

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

RESPOSTAS DO CAPIM-TIFTON 85 A DOSES DE
NITROGÊNIO ASSOCIADAS A DOSES E FONTES DE BORO

Alysson Roberto da Silva
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Agosto de 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

RESPOSTAS DO CAPIM-TIFTON 85 A DOSES DE
NITROGÊNIO ASSOCIADAS A DOSES E FONTES DE BORO

Alysson Roberto da Silva

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho

Co-orientador: Prof. Dr. Edemo João Fernandes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Agosto de 2007

Silva, Alysson Roberto da
S586a Respostas do capim-tifton 85 a doses de nitrogênio associadas a doses e fontes de boro / Alysson Roberto da Silva. -- Jaboticabal, 2007
ix, 102 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007
Orientador: Edson Luiz Mendes Coutinho
Banca examinadora: Mara Cristina Pessoa da Cruz, Renato de Mello Prado, Takashi Muraoka, Cássio Hamilton Abreu Junior
Bibliografia

1. Adubação. 2. Micronutriente. 3. *Cynodon*. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.8:633.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ALYSSON ROBERTO DA SILVA, nascido em 15 de outubro de 1977, em São José do Rio Pardo, SP, é engenheiro agrônomo formado pelo curso de Engenharia Agrônômica “Manoel Carlos Gonçalves” do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (UniPinhal) em julho de 2001. Obteve o título de mestre em Agronomia (Ciência do Solo) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/Unesp) em agosto de 2001. Ingressou no curso de doutorado do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da FCAV/Unesp em agosto de 2003, obtendo o título de doutor em Agronomia em agosto de 2007. Trabalha na Bunge Fertilizantes S.A. como assessor agrônomo das marcas Ouro Verde e Iap nos Estados de Bahia, Piauí e Tocantins.

**“A vida é uma árvore e o amor é o tronco,
Quem se agarra ao tronco com certeza não cai,
Mas seu peso para o galho pode até ser demais...”**

(trecho da música Caravana, composta por Aliado G, integrante
do grupo de rap Face da Morte)

Ao meu pai José Roberto
À minha mãe Helena
Aos meus irmãos Jeferson e João Paulo
À minha irmã Helena Carolina
Ao meu sobrinho Henry
Ao professor Edson Coutinho

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho, pela orientação, pela contribuição à minha formação, mas, sobretudo, pelo amigo que é.

Ao Prof. Dr. Edemo João Fernandes, pela co-orientação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

À Profa. Dra. Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues, pelas facilidades de laboratório oferecidas.

À Profa. Dra. Nilva Teresinha Teixeira, por ter me iniciado na atividade de pesquisa em 1997.

A Claudia Campos Della Marta Cirilo e Sônia Maria Raymundo Carregari, pelo auxílio nas análises de carboidratos e pela convivência agradável durante todos esses anos.

Ao Djair Lúcio da Silva, pelo auxílio na instalação do experimento.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/Unesp, pela convivência harmoniosa, amizade e cooperação.

À Adriana Patrícia Muñoz Ramírez, pelo auxílio na condução do experimento e pelo convívio inesquecível.

À Eliana Gambarato Bertin, pelo auxílio na condução do experimento e pela amizade fraterna.

Ao Fábio Camilotti, pelo auxílio em todas as fases do trabalho e pela amizade verdadeira.

A Ariane Pereira de Godoy, Rogério dos Reis Quilles e Márcio Moraes, pelo auxílio na condução do experimento e pela amizade.

Ao Alder Garbin Minatel, pelo auxílio na contagem de perfilhos.

A Evelin Krebsky e Salvador Gullo, pelo apoio à defesa da tese.

A Deus, porque, sem Ele, tudo seria impossível.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	ix
I INTRODUÇÃO.....	1
II REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 O capim-tifton 85.....	3
2.2 Respostas do capim-tifton 85 à aplicação de N.....	4
2.3 Respostas de capins-bermuda à aplicação de B.....	13
2.4 Fontes de B.....	14
III MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Amostras de solo.....	20
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	20
3.3 Instalação e condução do experimento.....	21
3.4 Massa seca da parte aérea da planta.....	23
3.5 Análises de N e B na planta.....	23
3.6 Análises de pH e B no solo.....	24
3.7 Avaliação do perfilhamento.....	24
3.8 Análise de carboidratos não-estruturais.....	24
3.9 Análises estatísticas.....	25
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Massa seca da parte aérea da planta.....	26
4.2 Perfilhamento.....	31
4.3 Carboidratos de reserva.....	44
4.4 Teores de N e B na parte aérea da planta.....	55
4.5 Acúmulo de B na parte aérea da planta.....	64
4.6 Teor de B disponível no solo.....	72
V CONCLUSÕES.....	84
VI REFERÊNCIAS.....	85

RESPOSTAS DO CAPIM-TIFTON 85 A DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A DOSES E FONTES DE BORO

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar respostas do capim-tifton 85 a doses de nitrogênio (N) associadas a doses e fontes de boro (B). Em casa de vegetação, conduziu-se um experimento fatorial $3 \times 3 \times 3$ {três doses de N (0, 100 e 200 mg kg⁻¹), três doses de B (0, 1,3 e 2,6 mg kg⁻¹) e três fontes de B [colemanita fundida ao termofosfato (CF), colemanita em mistura com termofosfato (CM) e ácido bórico (H₃BO₃)] em delineamento inteiramente ao acaso. As plantas cresceram em vasos preenchidos com amostra de um Latossolo Vermelho distrófico. Elas foram avaliadas em três ciclos de crescimento. O N foi aplicado no início de cada ciclo e o B apenas antes do plantio. A aplicação de N aumentou a massa seca da parte aérea e o número de perfilhos do capim nos três ciclos. A aplicação de B, isolada ou associada à de N, não teve influência nesses atributos, embora o solo tivesse baixo teor de B disponível. O suprimento de N aumentou também os teores de carboidratos de reserva na raiz da planta nos dois ciclos em que foram avaliados (primeiro e terceiro). O suprimento de B aumentou o teor desses carboidratos na base do caule no primeiro ciclo. Os fornecimentos de N e B aumentaram seus respectivos teores na parte aérea do capim no três ciclos, exceto no caso do teor de B no terceiro ciclo. Todas as fontes de B aumentaram o teor de B disponível no solo, mas a CM e o H₃BO₃ aumentaram mais do que a CF. O efeito mais evidente da aplicação conjunta de N e B ocorreu no acúmulo de B na parte aérea da planta, aumentando mais com a combinação das duas aplicações. O teor inicial de B no solo (0,15 mg dm⁻³) foi suficiente para atender as necessidades do capim-tifton 85 nos três ciclos de crescimento.

Palavras-chave: adubação boratada, adubação nitrogenada, carboidratos de reserva, *Cynodon* e perfilhamento

RESPONSES OF TIFTON 85 BERMUDAGRASS TO NITROGEN RATES ASSOCIATED TO BORON RATES AND SOURCES

SUMMARY – The objective of this work was to evaluate responses of Tifton 85 bermudagrass to nitrogen (N) rates associated with boron (B) rates and sources. In greenhouse, it was carried out a factorial experiment $3 \times 3 \times 3$ {three N rates (0, 100 and 200 mg kg⁻¹), three B rates (0, 1.3 and 2.6 mg kg⁻¹) and three B sources [colemanite fused to termophosphate (CF), colemanite in mixture with termophosphate (CM) and boric acid (H₃BO₃)]} in complete randomized design. The plants grew in pots filled with sample of a Typic Haplustox. They were evaluated during three growth cycles. The N was applied at the beginning of each cycle and the B just before the planting. The N application increased both top dry mass and tiller number of the grass in the three cycles. The B application, isolated or associated with N application, did not have influence on these attributes, though the soil had low available B content. The N supply increased reserve carbohydrates contents in plant root in the two cycles in which they were evaluated (first and third). The B supply increased the content of these carbohydrates in the stem base in the first cycle. The N and B furnishings increased their respective contents in top grass in the three cycles, except in the case of the B content in the third cycle. All the sources increased the available B content in soil, but CM and H₃BO₃ increased more than CF. The most evident effect of the N and B applications together occurred in the B accumulation in top plant, increasing more with the combination of the two applications. The initial B content in soil (0.15 mg dm⁻³) was enough to attend necessities of Tifton 85 bermudagrass in the three growth cycles.

Keywords: boron fertilization, *Cynodon*, nitrogen fertilization, reserve carbohydrates and tillering

I INTRODUÇÃO

A produção de bovinos no Brasil é mantida essencialmente em pastagens, as quais fornecem o alimento mais barato ao gado e podem suprir grande parte das necessidades nutricionais dos animais. Assim, a introdução de plantas forrageiras mais produtivas, como o capim-tifton 85, e a adubação são estratégias fundamentais para o aumento na produtividade de carne e leite.

A adubação nitrogenada aumenta a produção de forragem e o perfilhamento do capim-tifton 85, mas não se conhece seu efeito no acúmulo de carboidratos de reserva, compostos que favorecem a rebrotação, processo que determina a produtividade e a perenidade da pastagem.

Contudo, o aumento na produção de forragem proporcionado pela adubação nitrogenada aumenta a extração de nutrientes do solo. MATTOS & COLOZZA (1986) alertaram sobre a possibilidade de aparecimento de deficiências de micronutrientes em pastagens que recebem doses elevadas de N e são intensivamente utilizadas. Entre as deficiências de micronutrientes, a de B é provável ocorrer em razão de muitos solos brasileiros apresentarem baixos teores de B disponível (ABREU et al., 2005). O problema nutricional pode incidir precocemente em pastos destinados à fenação, nos quais os nutrientes contidos na forragem enfardada são definitivamente removidos do campo, não havendo qualquer retorno à pastagem.

O esgotamento das reservas de B do solo, induzido pela adubação nitrogenada, aumenta a chance da adubação boratada proporcionar aumento na produção de forragem do capim-tifton 85. Entretanto, os efeitos da aplicação de B em características produtivas de gramíneas forrageiras são pouco conhecidos.

Em condições de baixa disponibilidade de B, a aplicação de fertilizante boratado poderia estimular o perfilhamento do capim, uma vez que o perfilho surge de uma gema e um dos sintomas de carência de B é justamente a deformação e morte de pontos de crescimento (DELL & HUANG, 1997). Uma outra resposta da planta seria o aumento no teor de carboidratos de reserva, pois resultados de trabalhos sugerem que o

micronutriente está envolvido na síntese e no transporte de carboidratos em plantas (DIXIT et al., 2002; ZHAO & OOSTERHUIS, 2002).

A adubação boratada pode ser feita com diversas fontes, que variam em eficiência agrônômica e custo. Nos últimos anos, a colemanita vem sendo aproveitada como fertilizante devido, principalmente, ao baixo custo da matéria-prima. Sua eficiência, no entanto, é pouco conhecida nas condições brasileiras de solo e planta.

Um outro aspecto que pode determinar a eficiência da fonte de B é sua inclusão em um fertilizante carregador. Reações químicas indesejáveis podem ocorrer quando esses dois tipos de fertilizantes entram em contato, prejudicando a eficiência do produto final. Cresce o interesse pelo termofosfato magnésiano boratado, mas dúvidas existem com relação à sua eficiência em fornecer B às plantas quando a colemanita é fundida ou misturada a esse fertilizante fosfatado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar respostas do capim-tifton 85 a doses de N associadas a doses e fontes de B.

II REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O capim-tifton 85

O capim-tifton 85 é um híbrido resultante do cruzamento entre o capim-tifton 68 (*Cynodon nlemfuënsis* Vanderyst) e a introdução proveniente da África do Sul PI 290884 [*Cynodon dactylon* (L.) Pers] (BURTON et al., 1993).

Seu nome é uma homenagem à cidade onde foi desenvolvido, Tifton (Estado da Geórgia, Estados Unidos), e ao ano em que foi plantado pela primeira vez no campo, 1985 (BURTON, 2001). Os cientistas responsáveis por sua obtenção foram os Drs. Glenn W. Burton (Serviço de Pesquisa Agropecuária do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, ARS-USDA), Roger N. Gates (ARS-USDA) e Gary M. Hill (Universidade da Geórgia).

De acordo com a descrição feita por BURTON et al. (1993), o capim-tifton 85 é mais alto e tem caules maiores, folhas mais largas e coloração verde mais escura do que outros híbridos de capim-bermuda. Além disso, possui rizomas grandes e estolões que crescem rápido.

HILL et al. (1993) apresentaram resultados de três anos de experimentação no campo que mostram que o capim-tifton 85 produziu 26% mais massa seca de forragem e apresentou coeficiente de digestibilidade da matéria seca in vitro 11% maior do que o capim-bermuda Coastal, padrão de comparação para seleção de novos genótipos de *Cynodon* nos Estados Unidos. Sua alta digestibilidade foi confirmada in vivo em novilhos de corte (MANDEBVU et al., 1999) e vacas em lactação (WEST et al., 1997).

Por apresentar produtividade e qualidade superiores, o capim-tifton 85 tem potencial para aumentar a produtividade animal. Em experimento de pastejo, HILL et al. (1993) observaram que o capim proporcionou 46% a mais de ganho de peso vivo por unidade de área quando comparado com o capim-tifton 78, um dos híbridos de capim-bermuda mais produtivos e de mais alta qualidade utilizados no sul dos Estados Unidos.

HILL et al. (2001) reuniram resultados experimentais que indicam que o capim-tifton 85 pode ser vantajoso em fazendas de gado leiteiro. Justificam a indicação

alegando que, embora a produção de leite possa ser um pouco menor do que a obtida com dietas convencionais à base de silagem de milho (*Zea mays* L.) ou feno de alfafa (*Medicago sativa* L.), a dieta incluindo a forragem do capim obtida diretamente no pasto ou conservada na forma de feno, pré-secado ou silagem pode reduzir o custo de produção de leite e, com isso, aumentar a rentabilidade do negócio.

O capim-tifton 85 é uma planta forrageira de clima subtropical, mas pode crescer mais em resposta ao aumento na densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (SINCLAIR et al., 2004), sem conseqüências adversas para a rebrotação e qualidade da forragem (SINCLAIR et al., 2003). Assim, o capim tem grande potencial de produção em regiões tropicais.

Essa potencialidade está entre as razões que fizeram com que o capim-tifton 85 fosse introduzido no Brasil na década passada. Atualmente, acredita-se que existam mais de 100.000 ha de pastagens do capim no país (HILL et al., 2001). A expectativa de que o potencial produtivo do capim possibilite o aumento na produção de forragem, e com isso aumente a produtividade animal, só será confirmada se a pastagem for adequadamente manejada e adubada (PEDREIRA, 1996). Com relação à adubação, o fornecimento de N é indispensável para aumentar a quantidade de pasto para os animais.

2.2 Respostas do capim-tifton 85 à aplicação de N

O N faz parte de numerosos compostos imprescindíveis à vida de todas as plantas superiores, como aminoácidos, peptídeos, amins, proteínas, ácidos nucléicos etc. (MARSCHNER, 1995).

O suprimento de N em um meio deficiente favorece o aumento da biomassa vegetal. Esse efeito benéfico ocorre em razão da relação existente entre o nutriente e a fotossíntese. LAWLOR (2002) explica que os pigmentos fotossintetizantes têm N em sua composição e o fornecimento do nutriente aumenta a produção e a funcionalidade desses pigmentos, acarretando em aumento seqüencial na intensidade fotossintética do tecido, na fixação de gás carbônico (CO₂) e, finalmente, no acúmulo de massa na planta, uma vez que esses processos são inter-relacionados.

A adubação nitrogenada destaca-se em relação à adubação com qualquer outro nutriente. Segundo MENGEL & KIRKBY (1987), o suprimento de N é o que resulta no maior aumento na produção das culturas. MONTEIRO (1998) observa que a aplicação do nutriente também é a responsável pela maior produtividade das gramíneas forrageiras. Mas complementa que a ocorrência do efeito benéfico do fornecimento de N depende de não haver fatores que restrinjam o desenvolvimento das plantas.

Resultados de experimentos conduzidos no Brasil e em outros países mostram que capins do gênero *Cynodon* aumentam sua produção de forragem em resposta à adubação nitrogenada (MILLER et al., 1964; CÁCERES et al., 1989; CLAVEL et al., 1991; ALVIN et al., 1998; DIAS et al., 1998; COUTINHO et al., 1999; ALVIN et al., 2000; COUTINHO et al., 2001). É o que acontece também com o capim-tifton 85, como pode ser visto nos estudos realizados no Brasil que estão resumidos a seguir.

MARTIN (1997) desenvolveu um experimento em que o capim-tifton 85 foi cultivado em potes preenchidos com amostra de Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico adubado com N. A autora relatou que a massa seca da parte aérea da planta aumentou de modo expressivo (até 113%) com aplicação do correspondente a 180 kg ha^{-1} de N.

ALVIM et al. (1999) conduziram por dois anos um experimento em campo com o capim-tifton 85 submetido às doses de 0, 100, 200, 400 e $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N associadas aos intervalos de corte da parte aérea da planta de dois, quatro e seis semanas, na época das chuvas, e de quatro, seis e oito semanas, na época da seca. Os autores observaram que a produção anual de massa seca de forragem aumentou linearmente com o aumento da dose de N, oscilando de $2,6 \text{ t ha}^{-1}$, na ausência da adubação nitrogenada associada ao menor intervalo de corte, a $23,1 \text{ t ha}^{-1}$, com a maior dose de N associada ao maior intervalo de corte. Observaram também que os intervalos de corte de quatro e seis semanas proporcionam as maiores produções de forragem, respectivamente, na época das chuvas e na da seca.

BRAGA et al. (2000) observaram aumentos progressivos na massa seca de folhas e colmos do capim-tifton 85 em função do aumento na dose de N (0, 45, 90 e 135 mg kg^{-1}) aplicada à amostra de Latossolo Vermelho-Escuro.

ROCHA et al. (2000) avaliaram em condições de campo a resposta do capim-tifton 85 às doses de 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de N, aplicadas a um Latossolo Vermelho distrófico. Da menor para a maior dose de N, a produção de massa seca de forragem acumulada após três cortes da parte aérea da planta aumentou de 4,79 para 10,99 t ha⁻¹.

