



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ABNER JOSÉ GIRÃO MENESES

**MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM-ELEFANTE ADUBADO COM COMPOSTO
ORGÂNICO PROVENIENTE DA PRODUÇÃO E DO ABATE DE PEQUENOS
RUMINANTES**

**FORTALEZA
CEARÁ – BRASIL
2015**

ABNER JOSÉ GIRÃO MENESES

**MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM-ELEFANTE ADUBADO COM COMPOSTO
ORGÂNICO PROVENIENTE DA PRODUÇÃO E DO ABATE DE PEQUENOS
RUMINANTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição Animal e Forragicultura.

Orientador: Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido.

**FORTALEZA
CEARÁ – BRASIL
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- M488m Meneses, Abner José Girão.
Morfofisiologia do capim-elefante adubado com composto orgânico proveniente da produção e do abate de pequenos ruminantes / Abner José Girão Meneses. – 2015.
102 f. : il., color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Nutrição animal e forragicultura.
Orientação: Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido.
Coorientação: Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu.
1. Capim-elefante. 2. Compostos orgânicos. 3. Ruminante. I. Título.

CDD 636.08

ABNER JOSÉ GIRÃO MENESES

**MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM-ELEFANTE ADUBADO COM COMPOSTO
ORGÂNICO PROVENIENTE DA PRODUÇÃO E DO ABATE DE PEQUENOS
RUMINATES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição Animal e Forragicultura.

Aprovada em: 28/09/2015

BANCA EXAMINADORA



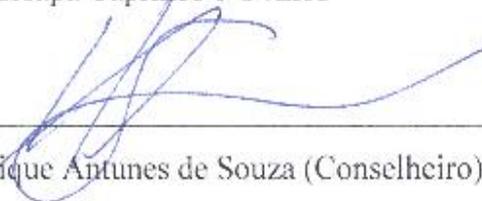
Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido (Orientador)

Universidade Federal do Ceará – UFC



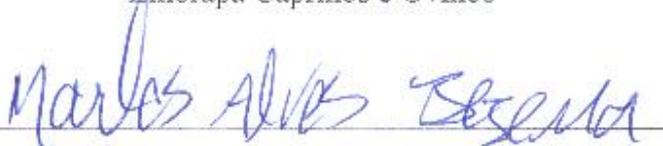
Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu (Coorientador)

Embrapa Caprinos e Ovinos



Prof. Dr. Henrique Antunes de Souza (Conselheiro)

Embrapa Caprinos e Ovinos



Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra (Conselheiro)

Embrapa Agroindústria Tropical

À minha família, meus pais Francisco das Chagas de Meneses, Maria das Graças Furtado Girão e aos meus irmãos Francisco Adson, Anderson Luiz e Adams Antônio.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao ser superior, seja ele real, ou simplesmente imaginário, pela crença de um ideal que nos faz mover montanhas e superarmos o insuperável, que faz rebrotar vida de onde já não se espera mais, que conduz a alegria onde há tristeza e acalma a alma dos aflitos.

À Embrapa Caprinos e Ovinos, por atuar como um elo facilitador, disponibilizando as infraestruturas necessárias, as quais possibilitaram a execução e condução da pesquisa.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), especialmente ao Departamento de Zootecnia e aos professores, por terem contribuído na minha formação e pela oportunidade de realização desse curso.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará IFCE - Campus Crato, em especial ao diretor Geral Eder Cardoso Gomes, pela confiança e apoio.

Ao Diretor de ensino, Luiz Claudeivan Cruz Lima, pela amizade, credibilidade e incentivo.

Ao Diretor administrativo Joaquim Rufino Neto, por acreditar não somente na minha conduta profissional, mas também, pelo forte vínculo que temos como amigos de respeito e cumplicidade.

Ao Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido, pela confiança, orientação e oportunidade de aprendizado.

Ao Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu, pela relevante coorientação, confiança e paciência.

Ao Dr. Henrique Antunes de Souza, pelos aprendizados transmitidos e credibilidade.

Ao Dr. Fernando Lisboa Guedes, pelo apoio logístico, amizade, cumplicidade e complacência.

Ao analista Adriano Rodrigues Lima pela sua contribuição na descrição dos modelos estatísticos mais ajustáveis às variáveis analisadas.

A Prof^ª. Dr^ª Cellyneude de Souza Fernandes, pela colaboração prestada à pesquisa.

Aos alunos de doutorado Marcos Neves Lopes e Elayne Cristina Gadelha Vasconcelos, pela relevante colaboração em algumas etapas da pesquisa.

Ao Prof. Igo Renan Albuquerque de Andrade, pela colaboração inicial da pesquisa, incentivo e companheirismo.

Aos estudantes, Anacláudia Alves, Maria Diana, Lucas Vasconcelos, Tibério Sousa, Ivanderlete Marques e Brena Kelly, pela dedicação fidedigna de relevante importância na execução e condução da pesquisa.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, pela concessão da bolsa de estudos.

À minha namorada Juliana Silva e familiares, que por muitas vezes ficaram ao meu lado apoiando nas horas que mais precisei, posicionando-se a favor das minhas decisões, sendo elas quaisquer que fossem.

À minha família, em especial a minha mãe, Maria das Graças, que dedicou boa parte de sua vida a educação brasileira e sempre incentivou o caminho do estudo, sendo este, descrito por ela, a grande riqueza que poderia deixar para seus filhos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente corroboraram para essa conquista.

Meu eterno e sincero agradecimento.

“Algo só é impossível até que alguém duvide e
acabe provando o contrário” (Albert Einstein)

RESUMO

Como todas as demais atividades agropecuárias, a criação de pequenos ruminante é geradora de resíduos que, manejados inadequadamente, acarretam em impactos negativos ao meio ambiente. Entretanto, vale salientar que, quando corretamente manejados, os resíduos oriundos da ovinocaprinocultura apresentam alto potencial como insumos agrícolas. Objetivou-se avaliar as características morfofisiológicas de *Pennisetum purpureum* cv Cameroon irrigado e submetido a doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes. O experimento foi realizado em capineira de capim-elefante, na Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE. Os tratamentos foram doses do composto orgânico (0; 13,3; 26,6; 39,9; 53,2; 79,8 t·ha⁻¹), além de um tratamento mineral de nitrogênio e potássio numa dose equivalente a 720 e 900 kg·ha⁻¹·ano⁻¹, respectivamente. Utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com medidas repetidas no tempo, onde as parcelas corresponderam a sete doses de composto orgânico e um tratamento adicional (adubação mineral) e, as subparcelas, quatro ciclos de crescimento da cultura. A eficiência quântica potencial (F_v/F_M) apresentou valor de 0,75 na dose de 79,8 t·ha⁻¹. Porém, a razão de decréscimo da fluorescência (R_{fd}) respondeu de maneira quadrática nos ciclos 1 e 2, denotando bom funcionamento do aparato fotossintético ao longo dos ciclos. Nos ciclos 1 e 2, foi verificado a taxa de acúmulo de forragem máxima de 278,9 kg de MS·ha⁻¹·dia⁻¹, na dose de 70,63 t·ha⁻¹. As variáveis biomassa de lâmina foliar verde (BLV) e de colmo verde (BCV) apresentaram comportamento quadrático no ciclo 1, com ponto de máximo nas doses 67,73 e 63,05 t·ha⁻¹, respectivamente. Comportamento semelhante foi verificado para as variáveis eficiência de uso água para produção de lâmina (EUA_{BLV}) e de colmo (EUA_{BCV}), com ponto de máximo nas doses 62,94 e 60,28 t·ha⁻¹ do composto. A análise de contraste entre as doses do composto orgânico x adubação mineral não revelou efeito no primeiro ciclo para a maioria das variáveis analisadas. Conclui-se que devido à alta taxa de mineralização do nitrogênio do composto orgânico nos dois primeiros ciclos de crescimento, há a necessidade da suplementação com o uso de adubação nitrogenada nos ciclos subsequentes, com o propósito de garantir a manutenção da produtividade.

Palavras-chave: eficiência do uso da água, eficiência fotossintética, *Pennisetum purpureum*, taxa de acúmulo de forragem

ABSTRACT

MORPHOPHYSIOLOGY OF ELEPHANT GRASS FERTILIZED WITH ORGANIC COMPOST FROM PRODUCTION AND SLAUGHTER OF SMALL RUMINANTS

Similarly to other agricultural activities, small ruminant farming produces waste that, if managed improperly, results in negative environmental impacts. However, when properly managed, sheep and goat farming waste have a high potential to be used as agricultural inputs. This study evaluated the morphological and physiological characteristics of *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon irrigated and subjected to different levels of organic compost from waste production and slaughter of small ruminants. The experiment was conducted in a cut and carry elephant grass at Embrapa Goats and Sheep, Sobral-CE. The treatments consisted of different levels of the organic compost (0; 13,3; 26,6; 39,9; 53,2; 79,8 t·ha⁻¹) besides a mineral treatment of nitrogen and potassium equivalent to 720 and 900 kg·ha⁻¹·year⁻¹, respectively. This was a split-plot randomized complete block design with repeated measures over time, in which the plots corresponded to seven levels of organic compost and an additional treatment (mineral fertilization), and the subplots to four crop growth cycles. The potential quantum efficiency (Fv/Fm) showed a value of 0,75 at a level of 79,8 t·ha⁻¹. The fluorescence decrease ratio (R_{fd}) responded quadratically in cycles 1 and 2, indicating proper functioning of the photosynthetic apparatus over the cycles. In cycles 1 and 2, it was observed the maximum forage accumulation rate of 278,9 kg DM·ha⁻¹·day¹ at a level of 70,63 t·ha⁻¹. Biomass of leaf blades (LDB) and green stems (GCB) presented a quadratic response in cycle 1, with maximum point at the levels 67,73 and 63,05 t·ha⁻¹, respectively. Similar behavior was found for the variables water use efficiency for blade production (WUE_{LDB}) and stem (WUE_{GCB}), with maximum point at the levels 62,94 and 60,28 t·ha⁻¹ compost. The contrast analysis between the levels of the organic compost x mineral fertilization evidenced no effect in the first cycle for most variables. In conclusion, due to the high rate of mineralization of nitrogen from the organic compost in the first two growth cycles, there is need for supplementation with nitrogen fertilizer in subsequent cycles, for the purpose of maintaining productivity.

Keywords: water use efficiency, photosynthetic efficiency, *Pennisetum purpureum*, forage accumulation rate

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Médias quinzenais das temperaturas (máxima, média e mínima) durante o período experimental	31
Figura 2 - Médias quinzenais da umidade relativa do ar, precipitação e radiação solar durante o período experimental	31
Figura 3 - Área experimental (a) e coleta de solo (b).....	32
Figura 4 - Celas de compostagem (a); peneiramento do composto (b) e pesagem do composto (c)	33
Figura 5 - Esquema da distribuição dos tratamentos após o sorteio.....	35
Figura 6 - Irrigação (a); distribuição do composto na área (b) e adubação mineral (c)	36
Figura 7 - Adaptação foliar com auxílio do clipe de folha (a) e coleta dos dados com o equipamento (Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer) (b).....	37
Figura 8 - Coleta dos dados com o IRGA (ADC BioScientific LCI Analyser) (a) e com clorofilômetro portátil (Chlorophyll Meter SPAD-502) (b).....	38
Figura 9 - Identificação das touceiras (a) e dos perfilhos (b)	39
Figura 10 - Determinação da altura do capim (a) e contagem dos perfilhos (b)	40
Figura 11 - Corte da biomassa aos 60dias (a) e fracionamento (b)	41
Figura 12 - Pesagem e alocação do material na estufa (a) e determinação do índice de área foliar (IAF) (b).....	41
Figura 13 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre a (Fv/Fm) - Eficiência quântica potencial do PSII (a) e (R _{fd}) - Razão de decréscimo da fluorescência (b).....	45
Figura 14 - Efeito das Interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre a variável (R _{fd}) – Razão de decréscimo da fluorescência	47
Figura 15 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre as variáveis (gs) - condutância estomática (a) e (E) - Transpiração foliar (b)	49
Figura 16 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre as variáveis (A) - Taxa de fotossíntese foliar (a) e (Ci) - Concentração interna de carbono (b).....	50

Figura 17 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre a variável (A/Ci) - Relação fotossíntese/concentração de carbono	52
Figura 18 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre a variável (IRC) - Índice relativo de clorofila.....	53
Figura 19 - Efeito das interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre a (TAIF) - Taxa de alongamento de lâmina foliar (a) e (TAIH) - taxa de alongamento das hastes (b) do capim-elefante.....	56
Figura 20 - Efeito das interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre as variáveis (TSFT) - Taxa de senescência foliar total (a) e (DVF) - Duração de vida das folhas (b) do capim-elefante.....	57
Figura 21 - Efeito das interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre a (TPF) - Taxa produção de forragem (a) e a (TAF) - Taxa de acúmulo de forragem (b) do capim-elefante..	59
Figura 22 - Efeito das interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e adubo mineral em cada ciclo de crescimento sobre a produtividade de capim-elefante.....	61
Figura 23 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre as componentes: (ALT)- Altura do dossel (a) e (DPP) - Densidade populacional de perfilhos (b)	65
Figura 24 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre as componentes (CFF) - Comprimento final da lâmina foliar (b) e Número de entrenós•perfilhos (b)	66
Figura 25 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre os componentes de (BFT) - Biomassa de forragem total (a) e (BFM) - Biomassa de forragem morta (b) do capim-elefante	67
Figura 26 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre as componentes: (BLV) - Biomassa de lâmina foliar verde (a) e a (BCV) - Biomassa de colmo verde (b) do capim-elefante.....	69

Figura 27 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre a (EUA_{BFT} , $kg\ de\ MS \cdot mm^{-1}$) - Eficiência do uso da água para a produção de biomassa total do capim-elefante 70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperatura e umidade relativa do ar (mínima, máxima e média) registradas no dia do ensaio das trocas gasosas e fluorescência da clorofila.....	30
Tabela 2 - Umidade relativa do ar e radiação (mínima, máxima e média) registradas no dia do ensaio das trocas gasosas e fluorescência da clorofila	30
Tabela 3 - Atributos químicos e granulométricos do solo coletado na área experimental	32
Tabela 4 - Valores médios dos atributos químicos do composto	34
Tabela 5 - Análise de variância, dos efeitos isolados doses, ciclos e da interação dose x ciclo sobre os parâmetros da fluorescência da clorofila a em folhas recém-expandidas do capim-elefante submetido a diferentes níveis do composto orgânico	45
Tabela 6 - Análise de variância, dos efeitos isolados doses, ciclos e da interação dose x ciclo sobre as variáveis das trocas gasosas em folhas recém-expandidas do capim-elefante adubado com composto orgânico.....	48
Tabela 7 - Análise de contraste entre as doses do composto orgânico e a adubação mineral para fluorescência da clorofila a trocas gasosas e índice relativo de clorofila	54
Tabela 8 - Análise de variância, dos efeitos isolados de doses, ciclos e da interação dose x ciclo sobre as características morfogênicas do capim-elefante submetido a diferentes níveis do composto orgânico.....	55
Tabela 9 - Análise de contraste entre as doses do composto orgânico e a adubação mineral sobre as características morfogênicas.....	60
Tabela 10 - Análise de variância dos efeitos isolados doses, ciclos e interação doses x ciclo sobre as características estruturais do capim-elefante cv. Cameroon submetido a diferentes níveis do composto orgânico	63
Tabela 11 - Análise de contraste entre as doses do composto orgânico e a adubação mineral sobre as características estruturais do capim-elefante	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 O Capim-elefante.....	16
2.2 Fluorescência da clorofila <i>a</i>	17
2.3 Trocas gasosas em plantas forrageiras	20
2.4 Fluxo de biomassa nas gramíneas tropicais	21
2.5 Principais variáveis da estrutura do dossel.....	24
2.6 Utilização de resíduos na agricultura	27
3.1 Localização e caracterização do local experimental.....	30
3.2 Produção do composto orgânico	33
3.3 Tratamentos e delineamento experimental	34
3.4 Manejo da irrigação, adubação mineral e orgânica.....	35
3.5 Ensaio I: Fluorescência da clorofila <i>a</i>, trocas gasosas e índice de clorofila.	36
3.6 Ensaio II: Fluxo de biomassa.....	38
3.7 Ensaio III: Características dos componentes estruturais	40
3.8 Análise estatística.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Ensaio I - Respostas ecofisiológicas do capim-elefante submetido a diferentes doses do composto orgânico proveniente da produção e do abate de pequenos ruminantes ...	44
4.2 Ensaio II - Fluxo de biomassa em capim-elefante submetido a diferentes doses do composto orgânico proveniente da produção e do abate de pequenos ruminantes	55
4.3 Ensaio III - Características estruturais do capim-elefante submetido a diferentes doses do composto orgânico proveniente da produção e do abate de pequenos ruminantes.....	62
CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

A criação de ovinos e caprinos é uma das atividades agropecuárias de relevância na economia mundial, destacando-se, principalmente, pela produção de carne, pele, lã e queijo de excelente qualidade e alto valor nutritivo. A China e a Índia detêm os maiores rebanhos mundiais com aproximadamente 372 e 235 milhões de animais, respectivamente, enquanto o Brasil ocupa a 18º posição com 25,4 milhões de animais (ANUALPEC, 2014). Contudo, a atividade é geradora de resíduos e, caso sua destinação de maneira equivocada, ocasiona severos impactos ambientais.

A compostagem é uma técnica que permite reintroduzir o subproduto proveniente da ovinocaprinocultura, minimizando problemas ambientais e potencializando seu uso como adubo orgânico. Segundo Bellaver e Konzen (2010), a técnica agrega valor fertilizante aos resíduos, reduz a população de microrganismos patogênicos e favorece bactérias benéficas do material do composto, além de, dependendo do material utilizado no processo, esse pode apresenta característica similar ao adubo mineral, sendo fonte de nitrogênio, fósforo, potássio e outros elementos (MALAVOLTA, 2006).

De acordo com os coeficientes técnicos da ovinocaprinocultura da região Nordeste propostos pela Embrapa Caprinos e Ovinos, considerando a taxa média de prolificidade ($1,5 \text{ crias} \cdot \text{ano}^{-1}$), mortalidade ($10\% \text{ animais} \cdot \text{ano}^{-1}$) e peso médio das carcaças (20kg) dos rebanhos de pequenos ruminantes, estimam-se uma produção 27 mil toneladas de resíduos, que somada a 1,5 ou 2,0 vezes de material estruturante (esterco e resto de cultura), obter-se-ia 67,5 mil toneladas de resíduo $\cdot\text{ano}^{-1}$ (EMBRAPA, 2013). Vale salientar, que para estimativa do cálculo, foram desconsiderados, ainda, os despojos do abate de pequenos ruminantes provenientes de abatedouros, os quais podem ser acrescidos ao montante incrementando-o. Portanto, o aproveitamento de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes através do processo de compostagem, pode gerar um produto rico em macro e micronutrientes com potencial fertilizante, podendo ser introduzido no sistema de produção de volumosos, sendo uma alternativa viável em substituição ou complementando a adubos minerais. Nesse contexto, a aplicação do composto orgânico pode contribuir na ciclagem de nutrientes em sistemas agropecuários.

Dentre os nutrientes mais demandados pelas forrageiras, cita-se o nitrogênio, por se tratar de um elemento essencial a planta, devido à sua participação em diferentes processos metabólicos. Juntamente com o magnésio, o nitrogênio é um constituinte da clorofila, a qual está envolvida no processo de carboxilação de enzimas e nas reações

fotossintéticas (TAIZ e ZEIGER, 2013). A disponibilidade de nutrientes associada aos fatores climáticos, influencia o balanço entre os processos morfogênicos e estrutural das gramíneas. O entendimento do processo morfofisiológico como um todo, permite tomadas de decisões, que visem maximizar a eficiência de utilização das pastagens.

Para a manutenção do sistema de produção de pequenos ruminantes predominantes na região Nordeste, faz-se necessário a utilização de gramíneas adaptadas às condições edafoclimáticas e que tenha bom potencial de produção de matéria seca. O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) é uma das forrageiras mais difundidas no Brasil e de relevante importância, por apresentar características agrônomicas desejáveis de produção quando bem manejada, como: boa produção de matéria seca, boa capacidade de rebrota, bom valor nutritivo, resistência a pragas e doenças, rusticidade etc. Além disso, sua utilização na dieta animal dá-se de diferentes formas: ensilada, fenada e *in natura*.

Entretanto, para garantir a produtividade constate durante o ano e minimizar os problemas com sazonalidade na produção do capim-elefante, faz-se necessário o uso de insumos agrícolas, como a irrigação e o uso de fertilizantes químicos e/ou orgânicos. O composto proveniente da produção e do abate de pequenos ruminantes pode melhorar a produtividade do capim-elefante.

Diante desse contexto, o estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os parâmetros morfofisiológicos do *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon submetido a diferentes doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes, durante quatro ciclos de crescimento em áreas irrigadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Capim-elefante

A região Nordeste destaca-se por apresentar condições ambientais características, onde observa-se irregularidade pluviométrica e solos de baixa fertilidade, o que limita a produção de alimentos volumosos e, conseqüentemente, os índices de produtividade dos rebanhos. A escolha de gramíneas adaptadas é de extrema importância para o sucesso da atividade pecuária. Ela deve apresentar características adaptativas que permitam sua persistência e produção sobre condições edafoclimáticas distintas inerentes a cada região.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) é nativo de regiões da África Tropical e foi descoberto pelo coronel Napier em 1905. Sua introdução no Brasil ocorreu por volta de 1920 com mudas provenientes de Cuba (FARIA, 1992; RODRIGUES et al., 2001). Inicialmente, a gramínea foi implantada e utilizada na forma de capineira, sendo ofertada aos animais *in natura* (verde picado) ou na forma de forragem conservada (silagem ou feno) e, posteriormente, para pastejo (DEREZ et al., 1994; DESCHAMPS, 1997). Atualmente, consiste em uma das forrageiras mais difundidas em todo o país (DAHER et al., 2002).

O *Pennisetum purpureum* destaca-se por apresentar alta produtividade de massa seca e ser adaptado a diferentes condições edafoclimáticas em distintas regiões. Em condições favoráveis a gramínea alcança índice de produção de biomassa satisfatório, a qual pode ser conservada na forma de silagem e feno, assegurando bons valores nutritivos. Quando utilizado para implantação de capineira, aconselha-se cultivares de maior porte como as cultivares Cameroon e o Napier. Já na forma *in natura*, essa gramínea pode ser ofertada ainda verde picada no cocho e ou sob pastejo, onde dar-se-á preferência por cultivares de portes menores como a cultivar Mott e Mercker.

Diversos autores verificam variação da produção de (MS) do capim-elefante em diferentes condições ambientais. Da Silva et al. (1996) estimaram que a produtividade do capim-elefante pode variar até 80 toneladas de MS·ano⁻¹. Segundo os autores, a produtividade é dependente de fatores associados ao clima, à situação hídrica, à escolha da cultivar e ao manejo. Queiroz Filho et al. (2000) observaram altas produtividades de matéria seca (MS) e equilíbrio nutricional dessa forrageira em condições climáticas desfavoráveis, como seca e frio. Lopes (2004) e Quesada et al., (2004), o *P. purpureum* tem capacidade de produzir de 45 toneladas de MS·hectare⁻¹·ano⁻¹ em diferentes épocas ao

longo do ano. Andrade et al. (2000) avaliaram diferentes níveis de nitrogênio e potássio na cultivar Napier, observaram aumento significativo na produtividade variando de 2549,0 a 4730,7 kg de MS·ha⁻¹·ciclo⁻¹, sendo incremento na ordem de 85,6%, na melhor combinação dos nutrientes.

É indiscutível os benefícios da adubação nitrogenada sob a produtividade de biomassa das gramíneas tropicais. O nitrogênio é um nutriente essencial à planta e de extrema importância no contexto fisiológico, o qual está envolvido em diferentes processos metabólicos. Entretanto, o uso de fontes alternativas, como a adubação orgânica, tem-se mostrado interessante do ponto de vista econômico e da alta na produção de biomassa total.

Costa et al. (2008) avaliaram o esterco de bubalinos e bovinos em capineira de *P. purpureum* e observaram produção de matéria verde de 54 e 52 toneladas ha⁻¹·ciclo⁻¹, respectivamente. Enquanto Gewehr et al. (2010) recomendaram dose de 240 kg de nitrogênio proveniente de cama de aviário para se obter a produção de 50 t·ha⁻¹ de biomassa verde de capim-elefante, aproximadamente. Parente et al. (2012) avaliaram o crescimento e o valor nutritivo do capim-elefante submetido à dose crescente de adubação do nitrogênio mineral e adubos orgânicos (caprino, bovino e suíno) e observaram que tanto a adubação orgânica como a mineral incrementam a produção de biomassa verde, bem como os valores de proteína bruta do capim-elefante. Os autores ressaltaram, ainda, que o esterco suíno apresentou os melhores resultados sendo, portanto, o mais indicado.

