

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 30/03/2021.

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

**DINÂMICA DE SERAPILHEIRA E VOLATILIZAÇÃO DE NH₃
EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU COM E SEM
NITROGÊNIO OU CONSORCIADOS COM AMENDOIM
FORRAGEIRO**

Vanessa Zironi Longhini
Zootecnista

2020

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

**DINÂMICA DE SERAPILHEIRA E VOLATILIZAÇÃO DE NH₃
EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU COM E SEM
NITROGÊNIO OU CONSORCIADOS COM AMENDOIM
FORRAGEIRO**

Discente: Vanessa Zirondi Longhini

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Coorientador: Dr. Abmael da Silva Cardoso

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

2020

L854d

Longhini, Vanessa Zirondi

Dinâmica de serapilheira e volatilização de NH₃ em pastos de capim-marandu com e sem nitrogênio ou consorciados com amendoim forrageiro / Vanessa Zirondi Longhini. -- Jaboticabal, 2020

131 p. : il. + 1 CD-ROM

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

Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri

Coorientador: Abmael da Silva Cardoso

1. Leguminosas forrageiras (*Arachis pintoi*). 2. Pastagens manejo.
3. Serapilheira. 4. Ureia. 5. Volatilização de amônia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DINÂMICA DE SERAPILHEIRA E VOLATILIZAÇÃO DE NH_3 EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU COM E SEM NITROGÊNIO OU CONSORCIADOS COM AMENDOIM FORRAGEIRO

AUTORA: VANESSA ZIRONDI LONGHINI

ORIENTADORA: ANA CLÁUDIA RUGGIERI

COORIENTADOR: ABMAEL DA SILVA CARDOSO

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

Prof. Dra. ANA CLÁUDIA RUGGIERI (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. ROBERT DE OLIVEIRA MACEDO (VIDEOCONFERÊNCIA)
UFRRJ / Seropédica/RJ

Prof. Dr. ROBERT MICHAEL BODDEY (VIDEOCONFERÊNCIA)
Embrapa Agrobiologia / Seropédica/RJ

Pos-doutoranda ANGÉLICA SANTOS RABELO DE SOUZA BAHIA (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pós-doutoranda LIZIANE DE FIGUEIREDO BRITO (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 30 de março de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VANESSA ZIRONDI LONGHINI – nascida em Araçatuba, SP, no dia 18 de julho de 1991. Zootecnista pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FEIS–UNESP), Câmpus de Ilha Solteira (2º semestre de 2009 – 2º semestre de 2013), como 1ª colocada na VII Turma de Zootecnia. Durante a graduação foi orientada pelo professor Marcelo Andreotti, obtendo uma bolsa de seis meses pela Fundação de Pesquisa, Ensino e Extensão de Ilha Solteira (FEPISA) e uma bolsa de um ano pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, nº 12/19114-3). Durante a graduação obteve premiações como: "Melhor Aluna" do 1º, do 2º, do 3º e do 4º ano do Curso de Zootecnia de 2010 a 2013, Faculdade de Engenharia do Câmpus de Ilha Solteira – UNESP; Prêmio do Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de São Paulo a 1ª Colocada no Curso de Zootecnia (2013), Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de São Paulo - CRMV – SP (2014), e Honra ao Mérito (Pela primeira colocação na VII Turma de Zootecnistas), Faculdade de Engenharia do Câmpus de Ilha Solteira - UNESP (2014). Em março de 2014 deu início ao curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FMVZ–UNESP), Câmpus de Botucatu, como bolsista da FAPESP (nº 14/12950-6). Obteve o título de Mestra em Zootecnia em 04 de fevereiro de 2016 sob a orientação do Prof. Dr. Ciniro Costa. Iniciou seu doutorado no mês de março de 2016 na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV–UNESP), Câmpus de Jaboticabal, sob a orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri, onde também foi bolsista da FAPESP (nº 16/11086-1). Durante os períodos de outubro de 2018 a outubro de 2019 realizou Doutorado Sanduíche na University of Florida (BEPE – FAPESP, nº 18/08567-3) sob a supervisão do Prof. Dr. José Carlos Batista Dubeux Junior.

Epígrafe

“Thus, the task is not so much to see what no one yet has seen, but to think what nobody yet has thought about that which everybody sees”.

Arthur Schopenhauer

Dedicatória

Aos meus amados pais Sidemar e Mirtes, e à minha irmã Vivian, por todo amor, exemplo de vida, incentivo, conselhos e orações. Ao meu noivo Luan pela paciência, amor e auxílio durante essa jornada. A vocês minha mais sincera e eterna gratidão!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Nossa Senhora Aparecida e Nossa Senhora de Fátima, por iluminarem meus caminhos, tornando possível a realização dos meus sonhos.

Aos meus amados pais, Sidemar e Mirtes, por todo o amor, dedicação, exemplo de caráter e carinho. Agradeço o apoio e incentivo para a realização dos meus sonhos e objetivos. Sem vocês nada disso seria possível. A vocês dedico minha vida, meu respeito, admiração, carinho e eterno amor. Vocês são o meu maior orgulho.

À minha irmã Vivian e ao meu cunhado Paulo, pelo amor, carinho, companheirismo, pelas palavras doces, momentos de alegrias, desabafos e conforto. Obrigada por estarem sempre presentes em minha vida.

Ao meu noivo, Luan, o qual me proporcionou e proporciona momentos de felicidade, carinho, amor, paciência, afeto, dedicação e auxílio durante essa jornada, tanto no Brasil como nos Estados Unidos. Agradeço também à sua família pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos de decisões.

A todos meus familiares por parte do Zironi, do Longhini e os agregados, que mesmo longe, nunca deixaram de manter contato, apoiando minhas decisões e incentivando em minha formação.

À minha querida orientadora, Dra. Ana Cláudia Ruggieri, por ser esse ser humano incrível e tornar meu sonho possível. Agradeço a oportunidade, conversas, conselhos, ensinamentos, amizade, incentivo e confiança. Poder contar com seu carinho e apoio foi fundamental para meu crescimento pessoal e profissional. Meu eterno carinho, admiração e respeito à senhora.

Ao meu estimado coorientador, Dr. Abmael da Silva Cardoso, agradeço por sua amizade, disposição, conversas, conselhos, ensinamentos, incentivo, apoio, momentos de descontração, auxílio e suporte durante todo meu Doutorado. Agradeço por sempre me manter calma nos momentos em que eu mais precisei.

Ao Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis, pelos ensinamentos, sugestões, ótimas contribuições e auxílios para a condução desse projeto. Agradeço também à sua equipe, em especial: Débora, Diego, Erick, Fernando, Lutti, Marina, Rhaony e Thaís, que inúmeras vezes nos auxiliaram para que esse trabalho fosse concluído com êxito.

Ao Dr. Robert Michael Boddey por todo ensinamento, auxílio durante a condução do experimento e apesar da distância sempre se fez presente acompanhando nosso projeto. Deixo meu agradecimento especial à Isabel Carvalho Pós-Doutoranda na Embrapa Agrobiologia, que sempre foi tão prestativa, me auxiliando nas análises de isótopos, e sempre tão amável, mesmo não nos conhecendo pessoalmente fica meu carinho e admiração por você.

