

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

**Análise isotópica ($\delta^{15}\text{N}$) e química do capim-marandu adubado
com ureia e cama de frango e diferido**

VÂNIA LUZIA FOURNOU DE LIMA

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

BOTUCATU – SP

Outubro/2014

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

**Análise isotópica ($\delta^{15}\text{N}$) e química do capim-marandu adubado com ureia e cama
de frango e diferido**

VÂNIA LUZIA FOURNOU DE LIMA
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
Outubro/2014

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

Lima, Vania Luzia Fournou de.

Análise isotópica (Delta15N) e química do capim-marandu adubado com ureia e cama de frango e diferido / Vania Luzia Fournou de Lima. - 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. Plantas forrageiras. 2. Capim-braquiaria. 3. Análise por diluição isotópica. 4. Ureia como fertilizante. 5. Indústria avícola - Subprodutos. 6. Resíduos.

Palavras-chave: Cama de frango; Isótopos; Ureia; Vedação de pastagem.

PENSAMENTOS...

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”.

(George Bernard Shaw)

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”. (Claude Lévi-Strauss)

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

Aos meus pais Luiz e Dirce, pela educação, valores e me ensinado a andar. A vocês que, muitas vezes, renunciaram aos seus sonhos para que eu pudesse realizar o meu, partilho a alegria deste momento. Foi nas nossas dificuldades que encontramos a força do nosso amor.

As minhas irmãs Vanessa e Vivian, amor incondicional, sempre. A distância não nos separa. Seus corações estão comigo e o meu com vocês. Risadas, choros, saudade. ...E mesmo estando ausente eu vou estar presente...

Dedico

Agradecimentos

Se você está lendo esta página é porque eu consegui. E não foi fácil chegar até aqui. Nada foi fácil, nem tampouco tranquilo. “A sola do pé conhece toda a sujeira da estrada” (provérbio africano).

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus e a Nossa Senhora Aparecida pela graça alcançada.

Uma vez dentro da Universidade algumas pessoas me convenceram a continuar os estudos após a graduação, mostrando-me a nobre função da pesquisa: produzir novos conhecimentos. Aos professores Professor Dr. Carlos Ducatti e Professor Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles pela confiança, aprendizado, exemplos de profissionais, disponibilidade, apoio.

Professor Ducatti agradeço ao senhor que na prorrogação do segundo tempo me aceitou como sua orientada e me proporcionou essa chance de realizar mais uma etapa em minha vida.

Professor Meirelles, não menos importante, a sua amizade, confiança e calma me manteve para que pudesse continuar na vida acadêmica. A minha gratidão por ambos será eterna.

Ao Prof. Dr. André Mendes Jorge por ceder à área de Bublinos na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia para que ocorresse o experimento.

Aos funcionários/amigos do Centro de Isótopos Estáveis: Evandro, Cibele, Mariana, Juliana Denadai por me ensinar a rotina do laboratório e amizade construída nesses anos.

Aos meus amigos Luciane do Carmo Seraphim e Lucas Schimidt Dibbern pelo companheirismo desde o primeiro dia de aula na graduação. Com todas as adversidades da vida, nós vencemos! Que a nossa amizade continue sempre.

Aos amigos recém-conquistados e não tão menos importantes: Ana Paula San Jorge, Marina Gabriela Berchiol da Silva, Marco Aurélio Factori, Francielli Aparecida Cavasano e Janaina Conte Hadlich. De todas as conversas, sérias ou não, eu sempre aprendi alguma coisa. Marco Aurélio por todo companheirismo, amizade, aprendizado nestes anos. Fran, Gabi e Janaina pela amizade conquistada em tão pouco tempo e já compartilhamos tantas conquistas e tropeços, risadas, conversas, trocas pessoais e profissionais. Ana Paula pelas horas na internet, conselhos trocados e tudo o que já passamos juntas.

A Zootecnia Turma XXXI FMVZ/Unesp/Botucatu pelo companheirismo e formação acadêmica.

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia pela oportunidade de aprendizado e esclarecimentos na área. Assim como os alunos do Programa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo consentimento da bolsa o que me proporcionou continuar.

Costumo dizer que quem tem amigos, nunca está só. Felizmente, estou longe de ser uma pessoa sozinha. Não caberia nesse espaço, caso fosse citar um a um os nomes de todo os que me ajudaram nesse percurso. Portanto meus amigos sintam-se agradecidos.

E para finalizar: O que hoje é dificuldade, amanhã será saudades!

...Em versos se fala e canta
O mal se espanta e a gente é feliz
No mundo das rimas e trovas
Eu sempre dei prova das coisas que fiz...
...Por muitos lugares passei
Mas nunca pisei em falso no chão...
(Porta do Mundo - Peão Carreiro e Zé Paulo)

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	1
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
2. Uso de forrageiras do Gênero <i>Urochloa</i>	4
3. A adubação nitrogenada em pastagens: mineral “versus” orgânica	5
4. Alternativas para minimizar a produção estacional de forragem - Diferimento.....	9
4.1 Diferimento: épocas e utilização da pastagem.....	10
4.2 Adubação de áreas diferidas no momento da vedação.....	12
5. Aplicação dos Isótopos Estáveis como ferramenta de rastreabilidade nas pastagens.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
CAPÍTULO 2.....	27
Análise isotópica ($\delta^{15}\text{N}$) e química do capim-marandu adubado com ureia e cama de frango e diferido	
Resumo.....	28
Abstract.....	29
1. Introdução.....	30
2. Material e Métodos.....	32
3. Resultados e Discussão.....	36
4. Conclusões.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
CAPÍTULO 3.....	53
IMPLICAÇÕES.....	54

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 2.....	27
Tabela 1. Valores referentes à análise de terra e cama de frango utilizada no experimento.....	37
Tabela 2. Média estimada, resumo da análise de variância e diferença mínima significativa das concentrações de Nitrogênio em função das coletas.....	38
Tabela 3. Média estimada para as variáveis, porcentagem de Nitrogênio e $\delta^{15}\text{N}$ utilizadas.....	39
Tabela 4. Média estimada dos valores de porcentagem de Nitrogênio no período para folha (NF), colmo (NC) e perfilho (NP) para as coletas utilizadas.....	39
Tabela 5. Média estimada dos valores das variáveis $\delta^{15}\text{N}$ (folha e perfilho), porcentagem de Nitrogênio na folha nos tratamentos utilizados.....	40
Tabela 6. Médias estimadas dos valores (%) de Proteína Bruta, FDN, FDA e Lignina para os tratamentos utilizados e coletas.....	40
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.....	41
Tabela 8. Valores de produtividade de massa seca (Kg/ha) para os tratamentos sem adubação (SA), ureia (U) e cama de frango (CF) em função dos cortes realizados.....	42

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 2.....	27
Figura 1: Dados climáticos (precipitação pluviométrica, temperaturas mínima, média, máxima) referentes ao período experimental.....	32
Figura 2: Modelo exponencial do valor isotópico dentro do período experimental dos tratamentos avaliados.....	41
Figura 3: Estimativa de desaparecimento do adubo durante o período experimental.	44

CAPÍTULO 1

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os capins do gênero *Urochloa* ocupam espaços cada vez maiores na pecuária brasileira. Por serem plantas em sua maioria pouco exigentes em fertilidade de solo e adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras, cerca de 40 anos após sua introdução no Brasil, as gramíneas pertencentes a este gênero, apresentam-se como suporte alimentar essencial na criação de ruminantes, tanto de corte quanto de leite. Contudo, apesar do potencial deste gênero, os sistemas de produção de ruminantes em pastejo em nosso país continuam extensivos, em regime extrativista, sem a devida atenção ao manejo da pastagem e correção/manutenção da fertilidade do solo. Os solos para pastagens geralmente apresentam sérias limitações quanto à fertilidade química natural, acidez e topografia (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002).

Esse modelo extrativista de utilização de pastagens em solos com aptidão agrícola desfavorável, justifica, pelo menos em parte, os baixos índices zootécnicos e as baixas produtividades observadas na região dos cerrados (MACEDO, 2001). Têm sido notórios os baixos índices zootécnicos médios, cerca de dez vezes menores que o real potencial de produção de carne e leite, devido principalmente à expressiva área com pastagens degradadas, com aguda deficiência de forragem no período seco (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2003).

Por isso, é de suma importância, manter os níveis ideais de fertilidade do solo, para obter resultados satisfatórios. Para que isso ocorra, é necessário estabelecer manejo adequado, mantendo a fertilidade do solo em níveis favoráveis ao desenvolvimento da planta, incluindo as adubações nitrogenadas complementares. O nitrogênio (N) é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade.

No Brasil existem aproximadamente 170 milhões de hectares de pastagens, sendo 100 milhões de pastagens plantadas e 70 milhões de pastagens naturais (IBGE, 2012). Dentre as áreas de pastagens plantadas pode-se destacar a participação significativa dos gêneros *Urochloa* e *Panicum*. A participação relativa de espécies do gênero *Urochloa* na região do cerrado é de 85%, e de espécies do gênero *Panicum*, da ordem de 12% (KARIA et al., 2011). Dentre as causas mais comuns de redução da produtividade e propensão à degradação das pastagens, destaca-se a falta da adubação nitrogenada. O nitrogênio por ser nutriente altamente exigido pelos vegetais e com custo elevado, requer especial atenção (OLIVEIRA, 2001).

Para a recuperação destas áreas, uma opção é a adubação inorgânica. Devido ao elevado custo dos fertilizantes inorgânicos os pecuaristas não realizam a adubação

conforme a recomendação ou em alguns casos, essa prática, nem chega a ser efetuada. Uma alternativa de adubação é a utilização de resíduos orgânicos tais como os dejetos líquidos de suínos e a cama de frango. Estes resíduos são disponíveis em grandes quantidades em propriedades produtoras, que além de serem economicamente viáveis ao pecuarista podem substituir parcial ou totalmente à adubação mineral convencional. Com o intuito de reaproveitamento das características químicas dos dejetos líquidos de suínos e da cama de frango na reciclagem de nutrientes, a melhor opção seria utilizá-los como fertilizantes.

Trabalhos conduzidos principalmente no Brasil têm demonstrado a viabilidade da utilização da cama de frango como fertilizante (ANDREOLA et al., 2000; MELLO; VITTI, 2002; MENEZES et al., 2004). Juntamente a este fato, o uso de fertilizantes em pastagens reservadas, aceleraria o ritmo de crescimento da planta, compensando ocasionais atrasos no início do diferimento, promoveria incrementos na produção de forragem (quando a pastagem fosse vedada na época correta), e diminuiria a dimensão da área a ser diferida.

Nas últimas décadas, constata-se um crescente uso de isótopos estáveis nos mais diferentes campos da ciência. Os primeiros estudos envolvendo a aplicação dos isótopos estáveis foram realizados no início da década de 50 por geoquímicos e paleo-ocenoógrafos que desenvolveram uma rigorosa base teórica e empírica para a integração dos isótopos aos estudos dos ciclos globais dos elementos, analisando, inicialmente, as condições climáticas do passado, os sistemas de expansão hidrotérmicos e a origem das formações rochosas (LAJTHA; MICHENER, 1994).

As análises isotópicas são consideradas, atualmente, como uma importante ferramenta para fisiologistas, ecólogos e outros pesquisadores que estudam os ciclos dos elementos e matéria no ambiente. Além disso, a abundância natural isotópica pode ser usada para traçar padrões e verificar mecanismos fisiológicos em organismos; traçar fluxos energéticos em cadeias alimentares; no entendimento de paleo-dietas; e ainda no estabelecimento das vias de ciclagem de nutrientes em ecossistemas terrestres e aquáticos (LAJTHA; MICHENER, 1994).

Tem-se proposto estudos para investigar e validar a técnica de isótopos estáveis em estudos de certificação de origem, presença ou não de farinhas de origem animal e ensaios de digestibilidade e metabolismo. Mas para que a técnica possa ser aplicada, existe a necessidade de estudar todos os fenômenos que possam interferir nesta detecção e dentre estes se enquadra o tipo de adubação do solo e diferimento da pastagem, nos níveis de $\delta^{15}\text{N}$ da planta e conseqüentemente no tecido do animal.

Neste contexto, a técnica dos Isótopos Estáveis pode ser visualizada como uma ferramenta visando à autenticidade dos alimentos, particularmente, onde metodologias analíticas convencionais não podem prever resultados totalmente seguros (BAHAR et al., 2008).

2. Uso de forrageiras do Gênero *Urochloa*

Os capins do gênero *Urochloa* são conhecidos sob o prisma da forragicultura desde a década de 50 do século passado. Entretanto, a verdadeira expansão desse gênero ocorreu nas décadas de 70 e 80, principalmente nas regiões de clima mais quente. Hoje, provavelmente, ocupa mais de 50% das áreas de pastagens plantadas no Brasil tropical, devido à sua adaptação às mais variadas condições de solo, e vem ocupando espaços cada vez maiores nos cerrados, com vantagens sobre outras espécies, por propiciar produções satisfatórias de forragem.

