

Uso de clorofilometro na avaliação da adubação nitrogenada e potássica no capim Tifton 85

Use of a chlorophyll meter for evaluating nitrogen fertilization in Tifton 85 bermudagrass

SILVA, Rosani Valeria Marcelina Matoso^{1*}; ROSSIELLO, Roberto Oscar Pereyra²; MORENZ, Mirton Jose Frota³; BARBIERI JUNIOR, Elio¹; GOMES, Rosana Lorena Teixeira⁴; CAMARGO FILHO, Sergio Trabali⁵

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, Departamento de Solos, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

³Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, Departamento de Nutrição Animal e Pastagem, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

⁴Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

⁵Pesagro-Rio. Centro Estadual de Pesquisa em Agricultura Orgânica.

*Endereço para correspondência: rosanimatoso@yahoo.com.br

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho aferir o comportamento de um clorofilometro na gramínea forrageira Tifton 85 (*Cynodon* spp. cv. Tifton 85) e sua relação com a produção de massa seca em resposta à adubação nitrogenada e potássica. No primeiro ensaio de campo realizado foi feita a aplicação de nitrogênio e potássio separados em três tratamentos: 0,75 e 150kg/ha/corte, segundo um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os teores de clorofila total, extraídos da primeira lâmina foliar totalmente expandida, correlacionaram-se bem com as leituras do clorofilometro e foram afetados pelas doses de N e número de cortes. No segundo corte, os teores de clorofila total foram significativamente maiores que no primeiro, enquanto a massa verde seca total da parte aérea respondeu apenas às doses de N, o que sugere a existência de uma produção “de luxo” de clorofilas. No segundo ensaio, os tratamentos consistiram de cinco doses de N e K: 0; 150; 300; 450 e 600 kg/ha, dispostos na forma de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições e ao final de um período de 28 dias, os teores de clorofila total, as leituras do clorofilometro e a matéria seca de folhas variaram, segundo um modelo quadrático, em

resposta às doses de N (entre 0 e 600kg N/ha) sem evidências de produção de luxo de clorofilas. Embora esta última situação seja provavelmente a situação normal, a melhoria no desempenho do clorofilometro a altos níveis de disponibilidade de N demandará novos estudos com relação às frações nitrogenadas que se acumulam na planta nessas condições.

Palavras chave: biomassa de folhas verdes secas, Clorofila, *Cynodon*

SUMMARY

The aim of this study was to assess the performance of a chlorophyll meter and its relation to dry matter production of Tifton 85 (*Cynodon* spp. cv. Tifton 85), in response to nitrogen fertilization. In the first field trial, the total chlorophyll contents extracted from the uppermost fully expanded leaf blade correlated well with chlorophyll meter readings and were affected by N rates and cut number. In the second cut in the first field trial, total chlorophyll contents were higher than the first cut while total dry mass of green shoots responded only to N rates, suggesting that there was a “luxury” production of chlorophylls. In the second field trial, at the end of a single

regrowth period of 28 days, total chlorophyll contents, chlorophyll meter readings and dry leaf biomass varied harmonically, according to a quadratic model of response to N dose (0 - 600kg N/ha), without evidence of a supra-optimal production of chlorophylls. Although this last it is probably the normal situation, the refinement of the chlorophyll meter sensitivity to high levels of soil N availability, will demand news studies in order to clarify the status of the nitrogen fractions accumulated in the plant in these conditions.

Keywords: *Cynodon*, chlorophyll, green leaf dry biomass

INTRODUÇÃO

Gramíneas do gênero *Cynodon*, em razão de seu potencial produtivo e adaptabilidade, têm sido objeto de numerosas pesquisas (ESTRADA et al., 2003; PACIULLO et al., 2005; VILELA et al., 2005). Dentro do gênero, destaca-se o Tifton 85, forrageira considerada “exigente” em fertilidade e responsiva à adubação nitrogenada (ALVIM et al., 1999; SARMIENTO et al., 2006, GALZERANO et al., 2008).

O nitrogênio (N) é indutor de processos metabólicos, com efeitos sobre a absorção de macro e micronutrientes e sobre a alocação de matéria e energia pelas plantas (FERNANDES & ROSSIELLO, 1986), tem, portanto importante papel estrutural, uma vez que faz parte de proteínas, ácidos nucléicos e outros constituintes vegetais, dos quais incluem-se a molécula de clorofila e diversos hormônios (SOUZA & FERNANDES, 2006). O potássio (K) tem importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais (MEURER, 2006).