PREMAZZI & MONTEIRO (2002) conduziram um experimento em casa de vegetação com o capim-tifton 85, plantado em vasos preenchidos com amostra de Neossolo Quartzarênico órtico típico, para submetê-lo às doses de 0, 80, 160 e 240 mg kg⁻¹ de N, aplicadas imediatamente ou sete dias após o corte da parte aérea das plantas. Os autores estimaram que as massas secas máximas de 44,64 g/vaso, no primeiro ciclo de crescimento, e 51,03 g/vaso, no segundo ciclo, foram alcançadas, respectivamente, com as doses de 217 e 205 mg kg⁻¹ de N. A época de aplicação do nutriente não teve influência no acúmulo de massa na parte aérea.

SILVA & COUTINHO (2004) testaram as doses de 0, 100, 140 e 210 mg kg⁻¹ de N para adubação do capim-tifton 85 estabelecido em vasos preenchidos com amostra de Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) ou Latossolo Vermelho distrófico típico A moderado textura média (LVd). A resposta às doses de N, avaliada pela massa seca da parte aérea da planta, variou entre os solos. No RQo, as massas secas máximas foram estimadas em 8 g/vaso, no primeiro ciclo de crescimento, 11 g/vaso, no segundo ciclo, e 4 g/vaso, no terceiro, obtidas, respectivamente, com as doses de 119, 161 e 135 mg kg⁻¹ de N. Os valores de massa correspondentes para o LVd foram de 28, 38 e 29 g/vaso, com as respectivas doses de 210, 210 e 162 mg kg⁻¹ de N. Os resultados indicam que a resposta da planta à aplicação de N foi mais acentuada no LVd do que no RQo.

Os aumentos na massa seca da parte aérea do capim-tifton 85 em todos esses trabalhos sugerem que o suprimento de N promoveu mudanças nas subunidades estruturais que compõem o dossel da planta. Em capins, assim como em outras gramíneas, essas unidades são chamadas de perfilhos.

MOORE & MOSER (1995) fizeram uma abordagem sobre os conceitos de morfologia de gramíneas forrageiras. Segundo os autores, uma gramínea forrageira

pode ser considerada um organismo modular, em que cada módulo corresponde a uma subunidade da parte aérea da planta. A unidade básica é o fitômero, definido como o conjunto formado pela lâmina e bainha da folha, entrenó, nó e gema axilar, localizada abaixo do ponto de fixação da bainha. Na seqüência, vem o perfilho, que é um conjunto de fitômeros, e, finalmente, a planta, que é um conjunto de perfilhos.

Resultados de alguns trabalhos indicam que a adubação nitrogenada realmente pode influenciar a capacidade do capim-tifton 85 em perfilhar. PAULINO et al. (1997) realizaram um experimento em casa de vegetação para avaliar o perfilhamento do capim em resposta às doses equivalentes a 0, 50 e 150 kg ha⁻¹ de N, aplicadas como nitrocálcio, sulfato de amônio ou uréia à amostra de Neossolo Quartzarênico órtico típico. O número de perfilhos aumentou linearmente com suprimento crescente do nutriente, independentemente do tipo de fertilizante, variando de 32 a 58 perfilhos/vaso na amplitude das doses de N.

PREMAZZI et al. (2003) estudaram o perfilhamento do capim-tifton 85 submetido às doses de 0, 80, 160 e 240 mg kg⁻¹ de N, aplicadas logo após o corte da parte aérea da planta ou sete dias depois da realização do corte. A aplicação de N aumentou o número parcial e o número total de perfilhos no primeiro e no segundo ciclo de crescimento. O número inicial aumentou somente no segundo ciclo, reflexo do que ocorrera no primeiro. Os números inicial, parcial e total referem-se, respectivamente, a perfilhos existentes no início do ciclo de crescimento, surgidos depois e a soma de todos no final do ciclo. Além do aumento no número, o suprimento de N aumentou também a massa seca do perfilho. De modo geral, a densidade de perfilhos e a massa do perfilho aumentaram até as respectivas doses de N entre 160 e 240 mg kg⁻¹ e 185 e 200 mg kg⁻¹. A época de aplicação do nutriente teve influência apenas na taxa de perfilhamento (número de perfilhos surgidos a cada dois dias) no primeiro ciclo. A taxa no início do ciclo aumentou mais com o N aplicado logo após o corte do que sete dias depois, mas no final do ciclo o N aplicado tardiamente aumentou mais a taxa do que o N imediatamente aplicado.

Como visto, o fornecimento de N pode aumentar tanto o número de perfilhos como a massa do perfilho desse capim de clima subtropical/tropical. WILMAN &

WRIGHT (1983) concluíram que a adubação nitrogenada aumenta a densidade e, sobretudo, o tamanho de perfilhos também em gramíneas forrageiras de clima temperado.

Segundo JEWISS (1972), o perfilhamento é muito importante para formação e perenidade de pastagens. Logo depois do plantio, o surgimento de perfilhos ajuda o pasto a se fechar em menos tempo, diminuindo a chance de infestação da área com plantas daninhas. O surgimento de perfilhos também determina a recuperação de plantas desfolhadas, renovando o relvado e, assim, tornando a pastagem perene. Contudo, outros fatores podem favorecer a rebrotação de plantas forrageiras, entre eles, os carboidratos de reserva.

Os carboidratos de reserva constituem uma fonte de energia prontamente disponível para processos metabólicos necessários à vida das plantas, como respiração, síntese de compostos orgânicos etc. (SMITH, 1973).

O termo “reserva”, que tipifica os carboidratos, indica que os compostos armazenados em certos órgãos podem ser utilizados posteriormente como fonte de energia em diversos processos metabólicos ou para compor a estrutura do vegetal. SHEARD (1973) mencionou que as regiões mais permanentes das plantas e que estão associadas com a reprodução vegetativa, tais como raízes, rizomas, base do caule e outras partes remanescentes após a desfolha, podem armazenar esses compostos orgânicos.

O pastejo realizado por animais herbívoros é a ação que tem maior influência nas plantas forrageiras inseridas nos ecossistemas de pastagens, sendo que a desfolha pode resultar na morte da planta se: (i) as gemas regenerativas forem eliminadas; (ii) o tamanho do sistema radicular for reduzido; (iii) houver a exaustão das reservas energéticas presentes nas raízes e na base do caule (FAVORETTO, 1993). O corte mecanizado da parte aérea também pode provocar os mesmos.

A tolerância das plantas forrageiras ao estresse causado pela desfolha ou pelo corte mecanizado da parte aérea vem sendo atribuída à quantidade de carboidratos de reserva (SHEARD, 1973; DONAGHY & FULKERSON, 1997) armazenados nas raízes e na base do caule (T MANNETJE, 2002).

Por exemplo, BOOYSEN & NELSON (1975) sugeriram que os carboidratos de reserva presentes nas raízes de *Festuca arundinacea* Schreb. contribuíram com energia para o início da reconstituição da parte aérea depois que todas as lâminas foliares haviam sido retiradas.

O manejo de corte ou pastejo pode alterar o teor de carboidratos de reserva em plantas forrageiras. RODRIGUES et al. (1987) constataram que maiores pressões e freqüências de pastejo diminuíram os teores de carboidratos armazenados na base do caule do capim-elefante [*Pennisetum purpureum* (L.) Schum cv. Mott], submetido a pastejo rotativo. A diminuição de 2,9% para 2,6% no teor de carboidratos nas raízes do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) em função de um corte da parte aérea foi observada por REIS et al. (1985).

Assim, a diminuição no teor de carboidratos de reserva imediatamente após a desfolhação ou o corte das plantas sugere que eles foram parcialmente transferidos para a parte aérea com a finalidade de fornecer a energia necessária à recuperação do dossel do pasto.

A princípio, é possível estabelecer a influência dos carboidratos de reserva na recuperação da planta após a desfolhação considerando dois aspectos ligados à relação fonte:dreno. Genericamente, o termo “fonte” aplica-se ao órgão da planta onde as substâncias orgânicas são produzidas, enquanto o termo “dreno” refere-se ao órgão que consome substâncias sintetizadas em outras partes da planta. O primeiro aspecto refere-se à interrupção parcial do fluxo de fotoassimilados da parte aérea (fonte) em direção às raízes ou outros órgãos (dreno). Isso pode levar à diminuição e conseqüente paralisação do crescimento radicular, provocando até a morte de raízes, dependendo do nível de desfolha (BRISKE, 1991) e dos carboidratos de reserva acumulados nas partes remanescentes da planta. O segundo aspecto diz respeito à alocação dos carboidratos das raízes (agora como fonte) para a parte aérea (agora como dreno) com a finalidade de gerar energia para a formação inicial de novos tecidos da planta que foi cortada ou desfolhada (BRISKE, 1991).

A severidade da remoção da parte aérea associada à escassez de carboidratos de reserva poderia comprometer o novo crescimento da planta (a rebrota), resultando, a

curto prazo, em baixa produção de forragem e, a médio ou longo prazo, na degradação da pastagem. MAY (1960) e EUCLIDES et al. (1989) citaram que a recuperação de plantas forrageiras desfolhadas depende dos carboidratos de reserva.

No entanto, com base em evidências contidas na literatura, HUMPHREYS (1991) mencionou que esses carboidratos contribuem de maneira transitória e secundária para a rebrotação. Mas esse autor acrescentou que proteínas e outros compostos, bem como os carboidratos de reserva, podem contribuir para a sobrevivência do tecido vegetal em situação de restrição de energia. VOLENEC et al. (1996) fizeram um retrospecto sobre o papel das reservas orgânicas na recuperação das plantas após a desfolhação, mostrando que há pouca associação entre o teor de carboidratos na base do caule e diferenças na capacidade de rebrotação de gramíneas e leguminosas forrageiras. A falta de consistência nessa associação foi justificada pelos autores como sendo um exemplo clássico de extrapolação de uma simples correlação.

Alguns autores têm refutado a importância exclusiva dos carboidratos de reserva na rebrotação das plantas, ao mesmo tempo em que sugerem outros fatores que contribuem mais intensamente com a recuperação das espécies forrageiras após a desfolhação. Por exemplo, BOOYSEN & NELSON (1975) constataram que maior taxa de crescimento relativo (em $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) no início da rebrotação de *Festuca arundinacea* Schreb. foi determinada pela área foliar residual e não pelas reservas de carboidratos. Ao trabalhar com essa mesma espécie, VOLENEC (1986) sugeriu que a base das folhas em alongamento seria a região mais adequada para servir de indicador da disponibilidade de carboidratos para nova rebrota por causa da sua resposta à desfolhação.

Os carboidratos armazenados nas raízes de alfafa (*Medicago sativa* L.), segundo BROWN et al. (1990), não foram o fator limitante para a produção de feno no sudeste dos Estados Unidos, uma vez que os teores desses compostos sofreram uma grande variação durante as estações do ano, o que não se refletiu na produção de forragem.

BOYCE & VOLENEC (1992) testaram dois genótipos de alfafa, um para alto e outro para baixo teor de amido nas raízes, em relação à tolerância ao estresse causado pela desfolha e pelas baixas temperaturas durante o inverno. O genótipo para baixo

teor de amido nas raízes produziu mais forragem do que o genótipo para alto teor, mesmo que neste último tenha sido constatado o dobro de amido nas raízes (40 g kg^{-1}).

As gramíneas *Pascopyrum smithii* Rydb A. Love e *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag ex Steud e a alfafa foram submetidas por SKINNER et al. (1999) a dois ambientes com diferentes teores de CO_2 (350 e $700 \mu\text{L L}^{-1}$) e dois suprimentos de N (0 e 400 mg L^{-1}) para avaliarem a remobilização de C e N após a desfolhação. Esses autores, além de constatarem o aumento no teor de carboidratos nas raízes e na base do caule devido à exposição das plantas ao elevado teor de CO_2 no ambiente, não obtiveram qualquer relação significativa desses compostos de reserva com a rebrotação. Isso mostra que os carboidratos de reserva não desempenham a função de suprir integralmente a parte aérea com a energia necessária para a rebrota. AVICE et al. (1996) verificaram que a maioria do ^{13}C (82%) foi usada para respiração no tecido do sistema radicular da alfafa, e que menos de 5% do carbono marcado foi direcionado para a síntese de novos tecidos da parte aérea. Os autores mencionaram ainda que o consumo de energia para a manutenção dos órgãos remanescentes após a desfolhação é muito alto.

Portanto, seria plausível admitir nos dias atuais que os carboidratos de reserva são mais importantes na manutenção dos órgãos remanescentes do que propriamente para formação de novos tecidos da planta após a desfolhação. Adotando uma escala de tempo durante o novo ciclo de crescimento de *Lolium perenne* L., DONAGHY & FULKERSON (1998) encontraram que a iniciação do perfilhamento foi muito sensível, o crescimento das raízes foi moderadamente sensível e o crescimento das folhas foi relativamente insensível à diminuição nos teores de carboidratos solúveis em água presentes na base dos perfilhos. Acrescentaram ainda que um aumento de 30 vezes no teor de carboidratos aumentou em apenas quatro vezes a massa seca de folhas, enquanto a taxa de alongamento de raiz foi 59 vezes maior.

Considerando o exposto, a manutenção da atividade dos tecidos remanescentes após a desfolhação, em particular as raízes, está relacionada à disponibilidade de carboidratos de reserva. Assim, o crescimento e o desenvolvimento das plantas podem ser comprometidos caso não sejam supridas adequadamente com carboidratos, resultando em última análise na diminuição da produção de forragem. Contudo, ainda é

controvertida a influência dos carboidratos de reserva no vigor da rebrota das plantas forrageiras.

A acumulação de carboidratos de reserva é influenciada por alguns fatores ambientais, como nutrientes, água e temperatura (MAY, 1960). No caso do primeiro fator, WHITE (1973) destaca que a adubação nitrogenada pode alterar os teores dessas substâncias. Ocorre que o suprimento de N não tem efeito claro em tais teores. Há relatos que mostram que a aplicação de N pode aumentá-los, diminuí-los ou não alterá-los (ADEGBOLA & McKELL, 1966; WILSON, 1975; GONZALEZ et al., 1989; TRENHOLM et al., 1998; VANTINI, 2002).

Os carboidratos de reserva são carboidratos não-estruturais; o açúcar e o amido são seus principais constituintes em plantas forrageiras tropicais (WHITE, 1973). Os carboidratos mais importantes para as plantas correspondem aos carboidratos totais não-estruturais (CTNE), soma de açúcar e amido, que representam a energia integral disponível. A aplicação de N influencia diferentemente o acúmulo desses tipos de carboidratos (GONZALEZ et al., 1989).

Para plantas forrageiras em geral, os carboidratos de reserva são armazenados na base do caule e na raiz (T MANNETJE, 2002). Para capins do gênero *Cynodon*, a maioria é armazenada na porção da raiz compreendida nos primeiros 5 cm abaixo da superfície do solo e na porção do caule compreendida nos primeiros 2,5 cm acima da superfície do solo (ADJEI et al., 1988).

Não foi encontrado trabalho em que tenha sido avaliada a influência do suprimento do N no teor de carboidratos de reserva no capim-tifton 85.

O suprimento de N, além de poder alterar o ritmo de crescimento do capim-tifton 85, pode alterar também seu estado nutricional em termos de N. ALVIM et al. (1999) obtiveram teores de N na forragem do capim variando de 11,52 a 33,60 g kg⁻¹, na época das chuvas, e de 7,36 a 35,84 g kg⁻¹, na época da seca, em função da aplicação de doses de 0 a 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹. ROCHA et al. (2000) verificaram que o aumento nas doses de 0 a 400 kg ha⁻¹ de N aumentou de 14,50 a 24,14 g kg⁻¹ o teor de N na forragem. PREMAZZI & MONTEIRO (2002) conduziram um experimento em casa de vegetação e constataram que as doses de 0 e 240 mg kg⁻¹ de N resultaram em teores

de N na parte aérea do capim, respectivamente, de 7,84 e 23,24 g kg⁻¹. SILVA & COUTINHO (2004) observaram oscilação nos teores de N entre 7,10 e 38,85 mg kg⁻¹, considerando a amplitude das doses de N empregadas (0 e 210 mg kg⁻¹), dois tipos de solo e três ciclos de crescimento.

2.3 Respostas de capins-bermuda à aplicação de B

Evidências apontam que o B participa de processos cruciais na vida das plantas, como metabolismo de ácidos nucléicos, síntese da parede celular, metabolismo de fenol e ácido indolil acético (AIA), integridade e funcionamento de membranas, germinação do pólen, crescimento do tubo polínico e metabolismo de proteínas e carboidratos (MARSCHNER, 1995). O meio pelo qual participa desses processos nunca foi bem entendido.

Porém, a descoberta do primeiro composto orgânico contendo B foi um marco no entendimento da função do micronutriente nas plantas. Trata-se do rhamnogalacturonano-II-B (RG-II-B), polissacarídeo péctico presente na parede celular (BLEVINS & LUKASZEWSKI, 1998). Provou-se que o B liga-se no grupo *cis-diol* do RG-II e isso confere estabilidade à molécula e, por conseguinte, à parede celular. Por isso, BOLAÑOS et al. (2004) propuseram que a principal razão da essencialidade do B em plantas é a estabilização de moléculas que possuem grupos *cis-diol*, tornando-as efetivas, independentemente da sua função.

O B é, entre os micronutrientes, aquele que tem a faixa mais estreita de teores adequados no tecido vegetal (GUPTA, 1979). Logo, variações relativamente suaves na disponibilidade de B no meio podem facilmente levar uma planta a situações de deficiência ou toxicidade. Por isso, conhecer a exigência em B das espécies é o primeiro passo para prevenir ou até mesmo evitar a ocorrência dos problemas.

A necessidade de B das leguminosas é maior do que a das gramíneas (MARSCHNER, 1995). Assim, é mais provável ocorrer deficiência de B em uma leguminosa do que em uma gramínea. Conseqüentemente, leguminosas devem responder mais facilmente à aplicação de B do que as gramíneas. Mas isso não

significa que as gramíneas, forrageiras ou não, não respondam positivamente à adubação boratada.

MONSON & GAINES (1986) avaliaram por quatro anos a resposta de sete cultivares de capim-bermuda às doses de 0, 1,1, 2,2 e 4,4 kg ha⁻¹ de B, aplicadas anualmente a um solo arenoso do sudeste dos Estados Unidos. O suprimento de 2,2 kg ha⁻¹ de B aumentou a produção de forragem. Mas o aumento não ocorreu para todos os cultivares. Foi significativo somente para Tifton 44 e Midland. Os teores médios de B na forragem, como média de todos os capins, variaram de 5 mg kg⁻¹, sem aplicação de B, a 8,5 mg kg⁻¹, com aplicação de 4,4 kg ha⁻¹ de B. Concluíram que o aumento na produção de forragem em resposta à adubação boratada depende do cultivar.