As espécies do gênero *Urochloa* desempenham papel primordial na produção de carne e leite, por viabilizar a pecuária em solos ácidos e de baixa fertilidade, predominantes nos cerrados, e por criarem novos polos de desenvolvimento. Por isso, o grande interesse dos pecuaristas pelas espécies, se prende ao fato de essas serem plantas de alta produção de massa seca, apresentarem poucos problemas de doenças e mostrarem bom crescimento durante a maior parte do ano, inclusive no período seco.

Em 1970, a área de pastagens cultivadas era estimada em aproximadamente 30 milhões de hectares. Quinze anos depois, em 1985, essa área cresceu em quase 2,5 vezes ocupando então 74 milhões de hectares (ZIMMER; CORRÊA, 1993). Zimmer e Euclides Filho (1997) estimaram a área ocupada por pastagens de *Urochloa spp.* em 80 milhões de hectares, o equivalente a 10% de todo o território brasileiro.

No ano de 1977 a *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi incluída no processo de avaliação de plantas forrageiras da EMBRAPA/CNPQC, Campo Grande-MS (NUNES et al., 1985). O capim-marandu é originário de uma região vulcânica da África, na qual os solos apresentam fertilidade média a alta, com precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 700 mm e cerca de oito meses de seca no inverno (RAYMAN, 1983). Possui ampla adaptação climática de até 3.000 m de altitude, e temperatura ideal de crescimento de 30-35°C e mínima de 15°C (SKERMAN; RIVEROS, 1990). As características agronômicas são de alta produção de forragem e persistência, boa capacidade de rebrota e tolerância ao frio e à seca (PORZECANSKI et al., 1979).

Em 1984, após anos de estudos e avaliações, a EMBRAPA/CPAC, Planaltina-DF lançou, a nível nacional, a *U. brizantha* cv. Marandu. O nome Marandu, em guarani, significa “novidade”, pelo fato de representar uma nova alternativa, principalmente para a região dos cerrados (NUNES et al., 1985). A cultivar Marandu diferencia-se dos demais ecotipos de *Urochloa brizantha* pela associação obrigatória das seguintes características: planta robusta, com perfilhamento intenso nos nós superiores dos colmos floríferos; pêlos presentes na porção apical dos entrenós; bainhas pilosas; lâminas largas e longas, com pubescência na face inferior, glabra na face superior, e margens não cortantes; raque 4 sem pigmentação arroxeadada e espiguetas ciliadas no ápice (VALLS; SENDULSKY, 1984).

Dentre as opções de braquiárias, a Marandu, merece destaque devido a sua alta capacidade produtiva. Esta gramínea possui elevada produção de massa verde e é bastante responsiva às adubações, podendo atingir até 36 t ha⁻¹ de massa seca por ano (GHISI; PEDREIRA, 1987). Porém, tendo em vista a baixa fertilidade dos solos brasileiros e a reduzida utilização da adubação das pastagens, com uma apreciável parcela da área de pastagem, encontra-se em processo de degradação. A adubação tem sido indispensável na formação, na manutenção e na recuperação destas (BONFIM-SILVA; MONTEIRO, 2006). No caso das pastagens exclusivas de gramíneas, a adubação nitrogenada tem sido uma das maiores necessidades, principalmente na recuperação de áreas degradadas (MYERS; ROBBINS, 1991; COSTA et al., 2010).

Araújo et al. (2009), ao estudarem o uso de compostos orgânicos na adubação de pastagem degradada de *U. decumbens*, demonstram que estes são capazes de incrementar significativamente o teor de massa seca do capim, em relação à testemunha.

3. A adubação nitrogenada em pastagens: mineral “versus” orgânica

O nitrogênio é o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, sendo essencial na formação das proteínas, cloroplastos e outros compostos que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal sendo portanto, responsável por características ligadas ao porte da planta, tais como o tamanho das folhas, tamanho do colmo, formação e desenvolvimento dos perfilhos (WERNER, 1986). Na maioria das pesquisas realizadas, o N tem proporcionado aumento imediato e visível na produção

de forragem, isso ocorre porque a quantidade de N disponibilizada pelo solo, a partir da matéria orgânica, não tem sido suficiente para suprir adequadamente a necessidade das plantas forrageiras (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

Corsi (1994) relatou que o nitrogênio promove diversas alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, como no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, e alongamento do colmo, que são fatores importantes na produção de massa seca e valor nutritivo da planta forrageira, resultando na elevação de índices zootécnicos. Quando o N é deficiente, o perfilhamento é inibido e, ao aumentar o suprimento de N, há um acréscimo no número de perfilhos por planta (PEDREIRA et al., 2001).

A magnitude de resposta da planta a esse insumo varia com a espécie forrageira, a dose, a fonte, o modo de aplicação do fertilizante, a forma de utilização de pastagem (corte ou pastejo), o tipo e a textura do solo e com as condições de clima (temperatura e umidade), antes, durante e depois da aplicação do adubo. Nesse caso, verifica-se que diversos componentes (planta, animal, solo e atmosfera) bem como suas interações, determinarão a quantidade de forragem produzida. Assim, a variação em qualquer um desses componentes, num determinado momento, estabelece, potencialmente respostas diferenciadas na produção de forragem (MARTA JÚNIOR et al., 2002).

Dentre os aspectos desejáveis à escolha e utilização de uma espécie forrageira, a boa distribuição da produção ao longo do ano pode ser considerada um dos atributos mais cobiçados, tanto por parte dos pesquisadores quanto por parte dos pecuaristas (JANK, 1995), uma vez que a baixa produção de forragem no período das “secas” ou “inverno” é considerada como um dos principais fatores que contribuem para a baixa produtividade animal nesse ambiente (BOIN, 1985).

A busca do equilíbrio na produção de forragem por meio do uso de novas espécies ou cultivares não tem apresentado resultados satisfatórios, uma vez que a oscilação no ritmo de crescimento das plantas forrageiras, a chamada estacionalidade de produção é em grande parte, inerente a fatores climáticos como temperatura, luminosidade e disponibilidade hídrica (MARTHA JÚNIOR; BALSALOBRE, 2001), fatores estes que apresentam comportamento estacional bem definido no Brasil central. Soto (1981) explica que no Brasil Central a radiação solar recebida de maio a agosto (época normalmente definida como “inverno” ou “secas”) é cerca de 51% menor daquela do período de novembro a fevereiro (“verão” ou época das “águas”), além de ocorrerem concomitantemente reduções no fotoperíodo.

Nesse contexto, o conhecimento e quantificação dessa variação estacional de produção forrageira tem elevada influência sobre o planejamento, adequação de técnicas e tomadas de decisões na propriedade rural (BARIONI, 2002).

As plantas forrageiras tropicais, devido ao metabolismo fotossintético C_4 , apresentam taxa de fotossíntese máxima entre 30-35°C e mínima ao redor de 15°C, além de não apresentarem saturação fotossintética com aumentos na intensidade de luz (CORSI e NASCIMENTO JÚNIOR, 1994).

Sendo assim, quanto mais favoráveis as condições de temperatura, fotoperíodo e intensidade de luz, mais acelerado será o ritmo de crescimento da planta. Essa afirmação pode ser ratificada por meio dos trabalhos de t'Mannetje e Pritchard (1974) e t'Mannetje (1975), onde a associação de baixas temperaturas e curtos fotoperíodos foram os principais fatores climáticos limitantes ao crescimento de espécies forrageiras tropicais e subtropicais.

A porcentagem de produção de forragem na seca foi apresentada de duas maneiras: a primeira como fração da produção total anual, cujo objetivo é demonstrar qual a ordem de grandeza do crescimento estacional da planta e a segunda como fração da produção das “águas”, cujo objetivo é verificar qual a capacidade de suporte da área nas “secas” em relação à obtida durante a estação de crescimento. Em outras palavras, apesar da produção de inverno participar com apenas 21,6% da produção total na média dos trabalhos citados, sua capacidade de suporte situa-se ao redor de 27,6% da de “verão”, resultando em uma variação de quase 30% somente na mudança da metodologia de cálculo.

Os adubos orgânicos são considerados os mais antigos e de uso milenar, sendo assim denominados naturais devido a sua produção ser de origem animal ou vegetal. Já os adubos que sofrem algum processo de industrialização e que suas matérias-primas não sejam animal e nem vegetal são denominados como minerais (RAIJ, 1991).

Com a evolução da avicultura de corte comercial ocorreu também o aumento na oferta de resíduo animal, como a cama de aviário, e a necessidade de reutilizá-los ou eliminá-los. Como a proibição do uso da cama aviária na alimentação de ruminantes, sua utilização como adubo orgânico é a saída encontrada por avicultores e produtores de leite e corte, tornando-o segura e rentável o destino desse resíduo da criação bem como viabilizar o custo de produção em substituição ao adubo inorgânico. Porém, o uso como fertilizante orgânico é permitido em pastagens e capineiras apenas com incorporação ao solo. No caso de pastagens, o pastejo só é permitido 30 a 40

dias depois da incorporação do fertilizante ao solo (IN nº8 de 26/3/2004 - Anexo IV). Esta incorporação, trata-se da absorção ou da penetração da cama no solo, sendo esta indisponibilizada diretamente 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 do solo. 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 superfície onde a cama é aplicada, pois este é o principal indicativo das perdas de nutrientes, principalmente nitrato (N-NO₃), por lixiviação.

Moraes et al.(2006), estudaram potencialidade do uso da cama de frango na recuperação das pastagens degradadas de *Urochloa decumbens*. Foram medidos resultados quanto à proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, produtividade de massa seca (PMS), custo de produção x PMS. As adubações, mineral e a mista, foram as que obtiveram o menor índice aos 35 dias. A PMS foi equivalente em todos os tratamentos.

Como os adubos inorgânicos têm um alto custo, a utilização desses resíduos (cama de frango) como fonte alternativa de nutrientes trás ao produtor a possibilidade de economizar na hora da adubação, aumentando assim seu lucro e ainda, o destino correto d este subproduto evitando impactos ambientais (PORTUGAL et al., 2009).

Devido a má utilização dos resíduos orgânicos gerados nas propriedades e o alto custo dos fertilizantes minerais industrializados, ocorre uma grande queda de rendimento das culturas, causada pela degradação do solo associada a não reposição dos nutrientes por elas extraídos (ANDREOLA et al., 2000).

A cama de frango poderá ser utilizada na fertilização substituindo parcial ou totalmente os adubos inorgânicos, tendo como principais vantagens reaproveitar as características químicas da cama de aviário na reciclagem de nutrientes e na minimizando os custos de produção e impactos ambientais (VILELA et al., 2009).

Segundo Malavolta et al. (1989), os adubos são capazes muitas vezes de quadruplicar a produção, e que o agricultor vem a cada dia querendo um adubo que não apenas aumente essa produção, mas que também aumente o seu lucro.

4. Alternativas para minimizar a produção estacional de forragem - Diferimento

Várias são as técnicas ou alternativas empregadas no sentido de tentar minimizar o problema da estacionalidade de produção, sendo que a escolha correta de ações deve ser condizente com o nível de exploração pecuária da propriedade (ROLIM, 1994).

Nesse sentido, Rolim (1994) listou várias técnicas de intensificação do sistema de produção, sendo elas: adoção do pastejo diferido, uso de espécies forrageiras com produção anual mais homogênea, conservação de forragens suplementares e irrigação. Esse autor também ressaltou que essas alternativas foram apresentadas de forma crescente quanto ao nível tecnológico a ser empregado, além de se buscar a adoção simultânea de várias delas no sentido de melhor explorar o potencial produtivo das plantas forrageiras.

O diferimento de pastagens, que consiste em vedar determinadas áreas de pasto no final da estação chuvosa para subsequente utilização durante o período seco, tem sido apresentado como solução técnica e economicamente viável para amenizar a defasagem de produção de forragem entre os períodos de “verão” e “inverno” (COSTA e OLIVEIRA, 1992).

O uso de pastagens diferidas tem fácil aceitação entre os pecuaristas uma vez que durante o “verão” ocorre excesso de produção de forragem, resultado da taxa de lotação da propriedade ser dimensionada a partir da produtividade das “secas”, e desse modo, o diferimento não implicaria em maiores investimentos e nem comprometeria os níveis de produtividade animal obtidos normalmente (MARTHA JÚNIOR e BALSALOBRE, 2001). Por outro lado, segundo os mesmos autores, empreendimentos com base na exploração de pastos diferidos são caracterizados por taxas de lotação animal raramente superiores a 1,5 e 2,0 UA.ha⁻¹.ano⁻¹, o que limita seu uso nos sistemas em fase inicial de intensificação.