A cultivar Cameroon foi introduzida no Brasil na década de 60, sendo sua utilização destinada, principalmente, na formação de capineiras (FONSECA et al., 2010). Apresenta-se como uma planta de porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basilares, folhas largas, florescimento tardio ou ausente e touceiras densas (PEREIRA, 1993). A cultivar pode alcançar os três metros de altura, mostrando uma boa relação folha colmo aos 60 dias de idade. Outra característica morfológica notória é a presença de pêlos foliares, principalmente na parte superior (FONSECA et al., 2010). Para Larcher (2006), os pelos atuam como filtro minimizando o efeito da radiação e, conseqüentemente, a transpiração. A rápida propagação da cultivar deve-se às características morfológicas, adaptabilidade, aceitabilidade pelo animal e facilidade no manejo.

2.2 Fluorescência da clorofila *a*

A fotossíntese é o resultado de reações fotoquímicas e bioquímicas em resposta à absorção de luz pelas plantas. Nos cloroplastos, os tilacóides juntamente com os

complexos de pigmentos que atuam como antenas captadoras de luz, impulsionam o transporte de elétrons do fotossistema (PS II para o PS I). O uso da luz pelos fotossistemas possibilita a produção de ATP e NADPH que participarão na síntese de açúcares e, posteriormente, no processo de fixação do CO₂. Entretanto, quando todo o sistema enzimático envolvido na captação de CO₂ estiver saturado, novos aumentos na concentração de CO₂ não serão acompanhados por elétrons.

No fotossistema II, a água exerce papel fundamental por disponibilizar o hidrogênio (H) utilizado para reposição e restabelecimento do estado base da clorofila excitada durante o processo, além da liberação do O₂ para atmosfera. O centro de reação do fotossistema II é formado por um complexo protéico junto à molécula de clorofila P680 que possui um redutor muito forte que oxida a molécula de água em elétrons, prótons e oxigênio, processo esse denominado fotólise da água.

Ao ser excitada, a clorofila passa para um estágio mais elevado, superior ao estágio de absorção da luz vermelha, devido ao seu menor comprimento de onda, tornando a molécula de clorofila extremamente instável. Ao retornar ao estado fundamental, a clorofila excitada poderá seguir quatro caminhos distintos: através da fluorescência, onde é reemitido um fóton de luz com perda de calor, converter a energia na forma de calor sem remissão de fótons, transferir a energia para outra molécula e/ou participar das reações fotoquímicas que impulsionarão a transferência de elétrons (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Os mecanismos acima citados competem entre si, contribuindo para mudança na emissão de fluorescência, alterando a eficiência fotoquímica e a dissipação de calor com maior uso de energia pelas reações fotoquímicas. Infere-se que a fluorescência da clorofila pode ser utilizada como parâmetro para estimar a eficiência do transporte de elétrons do fotossistema (FSII), sua eficiência e relacionar com a assimilação de CO₂, caracterizando o desenvolvimento do processo fotossintético (BAKER e ROSENQVIST, 2004).

Em condição de baixa intensidade luminosa, com elevados rendimentos quânticos, aproximadamente 97% da energia dos fótons absorvidos é usada no processo fotoquímico, produzindo ATP e NADPH. Do total, 2,5% é transformada em calor e 0,5% é reemitida como fluorescência (BOLHÀR-NORDENKAMPF e ÖQUIST, 1993). Os autores enfatizam que, se os centros de reação estiverem fechados, 95 a 97% da energia absorvida pode ser dissipada na forma de calor e 2,5 a 5,0% na forma de fluorescência, a qual poderá ser detectada com o auxílio de um fotodetector sensível aos comprimentos de onda P680 nm. Temperaturas próximas à 40° C, comprometem o funcionamento das enzimas e a velocidade de reações começam a diminuir.

Conforme Maxwell e Johnson (2000), a fluorescência pode ser interpretada utilizando diferentes sinais e suas interações, como: fluorescência inicial (F_0), fluorescência variável (F_v), fluorescência máxima (F_m), fluorescência terminal (F_t) e eficiência quântica potencial do FS II (F_v/F_m). A variável F_0 é definida como sendo a energia inicial antes da excitação (BOLHÀR-NORDENKAMPF e ÖQUIST, 1993), enquanto a F_m é representada pela excitação fotoquímica igual a zero, onde a intensidade fluorescente é máxima quando todo o PII estiver aberto (VAN KOOTEN e SNEL, 1990).

A oscilação entre F_m e F_0 é definida como fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$) (GEOGIEVA e YORDANOV, 1993). A relação F_v/F_m representa a eficiência de captura da excitação pelos centros de reação abertos do PSII ou eficiência quântica fotossintética (SCHREIBER et al., 1994), sendo de extrema importância do ponto de vista prático na estimativa da taxa de transporte de elétrons. A variável Coeficiente de extinção fotoquímica da fluorescência (q_P) está relacionada à quantidade de energia excitada e capturada pelos centros de reação abertos (KRAUSE e WEIS, 1988), sendo resultado da energia utilizada realmente no processo fotoquímico. A diminuição da variável é proporcional ao fechamento dos centros de reação, ou seja, redução de quinona A (QA) (BOLHÀR-NORDENKAMPF e ÖQUIST, 1993).

Já o coeficiente não-fotoquímico (q_N) representa todas as outras formas de dissipação de energia, principalmente o calor. A fase rápida de indução da fluorescência (curva Kautsky) reflete as mudanças de q_P , enquanto que as mudanças em q_N são mais lentas. A diferença na resposta dos coeficientes remete à base da separação entre q_P e q_N (BRADBURY e BAKER, 1981).

As variáveis da curva de Kautsky são utilizadas com parâmetro de interpretação do processo fotoquímico, dentre essas, a razão de decréscimo da fluorescência (R_{fd}), definida pela expressão $(F_m - F_t)/F_t$, corresponde ao Índice de vitalidade. A R_{fd} é utilizada como parâmetro para avaliar a atividade bioquímica do Ciclo de Calvin e seus processos relacionados (LICHTENTHALER et al., 1986). Valores de R_{fd} superiores a 2,5 indicam um bom funcionamento da atividade fotossintética (RINDERLE e LICHTENTHALER, 1988) e, valores abaixo de 1, sugerem que a fixação do CO_2 tem sido severamente comprometida (HAITZ e LICHTENTHALER, 1988).

O método de avaliação citado apresenta vantagens, por se tratar de um método não destrutivo, de fácil manipulação e rapidez. De acordo com Mouget e Tremblin (2002), as medições da fluorescência da clorofila *a* têm sido uma importante ferramenta, por

possibilitar a análise qualitativa e quantitativa da absorção e aproveitamento da energia luminosa pelo fotossistema II e suas relações com a fotossíntese de maneira não destrutiva.

2.3 Trocas gasosas em plantas forrageiras

Os organismos fotossintéticos absorvem e utilizam a energia solar para oxidar H_2O , liberando O_2 e, para reduzir CO_2 , produzindo compostos orgânicos, especialmente na forma de açúcares. Na fase fotoquímica, os elétrons são utilizados para reduzir $NADP^+$ em $NADPH$ e também para síntese da ATP , sendo os produtos utilizados na síntese de açúcares nas reações de fixação e redução do dióxido de carbono (CO_2), que ocorrem na fase bioquímica (TAIZ e ZEIGER, 2013).

De acordo com Lacher (2006), o metabolismo do carbono no interior da célula está relacionado à circulação atmosférica por meio das trocas gasosas. Infere-se, então, uma troca de dióxido de carbono (CO_2) e oxigênio (O_2) entre o interior da planta e a atmosfera envolvente. Nas trocas gasosas, durante a fotossíntese, a planta fixa CO_2 e libera O_2 . Na respiração ocorre o inverso, onde durante o processo nas trocas gasosas, a planta libera CO_2 à medida que consome O_2 . O balanço de CO_2 consumido na fotossíntese e o liberado durante a respiração, simultaneamente, recebe o nome de fotossíntese líquida e ou assimilação aparente.

O processo fotossintético pode ser influenciado por diferentes fatores ambientais, tais como: H_2O , nutrientes, luz, concentração de CO_2 , temperatura, além da idade e do genótipo da planta. O estresse pode provocar o fechamento estomático reduzindo o suprimento de água, restringindo à absorção de CO_2 , o que limitará a fotossíntese reduzindo a área foliar e, assim, interferindo no rendimento de biomassa das forrageiras (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A abertura estomática é dependente da situação hídrica da folha e da demanda evaporativa da atmosfera, estando esse mecanismo relacionado diretamente à condutância estomática (gs). Em situação hídrica desfavorável, as plantas fecham os estômatos numa tentativa de minimizar a desidratação. Contudo, a redução estomática restringe as trocas gasosas entre o interior da folha e a atmosfera, causando diminuição na assimilação de CO_2 utilizado no processo fotossintético (KRIEG, 1993; LARCHER, 2006).

Com a abertura estomática observa-se o aumento na condutância estomática (gs) e, conseqüentemente, elevação no fluxo transpiratório. Por meio da corrente transpiracional, os elementos minerais absorvidos pela raiz são transportados em maior quantidade e distribuídos rapidamente nas partes aéreas das plantas. Nutrientes como

nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) são mais facilmente translocados e apresentam-se em altas concentrações nas folhas jovens (LARCHER, 2006). Vários autores relatam que o déficit de nitrogênio compromete a eficiência fotossintética e, por isso, influencia negativamente sobre a produtividade das forrageiras (GASTAL e NELSON, 1994; SKINNER e NELSON, 1995; GARCEZ NETO, 2002). O nitrogênio favorece a síntese de clorofilas, sendo esta responsável pela conversão da radiação luminosa em energia (ATP e NADPH), determinando a eficiência fotossintética (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Em estudo conduzido por Lopes et al. (2011) acerca das trocas gasosas em capim-massai submetido a níveis crescentes de nitrogênio, verificaram-se superioridade da taxa fotossintética na ordem de 61,9 % da dose de 600 mg de N·dm⁻³ de solo em relação à ausência de adubação nitrogenada. Os autores ressaltaram, ainda, o favorecimento das trocas gasosas com a elevação das doses do fertilizante nitrogenado.

2.4 Fluxo de biomassa nas gramíneas tropicais

A produção de forragem é baseada nas interações entre o manejo imposto às gramíneas e os fatores ambientais, sendo estes, responsáveis por interferirem nas características morfofisiológicas das gramíneas. Dentre eles, a luz parece ser o fator abiótico mais importante, pois é utilizada pela planta para a produção de energia durante o processo fotossintético. De acordo com Chapman e Lemaire (1993), o arranjo e a disposição do dossel interferem na interceptação luminosa influenciando no crescimento dos vegetais. Para esses autores, o crescimento dos vegetais depende da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelo dossel, da eficiência de uso da RFA interceptada e da partição de assimilados entre raiz e parte aérea.

Os autores sugerem, ainda, que a interceptação da RFA é influenciada pelo índice de área foliar (IAF) do dossel, o qual é dependente do balanço entre os processos morfogênicos e pelo arranjo estrutural, sendo esse, o papel central da morfogênese, definido como a dinâmica de geração e expansão de órgãos vegetais no tempo e no espaço, influenciando no rendimento de MS do dossel. Neste sentido, a morfogênese pode ser descrita por três características principais, como: taxa de aparecimento de folhas (TApF), taxa de alongamento de folhas (TAIF) e duração de vida da folha (DVF) (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

A produtividade das gramíneas forrageiras decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo importante para restauração da área foliar que garante a

perenidade forrageira (GOMIDE; GOMIDE, 2000). A taxa de aparecimento foliar (TApF) desempenha um importante papel no processo morfológico, por influenciar diretamente em três componentes estruturais das pastagens (tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos e número de folhas por perfilhos) (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993).

A variável TApF tem estreita relação com a densidade populacional de perfilhos, pois, à medida que cada folha é formada sobre a haste ocorre o surgimento de um novo fitômero. Quando os perfilhos estão em estágio vegetativo, os fitômeros apresentam os seguintes órgãos: nó, entrenó, gema axilar e folha, com sua lígula, bainha e lâmina foliar e em alguns perfilhos basais podem apresentar raízes (TAIZ e ZEIGER, 2013). O fitômero é definido como sendo o menor indivíduo da comunidade vegetal capaz de originar um novo perfilho (HODGSON, 1990).

A TApF é influenciada por fatores abióticos e bióticos e suas interações determinará o aparecimento de novos perfilhos. Garcez Neto et al. (2002) verificaram o aumento da (TApF) com a luminosidade, a temperatura e a disponibilidade hídrica. Os autores ratificam que a estação do ano influenciou positivamente, onde o período do verão foi favorecido por maior luminosidade e temperatura e, por consequência, a elevação da taxa fotossintética pela planta, o que refletiu no incremento da variável TApF. Paciullo et al. (2003) avaliando as características morfogênicas de pastagem de capim-elefante sob pastejo em diferentes épocas do ano, verificaram variação na TApF. Possivelmente, as condições ambientais (temperatura, insolação e precipitação) influenciaram na resposta, pois os maiores e menores valores coincidem como o período da chuvas e seca, respectivamente.

A resposta da adubação mineral sobre a TApF em gramíneas cespitosas é menos evidente (GASTAL e LEMAIRE, 1988; GARCEZ NETO et al., 2002). Comportamento semelhante para essa variável foi verificado em trabalhos realizados em pastagem de *Brachiaria decumbens* (FERRAGINE et al., 2001). O efeito da adubação mineral é mais expressivo na TApF (GASTAL et al., 1992).

O inverso da TApF estima o intervalo de aparecimento entre duas folhas consecutivas ou filocrono. É uma escala de tempo-base que determina o intervalo do estudo dinâmico da morfogênese e a estruturação do dossel da pastagem em diferentes espécies (WILHELM e McMASTER, 1995; LEMAIRE, 1997). A exposição da lígula é o indicativo que caracteriza este evento. As TApF para o capim-elefante cv. Mott foram de 0,1545 e 0,1471 folhas·dia⁻¹ constatadas por Corsi (1993) e Almeida et al. (2000), sendo correspondentes aos filocronos de 6,47 e 6,79 dias, respectivamente.

A taxa de alongamento foliar (TAIF) é uma variável de relevante importância. Segundo Horst et al. (1978), a variável TAIF está diretamente relacionada à produção de biomassa seca de forragem e é afetada pelo manejo e por fatores ambientais. Dentre os fatores de manejo, a adubação mineral é considerada de extrema relevância interferindo de maneira positiva na taxa de alongamento foliar.

Segundo Skinner e Nelson (1995), o alongamento foliar de gramíneas está restrito a uma zona na base da folha em expansão, que está protegida pelo conjunto de bainhas das folhas mais velhas ou pseudocolmo, e cuja zona de crescimento é um local ativo de grande demanda por nutrientes. Dentre esses, o nitrogênio parece ser o nutriente mais limitante. Os autores sugerem, ainda, que o aumento da TAIF é intensificado quanto maior for a intensidade luminosa. O déficit de nitrogênio compromete a redução na síntese da Rubisco e, conseqüentemente, no processo de fotossíntese e sua eficiência.

O nitrogênio é o nutriente responsável por controlar os diversos processos metabólicos, de crescimento e desenvolvimento das plantas, os quais proporcionam aumento na produção de biomassa em função do incremento na fixação de carbono (NABINGER, 2001). De acordo com GARCEZ NETO et al. (2002) e OLIVEIRA et al. (2007), trabalhando com capim do gênero *Panicum maximum* sobre combinações e adubação mineral NPK verificaram influência dos tratamentos sobre a variável TAIF. Andrade et al. (2005) estudando o efeito da combinação N e K sob as características do capim elefante cv Napier irrigado, verificaram maior valor da TAIF para a combinação de 200 kg de N e 160 kg de K, sendo superior 41% em relação à combinação 100 kg de N e 80 kg de K da adubação.

A taxa de alongamento das hastes (TAIH) é outro componente de relevante importância por interferir na relação folha/colmo, sendo suas maiores respostas em função da luminosidade. De acordo com Taiz e Zeiger (2013), a redução da relação vermelho/vermelho extremo (V/VE) no interior do dossel promove o processo de alongamento da haste por estímulo do complexo de proteínas (fitocromo) captadoras de luz, sensíveis a tal situação. O processo é vinculado como o sombreamento mútuo do dossel provocado, possivelmente pelo aumento no índice de área foliar (IAF).

O incremento da TAIH não é interessante nutricionalmente, pois a elevação da proporção da haste fração interfere negativamente no comportamento ingestivo e desempenho dos animais (ALMEIDA et al., 2000; SBRISSIA e DA SILVA, 2001; SANTOS et al., 2004; CÂNDIDO, 2005).

A temperatura e a radiação solar contribuem para a alongamento da haste e, conseqüentemente, da TAIH podendo variar durante as estações do ano. Ferraris et al. (1986) estudando *Pennisetum purpureum* Schum, observaram maiores taxas de crescimento da haste na primavera e verão, quando as temperaturas máximas e mínimas atingiram (33 e 28° C) e (27 e 22° C), respectivamente. No outono, o máximo de crescimento da haste ocorre com temperaturas de (27-22° C), quando em temperaturas mais elevadas (33-28° C) verifica-se a redução dessa componente.

A taxa de senescência foliar (TSF) é outra característica morfogênica de relevante importância. O material senescente (morto) é considerado um ponto negativo em relação à eficiência de utilização das pastagens, pois diminui o valor nutricional e contribui para a redução da produção de biomassa e, conseqüentemente, a produtividade animal. O processo de senescência varia conforme a época do ano e fatores do meio e manejo (GOMIDE, 1997).

Essa característica morfogênica é inversamente relacionada à taxa de aparecimento foliar (TApF), onde os fatores que favorece a TApF atuam de forma contrária, reduzindo a variável TSF. As respostas das folhas aos estresses provocados pelo meio interferem nos seus níveis metabólicos e hormonais desencadeando, dependendo do evento, a aceleração e ou retardo dessa resposta. O processo de senescência é programado geneticamente (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A adubação mineral interfere negativamente na TSF, acelerando o processo de senescência vegetal e, com isso, o tempo de vida da folha (TVF). Diversos autores constataam essa resposta (BÉLANGER, 1998; GOMIDE et al., 1998). Andrade (2001) encontrou taxas de senescência de folhas de capim-elefante de $4,96 \text{ cm} \cdot \text{perfilho}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ aos 52 dias de vida, as quais aumentam com o avançar da idade. O conhecimento do TVF é de relevante importância para o manejo das pastagens, pois é um indicativo do rendimento potencial de um determinado dossel podendo direcionar de maneira mais segura o manejo adotado pelo manejador da pastagem.

2.5 Principais variáveis da estrutura do dossel

O balanço das características morfogênicas é responsável por determinar as estruturas do dossel e, conseqüentemente, o índice de área foliar (IAF) das pastagens. A estrutura do dossel é determinada pelo comprimento final da folha (CFF), densidade populacional de perfilhos (DPP), número de folhas vivas por perfilho (NFV) e relação folha·colmo⁻¹ (F/C). A estrutura determina a capacidade de aquisição da RFA, dos fatores

abióticos e sua alocação determinando, assim, a distribuição e o arranjo das partes da planta, ou a quantidade e organização de seus componentes, dentro de uma comunidade vegetal sobre o solo (LACA e LEMAIRE, 2000).

No esquema proposto por Lemaire e Chapman (1996), as taxas de alongamento e de aparecimento de folhas são responsáveis por determinar o comprimento final das folhas (CFF). Os fatores que mais contribuem para a resposta da componente CFF são a adubação nitrogenada, por promover a divisão celular e crescimento da folha, a luz e a temperatura (SKINNER e NELSON, 1995; GARCEZ NETO et al., 2002). Segundo Nabinger (2001), o comprimento final da folha apresenta estreita relação com a taxa de aparecimento foliar (TApF), onde para folhas maiores observam-se maiores TApF e vice-versa.

O perfilho constitui a unidade básica vegetativa do crescimento das gramíneas forrageiras (HODGSON, 1990). É oriundo da diferenciação dos fitômeros, os quais são compostos por: lâmina, bainha, lígula, nó, entrenó e gema axilar em diferentes estágios de desenvolvimento (VALENTINE e MATTHEW, 1999), a partir do meristema apical. O número de perfilho varia em função do genótipo da cultivar (SANTOS 2001; GOMIDE e GOMIDE, 1999).

A TApF parece ser a variável morfogenética de maior influência sobre o perfilhamento, por ser determinante na taxa de produção de gemas para a geração de novos perfilhos através da interação entre os fatores, tais como: quantidade e qualidade luminosa, disponibilidade de nutrientes (N e P), água e de manejo das pastagens (GOMIDE, 2001; GARCEZ NETO et al., 2002). Santos et al. (2001) observaram que a estação chuvosa favoreceu o perfilhamento, quando avaliando capim-elefante cv Roxo em quatro alturas de corte em duas épocas do ano. Os autores ratificam que as condições de temperatura, luminosidade e hídrica contribuíram para a resposta. Mota et al. (2010) trabalhando com pastagem de capim-elefante cv pioneiro, submetida à adubação nitrogenada e irrigada, observaram crescimento linear dos perfilhos, sendo o maior número observado para a dose de 500 kg de nitrogênio·ha⁻¹·ano.

O número de folhas vivas (NFV) é influenciado pela taxa de aparecimento e taxa de senescência foliar. Esses componentes são afetados pelos fatores bióticos e abióticos de acordo com o diagrama de Chapman e Lemaire (1993). Seu valor pode ser estimado a partir da média do somatório das folhas em expansão e expandidas de um perfilho, desconsiderando-se no cálculo as folhas senescentes (mortas).

A variável NFV por perfilho, embora seja determinada geneticamente, pode variar em função das condições de meio e do manejo da pastagem (Lemaire e Chapman, 1996). Segundo (FULKERSON e SLACK, 1995; GOMIDE, 2006), a partir do seu equilíbrio, o número de folhas vivas por perfilhos é utilizado como um importante critério prático na determinação do corte e/ou período de descanso das pastagens.

Em pesquisa com capim-elefante cv anão, após a estabilização, foram observados valores máximos 8,6 e 7 folhas verdes·perfilho⁻¹ (CORSI, 1993; GOMIDE, 1997). Paciullo et. al. (2003) trabalhando com lotação rotativa em diferentes épocas do ano de capim-elefante, constataram valores de 5,7 e de 2,5 folhas·perfilhos⁻¹ basilares, correspondentes aos meses de fevereiro/março (período chuvoso) e julho/agosto (período seco) ao final de 30 dias de período de descanso. Haddade et al. (2005) avaliando genótipos de capim-elefante submetidos a adubação mineral NPK, em casa de vegetação, verificaram valores entre 8 e 9 folhas·perfilhos⁻¹ aos 44 dias. Tomando como base o exposto, a componente pode ser uma ferramenta de extrema relevância na determinação da melhor forma de utilização das pastagens.

A variável Relação folha/colmo (F/C) é afetada diretamente pelas variáveis TAlF e TAlH. A relação folha/colmo apresenta características distintas entre as espécies forrageiras. Em geral, as espécies forrageiras que apresentam colmo ereto e tecido de sustentação lignificado apresentam maiores valores da relação F/C. Diferentemente das gramíneas temperadas, as tropicais apresentam diferenciação morfológica, apresentando intenso alongamento de hastes, ainda que no estágio vegetativo (GOMIDE, 2001).

Segundo Queiroz Filho et al. (2000), avaliando produção de MS e valor nutritivo do capim-elefante cv Roxo, submetido a quatro idades de corte distintas, verificaram redução da relação F/C à medida que a porcentagem de colmos aumentou linearmente com o avanço da idade entre os cortes. Bhering et al. (2008) constataram resposta semelhante a que foi observada com o aumento da idade do capim-elefante cv. Roxo, onde o valor na relação F/C diminuía na proporção de 0,028% por dia. Em ambos os estudos há uma redução da relação F/C com o prolongar dos dias. Possivelmente, tal redução está associada ao estiolamento do colmo, em resposta ao sombreamento mútuo.

De acordo com Cândido et al. (2005), a relação folha/colmo é influenciada pelo manejo da planta forrageira, assim como os ciclos de pastejo e período de descanso, onde o crescente alongamento do colmo atua negativamente no acúmulo de forragem e no desempenho dos animais.

2.6 Utilização de resíduos na agricultura

Atualmente, há uma preocupação por parte das instituições públicas e privadas na busca de alternativas que possam minimizar o efeito negativo dos resíduos produzidos pelos sistemas agropecuários. Dentre os pontos das discussões, destaca-se o aumento da produtividade pecuária de forma barata e com menor transtorno possível ao meio ambiente. A utilização de dejetos como condicionante de solo tem sido empregada ao longo do tempo pela sociedade e, sem dúvida, é uma alternativa racional e de menor custo (KUNZ, 2009).

Segundo Seganfredo (2000), uma das alternativas de ciclagem dos dejetos é sua utilização como fertilizante orgânico. Contudo, o autor relata que os dejetos contêm vários nutrientes em quantidades desproporcionais em relação às necessidades das plantas, onde o uso contínuo deles constitui um risco ambiental. De acordo com Boeira (2004), a utilização de fertilizantes orgânicos e mineral podem promover impacto ambiental negativo quando ministrados de maneira indiscriminada. A autora relata, ainda, que a aplicação de um determinado resíduo deve proporcionar um efeito benéfico entre o sistema solo-planta.

