da matéria orgânica sobre a produtividade pode ser direto por meio do fornecimento de nutrientes ou pelas modificações das propriedades físicas do solo melhorando o ambiente radicular e estimulando o desenvolvimento das plantas. No entanto, cabe ressaltar que o uso de adubos orgânicos promove a liberação lenta e gradual de nutrientes com a vantagem de aumentar o teor de matéria orgânica do solo. De acordo com Menezes et al. (2004), o material orgânico libera gradativamente macro e micronutrientes para a solução do solo. Tal liberação se dá à medida que o material orgânico vai sendo mineralizado. A quantidade liberada

depende do grau de mineralização do composto, da matéria prima que deu origem ao composto e da quantidade aplicada.

Konzen (2003) relata que a cama de frango contém altos níveis de concentração de elementos de dejeções, pois as aves têm baixos índices de aproveitamento de suas rações, 40% a 60% apenas, o restante, são eliminados via dejetos.

De acordo com Benedetti et al. (2009) e Menezes et al. (2004) a composição química pode ser variada em função da cama utilizada para forrar os aviários, além do número de reutilização dessa cama nos aviários. Desta forma, ainda que tomando-se por base as médias obtidas, pode-se concluir que os níveis médios de Nitrogênio (N) variam de 2 a 5%; P_2O_5 de 1,5 a 3% e K_2O por volta de 2 a 4%. Assim, basicamente, seriam estimadas as doses de aplicadas, levando-se em consideração os níveis almejados para as culturas utilizadas.

Entretanto, a utilização da cama de frango como fertilizante para forrageiras tem outra grande vantagem, disponibilizando nutrientes após aplicação e mantendo liberação residual nos anos subsequentes. Segundos os trabalhos na literatura, no caso do nitrogênio, por exemplo, 50% é disponibilizado no primeiro ano, 20% no segundo e 30% em anos seguintes.

Moraes et al. (2006) estudaram potencialidade do uso da cama de frango na recuperação das pastagens degradadas de *Urochloa decumbens*. Os autores aplicaram quatro diferentes dosagens de adubações minerais e mistas. Foram medidos os resultados quanto à proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, produtividade de massa seca (PMS), custo de produção x PMS. As adubações inorgânica e a mista foram as que obtiveram o menor índice aos 35 dias. A PMS foi equivalente em todos os tratamentos. Com relação ao custo de produção x PMS a cama de frango se mostrou com custos menores, sendo que a aplicação de 1.200kg obteve o menor custo.

Lima et al. (2007) estudaram a influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e sua produção de MS em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Utilizaram doses que variaram de 0 a 20 t de cama de frango/ha e outra de 100 kg/ha de N na forma de uréia. Neste estudo, a PMS obedeceu a um aumento linear conforme as doses aplicadas, e a dose máxima de 20 t excedeu em 321% o experimento controle e em 96% a adubação inorgânica de N. Houve, também, diferença significativa para as variáveis: teor de K, P e C, em relação à adubação inorgânica.

Portugal et al. (2009) trabalhando com *Urochloa brizantha* cv. Marandu, aplicando doses de 0, 4 e 8 toneladas de cama de frango/ha confirmaram um aumento na PMS na ordem de 102% (1665 kg/ha) e 246% (2861 kg/ha). Os teores de P alteraram significativamente com o uso de 8 t/ha que mesmo com a extração pelo corte da forragem, elevou os níveis de disponibilidade em 3,4 vezes. Avaliando o impacto da adubação orgânica por dois anos com 8 t/ha, encontraram melhoria nas principais características do Neossolo Quartzarênico, ocasionado pelo aumento de Ca e Mg.

As vantagens do uso da adubação orgânica, como a cama de frango são: elevação da capacidade de troca catiônica (CTC) em solos intemperizados ou arenosos, melhoria na agregação das partículas do solo, aumento da capacidade de retenção de água, aumento da disponibilidade de nutrientes por processos de mineralização e diminuição da fixação de fósforo no solo (Ribeiro et al., 1999). Isso prova que a cama de frango pode ser vantajosa e rentável na fertilização de culturas, podendo substituir parcial ou totalmente os fertilizantes sintéticos.

3. Isótopos Estáveis

O termo isótopo é originado do grego, *ISO* significa mesmo ou igual e, *TOPOS* significa lugar, e refere-se ao fato de dois ou mais elementos ocuparem a mesma posição na tabela periódica. Já o vocábulo estável é referente à sua não emissão de radiação.

Os isótopos são átomos do mesmo elemento químico, com o mesmo número de prótons e diferentes números de nêutrons e, conseqüentemente, com diferentes massas. Por possuírem sua camada eletrônica igual, ou seja, com o mesmo número de elétrons, pode-se inferir que os isótopos são elementos que apresentam as mesmas propriedades químicas (eletrosfera) e diferentes propriedades físicas (núcleo) (CLARK e FRITZ, 1997).

A nomenclatura isotópica é expressa por A_ZX , na qual X representa o elemento químico, A o número de massa em unidades de massa atômica e Z o número de prótons, de modo que $A = Z + N$, em que N representa o número de nêutrons.

Os diferentes números de massas dos isótopos possibilitam a sua identificação, por meio da espectrometria de massas, ou seja, é possível quantificar os diferentes isótopos de um mesmo elemento químico (VERKOUTEREN, 2004).

Os isótopos de núcleos instáveis, também são chamados de radioisótopos, sofrem desintegração espontânea, por emissão de partículas nucleares ou radiação eletromagnética, e geram os isótopos radiogênicos. Os isótopos de núcleos estáveis não se desintegram espontaneamente e correspondem a aproximadamente 270 nuclídeos (LO TIERZO, 2012).

Isótopos ambientais são elementos em abundância e de ocorrência natural no nosso planeta, como o carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre (CHON'S); principais bioelementos de interesse em estudos das áreas de biológicas e disciplinas afins, pois, fazem parte da estrutura de carboidratos, lipídeos, proteínas, aminoácidos, ácidos nucléicos (DNA e RNA).

Os bioelementos são formados por um isótopo dominante: carbono-12 (^{12}C), hidrogênio-1 (^1H), oxigênio-16 (^{16}O), nitrogênio-14 (^{14}N), enxofre-32 (^{32}S) e um ou dois isótopos mais pesados, por exemplo: carbono-13 (^{13}C), hidrogênio (^2H), oxigênio-17 (^{17}O), oxigênio-18 (^{18}O), nitrogênio-15 (^{15}N), enxofre-33 (^{33}S) e enxofre-34 (^{34}S) e com uma abundância natural menor (PRESTON, 1992).

São estes isótopos de baixa abundância que incitam a novas oportunidades para o uso de isótopos como traçadores em estudos bioquímicos, biológicos e ambientais.

A medida da relação entre isótopos estáveis é realizada por espectrometria de massas, que detecta a concentração dos diferentes isótopos dos elementos. O enriquecimento isotópico relativo é obtido pela expressão:

$$\delta X_{(\text{amostra, padrão})} = [(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}}) - 1]$$

A simbologia da expressão indica que $\delta X_{(\text{amostra, padrão})}$ é o enriquecimento da razão isotópica do elemento químico em questão, de uma dada amostra em relação ao seu respectivo padrão internacional em partes por mil (‰) e R significa razão isotópica do isótopo pesado em relação ao leve (ex: $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) da amostra e do padrão, respectivamente. O padrão utilizado para o carbono é o fóssil de Belemnite americana da formação Pee Dee (PDB), da Carolina do Sul (EUA) e, para o nitrogênio, o N_2 atmosférico (CRISS, 1999).

Quando o valor da composição isotópica é positivo, a proporção do isótopo estável mais pesado é maior na amostra, em relação ao padrão. Já quando o valor é negativo, a amostra é empobrecida no isótopo estável mais pesado, comparado ao padrão.

A razão isotópica $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ nas plantas não depende do ciclo fotossintético realizado e sim, conforme o modo de fixação. Entretanto, mesmo a atmosfera sendo abundante em N_2 , somente as plantas que possuem bactéria fixadora de nitrogênio

consegue fixá-lo do ar. As demais plantas o fixam através da incorporação de compostos nitrogenados do solo. Na maioria das leguminosas, por realizar simbiose com micorrizas, o valor de $\delta^{15}\text{N}$ varia ao redor de uma unidade, próximo ao padrão ($\delta^{15}\text{N} = 0,0 \pm 1,0\text{‰}$) (HANDLEY e RAVEN, 1992; WERNER e SCHIMIDT, 2002). O $\delta^{15}\text{N}$ das plantas que não conseguem fixar o nitrogênio atmosférico é dependente, em grande parte, da abundância isotópica do solo e da variação causada pela adubação (CHOI et al., 2002). Se absorvido da matéria orgânica decomposta, o valor do $\delta^{15}\text{N}$ é mais significativo, ao redor de 10‰ (SHIBUYA et al., 2006). Contrariamente, valores negativos são observados em solos com baixa porcentagem de matéria orgânica em particular solos secos e arenosos, ou que são fertilizados com adubos industriais. Conforme Yoneyama (2001), adubos nitrogenados utilizados na agricultura possuem valores de enriquecimento relativo para $\delta^{15}\text{N}$ próximo a 0‰, isto porque a fonte de nitrogênio utilizada pelas indústrias para a fabricação de adubo é o nitrogênio atmosférico.

4. Aplicação da técnica de isótopos estáveis em estudos de nutrição animal

Isótopos estáveis têm sido uma importante ferramenta para a compreensão de cadeias alimentares e fluxos de nutrientes nos sistema de produção animal, uma vez que reflete todo o valor isotópico do carbono e nitrogênio proveniente da dieta a qual foi submetido, sendo avaliado, sob diferentes parâmetros no animal, sendo mais comuns as fezes, sangue e plasma. Neste contexto, a técnica dos Isótopos Estáveis pode ser entendida como uma ferramenta visando à autenticidade dos alimentos, particularmente, onde metodologias analíticas convencionais não podem prever resultados totalmente seguros (BAHAR et al., 2008).

Neste sentido, o desenvolvimento de pesquisas para determinar a composição isotópica dos bovinos produzidos no Brasil, numa estratégia de agregar valor à carne de animais criados em pastagens tropicais (C_4), e principalmente para o estabelecimento de um padrão isotópico de nossas pastagens e alimentos para a determinação de uma certificação de origem de nossos produtos e alimentos, em muito contribuirá para o avanço na comercialização da carne bovina em nosso país.

Os trabalhos nacionais avaliando a aplicação da metodologia dos Isótopos Estáveis com foco na Nutrição de Ruminantes são poucos e incipientes. Ressalta-se que o Brasil é o maior produtor comercial e exportador de carne bovina no mundo e, portanto quanto mais segura e atestada for nossa carne, mais confiabilidade e

abertura de mercados teremos de forma competitiva e certificada. Pesquisas direcionadas à Nutrição e Produção de Ruminantes assumem extrema relevância, afim de melhor compreender e proporcionar suporte de cunho científico ao sistema de rastreabilidade (SISBOV) já implantando no país. Isto, com vistas à tecnificar, certificar e autenticar os sistemas de produção de bovinos. Além disto, avaliar a real contribuição da metodologia dos Isótopos Estáveis nas condições tropicais, a qual se insere o Brasil de maneira segura e com padrão estabelecido para a criação de um selo de certificação isotópico.