Aos amigos do Setor de Forragicultura e Pastagem da FCAV/Unesp: Adeline Ronquim, Amanda Montovani, Andressa Berça, Ariana, Darlena Carolina, Dayla Bahia, Emerson Henrique Silva, Estela Januszkiewicz, Felipe Pizarro, Flávia van Cleef, Gustavo Wallace, Jonathan Versuti, Liziane Brito, Lucas Tosi, Luiza Oliveira, Mariane Rodrigues, Natália Souza, Nayara Medeiros, Paula Toledo, Pedro Borges, Pedro Henrique Gonçalves, Rhayane Borella, Rodolfo Lumasini, Rodrigo Pavan, Tiago Nascimento, Vitor Hugo Lombardi, Víctor Novaes, Willian Magnabosco, pela amizade, companheirismo e por toda a dedicação durante a condução do experimento. Aos estagiários vindos de outras instituições: Aline Barbosa, Augusto Flório, Bruno Sperandio, Carol Silva, Darlan Marcelino, Daybson Santos, Gustavo Caetano, José Henrique Cardoso e Luciana Pacheco, que nos auxiliaram durante o período de férias na condução dos experimentos, agradeço a participação de cada um de vocês. Sem vocês nada seria possível.

À minha eterna companheira e amiga de experimento Andressa Berça, sem você me apoiando e me levantando de cada tombo (literalmente) nada disso seria possível. Obrigada por tornar cada dia mais leve, mesmo estando embaixo de sol consertando cerca ou cano de água estourado, ou correndo atrás das vacas que fugiam pela faculdade. Obrigada por ser o menino (na força e por andar a cavalo) que eu tanto pedi para nossa orientadora. Aqui escrevo com alegria que tudo deu mais que certo.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária (FCAV/Unesp) – Campus de Jaboticabal, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, professores e funcionários da Seção de Pós-Graduação meus agradecimentos pela formação acadêmica, crescimento profissional e pela oportunidade da realização de um sonho.

À Supervisão das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão da FCAV/Unesp – Campus de Jaboticabal e a todos os funcionários, em especial Abimael, Adeir,

Arnaldo, Fernando, Júlio, Michael, Renato Cruz, Sebastião Silva, Turquinho e Uanderson Silva pelo apoio logístico, de infraestrutura, principalmente na reconstrução das cercas dos piquetes e ajuda na condução do experimento.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial Cássia Carnevalli e Camila Eduardo pelo suporte a questões burocráticas ou de infraestrutura para o setor e pela amizade.

À Ana Paula Sader e ao Sr. Orlando Agostini responsáveis pelo Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da FCAV/Unesp pelos ensinamentos, amizade, auxílio na realização de análises e momentos de descontração.

Aos meus queridos Professores de Ilha Solteira e Botucatu, em especial ao Prof. Dr. Marcelo Andreotti pela orientação durante a graduação e ao Prof. Dr. Ciniro Costa e Paulo Roberto Meirelles pela orientação e coorientação durante o mestrado. Agradeço imensamente por todos ensinamentos, carinho e amizade durante minha jornada acadêmica.

Aos queridos amigos de Araçatuba, Ilha Solteira, Botucatu e Jaboticabal que mesmo com a distância sempre se fizeram presentes, em especial Airton Vendramini, Allan Troni, Amanda Lapa, Bruna Guariza, Cláudia Troni, Denise Tsuzukibashi, Flávia van Cleef, Franciéli Carvalho, Frederico Werneck, Michelle Ramos, Natália Ávila, Natanne Miasaki, Suélen Guimarães, Verena Ricardo e Wilton Ladeira, obrigada por tornarem meus dias mais alegres.

Ao prof. Dr. José Carlos Batista Dubeux Júnior e família que me acolheram com tanto carinho nos Estados Unidos. Obrigada por todo ensinamento, auxílio, amizade, respeito e engrandecimento profissional e pessoal. Agradeço também a Forage Team, Bruno Homem, Carlos García, David Jaramillo, Erick Santos, Fabio Pinesi, Flávia van Cleef, Izabela Gomes, Liza Garcia, Luana Dantas, Luana Zagato, Rayanne Souza por todos momentos de aprendizado e descontração, vocês tornaram meus dias melhores. A vocês minha eterna gratidão!

Ao prof. Dr. Nicolas Diloranzo e família por todo ensinamento e momentos alegres compartilhados. Agradeço também sua equipe em especial Federico Podversich, Federico Tarnonsky, Gleise Medeiros, Juan Ignacio, Juan Sebastian, Mariana Garcia e Sergio Roskopf pela amizade e momentos de alegria compartilhado.

À University of Florida, professores/pesquisadores e funcionários por tornarem possível a realização do Doutorado Sanduíche.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP nº 2016/11086-1, vigência 10/2017 – 02/2020); O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.(vigência 03/2016 – 09/2017) pela concessão de bolsa de estudo de Doutorado. À FAPESP (Temático nº 2015/16631-5) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (nº 404169/2013-9) pelo auxílio à pesquisa. À FAPESP pela bolsa estágio de pesquisa no exterior (BEPE nº 2018/08567-3). As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade da autora e não necessariamente refletem a visão da FAPESP, da CAPES e do CNPq.

Enfim, agradeço a todos que não foram citados, mas foram de igual importância e fizeram parte de cada momento da minha vida, e que de alguma forma contribuíram para meu engrandecimento pessoal e profissional. A todos meus mais sinceros agradecimentos. Sem o apoio de vocês nada seria possível.

“Every person that comes into our life comes for a reason; some come to learn, and others come to teach”.

Antoine de Saint-Exupéry

SUMÁRIO

Página

RESUMO	iii
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	1
1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	2
2.1 Manejo de pastos de capim-marandu	2
2.2 Adubação nitrogenada	4
2.3 Amendoim forrageiro (<i>Arachis pinto</i>)	6
2.4 Consórcio entre pastos de capim-marandu e amendoim forrageiro	8
2.5 Deposição e decomposição da serapilheira	9
2.6 Volatilização da amônia	13
3. Referências	16
CAPÍTULO 2 – Canopy characteristics of grazed N-fertilized palisadegrass or during establishment of palisadegrass-forage peanut mixtures ¹	31
Abstract	31
Introduction	32
Materials and methods	34
Results and discussion	41
Summary and conclusion	58
References	59
CAPÍTULO 3 – Nitrogen fertilizer and environmental conditions affect litter deposition in warm-climate grasslands during pasture establishment ¹	68
Abstract	68
Introduction	69
Materials And Methods	71
Results	76
Discussion	77
Conclusion	81
References	82
CAPÍTULO 4 – Nitrogen supply and season affect ammonia emissions from dairy cattle excreta and urea fertilizer applied on warm-climate pastures ¹	93
Abstract	93
Introduction	94
Materials and Methods	96
Results	101
Discussion	104
Conclusion	109
References	110
CAPÍTULO 5 – Considerações finais	128



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 10356/14 do trabalho de pesquisa intitulado **"Pastagem de capim-marandu manejada com fertilizante nitrogenado ou em consórcio com leguminosa na mitigação de gases de efeito estufa"**, sob a responsabilidade da Prof.^a Dr.^a Ana Cláudia Ruggieri está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 07 de julho de 2014.

