

Produtividade de forragem e morfogênese de *Brachiaria Ruziziensis* sob níveis de nitrogênio

Forage yield and morphogenesis of *Brachiaria Ruziziensis* under nitrogen levels

Productividad de forraje y morfogénesis de *Brachiaria Ruziziensis* bajo niveles de nitrógeno

Recebido: 12/08/2019 | Revisado: 31/08/2019 | Aceito: 02/09/2019 | Publicado: 20/09/2019

Newton de Lucena Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6853-3271>

Embrapa Roraima, Brasil

E-mail: newton.lucena-costa@embrapa.br

João Avelar Magalhães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0270-0524>

Embrapa Roraima, Brasil

E-mail: joao.magalhaes@embrapa.br

Amaury Burlamaqui Bendahan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4856-8530>

Embrapa Roraima, Brasil

E-mail: amaury.bendahan@embrapa.br

Antônio Neri Azevedo Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1231-4352>

Instituto Federal de Rondônia, Brasil

E-mail: azevedorodrigues9@gmail.br

Braz Henrique Nunes Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0094-63333>

Embrapa Roraima, Brasil

E-mail: braz.rodrigues@embrapa.br

Francisco José de Seixas Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8112-9003>

Embrapa Roraima, Brasil

E-mail: francisco.seixas@embrapa.br

Resumo

Com o objetivo de avaliar os efeitos da adubação nitrogenada (0, 60, 120, 180 e 240 kg de N ha⁻¹) sobre a produção de forragem, características morfogênicas e estruturais e índice de nutrição nitrogenada (INN) de *Brachiaria ruziziensis* foi conduzido um experimento em condições de campo nos cerrados de Roraima. A adubação nitrogenada afetou positiva e significativamente (P<0,05) a produção de matéria seca verde (MSV), número de perfilhos, número de folhas perfilho⁻¹, tamanho médio de folhas, índice de área foliar e taxas de aparecimento, expansão e senescência das folhas. Os maiores rendimentos de MSV, taxa de expansão foliar, tamanho médio de folhas e número de folhas perfilho⁻¹ foram obtidas com a aplicação de 220,6; 238,6; 191,5 e 225,5 kg de N ha⁻¹, respectivamente. O nível crítico de N foi reduzido com o aumento da produtividade de forragem. O INN, para todos os níveis de N avaliados, foi insuficiente para suprir o nível crítico de N da gramínea. Os níveis críticos de N, a eficiência de utilização e sua recuperação aparente foram inversamente proporcionais às doses de N aplicadas.

Palavras-chave: eficiência de utilização de nitrogênio; matéria seca verde; perfilhamento; senescência; recuperação aparente de nitrogênio

Abstract

With the objective to evaluate the effect of nitrogen levels (0, 60, 120, 180 and 240 kg of N ha⁻¹) on green dry matter (GDM) yield and morphogenetic and structural characteristics and nitrogen nutrition index (NNI) of *Brachiaria ruziziensis*, was carried out an experiment under field conditions in Roraima's savannas. Nitrogen fertilization increased significantly (P<0.05) DM yields, number of tillers, number of leaves/plant, medium blade length, leaf area, leaf senescence rate, leaf appearance and elongation rates. Maximum GDM yields, leaf elongation rates, leaf length and number of leaves/plant were obtained with the application of 220.6; 238.6; 191.5 and 225.5 kg of N ha⁻¹, respectively. The critical level of N was reduced with increased grass forage yield. The NNI, for all levels of N evaluated, was insufficient to supply the critical level of N of the grass. The NNI, efficiency of utilization and apparent N recovery were inversely proportional to the increased N levels.