Para que haja sucesso na adoção do diferimento de pastagens, esta prática, deve contemplar fatores como a escolha da espécie forrageira, massa e oferta de forragem no momento de utilização da pastagem e as perdas decorrentes da utilização em pastejo. A oferta de forragem é um dos principais fatores que determina o consumo, explicando até 73% da ingestão voluntária pelo animal, quando essa é determinada pela quantidade de folhas verdes (EUCLIDES et al., 1999).

O uso de adubação, juntamente com a escolha correta da espécie forrageira a ser utilizada, também pode promover incrementos qualitativos ao sistema, principalmente em relação à PB, limitante no momento da utilização da pastagem diferida.

O decréscimo no valor nutritivo da planta forrageira submetida a longos períodos de crescimento é um fenômeno inevitável, principalmente durante a época “seca”, uma vez que as proporções de hastes e material morto geralmente aumentam, a relação folha/haste diminui e ocorre maior deposição de componentes estruturais na célula em detrimento aos componentes solúveis (MARTHA JÚNIOR e CORSI, 2001).

Desse modo, deve-se dar preferência à escolha de espécies forrageiras que se destacam pela capacidade de manutenção de características estruturais e nutricionais após considerável período de crescimento livre (métodos de pastejo como altura, intensidade de pastejo e oferta de forragem acima de 90 dias), em especial durante o final da estação de crescimento, as quais teriam condições de proporcionar a manutenção ou pequenos ganhos no peso do animal em pastejo. Martha Júnior; Corsi (2001) recomendaram as espécies do gênero *Cynodon* e *Urochloa* como as mais indicadas e utilizadas para o diferimento, principalmente a *U. decumbens* e a *U. brizantha*, o que pode ser ratificado pelos trabalhos Pizarro et al. (1996) e Gomes (2003). Zimmer et al. (1994) apresentaram que 67% da área de pastagens brasileiras são ocupadas por essas duas espécies de *Urochloa*, enquanto que em regiões como Campo Grande (MS) esses valores atingem 90% (Costa, 2000).

Assim, o diferimento de *U. brizantha* poderia ser considerado como alternativa para minimizar a estacionalidade na produção e no valor nutricional da planta forrageira durante o período seco do ano, sendo também o mais seguro, uma vez que essa espécie está menos sujeita ao ataque de pragas e doenças.

4.1 Diferimento: épocas e utilização da pastagem

O estudo de épocas de vedação e utilização da pastagem diferida é, sem dúvida, o tema mais estudado em trabalhos de pesquisa que abordam o diferimento de pastagens, sendo as combinações entre épocas de diferimento e utilização as mais variadas. De maneira geral, as épocas de diferimento estudadas variam de Janeiro a Abril, podendo em alguns trabalhos ser incluso o mês de Dezembro, enquanto que as épocas de utilização normalmente obedecem a amplitude de Maio a Setembro, podendo em alguns trabalhos ser incluso o mês de Outubro.

Segundo BUENO et al.,(2000) pastagens diferidas precocemente, isto é, entre dezembro e início de fevereiro, acumulam maior quantidade de forragem para os períodos considerados críticos do ano (maio a setembro). Martha Júnior; Balsalobre (2001) relacionaram o momento de início do diferimento aos fatores climáticos limitantes (temperatura e precipitação). Esses autores indicam que temperaturas mínimas inferiores a 15°C e precipitações mensais inferiores a 150 mm seriam limitantes ao crescimento de plantas forrageiras tropicais.

Por outro lado, pastagens cujo diferimento é demasiadamente prematuro podem apresentar problemas relacionados ao aumento da proporção de material senescente (PIZARRO et al., 1996), além da maior propensão ao acamamento (FILGUEIRAS et al., 1997) e às perdas por pastejo, principalmente caso sejam utilizadas na segunda metade do período seco. Além desses aspectos, decréscimos na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e nos teores de PB da forragem se mostraram mais acentuados quando o diferimento foi realizado até o final de janeiro (LEITE et al., 1998; BUENO et al., 2000), apresentando os menores valores ao final do período de utilização (agosto/setembro).

Os maiores valores de DIVMS e PB da forragem coincidem com os diferimentos iniciados no final da estação de crescimento (março/abril), principalmente quando as avaliações ocorreram logo no início do período de utilização (maio/junho). Nas avaliações posteriores (julho a setembro), houve redução nos teores dessas frações da planta, porém eles sempre foram superiores aos observados nas pastagens submetidas às demais épocas de vedação. Por outro lado, pastagens diferidas no final da estação de crescimento e utilizadas no início do período crítico de produção de forragem apresentaram acúmulo de massa muito baixo, resultante do curto período de descanso e das condições climáticas desfavoráveis.

Sendo assim, Euclides et al., (1990), Costa e Oliveira (1992), Leite et al., (1998) e Filgueiras et al., (1997) sugeriram que pastagens vedadas em março devem ser utilizadas na segunda metade da estação seca (final de julho a setembro). Os primeiros autores determinaram que plantas vedadas nessa época apresentaram forragem de valor nutritivo superior àquelas com maior período de crescimento, além de acumularem mais massa entre os meses de abril a início de julho em relação às demais estratégias de vedação, necessitando apenas de um período mais longo para que esses acúmulos fossem satisfatórios. Euclides e Queiroz (2000) sugeriram estratégia de diferimento com o objetivo de atingir acúmulo de forragem associado à qualidade e eficiência na utilização.

4.2 Adubação de áreas diferidas no momento da vedação

Durante o dimensionamento da área a ser vedada, é necessário considerar que o restante da propriedade será submetido a uma intensidade de pastejo mais elevada durante o período de diferimento. Sem dúvida esse planejamento assume maior importância pelo fato de que o diferimento ocorre quando as condições climáticas não são as mais favoráveis às máximas taxas de crescimento das plantas forrageiras. O uso de pastagens diferidas deve ser visto então de maneira integrada na propriedade, ou seja, o dimensionamento da área destinada a essa técnica deve contemplar a necessidade de forragem para as “secas” e as “águas”.

Assim, o uso de fertilizantes em pastagens diferidas aceleraria o ritmo de crescimento da planta, compensando ocasionais atrasos no início do diferimento, promoveria incrementos na produção de forragem (quando não ocorre atraso no momento de vedação), e diminuiria a dimensão da área a ser diferida. Adubações nitrogenadas merecem destaque para atender os objetivos apontados visto que as plantas forrageiras tropicais são responsivas a adição de elevadas doses desse nutriente, sendo as respostas lineares até patamares superiores a $400 \text{ kg N.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, quando as condições edafoclimáticas são favoráveis ao crescimento (VICENTE-CHANDLER, 1973). Além disso, a adição de N ao sistema promove a potencialização do uso de outros nutrientes, como o P e o K (ANDRADE et al., 2000).

Quanto às respostas das plantas forrageiras à adubação nitrogenada, existe uma vasta amplitude de valores variando de 5 a $89 \text{ kg MS (kg N aplicado)}^{-1}$ (BALSALOBRE et al. 2002), estando normalmente esses valores concentrados na faixa de $40 \text{ a } 70 \text{ kg MS (kg N aplicado)}^{-1}$ (CORSI; NUSSIO, 1994). Balsalobre et al. (2002) justificam que tal variação é decorrente de fatores como espécie forrageira, fonte do nutriente, tempo de rebrota, dosagem de adubo aplicado, condições climáticas, estágio de desenvolvimento da planta e fertilidade do solo.

Alguns trabalhos foram realizados no sentido de se avaliar o uso da adubação nitrogenada como ferramenta para diminuição da estacionalidade de produção forrageira. Costa (1999) trabalhou com Capim-colonião (*Panicum maximum* cv. Colonião) e *U. humidicola*, respectivamente, sendo que em ambos os casos a adubação em março promoveu aumentos de produção de forragem no período de “inverno” e redução da estacionalidade de produção. No entanto, apesar da melhor distribuição de forragem ao longo do ano, as diferenças entre produção de “águas” e “secas” ainda foram significativas e desfavoráveis para o período crítico de produção

de forragem quando se produziu durante as “secas”, 20% da produção anual. Deve-se ainda considerar que as produções anuais de massa seca de forragem foram baixas, ao redor de 6.800 e 1.695,3kg.ha⁻¹ para o trabalho de Costa (1999).

Uso do fertilizante nitrogenado associado à menor frequência de desfolha é capaz de produzir mais forragem. Esse conceito norteia a recomendação de adubação nitrogenada no momento da vedação da pastagem como estratégia para acúmulo de forragem (EUCLIDES; QUEIROZ 2000; MARTHA JÚNIOR; BALSALOBRE, 2001), uma vez que o período de vedação é geralmente da ordem de 90 a 120 dias.

De maneira geral, quanto maiores as doses de nitrogênio empregadas no sistema, menores serão suas conversões em produção de forragem (PRIMAVESI et al., 2001). Além disso, fatores ambientais como fotoperíodo e temperatura decrescentes, assim como escassez de chuvas, também afetam negativamente as respostas das plantas forrageiras à adubação nitrogenada, tanto restringindo o crescimento do capim quanto impedindo melhor eficiência de uso desse fertilizante.

A relação lâmina foliar/colmo é de grande importância do ponto de vista nutritivo e do manejo das espécies forrageiras. Andrade (1997), trabalhando com capim elefante cv. “Napier sob diferentes doses de nitrogênio e potássio, encontrou um 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.

Em muitos trabalhos é descrito o efeito da adubação nitrogenada sobre o teor de proteína das plantas. A maioria dos trabalhos que descrevem o valor nutritivo de plantas forrageiras do gênero *Pennisetum*, é oriunda de ensaios sob corte, em que não há interação com o animal. Além desse fato, são com base em estudos de frequência de corte fixa relacionada com intensidade de corte (altura do resíduo). Para tanto, estudos que acrescentem relações de produtividade e adubação orgânica com o uso de pastejo, destaca como importantes linhas de pesquisa a fim de quantificar e mensurar os efeitos da adubação na produtividade bem como na estrutura da pastagem.

A eficiência de uso de fertilizantes em pastagens diferidas pode ser obtida por meio da recuperação do mesmo pela planta, calculado pela quantidade de nutriente proveniente do fertilizante presente na planta em relação ao total aplicado. A quantificação da recuperação do adubo nitrogenado pode ser feita de maneira indireta (aparente) ou direta (real). A recuperação aparente é obtida quando uma parcela

adubada com nitrogênio é comparada com outra que não recebeu o adubo, enquanto que a recuperação real é obtida por meio de traçadores, utilizando isótopos marcados como o ^{15}N , por exemplo.

A recuperação real é mais precisa, uma vez que consegue distinguir o N proveniente do fertilizante daquele presente no solo ou originário da atmosfera, além de prover maiores detalhes sobre o movimento e transformações do N do fertilizante na planta forrageira (MARTHA JÚNIOR, 1999; MARTHA JÚNIOR, 2003). Entretanto, o custo elevado do nutriente marcado e das análises isotópicas, limitam o seu uso em pesquisas.

O cálculo da recuperação aparente dos nutrientes tem a conveniência de ser de fácil execução e apresentar baixo custo, uma vez que apenas o teor de N total na planta, em adição à massa de forragem, precisam ser conhecidos. A desvantagem dessa técnica está na incapacidade de distinguir a origem do nutriente presente na planta, além de superestimar os valores reais (MARTHA JÚNIOR, 2003), podendo estes ultrapassar a casa dos 100% (VITTI, 1998). Entretanto, quando o objetivo da experimentação é simplesmente determinar a recuperação do N do fertilizante na parte aérea da pastagem e há possibilidade de se trabalhar com um tratamento controle, o método aparente seria mais adequado, conforme indicou Martha Júnior (2003).

A recuperação aparente do nitrogênio aplicado consiste, portanto, em ferramenta eficaz no sentido de avaliar a eficiência de uso das diferentes fontes nitrogenadas no momento do diferimento da pastagem, como demonstrado por Paulino et al. (1995). Esses autores, em experimento testando diferentes fontes de N no momento do diferimento de *U. decumbens*, verificaram valores máximos de recuperação do N de 33% para a ureia e 49% para o sulfato de amônio em plantas forrageiras colhidas com 117 e 89 dias, respectivamente. Independente da fonte utilizada, os menores valores de recuperação do N, inferiores a 10%, ocorreram em setembro, quando a planta tinha 173 dias de crescimento livre.