Jaboticabal, 07 de julho de 2014.

Prof.^a Dr.^a Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

DINÂMICA DE SERAPILHEIRA E VOLATILIZAÇÃO DE NH_3 EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU COM E SEM NITROGÊNIO OU CONSORCIADOS COM AMENDOIM FORRAGEIRO

RESUMO – A inclusão de leguminosas em sistemas de gramíneas têm sido utilizadas com o objetivo de reduzir ou substituir a adubação nitrogenada, por meio da fixação biológica de nitrogênio atmosférico, via simbiose entre leguminosas-bactérias. Além disso, melhoras no aproveitamento do alimento pelo animal podem ocorrer, diminuindo a quantidade de nitrogênio excretado ao ambiente, pela urina e fezes. A volatilização de amônia nas excretas bovinas provenientes de pastos tropicais é pouco conhecida, e menos ainda sobre pastos tropicais em consórcio com leguminosa. Diante do exposto, esta tese teve como objetivo avaliar o uso do amendoim forrageiro (*Arachis pintoï* Krapov. & W.C. Greg) em consórcio com capim-marandu [*Urochloa brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) R. D. Webster cv. 'Marandu'] como estratégia de substituição ao uso do adubo nitrogenado ureia em sistemas de produção de forragem. Para isso, três estudos foram realizados. O primeiro estudo avaliou respostas da forragem à diferentes entradas de N e tipos de forragem durante o estabelecimento sob lotação rotacionada. Os tratamentos incluíram o amendoim forrageiro em consórcio com capim-marandu, capim-marandu sem adubação nitrogenada e capim-marandu adubado com ureia ($150 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). O segundo estudo avaliou como as estratégias de manejo de pastos de capim-marandu afetam as taxas de deposição e decomposição da serapilheira, bem como a composição química da serapilheira dois anos após a semeadura. Os tratamentos foram os mesmos avaliados no primeiro estudo. No terceiro estudo, realizamos três experimentos de campo (estação chuvosa, de transição e seca) para quantificar as emissões de amônia (NH_3), simulando a aplicação de urina e fezes de novilhas, e ureia em pastos de capim-marandu no Brasil. As excretas das novilhas foram provenientes dos tratamentos do primeiro estudo, ou seja, pastos de capim-marandu sob três formas de suprimento de N (0, 150 kg N ha^{-1} ou em consórcio com leguminosa). O adubo nitrogenado aumentou a massa foliar do capim-marandu ($2470 \text{ kg MS ha}^{-1}$) em comparação aos tratamentos não adubado e consorciado com amendoim forrageiro (1700 e $1310 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente). A porcentagem de

N derivado da atmosfera (% Ndfa) para o amendoim forrageiro variou de 79 a 85% e a fixação biológica de N₂ (BNF) variou de 0,7 a 2,6 kg N ha⁻¹ ciclo⁻¹. A adubação nitrogenada aumentou a massa existente e a taxa de deposição de serapilheira (2380 e 21 kg ha⁻¹ MO, respectivamente) em comparação com o capim-marandu em monocultura (1670 e 16 kg ha⁻¹ MO, respectivamente) ou em consórcio com o amendoim forrageiro (1470 e 17 kg ha⁻¹ MO, respectivamente); ambas as variáveis foram afetadas pelas condições climáticas, com baixa taxa de deposição da serapilheira e massa existente nos meses com pouca chuva (GC4). O capim-marandu adubado com N apresentou maior concentração de N na serapilheira ($7,9 \pm 0,4$ g kg⁻¹ MO), resultando em menor relação C:N ($34,0 \pm 2,8$) do que em pastos de capim-marandu em monocultura ou consorciados com a leguminosa ($44,1$ e $57,7 \pm 2,8$, respectivamente). As perdas de N aplicado na forma de NH₃ entre as estações variaram entre 7,6 e 16,6% (média 11,7%) na urina, entre 1,4 a 2,9% (média 2,0%) nas fezes, e entre 11,2 a 20,5% (média 14,8%) na ureia, mostrando que a volatilização de NH₃ na urina foi significativamente maior do que nas fezes, em todas as estações. A emissão de NH₃ nas excretas de novilhas sob pastejo em pastos de capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro apresentaram menor emissão de NH₃ do que nas excretas provenientes de novilhas mantidas em pastos de capim-marandu adubado com nitrogênio. No geral, os benefícios do amendoim forrageiro foram mínimos porque a porcentagem de leguminosas foi ~10%. A adubação nitrogenada aumentou a taxa de deposição da serapilheira, bem como a massa existente e a concentração de N, enquanto a baixa proporção da leguminosas no sistema consorciado não foi suficiente para melhorar a ciclagem de nutrientes no ecossistema de pastagem. Excretas das novilhas e ureia depositadas em pastos de clima tropical apresentaram maiores emissões de NH₃ principalmente na estação chuvosa.

Palavras-chave: amendoim forrageiro, ciclagem de nutrientes, emissão de amônia, manejo de pasto, ureia.

LITTER DYNAMICS AND NH₃ VOLATILIZATION IN MARANDU GRASS PASTURE WITH AND WITHOUT NITROGEN OR MIXED WITH FORAGE PEANUT

ABSTRACT – Legume inclusion in grass systems may reduce or replace the nitrogen fertilization, through the biological fixation of atmospheric nitrogen by the legume-bacterial symbiosis. Furthermore, improvement in animal nutrition can occur, decreasing the amount of nitrogen excreted into the environment via urine and dung. There have been few studies to quantify ammonia emissions from bovine excreta deposited in tropical pastures, and even fewer in warm-season grass-legume mixtures. Therefore, this thesis aimed to evaluate the use of forage peanut (*Arachis pinto* Krapov. & W.C. Greg) mixed with palisadegrass [*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. 'Marandu'] as a strategy to replace nitrogen fertilizer in forage production systems. Three studies were performed. The first study evaluated herbage responses to N inputs and forage types during establishment under rotational stocking. Treatments included palisadegrass-forage peanut mixture, unfertilized palisadegrass, and palisadegrass fertilized with urea (150 kg N ha⁻¹ yr⁻¹). The second study evaluated how sward management strategies of palisadegrass pastures affected the litter deposition and decomposition rates, as well as litter chemical composition two years after seeding. The treatments were the same as those evaluated in the first study. In the third study, we conducted three field trials (wet, transition, and dry season) to quantify the ammonia (NH₃) emissions, simulating application of heifer urine, dung, and urea fertilizer on warm-climate grasslands in Brazil. Heifer excreta were derived from the treatments of the first study, i.e. pastures of palisadegrass under three forms of N supply (0 or 150 kg N ha⁻¹ or mixed with legume). Nitrogen fertilizer increased leaf mass (2470 kg DM ha⁻¹) compared with the control and mixed treatments (1700 and 1310 kg DM ha⁻¹, respectively). The percentage of N derived from atmosphere (%Ndfa) for forage peanut ranged from 79 to 85% and the biological N₂ fixation (BNF) input ranged from 0.7 to 2.6 kg N ha⁻¹ cycle⁻¹. Nitrogen fertilization increased existing litter mass and litter deposition rate (2380 and 21 kg ha⁻¹ OM, respectively) compared with grass in monoculture (1670 and 16 kg ha⁻¹ OM, respectively) or legume-grass mixtures (1470 and 17 kg ha⁻¹ OM, respectively); both variables were affected by weather conditions, with low litter