Não foi encontrado nenhum trabalho em que os efeitos da aplicação de B fossem avaliados no capim-tifton 85.

2.4 Fontes de B

Diante de uma previsão de deficiência de B, o primeiro passo é saber quanto do micronutriente deve ser aplicado ao solo para evitar a ocorrência do distúrbio nutricional. Determinado isso, o segundo passo é escolher a fonte fornecedora de B.

A escolha da fonte de B mais apropriada inclui alguns aspectos relacionados com o solo e a planta. A lixiviação de B no solo, a estreita faixa entre a deficiência e a toxicidade e a dificuldade de aplicar pequenas doses do fertilizante no campo são aspectos que devem ser considerados na escolha da fonte de B.

Basicamente, há dois tipos de fontes de B: (i) as refinadas, totalmente solúveis, que podem ser aplicadas tanto na forma sólida como líquida; e (ii) minerais triturados, que contêm aglomerados insolúveis, e possuem propriedades físicas e químicas variáveis (SHORROCKS, 1997).

São exemplos comuns de fontes refinadas de B o bórax e o ácido bórico, enquanto a hidroboracita, a ulexita e a colemanita constituem alguns exemplares de minerais triturados.

As fontes refinadas de B geralmente são empregadas nos programas de adubação, principalmente o bórax e o ácido bórico, por causa da sua aplicabilidade

tanto via solo como via foliar. A utilização dessas fontes, porém, pode gerar alguns problemas, sendo o principal deles a lixiviação. WEAR & WILSON (1954) verificaram que o B aplicado a um solo arenoso como tetraborato de sódio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) sofreu maior lixiviação da camada de 0 a 0,2 m nos primeiros seis meses, quando comparado com a colemanita ($2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), em que foi detectada uma considerável lixiviação de B somente após 12 meses da aplicação. Resultados semelhantes foram obtidos por LAMBERT & RYAN (1990), os quais aplicaram bórax ou colemanita em colunas implantadas no solo a uma profundidade de 0,3 m. Esses autores relataram que após 21 meses a lixiviação de B proveniente do bórax foi de até 95%, enquanto que o B da colemanita foi lixiviado em menos de 16%.

A retenção de B nos colóides do solo pode reduzir sua lixiviação. ALLEONI & CAMARGO (2000) obtiveram alto valor para o coeficiente de determinação da regressão múltipla (0,93) na qual os teores de argila, de óxido de alumínio livre e de boro solúvel em CaCl_2 ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) a quente correlacionaram-se significativamente com o B adsorvido em solos do Estado de São Paulo. Mesmo que haja a adsorção de B nas partículas do solo, grande parte do B adicionado como fertilizante ou liberado pelos minerais ou pela matéria orgânica é mantida na solução do solo (GUPTA et al., 1985), razão pela qual a lixiviação desse micronutriente é tão intensa em regiões com alto índice de precipitação pluvial.

A lixiviação de B é uma das causas da baixa eficiência da adubação boratada. MORTVEDT (1994) justificou a necessidade de controlar a disponibilidade de micronutrientes em fertilizantes devido à baixa recuperação desses nutrientes pelas culturas (5% a 10%).

Uma maneira de aumentar a eficiência da adubação com B é o uso de fontes alternativas de baixa solubilidade, que, segundo SHERREL (1983), poderiam minimizar a intensa lixiviação do B em solos de textura arenosa e proporcionar a aplicação de doses elevadas do fertilizante boratado, sem efeito tóxico para a planta, visando a prevenção da deficiência por um longo período. A possibilidade de usar altas doses desse tipo de fonte gera outro benefício, que é melhoria na distribuição do fertilizante no

campo. É interessante o uso de fontes que previnam por um longo período a deficiência de B em plantas forrageiras, em razão do ciclo vegetal perene que possuem.

A comparação de fontes de fertilizantes tem sido um instrumento valioso, tanto do ponto de vista técnico quanto do prático, para a recomendação do melhor material corretivo da deficiência de B para as culturas. Primeiramente, alguns pré-requisitos devem ser observados para a comparação de fontes de B.

A solubilidade do B contido nas fontes é um fator que interfere na eficiência da adubação. Assim, há diferenças na eficiência da adubação boratada quando a recomendação de B é feita com base no teor total ou no teor de B solúvel na fonte. Ao trabalhar com plantas de alfafa (*Medicago sativa* L.), trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) e de girassol (*Helianthus annuus* L.), em vasos, SHERREL (1983) mostrou que, quando a recomendação de B foi baseada no teor total, a colemanita foi tão eficiente na prevenção da deficiência de B quanto o bórax. Por outro lado, a quantidade de colemanita aplicada com base no teor de B solúvel em água foi extremamente tóxica para o trevo vermelho e para a alfafa. Nesse caso, a utilização de um extrator que estime com segurança a quantidade de B contido nos fertilizantes que é disponível para as plantas resolve o problema.

GALVANI JÚNIOR (2001) testou a eficiência dos extratores água (temperatura ambiente), água quente, ácido cítrico 20 g L^{-1} e citrato neutro de amônio para avaliar a disponibilidade de B proveniente do bórax, hidroboracita, ulexita e colemanita para a alfafa, cultivada por três ciclos de crescimento. O extrator que melhor correlacionou a disponibilidade de B nas diferentes fontes com a quantidade de B absorvida e acumulada na parte aérea das plantas foi a água quente.

O tamanho da partícula com que o fertilizante boratado é adicionado ao solo é um outro fator que interfere na sua eficiência, principalmente em relação às fontes alternativas. WEAR & WILSON (1954) verificaram pouco efeito do tamanho da partícula na solubilidade do borato de sódio, ao passo que as partículas mais finas (0,177 mm) de colemanita foram seis vezes mais solúveis do que as mais grossas (1,680 mm).

Portanto, a solubilidade do B na fonte e o tamanho da partícula com que o fertilizante é aplicado podem influenciar a eficiência da adubação.

No experimento em casa de vegetação conduzido por BYERS et al. (2001), as fontes de B granubor ($\text{NaB}_4\text{O}_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), hidroboracita ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), ulexita ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$) e colemanita foram avaliadas para a cultura da alfafa durante quatro ciclos de crescimento, nos quais não foi constatado qualquer efeito de dose, fonte de B e interação na massa seca da parte aérea da planta. Todavia, o teor de B na parte aérea da alfafa no primeiro ciclo foi maior com o emprego de granubor e ulexita do que com a hidroboracita, que por sua vez foi mais eficiente no fornecimento de B para as plantas do que a colemanita. Mas no terceiro e no quarto ciclo de crescimento não houve nenhum efeito significativo das fontes no teor de B no tecido vegetal, indicando que com o passar do tempo as fontes forneceram quantidades semelhantes de B para as plantas.

GALVANI JÚNIOR (2001) avaliou a eficiência agronômica dessas mesmas fontes para alfafa. Relatou que as fontes influenciaram tanto a massa seca quanto o teor de B na parte aérea, sendo que a eficiência agronômica da hidroboracita, ulexita e colemanita foi inferior à da fonte padrão (bórax), considerando a menor dose de B empregada (2 mg kg^{-1}).

Ultimamente, tem sido comum a distribuição de micronutrientes no campo junto com fórmulas NPK. Essa prática, além de distribuir o(s) micronutriente(s) de maneira mais uniforme na área, possibilita a redução de operações mecanizadas, resultando na diminuição dos custos de produção.

Para isso, os fertilizantes com micronutrientes são misturados ou incorporados a fórmulas NPK. Quando a fonte do micronutriente é misturada a seco com fertilizante NPK, as diferenças na granulometria e na densidade desses dois produtos podem resultar na segregação durante a manipulação e/ou aplicação no campo. Caso isso venha ocorrer, a aplicação do fertilizante boratado ficará desuniforme, comprometendo a eficiência da adubação com o micronutriente.

Na tentativa de solucionar o problema da segregação, tem-se optado pela incorporação da fonte de B em um fertilizante contendo macronutriente(s), chamado(s) de carregador(es). Mesmo assim, podem ocorrer reações químicas indesejáveis durante o processo industrial ou no próprio solo após a aplicação do fertilizante

contendo B incorporado, o que prejudica a eficiência da adubação. TERMAN & BROWN (1958) verificaram uma redução na absorção de P proveniente do fosfato tricálcico fundido em que o bórax tinha sido incorporado durante o processo de fabricação do fertilizante. Acrescentaram que a solubilidade do P do fertilizante em ácido cítrico foi reduzida pela adição de bórax. Ao contrário, MORTVEDT (1968) constatou que a inclusão de várias concentrações de B como bórax em grânulos de superfosfato concentrado não afetou a absorção de P e tampouco a massa seca do milho cultivado em vasos, indicando que não há prejuízo para a eficiência da fonte de P quando o B é incorporado a esse fertilizante fosfatado.

Para soja cultivada no campo, SHINDE et al. (1990) mostraram que o bórax incorporado ao superfosfato simples foi mais eficiente do que a mistura dos dois fertilizantes. O superfosfato simples, superfosfato simples boratado, fosfato diamônico e superfosfato simples misturado com bórax foram testados por ATEEQUE et al. (1993) em girassol cultivado no campo. Esses autores observaram que, entre todos os fertilizantes, o superfosfato simples boratado proporcionou a maior massa seca da parte aérea e de sementes, mostrando também que a fonte de B incorporada ao fertilizante fosfatado foi superior à mistura desses dois produtos.

Com relação à incorporação de fontes alternativas de B em fórmulas NPK, ROWELL & GRANT (1975) obtiveram resultados de experimentos em casa de vegetação com as culturas do girassol e algodão revelando que o borato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e a colemanita incorporados a fórmulas NPK foram igualmente efetivos no suprimento de B para as plantas.

Assim, a inclusão de uma fonte de boro no fertilizante carregador (um fertilizante fosfatado, por exemplo) é uma possibilidade de solucionar o problema da segregação e da dificuldade de distribuir no campo as pequenas quantidades de B geralmente recomendadas. Há também a opção de incorporar uma fonte de B ao termofosfato magnésiano, um fertilizante fosfatado usado em muitas regiões do Brasil. Ocorre que a temperatura durante o processo de granulação e, especialmente, a do processo de secagem de fertilizantes, a qual geralmente excede 200°C , pode restringir o emprego do bórax em razão da sua temperatura de fusão ser próxima de 200°C . O uso de uma

fonte hidratada como essa pode resultar na aglomeração (“balling”) dos grânulos pelo fato de a sua superfície sofrer derretimento (SHORROCKS, 1997). Por isso, no processo industrial de fabricação de fertilizantes contendo boro utiliza-se o bórax anidro (com ponto de fusão em 742°C) ou a colemanita (com ponto de fusão próximo de 400°C).

Considerando a alta temperatura para a obtenção do termofosfato magnésiano (1300–1400°C), é imprescindível que a fonte de B a ser incorporada nesse fertilizante fosfatado seja anidra, para que não haja interrupção na produção devido à violenta liberação de vapor d’água do mineral boratado (SHORROCKS, 1997).

ESMERINI (2004) conduziu um experimento para avaliar a eficiência de termofosfatos boratados no fornecimento de B para girassol e alface. Para as duas culturas, a colemanita fundida ao termofosfato foi menos eficiente do que a colemanita ou bórax em mistura com termofosfato.

III MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostras de solo

As amostras de solo utilizadas neste trabalho foram coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho distrófico típico A moderado textura média, situado em área do município de Jaboticabal, SP. O solo foi classificado conforme critérios estabelecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999).

Depois de coletadas, as amostras foram secas ao ar, passadas por peneira de 6 mm de abertura de malha e homogeneizadas. Então, retirou-se uma porção de solo, que foi destinada a análises químicas. Os atributos básicos de fertilidade do solo foram determinados empregando métodos descritos por RAIJ et al. (1987). O B foi extraído do solo com solução de $BaCl_2$ e aquecimento da suspensão em forno de microondas (ABREU et al., 2001). Os resultados analíticos estão apresentados na Tabela 1.

No decorrer deste texto, amostra de solo será chamada simplesmente de solo.

Tabela 1 Atributos básicos de fertilidade do solo e teor de B.

pH	CaCl ₂	MO	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	B
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%	mg dm ⁻³
3,9		15	3	0,6	4	2	58	7	65	10	0,15

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos, cada um com cinco repetições, consistiram na combinação de três doses de N (0, 100 e 200 mg kg⁻¹), três doses de B (0, 1,3 e 2,6 mg kg⁻¹) e três fontes de B [colemanita fundida ao termofosfato magnesiano, colemanita em mistura física com termofosfato magnesiano e ácido bórico (H₃BO₃)] em esquema fatorial 3 × 3 × 3. A unidade experimental foi constituída de um vaso preenchido com 2,8 kg de solo seco. Os vasos foram dispostos em delineamento inteiramente ao acaso.

3.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação no período de agosto de 2002 a janeiro de 2003. O capim-tifton 85 cresceu em vasos de cerâmica preenchidos com solo. Os vasos tinham 18 cm de diâmetro superior e 16 cm de altura e foram revestidos internamente com saco de plástico.

Ao solo de cada vaso foram misturados CaCO_3 p.a. e MgCO_3 p.a., na relação Ca:Mg de 4:1, em quantidade calculada para elevar a saturação por bases a 70%, valor recomendado por WERNER et al. (1997). Em seguida, adicionou-se água destilada até que o solo atingisse 90% da capacidade máxima de retenção de água. Deixou-se que os carbonatos reagissem com o solo úmido por 30 dias.

Terminado esse período, o solo de cada vaso foi seco e depois recebeu as seguintes doses de nutrientes, em mg kg^{-1} : 10 de N (NH_4NO_3 p.a.), 200 de P (termofosfato), 180 de K e 74 de S (K_2SO_4 p.a.), 2,0 de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ p.a.), 0,5 de Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ p.a.), 0,1 de Mo [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ p.a.] e 0, 1,3 ou 2,6 de B (colemanita fundida ao termofosfato, colemanita em mistura física com termofosfato ou H_3BO_3 p.a.). Ao solo foi misturado o termofosfato e, logo após, foi pulverizada uma solução aquosa preparada com as outras fontes de nutrientes. Em seguida, adicionou-se água destilada até que o solo atingisse 90% da capacidade máxima de retenção de água. Deixou-se que as fontes dos nutrientes reagissem com o solo úmido por 20 dias.

Dois tipos de termofosfato foram utilizados: (i) com B e (ii) sem B. No termofosfato com B, a fonte do micronutriente, a colemanita, estava fundida ao fertilizante fosfatado ou misturada fisicamente a ele. O teor de B total nesses termofosfatos foi de 0,4%. Esse teor foi considerado no cálculo das quantidades de termofosfato com B que foram misturadas ao solo para suprir as doses de B aplicado. Contudo, as quantidades de termofosfato com B foram insuficientes para suprir toda a dose de P (200 mg kg^{-1}). Então, aplicou-se termofosfato sem B em quantidade suficiente para supri-la. No tratamento sem B e nos tratamentos com H_3BO_3 , todo o P foi aplicado usando termofosfato sem B. Adotou-se o teor de P_2O_5 total (17,6%) do termofosfato no cálculo da quantidade do fertilizante necessária ao suprimento de P. Todos os termofosfatos tiveram 100% de suas partículas passadas por peneira ABNT

nº 20, cuja natureza física é categorizada como “grosso”. Além disso, apresentaram 16% de P₂O₅ extraído com solução de ácido cítrico (20 g/L), 19,6% de Ca e 9,2% de Mg. Na Tabela 2, apresentam-se as solubilidades do B nas fontes avaliadas com diferentes extratores.

Tabela 2 Teores de B total e solúvel nas fontes de B.

Fonte de B ⁽²⁾	Teor de B (%)					
	Total	Solúvel ⁽¹⁾				
		Água quente	Água fria	AC ⁽³⁾ (agitação)	AC ⁽³⁾ (fervura)	CNA ⁽⁴⁾
CF	0,42	0	0	0,34	0,35	0,21
CM	0,41	0,10	0,03	0,29	0,32	0,38
H ₃ BO ₃	17,10	16,07	15,39	16,59	16,94	15,22

⁽¹⁾ Métodos de extração descritos por VALE & ALCARDE (1999) e GALVANI JÚNIOR (2001).

⁽²⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽³⁾ AC: ácido cítrico (20 g L⁻¹).

⁽⁴⁾ CNA: citrato neutro de amônio.

Concluído o período de incubação do solo com os fertilizantes, uma amostra de 200 g de solo seco de cada vaso foi coletada e encaminhada à análise de B. Em seguida, procedeu-se ao plantio de quatro mudas do capim-tifton 85 por vaso, cada uma formada por um segmento de estolão com duas gemas. As mudas tiveram suas folhas e raízes retiradas e foram visualmente padronizadas quanto a comprimento e espessura.

Vinte e um dias depois do plantio, as plantas foram cortadas a 10 cm de altura em relação ao nível do solo no vaso com o objetivo de uniformizá-las. Após o corte de uniformização, o capim passou por três sucessivos ciclos de crescimento¹, com as respectivas durações de 29, 32 e 28 dias. No início de cada ciclo, foram aplicados N (0, 100 ou 200 mg kg⁻¹, conforme o tratamento; NH₄NO₃ p.a.) e K (90 mg kg⁻¹; KCl p.a.) sobre o solo do vaso via solução aquosa. No final de cada ciclo, a parte aérea das plantas foi cortada a 10 cm de altura. Em todos os ciclos, o solo do vaso foi mantido a

¹ Neste texto, a expressão “ciclo de crescimento” corresponde ao intervalo de tempo entre dois cortes sucessivos da parte aérea do capim.

aproximadamente 90% da capacidade máxima de retenção de água por meio de regas diárias com água destilada.

As partes aéreas removidas em cada um dos três ciclos foram lavadas em solução diluída de detergente (lava-louça), enxaguadas com água de torneira e depois com água destilada, secas em estufa regulada a 60°C, pesadas, moídas e submetidas às análises de N e B.