Dentre as alternativas de amenização dos efeitos sazonais de produção de forragem, o diferimento de pastagens é a técnica mais simples e menos dispendiosa disponível ao produtor. Aspectos produtivos como espécies forrageiras mais apropriadas, épocas de vedação e utilização da pastagem, massa e valor nutritivo da pastagem no momento da sua utilização são encontrados com relativa facilidade em trabalhos de pesquisa envolvendo diferimento de pastagens. Por outro lado, estudos envolvendo perdas de forragem, e valor nutritivo tanto da planta ofertada quanto da

dieta selecionada pelo animal no decorrer do período de pastejo, além do uso de fertilizantes, em especial o N, no momento de vedação da pastagem são escassos ou inexistentes.

5. Aplicação dos Isótopos Estáveis como ferramenta de rastreabilidade nas pastagens

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 sinal isotópico do carbono e nitrogênio proveniente da dieta a qual foi submetido, sendo avaliado, portanto sob diferentes parâmetros no animal, sendo mais comuns as fezes, sangue e plasma. Neste contexto, a técnica dos Isótopos Estáveis pode ser visualizada como uma ferramenta visando à autenticidade dos alimentos, particularmente, onde metodologias analíticas convencionais não podem prever resultados totalmente seguros (BAHAR et al., 2008).

O termo isótopo vem do grego *ISO* (mesmo ou igual) e *TOPOS* (lugar), referindo-se ao fato que são elementos que ocupam o mesmo lugar na tabela periódica. Os isótopos são átomos do mesmo elemento químico, com o mesmo número de prótons e diferentes números de nêutrons, conseqüentemente apresentando diferentes massas. Por possuírem sua camada eletrônica igual, ou seja, com o mesmo número de elétrons, pode-se dizer que os isótopos são elementos que apresentam as mesmas propriedades químicas (eletrosfera) e diferentes propriedades físicas (núcleo). A expressão *estável* significa que ocorrem de maneira comum na natureza, podendo então, ser utilizados sem riscos a saúde e ao ambiente.

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

O elemento químico Nitrogênio, por exemplo, apresenta somente dois isótopos estáveis: ${}^{14}\text{N}$ (99,634 átomos %) e ${}^{15}\text{N}$ (0,3665 átomos %). O reservatório natural, N_2 , é o nitrogênio molecular, presente no ar atmosférico, constituindo cerca de 78% do total. O nitrogênio é transformado em diversas formas e estados de oxidação devido, sobretudo, a processos físicos e pela ação de microrganismos que metabolizam os compostos nitrogenados em N inorgânico (nitrato e amoníaco) e N orgânico (aminoácidos e proteínas). O padrão de referência isotópico é o nitrogênio molecular

do ar, logo, praticamente todo o N acessível à superfície do planeta tem o valor de $\delta^{15}\text{N}=0\text{‰}$.

A mensuração da relação entre os isótopos estáveis é determinada pela técnica da espectrometria de massas, sob a forma de análise relativa, onde o enriquecimento relativo é expresso em delta, δ . O resultado da razão isotópica do produto (R) é comparado a um padrão internacional, sendo que, para os isótopos de nitrogênio o padrão adotado é o ar atmosférico o qual é considerado mistura isotópica homogênea na superfície terrestre (DUCATTI, 2012).

O principal elemento considerado na análise do diagnóstico alimentar é o carbono. Entretanto, a complexidade na interpretação dos valores isotópicos sobre as possíveis fontes alimentares sugere a necessidade de complementação com outros isótopos como o nitrogênio (FRY; SHERR, 1984). A técnica parte do princípio de que qualquer material existente na natureza que possua nitrogênio em sua constituição apresentará uma proporção de 0,366% de átomos de ^{15}N em relação ao total de N, que em sua maioria é composto do isótopo ^{14}N . Estudos mais detalhados de cada fonte também podem ser feitos, como avaliação da eficiência de fertilização, perdas do sistema, etc.

Os isótopos naturais estáveis são amplamente utilizados em estudos ecológicos como “elementos traço” a fim de investigar as características estruturais e funcionais de ecossistemas e servem como ferramenta para entender como esses ecossistemas respondem às mudanças ambientais e às ações antrópicas (WEST et al., 2010).

Diferentemente do carbono, 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 por meio da incorporação de compostos nitrogenados do solo. Na maioria das leguminosas, por realizar simbiose com micorrizas, o valor de ^{15}N varia ao redor de uma unidade, próximo ao padrão ($\delta^{15}\text{N} = 0,0 \pm 1,0\text{‰}$) (WERNER; SCHIMIDT, 2002). O ^{15}N das plantas que não conseguem fixar o nitrogênio atmosférico é dependente, em grande parte, da abundância isotópica no 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 (1996), adubos nitrogenados utilizados na agricultura possuem valores de enriquecimento relativo para ^{15}N próximo a 0‰, isto porque a fonte de nitrogênio utilizada pelas indústrias para a fabricação de adubo é o nitrogênio atmosférico.

Os trabalhos nacionais avaliando a aplicação da metodologia dos Isótopos Estáveis com foco na Nutrição de Ruminantes são poucos e recentes. 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 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. 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.

O uso da cama de frango como adubação era proibido e por isso, as pesquisas relacionados com o assunto eram escassas. Para tanto, atualmente, o destino das camas de aviários (cama de frango) é exclusivo para adubação o que implica na realização de pesquisas que certifiquem a eficiência do uso como adubo.

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

Diante do exposto, o capítulo 2, intitulado “**Análise isotópica ($\delta^{15}\text{N}$) e química do capim-marandu adubado com ureia e cama de frango e diferido.**” teve por objetivo avaliar o valor isotópico do ^{15}N e composição bromatológica em condições naturais do capim-braquiarião (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), sob o diferimento em função da adubação utilizada, em quatro épocas de corte após o diferimento sendo redigido conforme as normas do periódico “Revista Brasileira de Ciência do Solo”, exceto o idioma, espaçamento, posicionamento das tabelas e figuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 25-58.

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

ANDRADE, C.A.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; et al. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1589-1595, 2000.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.867-874, 2000.

ARAÚJO, F.F; TIRITAN, C.S.; OLIVEIRA, T.R. Semicured organic compost in nutrition of degraded pasture of *Urochloa decumbens*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 1-6, 2009.

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.

BALSALOBRE, M.A.A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. Piracicaba, 2002. 113p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BALSALOBRE, M.A.A.; SANTOS, P.M.; BARROS, A.L.M. Inovações tecnológicas, investimentos financeiros e gestão de sistema de produção animal em pastagens. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 19, Piracicaba, 2002. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2002, p.1-30.

BARIONI, L.G. **Modelagem dinâmica e otimização metaheurística para apoio à tomada de decisões na recria e engorda de bovinos de corte**. Piracicaba, 2002. 100p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BOIN, C. Caracterização das etapas de cria, recria e engorda face à produção estacional das pastagens e as forrageiras disponíveis. In: CURSO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 1, Nova Odessa, 1985. **Anais**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1985, p.1-32.

BONFIM-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1289-1297, 2006.

BUENO, M.F.; MATTOS, H.B.; COSTA M.N.X.; et al. Épocas de vedação e de uso no capim Marandu I. Produção de matéria seca e valor nutritivo. **Boletim de Indústria Animal**, v.57, n.1, p.1-9, 2000. 99

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

CORSI, M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicados no manejo das pastagens. In: PEIXOTO A.M.; MOURA, J.C.; FARIA V.P. (Ed.). **Pastagens, fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994, p. 15-48.

CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10, Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, p.87-116.

COSTA, K.A.P; FANQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens de capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.192-199, 2010.

COSTA, F.P. **Pecuária de corte no Brasil Central**: o produtor, os recursos produtivos e o manejo das pastagens. Campo Grande: EMBRAPA, 2000. 34p. (Circular Técnica).

COSTA, M.N.X. **Influência de épocas e doses de adubação nitrogenada na produção estacional de dois capins**. Piracicaba, 1999. 67p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

COSTA, N.L.; OLIVEIRA, J.R. Épocas de vedação e utilização de *Andropogon guayanus* cv. Planaltina em Rondônia. Rondônia: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)/CPAF Rondônia, 1992. 4p. **(Comunicado Técnico, 103.)**

DUCATTI, C. **Isótopos estáveis ambientais**. 2012 [Apostila]. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, p.105, 2012.

EUCLIDES, V.P.B.; QUEIROZ, H.P. **Manejo de pastagens para a produção e feno-em-pé**. <http://www.cnpqg.embrapa.br/eventos/2000/12encontro/apostila.html> (30 maio 2000).

EUCLIDES, V.P.B.; THIAGO, L.R.L.S.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1177-1185, 1999. 102

EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B.; SILVA, J.M.; VIEIRA, A. Avaliação de forrageiras tropicais manejadas para a produção de feno em pé. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.1, p. 63-68, 1990.

FILGUEIRAS, E.P.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M.; et al. Efeito do período de vedação sobre a produção e qualidade da *Urochloa decumbens* Stapf: I – matéria seca e proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.49, n.5, p. 587-601, 1997.

FRY, B.; SHERR, E.B. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and fresh water ecosystems. **Contribution in Marine Science**, Texas, v.27, p.13-47, 1984.

GHISI, O.M.A.A.; PEDREIRA, J.V.S. Características agronômicas das principais *Urochloa* spp. In: **ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO UROCHLOA**, 1986, Nova Odessa.

GOMES, V.M. **Disponibilidade e valor nutritivo de braquiária vedada para uso na região semi-árida de Minas Gerais**. Lavras, 2003.99p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. 103

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sidra – Banco de dados agregados. Brasília: IBGE, 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>. **Acesso em: 06.01.2014**

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.22-58.

KARIA, C. T.; DE ANDRADE, R.P.; FERNANDES, C.D.; SCHUNKE, R. M. Gênero *Stylosanthes*. In: Fonseca, D. M; Martuscello, J.A. **Plantas Forrageiras**, Editores – Viçosa, MG: Ed. UFV,2011. p 366-401

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.

LAJTHA, K.; MARSHALL, J. D. Sources of variation in the stable isotopic composition of plants. In: Lajtha, K.; Michener, R. H. (Ed.). *Stable isotopes in ecology and environmental science*. Oxford: **Blackwell Scientific Publications**, 1994. cap. I, p. 1-21.

LEITE, G.G.; COSTA, N.L.; GOMES, A.C. Efeito da época de diferimento sobre a produção e qualidade da forragem de gramíneas na região dos Cerrados do Brasil. **PasturasTropicais**, v.20, p. 15-22, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações** . Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MARTHA JÚNIOR, G. B. **Balanço de ¹⁵N e perdas de amônia por volatilização em pastagem de capim-elefante**. 1999. 75 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba

MARTHA JÚNIOR, G.B.; BALSALOBRE, M.A.A. **I Curso online de diferimento de pastagens e suplementação de bovinos de corte**. Piracicaba: AGRIPPOINT, 2001, 89p.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M. Diferimento de pastagens. **Preços Agrícolas**, v.15, n.173, p.15-18, 2001.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes em pastagens. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. **(Embrapa Cerrados. Documentos, 50)**.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; VILELA, L. Uso de pastagem diferida no cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 6p. (Embrapa Cerrados. **Comunicado Técnico, 102**).

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

MELLO, S.C.; VITTI, G.C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.3, p. 452-458, 2002.

MENEZES J. F. S.; ALVARENGA R. C.; SILVA G. P.; KONZEN E. A.; e 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.; e BENEDETTI, E., Potencialidades do uso de cama de frango na recuperação de pastagens degradadas de *Urochloa decumbens*, **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 12, n. 2, p. 127, set. 2006.

MYERS, R.K.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, v.25, n.2, p. 104-110, 1991.

NUNES, S. G.; BOOK, A.; PENTEADO, M. I. O.; GOMES, D. T. ***Urochloa brizantha* cv. Marandu**. Campo Grande: Embrapa/CNPQC, 1985. 31p. (Embrapa.CNPQC. Documento, 21).

OLIVEIRA, P. P. A. **Manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Urochloa* sp. em solos arenosos**. 2001. 110 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAULINO, V.T.; BEISMAN, D.A.; FERRARI JÚNIOR, E. Fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens de *Urochloa decumbens* durante o período da seca. **Pasturas Tropicais**, v.17, p.20-24, 1995.

PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L.; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: SBZ, 2001. p. 772- 807.

PIZARRO, E.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, M.A. Efeito da época de diferimento em novo germoplasma de *Urochloa decumbens*. **Pasturas Tropicais**, v.19, n.1, p. 16-20, 1996.

PRIMAVESI, A.C; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; da SILVA, A.G. Eficiência nutricional de dois adubos nitrogenados aplicados a lanço em capim Coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pears). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba, 2001. **Anais**, Piracicaba: FEALQ, p. 178-179.

PORTUGAL A. F.; RIBEIRO D. O.; CARBALLAL M. R.; VILELA L. A. F.; ARAÚJO E. J.; e 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 *Urochloa 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.