Espera-se com este projeto gerar um padrão isotópico de nitrogênio em pastagens com diferentes adubações nitrogenadas em diferentes épocas de corte como forma de caracterização de manejos utilizados em pastagens, e eliminar a possibilidade de um falso positivo caso o valor isotópico seja semelhante ao valor de animais que receberam fontes de origem protéica, proibida em nosso país.

Diante do exposto, o capítulo 2, intitulado **“Análise isotópica ($\delta^{15}\text{N}$), produtividade, composição química do capim-marandu adubado com uréia e cama de frango”** teve por objetivo determinar o valor isotópico, produtividade e composição química da pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu adubado com uréia e cama de frango. O trabalho foi redigido conforme as normas do periódico “Revista Brasileira de Ciência do Solo”, exceto o idioma, espaçamento, posicionamento das tabelas e figuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. Soluções tecnológicas para a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R.A. (Ed.). **Morte de pastos de Braquiárias**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006. p.175-197.

ANDRADE, F.M.E.de. **Produção de forragem e valor alimentício de capim-marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte**. 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

BAHAR, B.; MONAHAN, F.J.; MOLONEY, A.P. et al. Alteration of the carbon and nitrogen stable isotope composition of beef by substitution of grass silage with maize silage. **Rapid Communications Mass Spectrometry**, v.19, p.1937-1942, 2008.

BENEDETTI, M.P.; FACTORI, M.A.; DARIOLLI, L.; BAKDINI, B.R. Utilização da cama de frango como adubo orgânico de pastagens, **CATI Casa da Agricultura de Serra Negra/ EDR Bragança Paulista**, SP, 14 de agosto de 2009.

BODDEY, R.M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C.; REZENDE, C.P.; CANTARUTTI, R.B.; PEREIRA, J.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.103, p.389-403, 2004.

BOIN, C. Produção animal em pastos adubados. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). **Calagem e Adubação de Pastagens**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e Fósforo, 1986. p. 383-419.

BRASIL, **Instrução Normativa número 8**, Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 26/03/2004, Brasília, DF, 2004.

BRASIL, **Instrução Normativa número 15**, Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 17/07/2001, Brasília, DF, 2001.

BRASIL, **Instrução normativa número 25**, Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 27/07/2009, Brasília, DF, 2009.

CHOI, W.J.; LEE, S.M.; RO, H.M. et al. Natural ^{15}N abundances of maize and soil amended with urea and composted pig manure. **Plant and Soil**, v.245, p.223-232, 2002.

CLARK, I. D.e Fritz P. **Environmental Isotopes in Hydrogeology**. New York: Lewis Publishers.1997. 328p.

CORRÊA, L. De A. Potencial de produção das gramíneas forrageiras. In: ESTEVES, S.N.; BARBOSA, P. F.; BARBOSA, R.T. (Ed.). **Intensificação da bovinocultura de corte: estratégias de alimentação e terminação**. São Carlos, SP: EMBRAPA-CPPSE, 1997a. p.44-57.

CORRÊA, L. De A. Produção intensiva de carne bovina a pasto. In: POTT, E.B.; PAINO, C.R.S.; ALENCAR, S.B. (Eds.). CONVEÇÃO NACIONAL DA RAÇA CANCHIM, 3., 1997, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA-CPPSE/São Paulo: ABCCAN, 1997b. p.99-105.

COSTA. C.; MONTEIRO. A.L.G. Alfafa como forrageira para corte e pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1997. p. 297-317.

CRISS, R.E. 1999. Nonequilibrium fractionation and isotopic transport. Pages 139–142 in **Principles of stable isotope distribution**. R. E. Criss, ed. Oxford University Press, New York.

DIAS-FILHO, M.B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: WORKSHOP " MORTE DE CAPIM-MARANDU", 2005. **Anais...** Cuiabá: Embrapa Gado de Corte, 2005. (CD-ROM).

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; FARIA, D.J.G. Adubação em gramíneas do gênero *Bracharia*: mitos e realidades In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO

DAS PASTAGENS, 3., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.153-182.

HANDLEY, L.L.; RAVEN, J.A. The use of natural abundance of nitrogen isotopes in plant physiology and ecology. **Plant Cell and Environment**, v.15, p.965-985, 1992.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rj&tema=pecuaria2011>>. **Acesso em:** 15/10/2012.

KIEHL, J.C. Adubação orgânica de culturas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1997, p. 208-250.

KONZEN, E.A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves, **V Seminário Técnico da Cultura de Milho** – Videira, SC – Agosto/2003.

LIMA J.J.; MATA J.D.V.; PINHEIRO NETO R.; SCAPIM C.A., Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 29, supl., p. 715-719, 2007.

LO TIERZO, V. **Turnover do carbono 13 nos tecidos de suínos em diferentes fases de crescimento.** 2012. 214p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

LUPATINI, G.C.; MEDEIROS, S.F.; YAMAMOTO, W.K. et al. Avaliação de pastagens degradadas na região da Nova Alta Paulista – SP. **Boletim de Indústria Animal**, v. 65, 2008.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p.56-84.

MANNETJE, L.T.; PÏUTCHARD, A J. The effect of daylenght and temperature on introduced legumes and grasses for tropics and subtropics of Coaxial Austrália Dry matter production, tillering and leaf área. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 14, p. 173-181, 1974.

MATZENAUER, R.; SUTILI, R. A água na cultura do milho. **IPAGRO**, v. 11, n. 26, p. 17-32, 1983.

MEGA AGRO.Cama de aviário: uso somente como adubo. **Disponível em:**<<http://www.agro1.com.br/noticias/noticia.asp?cod=10565>>. Acesso: 24/09/2012.

MENEZES, J.F.S.; ALVARENGA, R.C.; SILVA G.P.; KONZEN, E.A.; PIMENTA, F.F.; Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica. **Boletim Técnico**, Rio Verde, GO, ano I, n.3, Fevereiro de 2004.

MORAES B.E.R.; MOURA G.S.A.; PRADO P.P.; BENEDETTI, E. Potencialidades do uso de cama de frango na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*, **Vet. Not.**, Uberlândia, v. 12, n. 2, p. 127, set. 2006.

NUNES, S.G.; BOOK, A.; PENTEADO, M.I. de O.; GOMES, D.T. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Boletim**, 2. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1985. 31p.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; TAVELA, R.C.; ROSSIELO, R.O.P. Crescimento de capim-Braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v.43, n.7, p.917-923, jul. 2008.

PEREIRA, A.V. Avanços no melhoramento genético de gramíneas forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 3, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p.19-42.

PETRY, M.T.; CARLESSO R.; WOLSCHICK, D. et al. Consumo de água e rendimento de grãos de sorgo granífero cultivado em diferentes classes de solo (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas, **Resumos...** Pelotas: CONBEA, 1999.

PORTUGAL A.F.; RIBEIRO D.O.; CARBALLAL M.R.; VILELA L.A.F.; ARAÚJO E.J.; GONTIJO, M.F.D. Efeitos da utilização de diferentes doses de cama de frango por dois anos consecutivos na condição química do solo e obtenção de matéria seca *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, **I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais**, Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante, Florianópolis, SC, p. 137-142, 11 a 13 de Março de 2009.

PRESTON, T. The measurement of stable isotope natural abundance variations. In: **Plant Cell and Environment** 15: 1091-1097. 1992.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa, CFSEMG. 1999. 359p.

SHIBUYA, E.K.; SARKIS, J.E.S.; NETO, O.N. et al. Souring Brazilian marijuana by applying IRMS analysis to seized samples. **Forensic Science International**, v.160, p.35-43, 2006.

SILVA, S.C. da. Condições edafoclimáticas para a produção de *Panicum sp.* In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 129-146.

SOUZA NETO, J.M.; PEDREIRA, C.G.S. Caracterização do grau de degradação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 7-31.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.133-176.

VERKOUTEREN, R.M. Strategies and practicalities in the production and use of gas standard materials. In: GROOT, P. A. **Handbook of stable isotope analytical techniques**. Amsterdam: Elsevier, 2004. cap. 43, p. 944-956.

WERNER, R.A.; SCHMIDT, H.L. The in vivo nitrogen isotope discrimination among

organic plant compounds. **Phytochemistry**, v.61, p.465-784 2002.

YONEYAMA, T. et al. Discrimination of nitrogen isotopes during absorption of ammonium and nitrate at different nitrogen concentrations by rice (*Oryza sativa* L.) plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 24, p. 133-139, 2001.

CAPÍTULO 2

Análise isotópica ($\delta^{15}\text{N}$), produtividade e composição química do capim-marandu adubado com uréia e cama de frango

Resumo

Pesquisas direcionadas a nutrição e produção de ruminantes são importantes linhas de pesquisa, afim de melhor compreender o sistema. O presente estudo teve como objetivo avaliar o valor isotópico, composição química e produtividade da pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em diferentes épocas de corte (13 cortes) sob fontes de adubação utilizadas (uréia e cama de frango). A área experimental foi subdividida em 3 tratamentos com 4 repetições, sendo: T1, tratamento testemunho sem adubação; T2, adubação orgânica sintética com uréia; T3, adubação orgânica com cama de frango. Para o corte da forragem e coleta das amostras foi utilizado quadrado de 0,5m x 0,5m. Nas amostras foram analisados os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e determinação do valor isotópico ($\delta^{15}\text{N}$). Para determinação do valor isotópico foram coletados perfilhos sendo estes subdivididos em lâminas foliares e colmo mais bainha e, ainda, alguns analisados inteiramente. A decomposição e a liberação de nutrientes da cama de frango foram determinadas pelo método dos "litter bags". O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Pode-se inferir que para todos os tratamentos a produtividade foi maior nos meses de maior temperatura, luminosidade e precipitação. Para a PB, no tratamento sem adubação, os níveis foram maiores nos primeiros cortes (próximo à adubação) diminuindo nos cortes subsequentes. Os tratamentos com uréia e cama de frango foram responsivos no corte posterior a segunda adubação diminuindo nos próximos cortes, com comportamento inverso para FDN, FDA e lignina. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ para o tratamento sem adubação obtiveram diferenças ao longo dos cortes prevalecendo semelhanças dentro da época do ano. Para a uréia, a adubação influencia diretamente enriquecendo o valor isotópico em alguns cortes, com comportamento semelhante para a cama de frango, com maiores valores isotópicos em comparação aos demais tratamentos. Conclui-se que os valores isotópicos do capim foram diferentes em função da época de corte e fontes de adubos bem como em relação a composição química e produtividade perante aos parâmetros avaliados.