Teores de clorofila ocupam posição de destaque à medida que determinam o potencial fotossintético da planta através do seu controle sobre a quantidade de

radiação solar que uma folha absorve (BLACKBURN, 2007; HATFIELD et al., 2008). Uma possibilidade para determinação quantitativa do conteúdo das clorofilas de forma indireta e não destrutiva, com base nas suas assinaturas espectrais é o uso de clorofilômetros, que são sensores ativos da intensidade da cor verde nos tecidos foliares e operam combinando propriedades de transmitância e absorbância das clorofilas (SHADCHINA & DMITRIEVA, 1995; BLACKBURN, 2007). De acordo com ZHANG et al. (2008), a utilização de clorofilômetro como um instrumento de diagnose das necessidades nutricionais do vegetal está baseada no suposto de que doses supra-ótimas de N não afetem as leituras do aparelho, sendo que aumentos nos teores de clorofila total não acompanhados por aumentos na produção de matéria seca, caracterizariam uma situação de “produção de luxo” de clorofila. Para os clorofilômetros serem considerados como ferramentas úteis no manejo da adubação nitrogenada, eles devem ser capazes de se relacionar com os diversos indicadores de produtividade da biomassa, ou com os teores foliares de N (ARGENTA et al., 2001; BLACKBURN, 2007; HATFIELD et al., 2008). Assim, objetivou-se aferir o comportamento de um clorofilômetro e sua relação com a produção de massa seca, na gramínea forrageira Tifton 85, em resposta à adubação nitrogenada e potássica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Parasitologia “*Wilhelm Otto Neitz*” do Instituto de Veterinária da UFRRJ, município de Seropédica, RJ (22°45'53”

S, 43°41'56''W e 33m de altitude), em solo classificado como Planossolo Háptico (SANTOS et al., 2006), durante os meses de novembro 2008-janeiro 2009 (1º experimento) e novembro-dezembro de 2009 (2º experimento).

No primeiro experimento, o plantio do capim foi realizado em julho de 2008 mediante utilização de estolões enraizados, plantados em sulcos separados 0,5 m, a uma densidade média de cinco mudas por metro linear. As unidades experimentais foram constituídas por parcelas de 16m² (4 m x 4 m) separadas entre si por faixas de 1,0 m de largura. Previamente, foi feita uma aplicação basal de fósforo (150 kg de P₂O₅/ha) na forma de superfosfato simples incorporado no fundo do sulco. Logo após o plantio as parcelas receberam 80 kg de K/ha, na forma de KCl, aplicado em cobertura. Irrigações, aplicação de herbicida e capinas manuais foram feitas sempre que necessário para assegurar um estabelecimento uniforme do capim. Em 02/11/2008 foi realizado um corte de uniformização a uma altura média de 0,1m, e no mesmo dia foi feita a aplicação de nitrogênio e potássio separados em três tratamentos: 0; 75 e 150 kg/ha em 2 cortes, segundo um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. A aplicação das doses dos adubos nitrogenado (uréia agrícola, 45% N) e potássico (KCl), numa relação N:K=1:1 foi feita conjuntamente, em solução aquosa, conforme descrito por Oliveira et al. (2010). O nível de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa dos dosséis foi determinado periodicamente, conforme descrito por Galzerano et al. (2008) e utilizado como critério para estabelecer a duração dos períodos de crescimento do pasto. Os cortes foram executados quando as primeiras parcelas

atingiram valores de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa de 93-95%, medidos com um sensor de barra, de 1,0m de comprimento, dotada de 10 sensores em linha, modelo LI 191 SA (LI-COR, *Lincoln, Nebraska*, EUA). Dessa forma, o primeiro período de descanso teve uma duração de 28 dias e o segundo de 29 dias. A figura 1 mostra as variações de temperatura e precipitação pluviométrica durante o período de realização deste experimento, de acordo aos registros da Estação Ecologia Agrícola km 47, Seropédica RJ (INMET/PESAGRO), distante aproximadamente 1,5km da área experimental.

No segundo experimento as amostragens foram feitas em novembro de 2009 mediante o uso de unidades experimentais implantadas em novembro de 2006 (GALZERANO et al., 2008), constituídas por parcelas de 16m² (4m x 4m) separadas entre si por faixas de 1,0m de largura, que tinham recebido, no mês de agosto prévio, uma aplicação única e a lanço de 1000kg/ha de calcário dolomítico e 200kg P₂O₅/ha, como superfosfato simples em toda a área experimental. Esta adubação foi realizada com a finalidade de elevar os níveis de cálcio e magnésio no solo e não para anular acidez ou toxidez de alumínio. Os tratamentos consistiram de cinco doses de N e K: 0; 150; 300; 450 e 600kg/ha, aplicados em dose única após um corte geral de uniformização realizado em 07/11/2009, o qual rebaixou o dossel a uma altura média de 0,07m. Os tratamentos foram dispostos na forma de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições. Em relação às condições ambientais, as temperaturas médias do ar oscilaram entre 23 e 33,2°C; radiação solar: 23,6 MJ/m²/dia e precipitação mensal: 132 mm.