Logo após o corte da parte aérea das plantas no primeiro e no terceiro ciclo, dois vasos de cada tratamento foram levados ao laboratório por volta das 6h². Nesses vasos foram retiradas porções de solo para serem encaminhadas às análises de pH e B. Nos vasos cujos tratamentos eram apenas as combinações de doses de N e doses de B supridas com H₃BO₃, os caules das plantas foram cortados a dois cm de altura e rente ao solo para obtenção das suas bases. Em seguida, as bases dos caules foram lavadas com água de torneira e com água destilada, secas, primeiro em estufa regulada a 110°C por 1h e depois em outra estufa regulada a 60°C, para completar a secagem, moídas e armazenadas. A raiz das plantas em cada um desses mesmos vasos foi colocada sobre um conjunto de três peneiras (4, 2 e 1 mm de abertura de malha), lavada, como descrito anteriormente, e separada manualmente em duas partes no sentido longitudinal. Uma das partes foi seca, pesada, moída e encaminhada à análise de carboidratos não-estruturais.

3.4 Massa seca da parte aérea da planta

A massa seca da parte aérea do capim em cada vaso e em cada ciclo de crescimento foi obtida pela pesagem do material vegetal seco.

3.5 Análises de N e B na planta

O N e o B foram determinados na parte aérea do capim em cada vaso e em cada ciclo de crescimento. Na análise de N, as amostras de tecido vegetal moídas foram submetidas à digestão sulfúrica, e o N nos extratos foi determinado pelo método de

² O horário de coleta das amostras foi padronizado para minimizar flutuações dos teores de carboidratos que ocorrem ao longo do dia.

Kjeldahl (BATAGLIA et al., 1983). Na análise de B, as amostras de tecido vegetal moídas foram incineradas, e o B no material foi determinado pelo método colorimétrico da azometina H (BATAGLIA et al., 1983).

3.6 Análises de pH e B no solo

As análises de pH e B no solo foram feitas nas amostras coletadas antes do plantio das mudas e no final do primeiro e do terceiro ciclo de crescimento do capim. O valor de pH em CaCl_2 foi determinado conforme RAIJ et al. (1987). O B foi extraído do solo com solução de BaCl_2 e aquecimento da suspensão em forno de microondas (ABREU et al., 2001).

3.7 Avaliação do perfilhamento

A avaliação do perfilhamento foi feita em três vasos e em cada ciclo de crescimento do capim. Consistiu na contagem dos perfilhos existentes no início do ciclo e dos perfilhos surgidos até o final do ciclo, bem como na soma de todos esses perfilhos. As duas contagens e a soma delas foram, respectivamente, designadas de: (i) número inicial de perfilhos, (ii) número parcial de perfilhos e (iii) número total de perfilhos (PREMAZZI, 2001).

Para contagem dos perfilhos, foi empregada a técnica de marcação com fio de arame colorido (DAVIES, 1981). No vaso, logo após o corte da parte aérea, cada perfilho existente foi marcado com um fio de arame branco. Feita essa marcação, cada perfilho surgido foi marcado com um fio de arame amarelo. Terminado o ciclo, todos os fios foram removidos, separados por cor e contados. Os fios das duas cores foram somados. Dessa forma, chegou-se aos números inicial, parcial e total de perfilhos.

3.8 Análise de carboidratos não-estruturais

Os teores de açúcar, amido e carboidratos totais não-estruturais (CTNE) foram avaliados na base do caule e na raiz do capim. Primeiramente, o material vegetal seco e moído foi submetido à extração alcoólica de açúcar livre e, em seguida, à extração de amido, sendo as duas frações determinadas pelo método da antrona (MORRIS, 1948;

YEMM & WILLIS, 1954). O teor de CTNE foi obtido somando o teor de açúcar com o de amido. As extrações e as determinações analíticas seguiram os procedimentos descritos por PASSOS (1996) com as modificações introduzidas por VANTINI (2002).

3.9 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). A análise foi efetuada considerando o fatorial original $3 \times 3 \times 3$. Para os resultados de carboidratos de reserva, entretanto, considerou-se o fatorial $3 \times 3 \times 2$ [três doses de N (0, 100 e 200 mg kg^{-1}), três doses de B (0, 1,3 e 2,6 mg kg^{-1}) e dois ciclos de crescimento (primeiro e terceiro)].

As interações significativas entre dois fatores foram desdobradas. As interações significativas entre os três fatores não foram desdobradas em razão da dificuldade de interpretá-las, isto é, do estabelecimento da sua implicação (PEARCE, 2005).

Quando o teste F apontou significância, os resultados foram submetidos à análise de regressão linear ou teste de comparação de médias. As equações de regressão foram ajustadas a dados oriundos de tratamentos quantitativos. As equações apresentadas possuem significância mínima de 5% de probabilidade. O teste de Tukey a 5% de probabilidade foi empregado na comparação de médias de números de perfilhos, teores de carboidratos de reserva e qualquer outra variável oriunda de tratamento incluindo as fontes de B. As análises seguiram procedimentos estatísticos descritos por BANZATTO & KRONKA (1995).

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Massa seca da parte aérea da planta

A dose de N e a interação N × B tiveram efeito na massa seca da parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento (Tabela 3).

Tabela 3 Massa seca da parte aérea do capim-tifton 85, avaliado em três ciclos de crescimento, em função de doses de N e doses e fontes de B.

Fonte de variação	Massa seca da parte aérea (g/vaso)		
	Ciclo de crescimento		
Dose de N (mg kg ⁻¹)	Primeiro	Segundo	Terceiro
0	8,87 ± 0,42 ⁽¹⁾	4,20 ± 0,14	3,78 ± 0,21
100	16,72 ± 0,27	18,04 ± 0,36	18,48 ± 0,48
200	19,97 ± 0,20	22,30 ± 0,75	20,72 ± 0,88
Dose de B (mg kg ⁻¹)			
0	15,30 ± 0,72	14,80 ± 1,51	14,17 ± 1,54
1,3	15,14 ± 0,80	15,01 ± 1,61	14,39 ± 1,61
2,6	15,11 ± 0,80	14,73 ± 1,64	14,42 ± 1,60
Fonte de B ⁽²⁾			
CF	15,17 ± 0,79	14,69 ± 1,60	15,21 ± 1,62 a ⁽³⁾
CM	15,24 ± 0,74	15,10 ± 1,61	14,71 ± 1,64 ab
H ₃ BO ₃	15,11 ± 0,78	14,76 ± 1,57	13,05 ± 1,46 b
		F ⁽⁴⁾	
Dose de N (N)	332,6**	455,2**	263,2**
Dose de B (B)	0,1NS	0,1NS	0,1NS
Fonte de B (FB)	0,0NS	0,2NS	4,0*
N × B	3,1**	0,2NS	0,8NS
N × FB	0,4NS	0,9NS	1,6NS
B × FB	0,3NS	2,8*	1,3NS
N × B × FB	1,3NS	2,9**	1,0NS
CV (%)	13,8	15,5	20,6

⁽¹⁾ Os números após o sinal ± são valores de erro padrão da média.

⁽²⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽³⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽⁴⁾ Valor da razão de F e significância. NS, * e **: não-significativo, significativo a 5% de probabilidade e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

O desdobramento dessa interação está apresentado na Figura 1. As retas definidas pelas equações lineares ajustadas aos dados estão muito próximas umas das

outras, ou seja, apesar da significância da interação, as diferenças de efeito do N em função das doses de B são pequenas. Desprezando-se a pequena influência da aplicação de B, da menor para a maior dose de N, a massa seca aumentou em 125%.

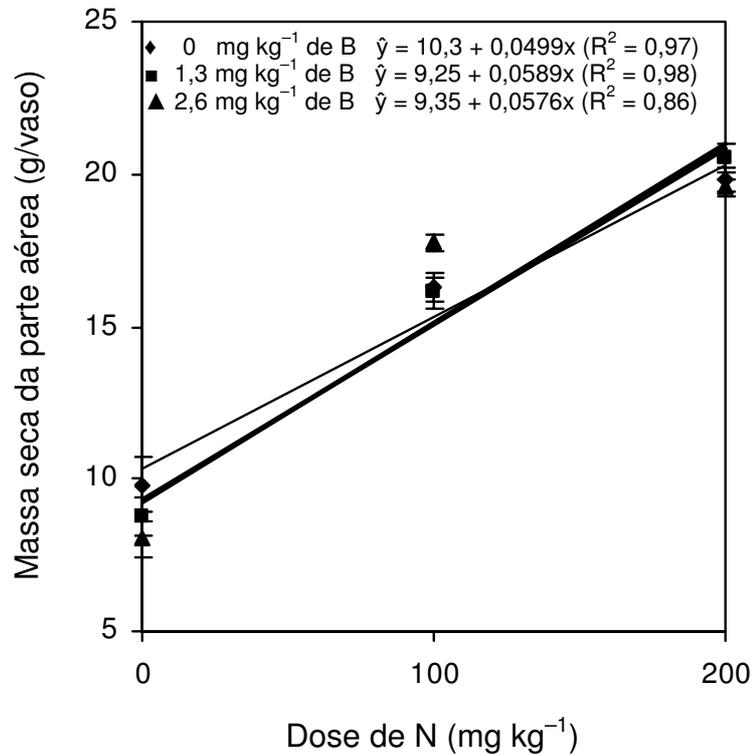


Figura 1 Massa seca da parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento em função de doses de N e B. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

A dose de N e a interação B × FB tiveram efeito na massa seca da parte aérea do capim no segundo ciclo de crescimento (Tabela 3). A aplicação de N aumentou linearmente o valor da variável (Figura 2). O maior aumento foi de 430%, obtido com a dose de N mais alta.

Com relação à interação B × FB, seu desdobramento está apresentado na Tabela 4. A massa seca diferiu entre as fontes de B somente na dose de 1,3 mg kg⁻¹ de B, sendo maior na fonte H₃BO₃ do que na fonte colemanita fundida, sem diferença de ambas as massas em relação àquela na fonte colemanita em mistura. O valor da

variável diferiu entre as doses de B somente na fonte H_3BO_3 , sendo menor na dose de $2,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de B do que na dose de $1,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de B, sem diferença de ambos os valores em relação àquele na testemunha (sem aplicação de B).

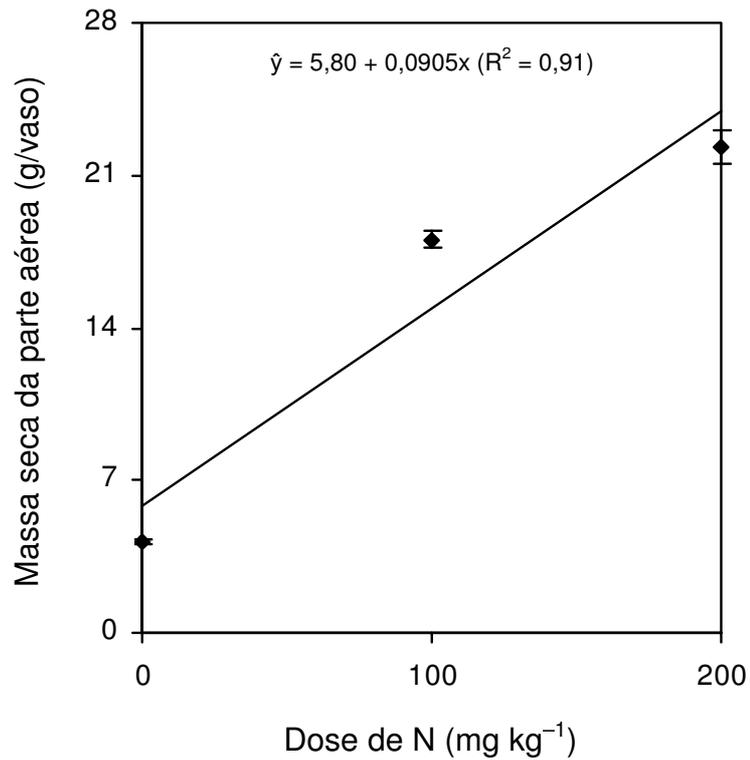


Figura 2 Massa seca da parte aérea do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

A dose de N e a fonte de B tiveram efeito na massa seca da parte aérea do capim no terceiro ciclo de crescimento (Tabela 3). A aplicação de N aumentou linearmente o valor da variável (Figura 3). O aumento chegou a 448%, na maior dose de N.

A massa seca na fonte colemanita em fusão foi maior do que a massa seca na fonte H_3BO_3 , sendo que a massa seca na fonte colemanita em mistura não diferiu das

anteriores (Tabela 3). Como a dose de B não teve efeito na variável, as diferenças causadas pelas fontes não podem ser diretamente relacionadas com a capacidade de liberação do micronutriente de cada uma delas.

Tabela 4 Massa seca da parte aérea do capim-tifton 85, no segundo ciclo de crescimento, em função de doses e fontes de B.

Dose de B (mg kg ⁻¹)	Massa seca da parte aérea (g/vaso)		
	Fonte de B ⁽¹⁾		
	CF	CM	H ₃ BO ₃
0	14,99 ± 2,82 aA ⁽²⁾	14,75 ± 2,66 aA	14,66 ± 2,71 abA
1,3	13,42 ± 2,51 aB	15,41 ± 3,00 aAB	16,20 ± 3,09 aA
2,6	15,65 ± 3,20 aA	15,13 ± 3,04 aA	13,42 ± 2,55 bA

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽²⁾ Os números após o sinal ± são valores de erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito da dose de N repetiu-se nos três ciclos de crescimento (Figuras 1, 2 e 3). Em todos eles, a aplicação do macronutriente aumentou a massa seca da parte aérea do capim-tifton 85, confirmando constatações anteriores (MARTIN, 1997; ALVIM et al., 1999; BRAGA et al., 2000; ROCHA et al., 2000; PREMAZZI & MONTEIRO, 2002; SILVA & COUTINHO, 2004). Dado o efeito consistente da aplicação de N, verificado neste e em outros trabalhos, a adubação nitrogenada pode ser considerada uma estratégia eficaz no aumento da produção de forragem do capim.

O efeito da dose de B também se repetiu nos três ciclos. A aplicação do micronutriente não alterou a massa seca da parte aérea do capim (Tabela 3). Como o solo apresentava baixo teor de B disponível (Tabela 1), essa falta de resposta indica que a planta necessita de uma pequena quantidade de B para satisfazer sua necessidade.

É provável que o capim-tifton 85 seja mesmo uma planta pouco exigente em B, já que se trata de uma gramínea. Segundo MARSCHNER (1995), as gramíneas geralmente apresentam baixa exigência em B.

Exigir muito ou pouco B parece ser uma característica determinada pela quantidade de pectina presente na parede celular das células vegetais. Resultados

experimentais indicam que o teor de substâncias pécnicas na parede celular é correlacionado com o teor de B na parede celular (HU & BROWN, 1994; MATOH, 1997) e nos tecidos foliares (HU et al., 1996; BLEVINS & LUKASZEWSKI, 1998), isto é, com a exigência em B. Essa correlação explica parcialmente, se não totalmente, a clássica diferença no requerimento de B entre plantas de dois grupos. Segundo O'NEILL et al. (2004), as gramíneas têm menos substâncias pécnicas na parede celular em relação as monocotiledôneas não-gramíneas e dicotiledôneas. Em conseqüência, as gramíneas são menos exigentes em B do que as monocotiledôneas não-gramíneas e dicotiledôneas (MARSCHNER, 1995).

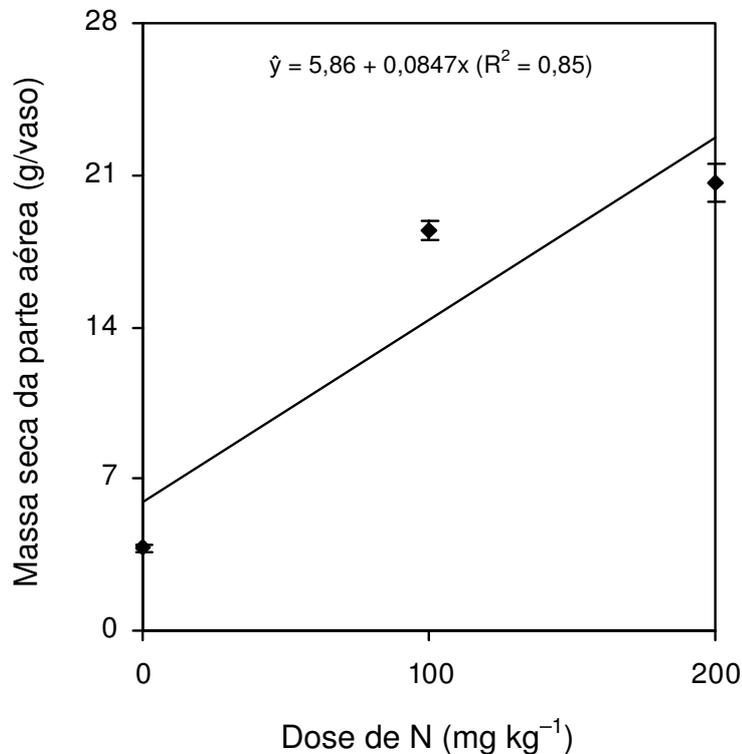


Figura 3 Massa seca da parte aérea do capim-tifton 85 no terceiro ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

Além da distinção no requerimento de B entre as plantas desses dois grupos, a diferença também pode ocorrer entre genótipos (RERKASEM & JAMJOD, 1997).

MONSON & GAINES (1986) notaram que, entre sete cultivares de capim-bermuda (*Cynodon* spp.), apenas dois aumentaram a produção de forragem pela aplicação de B, podendo, assim, ser considerados mais exigentes em B do que os outros. Então, o capim-tifton 85, por ser um exemplar de capim-bermuda, pode ser classificado ainda como pouco ou muito exigente em B dentro do mesmo gênero. Receberá uma ou outra classificação dependendo do material genético com o qual é comparado.

Apesar de os resultados deste trabalho indicarem que o capim-tifton 85 é pouco exigente em B, isso não quer dizer que ele não aumentará a massa seca da parte aérea em resposta à aplicação de fertilizante boratado. Poderá aumentá-la em situações específicas não contempladas neste estudo e na literatura. Por isso, a adubação boratada ainda não pode ser amplamente recomendada para esse capim se o objetivo da prática é aumentar a produção de forragem. No Estado de São Paulo, não se recomenda aplicar B para o capim-tifton 85 (WERNER et al., 1997), o que está em consonância com as constatações apresentadas aqui.

Considerações sobre o efeito das fontes de B na produção de forragem do capim-tifton 85 são desnecessárias, pois a aplicação do micronutriente não alterou a massa seca da parte aérea.

4.2 Perfilhamento

A dose de N e a dose e a fonte de B não tiveram efeito no número inicial de perfilhos do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento (Tabela 5). A falta de efeito da dose de N deve-se ao fato de que a avaliação do perfilhamento foi feita no mesmo dia em que o nutriente foi aplicado. No caso do B, não houve resposta à sua aplicação, pois ele foi adicionado ao solo antes do plantio do capim. Cada vaso teve, em média, nove perfilhos no início desse ciclo.