PORZECANSKI, I.; GHISI, O. M. A. A.; GARDNER, A. L.; FRANÇA-DANTAS, M. S. **The adaptation of tropical pasture species to a Cerrado environment**. Campo Grande: Embrapa/CNPQC, 1979. 3 p.

RAIJ, B. V. Fertilidade do Solo e Adubação. São Paulo: Ed. Ceres. 1991. 343p

RAYMAN, P. R. **Minha experiência com *Urochloa brizantha***. Campo Grande: Rayman's Seeds Sementes de Pastagens Tropicais, 1983. 3p.

ROLIM, F.A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: PEIXOTO A.M.; MOURA, J.C.; FARIA V.P. (Ed.). **Pastagens, fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994, p. 533-566.

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.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. **Tropical grasses**. Rome: FAO, 1990. 832.

SOTO, H.A.H. **Modelo simples de estimativa de produção de forragem para colônia (*Panicum maximum* Jacq.) e pangola (a-24 *Digitaria pentziistent*) usando parâmetros climáticos**. Piracicaba, 1981. 58p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

t'MANNETJE, L.; PRITCHARD, A.F. Effect of day length and temperature on introduced legumes and grasses for the tropics and subtropics of coastal Australia. 1. Dry matter production, tillering and leaf area. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.14, p.173-181,1974.

t'MANNETJE, L. Effect of day length and temperature on introduced legumes and grasses for the tropics and subtropics of coastal Australia. 2. N-concentration, estimated digestibility and leafiness. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.15, p.256-263,1975.

VALLS, J. F. M.; SENDULSKI, T. **Descrição botânica**. In: VALLS, J. F. M. Carta, 6 de julho de 1984. Brasília, p. 4-6.

VICENTE-CHANDLER, J. Intensive Management in Puerto Rico. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 2, n. 2, p. 173-215, 1973.

VILELA, L.A.F.; PORTUGAL, A.F.; CARBALLAL, M.R; RIBEIRO, D.O., ARAÚJO, E.J.; GONTIJO, M.F.D. Efeitos do uso de cama de frango associada a diferentes doses de nitrogênio no acúmulo de matéria seca em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1, 2009, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: Siger, 6p

VITTI, A.C. **Utilização pela cana-de-açúcar (cana planta) do nitrogênio da ureia (^{15}N) e do mineralizado no solo em sistemas de manejo com e sem queima**. Piracicaba, 1998. 93p. (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

WERNER, J. C. Adubação de pastagens. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (**Boletim Técnico, 18**).

WERNER RA, SCHIMIDT HL. The in vivo nitrogen isotope discrimination among organic plant compounds. **Phytochemistry**, v.61, p.465-784 2002.

WEST, J.B.; BOWEN, G.J.; DAWSON, T.E.; TU, K.P. Isoscapes: Understanding Movement, Pattern, and Process on Earth Through Isotope Mapping. New York, NY, **Springer**, 2010. p 511

YONEYAMA, T. Characterization of natural ^{15}N abundances of soils. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S.I. (Eds.). **Mass Spectrometry of soils**, 1996. p.205-224.

ZIMMER, H.A.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS, A.O., KICHEL; A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Urochloa*. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: Fealq, p.153-208.

ZIMMER, H.A.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997.

Anais... Viçosa, 1997. p.349-380.

ZIMMER, H.A.; CORRÊA, E.S.A. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1.,1993. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. P.1-25

CAPÍTULO 2

Análise isotópica ($\delta^{15}\text{N}$) e química do capim-marandu adubado com ureia e cama de frango e diferido.

Resumo

Os isótopos estáveis vêm sendo utilizados há várias décadas em estudos com animais ruminantes pelo motivo dos valores isotópicos terem como base os alimentos assimilados e não apenas os alimentos ingeridos. O presente estudo teve por objetivo determinar o valor isotópico do ^{15}N e composição bromatológica em condições naturais do capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), sob o diferimento em função da adubação utilizada, em quatro cortes após a vedação. O trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Medicina e Veterinária e Zootecnia da UNESP de Botucatu. A área, 576m², utilizada para as parcelas foi dividida em 3 tratamentos com 4 repetições cada, segundo os tratamentos: T1 - tratamento testemunho sem adubação; T2 – adubação orgânica sintética com ureia e T3 – adubação orgânica com cama de frango. Após três meses, o capim foi cortado a cada 15 dias, totalizando 4 períodos de vedação. As amostras colhidas no experimento foram analisadas em relação ao sinal isotópico do nitrogênio e composição bromatológica de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose e lignina. A degradação do adubo cama de frango, pelo método do litter bag, foi analisada por meio da regressão. Existe diferença para $\delta^{15}\text{N}$ na forragem em relação os tratamentos utilizados, assim como para porcentagem de Nitrogênio na forragem, porcentagem de Nitrogênio Total na Folha, $\delta^{15}\text{N}$ na folha, $\delta^{15}\text{N}$ no perfilho. Para o efeito coleta houve diferença para %Nitrogênio Total, %N total na folha, %N total no colmo e % N total no perfilho. Para análise de Proteína Bruta, houve diferença entre tratamentos, porém quando analisadas as coletas, houve duas variáveis que tiveram diferença, proteína bruta e lignina. A técnica dos isótopos estáveis do N foi eficaz na discriminação da adubação inorgânica e orgânica na pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu diferida e para a composição bromatológica, a fonte de N não influenciou a qualidade da forragem.

Palavras chave: cama de frango, isótopos, ureia, vedação de pastagem.

Isotopic analysis ($\delta^{15}\text{N}$) and chemical Marandugrass fertilized with urea and poultry litter and deferred.

Abstract

Stable isotopes have been used for decades in studies with ruminant animals by reason of isotopic values are based upon not only assimilated food and food eaten. The present study aimed to determine the value of ^{15}N isotopic and chemical composition in natural conditions Marandugrass (*Urochloa brizantha*. Marandu) under the deferral according to the fertilization used in four cuts after sealing. The work was conducted at the College of Medicine and Veterinary Medicine and Animal Science, UNESP Botucatu. The area, 576m², used for plots was divided into 3 treatments with 4 replicates each, according to the treatments: T1 - testimony treatment without fertilization; T2 - synthetic organic fertilization with urea and T3 - organic fertilization with poultry litter. After three months, the grass was cut every 15 days, totaling 4 blackout periods. Samples collected in the experiment were analyzed for nitrogen isotopic and chemical composition of crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose, hemicellulose and lignin. The degradation of poultry litter compost, by the litter bag method was analyzed by regression. Is there a difference for $\delta^{15}\text{N}$ forage compared the treatments, as well as percentage of nitrogen in the forage, percentage of Total Nitrogen in leaf, the leaf $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{15}\text{N}$ the tiller. To effect the collection was no difference in % Total Nitrogen, % of total N in leaf % N content in stem and % of total N in the tiller. For analysis of crude protein, significant difference between treatments, but when analyzed collections, there were two variables that had differences, crude protein and lignin. The technique of stable isotopes of N was effective in discriminating the inorganic and organic fertilizer on pasture *Urochloa brizantha*. Marandu deferred and the chemical composition, the source of N did not affect forage quality.

Keywords: chicken litter, isotopes, urea, fence pasture

1. Introdução

O Brasil possui área de 850 milhões de ha, dos quais pouco mais de 350 milhões são ocupados por atividades agropecuárias (IBGE, 2004). Dentro dessa fração, as áreas de pastagem merecem destaque, por abrangerem quase 152 milhões de pastagens naturais e plantadas. Segundo Balsalobre et al. (2002), as taxas médias de lotação e desfrute nesse ambiente são de 0,8 UA.ha⁻¹ e 16%, respectivamente, retratando um perfil extensivo de exploração animal, com baixo nível de uso de insumos.

A adubação nitrogenada em pastagens está entre os fatores mais importantes em determinar a produção de forragem por área. A resposta das gramíneas forrageiras a altas doses de nitrogênio tem sido estudada por vários pesquisadores (CORSI, 1986; ANDRADE e VALENTIN, 2004; BATISTA e MONTEIRO, 2006), sendo o nitrogênio nutriente essencial para as plantas, presente na constituição das proteínas, ácidos nucleicos e de metabólitos intermediários envolvidos na síntese e transferência de energia (Andrade et al. 2003).

Um dos principais limitantes do aumento das taxas de lotação é a baixa produção de forragem no período das “secas”, resultado da estacionalidade de produção forrageira, caracterizada por representar acúmulos de 10 a 20% da produção anual de forragem nessa época do ano (MARTHA JÚNIOR e CORSI, 2001).

Alternativas capazes de resolver, ou pelo menos minimizar a estacionalidade de produção, no sentido de promover incrementos de lotação sem a necessidade de elevados investimentos, são de extrema importância para a pecuária nacional. Nesse contexto, o diferimento de pastagens, que consiste em vedar determinadas áreas no final da estação chuvosa para subsequente utilização durante o período seco, tem sido apresentado como solução técnica e economicamente viável para amenizar a defasagem de massa de forragem entre os períodos de “verão” e “inverno” (COSTA e OLIVEIRA, 1992). O uso de pastagens diferidas tem fácil aceitação entre os pecuaristas, uma vez que durante o verão ocorre excesso de produção de forragem e, desse modo, o diferimento não implicaria em maiores investimentos e nem comprometeria os níveis de produtividade animal observados na propriedade.

A utilização de cama de frango na alimentação animal foi proibida em 2001, com a publicação da Instrução Normativa número 15 (BRASIL, 2001), que, juntamente com os aumentos observados nos custos de adubos minerais, tem resultado em aumento nos estudos relacionados a utilização deste resíduo como adubo orgânico.

A cama de aviário se destaca como opção de fertilizante por apresentar grande oferta e altas concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (Preusch et al., 2002). Ainda, o uso da cama como fertilizante orgânico não ajuda apenas a superar os problemas de descarte destes resíduos, mas também melhora a qualidade física, química e biológica dos solos (Nyakatawa et al., 2001; Friend et al., 2006; McGrath et al., 2009).

No entanto, restrições legais para o uso da cama de frango como adubo, estabelecidas pela instrução normativa número 25 (BRASIL, 2009), limitam a utilização da cama aviária para a adubação de pastagens sem que obedeça um intervalo de 40 dias após a adubação para entrada dos animais ruminantes. Cabe ressaltar que pouco se sabe a respeito da decomposição e liberação de nutrientes da cama de frango ao solo (PAUL e CLARK, 1996), bem como, poucos trabalhos na literatura comparam a adubação orgânica com a adubação mineral a taxas similares.

Os isótopos estáveis vêm sendo utilizados há várias décadas em estudos com animais ruminantes. Isto se deve ao fato dos valores isotópicos determinados terem como base os alimentos assimilados e não apenas os alimentos ingeridos. Portanto, permite a obtenção de informações de dietas consumidas recentemente ou até mesmo aquelas que foram fornecidas no período inicial da vida dos animais (HOBSON e CLARK, 1992).

De acordo com Schaeffer e Caugant (1998), o conceito de rastreabilidade envolve a recomposição da história do produto alimentício. Pode, assim, ser útil estabelecer: a origem exata de uma produção dos animais domésticos ou do vegetal, com os vários fatores que incorporam seu desenvolvimento; o histórico dos processos aplicados ao produto; a distribuição e a localização do produto acabado. A fim de assegurar a solidez e a confiança, é essencial que todos os identificadores e as trocas de informações estejam uniformizadas sem pontos fracos. Os processos de adoção de tecnologias inovadoras ou menos convencionais, validadas pela pesquisa em sistemas de produção pecuários no Brasil, são lentos e de baixa repercussão. Parte desta constatação deve-se ao perfil dos pecuaristas brasileiros.

O objetivo do presente trabalho foi determinar o valor isotópico do ^{15}N em condições naturais na produção de forragem e composição bromatológica do capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), sob o diferimento em função da adubação utilizada (mineral e orgânica), em quatro épocas de corte após o diferimento.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista – UNESP Faculdade de Medicina e Veterinária e Zootecnia, Botucatu. O solo experimental se caracteriza como Latossolo Vermelho Distrófico (BRASIL, 2009), sendo o clima da região tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI e DRUGOWICH, 1994), com precipitação média de 1300 mm. O solo da área experimental tem como histórico, área pastejada por bubalinos sem receber adubação por no mínimo três anos, sendo corrigido apenas por calcário ao longo desse tempo. Para a implantação deste experimento foi considerado este solo sem nenhuma correção como forma representativa da realidade brasileira, em função das amostras a serem coletadas e a analisados os valores isotópicos. Entretanto foi realizada a análise de solo e do adubo orgânico, para mensuração dos valores dos macronutrientes.

Os dados das temperaturas mínima, máxima e precipitação pluvial são apresentados na Figura 1. As temperaturas mínimas registradas foram de 12°C e máximas de 22°C no período de Abril a Agosto (período do diferimento).