Os vegetais necessitam de aproximadamente 16 elementos químicos para a sua nutrição, os quais podem ser obtidos na solução do solo, do ar, da água e pela adubação orgânica e/ou mineral (KIEHL, 1985; MARSCHNER, 1995). Dentre os minerais, o nitrogênio participa da síntese e multiplicação de diversas proteínas, atuando na fotossíntese e absorção iônica Malavolta (2006), além de exercer efeito positivo na produção e no valor nutricional das forrageiras (ANDRADE et al., 2003). Dependendo de sua composição nutricional, a matéria orgânica pode apresentar característica similar ao adubo mineral, sendo fonte de nitrogênio, fósforo, potássio e outros elementos (MALAVOLTA et al., 2002).

O incremento da matéria orgânica eleva a capacidade de troca catiônica (CTC), melhorando as propriedades físicas do solo, como a retenção de água, estimulando inúmeros processos biológicos do solo (CAMARGO e BERTON, 2006). Entretanto, é importante conhecer a necessidade nutricional da cultura, relacionada à filosofia do balanço de nutrientes, remoção e reposição, para avaliação do uso dos fertilizantes (CUNHA et al., 2010). O entendimento do conhecimento prévio do ambiente e dos resíduos utilizados na agricultura nos permite potencializar seu uso minimizando os transtornos ambientais.

A compostagem possibilita a reciclagem de nutrientes minimizando os impactos provocados pela geração de resíduos da atividade agropecuária. Segundo Kiehl (1985), a compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características completamente diferentes do material de origem. Para Pereira Neto (1987), é um processo aeróbio controlado, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira, quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas e, a segunda, ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação.

A técnica possibilita o tratamento de resíduos oriundos do sistema agropecuário de maneira simples e economicamente viável. O produto gerado do processo é o composto, o qual apresenta benefícios à planta, solo, e ao ambiente. A compostagem agrega valor fertilizante aos resíduos, reduzindo a população de bactérias patogênicas e criando condições especiais para aumento de bactérias benéficas no material compostado (BELLAVÉR e KONZEN, 2010).

Vários autores relatam respostas positivas quanto à utilização de compostos na produção de vegetais e de seus benefícios para o solo. Pohlmann et al. (2009) avaliaram o efeito do uso agrícola de compostagem de carcaça de aves na cultura de milho verde em comparação a adubação mineral em doses equivalentes. Os autores verificaram que a adição do material compostado elevou o teor de cálcio e de potássio trocável no solo e que, o rendimento de milho foi similar à adubação mineral. Gomes et al. (2005) estudando alterações físico-químicas do solo e produtividade de milho adubado com composto orgânico obtido a partir de resto de cultura de milho e esterco bovino, em comparação com a adubação mineral, verificaram resposta semelhante no tocante à elevação não somente de cálcio e de potássio, mas também de carbono orgânico, magnésio e fósforo, enquanto constataram redução desses nutrientes para adubação mineral. Os autores relatam, ainda, que composto orgânico na dose de $40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ apresentou produção semelhante à dose de 500 kg ha^{-1} do adubo NPK.

Além do benefício para o solo e as plantas, a técnica da compostagem minimiza a produção de odores desagradáveis, bem como promove a redução e/ou inativação de agentes patogênicos e de sementes indesejáveis (ervas daninhas) (RODA e ROGINSKI, 1983; PEREIRA NETO et al., 1996). Curci et al. (2007) concluíram que a pré-compostagem de bovinos mortos por botulismo não contribui para a proliferação da bactéria *C. Botulinum*, comprovando a eficiência no emprego da técnica.

De acordo com Mourales et al. (2006), avaliando resíduo de abatedouro de bovinos observaram valores próximos aos de Khiel (1985) e Pereira Neto (1992), no tocante à relação carbono/nitrogênio (C/N) e à temperatura, os quais não interferiram no desenvolvimento do composto, podendo este ser utilizado como biofertilizante. Costa et al. (2009) estudando sólidos de frigorífico observaram estabilização do material compostado aos 90 dias. Os autores salientam que a técnica é eficiente no tratamento deste tipo de resíduo.

Em estudos realizados por Souza et al. (2012), trabalhando com composto orgânico oriundo de resíduos sólidos de caprinos e ovinos, demonstraram que o insumo apresenta características interessantes como fertilizante orgânico, podendo ser uma fonte de nutrientes para as plantas. Sendo assim, é possível sua substituição pela adubação mineral, além de ser uma alternativa viável economicamente na recuperação de áreas degradadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do local experimental

O experimento foi conduzido em área experimental da Embrapa Caprinos e Ovinos, em Sobral-CE (34°20' de latitude Sul e 40°21' de longitude Oeste, a uma altitude de 83m), no período compreendido entre dezembro de 2013 a agosto de 2014. O clima da região é do tipo BShw, segundo a classificação de Köppen, semiárido quente. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os dados referentes às condições de temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa do ar média, precipitação pluviométrica e radiação solar média, coletados no último dia de cada ciclo de crescimento da cultura na área experimental. Nas Figuras 1 e 2 estão apresentados os dados referentes às condições ambientais do período experimental, obtidos a partir da estação meteorológica, localizada na cidade de Sobral-CE, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014).

Tabela 1 - Temperatura e umidade relativa do ar (mínima, máxima e média) registradas no dia do ensaio das trocas gasosas e fluorescência da clorofila

Data	Temp. Min.	Temp. Max.	Temp Med.	Umid. Min.	Umid. Max.	Umid. Med.
	----- ° C -----			----- Umidade relative Ar (%) -----		
27/01/2014	23	35	29	36	92	64
31/03/2014	24	31	28	67	96	82
04/06/2014	23	33	28	49	93	71
04/08/2014	22	36	29	28	88	58

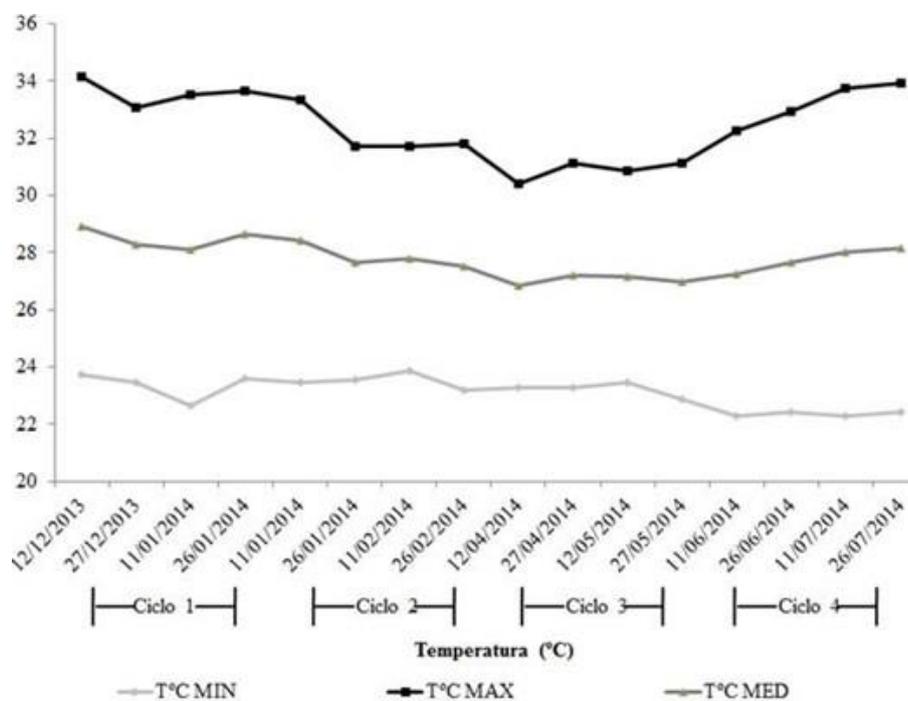
Nota: Tem.Min.- Temperatura Mínima, Tem.Max.-Temperatura Máxima, Tem.Med.-Temperatura Média e Umid. Mim.- Umidade Mínima, Umid. Max.- Umidade Máxima e Umid. Med.- Umidade Média. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014).

Tabela 2 - Umidade relativa do ar e radiação (mínima, máxima e média) registradas no dia do ensaio das trocas gasosas e fluorescência da clorofila

Data	Rad. Max.	Rad. Med.	Precipitação local
	-----KJ·m ⁻² -----		mm·dia ⁻¹
27/01/2014	3224	1611	64
31/03/2014	2261	1129	16
04/06/2014	3192	1594	0
04/08/2014	3451	1723	0

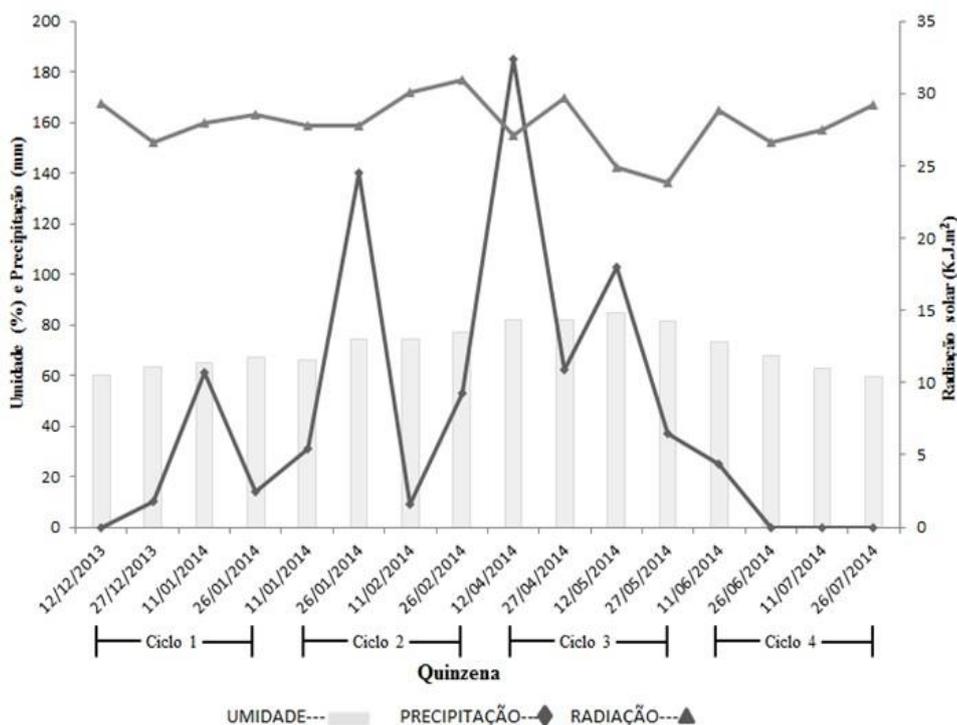
Nota: Rad. Max.- Radiação Máxima, Rad. Med. - Radiação Média, Precipitação na área local no dia das avaliações das Fluorescência da clorofila, Trocas gasosas e Índice relativo de clorofila. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014) e dados da pesquisa.

Figura 1 - Médias quinzenais das temperaturas (máxima, média e mínima) durante o período experimental



Fonte: INMET, 2014.

Figura 2 - Médias quinzenais da umidade relativa do ar, precipitação e radiação solar durante o período experimental



Fonte: INMET, 2014.

Antes da implantação do ensaio, realizou-se coleta de solo para avaliação da fertilidade da área (Figura 3). As características físico-químicas do solo nas camadas de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade estão apresentadas na Tabela 3. Para a camada superficial os atributos P; K; Ca; Mg; H+Al; B; Cu; Fe; Mn; Zn e M.O. foram interpretados da seguinte forma: muito bom; baixo; muito bom; bom; baixo; médio; baixo; alto; alto; médio e baixo, respectivamente, conforme ALVAREZ et al. (1999). Ainda, o solo pode ser considerado de textura franco-arenosa.

Tabela 3 - Atributos químicos e granulométricos do solo coletado na área experimental

Camada	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC
(m)		$\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$		$\text{mmolc}\cdot\text{dm}^{-3}$					
0-0,2	7,0	16	36	31,0	50	19	13	0	74,2	87,2
0,2-0,4	7,2	7	36	31,0	54	17	12	0	76,1	88,1
	V	PST	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
	---- %	----	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$		$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$					
0-0,2	85	5,08	11	102	0,5	54	1,5	38,0	0,38	
0,2-0,4	86	4,84	8	98	0,5	32	1,0	20,0	0,23	
	Argila		Silte		Areia Total		Areia Grossa		Areia Fina	
	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$									
0-0,2	254		216		530		60		470	
0,2-0,4	239		251		510		70		440	

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; M.O. – matéria orgânica; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; H+Al - acidez potencial; Al – alumínio; S – enxofre; Na – sódio; Cu – cobre; Fe – ferro; Zn – zinco; Mn – manganês; B – boro; CTC – capacidade de troca catiônica; V – saturação por bases. Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3 - Área experimental (a) e coleta de solo (b)



(a)



(b)

Fonte: Autor.

3.2 Produção do composto orgânico

O processo de compostagem de resíduos sólidos provenientes do abate de caprinos e ovinos foi realizado na Embrapa Caprinos e Ovinos, em galpão de 128 m² de alvenaria, com cobertura em telhado colonial e piso revestido de concreto. As celas de compostagem mediam 3,5 x 2,0 x 1,60 m (largura; profundidade; altura, respectivamente), em montagem por encaixe de tábuas (madeira) em canaletas, escoradas em colunas de concreto (Figura 4).

As pilhas de composto foram trabalhadas em carregamento contínuo com aeração passiva, ou seja, não houve revolvimento da leira em função da presença de carcaças e a aeração ocorreu por convecção. A água foi inserida somente no momento de montagem da pilha, sendo a primeira camada de 0,40 m de material estruturante (50% de esterco caprino e/ou ovino e 50% de sobra de capim-elefante picado oriundo dos comedouros dos animais e material de poda de árvores). O material estruturante correspondeu a (1,5 - 2,0) vezes o peso dos resíduos sólidos utilizados no processo.

Figura 4 - Celas de compostagem (a); peneiramento do composto (b) e pesagem do composto (c)



Fonte: Autor.

A segunda camada era composta de despojos sólidos de pequenos ruminantes. Esses despojos eram posicionados em linhas com 0,2 m de distância das paredes laterais e entre si. Acrescentou-se aos despojos sólidos uma quantidade de água correspondendo a 40% do seu peso total. A terceira camada de cobertura foi formada pelo mesmo resíduo estruturante e as demais camadas foram formadas sucessivamente, até ser atingida a altura máxima da cela, sendo a última camada formada somente por esterco caprino e/ou ovino.

O período de compostagem foi de aproximadamente 120 dias. Posteriormente, o material passou por um processo de peneiragem, seguida de pesagem e acondicionamento em sacos de nylon.

As características químicas do composto utilizado no estudo, determinadas de acordo com metodologias descritas em Abreu et al. (2006), são apresentadas na Tabela 4. A umidade do composto orgânico após 120 dias é de aproximadamente 10%. Ressalta-se ainda que ao final do processo de compostagem o material não apresentou coliformes termotolerantes, bactérias totais e *E. coli.*, estando de acordo com a Resolução 375/2006 do CONAMA, que “define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências”, a qual foi utilizada como padrão de referência em função de não haver legislação específica para este composto com resíduos da produção e abate de animais.

Tabela 4 - Valores médios dos atributos químicos do composto

Nin	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	Nt	C	C/N
----- mg·kg ⁻¹ -----			----- g·kg ⁻¹ -----		
355	250	105	20,3	175	9
P	K	Ca	Mg	S	Na
----- g·kg ⁻¹ -----					
9	15,7	21,9	5,5	2,8	2,1
B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH
----- mg·kg ⁻¹ -----					
20	30	2.051	175	138	6,7

Nota: Nin – nitrogênio inorgânico; N-NO₃⁻ - nitrato; NH₄⁺ - amônio; Nt – nitrogênio total; C – carbono; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; S – enxofre; Na – sódio; pH – potencial hidrogeniônico (CaCl₂); B – boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco. Fonte: Dados da pesquisa.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

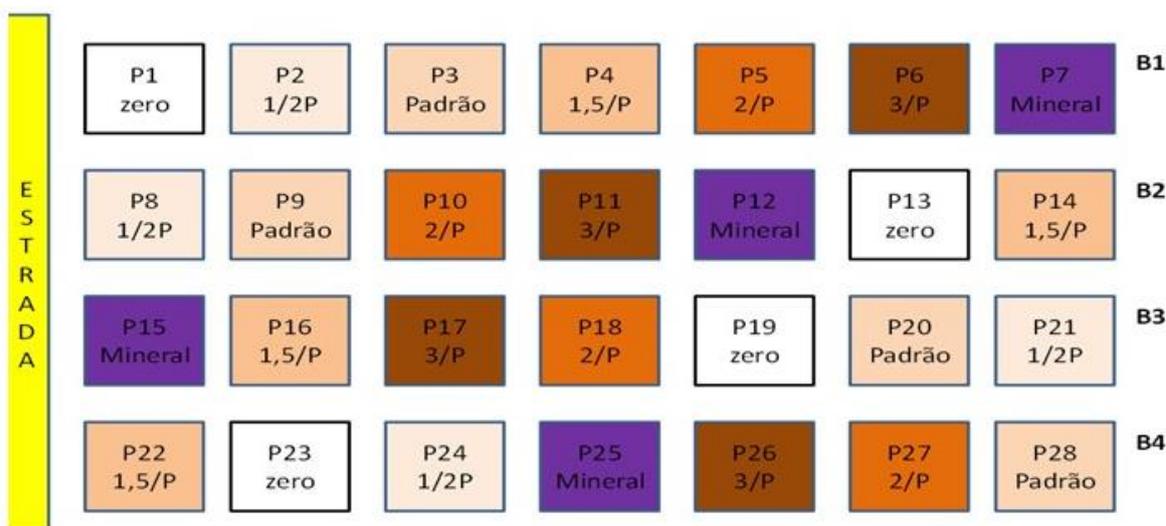
Os tratamentos foram as doses do composto orgânico, equivalentes a 0; 13,3; 26,6; 39,9; 53,2; 79,8 t·ha⁻¹ do composto correspondentes a doses: zero (0); metade (1/2) da dose padrão; a dose padrão (P); uma vez e meia a padrão (1,5); duas vezes a padrão (2,0); três vezes a padrão (3,0), além de um tratamento adicional (adubação mineral) de nitrogênio e de potássio equivalente à 120 e 600 kg·ha⁻¹·ciclo⁻¹, respectivamente (Figura 5).

A quantidade do composto orgânico aplicada na capineira foi determinada de modo a fornecer uma dose de nitrogênio equivalente a 120 kg·ha⁻¹·ciclo⁻¹ e baseou-se no teor de nitrogênio e umidade do composto e na necessidade de atender à demanda exigida

pela cultura para produção intensiva (FONSECA et al., 2010), com cortes realizados a cada 60 dias (ANDRADE e GOMIDE, 1971). Assim, a dose padrão foi baseada no teor de N o composto, sua umidade e necessidade da cultura para os quatros ciclos de crescimento. Para o tratamento adicional houve, por ciclo, a aplicação de 120 e 150 kg·ha⁻¹ de N (ureia) e K₂O (cloreto de potássio), respectivamente.

O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com medidas repetidas no tempo. As parcelas corresponderam a seis doses de composto orgânico proveniente dos resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e um tratamento adicional (adubação mineral) e, as subparcelas, quatro ciclos de crescimento (60 dias), totalizando 28 parcelas, cada qual com área de 5m x 5m.

Figura 5 - Esquema da distribuição dos tratamentos após o sorteio



Fonte: Autor.

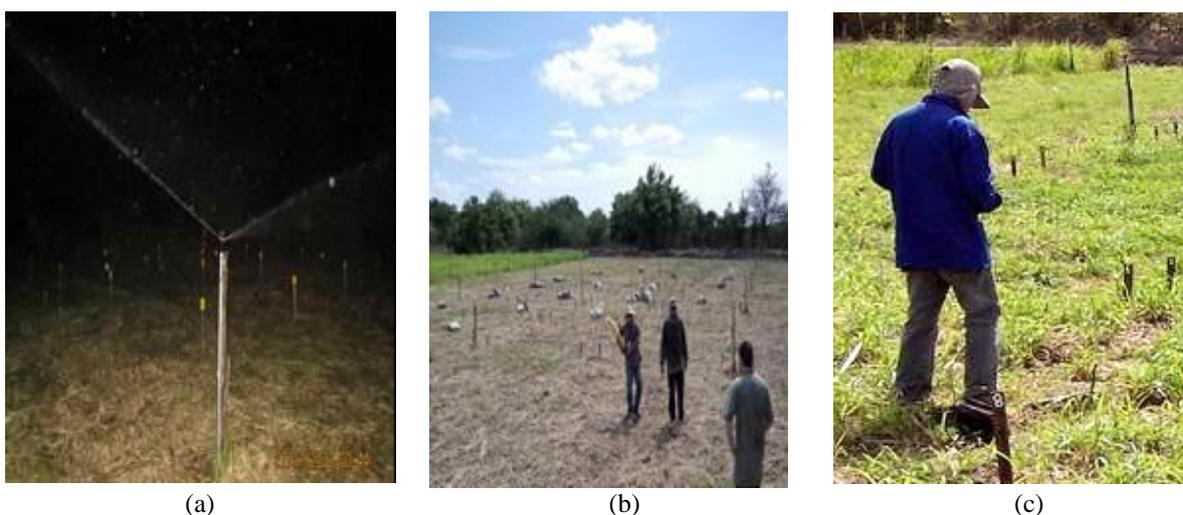
3.4 Manejo da irrigação, adubação mineral e orgânica

Foi utilizado o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Cameroon, cultivado há cinco anos em solo do tipo Neossolo flúvico de topografia plana e dotada de sistema de irrigação do tipo aspersão fixa de média pressão (pressão de serviço < 4,0 kgf·cm⁻²). A irrigação foi realizada diariamente durante a noite, visando a minimização da perda de água, especialmente pelo efeito dos ventos, assim como possíveis perdas de nutrientes por volatilização em função das temperaturas elevadas verificadas durante o dia (Figura 6a).

A lâmina d'água aplicada correspondeu a uma evapotranspiração da cultura de $7,52 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$, com eficiência de aplicação de 73%, de forma que a lâmina de água utilizada para o cálculo da eficiência relativa do uso da água (ERUA) foi de $10,3 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$. A cada início de ciclo, foi avaliado o sistema de irrigação através da implantação de pluviômetros (marca Fabrimar[®]) a uma altura de 50 cm em toda a área experimental, com espaçamento (3,0 x 3,0 m), visando averiguar a uniformidade de distribuição da água na área experimental em cada ciclo (Figura 6b).

A adubação mineral foi ministrada em duas frações: a primeira, no início de cada ciclo (cinco dias após o corte) e, a segunda, na metade do ciclo (trinta dias após o corte), enquanto a adubação orgânica foi aplicada em dose única no início do experimento após o corte de uniformização. A distribuição dos fertilizantes orgânicos e minerais foi realizada à lanço na superfície em toda a área da parcela (25m^2) (Figuras 6 b e c).

Figura 6 - Irrigação (a); distribuição do composto na área (b) e adubação mineral (c)



Fonte: Autor.

3.5 Ensaio I: Fluorescência da clorofila *a*, trocas gasosas e índice de clorofila.

A determinação da emissão da fluorescência da clorofila *a* foi estimada com o auxílio de um fluorômetro portátil (Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer[®]), Modelo OS5p da Opti-Sciences (Figura 7a). As folhas diagnósticas recém-expandidas foram previamente adaptadas ao escuro com o auxílio de cliques foliares (leaf clips), sendo colocados na região mediana das folhas, em um dos lados do limbo foliar, evitando a nervura central durante 30 minutos, para que todos os centros de reação naquela região da folha adquirissem a condição de “aberto” (extintor fotoquímico não-reduzido) (Figura 7b).

A calibração do equipamento baseou-se na seguinte sequência: emissão de 6 pulsos de luz saturante de $10714,3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ e, em seguida, um feixe luminoso vermelho de 735 nm durante 0,5 s, o que promoveu o fechamento dos centros de reação do PSII (extintor fotoquímico reduzido). Após cada pulso saturante foi aplicada luz actínica (Radiação fotossinteticamente ativa) de $1500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, por um período de aproximadamente 110 segundos. Posteriormente, os dados de fluorescência obtidos foram automaticamente armazenados, acessados e descarregados pelo software Opti-Science®.

As leituras foram realizadas nas plantas quando elas atingiram 60 dias de crescimento, sendo as aferições realizadas sempre entre 09h00 e 11h00. As principais variáveis da fluorescência da clorofila *a* analisadas foram: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_M), fluorescência variável (F_v), eficiência quântica potencial do FS II (F_v/F_M), razão F_v/F_0 , taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), coeficiente de extinção fotoquímica da fluorescência (qP) e coeficiente de extinção não fotoquímica da fluorescência (qN).