Keywords: green dry matter; N-efficiency utilization; N-apparent recovery; senescence; tillering

Resumen

Com el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada (0, 60, 120, 180 y 240 kg N ha⁻¹) sobre el rendimiento del forraje, las características morfogénicas y estructurales y el índice de nutrición de nitrógeno (INN) de *Brachiaria ruziziensis* se realizó un experimento en condiciones de campo en las sabanas de Roraima. La fertilización nitrogenada afectó positiva y significativamente ($P < 0.05$) el rendimiento de la materia seca verde (MSV), el número de macollas, el número de hojas macollas⁻¹, el tamaño promedio de las hojas, el índice de área foliar, las tasas de aparición, expansión y senescencia de las hojas. Los rendimientos más altos de MSV, la tasa de expansión de la hoja, el tamaño promedio de la hoja y el número de hojas macollas⁻¹ se obtuvieron con la aplicación de 220,6; 238,6; 191,5 y 225,5 kg N ha⁻¹, respectivamente. El nivel crítico de N se redujo al aumentar la productividad del forraje. El INN, para todos los niveles de N evaluados, fue insuficiente para suministrar el nivel crítico de N de la gramínea. Los niveles críticos de N, la eficiencia de utilización y la recuperación aparente de N fueron inversamente proporcionales a las tasas de N aplicadas.

Palabras-clave: macollamiento; materia seca verde; N-eficiencia de uso; N-recuperación aparente; senescencia

1. Introdução

Na Amazônia Ocidental, cerca de dez milhões de hectares de florestas estão atualmente ocupados com pastagens cultivadas. Cerca de 40% apresentam pastagens em diferentes estágios de degradação, o que reflete na necessidade contínua da adoção de práticas de manejo sustentáveis de modo a reduzir novos desmatamentos e assegurar a adequada alimentação dos rebanhos, evitando a manutenção de uma pecuária itinerante e ambientalmente indesejável. No preparo do solo e na queimada, os nutrientes não voláteis da biomassa florestal são incorporados ao solo sob a forma de cinzas, o que implica no aumento do pH e da fertilidade do solo. No entanto, a alta fertilidade é apenas temporária. O nitrogênio (N) pode ser perdido por lixiviação, volatilização (transformação em gás) ou imobilização, um processo onde o nutriente torna-se inutilizável pela planta, sendo a sua deficiência apontada como uma das principais causas da degradação das pastagens (Costa et al., 2009).

As pastagens cultivadas, notadamente as formadas exclusivamente com gramíneas, necessitam de uma fonte para a reposição do N (química ou biológica), com o objetivo de manter a produção de forragem, e conseqüentemente evitar sua degradação (Nabinger & Carvalho, 2009). O sucesso na utilização de pastagens não depende apenas da disponibilidade

de nutrientes ou da escolha da espécie forrageira, mas também da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e de sua interação com o ambiente e do manejo.

O N é o principal nutriente para a manutenção da produtividade e persistência de uma pastagem de gramínea, sendo o principal constituinte das proteínas que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos que formam a estrutura do vegetal, sendo responsável por características estruturais da planta (tamanho de folha, densidade de perfilho e folhas por perfilho), além das características morfogênicas (taxas de aparecimento, alongamento e senescência foliar) (Lemaire et al., 2011; Santos et al., 2012; Santos et al., 2019). Nos solos deficientes em N, o crescimento e a capacidade das plantas em formar novos tecidos são reduzidos e o desenvolvimento da planta torna-se lento, a produção de perfilhos é negativamente afetada e o teor de proteína torna-se deficiente para o atendimento das exigências nutricionais do animal (Costa et al., 2009).

As proteínas, sequência de aminoácidos, representam a principal forma do N orgânico presente nas plantas. Suas moléculas contêm apenas 16 % desse nutriente, representando cerca de 1 a 5 % da biomassa vegetal. Seu efeito positivo sobre a produtividade primária de forragem da gramínea será maximizado quando houver um sincronismo com a fixação de C, biossíntese, por meio da melhoria na eficiência fotossintética e priorização da alocação de carbono à parte aérea, redundando no aumento da área fotossintetizante (Liu et al., 2017; Taiz et al., 2017). Grande parte do N envolvido na fotossíntese apresenta-se sob a forma de proteína solúvel, notadamente, na enzima ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (RuBisco), um dos principais componentes do processo de regulação do Ciclo de Benson-Calvin nos cloroplastos e das enzimas respiratórias dos peroxissomos e das mitocôndrias, na anidrase carbônica e nos ribossomos. O N integra as estruturas como as membranas dos tilacóides dos cloroplastos e participa de complexos de proteínas, pigmentos e dos transportadores de elétrons (Taiz & Zeiger, 2013), além de compor o DNA, ácido nucléico que define a síntese proteica (Liu et al., 2019).