A dose de N teve efeito no número parcial de perfilhos do capim no primeiro ciclo, mas a dose e a fonte de B não (Tabela 5). A aplicação de N aumentou o valor da variável (Figura 4), indicando que o suprimento do nutriente estimulou o perfilhamento nesse ciclo de crescimento, que representa a fase de estabelecimento da pastagem. Em relação à testemunha (sem aplicação de N), as doses de 100 e 200 mg kg⁻¹ de N

aumentaram-no, respectivamente, em 98% e 108%. PREMAZZI et al. (2003) constataram também que o N aplicado para o capim aumentou o aparecimento de perfilhos.

Tabela 5 Resultados da análise de variância do número inicial, número parcial e número total de perfilhos do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento em função de doses de N e doses e fontes de B.

Fonte de variação	Perfilhos		
	Número inicial	Número parcial	Número total
		$F^{(1)}$	
Dose de N (N)	1,2NS	43,7**	26,1**
Dose de B (B)	0,6NS	0,1NS	0,4NS
Fonte de B (FB)	0,4NS	0,7NS	0,1NS
N × B	0,8NS	1,0NS	1,7NS
N × FB	0,4NS	1,7NS	0,7NS
B × FB	0,6NS	0,6NS	0,4NS
N × B × FB	0,8NS	0,7NS	1,0NS
CV (%)	39,5	27,8	23,4

⁽¹⁾ Valor da razão de *F* e significância. NS e **: não-significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

O estímulo ao perfilhamento é fundamental para o estabelecimento da pastagem. O capim que perfilha mais ocupa mais rapidamente a superfície do solo, ganhando em competitividade com plantas daninhas (JEWISS, 1972).

A dose de N teve efeito no número total de perfilhos do capim no primeiro ciclo, mas a dose e a fonte de B não (Tabela 5). A aplicação de N aumentou o valor da variável (Figura 5), confirmando as constatações de PAULINO et al. (1997) e PREMAZZI et al. (2003). Os números totais de perfilhos nas doses de 100 e 200 mg kg⁻¹ de N foram, respectivamente, 52% e 56% superiores àquele na testemunha (sem aplicação de N). Esses aumentos estão diretamente relacionados com o aparecimento de perfilhos e não com a existência deles no início do ciclo de crescimento. Prova disso é que o N teve efeito no número parcial, mas não no número inicial de perfilhos (Tabela 5).

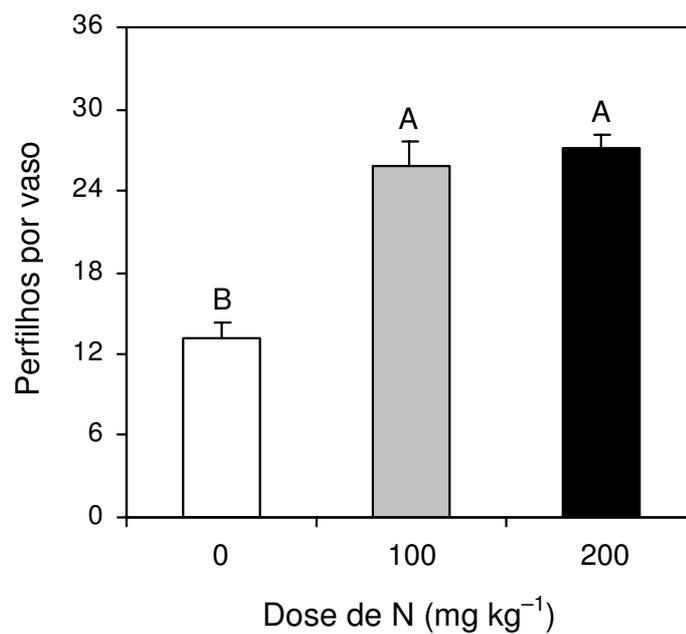


Figura 4 Número parcial de perfilhos do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

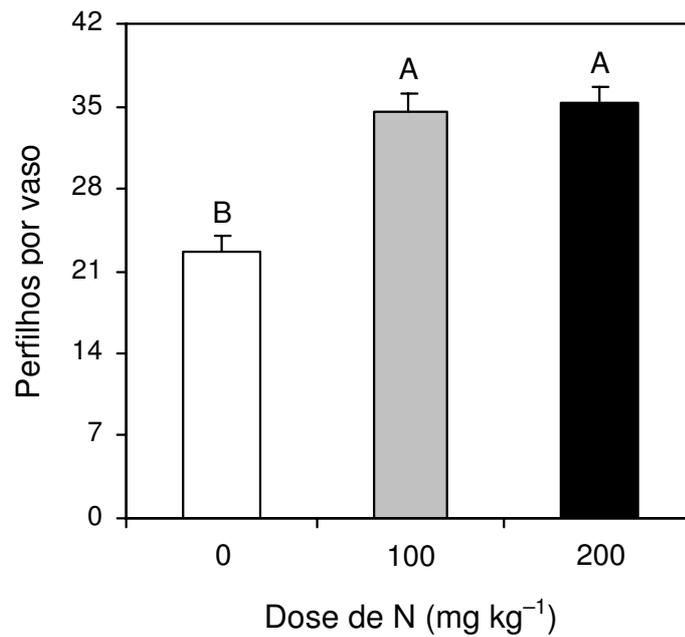


Figura 5 Número total de perfilhos do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A dose de N teve efeito no número inicial de perfilhos do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento, mas a dose e a fonte de B não (Tabela 6). A aplicação de N aumentou o valor da variável (Figura 6). Em relação à testemunha (sem aplicação de N), as doses de 100 e 200 mg kg⁻¹ de N aumentaram-no na mesma proporção (50%), resultando em igualdade nos números de perfilhos nessas duas doses (Figura 3). Esse aumento deve-se ao fato de o suprimento de N ter estimulado o perfilhamento no primeiro ciclo de crescimento (Figura 5).

A dose de N e a fonte de B tiveram efeito no número parcial de perfilhos do capim no segundo ciclo, mas a dose de B não (Tabela 6). A aplicação de N aumentou o valor da variável (Figura 7). Os números parciais de perfilhos nas doses de 100 e 200 mg kg⁻¹ de N foram, respectivamente, 66% e 109% superiores àquele na testemunha (sem aplicação de N).

JEWISS (1972) destacou o aparecimento de perfilhos como a característica que determina a velocidade de rebrotação de plantas forrageiras desfolhadas. Assim, a aplicação de N, ao estimular o perfilhamento do capim-tifton 85, pode acelerar a regeneração do pasto, permitindo desfolhações mais freqüentes, sem comprometer a produtividade e a perenidade da pastagem.

Tabela 6 Resultados da análise de variância do número inicial, número parcial e número total de perfilhos do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento em função de doses de N e doses e fontes de B.

Fonte de variação	Perfilhos		
	Número inicial	Número parcial	Número total
		$F^{(1)}$	
Dose de N (N)	21,5**	97,0**	122,0**
Dose de B (B)	0,6NS	0,4NS	3,1NS
Fonte de B (FB)	0,7NS	3,6*	0,4NS
N × B	1,4NS	0,8NS	1,7NS
N × FB	2,0NS	0,3NS	0,9NS
B × FB	0,2NS	2,0NS	1,6NS
N × B × FB	1,7NS	0,6NS	1,3NS
CV (%)	24,2	18,2	13,8

⁽¹⁾ Valor da razão de F e significância. NS, * e **: não-significativo, significativo a 5% de probabilidade e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

Com relação ao efeito das fontes de B, o número de perfilhos na fonte CF foi maior do que o número de perfilhos na fonte H_3BO_3 ; o número de perfilhos na fonte CM não diferiu dos dois anteriores (Figura 8). Apesar de os fertilizantes conterem B, essas diferenças no perfilhamento não podem ser atribuídas a variações de eficiência das fontes no fornecimento do elemento às plantas, pois não houve efeito da dose de B no número de perfilhos (Tabela 6).

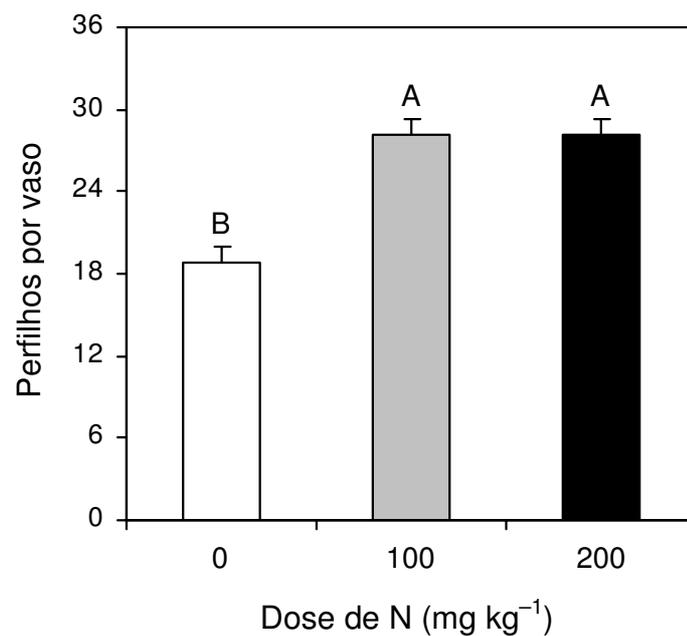


Figura 6 Número inicial de perfilhos do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

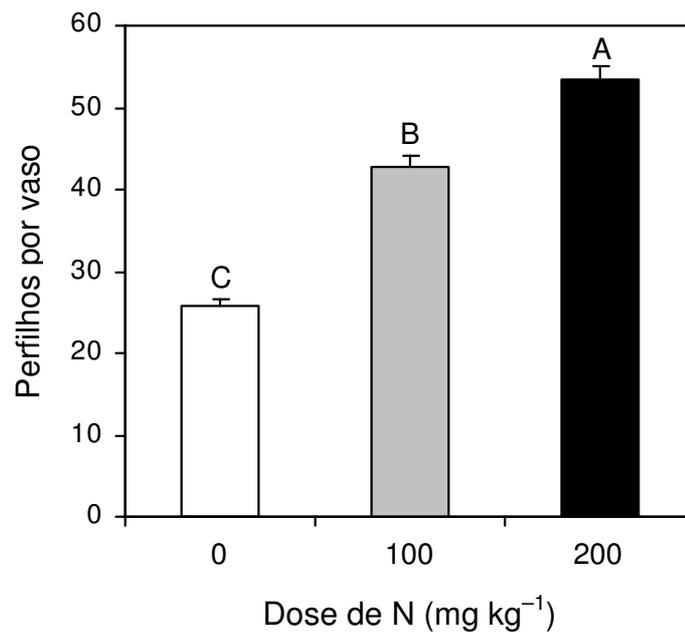


Figura 7 Número parcial de perfilhos do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A dose de N teve efeito no número total de perfilhos do capim no segundo ciclo, mas a dose e a fonte de B não (Tabela 6). A aplicação de N aumentou o valor da variável (Figura 9). Em relação à testemunha, as doses de 100 e 200 mg kg⁻¹ de N aumentaram-no, respectivamente, em 59% e 77%. Esses resultados devem-se aos aumentos proporcionados pelo suprimento de N no número de perfilhos existentes no início do ciclo (Figura 6) e no número de perfilhos surgidos posteriormente (Figura 7).

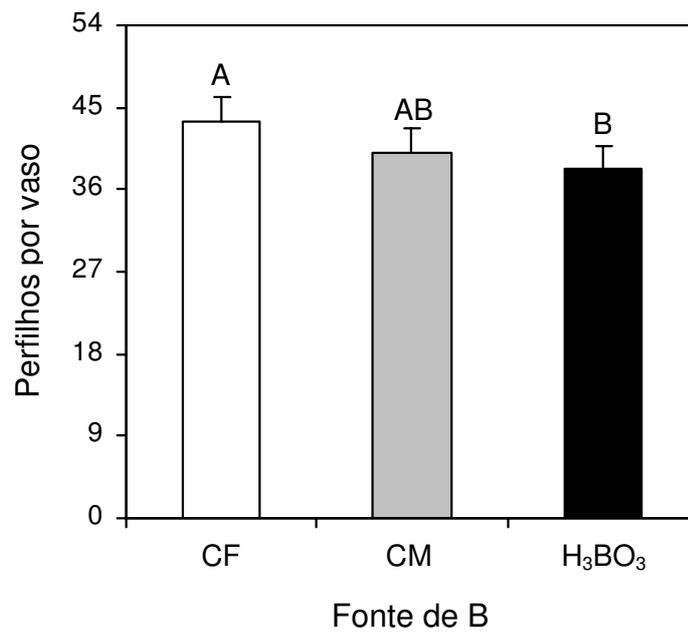


Figura 8 Número parcial de perfilhos do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento em função de fontes de B (CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico). As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

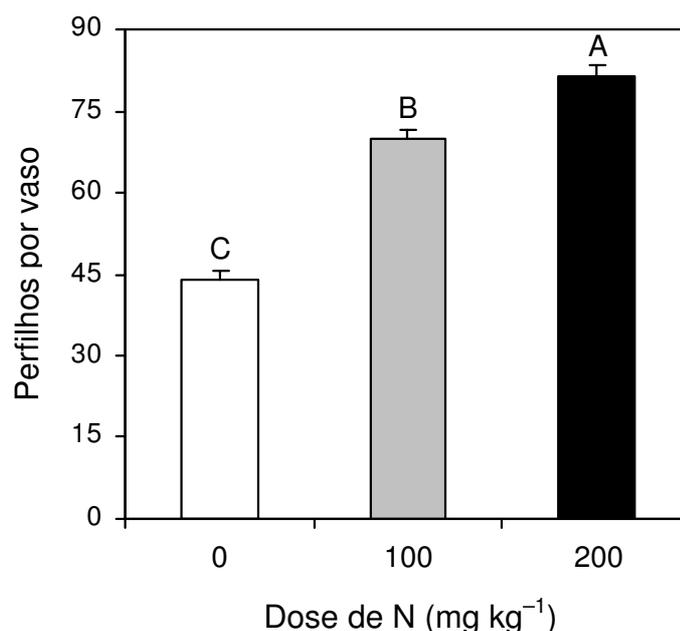


Figura 9 Número final de perfilhos do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A dose de N, a fonte de B e a interação N × B tiveram efeito no número inicial de perfilhos do capim-tifton 85 no terceiro ciclo, mas a dose de B não (Tabela 7). A significância da interação sugere que o efeito da dose de N foi dependente da dose de B e vice-versa. Na realidade, a aplicação de N aumentou o valor da variável em qualquer dose de B, mas a aplicação de B aumentou-o somente na dose de 2,6 mg kg⁻¹ de B combinada com a dose de 200 mg kg⁻¹ de N (Figura 10). A dependência do suprimento de N para a resposta à aplicação de B indica que o N aumentou a exigência de B do capim, em termos de perfilhamento.

Com relação ao efeito das fontes de B, o número de perfilhos na fonte CF foi maior do que o número de perfilhos na fonte H₃BO₃; o número de perfilhos na fonte colemanita CM não diferiu dos dois anteriores (Figura 11). Esses resultados também ocorreram no primeiro ciclo, valendo a mesma explicação dada anteriormente.

Tabela 7 Resultados da análise de variância do número inicial, número parcial e número total de perfilhos do capim-tifton 85 no terceiro ciclo de crescimento em função de doses de N e doses e fontes de B.

Fonte de variação	Perfilhos		
	Número inicial	Número parcial	Número total
		$F^{(1)}$	
Dose de N (N)	90,0**	131,3**	175,4**
Dose de B (B)	0,4NS	0,6NS	1,2NS
Fonte de B (FB)	5,4**	1,4NS	1,2NS
N × B	2,7*	0,2NS	1,4NS
N × FB	1,4NS	0,8NS	1,1NS
B × FB	0,6NS	1,7NS	2,0NS
N × B × FB	3,8**	1,6NS	2,8*
CV (%)	14,1	20,5	13,6

⁽¹⁾ Valor da razão de *F* e significância. NS, * e **: não-significativo, significativo a 5% de probabilidade e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

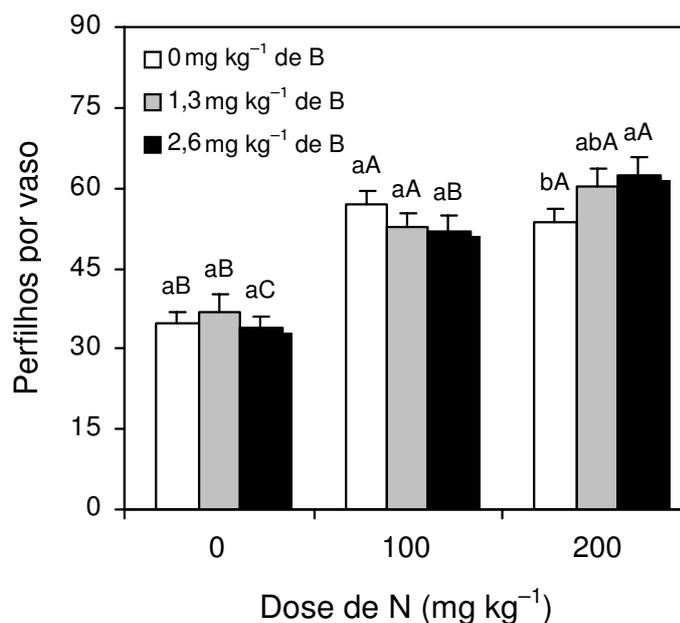


Figura 10 Número inicial de perfilhos do capim-tifton 85 no terceiro ciclo de crescimento em função de doses de N e B. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas, minúsculas entre doses de B em cada dose de N, maiúsculas entre doses de N em cada dose de B, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A dose de N teve efeito no número parcial de perfilhos do capim no segundo ciclo, mas a dose e a fonte de B não (Tabela 7). A aplicação de N aumentou o valor da variável (Figura 12). Em relação à testemunha (sem aplicação de N), as doses de 100 e 200 mg kg⁻¹ de N aumentaram-no, respectivamente, em 156% e 169%.