deposition rate and low existing litter in the grazing cycles with poor rainfall (GC4). Nitrogen fertilized palisadegrass had greater litter N concentration ($7.9 \pm 0.4 \text{ g kg}^{-1}$ OM) resulting in lower C:N ratio (34.0 ± 2.8) than in monoculture or legume-grass mixtures (44.1 and 57.7 ± 2.8 , respectively). Nitrogen applied lost as NH_3 emission across seasons ranged between 7.6 to 16.6% (mean 11.7%) for urine, 1.4 to 2.9% (mean 2.0%) for dung, and 11.2 to 20.5% (mean 14.8%) for urea, showing that NH_3 emission from urine was significantly greater than from dung, for all seasons. Heifer excreta from grass-legume mixture had lower NH_3 emission than excreta from the N fertilized pasture. Urea fertilizer broadcast on palisadegrass presented greater NH_3 emissions in the wet season compared with the dry season but did not differ from the transition season. Overall, benefits from the forage peanut were minimal as legume percentage was ~10%. Nitrogen fertilization increased litter deposition rate as well existing litter mass and litter N concentration, whereas the low proportion of legume in the grass-legume mixtures was not enough to enhance litter nutrient cycling in the grassland ecosystem. Heifer excreta and urea fertilizer deposited on warm-climate grasslands increased the NH_3 emission mainly in the wet season.

Keywords: ammonia emission, nutrient cycling, pasture management, forage peanut, urea.

LISTA DE ABREVIATURAS

- %Ndfa** Percentage of nitrogen derived from the atmosphere/ Porcentagem de nitrogênio derivado da atmosfera
- BNF/ FBN** Biological dinitrogen fixation/ Fixação biológica de nitrogênio
- C** Carbon/ Carbono
- C:N ratio** Carbon:Nitrogen ratio/ relação Carbono:Nitrogênio
- Ca(NO₃)₂** Calcium nitrate/ Nitrato de cálcio
- CO(NH₂)₂** Urea/ Ureia
- CO₂** Carbon dioxide/ Dióxido de carbono
- CP/ PB** Crude protein/ Proteína bruta
- D** Day/ Dia
- DAA** Days after application of treatments/ Dias após aplicação dos tratamentos
- DM** Dry matter/ Matéria seca
- GC** Grazing cycle/ Ciclo de pastejo
- GHG/ GEE** Greenhouse gases/ Gases de efeito estufa
- H⁺** Hydrogen ion/ Íon de hidrogênio
- IPCC** Intergovernmental Panel on Climate Change/ Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
- KNO₃** Potassium nitrate/ Nitrato de potássio
- L:S** Leaf:stem ratio/ relação folha:colmo
- LD_{14d}** Litter deposited after 14 d/ serapilheira depositada após 14 d
- LI** pre-grazing canopy light interception/ Interceptação luminosa pré pastejo
- N** Nitrogen/Nitrogênio
- N₂** Nitrogen atmospheric/ Nitrogênio atmosférico
- N₂O** Nitrous oxide/ Óxido nitroso
- NH₃** Ammonia/ Amônia
- NH₄⁺** Ammonium/ Amônio
- NH₄NO₃** Ammonium nitrate/ Nitrato de amônio
- (NH₄)₂CO₃** Ammonium carbonate/ Carbonato de amônio
- (NH₄)₂SO₄** Ammonium sulfate/ Sulfato de amônio
- SM** Sward management strategies/ Estratégias de manejo de pasto

TAGN Total aboveground nitrogen/ Nitrogênio total acima do solo

TAGN_{PG} Total aboveground nitrogen for palisadegrass/ Nitrogênio total acima do solo para o capim-marandu

TAGN_{FP} Total aboveground nitrogen for forage peanut/ Nitrogênio total acima do solo para o amendoim forrageiro

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 2 – Canopy characteristics of grazed N-fertilized palisadegrass or during establishment of palisadegrass-forage peanut mixtures ¹	31
Table 1. Pre-grazing herbage mass and herbage characteristics of palisadegrass in monoculture, palisadegrass fertilized with N (150 kg ha ⁻¹ , split in three equal applications), or forage peanut–palisadegrass mixed swards.	42
Table 2. Morphological components (leaf, stem, and dead mass), canopy bulk density, and canopy height of palisadegrass in monoculture, palisadegrass fertilized with N (150 kg ha ⁻¹ , split in three equal applications), or forage peanut–palisadegrass mixed swards.	46
Table 3. Morphological components (leaf, stem and dead mass), canopy bulk density, and canopy height of forage peanut. The response variables are means across four replicates, and 2 yr (n = 8).	51
Table 4. Total aboveground N of palisadegrass (TAGN _{PG}) and forage peanut (TAGN _{FP}), nitrogen derived from the atmosphere (%Ndfa) and biological N ₂ fixation (BNF) of forage peanut. The response variables are means across four replicates, and 2 yr (n = 8).....	55
 CAPÍTULO 3 – Nitrogen fertilizer and environmental conditions affect litter deposition in warm-climate grasslands during pasture establishment ¹	68
Table 1. Existing litter, litter deposition, and decomposition of palisadegrass under three nitrogen supply.....	88
Table 2. Chemical composition of deposited litter of palisadegrass three nitrogen supply.....	89
 CAPÍTULO 4 – Nitrogen supply and season affect ammonia emissions from dairy cattle excreta and urea fertilizer applied on warm-climate pastures ¹	93
Table 1. Amount of N concentration in the heifer urine, dung, and urea fertilizer applied on palisadegrass as treatment, and proportion of forage peanut in the dung in the mixed treatment according to the season experimental.	120
Table 2. Summary of the literature reported on ammonia emission factors (% N loss as NH ₃) for cattle excreta (dung and urine) and urea fertilizer applied on tropical grasslands.	121