Figura 7 - Adaptação foliar com auxílio do clipe de folha (a) e coleta dos dados com o equipamento (Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer) (b)



(a)



(b)

Fonte: Autor.

Para as avaliações das trocas gasosas foi utilizado o aparelho medidor IRGA (ADC BioScientific LCI Analyser®) (Figura 8a). Em cada uma das unidades experimentais foi escolhida uma folha recém-expandida de dois perfilhos, sendo aferidas as medições na parte mediana da mesma folha previamente identificada com anel colorido das mesmas plantas onde foram avaliadas a fluorescência da clorofila *a*, entre 09h00min e 11h00min.

Foram analisadas as variáveis: temperatura da folha (TFOL), a concentração de dióxido de carbono (CO_2) na folha (C_i), a taxa de transpiração da folha (E), a condutância estomática (gs), a taxa fotossintética foliar (A), a relação fotossíntese/transpiração (A/E, uso eficiente da água), a relação fotossíntese/condutância (A/gs, uso eficiente da água intrínseca) e a relação fotossíntese/concentração de CO_2 na folha (A/ C_i , eficiência de carboxilação).

Figura 8 - Coleta dos dados com o IRGA (ADC BioScientific LCi Analyser) (a) e com clorofilômetro portátil (Chlorophyll Meter SPAD-502) (b)



(a)

(b)

Fonte: Autor.

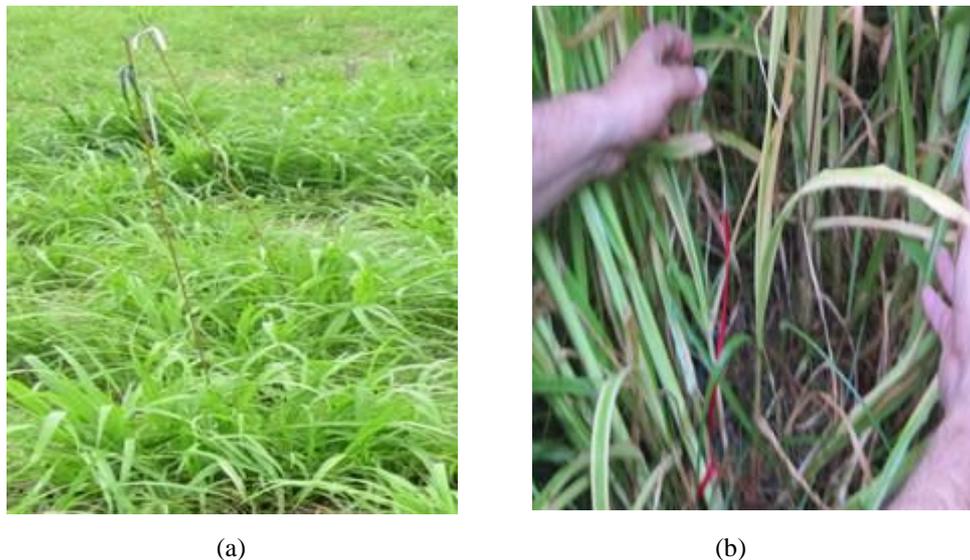
Com auxílio do clorofilômetro (Chlorophyll Meter SPAD-502), no final de cada ciclo de crescimento da cultura (60 dias), foi realizada a mensuração do índice relativo de clorofila (IRC), respeitando sempre o mesmo horário compreendido entre 09h00min e 11h00min em oito folhas recém-expandidas em cada unidade experimental (parcelas) (Figura 8b).

3.6 Ensaio II: Fluxo de biomassa

No ensaio do fluxo de biomassa, em cada parcela, foram marcadas duas touceiras sete dias após o corte (Figura 9a). Em cada uma das touceiras, três perfilhos foram identificados aleatoriamente com anéis coloridos (Figura 9b). Com uso de régua milimetrada, foram efetuadas as mensurações a cada cinco dias nos perfilhos indicados, em que se observou a altura do pseudocolmo a partir da distância da lígula exposta mais alta em relação à base do colmo, o comprimento total das lâminas a partir da lígula, quando já expandida, ou da lígula da folha recém-expandida, quando emergente. O comprimento da porção senescente foi obtido pela diferença do comprimento total da lâmina foliar ao

tempo de sua completa expansão e o comprimento de sua porção ainda verde. Nos perfilhos marcados foram avaliadas as seguintes características: taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento das hastes (TAIH) e taxa de senescência foliar total (TSFT).

Figura 9 - Identificação das touceiras (a) e dos perfilhos (b)



Fonte: Autor.

Foram determinados os índices gravimétricos para alongamento das hastes, de folhas e para senescência foliar a partir de dez perfilhos coletados de cada parcela no final do ciclo (60 dias) em que, posteriormente, foram levados ao Galpão de Forragicultura da Embrapa Caprinos e Ovinos e separados em hastes, lâminas foliares expandidas e lâminas foliares emergentes. Todas as frações tiveram seu comprimento e peso total mensuradas, sendo então submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 55° C até peso constante para obtenção do índice de peso por unidade de comprimento da lâmina foliar emergente (α_1), da lâmina foliar expandida (α_2) e das hastes (β).

Estimou-se a taxa de produção (TPF) e de acúmulo (TAF) de forragem, durante o período de crescimento, a partir da taxa de alongamento (TAIF), de senescência (TSFT) de lâmina foliar, de alongamento das hastes (TAIH) e da densidade populacional de perfilhos (DPP), de acordo com a equação descrita em Davies et al. (1993):

$$TPF = \{[(TAIF \times \alpha_1) + (TSFT \times \alpha_2)] + (TAIH \times \beta)\} \times DPP;$$

$$TAF = [(TAIF \times \alpha_1) + (TAIH \times \beta)] \times DPP, \text{ em que:}$$

TPF = taxa de produção de forragem (kg de MS·ha⁻¹·dia⁻¹); TAF= taxa de acúmulo de forragem (kg de MS·ha⁻¹·dia⁻¹); TAIF = taxa de alongamento de lâmina foliar (cm·perf·dia⁻¹); α_1 = índice gravimétrico das lâminas foliares emergentes (g·cm⁻¹); TSFT=

taxa de senescência de lâmina foliar total ($\text{cm}\cdot\text{perf}\cdot\text{dia}^{-1}$); α_2 = índice gravimétrico das lâminas foliares adultas ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$); TAIH = taxa de alongamento das hastes ($\text{cm}\cdot\text{perf}\cdot\text{dia}^{-1}$); b = índice gravimétrico das hastes ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$); DPP = densidade populacional de perfilhos ($\text{perf}\cdot\text{ha}^{-1}$).

3.7 Ensaio III: Características dos componentes estruturais

Ao final de cada ciclo de crescimento, foram determinadas as características estruturais em cada parcela, as quais constaram de: a) altura de plantas (ALT), amostrando-se oito pontos por parcelas, com auxílio de régua graduada; b) o número de folhas vivas por perfilho (NFV), através da contagem do número de novas folhas expandidas, como sendo aquelas em que a lígula se encontrava exposta e contando como 0,5 folha quando a lígula ainda não estava exposta, amostrando-se oito perfilhos aleatoriamente em cada parcela; c) biomassas secas de forragem total (BFT), de forragem morta (BFM), de lâmina foliar verde (BLV) e de colmo verde (BCV), bem como as relações material vivo/morto (MV/MM) e folha/colmo, estimadas a partir do corte em cada parcela rente ao solo, da biomassa total de duas molduras de 1,0 x 0,5 m, que foram levadas ao galpão de forragicultura da Embrapa, separando material vivo do material morto e lâminas foliares das hastes (Figuras 9; 10; 11 e 12).

Figura 10 - Determinação da altura do capim (a) e contagem dos perfilhos (b)



(a)



(b)

Fonte: Autor.

Figura 11 - Corte da biomassa aos 60 dias (a) e fracionamento (b)



(a)



(b)

Fonte: Autor.

Figura 12 - Pesagem e alocação do material na estufa (a) e determinação do índice de área foliar (IAF) (b)



(a)



(b)

Fonte: Autor.

As frações foram acondicionadas em sacos de papel perfurados, pesadas, identificadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55° C, até atingirem peso constante e, em seguida, pesadas novamente; d) a eficiência aparente de uso da água para a produção de biomassa de lâmina foliar verde (EUA_{LV}) e de colmo verde (EUA_{CV}) foram estimadas, respectivamente, pela razão entre BLV; BCV e lâmina de água aplicada por dia; e) a densidade populacional de perfilhos (DPP), estimada pela média da contagem de perfilhos, mediante duas amostragens realizadas por parcelas com o auxílio de moldura com área de 0,5m². O índice de área foliar (IAF) foi estimado com o auxílio de um quadro com chapa de vidro quadriculado (4,0 cm²), onde as lâminas foliares foram distribuídas sob a chapa de

vidro e contadas o número de vértices das lâminas sobrepostas pelo quadrado, através da equação:

$$IAF = (A_{ret} \times M_{amostra})/M_{ret}, \text{ onde:}$$

IAF = índice de área foliar (adimensional); A_{ret} = área dos retângulos (cm^2); $M_{amostra}$ = massa fresca da amostra de lâminas foliares (g); M_{ret} = massa fresca dos retângulos (g).

3.8 Análise estatística

Os dados foram analisados por meio de análise de variância (teste F), teste de comparação de médias e análise de regressão, em que a interação (doses de adubos orgânicos \times ciclo de crescimento) foi desdobrada somente quando significativa a 5% de probabilidade. Para comparar o efeito dos ciclos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade. Na análise de regressão, a escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, utilizando-se o teste “t”, de Student, a 5% de probabilidade.

Posteriormente, procedeu-se à análise de contraste entre o tratamento adicional (adubo mineral) e os tratamentos com doses de composto. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, utilizou-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), segundo o modelo matemático descrito abaixo:

$$\text{Modelo: } y_{ijk} = \mu + R_k + T_i + (TR)_{ik} + C_j + (TC)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \text{ onde:}$$

Y_{ijk} = observação relativa ao k^0 bloco, no j^0 ciclo de crescimento, do i^0 nível de adubação com composto orgânico;

μ = média da população;

R_k = é o efeito de bloco k, onde $k = (1, 2, 3, 4)$

T_i = é o efeito do nível i^0 nível de adubação com composto orgânico, onde $i = (13,3; 26,6; 39,9; 53,2; 79,8 \text{ t do composto})$;

$(TR)_{ik}$ = é o efeito da interação entre o i^0 nível de adubação e o k^0 bloco (erro a);

C_j = é o efeito do j^0 ciclo de crescimento, onde $j = (1, 2, 3, 4)$

$(TC)_{ij}$ = é o efeito da interação entre o i^0 nível de adubação e o j^0 ciclo de crescimento;

ε_{ijk} = efeito aleatório relativo ao k^0 bloco, no j^0 ciclo de crescimento, do i^0 nível de adubação com composto orgânico (erro b).

Modelo para os contrastes:

$$y_{ik} = \mu + T_i + R_k + \varepsilon_{ik}$$

y_{ik} = valor observado no k^{o} bloco, do i^{o} nível de adubação com composto orgânico;

μ = média da população;

T_i = é o efeito do nível i^{o} nível de adubação com composto orgânico, onde $i = (13,3; 26,6; 39,9; 53,2; 79,8 \text{ t do composto})$;

R_k = é o efeito do bloco k , onde $k = (1,2, 3, 4)$;

ε_{ik} = efeito aleatório relativo ao k^{o} bloco, do i^{o} nível de adubação com composto orgânico (erro b).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio I - Respostas ecofisiológicas do capim-elefante submetido a diferentes doses do composto orgânico proveniente da produção e do abate de pequenos ruminantes

Na Tabela 5, é apresentada a síntese da análise de variância para os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* em folhas de capim-elefante. Para o fator doses de composto não foi observado efeito para maioria das variáveis analisadas, exceto para eficiência quântica potencial do FSII (F_v/F_m) e para razão de decaimento da fluorescência (R_{fd}). A R_{fd} apresentou resposta quadrática com o incremento nas doses de composto, revelando ponto de máximo estimado em 2,55 na dose $62,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ do composto. A variável é utilizada como parâmetro para avaliar a atividade do Ciclo de Calvin e os processos relacionados (LICHTENTHALER et al., 1986). Já a eficiência quântica potencial do FSII (F_v/F_m) revelou comportamento linear crescente com o incremento das doses de composto orgânico (Figura 13).

Para o efeito isolado dos ciclos, nas variáveis avaliadas, com exceção da razão de decaimento da fluorescência (R_{fd}) e do coeficiente de extinção não-fotoquímica (qN), verificou-se diferença, sendo possível observar diminuição da fluorescência inicial (F_0) e da relação F_v/F_m e aumento do coeficiente de extinção fotoquímica (qP) e da taxa de transporte de elétrons (ETR) durante os ciclos sucessivos. A menor relação F_v/F_m no ciclo 4, foi resultante da diminuição mais pronunciada da fluorescência máxima em relação à variável, causada por um possível estresse ambiental, onde verificou-se, neste ciclo, os maiores índices de radiação e temperatura foliar (Tabelas 2 e 6).

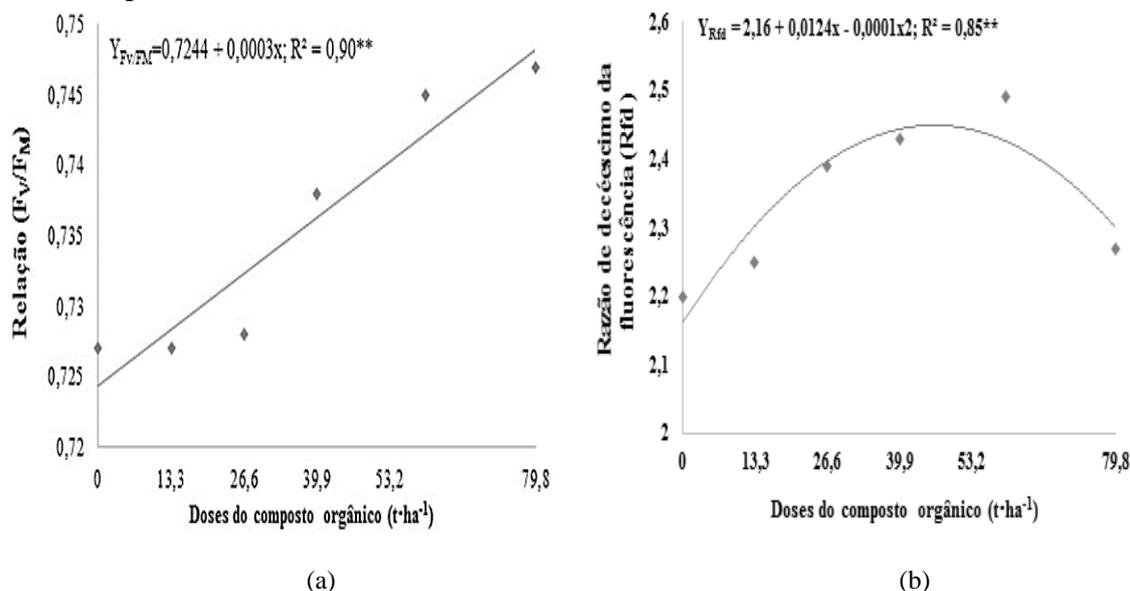
Já nos ciclos 3 e 4, levando-se em consideração terem ocorrido na transição chuva-seca e em plena seca, respectivamente, observou-se diminuição nos valores da fluorescência inicial, em razão da melhoria das condições ambientais (principalmente luminosidade). No que tange ao efeito das doses de composto orgânico, a fluorescência inicial (F_0) não foi afetada. Presume-se que sua emissão, a qual ocorre dentro do seu primeiro estágio, representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* do complexo antena do fotossistema II. Logo, trata-se de uma perda fotoquímica pouco ou não influenciável pela presença ou não do nitrogênio (LU e ZHANG, 2000; VIEIRA et al., 2010).

Tabela 5 - Análise de variância, dos efeitos isolados doses, ciclos e da interação dose x ciclo sobre os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* em folhas recém-expandidas do capim-elefante submetido a diferentes níveis do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes

Dose t·ha ⁻¹	F ₀	F _v /F _M	R _{fd}	qP	qN	ETR (μmol m ⁻² s ⁻¹)
0	174,7	0,72	2,20	0,66	0,87	8,5
13,3	175,37	0,72	2,25	0,65	0,87	8,48
26,6	177,79	0,72	2,39	0,69	0,86	8,77
39,9	169,56	0,73	2,40	0,62	0,88	8,36
53,2	173,52	0,74	2,49	0,64	0,87	8,98
79,8	175,77	0,74	2,27	0,59	0,83	8,85
Significância F	ns	*	*	ns	ns	ns
CV ₁ (%)	5,58	2,76	10,22	16,11	7,12	16,34
Ciclos						
1	280,49 ^a	0,75 ^a	2,38 ^a	0,50 ^c	0,85 ^a	7,58 ^c
2	194,72 ^b	0,74 ^{a^b}	2,30 ^a	0,60 ^b	0,85 ^a	8,19 ^{bc}
3	113,20 ^c	0,73 ^b	2,34 ^a	0,60 ^b	0,87 ^a	8,9 ^{ab}
4	109,38 ^c	0,70 ^c	2,28 ^a	0,86 ^a	0,88 ^a	9,9 ^a
Significância F	**	**	ns	**	ns	**
CV ₂ (%)	5,98	2,78	8,59	15,95	5,23	15,1
DMS	7,98	0,01	0,15	0,07	0,03	1,00
D x C	ns	ns	**	ns	ns	ns

Nota: F₀ – Fluorescência inicial; F_v/F_M – Eficiência quântica potencial do FSII; R_{fd} – Razão de decréscimo da fluorescência; qP – Coeficiente de extinção fotoquímica; qN – Coeficiente de excitação não-fotoquímico; ETR – Taxa de transporte de elétrons. CV₁ - coeficiente de variação da parcela. CV₂ - coeficiente de variação da subparcela. DMS – Diferença mínima significativa; D x C – Interação doses x ciclos. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem (P<0,05), pelo teste de Tukey; ns (não significativo) e significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 13 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre a (F_v/F_M) - Eficiência quântica potencial do PSII (a) e (R_{fd}) - Razão de decréscimo da fluorescência (b), significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



Fonte: Dados da pesquisa.

A eficiência quântica potencial do PSII, analisada pela relação F_v/F_m , expressa a eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII (BAKER, 1991; KRAUSE e WEIS, 1991). A referida relação foi reduzida com o avanço dos ciclos de crescimento da cultura. A redução da eficiência potencial do fotossistema II no ciclo 4 foi de 7,14% em relação ao ciclo 1. No ciclo 4, observou-se os maiores valores de radiação e temperatura na folha (Tabelas 2 e 6), sendo, provavelmente, os fatores determinantes do aparente comprometimento do aparato fotossintético, pois valores abaixo de 0,75 e 0,73 refletem um dano fotoinibitório no centro de reação do PSII (BAKER 1993; CRITCHLEY, 1998).

O provável processo de fotoinibição observado pode ter sido dinâmico, onde possivelmente ocorreu o desvio da energia luminosa absorvida no sentido de dissipação de calor, sendo verificado o decréscimo na eficiência quântica potencial do PSII no ciclo 4. De acordo com Taiz e Zeiger (2013), esse decréscimo é temporário e a eficiência quântica pode retornar ao seu valor inicial (normal). Ainda, de acordo com Adams et al. (1994) e Demmig-Adams et al. (1996), quando as condições ambientais tornam-se favoráveis, o processo fotoinibitório e as respectivas relações com a fluorescência são completamente reversíveis dentro de minutos ou horas, sendo acompanhados por um significativo aumento da dissipação térmica do excesso de energia absorvida, indicando que o decréscimo da eficiência fotoquímica deve-se, em parte, a mecanismos fotoprotetores e não a danos oxidativos ao aparato fotossintético.

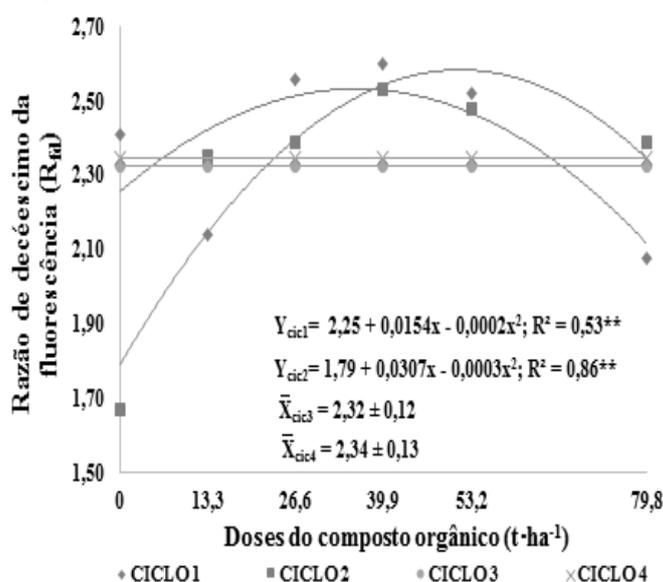
Mesmo apresentando sintoma aparente de estresse, não foram observadas diferenças entre ciclos para razão de decréscimo da fluorescência (R_{fd}), onde verificou-se valores médio para efeito de ciclos de 2,32. De acordo com Lichtenthaler et al. (1986), a variável R_{fd} , indica a atividade do Ciclo de Calvin e seus processos relacionados. Valores superiores a 2,5 indicam bom funcionamento da atividade fotossintética, enquanto valores abaixo de 1,0 sugerem que a fixação de CO_2 foi severamente comprometida (RINDERLE e LICHTENTHALER et al., 1988).

O coeficiente de extinção fotoquímica (qP) apresentou efeito de ciclo, com o aumento de 41,8% do ciclo 4 em relação ao primeiro ciclo de crescimento da cultura. A fluorescência inicial (F_0) mantém uma relação inversa com a variável qP . De acordo com Krause e Weis (1988), a qP indica o quanto de elétrons transferido que foram efetivamente utilizados no processo fotoquímico. O aumento da qP sugere uma maior transferência de energia no PSII, o que favoreceu o incremento na taxa de transporte aparente de elétrons (ETR) verificada no quarto ciclo.

A taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) apresentou comportamento linear crescente com o incremento das doses do composto orgânico, onde no ciclo 4, a ETR foi 30,7% superior ao ciclo 1. A ETR está diretamente relacionada à radiação solar incidente sobre o dossel, onde para o ciclo 4 foram verificados os maiores valores, superiores a $1700 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (Tabela 4), fato que corroborou para sustentar resposta em apreço.

Houve interação entre doses e ciclos para razão de decréscimo da fluorescência (R_{fd}) (Tabela 5). Nos ciclos 1 e 2, a R_{fd} respondeu de forma quadrática às doses de composto orgânico, com máximo de 2,55 e 2,57 nas doses de 38,5 e $51,16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ do composto, respectivamente (Figura 13). Conforme Hartz e Lichtenthaler (1988), a R_{fd} acima de 3,0 indicam elevada taxa de fotossíntese por unidade de área foliar. Valores abaixo de 1,0 indicam que as folhas não apresentam fotossíntese líquida positiva. Portanto, no presente trabalho, todas as doses em todos os ciclos propiciaram fotossíntese razoável, com máxima resposta nas doses supracitadas nos ciclos 1 e 2.

Figura 14 - Efeito das Interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre a variável (R_{fd}) – Razão de decréscimo da fluorescência, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada e x = médias e desvio padrão; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 6 é apresentado o resumo da análise de variância para o ensaio das trocas gasosas em folhas recém-expandidas de capim-elefante. Não foi observada interação ($P > 0,05$) entre dose de composto e ciclos de crescimento da cultura para nenhuma das variáveis analisadas. Dessa forma, os fatores foram analisados no efeito principal.

Considerando o efeito isolado para doses, verificou-se significância para maioria das variáveis, com exceção da temperatura da folha (TFOL), eficiência do uso da água (A/E), eficiência do uso da água intrínseca (A/g_s). Quanto ao efeito de ciclos, observou-se resultados significativos para todas as variáveis avaliadas.

Constatou-se resposta linear crescente para condutância estomática (gs) do capim-elefante com o incremento do composto orgânico, revelando estimativa de 0,130 e 0,177 mmol·m⁻²·s⁻¹ nas doses 0 e 79,8 t·ha⁻¹ do composto, respectivamente (Figura 15a). Tal superioridade nos valores de gs reflete a maior abertura estomática como mecanismo para atender à absorção de CO₂ do meio externo (KUWAHARA e SOUZA, 2009) e regular a temperatura da folha por meio da transpiração foliar (SLATYER, 1967).