Neste trabalho foram avaliados os efeitos da adubação nitrogenada sobre a produção de forragem e características morfogênicas e estruturais de *Brachiaria ruziziensis*.

2. Material e Métodos

O ensaio foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Roraima, localizado em Boa Vista, durante o período de maio a setembro de 2014. O solo da área experimental é um Latossolo Amarelo, textura média, com as seguintes características químicas, na profundidade

de 0-20 cm: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 4,7$; $\text{P} = 1,8 \text{ mg/kg}$; $\text{Ca} + \text{Mg} = 0,98 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{K} = 0,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{Al} = 0,58 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al} = 2,64 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com três repetições. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de nitrogênio (0; 60; 120; 160 e 240 kg de N ha^{-1}), aplicados sob a forma de ureia. O tamanho das parcelas foi de 2,0 x 2,0 m, sendo a área útil de 1,0 m^2 . A aplicação do nitrogênio foi parcelada em duas vezes, sendo metade quando da roçagem da pastagem, ao início do experimento, e metade decorridos 45 dias. Durante o período experimental foram realizados três cortes a intervalos de 45 dias.

Os parâmetros avaliados foram rendimento de matéria seca verde (MSV), eficiência de utilização de nitrogênio (EUN), número de perfilhos m^{-2} (NP), número de folhas perfilho⁻¹ (NFP), taxa de aparecimento de folhas (TAF), taxa de expansão foliar (TEF), taxa de senescência foliar (TSF), tamanho médio de folhas (TMF) e índice de área foliar (IAF). A TEF e a TAF foram calculadas dividindo-se o comprimento acumulado de folhas e o número total de folhas no perfilho, respectivamente, pelo período de rebrota. O TMF foi determinado pela divisão do alongamento foliar total do perfilho pelo número de folhas.

Para o cálculo da área foliar foram coletadas amostras de folhas verdes completamente expandidas, procurando-se obter uma área entre 200 e 300 cm^2 . As amostras foram digitalizadas e a área foliar estimada com o auxílio de planímetro ótico eletrônico (Li-Cor 3100C). Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com ar forçado a 65°C até atingirem peso constante, obtendo-se a MSV foliar. A área foliar específica (AFE) foi determinada através da relação entre a área de folhas verdes e a sua MSV (m^2/g MSV foliar). O índice de área foliar (IAF) foi determinado a partir do produto entre a MSV total das folhas verdes (g de MSV/ m^2) pela AFE (m^2/g de MSV foliar). A TSF foi obtida dividindo-se o comprimento da folha que se apresentava de coloração amarelada ou necrosada pela idade de rebrota.

A EUN foi estimada relacionando-se o rendimento de MSV com a dose de N aplicada. Os teores de N foram quantificados pelo método micro-Kjeldahl. A recuperação aparente de nitrogênio (RAN) foi obtida pela fórmula: $\text{NRec.} = 100 \times \text{N extraído pelas plantas fertilizadas} - \text{N extraído pelas plantas não fertilizadas} \div \text{dose de N aplicada}$. O nível crítico de nitrogênio (NCN) foi determinado pela metodologia descrita por Lemaire et al. (1984a), Lemaire et al. (1984b), para gramíneas C4, pela fórmula: $\text{NCN} = 3,6.\text{MS}^{(-0,34)}$, o qual estima a curva de diluição do N, em função do acúmulo de MSV. O índice de nutrição nitrogenada (INN) foi