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	1
Figura 1. <i>Arachis pinto</i> cv. ‘Amarillo’ (A) porte baixo e (B) crescimento estolonífero prostrado com lançamento de estolões horizontais. (Foto: Vanessa Z. Longhini).	6
Figura 2. Representação esquemática dos fatores que afetam a decomposição da serapilheira. Redesenhado de Krishna e Mohan (2017).	11
Figura 3. Amônia volatilizada pela hidrólise da ureia. Adaptado de Núñez et al., (2007).	15
 CAPÍTULO 2 – Canopy characteristics of grazed N-fertilized palisadegrass or during establishment of palisadegrass-forage peanut mixtures ¹	31
Fig. 1. Monthly rainfall and monthly mean air temperatures (maximum, mean, and minimum) from November 2016 to May 2018 in Jaboticabal, Brazil. Arrows indicate the nitrogen application (150 kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ , split in three equal applications) in the fertilized treatment.	35
Fig. 2. Sward management strategies × GC interaction effect on dead herbage mass of palisadegrass ($P < 0.01$, SE = 230). Error bars refer to the SE. †Non-significant. Data are means across 2 yr, and four replicates (n = 8). Different lowercase letter within GC (A) and SM (B) are different according to the PDIFF procedure by LSD test ($P < 0.05$).	49
Fig. 3. Botanical composition of palisadegrass and forage peanut (A) affected by GC ($P < 0.01$, SE = 3) and forage peanut selection index (B) ($P = 0.41$, SE = 1). Error bars refer to the SE. The response variables are means across four replicates, and 2 yr (n = 8). Different lowercase letters are different between GC, according to the PDIFF procedure by LSD test ($P < 0.05$).	53
Fig. 4. Total aboveground N (TAGN) of palisadegrass without N inclusion (control), fertilized with 150 kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ (fertilized), and mixed with forage peanut (mixed) as affected by SM × GC interaction ($P < 0.01$, SE = 12). Error bars refer to the SE. †Non-significant. Data are means across four replicates, and 2 yr (n = 8). Different lowercase letter within GC (A) and SM (B) are different according to the PDIFF procedure by LSD test ($P < 0.05$).	56
 CAPÍTULO 3 – Nitrogen fertilizer and environmental conditions affect litter deposition in warm-climate grasslands during pasture establishment ¹	68
Figure 1. Weekly rainfall and air temperature for the period November 2016 to May 2018 in Jaboticabal, Brazil. Arrows indicate the nitrogen application (150 kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ , split in three equal applications) in the fertilized treatment.	90

Figure 2. Mean of (A) existing litter mass, (B) litter deposition rate, and (C) litter deposited after grazing for palisadegrass pastures under the three N supply treatments during five grazing cycles (GC). Error bars represent standard error. Same letter indicates no difference according to the PDIFF procedure by LSD test ($p < 0.05$). The response variables are means across three treatments, four replicates, and 2 yr ($n = 24$)..... 91

Figure 3. Mean of (A) litter N, and (B) litter C:N ratio for palisadegrass pastures under the three N supply treatments during five grazing cycles (GC). Error bars represent standard error. Same letter indicates no difference according to the PDIFF procedure by LSD test ($p < 0.05$). The response variables are means across three treatments, four replicates, and 2 yr ($n = 24$).....92

CAPÍTULO 4 – Nitrogen supply and season affect ammonia emissions from dairy cattle excreta and urea fertilizer applied on warm-climate pastures¹ 93

Fig. 1. Daily NH_3 flux ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) and cumulative NH_3 emission (% N applied lost as NH_3) for urine, dung, and urea during wet, transition, and dry season. Error bars refer to the standard error of the mean. Data are means across five replicates ($n = 5$). Daily rainfall, air temperature (minimum, average and maximum), and air relative humidity (RH) for each experimental period. Data from Agrometeorological Station, Department of Exact Sciences, UNESP, Jaboticabal Campus, located at 700 m away from the experiment site..... 122

Fig. 2. Cumulative NH_3 emission was affected by excreta type $\times$ season ($p < 0.0001$, $\text{SE} = 1.0$), and fertilizer $\times$ season ($p = 0.0815$, $\text{SE} = 2.8$). Error bars refer to the standard error of the mean (SE). Data are means across five replicates ($n = 5$). Different lowercase letter within season are different according to the PDIFF procedure adjusted by LSD test ($p \leq 0.05$). $P_{\text{Excreta type} \times \text{Fertilizer}}$, P -value for comparison of the average of the two excreta treatments (urine and dung) vs. the average of the fertilizer (urea); $\S$ Season ($p < 0.0001$), excreta type ($p < 0.0001$), excreta type $\times$ N supply ($p = 0.3035$), season $\times$ excreta type $\times$ N supply ($p = 0.0676$)..... 123

Fig. 3. Cumulative NH_3 emission from excreta (urine and dung) was affected by N supply $\times$ season ($p = 0.0025$, $\text{SE} = 1.2$), and N supply ($p < 0.0001$). Error bars refer to the standard error of the mean (SE). Data are means across five replicates ($n = 5$). Different lowercase letter within season are different according to the PDIFF procedure adjusted by LSD test ($p \leq 0.05$). 124

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

Dos tipos de vegetação existentes, as pastagens apresentam melhor distribuição territorial, cobrindo 20% da superfície terrestre global (ZHOU et al., 2020). No Brasil, 159 milhões de hectares são destinados a áreas de pastagem (IBGE, 2017), sendo o pasto, a base alimentar na produção bovina, considerado como a forma mais econômica para o desenvolvimento da pecuária brasileira (DIAS-FILHO, 2014).

As condições das pastagens brasileiras avaliadas pelo IBGE (2017) variam, podendo essas apresentarem algum grau de degradação pelo manejo inadequado ou pela falta de reposição nutricional, bem como pastagens em boas condições, incluindo aquelas em processo de recuperação. O grau de degradação pode ser afetado por fatores climáticos, como secas prolongadas, erosões eólicas ou pluviais, e por fatores ligados às práticas de manejo de pasto inapropriadas, como superpastejo, altas taxas de lotação, ataques de insetos ou pragas, ausência de reposição nutricional, escolha da forrageira, e a exigência nutricional da forrageira (DIAS-FILHO, 2014; ZHOU et al., 2020). Em sistemas consorciados, a escolha da leguminosa e da gramínea se tornam fundamentais para a persistência das forrageiras e para evitar os processos de degradação (BOURSCHEIDT et al., 2019).

O uso da adubação nitrogenada ou consórcio entre gramíneas e leguminosas são considerados como ferramentas no manejo do pasto, fornecendo melhorias na interação solo-planta-animal. O manejo do pasto visando o retorno dos nutrientes ao solo, torna-se importante para reduzir o declínio das pastagens, evitando o início dos processos de degradação (BODDEY et al., 2004).

A adubação nitrogenada tem como objetivo, aumentar a produtividade da forragem, melhorar o valor nutricional do pasto, e consequentemente aumentar o ganho de peso animal (DELEVATTI et al., 2019). Apesar dos diversos benefícios, o uso excessivo de adubos nitrogenados químicos, resultam em impactos ambientais, principalmente por serem oriundos da queima de combustíveis fósseis, contribuindo com a emissão de gases de efeito estufa (GEE) (HASLER et al., 2015) e volatilização

de amônia (NH_3) após aplicação nas pastagens (DUBEUX e SOLLENBERGER, 2020).