Tabela 6 - Análise de variância, dos efeitos isolados doses, ciclos e da interação dose x ciclo sobre as variáveis das trocas gasosas em folhas recém-expandidas do capim-elefante adubado com composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes

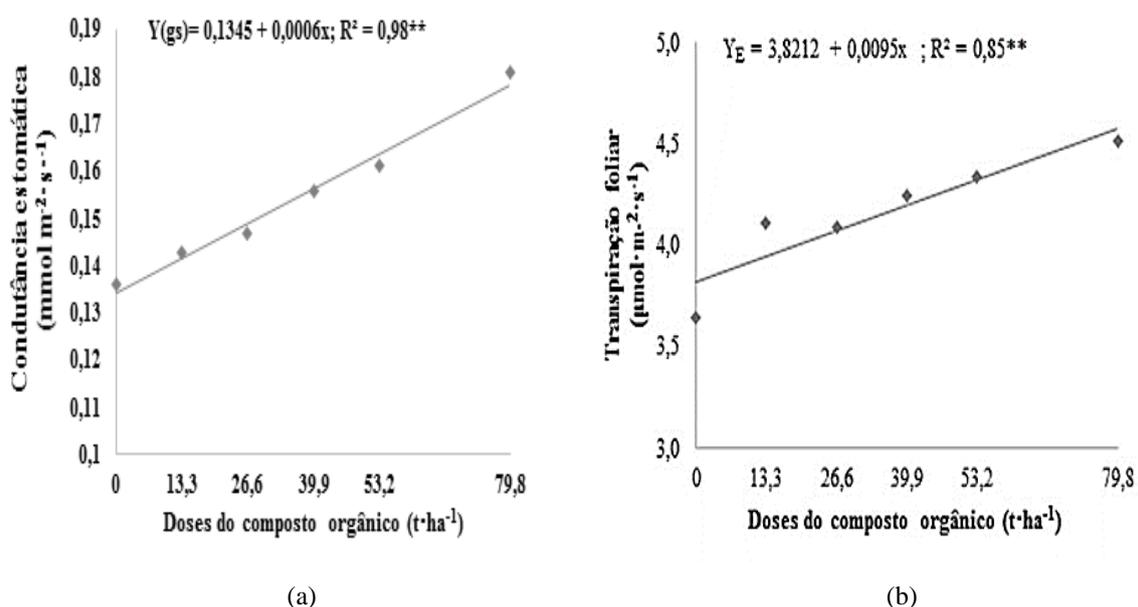
Dose	gs	E	A	Ci	TFOL	A/E	A/g _s	A/Ci	IRC
t·ha ⁻¹	-----μmol·m ⁻² ·s ⁻¹ -----			ppm	°C				Unid.SPAD
0	0,136	3,65	24,56	22,70	39,21	6,75	182,69	1,32	32,3
13,3	0,143	4,11	23,83	29,73	38,93	5,97	166,09	1,09	32,5
26,6	0,147	4,09	24,57	33,36	38,90	6,14	167,13	1,03	34,5
39,9	0,156	4,24	25,67	36,25	39,09	6,25	157,05	1,04	34,7
53,2	0,163	4,34	26,95	42,38	38,87	6,27	159,20	0,87	36,9
79,8	0,181	4,51	26,44	52,15	38,81	5,94	147,75	0,67	37,4
Significância F	**	**	**	**	ns	ns	ns	**	**
CV ₁ (%)	17,84	13,03	8,04	34,38	1,43	15,01	18,64	45,70	3,6
	Ciclos								
1	0,140 ^b	3,97 ^b	22,80 ^b	60,89 ^a	37,99 ^b	5,87 ^b	163,88 ^b	0,40 ^c	34,76 ^b
2	0,180 ^a	3,65 ^b	29,59 ^a	22,56 ^b	37,24 ^b	8,45 ^a	164,80 ^b	1,56 ^a	34,71 ^b
3	0,165 ^a	4,55 ^a	29,28 ^a	30,94 ^b	40,20 ^a	6,51 ^b	180,71 ^a	1,25 ^a	37,71 ^a
4	0,131 ^c	4,47 ^a	19,66 ^c	29,98 ^b	40,45 ^a	4,41 ^c	157,09 ^b	0,82 ^b	30,77 ^c
Significância F	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV ₂ (%)	12,89	14,31	8,77	34,27	4,38	17,3	11,4	49,6	5,8
DMS	0,01	0,45	1,70	9,46	1,30	0,83	14,53	0,38	1,55
D x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Nota: gs – Condutância estomática; E – Transpiração foliar; A – Taxa de fotossíntese foliar; Ci – Concentração interna de (CO₂); TFOL – Temperatura da folha; A/E – Eficiência do uso da água instantânea; A/g_s – Eficiência do uso da água intrínseca; A/Ci – Eficiência instantânea de carboxilação; IRC – Índice relativo de clorofila. CV₁ – coeficiente de variação da parcela. CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. DMS – Diferença mínima significativa; D x C – Interação doses x ciclos. Média seguida de letras iguais, não diferentes de (P<0,05), pelo teste de Tukey; ns (não significativo) e significativo ao nível de 1% (***) e 5% (*). **Fonte:** Dados da pesquisa.

O mesmo padrão de resposta foi verificado para taxa de transpiração foliar (E), conforme foi incrementada as doses de composto orgânico, com elevação de 0,0095

$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para cada tonelada de composto aplicado, podendo ser explicado pela maior atividade enzimática, elevando a absorção de água pelas raízes (YIN et al., 2009) (Figura 15b). De acordo com Marschner (2012), a elevação na taxa de transpiração foliar, além de aumentar o fluxo de água no xilema, eleva também a concentração de citocinina sintetizada nas raízes, um mecanismo importante para o retardamento da senescência das folhas, fato que não foi evidenciado na presente pesquisa.

Figura 15 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre as variáveis (gs) - condutância estomática (a) e (E) - Transpiração foliar (b), onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



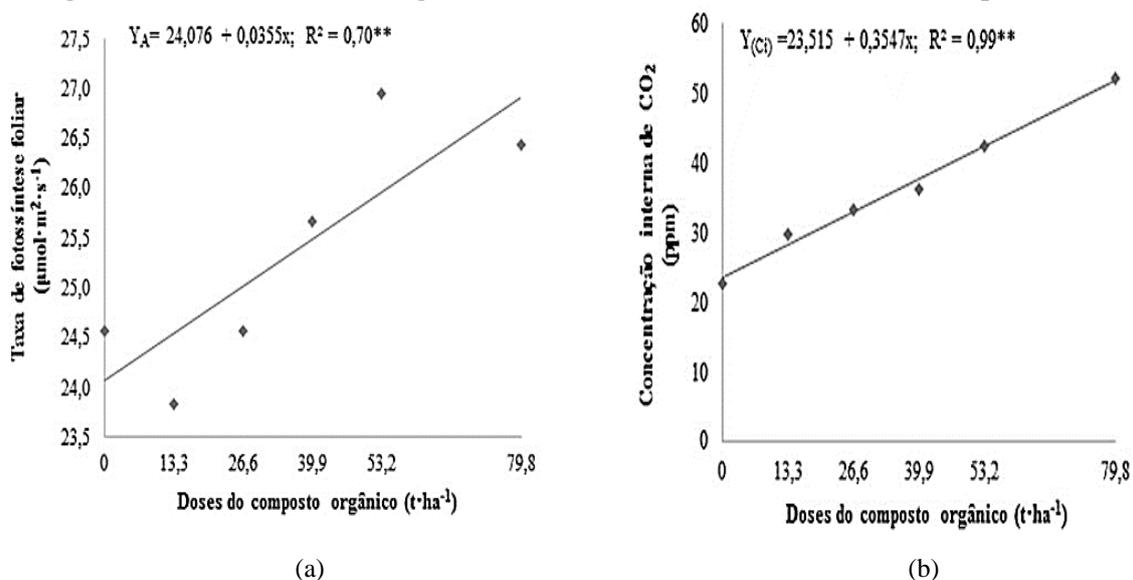
Fonte: Dados da pesquisa.

A taxa de fotossíntese foliar (A) apresentou efeito linear crescente às doses de composto, com valores estimados em 24,07 e 26,9 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ nas doses 0 e 79,8 t·ha⁻¹, respectivamente, com incremento de 11,7% em relação a testemunha (dose 0) do composto orgânico (Figura 16a), estando associado à variável Índice Relativo de Clorofila (IRC), que apresentou comportamento semelhante. Ressalta ainda, que possivelmente houve um aumento no estímulo da atividade enzimática e maior síntese da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco), responsável pela fotossíntese, entre outras, associado ao efeito também sobre a transpiração foliar, que favorece a fotossíntese (CABRERA BOSQUET et al., 2009).

A concentração interna de CO₂ (C_i) comportou-se de maneira linear crescente às doses do composto orgânico, com valores estimados em 23,51 e 51,82 ppm para as doses 0 e 79,8 t·ha⁻¹ do composto, respectivamente, com incremento de 120% em relação a

testemunha (Figura 16b). Tal superioridade dos valores reflete maior abertura estomática como mecanismo para atender à absorção de CO₂ do meio externo e regular a temperatura da folha por meio da transpiração (SLATYER, 1967). Quanto ao fator ciclos, observou-se maior Ci no primeiro ciclo, resultado da limitação da taxa fotossintética das folhas em função da elevada nebulosidade, o que aliado ao sombreamento mútuo, reduziu a carboxilação das moléculas de CO₂ no interior dos cloroplastos, resultado ratificado pela diminuição na fotossíntese das folhas (GOMIDE et al., 2002). Segundo Taiz e Zeiger (2013), quando todo o sistema enzimático envolvido na captura de CO₂ estiver saturado, novo aumento na concentração de CO₂ não serão acompanhados pela elevação da taxa fotossintética.

Figura 16 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre as variáveis (A) - Taxa de fotossíntese foliar (a) e (Ci) - Concentração interna de carbono (b), onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



Fonte: Dados da pesquisa.

A temperatura foliar (TFOL) apresentou efeito apenas para o fator ciclos, com valores de temperaturas médias menores nos ciclos 1 e 2, e médias maiores nos ciclos 3 e 4, com valores de 37,6 e 40,3° C, respectivamente (Tabela 6). O resultado é decorrente das condições climáticas observadas no período, onde, nos ciclos 1 e 2 os valores médios de radiação e temperatura máxima foram de 1370 μmol·m⁻²·s⁻¹ e 33 ° C, enquanto nos ciclos 3 e 4 os valores para as mesmas variáveis foram de 1659 μmol·m⁻²·s⁻¹ e 34,5 ° C, respectivamente.

Em resposta ao aumento da temperatura foliar nos ciclos 3 e 4, observou-se aumento taxa de transpiração foliar, sendo esse um mecanismo primário de regulação da temperatura da folha, dissipando parte da energia proveniente da radiação solar (HOPKINS, 1999). Contudo, é possível que mesmo com a elevação da taxa de transpiração, não tenha sido suficiente para reduzir a temperatura das folhas, pois, de acordo com Sebanek (1992), o aumento da temperatura em apenas dois ou três graus pode aumentar drasticamente o gradiente de difusão do vapor de água, resultando no aumento da carência hídrica da folha e diminuição da condutância estomática das folhas.

A relação fotossíntese/transpiração (A/E) e fotossíntese/condutância estomática (A/g_s), que representam a eficiência do uso da água instantânea e intrínseca na folha, respectivamente, e expressam quantitativamente o comportamento momentâneo das trocas gasosas na folha, não apresentaram efeito para o fator doses de composto orgânico (Tabela 6). Contudo, para o fator ciclos, verificou-se maior relação A/E no ciclo 2, enquanto no ciclo 4, a menor relação foi decorrente da menor taxa fotossintética quando comparada à transpiração foliar, demonstrando menor uso eficiente da água (EUA instantânea), o que traz como consequência, menor desenvolvimento da planta, levando-a a responder de forma menos eficiente aos fatores do meio (adubação, radiação, temperatura, umidade do ar).

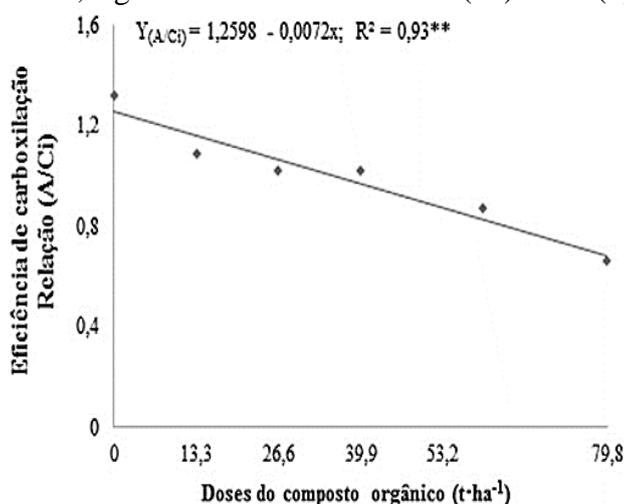
A eficiência instantânea da carboxilação (A/C_i) apresentou comportamento linear decrescente com a elevação das doses do composto, sendo tal relação diminuída em 0,0074 para cada tonelada \cdot ha $^{-1}$ do insumo aplicado, com valores estimados para referida relação de 1,27 e 0,68 nas doses 0 e 79,8 t \cdot ha $^{-1}$, respectivamente (Figura 17).

A redução da eficiência instantânea de carboxilação com elevação das doses do composto decorre da maior disponibilidade de CO_2 e de sua baixa utilização como substrato para fotossíntese (BETHKE e DREW, 1992) e, em menor grau, ao efeito do estresse hídrico no final do ciclo de crescimento, especialmente na aplicação das maiores doses do composto, haja vista ter havido maior competição entre plantas por fotoassimilados, ratificado pela maior altura das plantas (88,31 e 160,96 cm nas doses 0 e 79,8 t \cdot ha $^{-1}$) e elevado índice de área foliar (2,09 e 5,17 nas doses 0 e 79,8 t \cdot ha $^{-1}$). De acordo com Farquhar e Sharkey (1982), Ni e Pallardy (1992) e Leidi (1993), altos valores de C_i associados às pequenas alterações na condutância estomática pode indicar decréscimo na eficiência de carboxilação.

A relação A/C_i também foi influenciada pelos ciclos, mostrando que as plantas foram mais eficientes na utilização do CO_2 para fotossíntese nos ciclos 2 e 3 em relação

aos ciclos 1 e 4. A redução da eficiência de carboxilação nos referidos ciclos de crescimento, em especial do ciclo 1, pode ser devido às condições ambientais desfavoráveis (nebulosidade e dia chuvoso) para máxima eficiência fotossintética, o que pode ser confirmado pela F_0 , apesar da R_{fd} ter indicado boa capacidade de fixação do CO_2 , taxa baixa eficiência fotossintética.

Figura 17 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre a variável (A/Ci) - Relação fotossíntese/concentração de carbono, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade

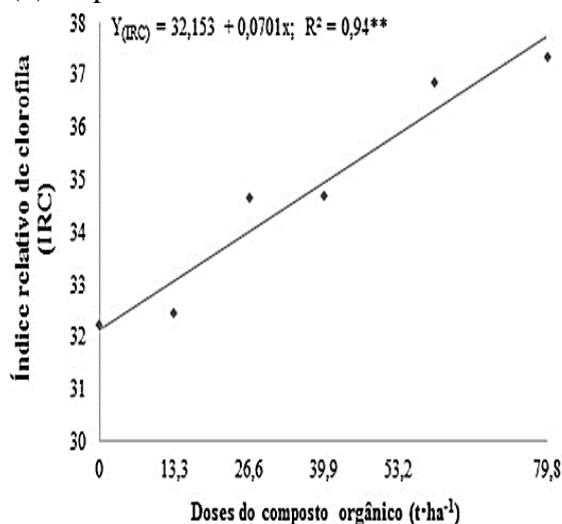


Fonte: Dados da pesquisa.

O índice relativo de clorofila (IRC) foi influenciado tanto pela adubação orgânica quanto pelos ciclos de crescimento, não havendo interação entre os fatores (Figura 18). Constatou-se resposta linear crescente do IRC às doses de composto aplicadas, com valores estimados em 32,19 e 37,87 unidades SPAD para as doses 0 e 79,8 t·ha⁻¹ do composto, respectivamente.

O incremento do IRC é resultado do aumento da clorofila na folha, fato que potencializa a assimilação de CO_2 pelo favorecimento da fase fotoquímica a partir do aumento da captura de energia luminosa e transferência para o centro de reação do fotossistema II. Para cada tonelada·ha⁻¹ de composto aplicado, o IRC foi aumentado em 0,0712 unidades SPAD. Ressalta-se que, a resposta em apreço é resultado das quantidades significativas de nutrientes, principalmente do nitrogênio, presente no composto proveniente dos resíduos da produção e abate da ovinocaprinocultura, pois, segundo Bullock e Anderson (1998), com o incremento da disponibilidade de nitrogênio para a planta, mais clorofila é sintetizada, resultando em aumento da intensidade verde nas folhas

Figura 18 - Efeito das doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes sobre a variável (IRC) - Índice relativo de clorofila, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, quando comparando a adubação orgânica com a adubação mineral sobre os parâmetros fisiológicos, observa-se ao longo dos ciclos de crescimento da cultura, para a maioria das variáveis analisadas, efeito não significativo. Contudo, no decorrer dos ciclos sucessivos, para as variáveis condutância estomática, concentração interna de dióxido de carbono e índice relativo de clorofila, verificou-se efeito significativo com ligeira superioridade para a adubação mineral (Tabela 7). Os efeitos observados foram mais expressivos no ciclo 4, em que a adubação mineral apresentou respostas superiores para as variáveis fluorescência máxima, índice de vitalidade, condutância estomática, taxa de transpiração foliar, taxa de fotossíntese foliar, temperatura da folha e índice relativo de clorofila em virtude do fracionamento da adubação ao longo dos ciclos, o que otimizou o equilíbrio entre suprimento e demanda de nutrientes pelas plantas.

Ao que tudo indica, as respostas fisiológicas do capim-elefante cv. Cameroon foram reduzidas com o passar dos ciclos de crescimentos, pelo fato do efeito do composto orgânico ir reduzindo-se progressivamente pela menor disponibilidade de nutrientes, ao contrário da adubação mineral, a qual foi aplicada (nitrogênio e potássio) em cada ciclo de crescimento, com disponibilização de nutrientes para atender às demandas fisiológicas da planta.

Tabela 7 - Análise de contraste entre as doses do composto orgânico e a adubação mineral para fluorescência da clorofila a trocas gasosas e índice relativo de clorofila

Variáveis	F ₀	F _v /F _M	R _{fd}	qP	qN	ETR	g _s	E	A	CI	TFOL	A/E	A/g	A/Ci	IRC	
						$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	$-\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	ppm	°C						unid. SPAD
Ciclo 1																
Médias das doses do com	280,50	0,76	2,39	0,51	0,86	7,59	0,140	3,96	22,80	60,89	37,98	5,87	163,88	0,39	34,8	
Mineral	271,78	0,76	2,61	0,46	0,86	8,20	0,173	3,86	23,33	69,50	37,80	6,04	135,05	0,34	37,3	
Significância F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	ns	**	ns	**	
Ciclo 2																
Médias das doses do com	194,72	0,75	2,31	0,61	0,87	8,20	0,180	3,65	29,59	22,55	37,23	8,45	164,80	1,55	35,7	
Mineral	194,00	0,75	2,54	0,64	0,88	8,40	0,186	3,77	30,24	29,00	36,85	8,10	161,97	1,13	38,1	
Significância F	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	
Ciclo 3																
Médias das doses do com	113,21	0,74	2,33	0,61	0,86	8,95	0,165	4,54	29,28	30,94	40,20	6,52	180,71	1,24	37,1	
Mineral	115,25	0,76	2,60	0,67	0,89	8,93	0,145	4,30	30,17	54,75	39,97	7,00	208,33	0,72	40,2	
Significância F	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	**	
Ciclo 4																
Médias das doses do com	109,39	0,70	2,35	0,86	0,88	9,91	0,130	4,46	19,66	29,98	40,45	4,40	157,09	0,82	30,9	
Mineral	108,67	0,73	2,66	0,80	0,85	9,27	0,167	5,46	25,82	21,62	39,75	4,73	156,95	1,19	35,2	
Significância F	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	**	**	ns	*	ns	ns	ns	**	

Nota: F₀ - Fluorescência Inicial; F_v/F_M - Relação Fluorescência Variável/Máxima; R_{fd} - Índice de vitalidade; qP - Coeficiente de Excitação Fotoquímico; qN - Coeficiente de Excitação Não-Fotoquímico; ETR - Taxa de transporte de elétrons; g_s - Condutância estomática, E - Taxa de transpiração foliar; A - Taxa de fotossíntese foliar; Ci - Concentração interna de CO₂; TFOL - Temperatura da folha; A/E - Relação Taxa Fotossintética/Transpiração; A/g_s - Relação Taxa Fotossintética/Condutância estomática; A/Ci - Relação Fotossíntese/ Concentração interna de CO₂, IRC - Índice relativo de clorofila; ns (não significativo) e significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*). **Fonte:** Dados da pesquisa.

4.2 Ensaio II - Fluxo de biomassa em capim-elefante submetido a diferentes doses do composto orgânico proveniente da produção e do abate de pequenos ruminantes

Considerando o efeito isolado para fator doses, com exceção das variáveis taxa de aparecimento foliar (TApF) e duração de vida das folhas (DVF) verificou-se efeito significativo para o modelo linear para as demais variáveis analisadas (Tabela 8). Em relação ao efeito de ciclos, observou-se resultados significativos para todas as variáveis avaliadas, com valores superiores para o ciclo 1 em relação aos demais ciclos. Tal resultado pode ser em função da maior disponibilidade de nutrientes oriundos da aplicação do composto orgânico, feita somente uma vez no início do experimento, favorecendo o crescimento das plantas, justificando-se ainda pela baixa relação C/N do material que promoveu maior mineralização do que imobilização. Quanto à interação dose x ciclo, exceto para a TApF, nas demais variáveis analisadas observaram-se interação significativa.

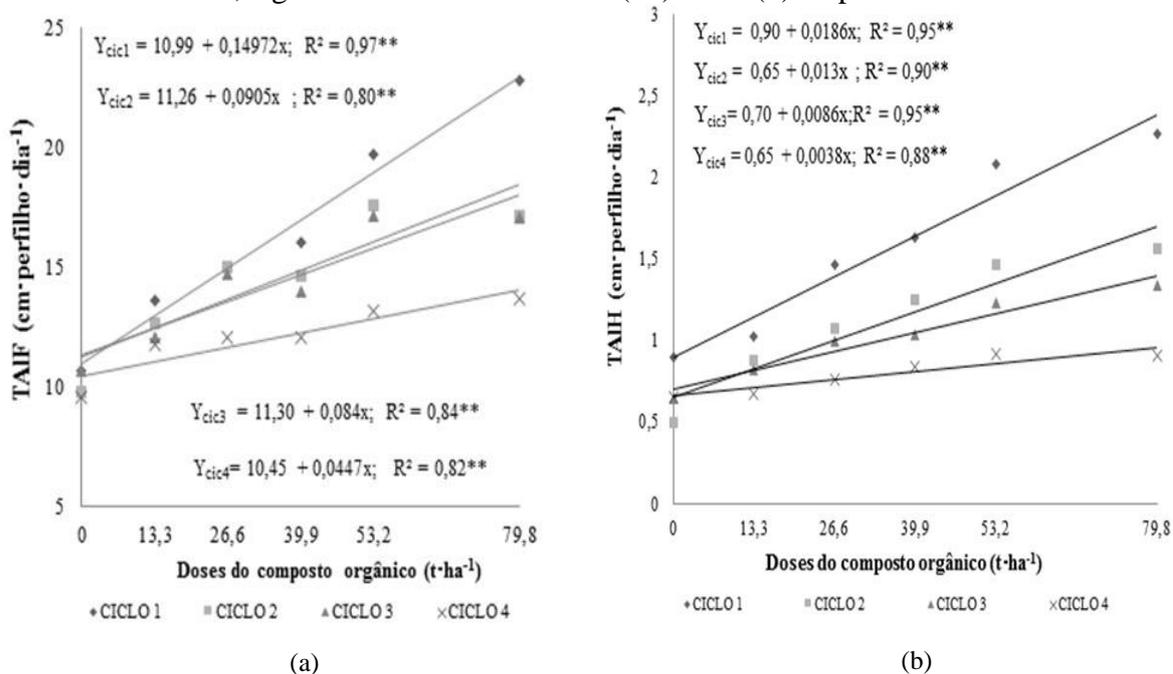
Tabela 8 - Análise de variância, dos efeitos isolados de doses, ciclos e da interação dose x ciclo sobre as características morfológicas do capim-elefante submetido a diferentes níveis do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes

dias	TAIF	TAIH	TSFT	DVF	TApF	TPF	TAF
t·ha ⁻¹	-----cm·perf·dia ⁻¹ -----			dias	fol·perf·dia ⁻¹	----kg·MS·ha ⁻¹ ----	
0	10,17	0,67	3,13	53,32	0,16	107,65	74,40
13,3	12,53	0,85	3,80	50,78	0,16	140,55	117,67
26,6	14,21	1,08	4,15	51,93	0,18	202,66	174,21
39,9	14,18	1,19	4,10	50,38	0,17	245,16	208,90
53,2	16,91	1,42	5,24	49,76	0,18	254,14	211,51
79,8	17,65	1,52	5,55	48,87	0,18	311,67	272,59
Significância F	**	**	**	ns	ns	**	**
CV ₁ (%)	17,9	15,5	19,9	17,13	10,5	22,6	25,2
Ciclos							
1	16,30 ^a	1,56 ^a	5,26 ^a	56,61 ^a	0,15 ^a	261,03 ^a	215,51 ^a
2	14,47 ^b	1,12 ^b	4,69 ^{ab}	51,61 ^a	0,18 ^b	220,92 ^b	181,39 ^b
3	14,28 ^b	1,00 ^b	4,16 ^b	47,88 ^b	0,18 ^b	187,88 ^c	158,43 ^{bc}
4	12,04 ^c	0,79 ^c	3,1 ^c	47,27 ^b	0,18 ^b	171,39 ^c	150,86 ^c
Significância F	**	**	**	**	**	**	**
CV ₂ (%)	11,9	15,4	18,4	15,56	8,2	18,8	20,4
DMS	1,29	0,13	0,60	6,05	0,01	30,26	27,58
D x C	**	**	**	**	ns	**	**

Nota: TAIF - taxa de alongamento de lâmina foliar; TAIH - Taxa de alongamento das hastas; TSFT - Taxa de senescência foliar total; TApF - Taxa de aparecimento foliar; TPF - Taxa de produção de forragem; TAF - Taxa de acúmulo de forragem, DVF - Duração de vida das folhas, CV₁: coeficiente de variação da parcela; CV₂: coeficiente de variação da subparcela. $Y_{TAIF} = 11,01 + 0,0922x$, $R^2 = 0,91$; $Y_{TAIH} = 0,729 + 0,011x$, $R^2 = 0,94$; $Y_{TApF} = 0,729 + 0,011x$, $R^2 = 0,94$; $Y_{TPF} = 118,53 + 2,587x$, $R^2 = 0,95$; $Y_{TAF} = 90,88 + 2,416x$, $R^2 = 0,94$; DMS - Diferença mínima significativa; (D X C) - Doses x Ciclos. Média seguida de letras iguais, não diferentes de ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey; ns (não significativo) e significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*). **Fonte:** Dados da pesquisa.