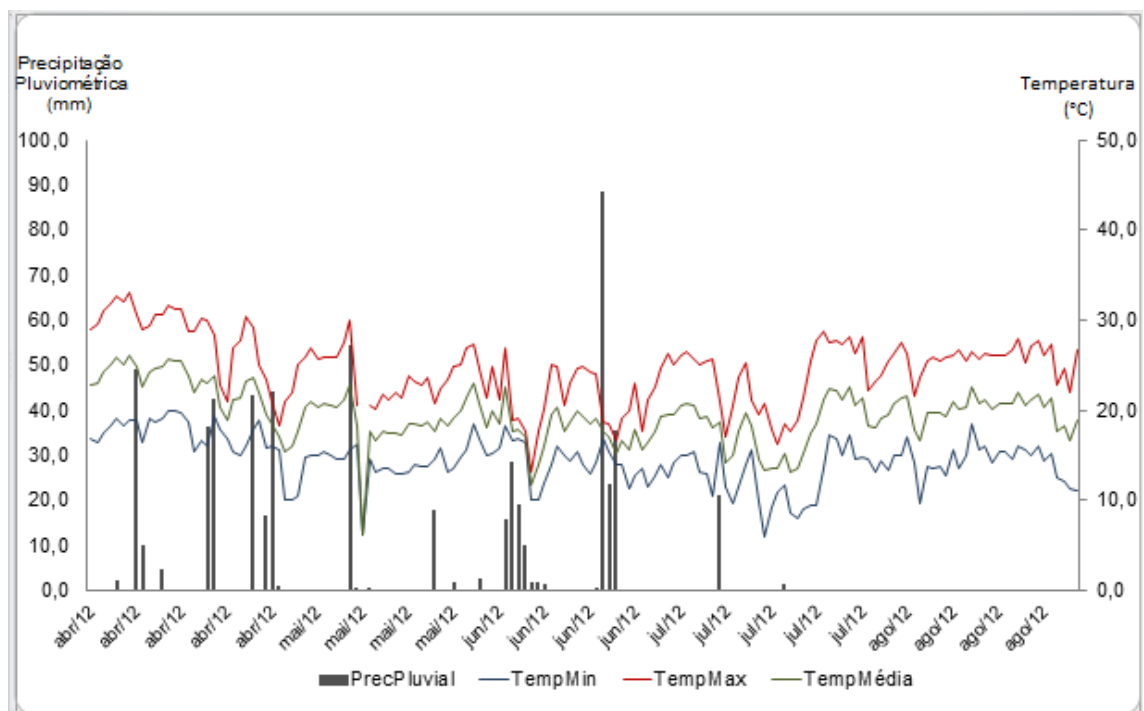


Figura 1. Dados climáticos (precipitação pluviométrica, temperaturas mínima, média, máxima) referentes ao período experimental.

A área experimental utilizada para as parcelas foi 576 metros quadrados, subdividida em 3 tratamentos: T1 - tratamento testemunho sem adubação; T2 – adubação com ureia na dosagem de 70 kg de nitrogênio (N) por hectare (150kg de ureia) e, T3 – adubação orgânica com cama de frango na dosagem de quatro toneladas por hectare (matéria original), sendo esta cama proveniente de uma granja aviária com quatro ciclos de produção de frango (3 criadas) aplicada de uma única vez (ARRUDA, 2013), com 4 épocas de corte após os 90 dias de vedação (1º e 15 de Julho, 1º e 15 de Agosto) após diferimento realizado no dia 1º de Abril, com 4 repetições cada (utilizando-se espaçamento de 2 metros entre parcelas), sendo as adubações feitas a lanço, manualmente, após a uniformização da área.

Os locais de coleta dentro de cada parcela foram identificados, por meio de estacas conforme os tratamentos utilizados.

Para obtenção das amostras, foi utilizado quadrado de 0,5m x 0,5m, (0,25m²) onde toda a forragem presente no interior da moldura foi cortada a 5cm do solo. Da forragem cortada, foi retirada uma sub amostra que foi seca em estufa de ventilação forçada de ar por 72 horas a 65°C.

Após a secagem, estas amostras foram moídas em moinho tipo Willey e analisados no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Posterior a secagem, as amostras foram pesadas para a obtenção do teor de matéria seca. Na sequência de tais procedimentos, as amostras foram moídas e por meio de análises laboratoriais foram determinados os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), conforme metodologia descrita por SILVA e QUEIROZ (2002)

Para a determinação do sinal isotópico do nitrogênio, foram coletadas no momento dos cortes 6 perfilhos por cada tratamento. Destes perfilhos, três foram separados em lâmina foliar e colmo + bainha, e os três restantes foram analisados inteiramente. As análises foram realizadas no Centro de Isótopos Estáveis do Instituto de Biociências da UNESP, Campus de Botucatu.

As amostras foram posteriormente moídas em moinho criogênico (Spex- modo 6750 freezer/mil, Metuchen, EUA), à -196°C por um período de 8 minutos, com rotação de 920 rpm em alta frequência, para obtenção de material homogêneo, com aspecto microscópico.

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 N₂. Os gases formados foram separados em coluna cromatográfica gasosa e analisados no espectrômetro de massas.

Os resultados estão expressos em notação δ , em relação ao padrão do ar atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$, com erro de análise da ordem de 0,2‰ e calculado pela equação 1:

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

em que:

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

R = razão isotópica da amostra e do padrão adimensional.

A decomposição e a liberação de nutrientes da cama de frango foram determinadas pelo método dos "litter bags", adaptado de Bocok; Gilbert (1957). Essa técnica consiste na utilização de bolsas confeccionadas com telas de náilon, com malha de 1mm. As dimensões das bolsas foram de 0,2m x 0,2m, perfazendo 0,04m², e foram preenchidas quantidades de adubo orgânico de acordo com a proporção entre a quantidade de massa por hectare das mesmas e a área da bolsa (100g). Para o preenchimento das bolsas, a cama de frango, passou por secagem em estufa de circulação forçada 60°C por 24 horas. Foram realizadas quatro coletas (uma bolsa por corte) para avaliar a incorporação do adubo ao solo. Após as coletas, os litter bags foram pesados e analisados quimicamente.

O experimento foi realizado em parcelas subdivididas. Assim, para um experimento instalado segundo o delineamento inteiramente casualizado, em que o fator A é a adubação utilizada e o fator B é a época de corte. O modelo matemático é expresso pela equação (2):

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + e_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} \quad (2),$$

em que:

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).

Para a mensuração do turnover do isótopo de nitrogênio (diluição isotópica), em um intervalo de tempo, utilizada a função exponencial do Software Minitab 16 (Minitab Inc.), pela equação (3):

$$\delta^{15}\text{N} (t) = \delta^{15}\text{N} (f) + [\delta^{15}\text{N} (i) - \delta^{15}\text{N} (f)] e^{-kt} \quad (3)$$

em que:

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

Adimensional.

$\delta^{15}\text{N} (f)$ = enriquecimento isotópico do tecido ao nível de equilíbrio ou de condição final. Adimensional.

$\delta^{15}\text{N} (i)$ = enriquecimento isotópico do tecido, no estado inicial. Adimensional.

k = constante de troca (turnover). Expressa em dias⁻¹

t = tempo (em dias) desde a mudança da dieta (adubação).

A constante k engloba os processos de turnover metabólico de nitrogênio que contribui para o processo de diluição isotópica do nitrogênio.

Para determinar a meia vida na condição de 50% foi utilizada a equação (4):

$$T = \ln 2/k \quad (4),$$

em que:

t = tempo de troca do nitrogênio

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

Para determinar a meia vida na condição de 99% foi utilizada a equação (5):

$$t = (-1/k) \ln(1-F) \quad (5),$$

em que:

t = tempo de troca do nitrogênio

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

F = fração de átomos trocados

Considera-se que para F=0,5 temos 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.

Os dados para ao desaparecimento do adubo orgânico (quantidade de adubo em porcentagem em função do tempo), foram avaliados pela regressão linear do Software Origin Pro 8.

Os dados foram avaliados por análise de variância utilizando-se o Minitab, versão 16.0 (MINITAB®, 2010) sendo o teste de Tukey utilizado para comparação entre médias. Foram considerados valores significativos de P < 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na Tabela 1 os resultados da análise de terra e da cama de frango utilizados no presente trabalho. Verificam-se os baixos níveis de fósforo (4 mg/dm³) e potássio (0,5 mmol_e/dm³) no solo, porém coerentes com os solos brasileiros e desta forma representativo. Em relação à cama de frango, destacam-se principalmente os teores de nitrogênio (N) com valores de 4,27%, fósforo (P₂O₅) 2,32% e Potássio (K₂O) 2,26%, sendo os valores de N, encontrados, responsáveis pela quantidade de cama de frango utilizada na adubação (ARRUDA, 2012).

Tabela 1. Valores referentes à 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	-----mmol _e /dm ³				-----			mg/dm ³	
5,2	10	4	--	13	0,5	6	5	12	25	47	---
Análise da cama de frango (%)											
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	MS	MO				
4,27	2,32	2,26	2,47	0,5	0,59	87	61				

Na tabela 2 encontra-se apresentados os resultados para teores de %N e concentração de ¹⁵N ($\delta^{15}\text{N}$). Com base nos resultados, nota-se que existe diferença significativa para os teores de nitrogênio para os tratamentos utilizados, assim como para porcentagem de N, $\delta^{15}\text{N}$, porcentagem de nitrogênio total na folha (NTF), $\delta^{15}\text{N}$ na folha, $\delta^{15}\text{N}$ no perfilho. Para o efeito coleta houve diferença para porcentagem de nitrogênio total (NT), porcentagem de nitrogênio total na folha (NTF), porcentagem de nitrogênio total no colmo (NTC) e porcentagem de nitrogênio total perfilho (NTP).

Ainda na tabela 2, pode-se verificar que houve diferença para os teores de proteína bruta no tratamento e coleta, bem como para celulose. O efeito da coleta foi significativo para lignina.

Tabela 2. Média estimada, resumo da análise de variância e diferença mínima significativa das concentrações de Nitrogênio em função dos adubos e das coletas.

Componente	Média	Efeito			DMS (trat)	DMS (col)
		Tratamento	Coleta	Tratamento x Coleta		
%Nitrogênio total	1,28	*	*	*	0,21	0,16
$\delta^{15}\text{N}$	0,80	*	-	-	1,36	-
% NTF	1,88	*	*	-	0,82	0,52
% NTC	1,55	-	*	-	-	1,34
% NTP	0,91	-	*	-	-	0,70
$\delta^{15}\text{N}$ folha	0,87	*	-	-	3,26	-
$\delta^{15}\text{N}$ colmo	1,02	-	-	-	-	-
$\delta^{15}\text{N}$ perfilho	1,36	*	-	-	2,75	-
Produtividade MS		*	*	-		
Proteína Bruta	9,09	*	*	-	1,35	1,11
FDN	71,30	-	-	-	-	-
FDA	29,58	-	-	-	-	-
Celulose	22,95	*	*	*	3,21	-
Lignina	29,89	-	*	-	-	2,39

NTF: Nitrogênio Total Folha; NTC: Nitrogênio Total Colmo; NTP: Nitrogênio Total Perfilho;; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; * $P < 0,05$; DMS (trat): Diferença Mínima Significativa no tratamento; DMS (col): Diferença Mínima Significativa na coleta.

As médias dos valores encontrados nos tratamentos utilizados são expostos na Tabela 3. Para % de nitrogênio, o tratamento sem adubação foi diferente em relação a ureia e a cama de frango. Porém para $\delta^{15}\text{N}$ pode-se constatar que houve diferença para todos os tratamentos. Para efeito de coleta, houve diferença apenas para % de nitrogênio em função dos tempos de coleta.

Tabela 3. Média estimada para as variáveis: porcentagem (%) de Nitrogênio total e $\delta^{15}\text{N}$ utilizadas na pastagem em função dos tratamentos utilizados e período de coleta.

Variáveis	Tratamentos			
	Sem adubação	Ureia	Cama de Frango	
%Nitrogênio	1,11b	1,32a	1,39a	
$\delta^{15}\text{N}$	-0,78c	0,88b	2,31a	
Variáveis	Coletas			
	1	2	3	4
%N SA	1,14a	1,29a	1,04b	0,97b
%N Ureia	1,50a	1,60a	1,09b	1,11b
%N CF	1,62a	1,60a	1,28b	1,15b

%N SA: porcentagem de nitrogênio na pastagem para o tratamento sem adubação; %N Ureia: porcentagem de nitrogênio na pastagem para o tratamento ureia; %N CF: porcentagem de nitrogênio na pastagem para o tratamento cama de frango; Médias apresentando uma mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$),* 1,2,3,4: Períodos de coleta em função do tempo de diferimento.