obtido pela razão entre o teor de N na MSV e o NCN, sendo considerado satisfatório quando o resultado é igual ou superior a 1,0 (Lemaire & Gastal, 1997; Lemaire & Maynard, 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão considerando o nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa de análises estatísticas Sisvar (Ferreira, 2011). Para se estimar a resposta dos parâmetros avaliados, em função dos níveis de adubação nitrogenada, a escolha dos modelos de regressão baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, por meio do teste t' , de Student, ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os efeitos da adubação nitrogenada sobre a produtividade de MSV e características morfogênicas da gramínea. A adubação nitrogenada afetou ($P < 0,05$) os rendimentos de MSV, sendo a relação quadrática e descrita pela equação: $Y = 1.615 + 14,516 X - 0,0329 X^2$ ($R^2 = 0,96$) e o máximo valor estimado com a aplicação de 220,6 kg de N ha^{-1} . A eficiência de utilização de N foi inversamente proporcional às doses de N aplicadas, sendo a relação linear e definida pela equação $Y = 45,394 - 0,1444 X$ ($r^2 = 0,90$). (Tabela 1).

Tabela 1. Rendimento de matéria seca (MSV - $kg ha^{-1}$), eficiência de utilização do N (EUN - $kg de MSV/kg de N$), número de perfilhos m^{-2} (NP), número de folhas perfilho $^{-1}$ (NFP), taxa de aparecimento foliar (TAF - $folha dia^{-1} perfilho^{-1}$), taxas de expansão foliar (TEF - $cm dia^{-1} perfilho^{-1}$) e tamanho médio de folhas (TMF - cm) de *Brachiaria ruziziensis*, em função da adubação nitrogenada.

Nitrogênio ($kg ha^{-1}$)	MSV ¹	NP	NFP	TAF	TEF	TMF	IAF	TSF
0	1.596 d	554 d	4,17 d	0,0935 d	1,70 d	18,3 d	2,58 c	0,107 d
60	2.403 c	679 c	4,65 c	0,1033 c	2,42 c	23,4 c	3,29 b	0,135 c
120	2.898 b	733 bc	4,87 b	0,1082 b	2,73 b	25,2 b	3,57 ab	0,149 b
180	3.111 a	801 ab	5,07 a	0,1127 a	2,96 ab	26,3 ab	3,78 a	0,151 b
240	3.231 a	873 a	5,11 a	0,1136 a	3,11 a	27,4 a	3,84 a	0,162 a

- Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

- Médias de três cortes

- Fonte: Dados da pesquisa

Tendências semelhantes foram reportadas por Costa et al. (2009) que constataram máximos rendimentos de forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *B. decumbens* com a aplicação de 198,5 e 232,9 kg de N ha⁻¹, respectivamente, contudo as maiores taxas de eficiência de utilização do N foram registradas sob doses entre 80 e 120 kg de N ha⁻¹. Para *B. brizantha* cv. Piatã, Menezes et al. (2019) não detectaram efeito significativo da adubação nitrogenada (100 ou 200 kg de N ha⁻¹) sobre a produtividade de biomassa total, folhas e material morto, independentemente da frequência de desfolhação (28 ou 35 dias), enquanto que Avelino et al. (2019) reportou maiores rendimentos de forragem com a aplicação de 200 ou 300 kg de N ha⁻¹, em ambas intensidades de desfolhação avaliadas (8, 16 24 e 32 cm acima do solo). Semelhantemente, Nascimento et al. (2019) constataram efeito linear da adubação nitrogenada sobre o rendimento de biomassa verde de *B. brizantha* cv. Paiaguás com a aplicação de até 250 kg de N ha⁻¹, no entanto, as maiores taxas de eficiência de utilização de N foram estimadas com a aplicação de 50 (56,94 kg de MS/kg de N) ou 100 kg de N⁻¹ (32,86 kg de MS/kg e N).