O desdobramento da interação (doses x ciclos) para taxas de alongamento foliar (TAIF) e das hastes (TAIH) em que houve efeito significativo para todos os ciclos de crescimento (Figura 19). Em ambas variáveis, observou-se efeito linear crescente dos níveis de aplicação de composto orgânico sobre a TAIF e TAIH do capim-elefante nos ciclos 1; 2; 3 e 4. A TAIF apresentou valores estimados de 10,9 e 22,9 $\text{cm}\cdot\text{perfilho}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ no ciclo 1, enquanto no ciclo 4 foram de 10,5 e 14,0 $\text{cm}\cdot\text{perfilho}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, referente a dose 0 e 79,8 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de composto orgânico.

Figura 19 - Efeito das interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre a (TAIF) - Taxa de alongamento de lâmina foliar (a) e (TAIH) - taxa de alongamento das hastes (b) do capim-elefante, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



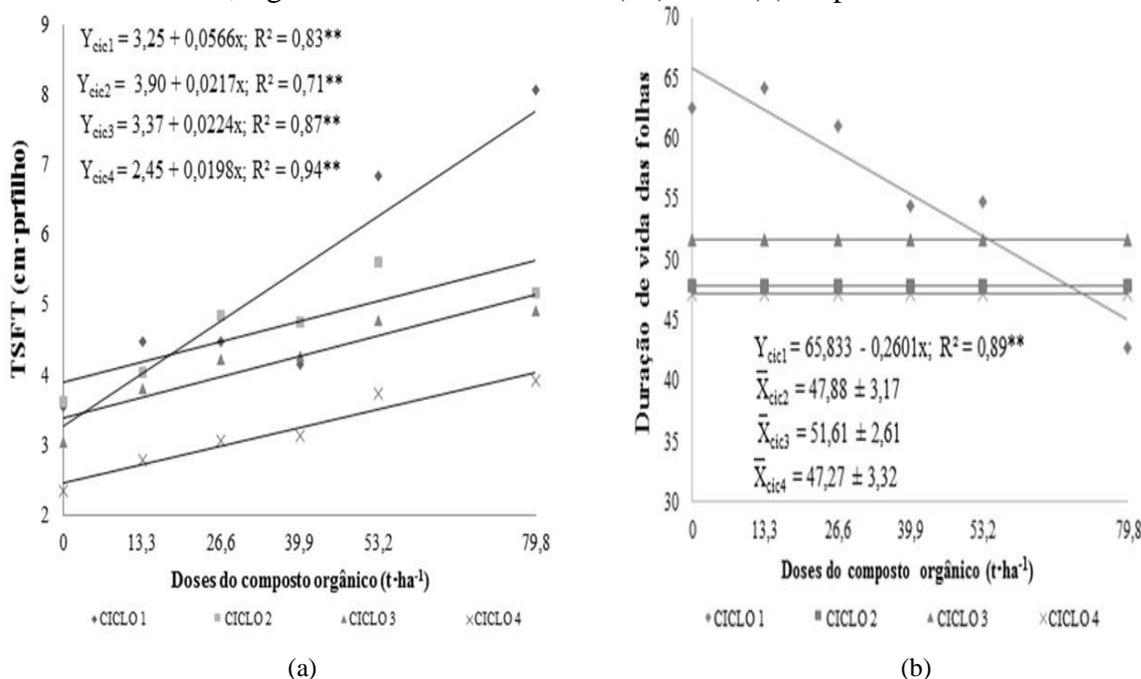
Fonte: Dados da pesquisa.

A resposta decrescente da TAIF e da TAIH ao longo dos ciclos pode ser decorrente da diminuição na disponibilidade de nutrientes nos sucessivos ciclos de crescimento, haja vista o composto ter sido aplicado de uma só vez no início do experimento, não havendo complementação com adubos minerais, ou seja, a única fonte foi o composto orgânico. Embora seja sabido que a liberação de nutrientes de compostos orgânicos seja lenta e gradual (KIEHL, 2004), é possível que as condições climáticas (altas temperaturas e umidade), associadas à presença da irrigação tenham acelerado a liberação de nutrientes na solução do solo já nos primeiros ciclos de crescimento do capim-elefante

com a aplicação do composto orgânico, o que elevou as altas taxas de mineralização (baixa relação C/N) no solo, culminando na maior produtividade da gramínea.

A taxa de senescência foliar total (TSFT) apresentou efeito linear positivo quanto às doses de composto orgânico em todos os ciclos de crescimento (Figura 20a), com decréscimos de 24,5 e 52,4% quando se compara o ciclo 1 ao ciclo 4 nas doses 0 e 79,8 t·ha⁻¹ do composto, respectivamente. O ritmo de crescimento da planta que responde às doses de composto orgânico, com alta taxa de alongamento foliar e de hastes, favorece a senescência das folhas primeiramente formadas, uma vez que aumenta as perdas respiratórias de carbono pela intensificação do sombreamento mútuo. Apesar de a elevação do composto orgânico no solo acelerar o metabolismo da planta de forma a promover o crescimento dos tecidos, o que eleva as perdas por senescência, pode, entretanto, acarretar a antecipação do tempo de colheita, com a consequente produção de forragem de melhor qualidade.

Figura 20 - Efeito das interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre as variáveis (TSFT) - Taxa de senescência foliar total (a) e (DVF) - Duração de vida das folhas (b) do capim-elefante, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



Fonte: Dados da pesquisa.

Observou-se no ciclo 1 resposta linear decrescente para a variável duração de vida das folhas (DVF), onde o valor foi de 45 dias de vida na dose de 79,8 t·ha⁻¹, enquanto

nos demais ciclos de crescimento da cultura não houve efeito significativo, com médias aproximadas de 48; 52 e 47 dias nos ciclos 2, 3 e 4, respectivamente (Figura 20b).

O resultado constatado no ciclo 1 para DVF, está relacionado ao incremento da TAlF, que contribuiu para elevação do sombreamento mútuo, tendo como consequência o aumento da TST verificada no primeiro ciclo, reduzindo assim, o tempo de vida das folhas. Dentre os nutrientes presentes no composto, é provável que o N tenha acelerado os processos de senescência das folhas, promovendo a diminuição na DVF (MARTUSCELLO et al., 2006).

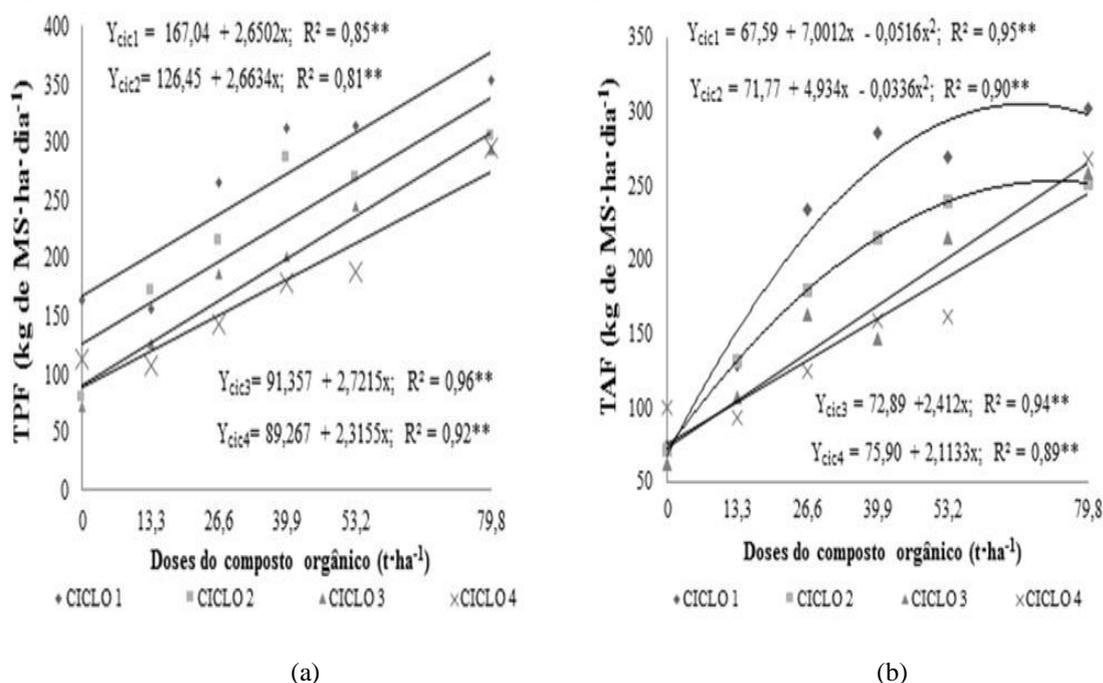
A taxa de produção de forragem (TPF) apresentou efeito linear crescente ao aumento das doses de adubo orgânico em todos os ciclos de crescimento (Figura 21a). Os valores observados para o ciclo 1 foram estimados em 167,4 e 378,52 kg de MS·ha⁻¹·dia⁻¹, enquanto que, para o ciclo 4 foram de 89,26 e 274,04 kg de MS·ha⁻¹·dia⁻¹, referente às doses 0 e 79,8 t·ha⁻¹ do composto orgânico, respectivamente. Já a taxa de acúmulo de forragem (TAF) respondeu de forma quadrática nos ciclos 1 e 2 às doses do composto, com ponto de máximo de 305,07 e 252,90 kg de MS·ha⁻¹·dia⁻¹, nas doses de 67,84 e 73,42 t·ha⁻¹ do composto orgânico (Figura 21b), respectivamente, representando uma média de aplicação de 70,63 t·ha⁻¹ do composto orgânico, denotando efeito positivo do insumo até a dose com elevação de perdas por senescência a partir de então, em decorrência da elevada disponibilidade de nutrientes, principalmente do N, proveniente de altas taxas de mineralização do N orgânico. De acordo com Gomide et al. (2003), o ritmo de crescimento da planta, respondendo às doses de nitrogênio, com altas taxas de alongamento foliares e de colmo, favorece a senescência das folhas primeiramente formadas, uma vez que aumenta a competição por fotoassimilados.

Em estudos considerando o uso de compostos orgânicos proveniente de resíduos animais, Costa et al. (2009) e Orrico Júnior et al. (2010) afirmaram que baixos valores de relação C/N indicam que parte do nitrogênio estará prontamente disponível para absorção pelas plantas ou mesmo para possíveis perdas, como lixiviação ou volatilização nesse período. Diante desses resultados, considerando a proximidade das doses para os pontos de maiores TAF para os ciclos 1 e 2, ratifica-se a hipótese de que tenha havido excesso de nutrientes, em especial do N, causando aceleração no metabolismo das plantas, com consequente perdas de folhas por senescência.

Nos ciclos 3 e 4, observou-se resposta linear crescente com aumento das doses do composto orgânico, provavelmente em função da diminuição da fração de

mineralização do fertilizante orgânico causada pela liberação paulatina dos nutrientes, diferentemente do que ocorreu nos dois primeiros ciclos, os quais podem ter se beneficiado de uma mineralização mais intensa do composto orgânico.

Figura 21 - Efeito das interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre a (TPF) - Taxa produção de forragem (a) e a (TAF) - Taxa de acúmulo de forragem (b) de capim-elefante, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de se complementar a aplicação com fonte de adubo mineral para manter a produtividade em patamares elevados, semelhantes aos obtidos no primeiro ciclo de crescimento, tendo em vista as altas taxas de mineralização do composto orgânico. Contudo, estudos complementares de viabilidade econômica são de fundamental importância para a elucidação de tais questões.

Quando se compara o efeito da adubação mineral x adubação com o composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes, através da análise de contraste no ciclo 1, observa-se que não foram verificadas respostas ($P > 0,05$) para nenhuma variável analisada (Tabela 9), o que reforça a hipótese da alta mineralização do nitrogênio proveniente do composto orgânico, devido à baixa relação C/N, elevando as taxas de produção de forragem neste ciclo de crescimento. Com exceção das variáveis DFV e TApF, que não apresentaram significância, nos ciclos 2, 3 e 4, de maneira geral,

observou-se superioridade ($P < 0,05$) nos índices morfogênicos do capim-elefante submetido à adubação mineral, o que demonstra a necessidade da complementação de nutrientes. Vale ressaltar que os adubos orgânicos não são fontes equilibradas de nutrientes, sendo necessária a complementação com fertilizantes minerais.

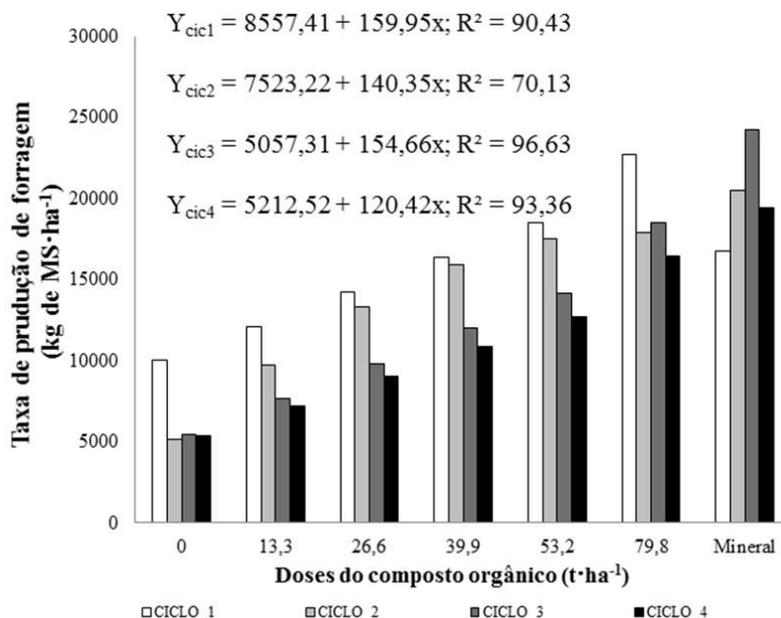
Tabela 9 - Análise de contraste entre as doses do composto orgânico e a adubação mineral sobre as características morfogênicas

Tratamento	TAIF	TAIH	TSFT	DVF	TApF	TPF	TAF
	----cm·perfilho·dia ⁻¹ ----			dias	Dia·folha ⁻¹	--kg MS·ha·dia ⁻¹ --	
Ciclo 1							
Médias das doses do composto	16,30	1,56	5,26	56,61	0,15	261,03	215,51
Mineral	17,01	1,39	5,93	69,09	0,15	278,93	232,39
Significância F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ciclo 2							
Médias das doses do composto	14,47	1,12	4,69	47,88	0,18	220,91	181,38
Mineral	17,17	1,50	5,88	47,34	0,17	342,19	274,12
Significância F	**	**	**	ns	ns	**	**
Ciclo 3							
Médias das doses do composto	14,28	1,00	4,16	51,61	0,18	187,87	158,43
Mineral	17,37	1,48	5,52	51,01	0,17	404,22	319,22
Significância F	*	**	**	ns	ns	**	**
Ciclo 4							
Médias das doses do composto	12,04	0,79	3,16	47,27	0,17	171,39	150,86
Mineral	18,79	1,44	4,20	45,59	0,20	323,28	291,23
Significância F	**	**	**	ns	*	**	**

Nota: TAIF - Taxa de alongamento de lâmina foliar; TAIH - Taxa de alongamento das hastas; TSFT - Taxa de senescência foliar total; TApF - Taxa de aparecimento foliar; TPF - Taxa de produção de forragem; TAF - Taxa de acúmulo de forragem; DPP - Densidade populacional de perfilhos. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey; ns (não significativo) e significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*). **Fonte:** Dados da pesquisa.

Quando se analisa a produtividade da gramínea em resposta às doses de composto orgânico comparativamente ao adubo mineral, em cada ciclo de crescimento (Figura 22), observa-se resposta linear crescente às doses de composto orgânico. Ao igualar as médias das doses de composto orgânico ao adubo mineral em cada ciclo, observa-se que para alcançar a produtividade do capim-elefante adubado com fertilizante mineral é necessária a aplicação de 51,27; 92,68; 124,11 e 117,79 t·ha⁻¹ de composto orgânico para os ciclos 1; 2; 3 e 4, respectivamente, o que reforça a necessidade de complementação da adubação mineral mesmo na maior dose de composto avaliada.

Figura 22 - Efeito das interações entre as doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e adubo mineral em cada ciclo de crescimento sobre a produtividade de capim-elefante, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) de probabilidade



Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando os tratamentos zero (sem adubação orgânica), dose padrão (26,6 t·ha⁻¹ composto orgânico) e adubação mineral nitrogenada de 480 kg·ha⁻¹ (sendo este equivalente a dose padrão do composto) em quatro ciclos de crescimento de 60 dias, observa-se uma produtividade média estimada de 26,45, 41,75 e 80,92 toneladas de MS·ha⁻¹, respectivamente, com incrementos de 67,55 e 205,9% a mais de forragem em relação ao tratamento sem aplicação de adubo, respectivamente (Figura 17). Diante de tais resultados, deduz-se que a biomassa produzida em um hectare para a produção de silagem (com desconto de 10% de perdas no campo + 20% de perdas durante o processo de ensilagem – silo superfície) nas referidas doses citadas, permitiria a alimentação aproximada de 82; 130 e 252 ovinos alimentados exclusivamente com volumoso com peso vivo médio de 25 kg e consumo diário de matéria seca de cerca de 3,5% do peso vivo, considerando 10% de perdas no cocho, durante o período de 240 dias.

4.3 Ensaio III - Características estruturais do capim-elefante submetido a diferentes doses do composto orgânico proveniente da produção e do abate de pequenos ruminantes

Na Tabela 10 são apresentadas a síntese da análise de variância para as características estruturais e componentes de biomassa do capim-elefante submetido a doses do composto orgânico. Para o fator isolado doses verificou-se resposta linear crescente na maioria das variáveis analisadas, com exceção das variáveis: número de folhas vivas por perfilho (NFV), densidade populacional de perfilhos (DPP), relação material vivo/material morto (MV/MM) e folha/colmo (F/C).

Em relação ao fator ciclos, observaram-se para todas as variáveis avaliadas diferenças ($P < 0,01$) com valores superiores no primeiro ciclo e decréscimo nos ciclos seguintes. O resultado está associado à liberação e disponibilidade de nutrientes provenientes do composto orgânico e sua influência sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Quanto à interação doses x ciclos, houve efeito somente para as variáveis: altura (ALT), densidade populacional de perfilhos (DPP), comprimento final da folha (CFF), número de entrenós, biomassa de forragem total (BFT), de forragem morta (BFM), de colmo verdes (BCV), eficiência de uso da água para produção de biomassa de forragem total ($EUA_{BFT} \text{ kg de MS} \cdot \text{mm}^{-1}$).

A altura do dossel apresentou comportamento linear crescente em todos os ciclos avaliados (Figura 23a). No ciclo 1, a testemunha apresentou altura de 111,35 cm, enquanto a dose de $79,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ apresentou-se 95,7% superior, sendo seu valor de 217,91 cm. Por sua vez, no ciclo 4 seus valores foram de 89,62 e 131,02 cm, reduzindo-se em 24,3 e 66,3% em relação ao primeiro ciclo, respectivamente. A altura do dossel é afetada pela disponibilidade de nutrientes, em especial o nitrogênio, que promove o incremento em biomassa, incluindo hastes para sustentação desta, e folhas, que acarretam intenso sombreamento que, por sua vez, também promove mudanças fotomorfogênicas na planta. Segundo Taiz e Zeiger, (2013), o sombreamento é caracterizado pela redução da relação vermelho/vermelho extremo (V/VE) nas partes inferiores do dossel, a qual é detectada pelo sistema fitocromo, contribuindo para o alongamento das hastes e conseqüente elevação na altura da planta.

Tabela 10 - Análise de variância dos efeitos isolados doses, ciclos e interação doses x ciclo sobre as características estruturais do capim-elefante cv. Cameroon submetido a diferentes níveis do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes

DOSES	ALT	NFV	DPP	CFF	IAF	Entrenós	BFT	BFM	BLV	BCV	MV/MM	F/C	EUA _{BFT}
(t·ha ⁻¹)	(cm)	(fol·perf ¹)	(perf·m ⁻²)	(cm)		Nº	----- kg de MS·ha ⁻¹ -----						Kg de MS·mm ⁻¹
0	88,31	8,15	38,04	60,90	2,09	3,19	4457,13	368,12	2091,92	1961,97	14,95	1,32	10,16
13,3	106,91	7,80	39,97	74,59	2,96	4,28	7106,10	477,44	3042,95	3585,71	15,99	0,96	16,09
26,6	125,67	8,54	36,68	79,75	3,70	4,79	9889,25	659,59	3940,00	5289,66	16,78	0,84	22,46
39,9	139,80	8,23	39,91	81,93	4,14	5,22	11327,23	738,25	4237,80	6351,18	16,44	0,79	28,20
53,2	146,09	8,69	37,94	95,75	4,61	6,23	12529,89	840,70	4694,16	6995,04	20,27	0,91	31,84
79,8	160,96	8,45	39,37	98,81	5,17	6,84	14034,49	957,38	5225,15	7851,96	17,65	0,87	32,66
Significância F	**	ns	ns	**	**	**	**	**	*	*	ns	ns	**
CV₁(%)	10,69	9,83	21,28	14,42	37,92	29,63	36,39	36,54	26,74	47,93	48,38	62,5	43,69
Ciclos													
1	159,28 ^a	8,18 ^a	56,58 ^a	103,81 ^a	5,08 ^a	5,82 ^a	17170,91 ^a	1321,11 ^a	5772,72 ^a	10077,07 ^a	13,72 ^b	0,63 ^b	37,10 ^a
2	124,38 ^b	8,14 ^b	37,68 ^b	79,06 ^b	3,91 ^b	4,70 ^b	8318,37 ^b	440,84 ^b	3650,93 ^b	4226,60 ^b	21,65 ^a	1,16 ^a	27,76 ^b
3	121,07 ^b	8,09 ^b	27,39 ^c	77,50 ^b	3,52 ^b	5,71 ^a	7872,85 ^{bc}	492,28 ^b	3401,49 ^b	3979,07 ^b	17,55 ^{ab}	0,97 ^{ab}	18,12 ^c
4	108,12 ^c	7,90 ^b	32,91 ^b	67,45 ^c	2,66 ^c	4,20 ^c	6388,29 ^c	457,14 ^b	2749,57 ^c	3181,57 ^b	15,74 ^{ab}	1,04 ^a	11,29 ^d
Significância F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**
CV₂(%)	7,40	8,90	9,83	9,62	20,15	11,26	23,29	36,06	20,44	29,63	53,18	50,66	28,88
DMS	7,25	0,56	5,11	6,03	0,58	0,44	1770,80	187,00	608,91	1216,16	6,98	0,36	5,21
D x C	**	ns	**	**	ns	*	**	**	ns	**	ns	ns	**

Nota: ALT - Altura do dossel; NFV - Número de folhas vivas; DPP - Densidade populacional de perfilhos; CFF - Comprimento final foliar; IAF - Índice de área foliar; Média dos entrenós dos perfilhos; BFT - Biomassa de forragem total; BFM - Biomassa de forragem morta; BLV - Biomassa de lâmina foliar verde; BCV - Biomassa de colmo; MV/MM - Relação vivo/morto; F/C - Relação folha colmo; EUA_{BFT} - Eficiência do uso da água para produção de biomassa de forragem total, $Y_{ALT} = 95,906 + 0,9037x$; $R^2 = 0,94$; $X_{NFV} = 8,31 \pm 0,31$; $X_{DPP} = 38,65 \pm 1,31$; $Y_{CFF} = 65,4884 + 0,4654x$; $R^2 = 0,91^{**}$; $Y_{IAF} = 2,4306 + 0,038x$; $R^2 = 0,94^{**}$; $Y_{Entrenós} = 3,19 + 0,0451x$; $R^2 = 0,96^{**}$; $Y_{BFT} = 4457,13 + 227,70x - 1,35x^2$; $R^2 = 0,99^{**}$; $Y_{BFM} = 406,11 + 7,5711x$; $R^2 = 0,95^{**}$; $Y_{BLV} = 2161,26 + 230,82x - 0,41x^2$; $R^2 = 0,99$; $Y_{BCV} = 1939,04 + 144,56x - 33,56x^2$; $R^2 = 0,99$; $Y_{MV/MM} = 17,01 \pm 1,82$; $Y_{F/C} = 0,94 \pm 0,19$; CV% - Coeficiente de variação. DMS - Diferença mínima significativa; (D X C) - Doses x Ciclos. Média seguida de letras iguais, não diferentes de ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey; ns (não significativo) e significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*). **Fonte:** Dados da pesquisa.