Para efeito coleta, houve diferenciação na % de nitrogênio na folha, colmo e perfilho (tabela 4). Para a variável %NTF, houve diferença apenas para o dia 0 (coleta antes do início experimental). Pode-se notar diferença, para %NTC, em apenas uma coleta. Porém para a variável %NTP não houve diferença entre as coletas, apenas em relação ao testemunho (dia 0).

Tabela 4. Médias estimadas dos valores de porcentagem (%) de Nitrogênio Total para Folha (NTF), Colmo (NTC) e Perfilho (NTP) para as coletas utilizadas.

Variável	Coleta				
	Dia 0	1	2	3	4
%NTF	3,04a	1,81b	1,67b	1,43b	1,46b
%NTC	2,40a	1,50ab	1,53ab	0,88b	1,43ab
%NTP	1,63a	0,81b	0,85b	0,79b	0,48b

Médias apresentando uma mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$)* NTF: Nitrogênio Folha; NTC: Nitrogênio Colmo; NTP: Nitrogênio Perfilho; 1,2,3,4,5: Períodos de coleta em função do tempo de diferimento; Dia 0: Início experimental

Para valores de $\delta^{15}\text{N}$ e % de nitrogênio na folha e as médias estimadas são apresentadas na tabela 5. Não houve diferença entre os tratamentos. Para a variável $\delta^{15}\text{N}$ folha foi evidenciado que a ureia teve sinal isotópico igual aos dos tratamentos testados. Este mesmo resultado também foi encontrado para % de nitrogênio na folha (%NF). Porém para a variável $\delta^{15}\text{N}$ perfilho, a cama de frango diferiu dos demais tratamentos.

Tabela 5. Médias estimadas dos valores das variáveis $\delta^{15}\text{N}$ (folha e perfilho), porcentagem (%) de Nitrogênio na folha nos tratamentos utilizados.

Variáveis	Tratamento		
	Sem adubação	Ureia	Cama de Frango
$\delta^{15}\text{N}$ folha	-1,25b	0,38ab	3,46a
$\delta^{15}\text{N}$ perfilho	-0,89b	1,06b	3,91a
%NF	1,58b	1,90ab	2,16a

Médias apresentando uma mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$)*, NF: Nitrogênio Folha;

Para análise de Proteína Bruta, houve diferença entre tratamentos (Tabela 6). Porém, quando analisadas as coletas, duas variáveis que tiveram diferença: proteína bruta e lignina. Esse resultado é explicado pelo fato de que o adubo orgânico é liberado lentamente, em contra partida o adubo mineral sofre a intervenção da lixiviação ou nitrificação. E por esse motivo é que seus valores foram iguais ao tratamento sem adubação.

Tabela 6. Médias estimadas dos valores (%) de Proteína Bruta e Lignina para os tratamentos utilizados e coletas.

Variáveis	Tratamentos			
	Sem adubação	Ureia	Cama de Frango	
Proteína Bruta	8,04b	9,44a	9,79a	
FDN	70,76a	70,86a	72,28a	
FDA	28,34a	31,10a	29,48a	
Variáveis	Coletas			
	1	2	3	4
Proteína Bruta	9,90a	10,55a	7,99b	7,93b
Lignina	27,90b	30,32a	30,23ab	31,11a
FDN	71,04	71,76a	71,19 a	71,21a
FDA	29,00a	31,30a	29,31a	28,71a

FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; Médias apresentando uma mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$); 1,2,3,4: Períodos de coleta em função do tempo de diferimento.

Para demonstrar o comportamento dos valores isotópicos dentro do período experimental, foi realizado um modelo exponencial (Figura 2). Observa-se que a partir de 40 dias a forrageira já incorporou o sinal isotópico do adubo, respectivo ao tratamento, entrando em patamar de equilíbrio até o final do período experimental.

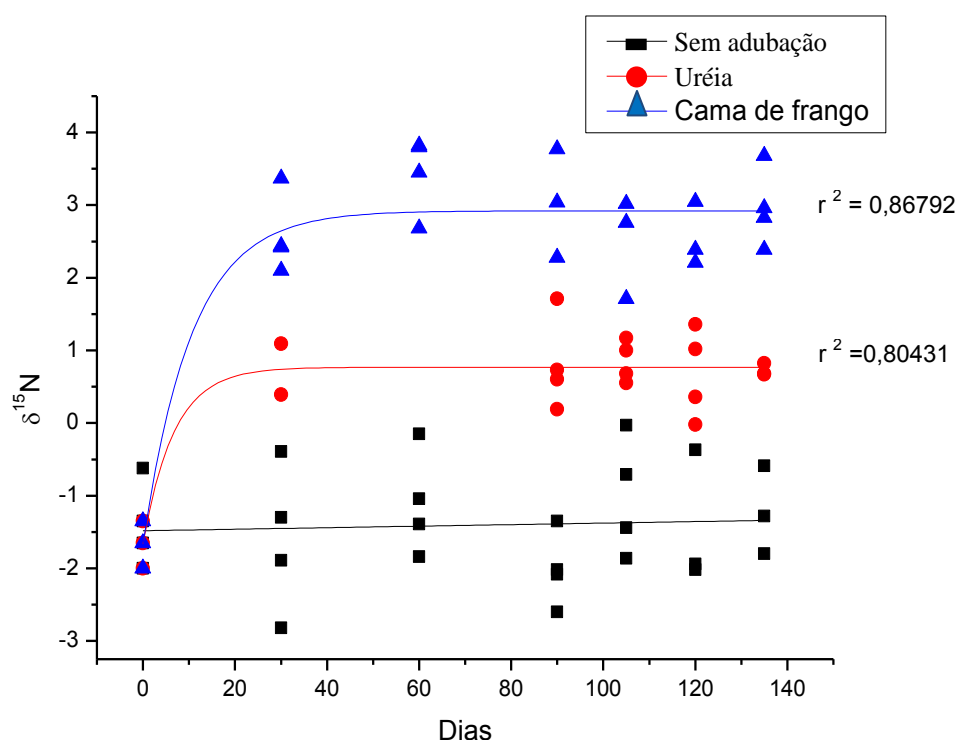


Figura 2. Modelo exponencial do valor isotópico dentro do período experimental dos tratamentos avaliados na pastagem.

Na tabela 7, estão apresentadas as equações para a determinação da incorporação do $\delta^{15}\text{N}$ para a cama de frango e ureia. Nota-se que a meia vida houve uma diferença significativa entre os tratamentos, observando maiores valores para a cama de frango.

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.

	Fórmulas	r^2	T1	T2
Cama de Frango	$\delta^{15}\text{N} = -4,59057 * e^{(-0,09379.t)} + 2,92137$	0,86792	7,3	49,1
Ureia	$\delta^{15}\text{N} = -2,43466 * e^{(-0,14889.t)} + 0,768$	0,80431	4,7	30,9

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.

Os valores de produtividade de massa seca estão apresentados na tabela 8. Para os tratamentos ureia e cama de frango, a resposta foi maior em função do aporte

nitrogenado, sendo sua produtividade em função do nitrogênio presente na matéria orgânica do solo, cujo comportamento pode ser observado nas médias dos tratamentos. Em relação aos cortes, a produtividade de massa seca foi maior para ureia e cama de frango sendo que a ureia teve uma 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.

Tabela 8. Médias da produtividade de massa seca (Kg/ha) para os tratamentos sem adubação (SA), ureia (U) e cama de frango (CF) em função dos cortes realizados.

Variáveis	Tratamentos			
	Sem adubação	Ureia	Cama de Frango	
MS	2472b	6912a	5699a	
Variáveis	Coletas			
	1	2	3	4
SA	1078b	1769b	2564ab	4479a
U	4498b	5133b	8000ab	10015a
CF	4329b	3099b	5705ab	9664a

MS: massa seca; SA: sem adubação; Ureia: ureia; CF: cama de frango; Médias apresentando uma mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si ($P > 0,05$), * 1,2,3,4: Períodos de coleta em função do tempo de diferimento.

Esclarecemos que a incorporação aludida na Instrução Normativa nº 25, refere-se a penetração no solo do adubo orgânico aplicado ou que este material torne indisponível ao animal (não haja ingestão) e, conforme nossas condições climáticas, isto ocorre em 30 dias da aplicação a lanço da cama de frango. Para a meia vida da cama de frango, houve um tempo estimado em 7,3 dias. Sendo a taxa de 99% de troca este tempo foi para 49 dias. O que contradiz a normativa do MAPA, que para total incorporação do adubo no solo é 40 dias apenas. Para o adubo mineral (ureia) o T1 foi de 4,7 dias e T2 de aproximadamente 31 dias. Essa diferença é explicada pelo ciclo do nitrogênio de ambas as fontes de adubos. A ureia é apresentada na forma iônica, seus nutrientes são absorvidos pelas plantas com maior facilidade e o resultado é mais rápido. Esses processos são fundamentais para a estruturação de variação isotópica nos tecidos vegetais em várias escalas espaciais e temporais, e é, portanto, que os estudos isotópicos considerem adequadamente esses aspectos de N biogeoquímica isotópico.

Embora os dados de isótopos que têm sido e continuam a ser gerado são maioritariamente derivados de tecidos de origem animal, a base para a interpretação destes dados são os processos bioquímicos que influenciam fracionamentos isotópicos na base da cadeia alimentar. Um progresso considerável foi feito para avaliar a complexidade da variação isotópica em sistemas planta-solo, mas esses processos ainda estão apenas começando a ser entendido de uma forma mais abrangente por meio de extensos estudos de campo e de laboratório.

A maioria dos estudos que tentaram diferenciar culturas organicamente e quimicamente fertilizadas encontraram valores de $\delta^{15}\text{N}$ significativamente mais baixos nas plantas tratadas com adubos inorgânicos (Bateman et al, 2005; Choi et al, 2006). Dada importância de fertilizantes inorgânicos na agricultura moderna, isso deve ser levado em conta quando os dados derivados de pesquisas modernas de plantas cultivadas são usados como base da dieta (por exemplo, Keegan e DeNiro, 1988; Szpak et al., 2013; Warinner et al, 2013).

Para a degradação da cama de frango presente no interior dos “litter bags”, foi realizada uma estimativa de desaparecimento do material rente ao solo (Figura 3) durante todo o período experimental, sendo verificado que não houve a degradação total do adubo presente. É possível constatar que para a total degradação da cama de frango presente seriam necessários aproximadamente 236 dias.

A decomposição da cama de frango é dependente da atividade microbiana, dos microrganismos do solo e do teor de matéria orgânica e está relacionada a fatores intrínsecos ao material como a composição dos tecidos e a fatores ambientais tais como a chuva e temperatura. A matéria orgânica possui uma velocidade de degradação maior, restando no solo apenas a maravalha que constituía o adubo orgânico.

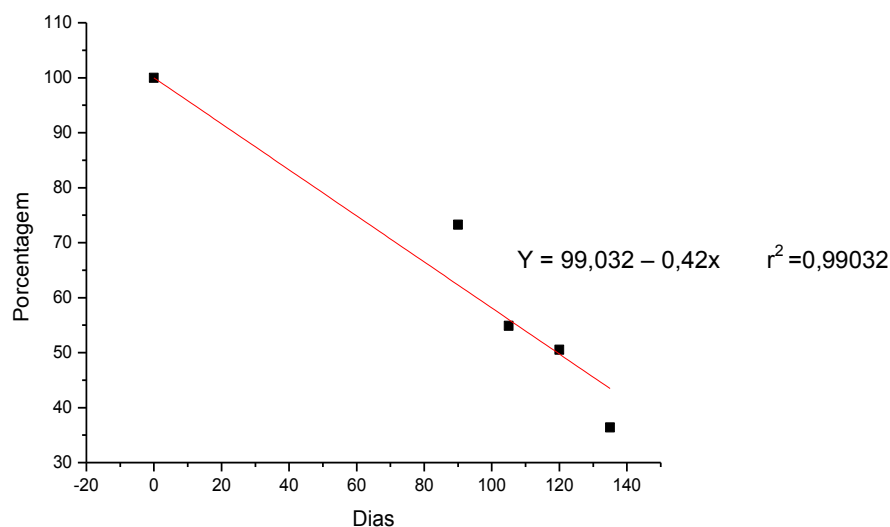


Figura 3. Estimativa de desaparecimento do adubo durante o período experimental.