Na Tabela 2 são reportados os efeitos da adubação nitrogenada sobre a eficiência e recuperação aparente do N, seus níveis críticos e o INN. A relação entre MSV e teor de N foi ajustada ao modelo linear de regressão: $Y = 15,22 + 0,0309 x$ ($r^2 = 0,91$), não sendo evidenciando o efeito característico de diluição de seus teores, em função do maior acúmulo de MSV com o aumento dos níveis de adubação nitrogenada. Este comportamento reflete a maior proporção de material estrutural e de reservas com o crescimento da planta, os quais contêm baixas concentrações de N, além da não uniformidade da distribuição do N entre as folhas em função do nível de radiação solar interceptada no interior do dossel (Gastal & Lemaire, 2002; Paiva et al., 2019). Os teores de N, para todas as doses avaliadas, ficaram abaixo do nível crítico proposto por Lemaire et al. (1984a), Lemaire et al. (1984b), implicando em INN insuficiente para atender ao requerimento da gramínea por N, pois a razão entre o teor de N na MSV e o NCN foi inferior a 1,0 (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de nitrogênio (g kg⁻¹) eficiência de utilização de nitrogênio (EUN - kg MSV/kg de N), recuperação aparente de nitrogênio (RAN - %), nível crítico de nitrogênio (NCN - g kg⁻¹)¹e índice de nutrição nitrogenada (INN - teor de N/NCN) de *Brachiaria ruziziensis*, em função da adubação nitrogenada.

Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Teor de Nitrogênio	EUN	RAN	NCN	INN
--------------------------------------	-----------------------	-----	-----	-----	-----

0	14,98 d	---	---	29,32 a	0,511
60	16,71 c	40,0 a	81,23 a	25,51 b	0,655
120	19,34 b	24,1 b	80,34 a	23,94 c	0,817
180	22,07 a	17,3 b	74,58 b	23,37 c	0,944
240	21,57 a	13,4 c	57,23 c	23,07 c	0,935

- Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

- Fonte: Dados da pesquisa

A absorção de N pode ser reduzida pela baixa disponibilidade de P, a qual limita o suprimento de energia para a fase fotoquímica da fotossíntese e, posteriormente os processos de carboxilação do CO_2 nas células da bainha (Gastal & Lemaire, 2002). Barro et al. (2012), em pastagens de *Paspalum regnellii*, fertilizadas com $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ano e submetidas a três níveis de sombreamento, o NCN da gramínea foi atingido apenas no nível de 80% de sombreamento (1,01), comparativamente a 50% (0,79) ou a pleno sol (0,75), sendo tal comportamento atribuído ao menor acúmulo de MSV da gramínea com o aumento do nível de sombreamento.

A EUN ($Y = 45,35 - 0,1443 x$; $r^2 = 0,81$) e a RAN ($Y = 92,75 - 0,1295 x$; $r^2 = 0,90$) foram inversamente proporcionais às doses de N avaliadas (Tabela 2). Tendências semelhantes foram reportadas por Costa et al. (2007) para pastagens de *Brachiaria humidicola* (29,1; 20,8 e $15,5 \text{ kg de MS kg}^{-1}$ de N e 49,1; 44,7 e 31,1%, respectivamente para 100, 200 e 300 kg N ha^{-1}). Townsend (2008) avaliando os efeitos da adubação nitrogenada (0, 60, 180 e $360 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em *Paspalum notatum* cv. André da Rocha estimou máxima produção de forragem com a aplicação de $239 \text{ kg de N ha}^{-1}$, contudo, as maiores EUN foram atingidas sob níveis de fertilização entre 80 e $160 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Primavesi et al. (2004) verificaram que a RAN de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross foi inversamente proporcional às doses de N, contudo os maiores valores foram obtidos com a utilização de nitrato de amônio (75; 68 e 45%), comparativamente à ureia (52; 46 e 37%), respectivamente para 50, 100 e $200 \text{ kg de N ha}^{-1}$. A EUN e a RAN são afetadas pela espécie forrageira, estágio de desenvolvimento das plantas, doses aplicadas e seu fracionamento, frequência de utilização das pastagens, fatores ambientais e fertilidade do solo. Os decréscimos na EUN e RAN podem estar associados a perdas de N por lixiviação, volatilização de NH_3 e desnitrificação, notadamente com a utilização de altas doses de N e sob condições de alta umidade do solo (Magalhães et al., 2012; Paiva et al., 2019).