Não houve efeito de doses, nem de ciclos e nem de sua interação para a variável número de folhas vivas por perfilho (NFV), com média igual a $8,18 \pm 0,43$. Por se tratar de uma característica genotípica inerente à planta, essa variável mostra-se bastante estável quando da ausência de fatores estressantes (NABINGER e PONTES, 2001). Além disso, o período de cortes estabelecido de 60 dias, foi suficiente para a estabilização da variável, sendo esta atingida com aproximadamente 47 dias, resultado obtido a partir da média da taxa de aparecimento foliar ($0,17 \text{ fol}\cdot\text{perf}\cdot\text{dia}^{-1}$) e do número de folhas vivas por perfilhos (8,07) obtidos na média dos quatro ciclos de crescimento (Tabela 8).

A densidade populacional de perfilhos (DPP) apresentou efeito linear decrescente no ciclo 1 com o incremento das doses do composto (Figura 23b). Esse efeito pode ter sido decorrente da aplicação do composto, que foi realizada toda em dose única no início do experimento, o que gerou um acúmulo de material na superfície do solo e pode ter funcionado como barreira física ao perfilhamento, especialmente nas maiores doses, efeito este que pode ter se reduzido ao longo dos ciclos pela incorporação do material. De acordo com Langer (1963), a luz é um dos fatores estimulantes do perfilhamento, carecendo de sua incidência direta sobre as gemas para elas brotarem.

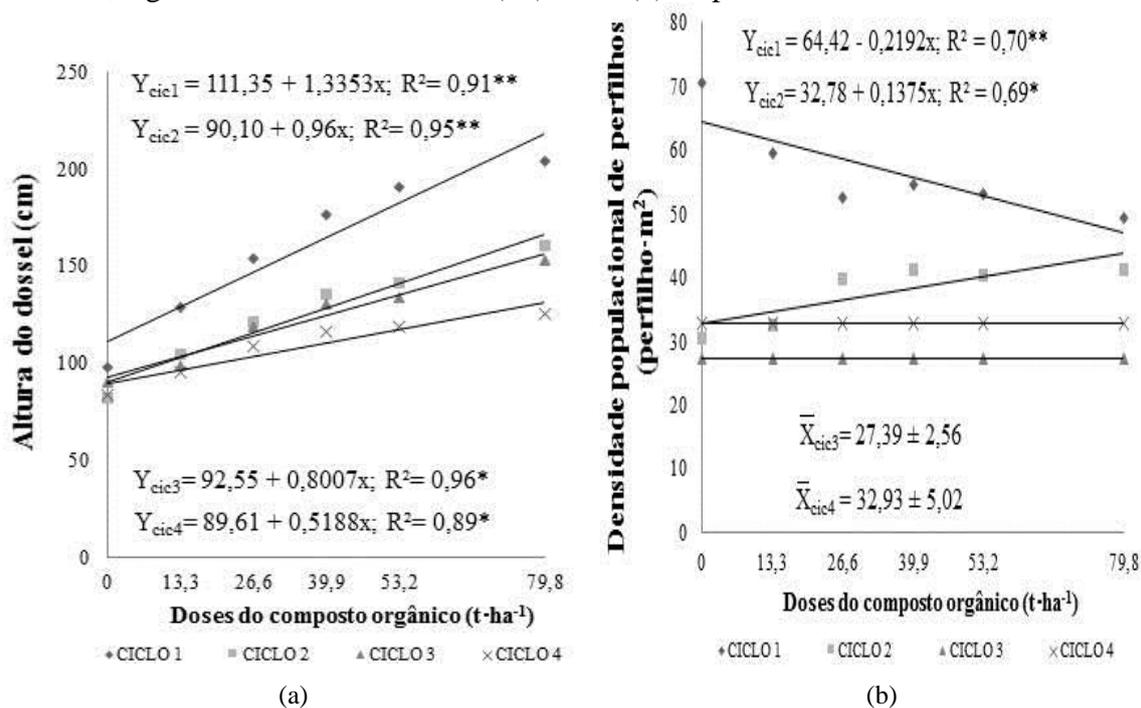
No segundo ciclo de crescimento, a DPP comportou-se de maneira oposta ao primeiro ciclo, com efeito linear crescente ao aumento das doses de composto orgânico, pois o menor aporte de nutrientes verificado nas menores doses parece ter atuado de forma negativa, uma vez que, com a restrição de fatores relacionados ao crescimento e desenvolvimento vegetal, um dos primeiros mecanismos de adaptação desencadeados pela planta é a diminuição da emissão de novos perfilhos (DAVIES et al., 1983; GOMIDE e GOMIDE, 1999).

Nos ciclos 3 e 4 não foram observadas respostas para essa variável, com médias estimadas em 27,39 e 32,93 perfilhos $\cdot\text{m}^{-2}$, respectivamente, o que pode ter sido decorrente da menor disponibilidade de nutrientes no solo, em especial do N, pois o mesmo atua na ativação dos tecidos meristemáticos (gemas axilares) e, cujo déficit, aumenta o número de gemas dormentes.

O comprimento final da folha (CFF) respondeu de maneira linear positiva ao incremento das doses do composto orgânico em todos os ciclos de crescimento (Figura 24a). No ciclo 1, os valores foram estimados em 73,9 e 141,1 cm para a doses 0 e 79,8 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ da adubação orgânica, sendo a maior dose superior em 90% em comparação à

testemunha, enquanto que, nos demais ciclos, foram observados gradativos decréscimos no incremento dessa variável. No quarto ciclo, a variável CFF apresentou valores de 77,78 cm na dose de 79,8 t·ha⁻¹ do insumo, o que corresponde em redução de 55,1% na CFF em relação ao primeiro ciclo. Tal resultado é explicado pelo elevado aporte nutricional do composto no solo com elevada liberação de nutrientes no primeiro ciclo e posterior declínio nos demais ciclos. É importante salientar que essa variável é favorecida pela elevada disponibilidade de nutrientes, por promover a divisão celular e consequente crescimento da folha (SKINNER e NELSON, 1995; GARCEZ NETO et al., 2002), resultado das altas taxas de mineralização do nitrogênio orgânico proveniente do composto.

Figura 23 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre as componentes: (ALT)- Altura do dossel (a) e (DPP) - Densidade populacional de perfilhos (b), onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade

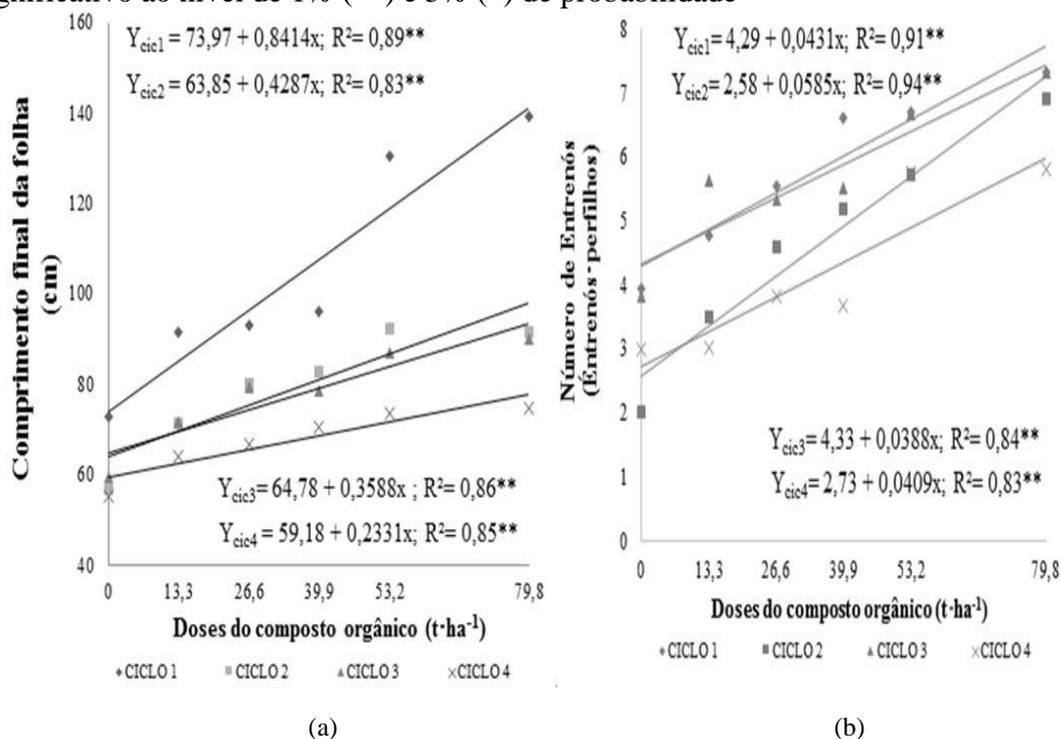


Fonte: Dados da pesquisa.

O número de entrenós apresentou resposta linear positiva às doses de composto em todos os ciclos (Figura 24b). Nos ciclos 1 e 4, o número de entrenós foi estimado em 7,73 e 5,99, respectivamente, na dose correspondente a 79,8 t·ha⁻¹ do adubo orgânico, estando, no ciclo 1, próxima da faixa entre 8 a 10 entrenós recomendada por

Spain e Santiago (1973), para conciliar melhor rendimento forrageiro e valor nutritivo da capineira.

Figura 24 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre as componentes (CFF) - Comprimento final da lâmina foliar (b) e Número de entrenós·perfilhos (b), onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



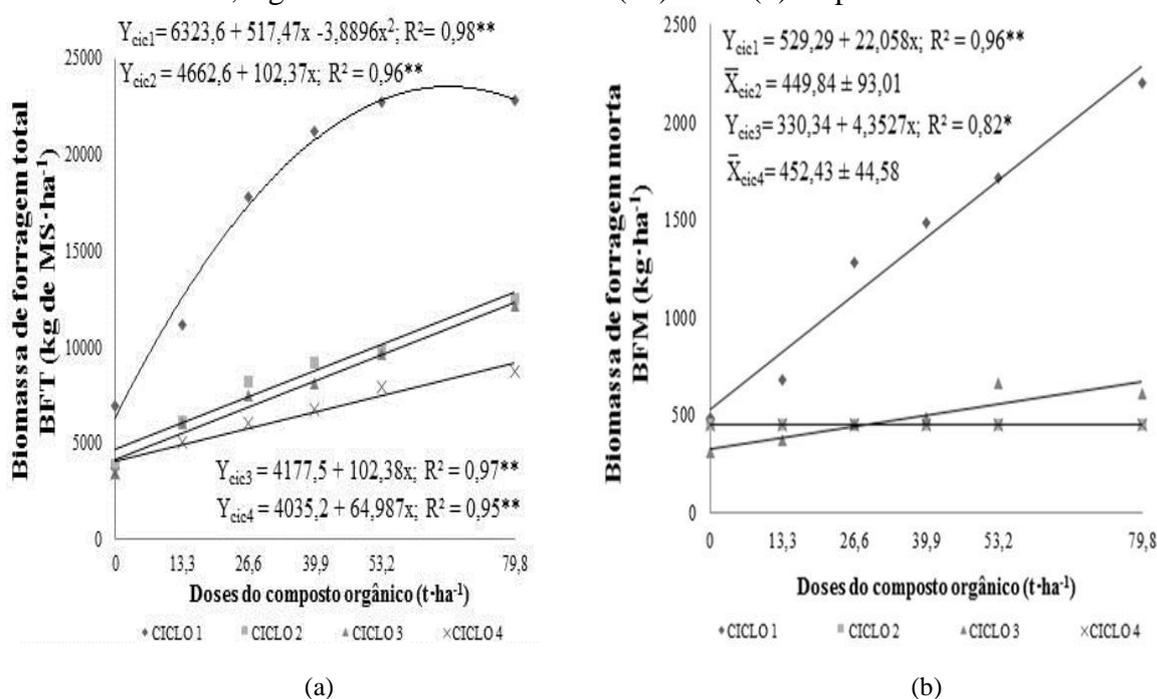
Fonte: Dados da pesquisa.

A variável acompanha o crescimento em altura das plantas, por participar diretamente no processo de divisão e alongamento das células meristemáticas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Vale ressaltar que, o aumento no comprimento dos entrenós influencia na taxa de aparecimento foliar (TApF). De acordo com Skinner e Nelson, (1995), o maior comprimento do colmo tende a aumentar o intervalo do filocrono e, com isso, reduz a TApF (Tabela 8). O declínio da variável durante os ciclos sucessivos decorreu possivelmente do menor aporte de nutrientes causado pela aplicação do composto em dose única no início do experimento, o que pode reduzir a taxa de crescimento da cultura ciclo após ciclo.

Quando se analisa os desdobramentos da interação (doses x ciclos) para biomassa de forragem total (BFT), verifica-se comportamento quadrático no ciclo 1 com ponto de máximo estimado em 23534,58 kg de MS·ha⁻¹·ciclo⁻¹ na dose de 66,52 t·ha⁻¹ do

composto orgânico, sendo justificado principalmente pelas respostas das variáveis BLV e BCV, as quais seguem o mesmo padrão de resposta. Tal resultado está relacionado, ainda, com a maior DPP e o IAF observados no ciclo 1, que possivelmente estimulou o sombreamento e, conseqüentemente, decréscimo da BFT após o ponto de máximo (Figura 25a).

Figura 25 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre os componentes de (BFT) - Biomassa de forragem total (a) e (BFM) - Biomassa de forragem morta (b) do capim-elefante, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade



Fonte: Dados da pesquisa.

A maior produtividade das gramíneas está relacionada com o maior número de perfilhos por área e um possível incremento no crescimento das hastas (OLIVEIRA et al.,2003), que pode ser caracterizado pela maior altura do dossel. Mello et al. (2002), relatam relação positiva entre altura e produção de MS e lâmina foliar em gramíneas de capim-elefante mais altas.

Nos demais ciclos, observou-se resposta linear positiva das doses de composto para BFT, onde no quarto ciclo os valores foram estimados em 4035,20 e 9221,16 kg MS·ha⁻¹·ciclo⁻¹ nas doses 0 e 79,8 t·ha⁻¹ do composto. A dose de 79,8 t·ha⁻¹ do insumo acarretou uma BFT 128,5% maior que a testemunha. Contudo, no ciclo 4, a maior dose ministrada do composto apresentou decréscimo de 59,6% da BFT em comparação

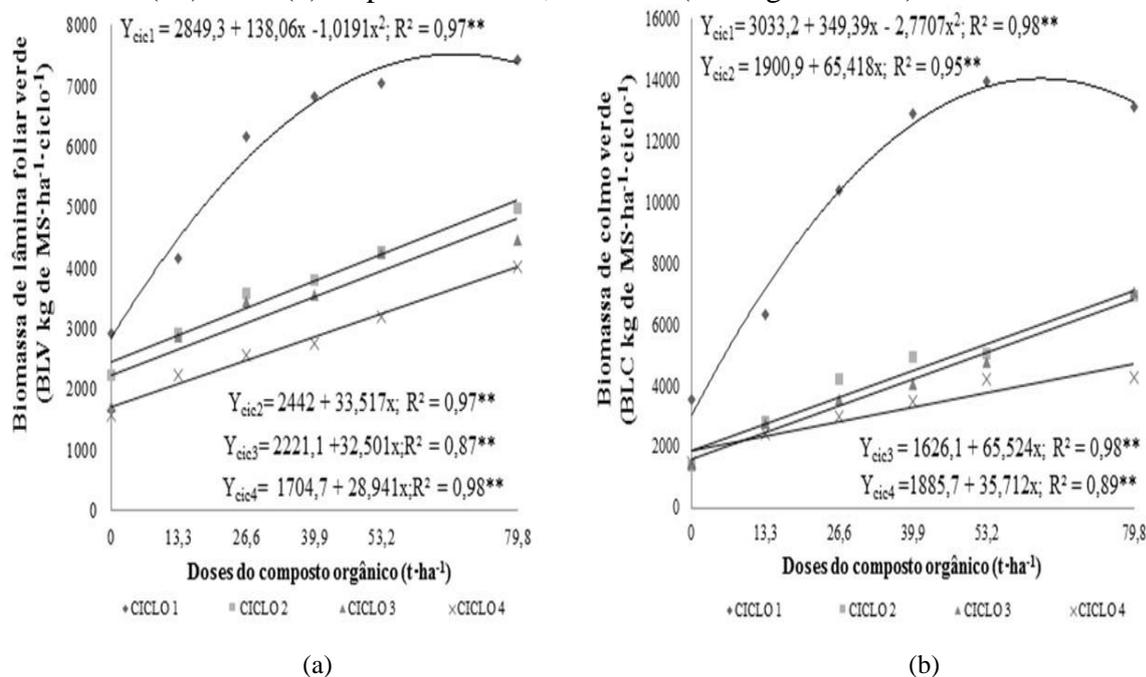
ao primeiro ciclo. A redução da BFT no quarto ciclo está associada ao decréscimo das variáveis BLV e BCV (Figura 26). É importante salientar que, em termos percentuais, a BCV representou 58,1 e 51,4% da BFT nos ciclos 1 e 4, respectivamente, referente à maior dose $79,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ aplicada, sendo a variável de maior relevância em termos quantitativos.

Em relação à biomassa de forragem morta (BFM), nos ciclos 1 e 3, verificou-se efeito linear crescente com o incremento das doses do composto, enquanto nos ciclos 2 e 4 não se constatou significância, com médias de $449,82$ e $452,43 \text{ kg de MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 25b). No ciclo 1, a BFM das doses 0 e $79,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ do adubo orgânico foram estimados em $529,29$ e $2289,52 \text{ kg de MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$. O maior valor da BFM observado no ciclo 1 está associado à maior taxa de senescência foliar (Figura 20).

A taxa de senescência é influenciada pelo aporte de nutrientes, em especial do nitrogênio, o qual acelera os processos fisiológicos da planta, antecipando a intensificação do sombreamento mútuo e diminuindo a capacidade fotossintética das folhas nos horizontes inferiores, reduzindo assim, o tempo de vida da folha (PARSONS et al., 1988; GOMIDE, 1973). No decorrer dos ciclos, com a redução das variáveis BLV e BCV, os efeitos sobre os processos fisiológicos de senescência foram minimizados e, conseqüentemente, houve redução nos valores da BFM. No ciclo 2, com a intensificação das chuvas associado a irrigação, houve incorporação do material morto no solo, o que corroborou para com o resultado observado.

As variáveis biomassa de lâmina foliar verde (BLV) e de colmo verde (BCV) apresentaram comportamento quadrático no ciclo 1, enquanto que nos demais ciclos verificou-se resposta linear positiva (Figura 26). Os valores para BLV e BCV foram estimados em $7525,13$ e $14047,87 \text{ kg de MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$, com ponto de máximo nas doses $67,73$ e $63,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ do composto, respectivamente. Embora seja preconizada na literatura um período de corte de 60 dias para essa gramínea, possivelmente em virtude de condições (ambientais e nutricionais) favoráveis, o índice de área foliar (IAF) crítico (95% de interceptação de radiação fotossinteticamente ativa) foi alcançado antes desse tempo, comprometendo a produção líquida de forragem, em função da intensificação das perdas pelos processos de senescência e respiratórios, devido ao sombreamento (PARSONS et al., 1983).

Figura 26 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre as componentes: (BLV) - Biomassa de lâmina foliar verde (a) e a (BCV) - Biomassa de colmo verde (b) do capim-elefante, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade, sendo ns (não significativo)



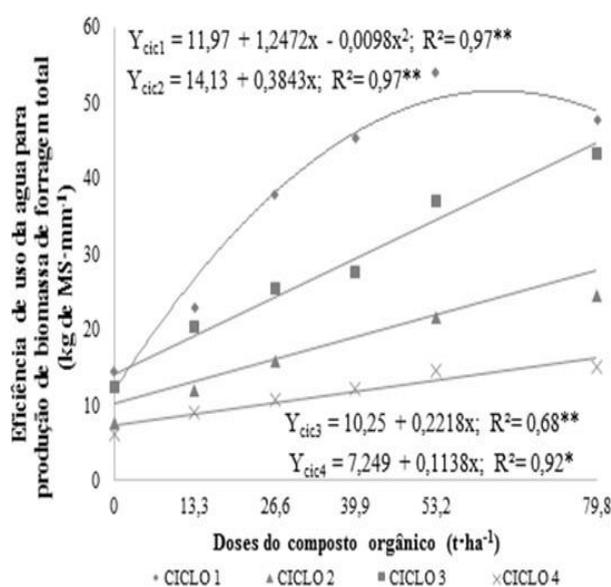
Fonte: Dados da pesquisa.

No ciclo 4, observou-se para a BLV e BCV valores estimados de 1704,70 e 1885,70 kg de MS·ha⁻¹·ciclo⁻¹, referente à dose 0 t·ha⁻¹ do composto orgânico, enquanto que na dose de 79,8 t·ha⁻¹ do composto orgânico, os valores foram estimados em 4014,19, e 4735,52 kg de MS·ha⁻¹·ciclo⁻¹, respectivamente. A redução nos valores para BLV e BCV no quarto ciclo é explicada em parte pelo comportamento da variável CFF, onde foi observado ao longo dos ciclos sucessivos sua redução, o que corroborou diretamente para a diminuição da BLV. A CFF apresenta estreita relação com a taxa de alongamento foliar (TAIF) (Figura 19a), sendo esta influenciada pela disponibilidade de nutrientes, dentre eles o nitrogênio (SKINNER e NELSON, 1995; OLIVEIRA et al., 2007). Portanto, de maneira indireta, a redução do CFF refletiu no menor índice de área foliar (IAF) observado no ciclo 4, o que acarretou na elevação da relação vermelho/vermelho extremo V/VE da radiação fotossinteticamente ativa, transmitida ao longo das camadas de folhas, o que atrasou o sombreamento e inibiu o processo de alongamento das hastes.

A eficiência de uso água para produção de biomassa de forragem total (EUA_{BFT}) revelou interação doses x ciclo (Figura 27). No ciclo 1, a variável apresentou

efeito quadrático com máximo estimado em 51,65 kg de MS·mm⁻¹ de água aplicada nas doses 63,63 t·ha⁻¹ do composto orgânico, seguindo o mesmo padrão de comportamento da BFT. Para os demais ciclos, observaram-se efeito linear crescente às doses de composto aplicadas, porém com decréscimos da EUA_{BFT} em decorrência da diminuição da biomassa aérea, em especial da BLV.

Figura 27 - Efeito das interações entre doses do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes e os ciclos sobre a (EUA_{BFT}, kg de MS·mm⁻¹) - Eficiência do uso da água para a produção de biomassa total do capim-elefante, onde y = valores estimados a partir da equação de regressão de cada variável analisada; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade, sendo ns não (significativo)



Fonte: Dados da pesquisa.

A absorção de nutrientes mantém estreita relação com a absorção de água, sendo essa, um importante meio de condução de nutrientes presentes na solução do solo até a superfície radicular e absorvido pela planta (TAIZ e ZEIGER, 2013). No presente estudo, houve a manutenção hídrica adequada para assegurar a produtividade da gramínea, o que ratifica a hipótese de que a disponibilidade de nutrientes foi o fator limitante a partir do ciclo 2, explicado pelas características inerentes ao composto orgânico proveniente de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes, de baixa relação C/N (9/1) e de elevada taxa de mineralização do nitrogênio orgânico, sendo este nutriente prontamente disponibilizado à planta. De acordo com Silva et al. (2001) e Soria et al. (2003), quando está adequadamente nutrida, a planta expressa seu potencial genético produtivo, além de ser mais eficiente na absorção e utilização de água no solo.