A inclusão da leguminosa nos sistemas de gramíneas é considerada como uma alternativa ao uso de adubos nitrogenados, com o intuito de reduzir os impactos ambientais, tornando os sistemas mais sustentáveis (MUIR et al., 2011; MUIR et al., 2017). Outro benefício que pode ocorrer ao sistema, é melhorar o retorno de nutrientes ao solo, via decomposição da serapilheira (KOHMANN et al., 2019; DUBEUX e SOLLENBERGER, 2020) e deposição de urina e fezes de animais nas pastagens (DUBEUX e SOLLENBERGER, 2020), sendo a composição química dessas excretas influenciadas pela dieta fornecida ao animal (HRISTOV et al., 2013). No entanto, excretas bovinas são consideradas como fontes primárias na volatilização da amônia (PHELAN et al., 2015). Embora a amônia não seja considerada como GEE, pode ser utilizada como fonte indireta na formação de óxido nitroso (N_2O) (IPCC, 2019), e deve ser quantificada em todos os sistemas de pastagem.

Portanto, o presente estudo abordará informações voltadas às características morfológicas de pastos de capim-marandu adubados com ureia ou em consórcio com amendoim forrageiro, bem como a formação da serapilheira, e a quantificação da volatilização da amônia nas excretas de novilhas mantidas nesses sistemas de pastagens.

5. CONCLUSION

Urine and dung deposited on warm-climate grasslands are indeed important sources of NH_3 emission. Chemical and physical compositions between excreta provide greater emissions for urine than for dung across all seasons. This study has provided information that palisadegrass + forage peanut pastures may be a possible alternative to reduce N losses by NH_3 emission in the system, directly (lower emissions from the excreta) and indirectly (lower emissions if the

previous pasture is not fertilized and through BNF). Palisadegrass + urea pastures resulted in the greatest NH_3 emission from excreta, and emissions from urea fertilizer must be included in this system. Changing the heifers' diet is a strategy to mitigate the NH_3 emission from excreta and indirectly from the pasture system. Overall, greater NH_3 emission occurred in the wet season than in dry season. Ammonia emission from urea was like the default value estimated by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2019). However, urine and dung NH_3 emission was found lower than the default value, indicating that a single emission factor for excreta may not be appropriate. Aggregating emission data of different Brazilian weather regions and different animal categories will be necessary to provide country-specific emissions data to be used in agriculture inventory calculations.

Acknowledgements

The authors thank the São Paulo Research Foundation (FAPESP, grant 2016/11086-1 and 2017/11274-5, and thematic grants 2015/16631-5); the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (CAPES); the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, grant 404169/2013-9); and a grant Cientista de Nosso Estado for author RMB from the Rio de Janeiro State Research Foundation (FAPERJ).

REFERENCES

- Aguilar, P.B., Teixeira, F.A., da Silva, F.F., Pires, A.J.V., Nascimento, P.V.N., Lima II, A.C.R., de Souza, I.A., dos Santos, O.O., Brandão, R.K.C., Schio, A.R., 2016. Ingestive behavior and nitrogenous compounds balance of heifers on pastures of *Urochloa brizantha* cv. Marandu deferred and fertilized with nitrogen. *Semina: Ciênc. Agrár.* 37, 2221–2233. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4p2221>.

- Allen, V.G., Batello, C., Berretta, E.J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., Sanderson, M., 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass Forage Sci.* 66, 2–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>.
- Andrade, C.M.S., Garcia, R., Valentim, J.F., Pereira, O.G., 2012. Productivity, utilization efficiency and sward targets for mixed pastures of marandugrass, forage peanut and tropical kudzu. *R. Bras. Zootec.* 41:512–520. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000300006>
- Association of Official Analytical Chemists International (AOAC), 1995. *Official Methods of Analysis*, 16th edition. AOAC, Arlington, VA, USA.
- Araujo, E.S., Marsola, T., Miyazawa, M., Soares, L.H.B., Urquiaga, S., Boddey, R.M., Alves, B.J.R., 2009. Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo. *Pesq. Agropec. Bras.* 44, 769–776 (abstract in English).
- Braz, S.P., Nascimento Junior, D.D., Cantarutti, R.B., Regazzi, A.J., Martins, C.E., Fonseca, D.M., Barbosa, R.A., 2003. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. *Rev. Bras. Zootecn.* 32, 787–794 (abstract in English).
- Burchill, W., Lanigan, G.J., Forrestal, P.J., Misselbrook, T., Richards, K.G., 2017. Ammonia emissions from urine patches amended with N stabilized fertilizer formulations. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 108, 163–175. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9847-9>.
- Cantarutti, R.B., Tarré, R., Macedo, R., Cadisch, G., de Rezende, C. P., Pereira, J. M., Braga, J.M., Gomide, J.A., Ferreira, E., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R.M. 2002. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in

- Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 64, 257–271. <https://doi.org/10.1023/A:1021415915804>.
- Cardoso, A.S., José Neto, A., Azenha, M.V., Morgado, E.S., Brito, L.F., Januszkiewicz, E.R., Berchielli, T.T., Reis, R.A., Ruggieri, A.C., 2019a. Mineral salt intake effects on faecal-N concentration and the volume and composition of beef cattle urine. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 171–177. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1673-9>.
- Cardoso, A.S., Oliveira, S.C., Januszkiewicz, E.R., Brito, L.F., Morgado, E.S., Reis, R.A., Ruggieri, A.C., 2019b. Seasonal effects on ammonia, nitrous oxide, and methane emissions for beef cattle excreta and urea fertilizer applied to a tropical pasture. *Soil Till. Res.* 194, 104341. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104341>.
- Carvalho, L.R., Pereira, L.E., Hungria, M., Camargo, P.B., Silva, S.C., 2019. Nodulation and biological nitrogen fixation (BNF) in forage peanut (*Arachis pintoi*) cv. Belmonte subjected to grazing regimes. *Agr. Ecosyst. Environ.* 278, 96–106. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.02.016>.
- Chadwick, D.R., Cardenas, L.M., Dhanoa, M.S., Donovan, N., Misselbrook, T., Williams, J.R., Thorman, R.E., McGeough, K.L., Watson, C.G., Bell, M., Anthony, S.G., Rees, R.M., 2018. The contribution of cattle urine and dung to nitrous oxide emissions: Quantification of country specific emission factors and implications for national inventories. *Sci. Total Environ.* 635, 607–617. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.152>.
- Claessen, M.E.C. Manual de métodos de análise de solo/Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. rev. Atual. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS. Documentos. 1, p. 212, 1997.
- Coates, D.B., Schachenmann, P., Jones, R.J., 1987. Reliability of extrusa samples collected from steers fistulated at the oesophagus to estimate the diet of resident animals in grazing experiments. *Aust. J. Exp. Agric.* 27: 739-745. <https://doi.org/10.1071/EA9870739>.