O NP foi positiva e linearmente afetado pela adubação nitrogenada ($Y = 576 + 1,2667 X - r^2 = 0,97$). A correlação entre NP e rendimento de MSV foi positiva e significativa ($r = 0,97$; $P < 0,01$), a qual explicou em 94% os incrementos verificados nos rendimentos de MSV da gramínea, em função da adubação nitrogenada (Tabela 1). O N interfere intensamente na ativação dos tecidos meristemáticos (gemas axilares), pois seu déficit aumenta o número de gemas dormentes, enquanto que seu adequado suprimento permite o máximo perfilhamento da gramínea (Nabinger & Carvalho, 2009). Os perfilhos individuais têm duração de vida limitada e variável, em função de fatores bióticos e abióticos, e sua população pode ser mantida por uma contínua reposição dos perfilhos mortos, sendo este comportamento o ponto-chave para a perenidade das gramíneas (Lemaire et al., 2011; Santos et al., 2012).

A relação entre adubação nitrogenada e o NFP foi ajustada ao modelo quadrático de regressão e descrita pela equação $Y = 4,18 + 0,008119 X - 0,000018 X^2$ ($R^2 = 0,96$) e o máximo valor obtido com a aplicação de 225,5 kg de N ha⁻¹. Os valores obtidos foram superiores aos reportados por Luna et al. (2012) para *B. brizantha* cvs. Xaraés e Piatã, que estimaram 3,91 e 4,33 folhas verdes perfilho⁻¹, respectivamente. O principal efeito do N sobre o NFP seria o aumento na duração de vida das folhas por meio da manutenção de maior capacidade fotossintética por períodos mais longos, sem que haja remobilização interna significativa do N das folhas mais velhas (Nabinger & Carvalho, 2009). A correlação entre rendimento de MSV e a TEF foi positiva e significativa ($r = 0,91$; $P < 0,01$), enquanto que com a TAF a correlação foi positiva, porém não significativa ($r = 0,79$; $P > 0,05$).

A TAF foi positiva e linearmente afetada pela adubação nitrogenada: $Y = 0,09587 + 0,00008519 X$ ($r^2 = 0,89$), enquanto que para a TEF, o TMF e o IAF o efeito foi quadrático e descrito, respectivamente, pelas equações: $Y = 1,733 + 0,011442 X - 0,000024 X^2$ ($R^2 = 0,99$), $Y = 18,65 + 0,0766 X - 0,000193 X^2$ ($R^2 = 0,97$) e $Y = 2,61 + 0,01147 X - 0,000027 X^2$ ($R^2 = 0,95$) e os valores máximos obtidos com a aplicação de 238,3; 191,5 e 212,5 kg de N ha⁻¹. Alexandrino et al. (2010) constataram efeito quadrático da adubação nitrogenada (0, 45, 90, 180 e 360 mg N kg solo⁻¹) sobre a TAF, TEF e TMF de *B. brizantha* cv. Marandu, estimando os valores máximos com a aplicação de 335; 325 e 347 mg N kg solo⁻¹, respectivamente. Para Lemaire et al. (2011), a TEF, ao responder ao suprimento de N, seria o principal agente modificador da TAF. Folhas sucessivas aparecendo em níveis de inserção muito próximos, mas sob elevadas taxas de alongamento, suportadas pelo suprimento adicional de N, estabeleceriam maior TAF. A TEF e a TAF apresentam correlação negativa, indicando que quanto maior a TAF, menor será o tempo disponível para o alongamento das folhas (Santos et

al., 2012). Neste trabalho a correlação entre estas duas variáveis foi positiva e significativa ($r = 0,93$; $P < 0,05$), possivelmente, como consequência das condições ambientais favoráveis, as quais permitiram que as plantas expressassem seu máximo potencial de crescimento.