Palavras chave: cama de frango, estacionalidade, isótopos de nitrogênio, uréia

Isotopic analysis ($\delta^{15}\text{N}$), productivity and chemical composition of marandu palisadegrass fertilized with urea and poultry litter

Abstract

Researches directed nutrition and ruminant production are important lines of research in order to better understand the system. This study aimed to evaluate the isotopic value, chemical composition and productivity of *Urochloa brizantha* cv. Marandu pasture in different times of cut (13 cuts) under fertilization sources used (without fertilizer, urea and poultry litter). The experimental area was divided into 3 treatments with 4 repetitions: T1, witness treatment without fertilization; T2, sentetica organic fertilization with urea; T3, organic fertilizer with poultry litter. For cutting forage sample collection was used 0,5 m x 0,5 m square. Samples in the crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin and determination of the isotopic value of $\delta^{15}\text{N}$ were analyzed. To determine the isotopic were collected tillers they are subdivided into leaf blade and sheath more stem and also some fully analyzed. Decomposition and nutrient release from poultry litter were determined by the method of "litter bags". The experimental design was completely randomized design with repeated measures. Can be infer that for all treatments productivity was higher in the months of highest temperature, light intensity and precipitation. For CP, the treatment without fertilization, levels were higher in the first cuts (near to fertilization) decreasing in subsequent cuts. Treatments with urea and poultry litter were responsive in subsequent cutting the second fertilization decreasing in the coming cuts, with inverse behavior for NDF, ADF and lignin. $\delta^{15}\text{N}$ values for treatment without fertilization had differences over the cuts prevailing similarities in the season. For urea, fertilizer directly influences enriching the isotopic value in some cuts, similar to the poultry litter, with higher isotopic values compared to the other treatments behavior. It is concluded that the isotope values of grass were different depending on the time of cutting and fertilizers sources as well as for the chemical composition and productivity before the parameters evaluated.

Keywords : isotopes of nitrogen, poultry litter, seasonality, urea

1. Introdução

O Brasil possui uma área de 180 milhões de hectares de pastagens, sendo aproximadamente 107 milhões de hectares do gênero *Urochloa* (IBGE, 2012; FONSECA, MARTUSCELLO, FARIA, 2006). Porém, o uso indevido das pastagens ocasiona sua degradação. As principais causas da degradação de pastagens são: práticas inadequadas de pastejo, práticas inadequadas de manejo das pastagens (ausência de reposição da fertilidade do solo), falha no estabelecimento da pastagem (preparo da área, época de semeadura, baixa qualidade das sementes), entre outros.

Considerando que a maior concentração do rebanho bovino é explorada em áreas naturalmente de baixa fertilidade e, ou, que foram exauridas pelo uso em pastagens ou com outras culturas, a adubação, juntamente com outras estratégias de manejo, é de fundamental importância para se buscar uma exploração econômica, social e sustentável, sem causar danos ao meio ambiente (FONSECA et al., 2008).

O custo da adubação inorgânica vem preocupando os produtores, pois aumenta o custo de produção. Como alternativa tem-se a adubação orgânica com cama de frango. Segundo Kiehl (1997), o efeito da matéria orgânica sobre a produtividade pode ser direto por meio do fornecimento de nutrientes ou pelas modificações das propriedades físicas do solo melhorando o ambiente radicular e estimulando o desenvolvimento das plantas. Porém, os adubos orgânicos promovem a liberação lenta e gradual dos nutrientes com a vantagem de aumentar o teor de matéria orgânica no solo.

Os isótopos estáveis têm sido uma importante ferramenta para a compreensão de cadeias alimentares e fluxos de nutrientes nos sistema de produção animal, uma vez que reflete todo o valor isotópico do carbono e nitrogênio proveniente da dieta a qual foi submetido, sendo avaliado sob diferentes parâmetros no animal, sendo mais comum as fezes, o sangue e o plasma. A aplicação de adubo orgânico altera a relação isotópica do solo e da planta de modo a identificar se foi utilizado na pastagem adubo orgânico ou adubo sintético. Neste contexto, a técnica dos isótopos estáveis pode ser visualizada como uma ferramenta onde metodologias analíticas convencionais não podem prever resultados totalmente seguros (BAHAR et al., 2008).

Os trabalhos nacionais avaliando a aplicação da metodologia dos isótopos estáveis com foco na nutrição de ruminantes são poucos e incipientes. Pesquisas direcionadas a nutrição e produção de ruminantes assumem extrema relevância, afim de melhor compreender e proporcionar suporte de cunho científico ao sistema de

rastreabilidade (SISBOV) já implantando no país, com vistas à tecnificação, certificação e autenticação dos sistemas de produção de bovinos com intuito de avaliar a real contribuição da metodologia dos isótopos estáveis nas condições tropicais, a qual se insere o Brasil.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar se a técnica isotópica é sensível para indicar se a pastagem foi adubada com fertilizante orgânico sintético (uréia) ou natural (cama de frango) na pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em diferentes épocas de corte em decorrer de 13 cortes. Além disso, avaliar também a produtividade e composição química.

2. Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Fazenda Lageado da Faculdade de Medicina e Veterinária e Zootecnia da UNESP de Botucatu. A região situa-se a 22°51'01" de latitude sul e 48°25'27" de longitude oeste e possui 800 m de altitude. O clima predominante da região é do tipo Cwa (tropical de altitude), com inverno seco e verão quente e chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen (LOMBARDI e DRUGOWICH, 1994), com precipitação média de 1300 mm. A área destinada para o experimento era anteriormente pastejada por bubalinos, sendo que o solo não recebeu adubação por no mínimo três anos, sendo corrigido apenas por calcário ao longo desse tempo. Para representar a realidade brasileira, na implantação do experimento foi considerado este solo sem nenhuma correção. Foram mensurados os valores de macronutrientes por meio de análise de terra e do adubo orgânico.

Os dados climáticos referentes ao período experimental foram coletados na estação meteorológica do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - campus de Botucatu, situada cerca de 900 metros da área do experimento. A classificação do solo da área experimental é o Latossolo Vermelho Distrófico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (BRASIL, 2009).

A área experimental utilizada para as parcelas foi de 576 metros quadrados, subdividida em 3 tratamentos com 4 repetições cada (utilizando-se espaçamento de 2 metros entre parcelas), segundo os tratamentos: T1 - tratamento testemunho sem adubação; T2 – uréia na dosagem de 70 kg de nitrogênio (N) por hectare, sendo 2 aplicações de 150 kg de uréia/cada, respeitando recomendação agrônômica normalmente utilizada, T3 – adubação orgânica com cama de frango oriunda de granja

comercial com 3 criadas (como base a maravalha) na dosagem de 20 t/ha (na matéria original) sendo 2 aplicações de 10 t/ha/cada (respeitando recomendação agrônômica) feitas a lanço, manualmente, após a uniformização da área. Tanto para a uréia quanto para a cama de frango foi realizada a primeira adubação em março/2012 e a segunda adubação foi repetida após seis meses do início do experimento (outubro/2012), como é usualmente feito. Considera-se para a adubação que não houve equivalência de nitrogênio para a cama de frango e uréia uma vez que, objetivou-se a caracterização da realidade brasileira considerando sistema de lotação contínua como utilizado no presente estudo.

Para identificar as repetições, em cada tratamento foram colocadas 4 estacas/tratamento para que as amostras fossem coletadas sempre no mesmo local. Após 30 dias da primeira adubação, foi realizado o primeiro corte em abril/2012, sendo os cortes subsequentes realizados a cada 25 dias conforme o ponto ótimo de manejo para esta forrageira, com o último corte (13º corte) em março/2013, correspondendo a um ano de cortes em épocas distintas (inverno/verão). Devido ao período de seca, não houve crescimento do material forrageiro para a coleta no 6º corte.

Para o corte da forragem e coleta das amostras foi utilizado quadrado de 0,5m x 0,5m, (0,25m²) onde as amostras verdes (cortadas a 5 cm de altura do nível solo) foram retiradas uma sub amostra (tratamento e coleta) para determinação da matéria parcialmente seca em estufa de ventilação forçada de ar por 72 horas a 60°C.

Após a secagem, estas amostras foram moídas em moinho e analisadas os teores de proteína bruta (PB) segundo AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina de acordo com o método de Goering e Van Soest (1970) e determinação do valor isotópico de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$).

Também foram coletadas no momento do corte 6 perfilhos por cada tratamento. Destes perfilhos, três foram subdivididos em lâminas foliares e colmo mais bainha, sendo os três restantes analisados inteiramente. Posteriormente, foram moídas em moinho criogênico (Spex-modo 6750 freezer/mill, Metuchen, EUA), à -196°C por um período de 6 minutos, com rotação de 980 rpm em alta frequência, para obtenção de material homogêneo, com aspecto pulverizado. As análises foram realizadas no Centro de Isótopos Estáveis do Instituto de Biociências da UNESP, campus de Botucatu.

Para a realização das análises isotópicas, as amostras foram introduzidas em cápsulas de estanho e pesadas (2000-3000µg) em balança analítica de alta sensibilidade, com precisão de seis casas decimais. Para determinação da

composição isotópica das amostras com abundância natural, foi utilizado o espectrômetro de massa de razões isotópicas (Delta S - Finnigan MAT, Bremen, Alemanha), acoplado ao Analisador Elementar (EA 1108 - CHN - Fisons Instruments, Rodano, Itália e Delta V Advantage Isotope Ratio MS, Thermo Scientific, Alemanha) acoplado ao Analisador Elementar (Flash 2000 Organic Elemental Analyzer EA for IRMS) no qual, em presença de oxigênio (O₂) e óxido de cobre (CuO), a amostra é queimada quantitativamente para obtenção de CO₂ e N₂. Os gases formados foram separados em coluna cromatográfica gasosa e analisados no espectrômetro de massas.

Os resultados são expressos em notação δ , em relação ao padrão ar atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$, com erro de análise da ordem de 0,2‰ e calculado pela equação:

$$\delta_{(\text{amostra, padrão})} = [(R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1]$$

em que:

δ = enriquecimento relativo da amostra em relação ao padrão. Adimensional.

R = razão isotópica da amostra e do padrão Adimensional.

Para mensurar quantitativamente a velocidade de substituição do nitrogênio das forrageiras, depois de determinado intervalo de tempo, foi empregada a função exponencial do tempo expressa por:

$$\delta^{15}\text{N} \text{‰}(t) = \delta^{15}\text{N} \text{‰}(f) + [\delta^{15}\text{N} \text{‰}(i) - \delta^{15}\text{N} \text{‰}(f)]e^{-kt}$$

na qual:

$\delta^{15}\text{N} \text{‰}(t)$ = enriquecimento isotópico do tecido em qualquer tempo (t). Adimensional.

$\delta^{15}\text{N} \text{‰}(f)$ = enriquecimento isotópico do tecido no patamar de equilíbrio, ou condição final. Adimensional.

$\delta^{15}\text{N} \text{‰}(i)$ = enriquecimento isotópico do tecido, na condição inicial. Adimensional.

k = constante de troca (*turnover*) em unidades de tempo⁻¹

t = tempo (em dias) desde a substituição da ração (Ducatti et al., 2002).

A meia-vida do ¹⁵N, na condição de 50% e 99% foi calculada pela equação:

$$t = (-1/k) * \ln(1-F)$$

em que:

t = tempo de troca do nitrogênio

k = constante de troca (*turnover*) em unidades de tempo⁻¹

F = fração de átomos trocados

A constante k que apresenta unidade de tempo⁻¹ fornece uma ideia da “velocidade” no processo de troca dos isótopos estáveis nos tecidos (Tieszen *et al.*, 1983; Hobson e Clark, 1992; Ducatti, 2004).