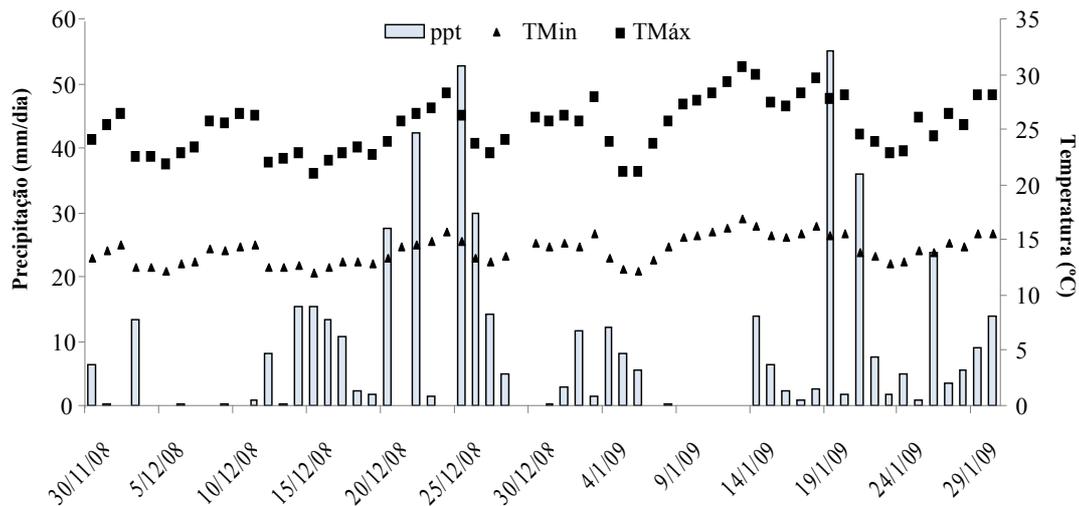


Figura 1. Temperaturas mínimas e máximas do ar, e precipitação pluviométrica, registradas durante o período 30/11/2008-30/01/2009. Seropédica, RJ

Em ambos os experimentos foram feitas as mesmas determinações, quantificação dos teores de clorofila total e da produção de matéria verde seca total da parte aérea. A quantificação dos teores foliares de clorofila total foi feita tanto por método direto como indireto.

Primeiramente, realizou-se a determinação indireta e, para tal, foi utilizado um clorofilometro marca ClorofiLOG, operado conforme as instruções do fabricante (FALKER Automação Agrícola, 2008). Nesse aparelho, as unidades de mensuração denominadas Índice de Clorofila Falker (ICF) são produtos de fotodiodos que emitem em 635; 660 e 880 nm. As determinações foram feitas sempre numa mesma lâmina foliar (a primeira com lígula visível a partir do ápice do perfilho), de folhas expostas ao sol. Em cada folha foram feitas três leituras, no terço médio da lâmina, para se obter um valor médio. O valor de leitura atribuído à parcela foi representado pela média de 10 folhas/parcela.

Para a determinação pelo método direto, foi retirado um disco foliar (6,0mm de diâmetro) também do terço médio de cada folha lida pelo clorofilometro, em

um total obtido de 10 discos por parcela. No primeiro experimento, as clorofilas foram extraídas com acetona 80% (ARNON, 1949) e quantificadas, ao final de cada um dos períodos de descanso, como descrito Barbieri Junior et al.(2010). Já no segundo experimento, o extrator foi N,N-dimetilformamida (DMF) (MORAN, 1982), com utilização do mesmo protocolo operacional, em duas amostragens repetidas no tempo, aos 14 e 28 dias após o corte de uniformização. Previamente, Barbieri Junior et al. (2010) demonstraram que, em termos de capacidade de extração de clorofilas em folhas de Tifton 85, os extratores acetona 80% e N, N-dimetilformamida produzem resultados equivalentes.

Para a quantificação da produção de matéria verde seca total da parte aérea foi coletada manualmente, ao final de cada um dos três períodos de descanso do primeiro e do segundo experimento, a massa verde contida em um quadrante de 0,25m² colocado dentro da área útil de cada parcela, e feita a retirada de invasoras e de material senescente ou morto. Imediatamente, o material foi fracionado em lâminas foliares e colmo,