A TSF foi diretamente proporcional às doses de N aplicadas, sendo a relação ajustada ao modelo linear de regressão ($Y = 0,1156 + 0,00025 X - r^2 = 0,96$). Resultados semelhantes foram reportados por Costa et al. (2009) para *B. brizantha* cv. Marandu, que constataram maiores TSF com a aplicação de 120 ($0,159 \text{ cm perfilho}^{-1}$) e 180 kg de N $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($0,175 \text{ cm perfilho}^{-1}$). A TSF é um dos fatores mais importantes quando se avalia a dinâmica de produção de forragem, pois determina o acúmulo líquido de biomassa de forragem por área disponível para o consumo animal (Pereira, 2013). O processo de senescência representa o último estágio de desenvolvimento da folha, iniciado após sua completa expansão e acentuado progressivamente com o aumento da área foliar, em decorrência do sombreamento das folhas inseridas na porção inferior e do baixo suprimento de radiação fotossinteticamente ativa, além de forte competição por luz, nutrientes e água entre os diversos estratos da planta (Nabinger, 2002). Quando o perfilho atinge determinado NFV ocorre equilíbrio entre a TAF e a senescência das folhas que ultrapassaram seu período de duração de vida, de modo que para o surgimento de nova folha implica na senescência da folha que a precedeu, mantendo o NFV relativamente constante (Lemaire et al., 2011). A senescência afeta negativamente a qualidade da forragem, contudo representa importante processo fisiológico no fluxo de tecidos da gramínea, pois cerca de 35; 68; 86 e 42% do N, P, Ca e Mg, respectivamente, podem ser remobilizados das folhas senescentes e utilizados para a produção de novos tecidos foliares (Sarmiento et al., 2006).

4. Considerações Finais

A avaliação de pastagens de *Brachiaria ruziziensis* sob diferentes níveis de adubação nitrogenada possibilita a recomendação dos mais adequados para o seu eficiente manejo.

A adubação nitrogenada afeta positivamente a produção de MSV, as concentrações de N e as características morfogênicas e estruturais da gramínea.

A eficiência de utilização e a recuperação aparente de N são inversamente proporcionais às doses aplicadas, ocorrendo o inverso quanto a taxa de senescência foliar.

A dose de máxima eficiência técnica na produção de MSV foi estimada em 220,6 kg de N ha^{-1} e o nível crítico interno de N é reduzido com o aumento da produtividade de forragem.

O índice de nutrição nitrogenada, para todos os níveis de N avaliados, foi inferior ao nível crítico de N da gramínea.

Sugere-se a realização de experimentos sob condições de campo e, preferencialmente, com a utilização de animais, de modo a referendar os níveis de adubação nitrogenada recomendados para a gramínea.

5. Referências

Alexandrino, E., Vaz, R. G. M. & Santos, A. C. 2010. Características da *Bracharia brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, 26, 886-893. <http://www.seer.ufu.br/biosciencej/article/view/7226>

Avelino, A. C. D., Faria, D. A., Penso, S., Lima, D. O. S., Rodrigues, R. C., Abreu, J. G. & Cabral, L. S. 2019. Agronomic and bromatological traits of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã as affected by nitrogen rates and cutting heights. *Journal of Experimental Agriculture International*, 36, 1-11. <http://www.sdiarticle3.com/review-history/48538>

Barro, R. S., Varella, A. C., Lemaire, G., Medeiros, R. B., Saibro, J. C., Nabinger, C., Bangel, F. V. & Carassai, I. J. 2012. Forage yield and nitrogen nutrition dynamics of warm season native forage genotypes under two shading levels and in full sunlight. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 1589-1597. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000700006>

Costa, N. de L., Gianluppi, V. & Braga, R. M. 2009. *Alternativas tecnológicas para a pecuária de Roraima*. Boa Vista: Embrapa Roraima, 35p. (Documentos, 19).

Costa, N. de L., Magalhães, J. A., Pereira, R. G. A., Townsend, C. R. & Oliveira, J. R. C. 2007. Considerações sobre o manejo de pastagens na Amazônia Ocidental. *Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária*, 40, 37-56.

Ferreira, D. F. 2011. SISVAR: A Computer Statistical Analysis System. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 1039-1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

Gastal, F. & Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*, 53, 789-799. <http://dx.doi.org/10.1093/jexbot/53.370.789>

Lemaire, G., Hodgson, J. & Chabbi, A. 2011. *Grassland productivity and ecosystem services*. Wallingford: CABI. 287p.

Lemaire, G. & Gastal, F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: Lemaire, G. (Ed.). *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Heidelberg: Springer-Verlag. p.3-43.

Lemaire, G. & Maynard, J. M. 1997. Use of the Nitrogen Nutrition Index for the Analysis of Agronomical Data. In: Lemaire, G. (Ed.) *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Heidelberg: Springer-Verlag. p.45-55.