Para $F=0,5$ tem-se a meia vida ($t=T$), a qual representa a troca de 50% do nitrogênio-15 para cada tratamento utilizado. Assim, também foi realizado para a troca de 99% dos átomos, utilizando $F=0,9$.

A decomposição e a liberação de nutrientes da cama de frango foram determinadas pelo método dos “litter bags”, adaptado de Bocock; Gilbert (1957). Essa técnica consiste na utilização de bolsas confeccionadas com telas de náilon, com malha de 1mm, de dimensões 0,2m x 0,2m, perfazendo 0,04m², e foram preenchidas com quantidades de adubo orgânico de acordo com a proporção entre a quantidade de massa por hectare das mesmas e a área da bolsa (80g). Foram realizadas dez coletas (uma bolsa por corte), sendo que no 11º corte os “litter bags” não apresentavam mais nenhum material. Para a análise do “litter bags”, foi utilizada a regressão linear. A análise consiste na realização de uma análise estatística com o objetivo de verificar se a relação funcional estabelecida entre um fator quantitativo e uma variável resposta é significativa.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Assim, para um experimento instalado, em que o fator A é a adubação utilizada e o fator B é a época de corte. O modelo matemático é $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + e_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik}$ onde,

y_{ijk} = observação no j-ésimo bloco, do i-ésimo nível do fator A e k-ésimo nível do fator B;

μ = média geral;

α_i = efeito devido ao i-ésimo nível do fator A;

b_j = efeito devido ao j-ésimo bloco;

e_{ij} = erro associado à parcela (ij);

γ_k = efeito devido ao k-ésimo nível do fator B;

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = efeito da interação entre os fatores A e B; e_{ijk} = erro associado à sub parcela (ijk).

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento PROC MIXED (modelos mistos) do pacote estatístico SAS®, (Statistical Analysis

System, 2011), versão 9.3 para Windows®, no qual o teste de Tukey foi utilizado para comparação entre médias no caso de interações ao nível de significância de 5%.

A decomposição da cama de frango contida no litter bag foi estudada por análise de regressão (Minitab®, 16.0, 2010).

Os gráficos de comportamento e o modelo exponencial do valor isotópico do $\delta^{15}\text{N}$ foram realizados utilizando - se o software Origin®, versão 8.6, 2011.

Foi realizada análise multivariada das variáveis PB, FDN e FDA para avaliar a possibilidade de diferenciação dos cortes em função das mesmas (Minitab®, 16.0, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os resultados da análise química de terra, coletada na camada de 0-20 cm do Latossolo Vermelho Distrófico e a concentração de nutrientes, o teor de matéria seca (MS) e de matéria orgânica (MO) da cama de frango utilizada no presente estudo. O solo apresentou um nível de concentração de P e K, uma acidez média e um V% próximo ao adequado para o capim-marandu. Para a cama de frango, destacam-se principalmente os teores de nitrogênio (N) com valores de 4,27%, fósforo (P_2O_5) 2,32% e Potássio (K_2O) 2,26% que foram elevados, e considerando a quantidade aplicada de 10 t/adubação na base úmida, onde corresponde a aproximadamente 8,7 t/adubação na base seca, este resíduo fornece ao solo as seguintes quantidades: 371 kg de N, 200 kg de P_2O_5 e 197 kg de K_2O .

Tabela 1. Valores referentes a análise de terra e cama de frango utilizada no experimento

Análise da terra											
pH	M.O.	P_{resina}	Al^{3+}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl_2	g/dm^3	mg/dm^3	-----				$\text{mmol}_e/\text{dm}^3$	-----			mg/dm^3
5,2	10	4	--	13	0,5	7	6	13	25	47	---
Análise da cama de frango (% da matéria seca)											
N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	S	MS	MO				
4,27	2,32	2,26	2,47	0,5	0,59	87	61				

A produtividade da forragem está relacionada entre outros fatores, as características climáticas do local. De acordo com a Figura 1, pode-se observar que no

ano do experimento, as temperaturas mínimas encontradas foram maiores que 15°C nos meses de março a abril/2012 e de novembro/2012 a março de 2013, favorecendo o crescimento da forragem. Para tanto, ainda na Figura 1, observa-se que os milímetros de chuva foram maiores nos meses de novembro/2012 a março/2013, dados estes favoráveis para aumentar a produtividade do capim, com valores mínimos de 5 a 6 milímetros por dia de chuva, responsáveis pela produtividade de uma planta forrageira de ciclo fotossintético "C₄".

Para uma alta produtividade de massa seca (PMS), além da umidade, a planta necessita de temperaturas ideais para atingir sua produção máxima. Enquanto a umidade por si é importante para o desenvolvimento e produção da planta, a temperatura ideal favorece o desenvolvimento por meio da assimilação do CO₂, água e nutrientes. Observa-se, na Figura 1, que os maiores valores de PMS foram observados nos meses de maior temperatura, nos cortes 1, 2 e 9 ao 13 (Tabela 2) e a temperatura mínima chegou a atingir 6,0°C no mês de julho, época em que foi observada diminuição na PMS (o corte, afetando a planta na sua fisiologia, nos processos de absorção e translocação dos nutrientes). Nos meses seguintes (agosto e setembro), a temperatura mínima se manteve abaixo de 15°C o que promoveu a diminuição da PMS (cortes 5, 6 e 7).

Segundo McWilliam (1978), a temperatura ideal para o crescimento das gramíneas de clima tropical varia de 30°C a 35°C enquanto que de 10°C a 15°C o crescimento é praticamente nulo, o que provocaria a estacionalidade na produção de forragem. Cardoso (2001) relata que temperaturas noturnas abaixo de 15°C não permitem atividade metabólica satisfatória e formação de tecidos da parte aérea de forrageiras tropicais. Além disso, baixas temperaturas e o menor número de horas de luz determinam mudanças fisiológicas na forrageira, desencadeando o processo reprodutivo e afetando o crescimento.

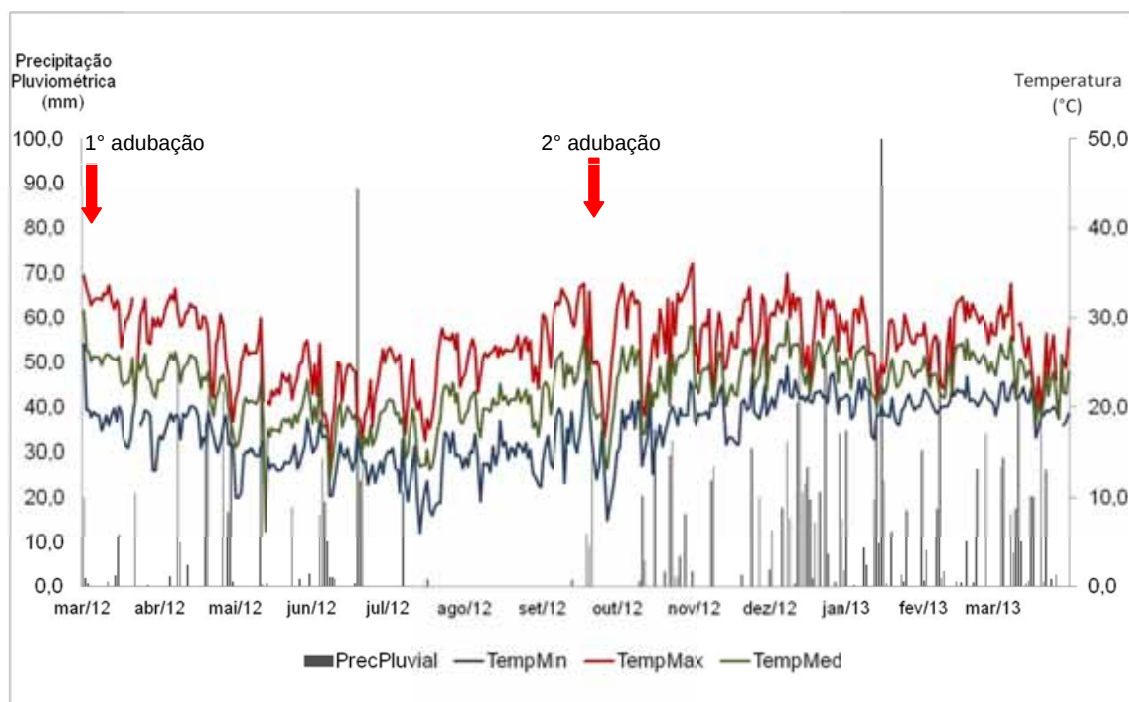


Figura 1. Dados climáticos (precipitação pluviométrica, temperaturas mínima, média, máxima) referentes ao período experimental (mar/2012 a mar/2013).

Os valores de produtividade de massa seca e proteína bruta estão apresentados na Tabela 2. Pode-se inferir que para todos os tratamentos as maiores produtividades ocorrem nos meses de maior temperatura, luminosidade e precipitação (cortes 10 a 13), mesmo no tratamento testemunha, estes resultados foram observados, o que significa que a umidade, luminosidade e temperatura influenciaram a mineralização do nitrogênio presente na matéria orgânica do solo, disponibilizando-o para o capim, cujo comportamento pode ser visualizado também na Figura 2. Para os tratamentos uréia e cama de frango, a resposta foi maior em função da segunda adubação (set/12) nos cortes 9 e 10, no início do verão. Em relação aos tratamentos, a PMS foi maior para uréia e cama de frango sendo que a uréia teve velocidade de resposta mais rápida com maiores produtividades nos primeiros cortes após as adubações.

Corsi e Nussio (1993) relatam que fertilidade do solo bem como a adubação tem efeito direto na produção de forragem. A maior eficiência no uso do nitrogênio e as respostas em termos de produção ocorrem quando os demais nutrientes estiverem em equilíbrio na solução do solo, gerando um ambiente favorável aos processos de absorção por parte da planta forrageira.

Para os valores de proteína bruta apresentados na Tabela 2 pode-se inferir que para o tratamento sem adubação os níveis foram maiores no primeiro corte e

diminuíram nos cortes subsequentes. Nos tratamentos com uréia e cama foram responsivos no corte posterior a segunda adubação diminuindo nos cortes posteriores.

A qualidade da forrageira nos tratamentos com uréia e cama de frango foi maior devido ao maior fornecimento de adubo nitrogenado (orgânico e orgânico sintético). Em muitos trabalhos são descritos o efeito da adubação nitrogenada sobre o teor de proteína das plantas (RIBEIRO, 1995). Andrade (1997), trabalhando com capim elefante - “Napier” sob diferentes doses de nitrogênio e potássio, encontrou valor médio dessa relação da ordem de 0,80. A composição química da forragem varia em função da idade, da parte da planta (lâmina ou colmo), da época do ano e da fertilidade do solo. Desses, destaca-se a fertilidade do solo, que pode ser manipulada por intermédio de adubação, destacando-se comportamento semelhante encontrado nos tratamentos com cama de frango e uréia do presente estudo.