- Delevatti, L.M., Cardoso A.S., Barbero, R.P., Leite, R.G., Romanzini, E.P., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2019. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Sci. Rep.* 9: 7596. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44138-x>
- Engel, R., Jones, C., Wallander, R., 2011. Ammonia volatilization from urea and mitigation by NBPT following surface application to cold soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75, 2348–2357. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0229>.
- Ferraz, J.B.S., Felício, P.E., 2010. Production systems—An example from Brazil. *Meat Sci.* 84, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.006>.
- Fischer, K., Burchill, W., Lanigan, G.J., Kaupenjohann, M., Chambers, B.J., Richards, K.G., Forrester, P.J., 2016. Ammonia emissions from cattle dung, urine and urine with dicyandiamide in a temperate grassland. *Soil Use Manage.* 32, 83–91. <https://doi.org/10.1111/sum.12203>.
- Forrester, P.J., Harty, M., Carolan, R., Lanigan, G.J., Watson, C.J., Laughlin, R.J., McNeill, G., Chambers, B.J., Richards, K.G., 2016. Ammonia emissions from urea, stabilized urea and calcium ammonium nitrate: insights into loss abatement in temperate grassland. *Soil Use Manage.* 32, 92–100. <https://doi.org/10.1111/sum.12232>.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Motter, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Gomes, F.K., Oliveira, M.D., Homem, B.G., Boddey, R.M., Bernardes, T.F., Gionbelli, M.P., Lara, M.A., Casagrande, D.R., 2018. Effects of grazing management in brachiaria grass-

- forage peanut pastures on canopy structure and forage intake. *J. Anim. Sci.* 96, 3837–3849.
<https://doi.org/10.1093/jas/sky236>.
- Hess, H.D., Tiemann, T.T., Stürm, C.D., Carulla, J.E., Lascano, C.E., Kreuzer, M., 2006. Effects of tannins on ruminal degradation and excretory pattern of N and implications for the potential N emission from the manure. *International Congress Series*. 1293, 339–342.
<https://doi.org/10.1016/j.ics.2006.01.011>.
- Hristov, A.N., Hanigan, M., Cole, A., Todd, R., McAllister, T.A., Ndegwa, P.M., Rotz, A., 2011. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Can. J. Anim. Sci.* 91, 1–35. <https://doi.org/10.4141/CJAS10034>.
- Hristov, A.N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J., Oosting, S., 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO₂ emissions. In (ed. P.J. Gerber, B., Henderson, and H. P.S. Makkar). *FAO Animal Production and Health Paper No. 177*. FAO, Rome, Italy.
- Holtan-Hartwig, L., Bockman, O.C., 1994. Ammonia exchange between crops and air. *Norwegian J. Agric. Sci. Supplement No. 14*, 1–41.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018. *Produção da Pecuária Municipal 2018*. Available at: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Available at: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>.

- Jantalia, C.P., Halvorson, A.D., Follett, R.F., Alves, B.J.R., Polidoro, J.C., Urquiaga, S., 2012. Nitrogen source effects on ammonia volatilization as measured with semi-static chambers. *Agron. J.* 104, 1595–1603. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0210>.
- Laubach, J., Taghizadeh-Toosi, A., Gibbs, S.J., Sherlock, R.R., Kelliher, F.M., Grover, S.P.P., 2013. Ammonia emissions from cattle urine and dung excreted on pasture. *Biogeosciences* 10, 327–338. <https://doi.org/10.5194/bg-10-327-2013>.
- Lessa, A.C.R., Madari, B.E., Paredes, D.S., Boddey, R.M., Urquiaga, S., Jantalia, C.P., Alves, B.J.R., 2014. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. *Agric. Ecosyst. Environ.* 190, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.010>.
- Lewis, D., 1957. Blood-urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. *J. Agric. Sci.* 48, 438 – 446. <https://doi.org/10.1017/S0021859600032962>.
- Macedo, R., Tarré, R., Ferreira, E., Rezende, C.P., Pereira, J.M., Cadisch, G., Rouws, J.B.C., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R.M., 2010. Forage intake and botanical composition of feed for cattle fed *Brachiaria*/legume mixtures. *Sci Agric.* 67, 384–392. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000400002>.
- Majumdar, D., Patel, M., Drabar, R., Vyas, M., 2006. Short-term emissions of ammonia and carbon dioxide from cattle urine contaminated tropical grassland microcosm. *Environ. Monit. Assess.* 122, 9–25. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-9160-y>.
- Morais, R.F., Boddey, R.M., Urquiaga, S., Jantalia, C.P., Alves, B.J.R., 2013. Ammonia volatilization and nitrous oxide emissions during soil preparation and N fertilization of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Soil Biol. Biochem.* 64, 80–88 <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.04.007>.

- Muir, J.P., Pitman, W.D., Dubeux Jr, J.C., Foster, J.L., 2014. The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. *Afr. J. Range For. Sci.* 31, 187–198. <https://doi.org/10.2989/10220119.2014.884165>.
- Mulvaney, M.J., Cummins, K.A., Wood, C.W., Wood, B.H., Tyler, P.J., 2008. Ammonia emissions from field-simulated cattle defecation and urination. *J. Environ. Qual.* 37, 2022–2027. <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0016>.
- Nichols, K.L., Del Grosso, S.J., Derner, J.D., Follett, R.F., Archibeque, S.L., Delgado, J.A., Paustian, K.H., 2018. Nitrous oxide and ammonia emissions from cattle excreta on Shortgrass Steppe. *J. Environ. Qual.* 47, 419-426. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.12.0463>.
- Oenema, O., Velthof, G.L., Yamulki, S., Jarvis, S.C., 1997. Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use Manage.* 13, 288–295. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.1997.tb00600.x>.
- Prasertsak, P., Freney, J.R., Denmead, O.T., Saffigna, P.G., Prove, B.G., 2001. Significance of gaseous nitrogen loss from a tropical dairy pasture fertilised with urea. *Aust. J. Exp. Agric.* 41, 625–632. <https://doi.org/10.1071/EA00131>.
- Pereira, J.C., Gomes, F.K., Oliveira, M.D., Lara, M.A., Bernardes, T.F., Casagrande, D.R., 2017. Defoliation management affects morphogenetic and structural characteristics of mixed pastures of brachiaria grass and forage peanut. *Afr. J. Range For. Sci.* 34, 13–19. <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1315960>.
- Petersen, S.O., Sommer, S.G., Aaes, O., Søgaard, K., 1998. Ammonia losses from urine and dung of grazing cattle: effect of N intake. *Atmos. Environ.* 32, 295–300. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(97\)00043-5](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(97)00043-5).