posto para secar em estufa ventilada a 65°C, por 72 horas até atingir peso constante. A partir desses valores foi estimada a massa verde seca total da parte aérea por unidade de superfície (MSPA, kg m⁻²) e a biomassa de lamina foliar verde seca (BF, kg m⁻²). Os dados de ambos os experimentos foram submetidos aos testes padrão para normalidade de distribuição, e a seguir processados para análise de variância (teste F, p≤0,05, por emprego do programa SAEG v.9.1. (UFV, 2007) Adicionalmente, no segundo experimento, análises de regressão e correlação foram executadas com auxílio de programa Graph Prism v.5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o primeiro experimento, a análise estatística mostrou que os teores de clorofila total extraídos diretamente com

acetona (Figura 2), foram afetados pelas doses de N e K aplicadas (p<0,0001), pelo corte (p<0,0001) e pela sua interação (p=0,0072). Assim, os valores médios de clorofila total observados no segundo corte (488 ± 27,2µmol/m²) excederam significativamente (p<0,05) os observados no primeiro ciclo de crescimento do capim (362±20,2µmol/m²). É possível que essas diferenças reflitam, em parte, o fracionamento da adubação, o que fez com que no segundo ciclo de crescimento, a disponibilidade real de nutrientes no solo fosse maior que a correspondente às doses nominais aplicadas. Além disso, nesse segundo ciclo de crescimento, as condições ambientais foram mais propícias em relação ao primeiro, uma vez que houve maior radiação solar incidente (17,1 vs. 15,9MJ/m²/dia) e a precipitação pluviométrica total, embora menor (225,5 vs. 263,2mm), resultou melhor distribuída (Figura 1).

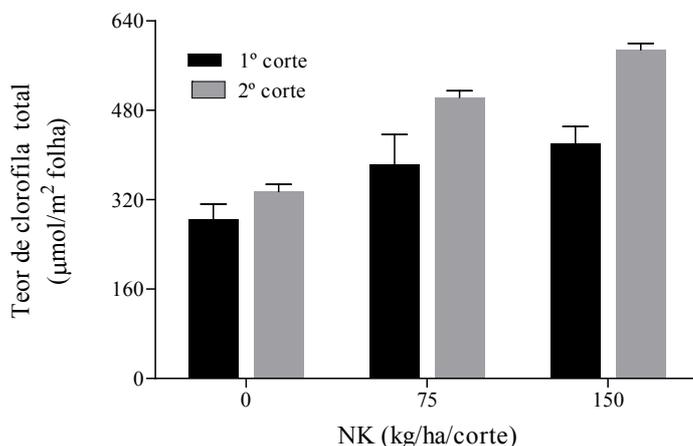


Figura 2. Teores de clorofila total, extraída com acetona, em folhas recém expandidas do capim Tifton 85, em função de doses de NK aplicadas ao solo, em dois cortes consecutivos. Barra vertical indica o erro padrão da média de quatro repetições

Em relação à estimativa indireta dos teores de clorofila, os valores do Índice de Clorofila Falker foram afetados, independentemente, tanto pelas doses de N e K aplicadas ($p < 0,0001$) como pelo corte ($p < 0,0001$). No primeiro período de rebrotação, as leituras do clorofilômetro variaram entre 26 e 39 unidades, enquanto no segundo, entre 30

e 46 unidades do Índice de Clorofila Falker. Os dois procedimentos de determinação do teor de clorofila total em folhas do Tifton-85 correlacionaram-se significativamente, tanto nos períodos de crescimento isoladamente (primeiro: $r = 0,837$; segundo: $r = 0,959$) como quando considerados em conjunto (Figura 3).

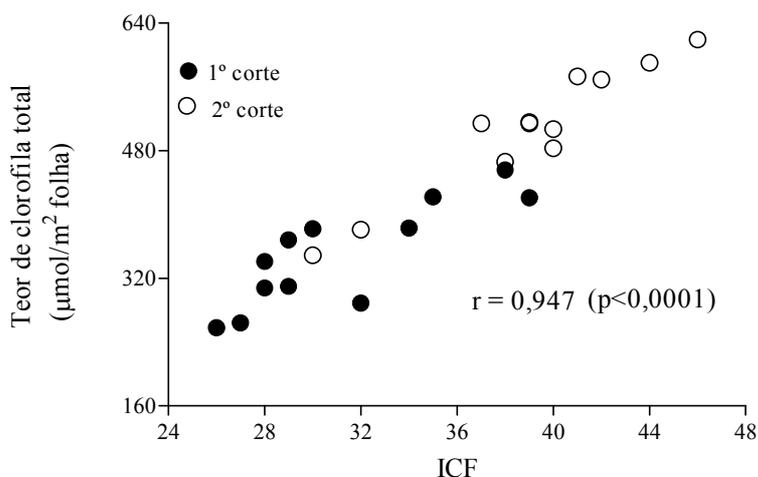


Figura 3. Relação entre o teor de clorofila total, determinado diretamente, em folhas recém expandidas do capim Tifton 85 e a leitura de um clorofilômetro, expressa em unidades ICF (Índice de Clorofila Falker). Cada ponto corresponde a uma unidade experimental, em dois ciclos de rebrota (cortes) sucessivos