Com base nesses dados, as composições isotópicas de nitrogênio de fertilizantes nitrogenados inorgânicos são bem documentadas na literatura (Freyer, 1974; Vitoria et. al, 2004). Kendall (1998) comenta que fertilizantes nitrogenados sintéticos têm, geralmente, valores de isótopos de nitrogênio entre -4 e 4 ‰, o que corroboram com os encontrados no presente estudo (ureia: $\delta^{15}\text{N} = 2,09\text{‰}$), excetuando-se a cama de frango com valor de $\delta^{15}\text{N} = 13,36\text{‰}$. Trabalhos realizados na UNESP – Botucatu, concluíram que para $\delta^{15}\text{N}$ do adubo orgânico teve valor de 16,84‰. (Factori, 2014) e 12,64‰ Seraphim (2014) (ambos dados não publicados).

A fertilidade do solo bem como a adubação tem efeito direto na produção de forragem. A maior eficiência no uso do N 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 (Corsi e Nussio, 1993). No presente estudo, embora não tenha sido mensurado o acréscimo de nutrientes no solo oriundos da cama de frango, pode-se inferir que há contribuição não só do N, mas sim também de outros nutrientes, dentre eles o fósforo e potássio, responsivos também para a produção da forrageira.

Partindo do princípio da utilização de N do solo ou provido da adubação descrito anteriormente, a possibilidade de se utilizar a metodologia de isótopos estáveis de nitrogênio para determinação do valor isotópico de N depende do tipo e composições de isótopos de nitrogênio de fertilizantes em geral, utilizado na agricultura orgânica e convencional são diferentes e que a composição isotópica do

nitrogênio da cultura a ser cultivada é fortemente influenciada pela composição isotópica do nitrogênio do fertilizante aplicado (BATEMAN e KELLY, 2007). Ainda os mesmos autores concluíram que mesmo que a primeira condição seja geralmente atendida, há muitos fatores que são susceptíveis de influenciar a composição isotópica do nitrogênio da cultura a ser cultivada incluindo a forma química do nitrogênio do adubo (por exemplo, NO_3^- , NH_4^+ , orgânico N), o momento da aplicação de fertilizantes, tipo e condições do solo, outros fontes de nitrogênio, por exemplo, deposição atmosférica, da água de irrigação, o uso de leguminosas, e a história cultivo do solo.

Para que o nitrogênio provindo da adubação química e orgânica, possa ser utilizado como um discriminador útil o efeito de fertilizante em colheita deve predominar sobre esses outros fatores. Os valores de ^{15}N para os fertilizantes acima apresentados são valores para o nitrogênio total nestas amostras. Para os fertilizantes nitrogenados sintéticos, a forma do nitrogênio é conhecida, mas para os fertilizantes que podem ser permitidas nos sistemas orgânicos, a fração do nitrogênio presente como N orgânico, NH_4^+ , NO_3^- , é desconhecida. Mesmo quando a forma de nitrogênio aplicado é conhecida, fracionamentos isotópicos associados com transformações de nitrogênio podem ocorrer antes da absorção por uma planta, e a magnitude destes fracionamentos depende da umidade e temperatura das condições do solo.

Fertilizantes inorgânicos (sintéticos) são normalmente aplicados como grânulos de diâmetro de 25mm/grânulos que são solúveis em água, muitas vezes ocorre a libertação de nitrogênio, como formas de nitrogênio inorgânico. Após os grânulos serem dissolvidos, N⁻ está imediatamente disponível para as plantas, diferentemente do processo que ocorre na cama de frango. Há liberação de NH_4^+ , em seguida, a nitrificação de amônio para nitrato. Essa nitrificação ocorre geralmente antes de o nitrogênio ser absorvido pelas plantas.

Transformações de nitrogênio são acompanhadas por fracionamento de isótopos que podem afetar as composições isotópicas das espécies de nitrogênio. Por exemplo, o gás amoníaco (NH_3) pode formar, após a aplicação de ureia sintética, e algumas perdas de nitrogênio para a atmosfera, particularmente, quando os solos estão secos, pode ocorrer. Quando a volatilização ocorre, há uma perda preferencial do isótopo de amônia $^{14}\text{NH}_3$ comparação com $^{15}\text{NH}_3$ deixando o nitrogênio residual no solo mais enriquecido em ^{15}N . Em contraste com fertilizantes inorgânicos, adubos e compostos normalmente contêm pequenas quantidades de nitrogênio solúvel e nitrogênio orgânico que sofre mineralização antes que seja disponível para as plantas, processo ocorrido na cama de frango no presente trabalho. Entretanto, adubos

inorgânicos também são susceptíveis a perdas de nitrogênio por volatilização, e, como é o caso para as perdas de amônia após a aplicação de ureia sintética, a volatilização resultará no enriquecimento de ^{15}N na fração remanescente.

Processos de ciclagem de nitrogênio e seus fracionamentos associados são uma das razões pelas quais os valores de ^{15}N planta podem não corresponder com o valor de isótopos de nitrogênio do fertilizante aplicado. Além disso, as culturas também usam nitrogênio pré-existente que está no solo, por meio da matéria orgânica. As sugestões por Nakano et al. (2003) e Choi et al. (2003) que a composição de isótopos de nitrogênio de uma cultura pode ser um discriminador adequado entre orgânica e convencionalmente produtos cultivados foram baseadas em resultados de experimentos controlados de cultivo em que as culturas foram cultivadas usando fertilizantes nitrogenados inorgânicos ou usando um tipo de fertilizante que pode ser permitidas nos agricultura orgânica. Nesses experimentos, outros fatores que podem influenciar ^{15}N na colheita foram mantidos os mesmos entre os tratamentos. Outros estudos têm mostrado que o tempo de aplicação de fertilizantes (Choi et al. 2003) , as condições de umidade do solo, a concentração de nitrato e composição isotópica do nitrogênio do nitrato na água de irrigação podem todos ser influente na determinação da composição isotópica do nitrogênio da cultura.

Provavelmente, a melhor avaliação de ser a abordagem de isótopos de nitrogênio tem qualquer futuro como uma ferramenta adequada para discriminar entre produtos orgânicos e cultivados convencionalmente pode ser feita a partir de um levantamento dos valores de ^{15}N de autênticas culturas cultivadas comercialmente de todo uma ampla distribuição geográfica, no entanto como no presente estudo, as condições geográficas e climáticas são as mesmas, as diferenças nas composições de isótopos de nitrogênio no capim estudado é, atribuída à influência de fertilizante utilizado e a época de vedação em comparação ao momento da aplicação do mesmo.

CONCLUSÃO

A técnica dos isótopos estáveis do nitrogênio foi eficaz na discriminação, da presença de adubação inorgânica e orgânica, na pastagem *Urochloa brizantha* cv. Marandu diferida.

Para a composição bromatológica, a fonte de N não influenciou a qualidade do capim, recomendando-se o primeiro momento da vedação para a promoção de melhor qualidade da forragem diferida.

Houve diferença para produtividade do capim em função do adubo utilizado e épocas de corte (estacionalidade) nas condições experimentais do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. Recuperação da produtividade de pastagem de "*Brachiaria brizantha*" cv. Marandu com adubação nitrogenada e fosfatada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004. Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: SBZ, 2004. CD-Rom.

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

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.

BALSALOBRE, M.A.A.; SANTOS, P.M.; BARROS, A.L.M. Inovações tecnológicas, investimentos financeiros e gestão de sistema de produção animal em pastagens. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 19, Piracicaba, 2002. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2002, p.1-30

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, p.1281-1288, 2006.

BATEMAN, A.S.; KELLY,S.D. Fertilizer nitrogen isotope signature. **Isotope in environmental and Health Studies**. Vol. 43, nº 3, p. 237-247, September, 2007.

BATEMAN, A. S., Kelly, S. D., and Jickells, T. D. (2005). Nitrogen isotope relationships between crops and fertilizer: implications for using nitrogen isotope analysis as an indicator of agricultural regime. **J. Agric. Food Chem.** 53, 5760–5765. doi: 10.1021/jf050374h

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.

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 15 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 17/7/2001, Brasília DF, 2001.

BRASIL, Instrução normativa nº 25, Secretaria de Defesa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2009.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 2, p. 195- 200, maio/ago. 1991.

CORSI, M. Pastagem de alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.499-512, 1986

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.

COSTA, N.L.; OLIVEIRA, J.R. Épocas de vedação e utilização de *Andropogon guayanus* cv. Planaltina em Rondônia. Rondônia: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (**EMBRAPA**)/**CPAF Rondônia**, 1992. 4p. (Comunicado Técnico, 103.)

CHOI, W., Arshad, M., Chang, S., and Kim, T. (2006). Grain ¹⁵N of crops applied with organic and chemical fertilizers in a four-year rotation. **Plant Soil** 284, 165–174. doi: 10.1007/s11104-006-0038-8

CHOI, W.J.; H.M. Ro, E.A. Hobbie. Patterns of natural ¹⁵N in soils and plants from chemically and organically fertilized uplands. **Soil Biol. Biochem.**, 35, 1493–1500 (2003)

FRIEND, A.L.; ROBERTS, S.D.; SCHOENHOLTZ, S.H.; MOBLEY, J.A. & GERARD, P.D. Poultry litter application to Loblolly pine forests: Growth and nutrient containment. **J. Environ. Qual.**, 35:837-848, 2006.

Freyer, H.D.; A.I.M. Aly. Nitrogen-15 variations in fertilizer nitrogen. **J. Environ. Qual.**, 3, 405–407 (1974)

GIRARDIN, P.; TOLLENAAR, M. & MULDON, J.F. The effect of temporary N starvation on leaf photosynthetic rate and chlorophyll content of maize. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, **65**(3):491-500, 1985.

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

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA. <http://www.ibge.gov.br> (26 maio 2004). Acesso em: 19 de março de 2014.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013. Disponível em: www.inmet.gov.br/portal/

Keegan, W. F., and DeNiro, M. J. (1988). Stable carbon- and nitrogen-isotope ratios of bone collagen used to study coral-reef and terrestrial components of prehistoric Bahamian diet. **Am. Antiq.** 53, 320–336. doi: 10.2307/281022

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).

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

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M. Diferimento de pastagens. *Preços Agrícolas*, v.15, n.173, p.15-18, 2001.

McGRATH, S.; MAGUIRE, R.O.; TACY, B.F. & KIKE, J.H. Improving soil nutrition with poultry Litter application in low input forage systems. ***Agron. J.***, 102:48-54, 2009.

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

NAKANO, A.Y.; Uehara,A.Yamauchi. Effect of organic and inorganic fertigation on yields, $\delta^{15}\text{N}$ values, and $\delta^{15}\text{N}$ values of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Saturn). ***Plant Soil***, 255, 343–349 (2003).

NYAKATAWA, E.Z.; REDDY, K.C & BROWN, G.F. Residual effect of poultry litter applied to cotton in conservation tillage systems on succeeding rye and corn. ***Field Crops Res***, 71:159-171, 2001.

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. Soil microbiology and biochemistry. **Academic Press**, California, 1996, 340p.

PREUSCH, P.L.; ADLER, P.R.; SIKORA, L.J.; TWORKOSKI, T.J. Nitrogen and phosphorus availability in composted and uncomposted poultry litter. ***Journal of Environmental Quality***. v.31, p.2051-2057, 2002.

SCHAEFFER, E.; CAUGANT, M. Traçabi- lité guide pratique pour l'agriculture e l'industrie alimentaire. **ACTA-ACTIA**, 1998.

Szpak, P., White, C. D., Longstaffe, F. J., Millaire, J.-F., and Vásquez Sánchez, V. F. (2013). Carbon and nitrogen isotopic survey of northern Peruvian plants: baselines for paleodietary and paleoecological studies. *PLoS ONE*8:e53763. doi: 10.1371/journal.pone.0053763

VITÓRIA, L. N.; Otero,A. Soler,A. Canals. Fertilizer characterization: isotopic data (N, S, O, C, and Sr). ***Environ. Sci. Technol.***, 38, 3254–3262 (2004).

Warinner, C., Garcia, N. R., and Tuross, N. (2013). Maize, beans and the floral isotopic diversity of highland Oaxaca, Mexico. *J. Archaeol. Sci.* 40, 868–873. doi: 10.1016/j.jas.2012.07.003

CAPÍTULO 3

IMPLICAÇÕES

A utilização da técnica dos isótopos estáveis do nitrogênio para a rastreabilidade da pastagem é de grande valia para o mercado nacional e internacional.

No entanto, 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. Os nossos animais, de grande maioria, são provenientes de pastagem.

Novos estudos devem ser realizados para que possamos melhor compreender a dinâmica do adubo orgânico com a variação natural do isótopo ^{15}N . Visto que há proibição da cama de frango para a alimentação animal, os produtores estão utilizando este material como fonte de nitrogênio tanto para a fertilidade da pastagem quanto, de forma indireta, para a alimentação animal.

Outros fatores também estão em pauta para novos estudos: a presença de diferentes tipos de solos brasileiros, visto que alguns trabalhos constatam a diferença no sinal isotópico entre solos arenosos e argilosos; diversificação das espécies forrageiras; sistemas de manejo das pastagens.