Tabela 2. Valores médios da produtividade de massa seca (kg/ha) e Proteína Bruta (%) para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13)

Cortes	Produtividade de massa seca			Proteína bruta		
	Tratamentos			Tratamentos		
	SA	U	CF	SA	U	CF
1	146 abB	723 bcA	447 cdA	14,3 aB	20,5 bA	15,1 abcB
2	214 abB	885 bcA	280 deB	8,1 eB	13,3 cdA	12,5 deA
3	128 abB	357 cA	226 defAB	10,6 cbB	15,3 cA	15,3 abA
4	56 bB	83 cAB	149 efA	9,5 dB	12,8 dA	12,9 cdeA
5	107 abB	90 cB	174 efA	11,9 bA	10,1 eB	9,8 fB
6	-	-	-	-	-	-
7	71 bB	103 cAB	124 efA	10,0 cdB	9,6 eB	14,1 bcA
8	74 bB	202 cA	99 efB	9,8 cdC	24,1 aA	15,4 aB
9	51 bB	1766 abA	1285 abA	7,1 fC	14,4 cA	9,3 gB
10	310 aC	3320 aA	1953 aB	6,9 fC	9,0 eA	8,2 gB
11	113 abAB	189 cA	56 fB	9,0 dC	13,2 dB	13,7 cdA
12	291 abC	2726 abA	768 bcB	8,2 eC	9,2 eB	11,2 eA
13	123 abAB	79 cB	239 deA	7,4 fB	13,3 cdA	12,2 deA
TOTAL	1.684	10.523	5.800	-	-	-

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

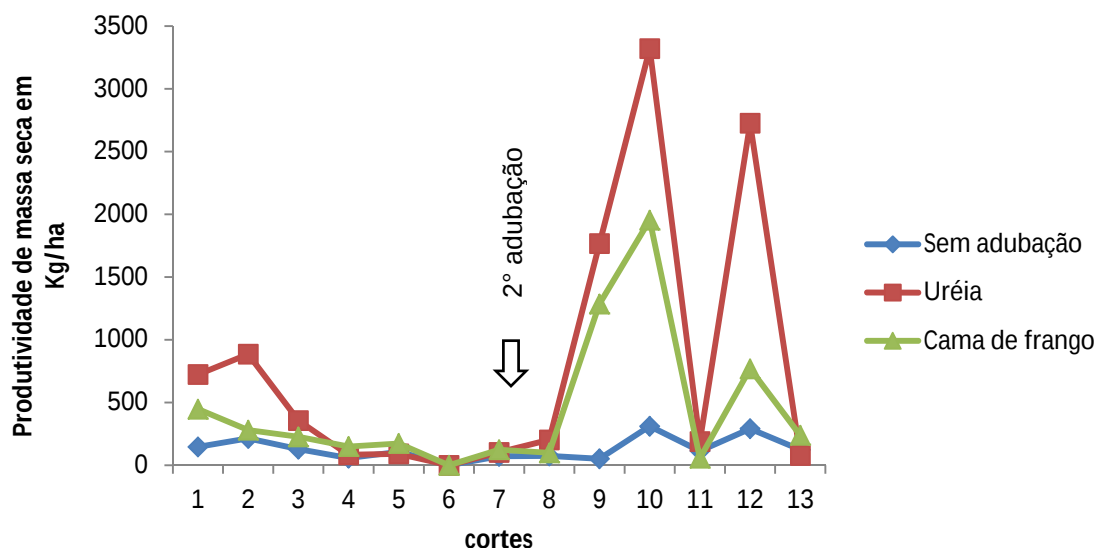


Figura 2. Valores da produtividade de massa seca (kg/ha) para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13)

Os valores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) estão apresentados na Tabela 3. Pode-se observar que, em relação aos cortes, se comportaram de forma inversa aos valores de proteína bruta (PB) (Tabela 2) onde os maiores valores de fibra foram nos cortes mais distantes da adubação. Em relação aos tratamentos, na primeira adubação predominou o tratamento com cama de frango (cortes de 1 a 5) para FDN e FDA. Considera-se que para os dados de Após a segunda adubação, o tratamento sem adubação teve melhores valores de FDN e FDA. Na Tabela 4 estão apresentados os valores de lignina. Pode-se inferir que os valores se comportam como aos da FDN e FDA.

Os teores de FDN, FDA e lignina foram maiores nos cortes mais distantes da adubação, em função do menor aporte de nitrogênio pela distância dos momentos das adubações. Este aporte de nitrogênio neste momento pode ser oriundo de um efeito residual menor da adubação e pela matéria orgânica presente no solo. Burton e Monson (1988); Havlin et al. (2005) relatam que as adubações nitrogenadas quando fornecidas em condições favoráveis para o crescimento das plantas, proporcionam aumento da massa seca e o teor de proteína, ocorrendo em alguns casos, a diminuição da fibra, assim melhorando a qualidade da forrageira.

Tabela 3. Valores médios (%) dos valores de Fibra em Detergente Neutro e Fibra em Detergente Ácido para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13)

Cortes	Fibra em Detergente Neutro			Fibra em Detergente ácido		
	Tratamentos			Tratamentos		
	SA	U	CF	SA	U	CF
1	69,2 bcB	71,2 eC	68,0 cdA	29,4 bA	29,7 bA	28,7 abA
2	70,0 bcC	69,1 cdB	66,4 bcA	29,3 bB	31,0 bcC	28,5 abA
3	70,5 bcB	70,2 deB	68,2 deA	29,3 abB	29,3 bB	27,6 aA
4	63,9 aB	64,9 bcC	61,3 aA	28,1 aA	32,4 cC	30,7 cB
5	63,7 aB	64,7 abC	61,1 aA	32,0 cB	32,9 cB	30,9 cA
6	-	-	-	-	-	-
7	65,3 abB	60,3 aA	66,0 bB	28,0 aA	32,1 cC	30,2 cB
8	59,2 aA	64,9 abcB	70,7 efC	27,5 aB	24,5 aA	29,7 bcC
9	67,0 bA	68,4 cdAB	69,5 eB	30,7 bcA	32,8 cAB	32,9 dB
10	73,4 cdA	78,5 hB	77,8 hAB	37,6 dA	44,6 eC	41,8 fB
11	73,7 dA	78,4 ghB	74,1 gA	36,8 dA	45,8 eC	42,1 fB
12	74,6 dB	76,4 fgC	72,7 fgA	35,8 dA	39,4 dB	35,9 eA
13	70,8 cA	74,6 fB	76,1 hC	33,8 cdA	39,6 dB	37,5 efB

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4. Valores médios (%) de lignina para os tratamentos em função dos cortes realizados (1 a 13)

Cortes	Tratamentos		
	Sem adubação	Uréia	Cama de frango
1	2,8 bcdA	5,2 cdB	2,6 aA
2	5,2 fB	6,0 eC	4,0 bA
3	2,0 aA	2,5 abA	3,0 abA
4	2,0 aA	2,4 aA	3,0 abB
5	3,0 dB	3,8 bC	2,5 aA
6	-	-	-
7	2,1 abA	2,6 abA	3,4 bB
8	2,6 bcA	3,9 bcB	3,8 bB
9	3,0 cdA	3,5 bB	3,2 abAB
10	5,3 fA	6,9 fB	5,0 bA
11	5,7 fA	8,6 gB	5,8 bcA
12	6,1 fB	5,7 deB	2,4 aA
13	3,6 eA	8,3 gC	7,2 cB

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ estão apresentados na Tabela 5. Observa-se que os valores de $\delta^{15}\text{N}$ para o tratamento sem adubação obtiveram diferenças ao longo dos cortes prevalecendo semelhanças dentro da época do ano. Para a uréia, a adubação influencia diretamente aumentando o valor isotópico (cortes 3, 9 e 10). Para a cama de frango o comportamento é semelhante, assumindo maior enriquecimento isotópico em

comparação aos demais tratamentos, sendo os 3 tratamentos distintos entre si, excetuando-se os cortes 1, 2 e 9 próximos a adubação.

Há um extenso número de pesquisas abordando o valor isotópico de fertilizantes nitrogenados sintéticos (FREYER, 1974; KENDALL, 1998; VITORIA et al., 2004). O $\delta^{15}\text{N}$ encontrado no presente estudo para o adubo orgânico sintético uréia foi de 3,24‰ o qual se assemelha ao encontrado por Kendall, 1998 (-4‰ a 4‰), exceto para o adubo orgânico cama de frango que foi de $\delta^{15}\text{N}$ = 12,64‰.

A razão isotópica $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ nas plantas depende do modo de fixação do nitrogênio. O ^{15}N das plantas que não conseguem fixar o nitrogênio atmosférico é dependente, em grande parte, da abundância isotópica do solo e da variação causada pela adubação (CHOI et al., 2002). Se absorvido o nitrogênio da matéria orgânica decomposta, o valor do $\delta^{15}\text{N}$ é mais significativo, de até 10‰ (SHIBUYA et al., 2006). No presente estudo, a média do valor $\delta^{15}\text{N}$ da forrageira adubada com uréia foi -1,13‰ e para a adubada com cama de frango foi 2,97‰.

Há vários fatores que podem influenciar a composição isotópica de nitrogênio das plantas como, o tipo de nitrogênio obtido (NO_3 , NH_4 , N_2), onde este é assimilado (raiz ou parte aérea), o modo como o nitrogênio foi obtido (absorção direta no solo ou através de microrganismos simbióticos), e a qual parte da planta este será atribuído (folhas, colmo).

Tabela 5. Valores médios de Porcentagem de Nitrogênio Total e $\delta^{15}\text{N}$ Total (‰) da massa total de forragem para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13)

Cortes	% Nitrogênio Total			$\delta^{15}\text{N}$		
	Tratamentos			Tratamentos		
	SA	U	CF	SA	U	CF
1	1,72 aB	2,62 abA	2,28 aAB	-2,01 bcB	2,33 abA	3,47 aA
2	1,11 bcB	1,98 bA	1,86 aA	-1,90 bB	1,98 abA	2,58 bA
3	1,68 abB	2,55 abA	2,06 aAB	-1,45 bC	2,48 aB	3,43 aA
4	1,28 bB	1,88 bA	1,78 aA	-1,39 bC	1,23 abB	2,57 bA
5	1,39 bB	1,67 bcA	1,47 abAB	-1,69 aC	1,27 abB	2,58 bA
6	-	-	-	-	-	-
7	1,40 bB	1,28 dB	1,92 aA	-1,54 bC	0,98 bB	3,62 aA
8	1,35 bC	3,22 aA	2,05 aB	-1,51 bC	0,88 bB	4,30 aA
9	0,96 cB	1,90 bA	1,19 abAB	-2,48 cB	1,53 abA	1,67 cA
10	0,94 cB	1,22 dA	1,07 bA	-2,63 cC	1,36 abB	3,02 aA
11	1,25 bB	1,99 bA	1,95 aA	-3,62 dC	-0,63 bB	2,34 bA
12	1,04 bcB	1,48 cdA	1,63 aA	-2,36 cC	0,53 abB	3,27 aA
13	1,08 bcC	2,30 bA	1,94 aB	-2,84 cdC	-0,43 bB	2,79 bA

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A partir dos dados observados na Tabela 5, em relação aos valores de $\delta^{15}\text{N}$ pode-se inferir que a variação climática não só influencia a produção forrageira, sua qualidade, mas também o valor isotópico o que foi comprovado em função dos cortes. É importante salientar que a produção forrageira é aumentada em função do aporte de nitrogênio para a planta (orgânico sintético e orgânico) sendo o valor isotópico destes adubos responsáveis pelo enriquecimento do valor isotópico do capim. A composição isotópica do nitrogênio provindo da cama de frango é maior do que a do nitrogênio endógeno do solo, assim, há um potencial de que as composições isotópicas de nitrogênio da planta ser significativamente alterada pela adubação. Vários estudos demonstram valores mais elevados de ^{15}N para plantas adubadas com esterco animal em relação às plantas não adubadas com esterco animal ou adubo sintético (CHOI et al, 2006; YUN et al., 2006; NAKANO, 2008; YUN e RO, 2009; RAPISARDA et al, 2010; ZHOU et al, 2013; KRISZAN et al, 2014). Porém, estes valores de ^{15}N nas plantas são variáveis, dependendo da quantidade aplicada, da duração da aplicação (parcelamento) e do tipo de esterco animal utilizado.