Lemaire, G., Salette, J., Sigogne, M. & Terrasson, J. P. 1984a. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu. *Agronomie*, 4, 423-430. <https://doi.org/10.1051/agro:19840503>

Lemaire, G., Salette, J., Sigogne, M. & Terrasson, J. P. 1984b. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. II. Etude de la variabilité entre génotypes. *Agronomie*, 4, 431-436. <https://doi.org/10.1051/agro:19840504>

Liu, G., Hou, P., Xie, R., Ming B., Wang, K. & Li S. 2019. Nitrogen uptake and response to radiation distribution in the canopy of high-yield maize. *Crop Science*, 59, 1236-1247. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.09.0567>

Liu, T., Huang, R., Cai, T., Han, Q & Dong, S. 2017. Optimum leaf removal increases nitrogen accumulation in kernels of maize grown at high density. *Scientific Reports*, 7, 39-44. <https://doi.org/10.1038/srep39601>

Luna, A. A., Difante, G. S., Araújo, I. M. M. & Lima, C. L. D. 2012. Características morfológicas de gramíneas forrageiras no Nordeste do Brasil. *Revista Científica de Produção Animal*, 14, 138-141. <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v14n2p138-141>

Magalhães, J. A., Carneiro, M. S. S., Andrade, A. C, Pereira, E. S, Souto, J. S., Pinto, M. D. C., Rodrigues, B. H. N, Costa, N. L. & Mochel Filho, W. J. E. 2012. Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-andropogon sob irrigação e adubação. *Archivos de Zootecnia*, 61, 577-588. <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000400010>

Nabinger, C. 2002. Manejo da desfolha. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagens, 19., 2002, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ. p.133-158.

Nabinger, C. & Carvalho, P. C. F. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia*, 3, 8-27.

Nascimento, D., Vendruscolo, M. C., Dalbianco, A. B. & Daniel, D.F. 2019. Produtividade de capim Paiaguás sob doses de nitrogênio e cortes. *Pubvet*, 13, 1-15. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n5a321.1-15>

Paiva, B. B., Fernandes, L. M., Fidelis, P. B., Barbosa, N. R., Bento, R. A. & Rocha, R. F. A. B. 2019. Tissue flow and biomass production of Piatã grass in function of defoliation frequency and nitrogen fertilization. *Colloquium Agrariae*, 15, 92-100. <https://doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n1.a288>

Primavesi, A. C., Primavesi, O., Corrêa, L. A., Cantarella, H., Silva, A., Freitas, A. & Vivaldi, L. J. 2004. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 68-78. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000100010>

Santos, J. N., Souza, A. L., Carvalho, M. V., Ferro, M. M. & Zanine, A. M. 2019. Productive and structural responses of *Urochloa brizantha* cv. Piatã subjected to management strategies. *Semina: Ciências Agrárias*, 40, 1555-1564. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n4p1555>

Santos, M. E. R., Fonseca, D. M., Gomes, V. M., Silva, P. S., Silva, G. P. & Castro, M. S. 2012. Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim-braquiária. *Ciência Animal Brasileira*, 3, 49-56. <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/13041>

Sarmiento, G., Silva, M. P., & Naranjo, M. E. 2006. Nitrogen and phosphorus as limiting for growth and primary production in the Venezuelan Llanos. *Journal of Tropical Ecology*, 22, 203-212. <https://doi:10.1017/S0266467405003068>

Taiz, L. & Zeiger, E. 2013. *Fisiologia vegetal*. 5.Ed. Porto Alegre: Artmed. 954p.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, L. M. & Murfhy, A. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.Ed. Porto Alegre: Artmed, 528p.

Townsend, C. R. 2008. *Características produtivas de gramíneas nativas do gênero Paspalum, em resposta à disponibilidade de nitrogênio*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 254p.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Newton de Lucena Costa – 50%

João Avelar Magalhães – 10%

Amaury Burlamaqui Bendahan – 10%

Antônio Neri Azevedo Rodrigues – 10%

Braz Henrique Nunes Rodrigues – 10%

Francisco José de Seixas Santos – 10%