- Phelan, P., Moloney, A.P., McGeough, E.J., Humphreys, J., Bertilsson, J., O’Riordan, E.G., O’Kiely, P., 2015. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. *Crit. Rev. Plant Sci.* 34, 281–326. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898455>.
- Ruess, R.W., McNaughton, S.J., 1988. Ammonia volatilization and the effects of large grazing mammals on nutrient loss from East African grasslands. *Oecologia* 77, 382–386.
- Ryden, J.C., Lockyer, D.R., 1985. Evaluation of a system of wind tunnels for field studies of ammonia loss from grassland through volatilisation. *J. Sci. Food Agr.* 36, 781–788. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740360904>.
- Saarijärvi, K., Mattila, P.K., Virkajärvi, P., 2006. Ammonia volatilization from artificial dung and urine patches measured by the equilibrium concentration technique (JTI method). *Atmos. Environ.* 40, 5137–5145. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.03.052>.
- Sanz-Cobena, A., Misselbrook, T., Camp, V., Vallejo, A., 2011. Effect of water addition and the urease inhibitor NBPT on the abatement of ammonia emission from surface applied urea. *Atmos. Environ.* 45, 1517–1524. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.12.051>.
- Scholefield, D., Lockyer, D.R., Whitehead, D.C., Tyson, C., 1991. A model to predict transformations and losses of nitrogen in UK pastures grazed by beef cattle. *Plant Soil* 132, 165–177. <https://doi.org/10.1007/BF00010397>.
- Schwenke, G.D., Manning, W., Haigh, B.M., 2014. Ammonia volatilisation from nitrogen fertilisers surface-applied to bare fallows, wheat crops and perennial-grass-based pastures on Vertosols. *Soil Research* 52, 805–821. <https://doi.org/10.1071/SR14107>.
- Selbie, D.R., Buckthought, L.E., Shepherd, M.A., 2015. The challenge of the urine patch for managing nitrogen in grazed pasture systems. *Adv. Agron.* 129, 229–292. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.09.004>.

- Silva, V.J., Pedreira, C.G.S., Sollenberger, L.E., Silva, L.S., Yasuoka, J.I., Almeida, I.C.L., 2016. Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of 'Mulato II' Brachiariagrass. *Crop Sci.* 56:2054–2061. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2015.12.0764>
- Smits, M.C.J., Valk, H., Elzing, A., Keen, A., 1995. Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 44, 147–156. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00068-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00068-6).
- Sommer, S.G.; Hutchings, N.J., 2001. Ammonia emission from field applied manure and its reduction – invited paper. *Eur. J. Agron.* 15, 1–15. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(01\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00112-5).
- Suter, H., Sultana, H., Turner, D., Davies, R., Walker, C., Chen, D., 2013. Influence of urea fertiliser formulation, urease inhibitor and season on ammonia loss from ryegrass. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 95, 175–185. <https://doi.org/10.1007/s10705-013-9556-y>.
- Tamele, O.H., Sá, O.A.A.L., Bernardes, T.F., Lara, M.A.S., Casagrande, D.R., 2018. Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. *Grass Forage Sci.* 73:522–531. <http://dx.doi.org/10.1111/gfs.12332>
- Termonen, M., Korhonen, P., Kykkänen, S., Kärkönen, A., Toivakka, M., Kauppila, R., Virkajärvi, P., 2020. Effects of nitrogen application rate on productivity, nutritive value and winter tolerance of timothy and meadow fescue cultivars. *Grass Forage Sci.* 00: 1–16. <https://doi.org/10.1111/gfs.12461>
- USDA, Soil Survey Staff, 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- van Raij, B., Andrade, J.C., Cantarella, H., Quaggio, J.A., 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. IAC, Campinas 284 pp. (In Portuguese).

- Van Vuuren, A.M., Meijs J.A.C. 1987. Effects of herbage composition and supplement feeding on the excretion of nitrogen in dung and urine by grazing dairy cows. In: Van Der Meer, H.G., Unwin, R.J., Van Dijk, T.A., Ennik G.C. (eds) *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste?* Dev. Plant Soil Sci. 30, p. 17 – 25. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3659-1_2.
- Xavier, D.F., L  do, F.J.S., Paciullo, D.S.C., Urquiaga, S., Alves, B.J.R., Boddey, R.M., 2014. Nitrogen cycling in a *Brachiaria*-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 1, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s10705-014-9617-x>.
- Xu, R., Tian, H., Pan, S., Prior, S. A., Feng, Y., Batchelor, W. D., Chen, J., Yang, J., 2019. Global ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer applications in agricultural systems: Empirical and process-based estimates and uncertainty. *Glob. Change Biol.* 25, 314–326. <https://doi.org/10.1111/gcb.14499>.
- Whitehead, D.C., Raistrick, N., 1991. Effects of some environmental factors on ammonia volatilization from simulated livestock urine applied to soil. *Biol. Fertil. Soils*, 11:279–84. <https://doi.org/10.1007/BF00335848>.
- Whitehead, D.C., 1995. *Grassland nitrogen*. CAB International, Wallingford, 397pp.
- Zaman, M., Saggar, S., Blennerhassett, J.D., Singh, J., 2009. Effect of urease and nitrification inhibitors on N transformation, gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, pasture yield and N uptake in grazed pasture system. *Soil Biol. Biochem.* 41, 1270–1280. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.03.011>.

Dubeux JCB Jr, Blount AR, Mackowiak C, Santos ER, Pereira Neto JD, Riveros U, Garcia L, Jaramillo DM, Ruiz-Moreno M (2017) Biological N₂ Fixation, Belowground Responses, and Forage Potential of Rhizoma Peanut Cultivars. **Crop Science** 57:1027–1038. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2016.09.0810>

Gomes FK, Oliveira MDBL, Homem BGC, Boddey RM, Bernardes TF, Gionbelli MP, Lara MAS, Casagrande DR (2018). Effects of grazing management in brachiaria grass-forage peanut pastures on canopy structure and forage intake. **Journal of Animal Science** 96:3837–3849. <http://dx.doi.org/10.1093/jas/sky236>

Jaramillo DM, Dubeux JCB Jr, Mackowiak C, Sollenberger LE, DiLorenzo N, Rowland DL, Blount ARS, Santos ERS, Garcia L, Ruiz-Moreno M (2018) Annual and perennial peanut mixed with ‘Pensacola’ bahiagrass in North Florida. **Crop Science** 58:982–992. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0542>

Kohmann MM, Sollenberger LE, Dubeux JCB Jr, Silveira ML, Moreno LSB (2019) Legume proportion in grassland litter affects decomposition dynamics and nutrient mineralization. **Agronomy, Soils, and Environmental Quality** 111:1–11. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2018.09.0603>

Pereira JM, Rezende CDP, Borges AMF, Homem BGC, Casagrande DR, Macedo TM, Alves BJR, Sant’Anna SAC, Urquiaga S, Boddey RB (2020) Production of beef cattle grazing on *Brachiaria brizantha* (Marandu grass)-*Arachis pintoi* (forage peanut cv. Belomonte) mixtures exceeded that on grass monocultures fertilized with 120 kg N/ha. **Grass and Forage Science** 75: 28–36. <https://doi.org/10.1111/gfs.12463>

Scot Consultoria (2019) Ureia agrícola está custando 8,9% menos na comparação anual. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/todas->

noticias/51973/ureia-agricola-esta-custando-89-menos-na-comparacao-anual.htm>.
Acesso em: 14 fev. 2020.

Tamele OH, Lopes de Sá OAA, Bernardes TF, Lara MAS, Casagrande DR (2018) Optimal defoliation management of *Brachiaria* grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science** 73:522–531. <http://dx.doi.org/10.1111/gfs.12332>