Ainda na mesma tabela, pelo valor do $\delta^{15}\text{N}$ é possível inferir que a manutenção do fornecimento do nitrogênio proveniente da cama de frango foi maior em relação a uréia, uma vez que os valores mantiveram-se mais constantes ao longo dos cortes. Tanto a uréia como a cama de frango permaneceram distintos da testemunha, o que significa que recebem nitrogênio de diferentes fontes. Além disso, ocorre o efeito "priming", que é o resultado da adição de resíduos orgânicos no solo. A definição de efeito "priming" é que fortes mudanças em curto prazo na reciclagem de matéria orgânica do solo causados por tratamentos comparativamente moderados do solo que provocam aceleração (efeito "priming" positivo) ou retardamento (efeito "priming" negativo ou imobilização temporária, especialmente de N) na mineralização da matéria orgânica do solo (KUZYAKOV et al., 2000). No presente estudo o ocorreu efeito "priming" negativo.

Na Tabela 6, estão apresentados os valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ para perfilho, folha e colmo. Em função dos cortes, o tratamento sem adubação comportou-se de forma semelhante para perfilho, folha e colmo, ocorrendo empobrecimento do sinal isotópico em comparação ao início do período experimental. Em relação à uréia, houve enriquecimento do valor isotópico nos cortes 2, 9 e 10 subsequentes às adubações e empobrecimento nos cortes 4 a 8 e 11 a 13, para perfilho, folha e colmo. Para cama de frango, o comportamento foi semelhante à uréia, no entanto, o valor isotópico tende a permanecer estável por um tempo maior. Ainda na Tabela 6, em relação aos

tratamentos, para perfilho, folha e colmo, houve distinção do valor isotópico, sendo que a forragem com o tratamento com cama de frango assumiu maior enriquecimento em relação ao $\delta^{15}\text{N}$. Ainda pode-se ressaltar que em função dos dados observados a folha é a parte do perfilho mais representativa e por isso deve ser coletada para a mensuração do valor isotópico.

De acordo com Szpak (2014), além do nível individual da planta, os valores foliares de ^{15}N variam de acordo com uma série de escalas espaciais e os padrões mais importantes que surgiram, são relações entre ^{15}N foliar e planta do tipo funcional ou associações com micorrizas (CRAINE et al, 2009;. HOBIE e HÖGBERG, 2012), clima (AMUNDSON et al, 2003; MURPHY e BOWMAN, 2006), e o estado dos nutrientes (FOGEL et al, 2008) nota-se que alguns destes podem ser fortemente correlacionados uns com os outros (por exemplo, estado nutricional e associações com micorrizas). Pode-se inferir ainda que o comportamento do valor isotópico para perfilho, folha e colmo responderam as adubações e aos períodos do ano respondendo ao crescimento forrageiro como citado anteriormente para o $\delta^{15}\text{N}$. O enriquecimento da forrageira provindo da adubação é evidentemente maior em relação ao tratamento sem adubação, mostrando a ação do valor isotópico dos adubos utilizados em comparação à matéria orgânica presente no solo para os tratamentos sem adubo. Há uma correlação entre ^{15}N foliar e temperatura ambiente, onde climas mais quentes caracterizam valores de ^{15}N mais elevados do que em climas mais frios (MARTINELLI et al., 1999; PARDO et al., 2006). Uma explicação para isto, é que em climas quentes e áridos tendem a ser mais propensa a perda de nitrogênio em relação a climas frios e úmidos que tendem a conservar e reciclar o nitrogênio (HANDLEY et al., 1999).

Tabela 6. Valores médios (‰) de $\delta^{15}\text{N}$ Perfilho, $\delta^{15}\text{N}$ Follha e $\delta^{15}\text{N}$ Colmo para os tratamentos (Sem adubação (SA), Uréia (U) e Cama de frango (CF)) em função dos cortes realizados (1 a 13)

Cortes	$\delta^{15}\text{N}$ Perfilho			$\delta^{15}\text{N}$ Follha			$\delta^{15}\text{N}$ Colmo		
	Tratamentos			Tratamentos			Tratamentos		
	SA	U	CF	SA	U	CF	SA	U	CF
1	-1,97 bC	5,71 bB	6,65 aA	-0,70 AC	3,52 bB	5,67 aA	-0,22 aC	3,70 bB	5,07 aA
2	-1,58 bC	9,10 aA	5,39 cB	-2,11 BC	8,96 aA	3,10 bcdB	-1,54 bcdC	8,18 aA	3,09 deB
3	-1,55 bC	2,81 cB	5,41 cA	-2,30 bcC	2,53 cB	3,96 bA	-1,61 cdC	2,09 dB	4,37 bcA
4	-1,61 bC	1,83 dB	5,04 cA	-2,56 bcC	1,26 deB	3,38 bcA	-1,84 dC	2,23 cdB	4,53 abcA
5	-1,64 bC	1,34 dB	2,29 eA	-2,47 bcC	0,52 fgB	2,26 dA	-1,55 cdC	0,51 eB	2,25 fA
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-0,83 aC	0,31 fgB	2,09 eA	-2,38 bcC	0,80 defB	2,27 dA	-0,68 abB	-0,64 eB	1,28 gA
8	-1,50 abC	1,23 deB	5,89 bA	-2,50 bcC	0,81 defB	4,08 bA	-1,04 abcC	2,70 cB	4,88 abA
9	-2,35 bcC	1,75 dB	4,52 cdA	-2,64 bcC	1,32 deB	3,02 bcdA	-2,05 deB	2,59 cdA	2,63 efA
10	-2,65 bcB	1,26 deA	1,09 fA	-2,74 cC	0,82 defB	2,91 cdA	-2,47 eC	2,72 cB	3,77 cdA
11	-3,09 cC	1,01 defB	2,17 eA	-3,69 dC	1,53 dB	2,60 cdA	-3,38 fC	0,23 eB	4,04 cA
12	-3,04 cC	0,23 fgB	4,01 dA	-3,80 dC	0,87 defB	3,71 bA	-3,59 fC	0,43 eB	3,88 cA
13	-3,11 cC	-0,73 gB	3,59 dA	-3,60 dC	-0,62 gB	2,70 cdA	-3,51 fC	-0,48 eB	2,68 efA

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, dentro de cada parâmetro avaliado.

Os comportamentos gráficos dos valores isotópicos em condições naturais estão apresentados na Figura 3. Pode-se inferir que para o tratamento sem adubação não houve enriquecimento isotópico do $\delta^{15}\text{N}$ em comparação aos outros tratamentos que assumiram maior enriquecimento, principalmente para a cama de frango, além de manter esta incorporação em decorrência dos cortes. A partir do 255 dias (corte 10), houve queda no valor isotópico para os 3 tratamentos, em função do empobrecimento isotópico.

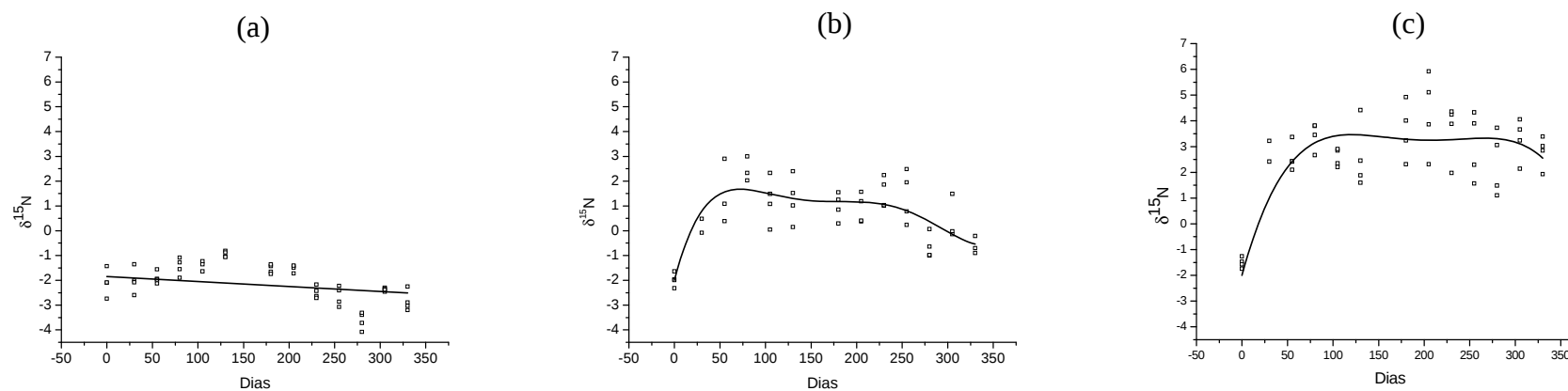


Figura 3. Comportamento dos valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ para a massa total de forragem em função dos dias de corte nas condições naturais para os tratamentos: sem adubação (a), uréia (b) e cama de frango (c).

Para o melhor ajuste do modelo exponencial (Figura 4), foram utilizados os dados até os 255 dias de experimento (corte 10), onde se observa o patamar de equilíbrio, sendo este último alcançado a partir dos 50 dias, onde a forrageira já incorporou o valor isotópico do adubo, respectivo ao tratamento. A partir dos 255 dias do início do experimento, para os 3 tratamentos houve um empobrecimento do valor isotópico.