Avaliando as respostas do Tifton-85 à aplicação de N no solo, em vasos mantidos em casa de vegetação, Premazzi & Monteiro (2002), obtiveram valores máximos de leituras do clorofilômetro SPAD entre 39,4 e 44,2, portanto, de ordem similar aos aqui observados. Todavia, e diferentemente dos presentes dados, esses autores observaram que as leituras SPAD foram maiores no primeiro corte em relação ao segundo, e responderam a modelos quadráticos em ambos os ciclos de crescimento. O padrão quadrático de

resposta das leituras do clorofilômetro à adubação nitrogenada é interpretado como indicação de que alguma fração do N absorvido estaria em uma forma não associada com a molécula de clorofila (DWYER et al., 1995) ou com as proteínas cloroplásticas (GHANNOUM et al., 2005), estocado, presumivelmente, como N solúvel não proteico, nos rizomas ou bainhas foliares (FERNANDES & ROSSIELLO, 1986) ou no vacúolo das células do parênquima mesofílico (VENDRAMINI et al., 2008).

Diferentemente do observado com os teores de clorofila, a produção de massa seca da parte aérea foi afetada significativamente apenas pelas doses de N e K aplicadas ($p < 0,0001$), mas não pelos cortes nem pela interação corte x dose ($p > 0,05$) (Figuras 4A). A aplicação dos adubos nitrogenado e potássico promoveu um acréscimo significativo ($p < 0,05$) da produção da massa verde

seca da parte aérea de até 93% na maior dose, em relação às parcelas não adubadas. Em relação ao comportamento do clorofilometro, o mesmo relacionou-se linearmente com a massa verde seca total da parte aérea em ambos os ciclos de descanso e mostrou maior correlação no segundo ciclo ($r = 0,898$) em relação ao primeiro ($r = 0,786$), conforme mostra a figura 4B.

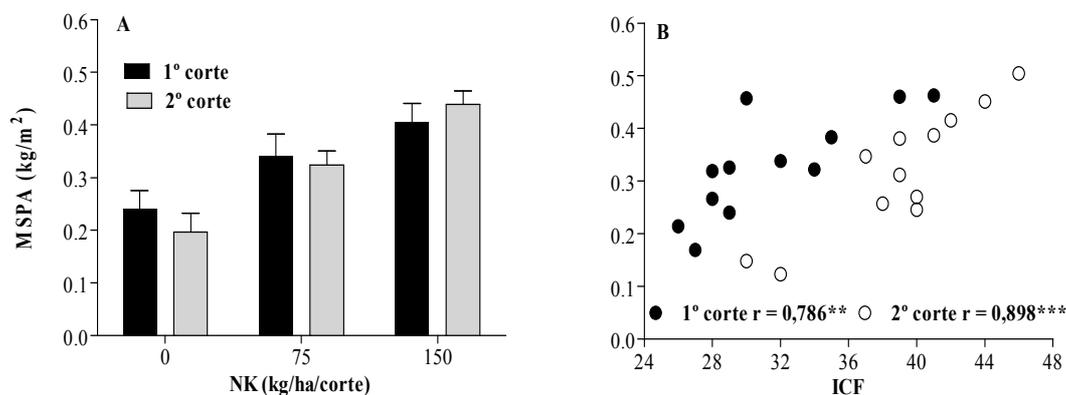


Figura 4. A: Produção de massa verde seca da parte aérea (MSPA) do capim Tifton 85, em resposta a doses de NK e número de cortes. Barra vertical indica o erro padrão da média de quatro repetições. 4B: Coeficientes de correlação entre valores do Índice de Clorofila Falker (ICF), medidos aos 28 dias após o corte, em dois ciclos de rebrotação do capim Tifton 85, e a MSPA medida na mesma idade

Tomados em conjunto, esses dados indicam que ao final do segundo ciclo de crescimento do capim houve, aparentemente, uma produção “supérflua” de clorofilas, que não foi acompanhada por uma produção correspondente de massa seca (Figuras 2 e 4A). Isto poderia ser possível, ao menos teoricamente, porque a relação generalizada entre o teor de clorofila total e a absorvância foliar mostra tipicamente um *plateau*, após o qual a absorção de luz se torna insensível a aumentos adicionais de clorofila por unidade de superfície foliar (NIINEMETS, 2007). Se por um lado, à

medida que a disponibilidade de N para a planta aumentar mais clorofila é produzida na folha (PREMAZZI & MONTEIRO, 2002), por outro, a eficiência de uso da radiação solar pelo dossel pode se estabilizar ou mesmo decrescer, a altos níveis de disponibilidade do nutriente (SINCLAIR & HORIE, 1989; GASTAL & LEMAIRE, 2002).