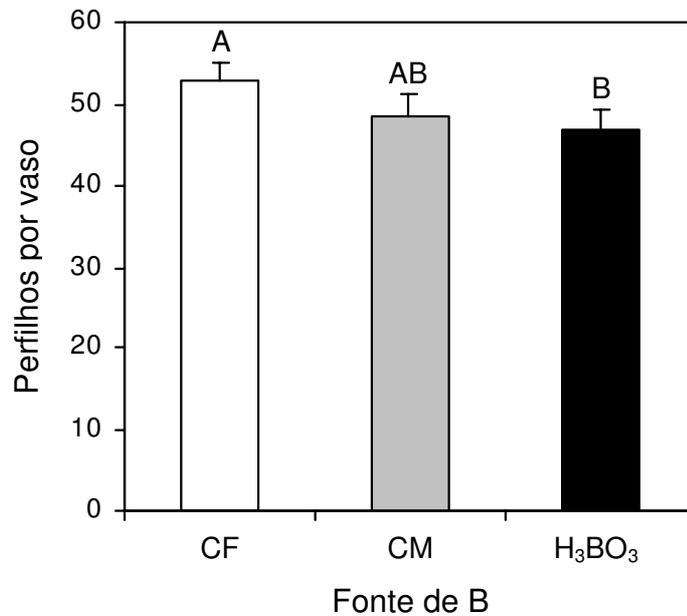


Figura 11 Número inicial de perfilhos do capim-tifton 85 no terceiro ciclo de crescimento em função de fontes de B (CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico). As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A dose de N teve efeito no número total de perfilhos do capim-tifton 85 no terceiro ciclo, mas a dose e a fonte de B não (Tabela 7). A aplicação de N aumentou o valor da variável (Figura 13). Em relação à testemunha, as doses de 100 e 200 mg kg⁻¹ de N aumentaram-no, respectivamente, em 94% e 105%.

Os resultados dos três ciclos de crescimento do capim-tifton 85 mostram que a aplicação de N aumentou consistentemente o número total de perfilhos. Observa-se nas Figuras 1, 2, 3, 5, 9 e 13 que há um correspondente aumento entre a massa seca

da parte aérea e o número total de perfilhos em resposta ao aumento nas doses de N. PREMAZZI & MONTEIRO (2003) calcularam coeficientes de correlação linear simples entre esse dois atributos. Os valores foram de 0,92 e 0,94, respectivamente, no primeiro e no segundo ciclo de crescimento do capim.

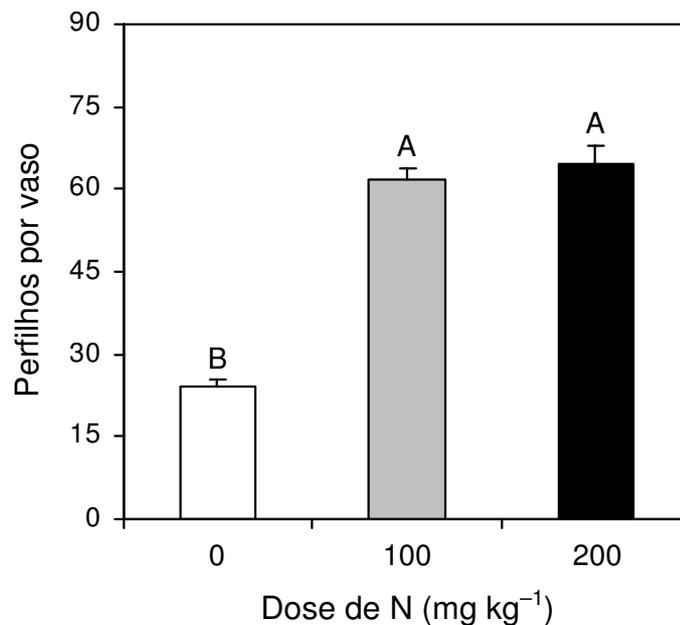


Figura 12 Número parcial de perfilhos do capim-tifton 85 no terceiro ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A gramínea forrageira é constituída de um conjunto de perfilhos (MOORE & MOSER, 1995) e, quanto mais perfilhos ela tem, maior é massa da parte aérea da planta. Mas não é só o número de perfilhos que determina essa relação. A massa do perfilho também é importante (WILMAN & WRIGHT, 1983). PREMAZZI & MONTEIRO (2003) demonstraram que a aplicação de N, além de aumentar o número de perfilhos, aumentou a massa de cada perfilho do capim-tifton 85. Efeito semelhante deve ter ocorrido neste trabalho. Não foi possível calcular a massa média do perfilho porque os perfilhos abaixo da altura de corte foram contados, o que significa que a massa seca da

parte aérea seria dividida por um número maior de perfilhos, o que poderia subestimar a massa de cada um.

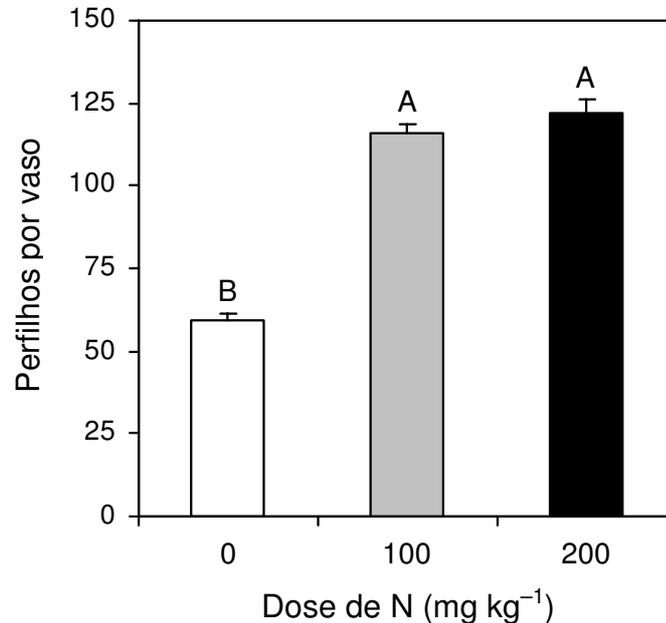


Figura 13 Número total de perfilhos do capim-tifton 85 no terceiro ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As constatações deste trabalho associadas às informações da literatura sugerem que o fornecimento de N pode aumentar a velocidade de perfilhamento e a densidade de perfilhos após a remoção da parte aérea da planta, por ação dos animais em pastejo ou corte mecanizado, resultando em rebrotação mais acelerada, isto é, crescimento mais rápido do pasto.

Além do potencial de perfilhamento, outros fatores estão ligados à capacidade das gramíneas forrageiras em rebrotar. PEDREIRA et al. (2000), ao citarem Gomide (1989), relacionaram os principais fatores responsáveis pela rebrotação: (i) sobrevivência de meristema apical, (ii) existência de área foliar residual e (iii) suprimento de carboidratos de reserva.

4.3 Carboidratos de reserva

O resumo da análise de variância está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 Teores de açúcar, amido e carboidratos totais não-estruturais na base do caule e na raiz do capim-tifton 85 em função de doses de N, doses de B e ciclo de crescimento.

Fonte de variação	Açúcar	Amido $F^{(1)}$	CTNE
		Base do caule	
Dose de N (N)	6,2**	6,1**	11,2**
Dose de B (B)	14,5**	4,2**	17,6**
Ciclo de crescimento (CC)	32,0**	64,3**	85,8**
N × B	0,5NS	4,9**	1,0NS
N × CC	7,3**	1,8NS	10,3**
B × CC	7,0**	6,4**	15,0**
N × B × CC	2,4NS	2,1NS	2,8NS
CV (%)	16,9	14,5	11,3
		Raiz	
Dose de N (N)	7,6**	0,2NS	8,8**
Dose de B (B)	1,6NS	1,0NS	2,3NS
Ciclo de crescimento (CC)	43,6**	19,8**	65,2**
N × B	0,7NS	2,4NS	0,5NS
N × CC	0,7NS	2,5NS	1,0NS
B × CC	3,2NS	3,3NS	2,6NS
N × B × CC	1,6NS	0,5NS	1,1NS
CV (%)	27,4	35,7	24,4

⁽¹⁾ Valor da razão de F e significância. NS e **: não-significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente

A aplicação de N aumentou os teores de açúcar, amido e CTNE na base do caule do capim-tifton 85 em determinadas situações (Figuras 14a, 15a e 16a). Somente a dose de N intermediária (100 mg kg^{-1}) aumentou o teor de açúcar e apenas no terceiro ciclo de crescimento. A dose de N mais alta (200 mg kg^{-1}) diminuiu o teor dessa fração de carboidrato em relação à dose de N intermediária. As doses de N intermediária e mais alta aumentaram o teor de amido independentemente do ciclo de crescimento, mas só quando o B não foi aplicado. Em contraste, a dose de N mais alta associada à aplicação de B diminuiu o teor do polissacarídeo. Mas esses efeitos no teor de amido não se refletiram no teor de CTNE, cuja resposta assemelhou-se a do teor de

açúcar. A aplicação de N não alterou os teores de açúcar e CTNE no primeiro ciclo de crescimento. A dose de N intermediária aumentou em até 75%, 36% e 60% os teores de açúcar, amido e CTNE, respectivamente.

A aplicação de B também aumentou os teores dessas três classes de carboidrato na base do caule em determinadas situações (Figuras 14b, 15b e 16b). Os aumentos aconteceram apenas no primeiro ciclo de crescimento. Além disso, o efeito positivo do B no teor de amido só ocorreu quando o N não foi aplicado (Figura 15a). Mas essa condição para haver efeito do B não se refletiu no teor de CTNE, que variou como o teor de açúcar, aumentando conforme as doses de B. A aplicação de B não alterou os teores dos carboidratos no terceiro ciclo de crescimento. A dose de B mais alta (2,6 mg kg⁻¹) aumentou em até 69%, 67% e 57% os teores de açúcar, amido e CTNE, respectivamente.

Os teores de açúcar e CTNE na base do caule diminuíram do primeiro para o terceiro ciclo de crescimento, exceto na dose de N intermediária (Figuras 14a e 16a). As diminuições máximas desses teores foram de 44%, ocorridas quando o N não foi aplicado. Com a aplicação de B, os teores de açúcar, amido e CTNE também diminuíram do primeiro para o terceiro ciclo de crescimento (Figuras 14b, 15b e 16b). As respectivas diminuições máximas foram de 42%, 41% e 39%, ocorridas quando foi aplicada a dose de B mais alta.

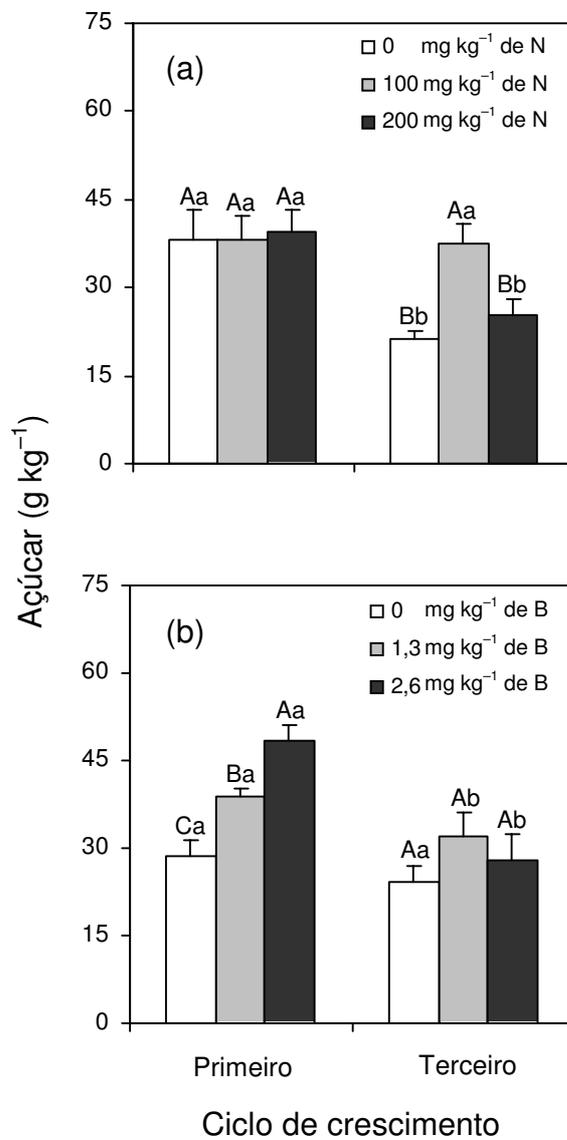


Figura 14 Teor de açúcar na base do caule do capim-tifton 85, em dois ciclos de crescimento, em função de doses de N (a) e B (b). As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas, maiúsculas entre doses de N ou B, em cada ciclo de crescimento, e minúscula entre ciclos de crescimento, em cada dose de N ou B, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

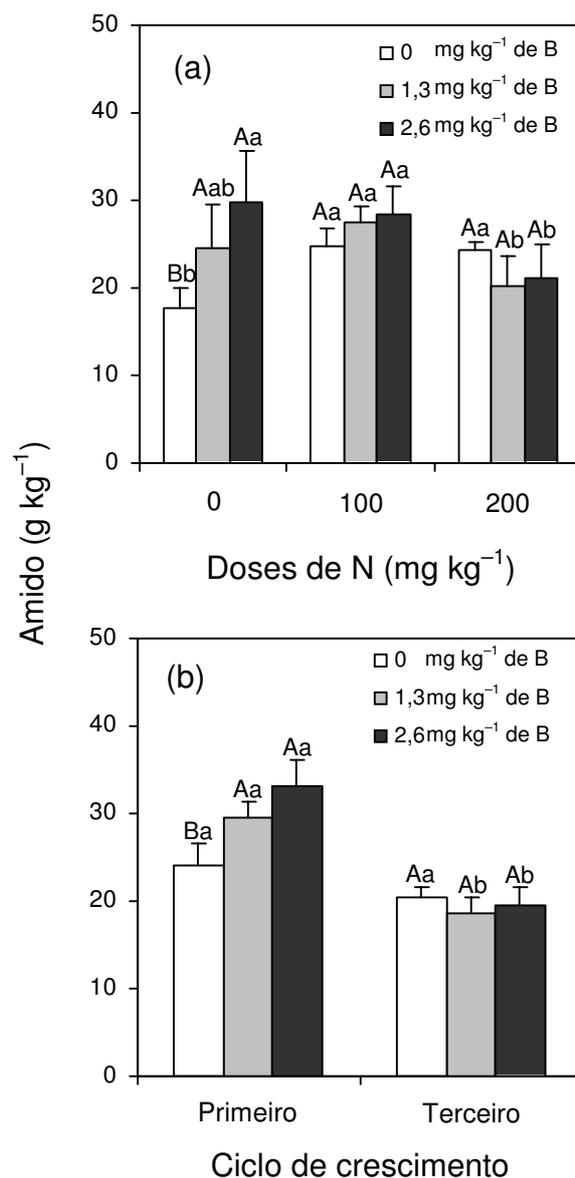


Figura 15 Teor de amido na base do caule do capim-tifton 85 em função de doses de N e B (a) e de doses de B e do ciclo de crescimento (b). As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. No gráfico (a), letras distintas, maiúsculas entre doses de B, em cada dose de N, e minúscula entre doses de N, em cada dose de B, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). No gráfico (b), letras distintas, maiúsculas entre doses de B, em cada ciclo de crescimento, e minúscula entre ciclos de crescimento, em cada dose de B, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

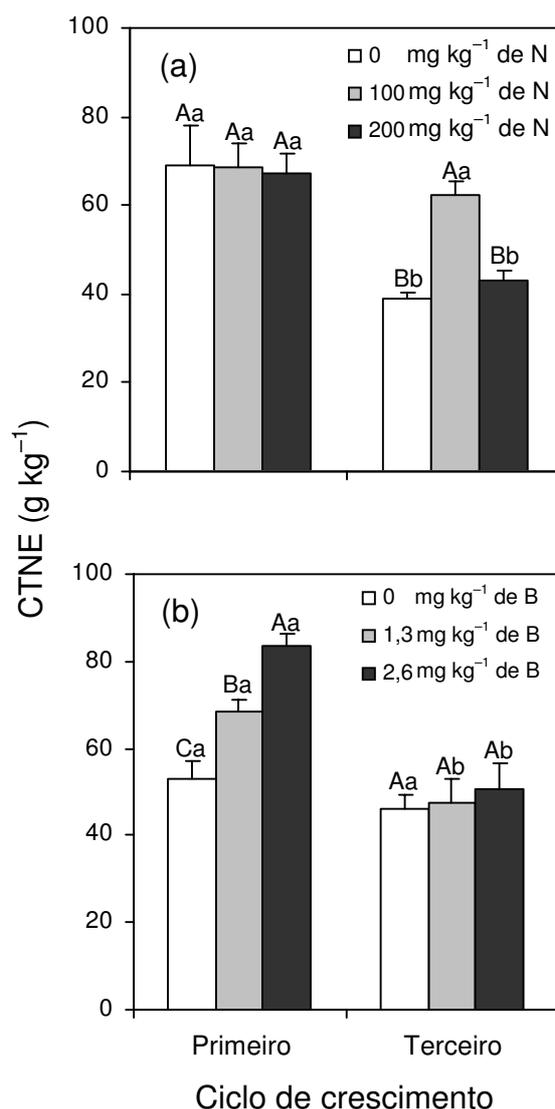


Figura 16 Teor de carboidratos totais não-estruturais (CTNE) na base do caule do capim-tifton 85, em dois ciclos de crescimento, em função de doses de N (a) e B (b). As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas, maiúsculas entre doses de N ou B, em cada ciclo de crescimento, e minúscula entre ciclos de crescimento, em cada dose de N ou B, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de N aumentou os teores de açúcar e CTNE na raiz do capim, independentemente do ciclo de crescimento (Figuras 17a e 19a), mas não alterou o teor de amido. Somente a dose de N intermediária aumentou os teores daquelas variáveis.

Os respectivos aumentos foram de até 55% e 53%. Mesmo assim, os teores de açúcar, amido e CTNE diminuíram do primeiro para o terceiro ciclo de crescimento (Figuras 17b, 18 e 19b), independentemente da aplicação de N. As respectivas diminuições foram de 46%, 42% e 50%. A aplicação de B não alterou o teor de nenhuma das variáveis na raiz do capim.

A análise de estudos feitos com outras plantas forrageiras revela que o suprimento de N tem efeito variável no teor de carboidratos de reserva, aumentando-o em alguns casos, diminuindo-o em outros ou, ainda, mantendo-o inalterado (ADEGBOLA & MCKELL, 1966; WILSON, 1975; GONZALEZ et al., 1989; TRENHOLM et al., 1998; VANTINI, 2002). Os resultados deste trabalho confirmam a ocorrência desses três efeitos no capim-tifton 85.