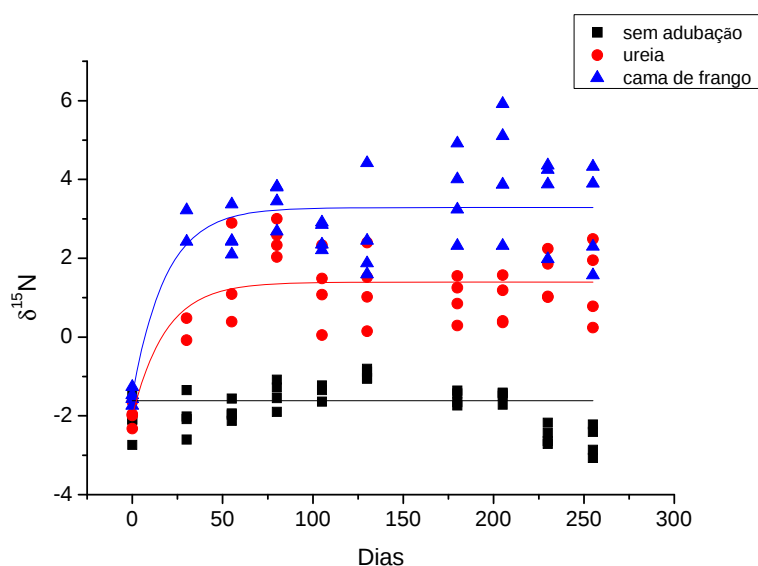


Figura 4. Modelo exponencial do valor isotópico da forragem dentro do período experimental dos tratamentos avaliados.

Na Tabela 7 estão apresentadas as equações do modelo exponencial e a meia vida para 50% (T1) e 99% (T2) para a pastagem adubada com uréia e cama de frango. Ambos apresentaram taxa de troca de 50% iguais, sendo o tempo estimado de 12,7 dias. Para a taxa de troca de 99% a diferença numérica foi mínima, sendo o tempo estimado de 84,2 dias para uréia e 84,6 dias para a cama de frango implicando que embora as taxas de troca sejam as mesmas, a velocidade de liberação dos nutrientes tende a ser diferentes.

Tabela 7. Equações resultantes das análises dos resultados de $\delta^{15}\text{N}$, os coeficientes de determinação (r^2) e dias de incorporação juntamente com porcentagem de incorporação.

	Equações	r^2	T1	T2
Cama de Frango	$\delta^{15}\text{N} = 3,29 - 3,77 * e^{-0,054377t}$	0,86	12,7	84,6
Uréia	$\delta^{15}\text{N} = 1,39 - 3,40 * e^{-0,05468t}$	0,80	12,7	84,2

r^2 = coeficientes de determinação; T= meia vida do nitrogênio; T1= 50% de incorporação de ^{15}N na pastagem; T2= 99% de incorporação de ^{15}N na pastagem

Para a taxa de degradação da cama de frango presente no interior dos "litter bags", foi realizada uma regressão linear para estimar quantos dias são necessários para a degradação do material rente ao solo (Figura 5) durante todo o período experimental, e verificou-se que houve a degradação total do adubo presente aos 286 dias. No período do 100° ao 175° dia do experimento, houve uma estagnação da degradação do adubo orgânico devido às condições climáticas desfavoráveis (baixa pluviosidade e temperatura). No respectivo período, a temperatura média foi de 20,7°C durante o dia, porém, há uma queda de temperatura durante a noite, e a precipitação pluvial média foi de 0,6 mm.

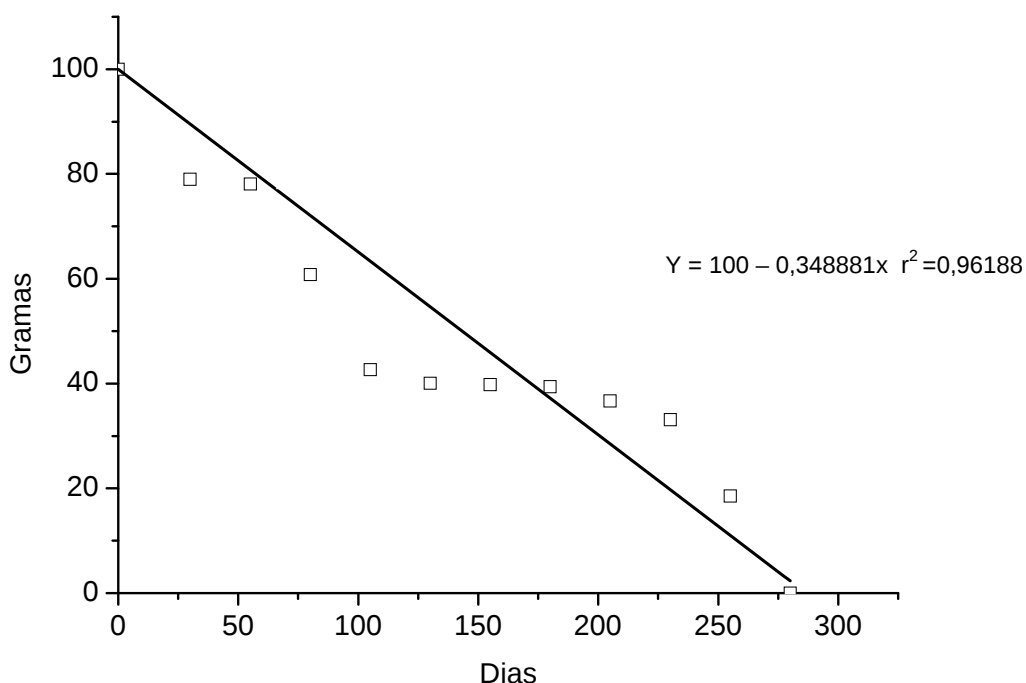


Figura 5. Taxa de degradação da cama de frango contida nos "litter bags" durante o período experimental.

Embora os dados apresentados na Figura 5 indiquem que a taxa de degradação da cama presente nos "litter bags" demore 286 dias para o seu desaparecimento total, deve-se inferir que na Figura 4, os dados referentes à taxa de troca na planta são de 84 dias, começando a entrar em patamar de equilíbrio aos 50 dias, indicando que, na planta, a troca total do valor isotópico não corresponde à exaustão da cama de frango no solo e sim a reestruturação tecidual da planta em função da absorção da cama.

Segundo o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pela IN nº25 de 27/07/2009 - Anexo IV) a entrada dos animais na pastagem que recebeu cama de frango como adubo é de no mínimo 40 dias, sendo este tempo, suficiente para que o material fique indisponível ao animal, sendo esta indisponibilidade para não apreensão da cama ou consumo da mesma e não a taxa de absorção deste adubo pela planta ou ainda desaparecimento total da mesma. O uso de um tempo mínimo estipulado pelo ministério deve ser correspondente apenas ao não consumo da cama pelo animal sendo esse tempo suficiente para que a cama sofra qualquer modificação diminuindo a aceitabilidade deste material aos animais, sendo que uma chuva, ou ainda a própria ação de orvalho possa iniciar o processo de mineralização da mesma. Azeez & Van Averbeke (2010) avaliaram a taxa de mineralização de nitrogênio de

esterco de origem animal e observaram que o nitrogênio é mineralizado rapidamente nos primeiros 30 dias de sua aplicação ao solo, informação esta que vai ao encontro da normativa do MAPA citada anteriormente.

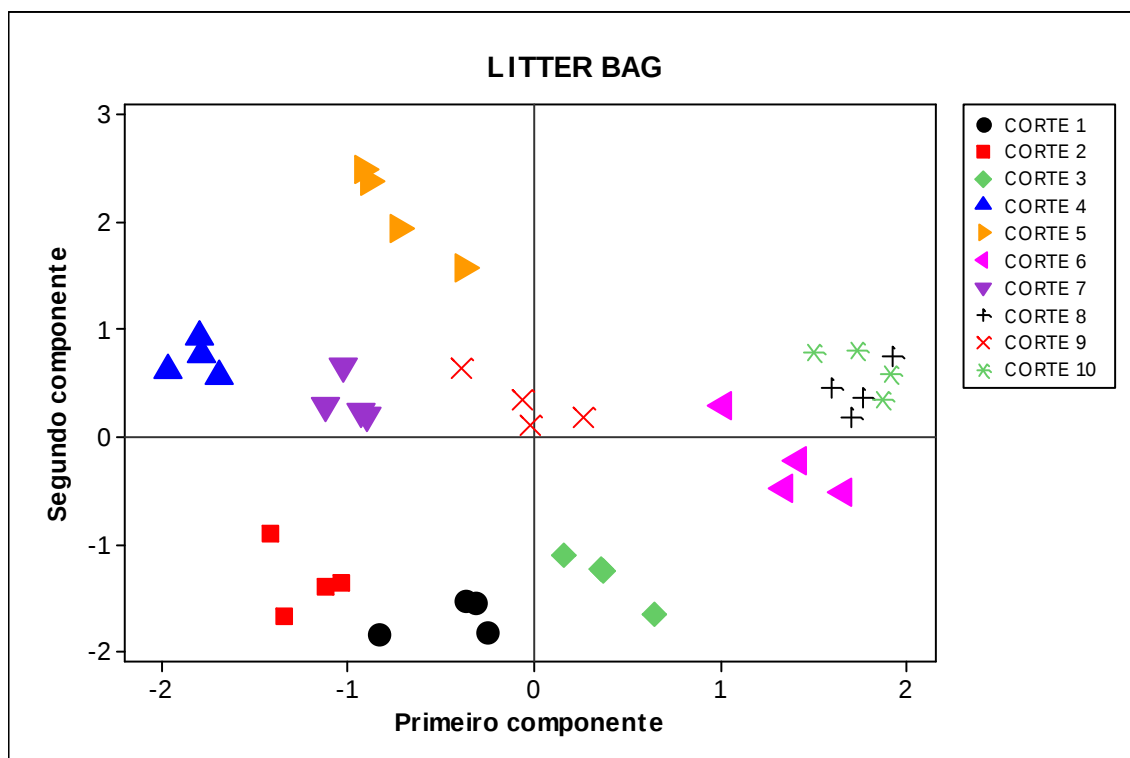


Figura 6. Análise discriminante para diferenciação de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da cama de frango presente no "litter bag" ao decorrer dos cortes.

Tabela 8. Coeficiente de escores da análise de componentes para proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) ao decorrer dos cortes.

Variáveis	1º Componente	2º Componente
PB	0,250	- 0,813
FDN	0,766	- 0,167
FDA	0,592	0,559
Variância (%)	51,1	43,3
Variância acumulada (%)	51,1	94,4

Dentro de cada componente, a separação dos cortes é mais influenciada pela variável que possui maior valor (Tabela 8). Pode-se inferir que o 1º componente

corresponde ao FDN, pois assumiu maior valor de escore de coeficiente de 0,766 e a PB como segundo componente apresentando escore de coeficiente de 0,813. Assim, a partir do gráfico nota-se que os cortes de 1 a 3 predominaram com maiores valores PB e consequentemente menores teores de FDN, o que pode ser explicado pela rápida degradação proteica da cama de frango e lenta degradação de FDN na mesma. A partir do corte 4 os níveis proteicos já começam a diminuir proporcionalmente ao aumento da fibra, consideravelmente a partir do corte 6, como verificado na Figura 5 em que a partir dos 100 dias de experimento houve estabilização do desaparecimento da cama de frango onde além da baixa pluviosidade, temperatura e luminosidade ocorreu um aumento da fibra.