Quanto à análise de contraste entre as doses do composto orgânico x adubação mineral (Tabela 11), observa-se que não houve efeito para a maioria das variáveis estudadas no ciclo 1, com exceção das variáveis NFV, IAF, MV/MM e relação F/C. Apesar de tais respostas, elas representam baixa magnitude quando analisadas de forma isolada. As respostas das demais variáveis corroboram com o pressuposto da rápida disponibilização de nutrientes do composto orgânico, devido à sua baixa relação C/N.

Contudo, para os demais ciclos de crescimento da cultura, de maneira geral, observou-se superioridade significativa para as demais características estruturais do capim-elefante submetido à adubação mineral, provavelmente em decorrência do seu parcelamento ao longo dos ciclos, o que otimizou o equilíbrio entre suprimento e demanda de nutrientes pela planta na escala temporal. Dessa forma, poderia se estudar formas de combinações entre as doses do composto orgânico e sua complementação com a adubação mineral, a fim de obter o máximo proveito do seu potencial nutricional e garantir a manutenção da produtividade da capineira.

Tabela 11 - Análise de contraste entre as doses do composto orgânico e a adubação mineral sobre as características estruturais do capim-elefante

Trat.	ALT	NFV	DPP	CFF	IAF	Nº de Entrenós	BFT	BFM	BLV	BCV	MV/MM	Relação (F/C)	EUA _{BFT}
Ciclo 1													
Médias das doses do composto	159,29	8,20	56,6	104,13	5,85	5,81	8612,32	660,43	3182,57	4769,33	13,81	0,62	37,10
Mineral	161,33	7,39	60,5	108,80	6,86	5,62	8753,76	524,03	3760,55	4469,15	21,42	0,84	34,23
Significância F	ns	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns
Ciclo 2													
Médias das doses do composto	124,38	8,08	37,6	81,90	3,90	5,00	4230,33	237,21	1811,66	2062,23	18,81	1,35	18,12
Mineral	153,54	8,18	40,8	97,97	6,40	5,30	6594,58	372,12	2782,775	3439,63	30,27	0,87	19,78
Significância F	**	ns	ns	**	**	**	**	ns	**	**	*	ns	ns
Ciclo 3													
Médias das doses do composto	121,07	8,94	27,4	77,50	3,51	5,71	3440,11	253,39	1722,72	1987,55	16,12	0,96	27,76
Mineral	165,65	9,35	35,5	96,82	7,64	7,83	7346,05	556,85	3368,66	4584,42	15,38	0,82	55,75
Significância F	**	ns	**	*	*	**	**	*	**	**	ns	ns	**
Ciclo 4													
Médias das doses do composto	108,12	7,91	32,9	67,45	2,66	4,20	3236,62	253,52	1470,44	1589,89	15,40	1,21	11,29
Mineral	158,9	8,52	26,0	93,59	6,94	5,80	7829,65	353,02	3107,93	4356,03	22,40	0,73	26,37
Significância F	**	ns	ns	**	**	**	**	ns	**	**	ns	ns	**

Nota: ALT - Altura do dossel; NFV - Número de folhas vivas; DPP - Densidade populacional de perfilhos; CFF - Comprimento final foliar; IAF - Índice de área foliar; Número de entrenós; Relação folha/colmo; BFT - Biomassa de forragem total; BFM - Biomassa de forragem morta; BLV - Biomassa de lâmina foliar verde; BCV - Biomassa de colmo verde; MV/MM - Relação vivo/morto; F/C - Relação folha colmo; EUA_{BLV} - Eficiência do uso da água para produção de Biomassa de lâmina foliar verde e EUA_{BCV} - Eficiência do uso da água para produção de Biomassa de colmo verde. Média seguida de letras iguais, não diferentes de (P<0,05), pelo teste de Tukey; ns (não significativo) e significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*). **Fonte:** Dados da pesquisa.

CONCLUSÃO

A eficiência da clorofila *a* e as trocas gasosas do capim-elefante são pouco afetadas pela aplicação do composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes, onde os parâmetros fisiológicos ficaram dentro dos patamares aceitáveis para o bom funcionamento da atividade fotossintética. A redução do aporte nutricional ao longo dos ciclos comprometeu as trocas gasosas do capim-elefante, o que culminou em menor utilização do CO₂ para a fotossíntese e menor uso eficiente da água, tendo como consequência, o menor desenvolvimento da planta.

Para as variáveis morfofisiológicas, o capim-elefante cv. Cameroon responde de maneira positiva à aplicação do composto estudado. De acordo com os resultados obtidos para a taxa de acúmulo de forragem e eficiência do uso da água para produção de biomassa é recomendado a aplicação do composto orgânico entre as doses de 63,63 e 70,63 t·ha⁻¹, a fim de obter o máximo de produtividade e a melhor eficiência do uso da água. Tais resultados, associados aos estudos de viabilidade econômica, poderão indicar a forma mais eficaz de utilização desse insumo.

Entretanto, devido à elevada taxa de mineralização do nitrogênio no composto orgânico nos dois primeiros ciclos de crescimento, há necessidade da suplementação com o uso de adubação nitrogenada nos ciclos subsequentes, com o propósito de garantir a manutenção da produtividade em patamares idênticos aos primeiros ciclos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M.F.; ANDRADE, J.C.; FALCÃO, A. **Análises químicas de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. p. 121-158.
- ADAMS III, W.W., DEMMIG-ADAMS, B., VERHOEVEN, A.S., BARKER, D.H. Photoinhibition during winter stress: involvement of sustained xanthophyll cycle-dependent energy dissipation. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, p. 261-276, 1994.
- ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMAN, O.E.L. et al. Oferta de forragem de capim-elefante Anão Mott e a Dinâmica da Pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1281 – 1287, 2000.
- ALVAREZ V. V.H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V, V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25-32, 1999.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1589-2000.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; LOPES, R. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. T. Características morfológicas do capim-elefante "Napier" adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 150-159, 2005.
- ANDRADE, A. C. **Morfogênese, análise de crescimento e composição bromatológica do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) adubado e irrigado sob pastejo**. 2001. 81 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; QUEIROZ, D.S. et al. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, edição especial, p. 1643-1651, 2003.
- ANDRADE, I.F. & GOMIDE, J.A. Curva decrescimento e valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Taiwan A-146. **Revista Ceres**, v. 18, n. 100, p. 31-47, 1971.
- ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p. 318, 2014.
- BAKER, N. R. A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. **Physiologia Plantarum**, v. 81, n. 4, p. 563-570, 1991.

BAKER, N. R. Light-use efficiency and photoinhibition of photosynthesis in plants under environmental stress. In: Smith JAC, Griffiths H (Eds.), Water deficits plant responses from cell to community. **Bios Scientific Publisher**, Oxford, p. 221-235, 1993.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BÉLANGER, G. Morphogenetic characteristics of timothy grown with varying N nutrition. **Canada Journal of Plant Science**, v. 78, n. 1, p. 103-108, 1998.

BELLAVER; KONZEN, Avicultura Industrial: Avanços tecnológicos na compostagem de resíduos orgânicos. **Revista de Avicultura Brasileira**, São Paulo, ed. 1188, n. 4, 2010.

BETHKE, P.C.; DREW, M.C. Stomatal and non-stomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity. **Plant Physiology**, v. 99, n. 1, p. 219-226, 1992.

BHERING, M.; CABRAL, L. S.; ABREU, J. G.; SOUZA, A. L.; ZERVOUDAKIS, J. T.; RODRIGUES, R. S.; PEREIRA, G. A. C.; REVERDITO, R.; OLIVEIRA, I. S. Características agrônômicas do capim-elefante Roxo em diferentes idades de corte na depressão Cuiabana. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 9, n. 3, p. 384-396, 2008.

BOEIRA, R.C. Uso do lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solo tropical. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2004. (Comunicado Técnico, 12).

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; OQUIST, G. In: **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. (Ed.) Hall, D.O.; Scurlock, J.M.O.; Bolhàr-Nordenkampf, H.R.; Leegood, R.C.; Long, S.P. Chapman e Hall, London, 193p, 1993.

BRADBURY, M.; BAKER, N.R. **Biochimica Biophysica Acta**. v. 63, 542p, 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instituto Nacional de Meteorologia** (INMET). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em 20 de dez. 2014.

BULLOCK, D. G.; ANDERSON, D. S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 4, p. 741-755, 1998.

CABRERA-BOSQUET, L.; ALBRIZIO, R.; ARAUS, J.L. et al. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 145-152, 2009.

CAMARGO, O. A.; BERTON, R. S. A disposição de rejeitos em solos agricultáveis. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais. Campinas: **Instituto Agrônômico**, p. 57-66, 2006.

CÂNDIDO, M.J.D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A. Duração do período de descanso e crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 398-405, 2005.

CHAPMAN, D.F.; LEMIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: **International Grassland Congress**, v. 17, p. 95-104, 1993.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em 02 jun. 2015.

CORSI, M. Manejo do capim-elefante sob pastejo. In: Simpósio sobre o Manejo da Pastagem, FEALQ, Piracicaba **Anais...** v. 10, p. 143-169, 1993.

COSTA, D.P.B. et al. Esterco de bubalinos e de bovinos aplicados à capineira de capim elefante. **PUBVET**, Londrina, V. 2, n. 33, Ed. 44, Art. 218, 2008.

COSTA, M. S. S.; COSTA, L. A.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. DA.; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 100-107, 2009.

CUNHA, J.F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I., Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, v. 130, p. 1-11, 2010.

CURCI, V.C.L.M.; DUTRA, I.S.; DOBEREINER, J.; LUCAS JÚNIOR, J. Pré-compostagem de cadáveres de bovinos acometidos pelo botulismo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 4, p. 157-161, 2007.

DA SILVA, S. C.; CORSI, M.; DE FARIAS, V. P. **Correção do Solo e Adubação de pastagem de capim elefante**. (Ed.) Pastagens do capim elefante: utilização intensiva. Piracicaba. FEALQ, 1996, 67p.

DAHER, R.F.; PEREIRA, M.G.; PEREIRA, A.V. et al. Genetic divergence among elephant grass cultivars assessed by rapid markers in composite samples. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 4, p. 623-627, 2002.

DAVIES, A.; EVANS, M. E.; EXLEY, J. K. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. **Journal Agricultural Science**, v. 101, n. 1, p. 131-137, 1983.

DEMMIG-ADAMS, B.; ADAMS III, W.W.; BAKER, D.H.; LOGAN, B.A.; BOWLING, D.R.; VERHOEVEN, A.S. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation. **Physiology of Plant**, v. 98, n. 2, p. 253- 264, 1996.

DERESZ, F. Manejo de pastagem de Capim-Elefante para a produção de leite e carne. In: Simpósio sobre capim-elefante, Coronel Pacheco, Embrapa - Gado de Leite, Juiz de Fora, **Anais...** v.2, p. 116-137, 1994.

DESCHAMPS, F.C. Perfil fenológico de três ecotipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** Juiz de Fora, v. 34, p. 62-64, 1997.

DIAS FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000.

EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS. **Sistema de Produção de Caprinos e Ovinos de Corte para o Nordeste Brasileiro**, Versão Eletrônica, dez. 2013.

FARIA, V.P. Evolução no Uso do Capim-elefante: Uma Visão Histórica. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem. O capim-elefante. **Anais...** FEALQ, Piracicaba - SP, v. 10, p. 19-45, 1992.

FARQUHAR, G.D. e SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review Plant Physiology**, v. 33, n.1, p. 317-345, 1982.

FERRAGINE, M.D.C.; MONTEIRO F.A.; SILVA, S.C. Leaf appearance rate in *Brachiaria decumbens* grown in nitrogen and potassium rates. In: International Grassland Association **Proceedings...** v. 19, p. 69-70, 2001.

FERRARIS, R., MAHONY, M.J., WOOD, T.T. Effect of temperature and solar radiation on the development of dry matter and attributes of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 37, n. 6, p. 621-632, 1986.

FERREIRA, D. F. SISVAR. A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FONNSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L. de (Ed.). **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA: UFRPE, 2010 p. 113-144.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO J. A. **Plantas Forrageiras**. Editora UFV, 2010, 537p.

FULKERSON, W.J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 2. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science**, v. 50, n. 1, p. 16-20, 1995.

GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, O. et al. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1890-1900, 2002.

GASTAL, F.; BELANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, v. 70, n. 5, p. 437-442, 1992.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Study of a tall fescue sward under nitrogen deficiency conditions. In: General Meeting of European Grassland Federation, **Proceedings...** v. 12, p. 323-327, 1988.

GASTAL, F.; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant physiology**, v. 105, n.1, p. 191-197, 1994.

GEORGIEVA, K.; YORDANOV, I. Temperature dependence of chlorophyll fluorescence parameters of pea seedlings. **Journal of plant physiology**, v. 142, n. 2, p. 151-155, 1993.

GEWEHR, C. E. FOLLMANN, D. D.; ROSNIECEK, M.; COSTENARO, J.; PAGNO, G.; Rendimento do capim elefante com adubação orgânica para uso em cama de aviário. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 5, n. 1. p. 32-36, 2010.

GOMES, J. A., SCAPIM, C. A., DE LUCCA, A., VIDIGAL FILHO, P. S., SAGRILO, E., e MORA, F. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarel. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 521-529, 2005.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 675-680, 1999.

GOMIDE, C.A.M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.)**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, p. 100, 2001.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; ALEXANDRINO, A. Índices Morfogênicos e de Crescimento durante o Estabelecimento e a Rebrotação do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 795-803, 2003.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; PACIULLO, D.S.C. Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** v. 43, p. 554-579, 2006.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, O.G. Morfogênese e acúmulo de biomassa em capim-mombaça sob pastejo rotacionado observando diferentes períodos de descanso. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...**, v. 39, 2002.

GOMIDE, J.A, GOMIDE, C.A.M. Fundamentos e estratégias do manejo de pastagens. In: FERREIRA, C.C.B et al. (Eds). Simpósio de Produção de Gado de Corte. Viçosa. **Anais...**, v. 1, p. 179-200, 1999.

GOMIDE, J.A. Fisiologia e manejo de plantas forrageiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 2, n. 1, p. 17-25, 1973.

GOMIDE, J.A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo. **Anais...** v. 1, p. 411-430, 1997.

GOMIDE, J.A. O fator tempo e o número de piquetes do pastejo rotacionado. In: Simpósio sobre o Manejo da Pastagem. FEALQ, Piracicaba SP. **Anais...** v. 14, p. 253-273, 1997.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** v. 38, p. 808-825, 2001.

HADDADE, I. R.; VASQUEZ, H. M.; DETMANN, E.; SILVA, J. F. C.; SMITH, R. B.; SOUZA, P. M. (2005). Morphogenesis and vegetative structuring in four elephant grass genotypes (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v, 57, n. 6, p. 811-819, 2005.

HAITZ, M; LICHTENTHALER, H.K. The measurement of RFD-values as planta vitality indices with the portable field chlorophyll Fluorometer and the pam-fluorometer. In: **Applications of chlorophyll fluorescence**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 249-254.

HODGSON, J. **Grazing management – Science into practice**. New York: John Wiley e Sons, Inc., Longman Scientific e Technical, 1990, 203p.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology**. 2. Ed. New York: John Wiley e Sons. 1999. 512p.

HORST, G.L.; NELSON, C.J.; ASAY, K.H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, v. 18, n. 5, p. 715-719, 1978.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem - Maturação e qualidade do composto**. 4º edição, São Paulo: 2004, 173p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Boca Raton, v. 42, n. 1, p. 313-349, 1991.

KRAUSE, H.; WEIS, E. In: **Applications of chlorophyll fluorescence**. (Ed.) Lichtenthaler, H.K.. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, v. 1, 1988.

KRIEG, D. R., Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: **Proceedings of the Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stress**. INTSORMIL, Nebraska. 1993, 65-79p.

KUNZ, A. Transformações da produção animal no Brasil e suas consequências ambientais. **I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante**, Florianópolis – SC, Brasil, 2009.

KUWAHARA, F. A.; SOUZA, G. M. Fósforo como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 261-267, 2009.

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring Sward Structure. In: MANNETJE, L., JONES, R.M. eds. **Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research**. Wallingford: CABI Publishing, p.103-121, 2000.

LANGER, R.H.M. Tillering in herbage grass. A review. **Herbage Abstracts**, v. 33, p. 141-148, 1963.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora Rima, 2006. 550p.

LEIDI, E.O.; LOPEZ, J.M.; LOPEZ, M. & GUTIERREZ, J.C. Searching for tolerance to water stress in cotton genotypes: photosynthesis, stomatal conductance and transpiration. **Photosynthetica**, v. 28, n. 3, p. 383-390, 1993.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. **Anais...Viçosa - MG**, v. 1, p. 115-144, 1997.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 3-36.

LICHTENTHALER, H. K., BUSCHMANN, C., RINDERLE, U., SCHMUCK, G. Application of chlorophyll fluorescence in ecophysiology. – **Radiation and Environmental Biophysics**, v. 25, n. 4, p. 297-308, 1986.

LOPES M.N.; POMPEU R.C.F.F; SILVA R.G; FILHO J.G.L.R; BESERRA L.T.B; LACERDA C.F Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento **Revista Agroambiente on-line**, v. 7, n. 1, p. 10-17, 2013.

LOPES, B. A. **O capim-elefante**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 56 p.

LOPES, M. N.; LACERDA, C. F.; CÂNDIDO, M. J. D. et al. Gas exchange in massai grass under five nitrogen fertilization levels during establishment and regrowth. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1862-1869, 2011.

LU, C.; ZHANG, J. Photosynthetic CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence and photoinhibition as affected by nitrogen deficiency in maize plants. **Plant Science**, Limerick, v. 151, n. 2, p. 135-143, 2000.

- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006, 631p.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002, 200p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. Ed. London: Academic, 1995, 889p.
- MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JR, D.; SANTOS, P.M. Características morfológicas e estruturais de capim-massai submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n. 3, p. 665-671, 2006.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- MELLO, A.C.L.; LIRA, M.A.; DUBEUX JR., J.C.B. et al. Caracterização e seleção de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.1, p. 30-42, 2002.
- Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento – **MAPA**. Instrução normativa nº 8, de 25 de março de 2004. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 07 maio 2014.
- MOTA, V. J. G.; REIS, S. T.; SALES, E. C. J.; JÚNIOR, V.R.R. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1191-1199, 2010.
- MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FM, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 74, n. 3, p. 219-231, 2002.
- MOURALES, M. M.; XAVIER, C. A. M.; SILVA, A. A.; LUCAS JR., L. Uso da compostagem para tratamento de resíduo sólido de abatedouro de bovinos. **Revista UNIVAP**, v. 13, p. 136-137, 2006.
- NABINGER, C. Manejo da desfolha in: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem. Piracicaba: FEALQ. **Anais...** v. 14, p. 192-210, 2001.
- NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfogenese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** Piracicaba: ESALQ, v. 38, p. 755-771, 2001.
- NI, B.; PALLARDY, S.G. Stomatal and nonstomatal limitation to net photosynthesis in seedlings of woody angiosperms. **Plant Physiology**, v. 99, n. 4, p. 1502-1508, 1992.

OLIVEIRA, A.B.; PIRES, A. J. V.; MATOS NETO, U. et al. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1006-1013, 2007.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. Nitrogen fertilization efficiency with urea (15N) in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associated with split application of ordinary superphosphate and potassium chloride. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 613-620, 2003.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P, ORRICO, A. C. A JÚNIOR, J. L. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 538-545, 2010.

PACIULLO, D.S.C.; DERESZ, F.; AROEIRA, L.J.M. et al. Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 38, n. 7, p. 881-887, 2003.

PARENTE, H. N.; Bandeira, J. R.; Rodrigues, R. C.; Parente, M. O. M.; Tosta, X. M.; Júnior, O. R. S. Crescimento e valor nutritivo do capim-elefante submetido à adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** v. 2, n. 2, p.132-141, 2012.

PARSONS, A.J. et al. The physiology of grass growth under grazing. II Photosynthesis, Crop growth and animal intake of continuously grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v. 20, p. 127-139, 1983.

PARSONS, A.J.; JOHNSON, J.R.; WILLIAB, J.H.H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, v. 43, n. 1, p. 1-14, 1988.

PEREIRA NETO, J. T. On the Treatment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting – **A Low Cost Technology Approach**. University of Leeds, Inglaterra, p. 839-845, 1987.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.

PEREIRA NETO, J.T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: Conferência sobre Agricultura e Meio Ambiente, Viçosa – MG. **Anais...** v.1, p. 61-74, 1992.

PEREIRA, A.V. Escolha de variedades de capim-elefante: In: **Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, Piracicaba: FEALQ, **Anais...**, p. 47-62, 1993.

POHLMANN, R.A.C.; PAULINO, H.B.; PORTUGAL, A.F.; FERNANDES, M.S. I **Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante** – Florianópolis, SC - Brasil, 2009.

QUEIROZ FILHO, J.L. de; SILVA, Divan Soares da; NASCIMENTO, I.S. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 69-74, 2000.

QUESADA, D. M.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. Parâmetros qualitativos de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) estudados para a produção de energia através da biomassa. **Seropédica**: Embrapa, 2004.

RINDERLE, U.; LICHTENTHALER, K.K. In: **Applications of chlorophyll fluorescence**. (Ed.) Lichtenthaler, H.K. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1988. 189p.

RODA, L.S.A.; ROGINSKI, E.C. **Compostagem de lodo secundário com rejeitos orgânicos**. Curitiba: SUREHMA/SANEPAR, 1983. 62p.

RODRIGUES, L.R.A., MONTEIRO, F.A., RODRIGUES, T.J.D. Capim-elefante. In: Simpósio sobre manejo da pastagem. Piracicaba: FEALQ. **Anais...** v. 17, p. 203-224, 2001.

Sala de Imprensa. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE**; disponível:<<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2002>>. Acesso em 10 out. 2013.

SANTOS, E. A., DA SILVA, D. S., e DE QUEIROZ FILHO, J. L. Perfilamento e algumas características morfológicas do capim-elefante cv. Roxo sob quatro alturas de corte em duas épocas do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 24-30, 2001.

SANTOS, P.M.; BALSALOBRE, A.A.M.; CORSI, M. et al. Características morfo genéticas e taxa de acúmulo de forragem do capim-mombaça submetido a três intervalos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 843-851, 2004.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. Ecosistema de pastagens e a produção animal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba. **Anais...** v. 38, p. 731-754, 2001.

SCHREIBER U., BILGER W., NEUBAUER C. Chlorophyll fluorescence as a non-intrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: Schulze E.D., Caldwell, M.M. (Eds) **Ecophysiology of photosynthesis**, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1994, p. 49-70.

SEBANEK, J. **Plant Physiology**. Amsterdam. Ed. Elsevier Science e Technology, 1992, 454 p.

SEGANFREDO, M. A. **Análise dos riscos de poluição do ambiente, quando se usa dejetos de suínos como adubo do solo**. Embrapa Suínos e Aves, Comunicado Técnico - 268, 2000.

SILVA, T.J.A.; BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA NETO, M.M. e MÉLO, R.F. Níveis de nitrogênio e seus efeitos na evapotranspiração do milho cultivado em um solo da Zona da Mata de Pernambuco. In: Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo, **Anais...** v. 15, 2001.

SILVA, V.B.; SILVA, A.P.; DIAS, B.O.; ARAÚJO, J.L.; SANTOS, D.; FRANCO, R.P. Decomposição e liberação de N, P e K de esterco bovino e de cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n.1, p. 1537-1546, 2014.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

SLATYER, R.O. **Plant-water relationships**. New York: Academic Press, 1967, 366p.

SORIA, L.T.; COELHO, R.D.; HERLING, V.R. e PINHEIRO, V. Respostas do capim-Tanzânia à aplicação de nitrogênio e lâminas de irrigação. I: Produção de forragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 430-436, 2003.

SOUZA, H. A.; OLIVEIRA, E. L.; MODESTO, V. C.; MONTES, R. M.; NATALE, W. **Atributos químicos do solo tratado com composto orgânico de carcaça e despojo de abate de caprinos e ovinos**. Embrapa Ovinos e Caprinos, Comunicado Técnico - 127, 2012.

SPAIN, G.L., SANTIAGO, J.V. Napier grass harvest readiness. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 57, n. 4, p. 300-306, 1973.

SPAIN, G.L.; SANTIAGO, J.V. Napier grass harvest readiness. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v. 57, n. 4, p. 300-306, 1973.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 2013, 719p.

VALENTINE, I., MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, Jn.; HODGSON, J. (Ed.). **New Zealand pasture and Crop science**. Auckland: Oxford University Press, 1999, p. 11-27.

VAN KOOTEN, O.; SNEL, J. F. H. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.25, n.3, p.147-150, 1990.

VIEIRA, D. A. P., PORTES, T. A., SERAPHIN, E., S., TEIXEIRA, J., B., Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira Fruticultura Jaboticabal - SP**, v. 32, n. 2, p. 360-368, 2010.

WILHELM, W.W.; McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

YIN, C.; PANG, X.; CHEN, K. The effects of water, nutrient availability and their interaction on the growth, morphology and physiology of two poplar species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 196-203, 2009.