Para confirmar a possibilidade de ocorrência dessa situação de “produção de luxo de clorofila”, associada a altos níveis de adubação nitrogenada (ZHANG et al., 2008), no segundo experimento foi criado um gradiente

mais amplo de disponibilidade de N e K no solo, pela aplicação de até 600kg/ha, em dosagem única. Nesse ensaio, os teores de clorofila total, extraídos com N,N-dimetilformamida, variaram entre 372 e 592 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ folha, duas semanas após o corte de uniformização, e decresceram significativamente ($p=0,0009$) aos 28 dias, onde oscilaram entre 304 e 496 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ folha, a depender do nível de adubação (Figura 5A).

A figura 5B mostra os valores das leituras do clorofilômetro correspondentes aos teores de clorofila total extraídos diretamente (Figura 5A) e, como esperado, houve uma alta concordância entre ambas as séries de dados. Esse declínio temporal dos teores de clorofila pode refletir uma redução do aporte de N às folhas recentemente expandidas (SUGIYAMA & GOTOH, 2010), quer pelo decréscimo no influxo radicular do

nutriente com a idade (FRANÇA et al., 1999), ou por um efeito simples de diluição, causado pela expansão volumétrica do dossel nas maiores doses aplicadas (GALZERANO et al., 2008).

É importante observar que o máximo valor de clorofila total, derivado da função ajustada, aos 28 dias após corte, foi de 513 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ folha, para uma dosagem de 588kg de NK/ha, ou seja, da mesma ordem que o obtido com aplicações de 150kg NK/ha no primeiro experimento. Esse resultado em si é conflitante com o acúmulo linear de CFT em resposta às doses de N, sugerido pela Figura 2. Resultados obtidos por outros pesquisadores mostram que embora o aumento da disponibilidade de N resulte em maior produção foliar de clorofila, é provável que seja atingido um patamar (LAVRES JUNIOR & MONTEIRO, 2006).

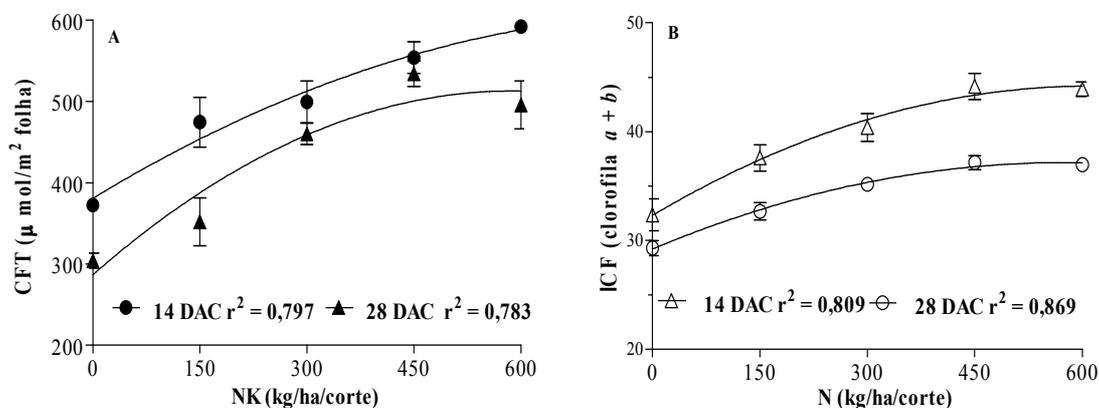


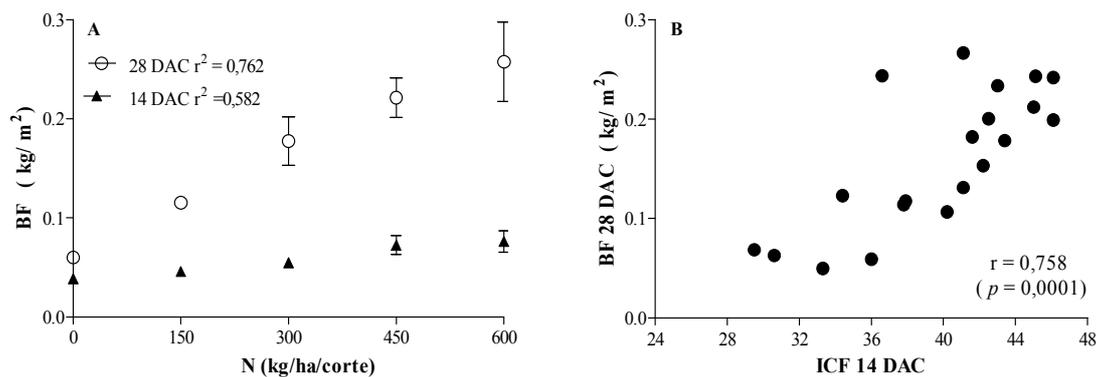
Figura 5. Variação dos teores de clorofila em primeiras folhas recentemente expandidas do capim Tifton 85, em resposta a doses de NK. A: teores de clorofila total ($a + b$) extraídas com N,N- dimetilformamida. 5B: Leituras do clorofilômetro (ICF, Índice de Clorofila Falker). Barra vertical indica o erro padrão da média de quatro repetições