CONCLUSÕES

Nas condições do presente estudo os valores isotópicos do capim-marandu foram diferentes em função da época de corte e das fontes de adubo utilizados (orgânico sintético e orgânico). Ainda pode-se ressaltar que em função dos dados observados a folha é a parte do perfilho mais representativa, pois apresenta valores isotópicos mais constantes do que no perfilho e no colmo e, por isso deve ser coletada para a mensuração do valor isotópico. Portanto, a técnica de isótopos estáveis do nitrogênio foi eficaz na discriminação da forragem de capim-marandu adubado com uréia e cama de frango.

Independente da fonte de nitrogênio, uréia ou cama de frango, o valor isotópico ($\delta^{15}\text{N}$) da forragem de capim-marandu adubada foi maior em relação a não adubada, com diminuição do valor ao longo do tempo.

Há diferenças em relação ao valor bromatológico (proteína bruta, FDN, FDA e lignina) e produtividade do capim em função do adubo utilizado e épocas de corte (estacionalidade) nas condições experimentais do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMUNDSON, R.; AUSTIN, A.T.; SCHUUR, E.A.G.; YOO, K.; MATZEK, V.; KENDALL, C. et al. Global patterns of the isotopic composition of soil and plant nitrogen. **Global Biogeochemistry Cycles**. v.17, p.1031, 2003.

ANDRADE, A. C. **Produtividade e valor nutritivo do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) sob diferentes doses de nitrogênio e potássio**. 1997. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical chemists. 15^a ed. Washington. p.1018.

ARRUDA, G.M.M.F. **Produtividade de massa seca e proteína bruta do capim elefante cv. Napier em função da adubação orgânica e mineral** 2012. 33 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2012.

AZEEZ, J.O.; AVERBEKE, W.V. Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a sandy clay loam soil. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 14, p. 5645-5651, 2010.

BAHAR, B.; MONAHAN, F.J.; MOLONEY, A.P. et al. Alteration of the carbon and nitrogen stable isotope composition of beef by substitution of grass silage with maize silage. **Rapid Communications Mass Spectrometry**, v.19, p.1937-1942, 2008.

BOCOCK, K.L.; GILBERT, O. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 9, p. 179-85, 1975.

BURTON, G.W.; MONSON, W.G. Registration of 'Tifton 78' Bermudagrass. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 1, p. 187-188, Jan./Feb. 1988.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.

BRASIL, **Instrução normativa número 25**, Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 27/07/2009, Brasília, DF, 2009.

CARDOSO, G. C. Alguns fatores práticos da irrigação de pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2001, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 243-260.

CHOI, W.J.; ARSHAD, M.; CHANG, S.; KIM, T. Grain ^{15}N of crops applied with organic and chemical fertilizers in a four-year rotation. **Plant soil**, v.284, p.165-174, 2006.

CHOI, W.J.; LEE, S.M.; RO, H.M. et al. Natural ^{15}N abundances of maize and soil amended with urea and composted pig manure. **Plant and Soil**, v.245, p.223-232, 2002.

CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10. 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993. p.87-116.

CRAINE, J.M.; ELMORE, A.J.; AIDAR, M.P.M.; BUSTAMANTE, M.; DAWSON, T.E.; HOBBI, E.A., et al. Global patterns of foliar nitrogen isotopes and their relationships with climate, mycorrhizal fungi, foliar nutrient concentrations, and nitrogen availability. **New Phytologist**, v.183, p.980-992, 2009.

DUCATTI, C. *Isótopos estáveis ambientais*. [Apostila]. Botucatu (SP): Universidade Estadual Paulista, p.105, 2012.

DUCATTI, C.; CARRIJO, A.S.; PEZZATO, A.C.; MANCERA P.F.A. Modelo teórico e experimental da reciclagem do carbono – ^{13}C em tecidos de mamíferos e aves. **Scientia Agrícola**, v.59. n.1, p. 29-33, jan./mar. 2002.

FOGEL, M.L.; WOOLLER, M.J.; CHEESEMAN, J.; SMALLWOOD, B.J.; ROBERTS, Q.; ROMERO, I.; et al. Unusually negative nitrogen isotopic composition $\delta^{15}\text{N}$ of mangroves and lichens in an oligotrophic, microbially-influenced ecosystem. **Biogeosciences**, v.5, p.1693-1704, 2008.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; FARIA, D.J.G. Adubação em gramíneas do gênero *Bracharia*: mitos e realidades In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DAS PASTAGENS, 3., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.153-182.

FONSECA, D.M.; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCELLO, J. A. Adubação de pastagens no Brasil: uma análise crítica. In: O. G. Pereira; J. A. Obeid; D. M. da Fonseca; D. do Nascimento Júnior. (Org.). **IV Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem**. 1 ed. Ubá: Suprema Editora, 2008, v. 1, p. 295-334.

FREYER, H.D.; A.I.M. Aly. Nitrogen-15 variations in fertilizer nitrogen. **Journal Environmental Quality**, v.3, p.405–407, 1974.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: USDA, 1970. (**Agricultural Handbook**, 379).

HANDLEY, L.L.; AUSTIN, A.T.; STEWART, G.R.; ROBINSON, D., SCRIMGEOUR, C.M., RAVEN, J.A. The ^{15}N natural abundance ($\delta^{15}\text{N}$) of ecosystem samples reflects measures of water availability. **Australian Journal Plant Physiologic**, v.26, p.185-199, 1999.

HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7. ed. New Jersey: Pearson 2005. p.515.

HOBBIE, E.A.; HÖGBERG, P. Nitrogen isotopes link micorrhizal fungi and plants to nitrogen dynamics. **New Phytologist**, v.196, p.367-382, 2012.

HOBSON, K.A.; CLARK, R.G. Assessing avian diets using stable isotopes I: Turnover

of ^{13}C in tissues. **The Condor**, v.94, p.181-188, 1992.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rj&tema=pecuaria2011>>. **Acesso em:** 15/10/2012.

KENDALL, C.; Tracing nitrogen sources and cycles in catchments. In **Isotope Tracers in Catchment Hydrology**, C. Kendall and J.J. McDonnell (Eds), p. 839, Elsevier, Amsterdam (1998).

KIEHL, J.C. Adubação orgânica de culturas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1997. p. 208-250.

KRISZAN, M.; SCHELLBERG, J.; AMELUNG, W.; GEBBING, T.; PÖTSCH, E. M.; KÜHBAUCH, W. Revealing N management intensity on grassland farms based on natural $\delta^{15}\text{N}$ abundance. **Agriculture Ecosystems Environmental**, v.184, 158-167 p., 2014.

KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J. K.; STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 1485-1498, 2000.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v.2, 168p.

MARTINELLI, L.A.; PICCOLO, M.C.; TOWNSEND, A.R.; VITOUSEK, P.M.; CUEVAS, E.; MCDOWELL, W., et al. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: tropical versus temperate forests. **Biogeochemistry**, v.46, p.45-65, 1999.

Mc WILLIAM, J.R. Response of pasture plants to temperature. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relation in pasture**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 17-34.

MICROCAL SOFTWARE ORIGIN, versão 8.6. Origin Data Analysis and Technical Graphics USA, **Microcal Software Inc.**, 2011.

MINITAB 16 **Statistical Software**, 2010. [Computer software]. PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com).

MURPHY, B.P.; BOWMAN, D.M.J.S. Kangaroo metabolism does not cause the relationship between bone collagen $\delta^{15}\text{N}$ and water availability. **Functional Ecology**, v. 20, p.1062-1069, 2006.

NAKANO, A.; UEHARA, Y. Effects of different kinds of fertilizer and application methods on $\delta^{15}\text{N}$ values of tomato. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v.41, p.219-226, 2007.

PARDO, L.H.; TEMPLER, PH.; GOODALE, C.L.; DUKE, S.; GROFFMAN, P.M.; ADAMS, M.B. Regional assessment of N saturation using foliar and root $\delta^{15}\text{N}$. **Biogeochemistry**, v.80, p.143-171, 2006.

RAPISARDA, P.; CAMIM, F.; FABRONI, S.; PERINI, M.; TORRISI, B.; INTRIGLIOLO, F. Influence of different organic fertilizers on quality parameters and the $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{34}\text{S}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values of orange fruit (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.58, p.3502-3506, 2010.

RIBEIRO, K. G. **Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim elefante “Anão”, sob cinco doses de nitrogênio ao atingir 80 e 120 cm de altura**. 1995. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

SAS Institute Inc. **SAS Procedure Guide: Statistical Procedures**, version 9.3. Cary, 2011, 515p.

SHIBUYA, E.K.; SARKIS, J.E.S.; NETO, O.N. et al. Souring Brazilian marijuana by applying IRMS analysis to seized samples. **Forensic Science International**, v.160, p.35-43, 2006.

SZPAK, P. Complexities of nitrogen isotope biogeochemistry in plant-soil systems: implications for the study of ancient agricultural and animal management practices. **Frontiers in Plant Science**, v.5, article 288, p.1-19, jun. 2014.

TIESZEN, L.L.; BOUTTON, T.W.; TESDAHL, K.G.; SLADE, N.A. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. **Oecologia**, v. 57, p. 32-37, 1983.

VITÓRIA, L.N.; Otero, A. Soler, A. Canals. Fertilizer characterization: isotopic data (N, S, O, C, and Sr). **Environmental Science Technology**, v.38, p.3254–3262, 2004.

YUN, S.L.; RO, H.M. Natural ^{15}N abundance of plant and soil inorganic-N as evidence for over-fertilization with compost. **Soil Biology Biochemistry**, v.41, p.1541-1547, 2009.

YUN, S.L.; RO, H.M.; CHOI, W.J.; CHANG, S.X. Interactive effects of N fertilizer source and timing of fertilization leave specific N isotopic signatures in Chinese cabbage and soil. **Soil Biology Biochemistry**, v.38, p.1682-1689, 2006.

ZHOU, W.; HU, C.S.; LI, J.; CHRISTIE, P.; HE, X.H.; JU, X.T. Natural ^{15}N abundance in winter wheat amended with urea and compost: a long-term experiment. **Pedosphere**, v.23, p.835-843, 2013.

CAPÍTULO 3

IMPLICAÇÕES

Estudos complementares seriam de grande valia, com um manejo intensivo da pastagem (sistema rotacionado com adubação intensiva), em outros tipos de solo (arenoso, argiloso), outros gêneros de forrageiras e em outros climas.

Em relação à técnica dos isótopos estáveis, novos estudos são necessários sobre o comportamento do ^{15}N em outras condições climáticas, avaliando o solo, a raiz e outros. Estudos sobre o ciclo de nitrogênio proveniente da cama de frango são escassos por este motivo estudos que visem comparar a ação da cama de frango não somente em termos de produtividade e sim enriquecimento do valor isotópico do solo e da planta é importantes ferramentas no intuito de rastreabilidade animal em função da proibição do uso da cama de frango como alimento e destinar a cama de frango como adubo orgânico nitrogenado. Ainda, nos sistemas em pastagem, não podemos omitir o possível efeito da ação das próprias fezes dos animais na área, principalmente das diferentes origens destes animais que entrariam no sistema de pastagem a ser avaliado. O sistema alimentar anterior poderá influenciar o valor isotópico em função da deposição das excreções e ainda associar a isto, a taxa de lotação animal, em função do sistema de pastejo utilizado (extensivo ou intensivo).