Os efeitos do N foram mais regulares na raiz do que na base do caule. Na raiz, nos dois ciclos de crescimento, a aplicação de N aumentou os teores de açúcar e CTNE (Figuras 17a e 19a) e não alterou o teor de amido (Figura 18). Na base do caule, ela aumentou os teores de açúcar e CTNE apenas no terceiro ciclo de crescimento (Figuras 14a e 16a) e o teor de amido nos dois ciclos, mas só quando o B não foi aplicado (Figura 15a).

A menor regularidade de resposta na base do caule pode estar relacionada com a anatomia do órgão. A proporção de vasos do floema no caule do capim-tifton 85 pode aumentar em função do grau de desenvolvimento da planta, tanto que PACIULLO et al. (2002) observaram que a porcentagem da seção transversal do caule ocupada pelo floema tinha sido maior no verão (planta mais desenvolvida) do que no outono (planta menos desenvolvida). Admitindo que as plantas no terceiro ciclo de crescimento estavam mais desenvolvidas do que as plantas no primeiro ciclo, o caule destas devia ter menos vasos do floema ou vasos mais delgados do que o daquelas. A suposta menor proporção de vasos do floema no primeiro ciclo foi o que provavelmente impediu o aumento dos teores de açúcar e CTNE, por não ter dado espaço suficiente para o acúmulo de carboidratos. No terceiro ciclo, ao contrário, a suposta maior proporção de vasos do floema foi o que provavelmente possibilitou que os teores dessas classes de carboidrato aumentassem.

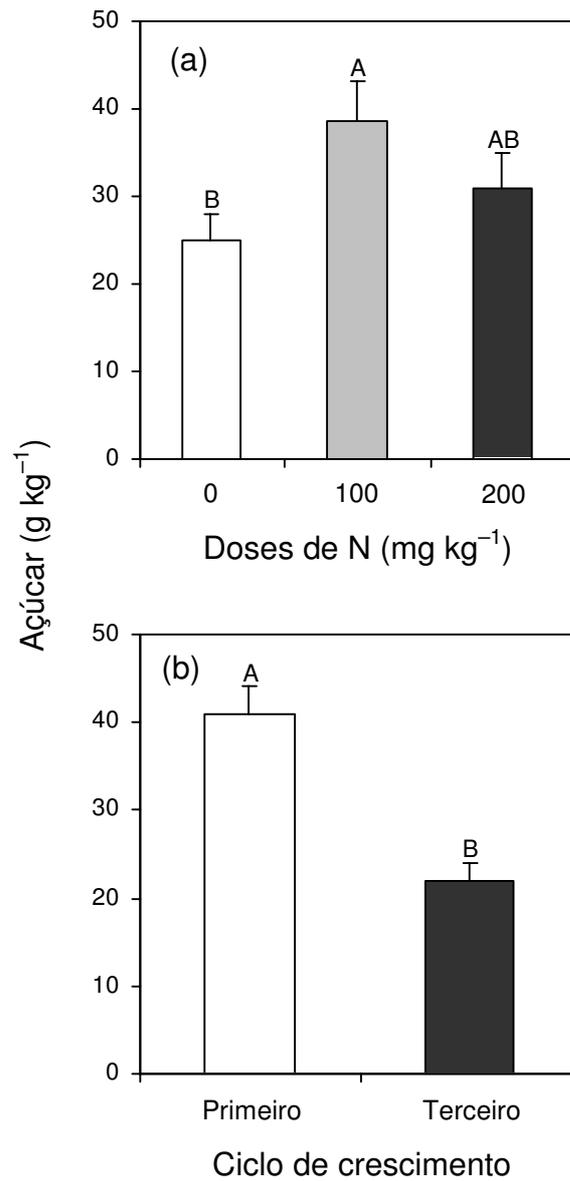


Figura 17 Teor de açúcar na raiz do capim-tifton 85 em função de doses de N (a) e do ciclo de crescimento (b). As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas, em cada gráfico, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

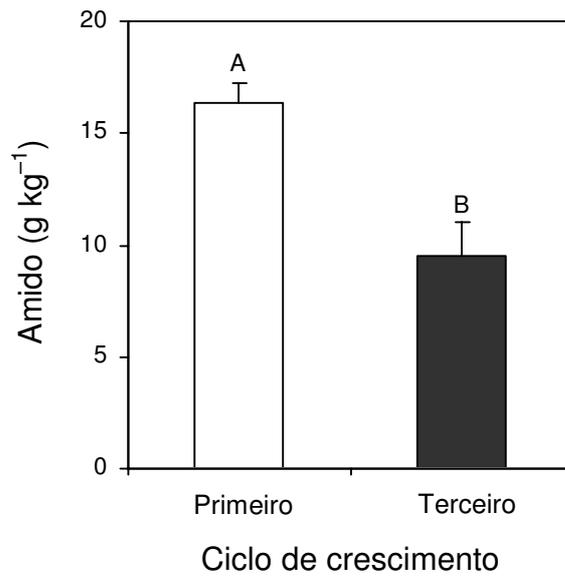


Figura 18 Teor de amido na raiz do caule do capim-tifton 85 em função do ciclo de crescimento. As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

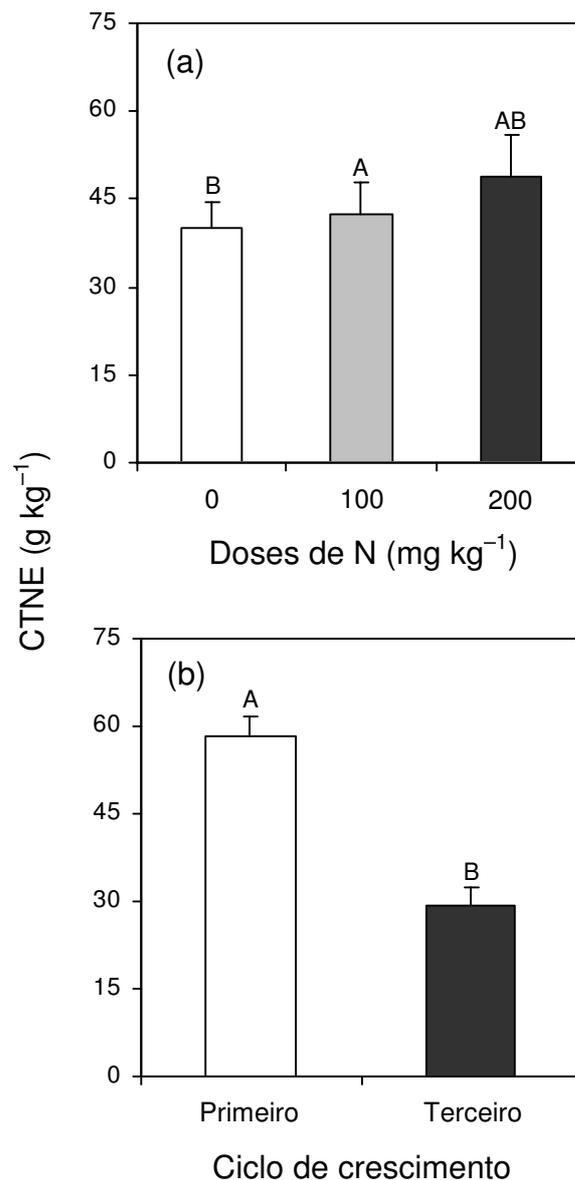


Figura 19 Teor de carboidratos totais não-estruturais (CTNE) na raiz do capim-tifton 85 em função de doses de N (a) e do ciclo de crescimento (b). As linhas sobre as colunas representam valores de erro padrão da média. Letras distintas, em cada gráfico, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Uma constatação que chama a atenção no primeiro ciclo de crescimento é a aplicação de N ter aumentado os teores de açúcar e CTNE na raiz e não na base do caule (Figuras 14a, 16a, 17a e 19a), o que parece incoerente, pois os carboidratos

deveriam acumular-se primeiro no caule e só depois nas raízes, respeitando um gradiente de transporte basípeto. A explicação mais provável para essa aparente incoerência é que a velocidade do transporte da seiva no floema aumentou de algum modo com a aplicação de N e isso fez com que os carboidratos acumulassem na raiz sem o anterior acúmulo na base do caule.

O modo com que o N deve ter aumentado a velocidade do transporte pode estar ligado com o aumento da força-dreno da raiz. O suprimento de N geralmente aumenta a força-dreno de um órgão em consequência do seu maior crescimento (CUZZUOL et al., 2005). SILVA (2003) mostrou que a aplicação de N aumentou a massa seca da raiz do capim-tifton 85. Portanto, é possível que o crescimento radicular do capim estimulado pelo suprimento de N tenha intensificado a demanda de carboidratos da raiz, impondo com isso um aumento da velocidade do transporte descendente desses compostos no floema.

Nos casos em que aplicação de N aumentou os teores de açúcar e CTNE, não foi qualquer dose do nutriente aplicada que promoveu o aumento. A dose de 100 mg kg⁻¹ de N aumentou os teores dessas classes de carboidrato no caule e na raiz, mas a dose de 200 mg kg⁻¹ de N não (Figuras 14a, 16a, 17a e 19a). Esses efeitos do N estão de acordo com a postulação de WHITE (1973), segundo a qual o teor de carboidratos de reserva aumenta com o suprimento de N até determinada dose do nutriente, diminuindo a partir dela. TRENHOLM et al. (1998) verificaram a ocorrência dessa tendência em dois híbridos de *Cynodon*.

A dose de N intermediária aumentou os teores de açúcar e CTNE porque, segundo LAWLOR (2002), o N suprido às plantas estimula a fotossíntese e isso faz com que haja maior síntese de carboidratos. Por outro lado, a dose de N mais alta não aumentou os teores dessas variáveis possivelmente por ter estimulado, além da fotossíntese, processos bioquímicos que consomem carboidratos. Para cana-de-açúcar, SILVEIRA & CROCOMO (1981) argumentaram que um suprimento de N elevado intensificou a redução e assimilação de nitrato, processos que utilizam energia e esqueletos de carbono provenientes de carboidratos. Fenômeno semelhante pode ter

ocorrido com o capim-tifton 85, tal que a dose de 200 mg kg⁻¹ de N aumentou o consumo de carboidratos, impedindo seu acúmulo nos tecidos amostrados.

Por causa desse efeito da dose de N mais alta, sugere-se que, quando se tratar de experimentos de campo planejados para definir a curva de resposta a N do capim-tifton 85, o teor de CTNE em órgãos de reserva da planta seja determinado para avaliar se a alta produção de forragem, proporcionada pela adubação nitrogenada, é compatível com o acúmulo de carboidratos, e, havendo compatibilidade, em que dose(s) ela ocorre.

Os efeitos do N no teor de amido foram dependentes da aplicação de B e vice-versa (Figura 15a), o que indica que esses dois nutrientes interagem no metabolismo do polissacarídeo. Pelos conhecimentos disponíveis (MARSCHNER, 1995), as bases fisiológicas e bioquímicas dessa interação são desconhecidas. O que se pode afirmar é que, para o capim-tifton 85, ela ocorreu na base do caule, mas não na raiz (Figura 15a), sugerindo que seu efeito é confinado a determinados órgãos ou partes da planta.

Ao contrário dos efeitos do N, os efeitos do B no teor de carboidratos de reserva em plantas forrageiras não estão documentados na literatura ou, pelo menos, não foi encontrado qualquer material sobre o assunto. Neste trabalho, a aplicação de B aumentou os teores de açúcar, amido e CTNE na base do caule do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento (Figuras 14b, 15b, 16b) e não os influenciou no terceiro ciclo. Além disso, ela também não influenciou os teores desses carboidratos na raiz nos dois ciclos.

Os aumentos dos teores de carboidratos em função da aplicação de B poderiam ser atribuídos aos efeitos indiretos do B na fotossíntese (EL-SHINTINAWY, 1999; DIXIT et al., 2002) e no transporte de fotoassimilados (DIXIT et al., 2002; ZHAO & OOSTERHUIS, 2002) em plantas. Entretanto, se os aumentos tivessem ocorrido por causa disso, eles teriam ocorrido também na raiz do capim, o que não aconteceu. O modo pelo qual o B aumentou o teor de carboidratos de reserva na base do caule não deve ter sido o mesmo que o do N, uma vez que os aumentos proporcionados pelo N ocorreram em um ciclo de crescimento, e os proporcionados pelo B, em outro. Os verdadeiros mecanismos responsáveis pelos aumentos são desconhecidos.

O efeito positivo do B no teor de carboidratos de reserva na base do caule não persistiu até o terceiro ciclo de crescimento, até porque ele foi aplicado em uma única dose no plantio do capim. Diante dessa constatação e considerando que a aplicação sucessiva de B no solo não é prática recomendada para plantas forrageiras, a adubação boratada não parece uma medida que possa ser implementada para aumentar ou pelo menos manter o teor de carboidratos de reserva no capim-tifton 85 através dos ciclos de crescimento. Mas isso não quer dizer que não haja resposta dessa natureza à aplicação de B em solos com teores do micronutriente abaixo do teor do solo usado neste trabalho, que foi de $0,15 \text{ mg dm}^{-3}$.

Os teores de açúcar, na base do caule e raiz, amido, na raiz, e CTNE, em ambas as partes, diminuíram do primeiro para o terceiro ciclo de crescimento (Figuras 14a,b; 15b; 16a,b; 17b, 18 e 19b), mesmo com a aplicação de N e B, exceção feita à dose de N intermediária, que manteve inalterados os teores de açúcar e CTNE na base do caule (Figuras 14a e 16a). No caso do amido na base do caule, seu teor não diminuiu entre os respectivos ciclos, independentemente da aplicação ou não de N. Esses resultados mostram que, de um modo geral, nem mesmo os suprimentos de N e B foram efetivamente capazes de impedir a diminuição do teor de carboidratos de reserva através dos ciclos de crescimento. A exaustão desses compostos em plantas forrageiras pode comprometer sua persistência (MAY, 1960; FULKERSON & DONAGHY, 2001).

4.4 Teores de N e B na parte aérea da planta

A dose de N foi o único fator que teve efeito no teor de N na parte aérea do capim-tifton 85 nos três ciclos de crescimento (Tabela 9). Em cada um deles, a aplicação de N aumentou linearmente o valor da variável (Figura 20). Os aumentos obtidos com a maior dose de N chegaram a 89%, 78% e 99%, respectivamente, no primeiro, segundo e terceiro ciclos. Outros autores também constataram que a adubação nitrogenada aumentou o teor de N na parte aérea do capim plantado tanto em vaso (MARTIN, 1997; BRAGA et al., 2000; PREMAZZI & MONTEIRO, 2002; SILVA & COUTINHO, 2004) como no campo (ALVIM et al., 1999; ROCHA et al., 2000).

Tabela 9 Teor de N na parte aérea do capim-tifton 85, avaliado em três ciclos de crescimento, em função de doses de N e doses e fontes de B.

Fonte de variação	Teor de N na parte aérea (g kg ⁻¹)		
	Ciclo de crescimento		
Dose de N (mg kg ⁻¹)	Primeiro	Segundo	Terceiro
0	10,64 ± 0,34 ⁽¹⁾	8,77 ± 0,19	9,74 ± 0,48
100	14,26 ± 0,28	11,85 ± 0,18	14,41 ± 0,40
200	20,10 ± 0,30	15,64 ± 0,33	19,41 ± 0,70
Dose de B (mg kg ⁻¹)			
0	15,36 ± 0,61	12,26 ± 0,64	14,92 ± 1,03
1,3	14,59 ± 0,72	11,97 ± 0,57	14,32 ± 0,87
2,6	15,04 ± 0,65	12,03 ± 0,59	14,31 ± 0,93
Fonte de B ⁽²⁾			
CF	14,90 ± 0,64	12,13 ± 0,61	14,07 ± 0,84
CM	15,38 ± 0,66	12,24 ± 0,54	14,07 ± 0,91
H ₃ BO ₃	14,72 ± 0,68	11,88 ± 0,64	15,41 ± 1,04
		F ⁽³⁾	
Dose de N (N)	238,2**	185,4**	72,6**
Dose de B (B)	1,6NS	0,4NS	0,4NS
Fonte de B (FB)	1,2NS	0,5NS	1,9NS
N × B	1,2NS	1,1NS	1,2NS
N × FB	0,6NS	1,1NS	0,3NS
B × FB	0,7NS	0,6NS	0,7NS
N × B × FB	0,8NS	0,5NS	0,3NS
CV (%)	13,8	10,9	20,3

⁽¹⁾ Os números após o sinal ± são valores de erro padrão da média.

⁽²⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽³⁾ Valor da razão de F e significância. NS, * e **: não-significativo, significativo a 5% de probabilidade e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

O teor médio de N variou entre 8,8 e 20,1 g kg⁻¹, considerando todas as doses de N e todos os ciclos de crescimento (Tabela 9). MARTIN (1997) obteve variação média semelhante (10,0 a 19,3 g kg⁻¹ de N). BRAGA et al. (2000) constataram limites médios maiores (16,8 a 23,1 g kg⁻¹). PREMAZZI & MONTEIRO (2002) encontraram teores médios de 7,8 a 23,4 g kg⁻¹. A faixa média oriunda do experimento de SILVA (2004) foi de 7,8 a 28,4 g kg⁻¹. As diferenças nos teores de N entre esses trabalhos estão primariamente relacionadas às diferentes doses N empregadas em cada um deles. Outro fator que contribuiu para a ocorrência das diferenças foi o comprimento variado dos ciclos de crescimento. Quanto maior a dose de N, maior o teor de N (ALVIM

et al., 1999) e quanto mais longo o ciclo de crescimento, menor o teor de N (OLIVEIRA et al., 2000). Além do efeito isolado, a interação entre esses fatores pode influenciar o teor de N nas plantas.