Com relação à produção de biomassa de laminas foliares, a figura 6A mostra que a mesma ajustou-se a um modelo quadrático de resposta que aos 28 dias

apresentou um máximo numa dosagem superior a 600kg N/ha. Esse resultado, portanto, também não favorece a idéia de um acúmulo não produtivo de clorofilas

nas folhas do capim Tifton 85. Pelo contrario, os valores da biomassa de laminas foliares correlacionaram moderadamente com as leituras do clorofilometro, registradas aos 28 dias após o corte de uniformização ($r=0,603$; $p=0,0003$), e de forma mais interessante, com aqueles medidos aos 14 dias após o corte (Figura 5B) quando o coeficiente de

correlação aumentou para 0,758 ($p=0,0001$; Figura 5B). Este último resultado é interessante porque indica a possibilidade de se usar os teores de clorofila de forma preditiva, com possibilidades de se estimar a produção forrageira futura, em um regime de cortes ao se ter em vista, por exemplo, a produção de feno.



* coeficientes significativos a $p \leq 0,05$ e ** significativos a $p \leq 0,01$.

Figura 6. A: Biomassa de laminas foliares (BF) do capim Tifton 85, em resposta a doses de N aos 14 e 28 dias após um corte de uniformização (DAC). $BF_{14 \text{ DAC}} = 0,037 + 6,77 \times 10^{-5}N^*$ ($S_{x,y} = 0,012$); $BF_{28 \text{ DAC}} = 0,058 + 4,42 \times 10^{-4}N^{**} - 1,79 \times 10^{-7}N^2$ ($S_{x,y} = 0,043$). 6B: relação entre os valores do Índice de Clorofila Falker (ICF), medidos aos 14 dias do primeiro ciclo de rebrota e a biomassa de lâminas foliares (BF), medida aos 28 dias. Barra vertical indica o erro padrão da média de quatro repetições.

Em síntese, em dois dos três períodos de descanso estudados, durante a estação chuvosa, observou-se que os teores de clorofila extraídos e quantificados diretamente ou de forma indireta pelas leituras de um clorofilômetro, concordaram entre si e com a resposta produtiva do capim a doses crescentes da adubação nitrogenada e potássica. Já em um dos períodos, tal situação não se verificou e as clorofilas aumentaram acima dos máximos de matéria seca. No capim Tifton 85, cultivado em solos hidromórficos de baixada, o uso de clorofilômetro dispensa a extração direta de clorofilas e constitui-se um indicador apropriado para se avaliar a

eficiência da adubação nitrogenada. Todavia, para melhor se utilizar a capacidade diagnóstica do aparelho é preciso conhecer de forma mais detalhada as diversas frações de N que se acumulam nas folhas em situações de alta disponibilidade de N no solo. Espera-se que, tais tipos de estudos, conduzidos sob condições ambientais controladas possam contribuir ao refinamento da capacidade diagnóstica dos clorofilômetros em situações próximas aos máximos de produtividade do capim.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro e ao CNPq pela concessão de Auxílio Financeiro e de Bolsas de Pesquisa e ao Professor Dr. Carlos Luis Massard, do Departamento de Parasitologia da UFRRJ, pela sua prestimosa colaboração durante a realização da experimentação de campo.

REFERÊNCIAS

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; VERNEQUE, R.S.; BOTREL, M.A. Resposta do Tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n. 12, p.2345-2352, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R. F.; BORTOLINI, C.G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p. 715-722, 2001.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.

BARBIERI JÚNIOR, E.; ROSSIELLO, R.O.P.; MORENZ, M.J.F.; RIBEIRO, R.C. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-Tifton 85. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.633-636, 2010.

BLACKBURN, G.A. Hyperspectral remote sensing of plant pigments. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.4, p. 855–867, 2007.

DWYER, L. M., ANDERSON, A. M., MA, B. L., STEWART, D. W., TOLLENAAR, M.; GREGORICH, E. Quantifying the non-linearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Sciences**, v.75,v.1,p.179-182, 1995.

ESTRADA, A.D.; CARVALHO, S. R.; ALMEIDA, J.C.C.; CAMARGO FILHO, S.T. Influência do intervalo de corte sobre a produção de matéria seca e o teor de nitrogênio em gramíneas dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria*. **Revista Universidade Rural**, v.23, n.2, p.19-26, 2003.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila : ClorofiLOG / CFL 1030). Porto Alegre: Falker Automação Agrícola, 2008. 33p.

FERNANDES, M. S. ; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio m gramíneas tropicais. In: MATTOS, H.B. (Org.). **Calagem e Adubação de Pastagens**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 93-123.

FRANÇA, M. G. C.; ROSSIELLO, R.O.P. ; ZONTA, E., ARAÚJO, A.P.; RAMOS, F.T. Desenvolvimento radicular e influxo de nitrogênio em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.10, p.1845-1853, 1999.

GHANNOUM, O.; EVANS, J.R.; CHOW, W.S.; ANDREWS, J.T.; CONROY, J.P.; von CAEMMERER, S. Faster rubisco is the key to superior nitrogen-use efficiency in NADP-malic enzyme relative to NAD-malic enzyme C₄ grasses. **Plant Physiology**, v.137, n.2, p.638–650,2005.

GALZERANO, L.; ROSSIELLO, R.O.P.; OLIVEIRA, A.P.P.; PACIULLO, D.S.C.; MORENZ, M.J.F.; SILVA, R.P. Mudanças em atributos estruturais de dosséis do capim-Tifton 85 na fase de estabelecimento, induzidas pela adubação nitrogenada. **Boletim de Indústria Animal**, v.65, n.4, p.329-336, 2008.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, v.30, n.370, p.789-799, 2002.

HATFIELD, J.L.; GITELSON, A.A.; SCHEPERS, J.S.; WALTHALL, C.L. Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. **Agronomy Journal**, v.100, p.117- 131, 2008. Supl.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-aruana em condições controladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.5, p.829-837, 2006.

MEURER, E.J. Potássio. In: **Nutrição mineral de plantas** (M.S. FERNANDES, Ed.). Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.281-298.

MORAN, R. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N'-dimethylformamide. **Plant Physiology**, v.69, n.6, p.1376-1381, 1982.

NIINEMETS, U. Photosynthesis and resource distribution through plant canopies. **Plant, Cell & Environment**, v.30, n.9, p.1052-1071, 2007.

OLIVEIRA, A.P.P.; ROSSIELLO, R.O.P.; GALZERANO, L.; COSTA JÚNIOR, J.B.G.; SILVA, R.P.; MORENZ, M.J.F. Respostas do capim-Tifton 85 à aplicação de nitrogênio: cobertura do solo, índice de área foliar e interceptação da radiação solar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.2, p.429-438, 2010.

PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; HEINEMANN, A.B. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem em pastagem de *Cynodon dactylon*, em diferentes estações do ano. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.4, p.233-241, 2005.

PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A. Produção do capim-Tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte. **Boletim de Indústria Animal**, v.59, n.1, p.1-16, 2002.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.F. (Ed). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – **Sistemas de análises estatísticas e genéticas**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007. 150 p.

SARMIENTO, P.; NASCIMENTO, R.C.; MARTINS, A.T. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento do capim-Tifton 85 em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Boletim de Indústria Animal**, v.63, n.1, p.11-18, 2006.

SHADCHINA, T. M.; DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, n.7, p.1427 – 1437, 1995.

SINCLAIR T.R., HORIE H. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science**, v.29, n.1, p.90–98, 1989.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogenio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.215-252.

SUGIYAMA, S.; GOTOH, M. How meristem plasticity in response to soil nutrients and light affects plant growth in four *Festuca* grass species. **New Phytologist**, v.185, n.3, p.747- 758, 2010.

VENDRAMINI, M.B.; SOLLENBERGER, L.E.; ADESOGAN, A.T.; DUBEUX, J.C.B.; INTERRANTE, S.M.; STEWART, R.L.; D. ARTHINGTON, J.D. Protein fractions of Tifton 85 and Rye-Ryegrass due to sward management practices. **Agronomy Journal**, v.100, n.2, p. 463-469, 2008.

VILELA, D.; PAIVA, P.C.A.; LIMA, J.A.; CARDOSO, R.C. Morfogênese e acúmulo de forragem em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. *coastcross* em diferentes estações de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p. 1891- 1896, 2005.

ZHANG, J.; BLACKMER, A.M.; ELLSWORTH, J.W.; KYVERYGA, P.M., BLACKMER, T.M. Luxury production of leaf chlorophyll in mid-season recovery from nitrogen deficiencies in corn. **Agronomy Journal**, v.100, n.3, p.658-664, 2008.

Data de recebimento: 07/02/2011

Data de aprovação: 10/08/2011