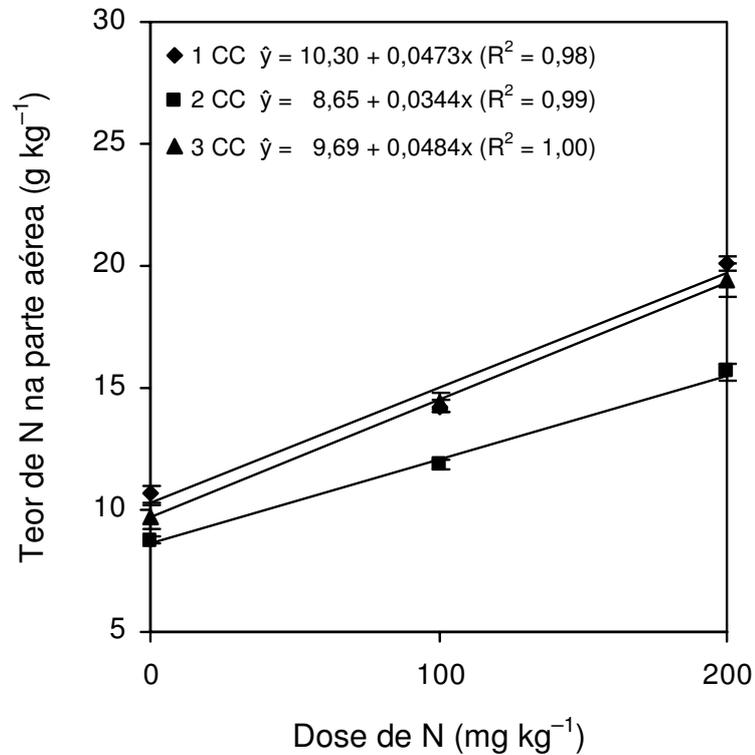


Figura 20 Teor de N na parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro (1 CC), segundo (2 CC) e terceiro ciclo de crescimento (3 CC) em função de doses de N. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

Para avaliação do estado da nutrição nitrogenada do capim-tifton 85, WERNER et al. (1997) sugerem uma faixa de teores de N. Teores entre 20 e 26 g kg⁻¹ seriam adequados em folhas verdes e brotações novas amostradas de novembro a fevereiro. Adotando esse critério na interpretação dos teores médios de N obtidos neste trabalho (Tabela 9), conclui-se que o capim estava adequadamente nutrido em N somente no primeiro ciclo de crescimento, quando se aplicou a maior dose de N. Nas demais

situações, ele estava deficiente em N, uma vez que os teores (Tabela 9) ficaram abaixo do limite inferior do intervalo. No entanto, esse diagnóstico contrasta com a aparência das plantas que receberam a maior dose de N no segundo e terceiro ciclos, pois, apesar de apresentarem teores de N (Tabela 9) inferiores ao mínimo previsto pela faixa, indicando deficiência de N, não foi constatado nenhum sintoma característico do distúrbio nutricional. Nesse caso, o diagnóstico parece inválido e a invalidez é reforçada pela baixa probabilidade de ter ocorrido “fome oculta”, já que as plantas cresciam havia um bom tempo, suficiente para expressão dos sintomas de deficiência.

O equívoco no diagnóstico é confirmado quando se comparam a massa e o teor de N entre as plantas que receberam a dose de N mais alta nos três ciclos de crescimento. As plantas no segundo e terceiro ciclos tiveram os menores teores de N (Tabela 9). Apesar disso, não poderiam estar deficientes em N, como apontou o diagnóstico, porque elas apresentaram as maiores massas secas da parte aérea (Tabela 3). Portanto, a faixa sugerida por WERNER et al. (1997) não se mostrou adequada na avaliação da nutrição nitrogenada do capim-tifton 85 neste trabalho.

Todos os métodos convencionais de interpretação do teor de N em plantas (nível crítico, faixa de suficiência e DRIS³) apresentam vantagens e desvantagens quando são comparados uns com os outros. Considerando que o teor de N vai diminuindo conforme as plantas vão crescendo (PLÉNET & LEMAIRE, 1999), a característica mais importante que o método deve ter é considerar a diluição do nutriente no tecido vegetal. O único método que leva em consideração esse fenômeno é a curva crítica de diluição de N, desenvolvida por LEMAIRE & SALETTE (1984) e aprimorada por JUSTES et al. (1994).

Teoricamente, a curva crítica fornece o teor de N adequado a qualquer valor relativo de massa seca da parte aérea (GASTAL & LEMAIRE, 2002). Assim, é possível avaliar o estado da nutrição nitrogenada de uma planta conhecendo-se apenas o teor de N na sua parte aérea e a massa seca da sua parte aérea por unidade de área, duas informações que podem ser obtidas com facilidade. Mesmo com essas características singulares, a curva ainda não foi determinada para o capim-tifton 85. Sua determinação

³ DRIS é a sigla, em inglês, do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação.

é desejável, tendo em vista a falta de um método confiável para diagnosticar deficiência de N no capim.

Independentemente de a nutrição nitrogenada ter ou não atingido o estado adequado, é interessante notar que a massa seca da parte aérea (Figuras 1, 2 e 3) foi aumentando à medida que o teor de N no tecido vegetal aumentou (Figura 20). Essa relação mostra a importância do fornecimento de N via fertilizante na melhoria da nutrição do capim e conseqüente aumento na produção de forragem.

Sem aplicação de N, as plantas apresentaram sintomas típicos de deficiência de N e tiveram seu desenvolvimento comprometido. Na primeira semana do primeiro ciclo de crescimento, as folhas mais velhas começaram a amarelecer da ponta para a base. Na segunda semana em diante, o amarelecimento foi aparecendo nas outras folhas e também nos caules. Ao final do ciclo, as plantas apresentavam clorose generalizada, eram pequenas e tinham poucos perfilhos, caules mais finos e folhas curtas, estreitas e levemente eretas, sendo que as mais velhas estavam necrosadas. Além disso, o dossel parecia desidratado, como se as plantas tivessem passado por um período de seca. No segundo e no terceiro ciclo, os sintomas foram os mesmos, porém mais acentuados, uma vez que as folhas recém-expandidas já mostravam coloração verde-pálida. Amarelecimento de folhas velhas da ponta para a base, folhas mais estreitas e eretas, caules mais finos e clorose generalizada do capim-tifton 85 foram os sintomas de deficiência de N percebidos e relatados por SARMENTO et al. (2006).

A dose de N, a dose de B, a fonte de B e a interação N × FB tiveram efeito no teor de B na parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento (Tabela 10). A aplicação de B aumentou linearmente o valor da variável (Figura 21). O maior aumento foi de 27%, obtido com a dose de B mais alta.

O desdobramento da interação N × FB está apresentado na Tabela 11. Nota-se que, em relação à testemunha (sem aplicação de N), a dose de N intermediária tendeu a reduzir o teor de B e a dose mais alta a manter ou aumentá-lo (Tabela 11). Porém, a redução foi menor quando se usou H₃BO₃ como fonte de B.

Tabela 10 Teor de B na parte aérea do capim-tifton 85, avaliado em três ciclos de crescimento, em função de doses de N e doses e fontes de B.

Fonte de variação	Teor de B na parte aérea (mg kg ⁻¹)		
	Ciclo de crescimento		
Dose de N (mg kg ⁻¹)	Primeiro	Segundo	Terceiro
0	15,49 ± 0,64 ⁽¹⁾	13,22 ± 0,65	9,15 ± 0,40
100	14,49 ± 0,46	13,11 ± 0,45	7,85 ± 0,40
200	18,84 ± 0,37	14,07 ± 0,45	8,00 ± 0,40
Dose de B (mg kg ⁻¹)			
0	14,53 ± 0,47	11,56 ± 0,50	7,96 ± 0,45
1,3	15,82 ± 0,51	13,85 ± 0,43	8,26 ± 0,43
2,6	18,47 ± 0,59	15,00 ± 0,43	8,78 ± 0,34
Fonte de B ⁽²⁾			
CF	15,44 ± 0,55	14,41 ± 0,51 a ⁽³⁾	8,33 ± 0,44
CM	16,93 ± 0,60	13,15 ± 0,57 ab	8,22 ± 0,36
H ₃ BO ₃	16,44 ± 0,56	12,85 ± 0,47 b	8,44 ± 0,44
		F ⁽⁴⁾	
Dose de N (N)	31,4**	1,4NS	3,4*
Dose de B (B)	24,2**	15,8**	1,2NS
Fonte de B (FB)	3,5*	3,5*	0,1NS
N × B	2,0NS	0,6NS	1,7NS
N × FB	4,4**	1,1NS	2,2NS
B × FB	2,0NS	0,2NS	0,6NS
N × B × FB	0,8NS	1,4NS	1,2NS
CV (%)	16,8	17,0	24,0

⁽¹⁾ Os números após o sinal ± são valores de erro padrão da média.

⁽²⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽³⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽⁴⁾ Valor da razão de F e significância. NS, * e **: não-significativo, significativo a 5% de probabilidade e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

A dose de B e a fonte de B tiveram efeito no teor de B na parte aérea do capim no segundo ciclo de crescimento (Tabela 10). A aplicação de B aumentou linearmente o valor da variável (Figura 21). Em relação à testemunha (sem aplicação de B), o aumento obtido com a dose de B mais alta foi de 30%. Com relação às fontes de B, a CF proporcionou teor de B na parte aérea superior ao proporcionado pelo H₃BO₃, ficando a CM em posição intermediária (Tabela 10).

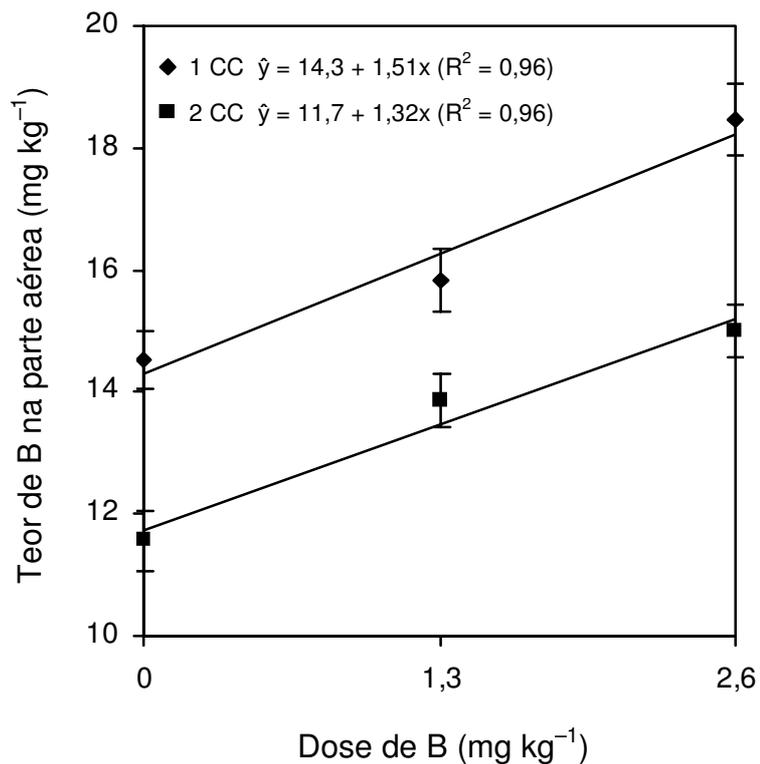


Figura 21 Teor de B na parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro (1 CC) e segundo ciclo de crescimento (2 CC) em função de doses de B. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

A dose de N foi o único fator que teve efeito no teor de B na parte aérea do capim no terceiro ciclo de crescimento (Tabela 10). No entanto, a análise estatística mostrou que o efeito linear não foi significativo ($P > 0,05$). Além disso, o teste de Tukey a 5% de probabilidade revelou que as médias não diferiram entre si. Então, a diferença existente entre as médias, indicada pelo teste F, deve ter sido tão pequena que procedimentos estatísticos mais rigorosos não a detectaram.

Os teores médios de B na parte aérea variaram entre 8,0 e 18,5 mg kg⁻¹, considerando todas as doses de B e todos os ciclos de crescimento (Tabela 10). MONSON & GAINES (1986) obtiveram variação mais estreita. Os teores médios na forragem de sete capins-bermuda (cv. Coastal, Coastcross-1, Midland, Tifton 44, Tifton

67, Tifton 84 e Callie) oscilaram de 5,0 mg kg⁻¹, sem aplicação de B, a 8,5 mg kg⁻¹, com aplicação de 4,4 kg ha⁻¹ de B.

Tabela 11 Teor de B na parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento em função de doses de N e fontes de B.

Dose de N (mg kg ⁻¹)	Teor de B na parte aérea (mg kg ⁻¹)		
	Fonte de B ⁽¹⁾		
	CF	CM	H ₃ BO ₃
0	15,27 ± 0,99 bAB ⁽²⁾	17,00 ± 1,26 abA	14,20 ± 1,01 bB
100	12,40 ± 0,64 cB	14,67 ± 0,65 bAB	16,40 ± 0,78 abA
200	18,67 ± 0,32 aA	19,13 ± 0,78 aA	18,73 ± 0,77 aA

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽²⁾ Os números após o sinal ± são valores de erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para avaliação do estado da nutrição em B do capim-tifton 85, WERNER et al. (1997) sugerem uma faixa de teores de B. Teores entre 5 e 30 mg kg⁻¹ seriam adequados em folhas verdes e brotações novas amostradas de novembro a fevereiro. De acordo com esse critério, nota-se que os teores médios de B obtidos neste trabalho (Tabela 10) enquadraram-se nessa faixa, indicando que a nutrição do capim em termos de B estava adequada, mesmo sem aplicação do micronutriente, o que explica a falta de aumento na massa seca da parte aérea da planta em resposta à aplicação de fertilizante boratado (Tabela 3).

Os teores de B na parte aérea do capim-tifton 85 confirmam que ele exige pouco B quando comparado com leguminosas. O menor teor médio de B obtido neste trabalho, 8 mg kg⁻¹, foi suficiente para o capim (Tabela 10), mas seria insuficiente para a alfafa (*Medicago sativa* L.), que é uma leguminosa forrageira. O nível crítico de B na parte aérea da alfafa cv. Crioula, calculado por SANTOS et al. (2004), foi de 39 mg kg⁻¹. Considerando esses dois valores, o teor mínimo requerido pela alfafa seria superior a pelo menos cinco vezes o requerido pelo capim-tifton 85. Na tabela de faixa de teores adequados de B para gramíneas e leguminosas forrageiras cultivadas no Estado de São Paulo, é possível observar que os requerimentos de B entre esses dois grupos de plantas são diferentes. Os capins exigem teor mínimo de 5 ou 10 mg kg⁻¹ e as

leguminosas de 20 ou 30 mg kg⁻¹, dependendo da espécie ou cultivar (WERNER et al., 1997).

A diminuição do teor de B na parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento pela aplicação da dose de N intermediária em combinação com as fontes de B CF e CM (Tabela 11) é sinal de que houve diluição do micronutriente no tecido vegetal. GUPTA et al. (1976) constataram que o suprimento de N também provocou a diminuição do teor de B na parte aérea da cevada (*Hordeum vulgare* L.) e do trigo (*Triticum aestivum* L.).

Segundo JARREL & BEVERLY (1981), o efeito de diluição ocorre quando a taxa de absorção de um nutriente não acompanha o aumento na taxa de crescimento da planta. No presente trabalho, a dose de N intermediária estimulou o crescimento do capim (Figura 1), mas a taxa de absorção de B não deve ter acompanhado esse estímulo e, por isso, o B foi diluído no tecido vegetal.

Entretanto, a dose de N mais alta associada à CF ou ao H₃BO₃ aumentou o teor de B na parte aérea do capim (Tabela 11), sugerindo que um elevado suprimento de N pode aumentar a taxa de absorção de B. PRIMAVESI et al. (2005) constataram que doses elevadas de N, fornecidas com nitrato de amônio ou uréia, aumentaram a absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross (*Cynodon dactylon* L.). Ainda que evidências indiquem que o B não é absorvido na forma iônica, e sim na forma molecular, como H₃BO₃ (HU & BROWN, 1997), o efeito positivo do fornecimento de N na absorção de B pelo capim-tifton 85 pode ter ocorrido em razão do aumento na demanda fisiológica de B, condicionado pelo maior crescimento da planta.

Apesar de todas as alterações no teor de B na parte aérea provocadas pelas doses de N, elas ocorreram somente no primeiro ciclo de crescimento, não tendo, portanto, constância ao longo do tempo.

No segundo ciclo de crescimento, o efeito da fonte de B foi nítido e independente de qualquer outro fator (Tabela 10). A CF foi melhor que o H₃BO₃ e ambas iguais a CM. Analisando o que ocorreu no primeiro e no segundo ciclo, nota-se que a CF aumentou, a CM manteve e o H₃BO₃ diminuiu a capacidade de manter o teor de B na parte aérea com a sucessão dos ciclos (Tabela 10). Esses resultados contrastam com os obtidos

por ESMERINI (2004). O autor observou que a CF foi inferior à CM e ao bórax tanto no primeiro (girassol) como no segundo cultivo (alface). A comparação refere-se às fontes que tinham natureza física categorizada como “grosso”, assim como a das colemanitas usadas neste trabalho.

No terceiro ciclo de crescimento, todos os fertilizantes boratados perderam totalmente o efeito residual quando avaliado pelo teor de B na parte aérea do capim (Tabela 10), o que contrasta com a expectativa de efeito prolongado de micronutrientes aplicados ao solo (FAGERIA et al., 2002). Dois fatores podem ter determinado essa perda: (i) remoção do B acumulado na parte aérea e (ii) retenção do B no solo e conseqüente diminuição da sua disponibilidade às plantas.

4.5 Acúmulo de B na parte aérea da planta

A dose de N, a dose de B e as interações N × B e N × FB tiveram efeito no B acumulado na parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento (Tabela 12). O desdobramento da interação N × B está apresentado na Figura 22. Observa-se que a aplicação de N aumentou linearmente o valor da variável em todas as doses de B. Os maiores aumentos (70% e 68%) foram obtidos com a maior dose de N associada à aplicação de B.

O desdobramento da interação N × FB está apresentado na Tabela 8. Nota-se que a aplicação de N aumentou progressivamente o valor da variável em todas as fontes de B. O maior aumento, como média das fontes de B, foi de 192%, obtido com a dose de N mais alta.

A dose de N e a dose de B tiveram efeito no B acumulado na parte aérea do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento (Tabela 12). A aplicação de N ou de B aumentou linearmente o valor da variável (Figuras 23 e 24). Em relação às suas testemunhas (sem aplicação de N ou de B), os aumentos com as doses de N e de B mais altas foram, respectivamente, de 473% e 28%.

A dose de N e a interação N × B tiveram efeito no B acumulado na parte aérea do capim-tifton 85 no terceiro ciclo de crescimento (Tabela 12). O desdobramento da interação está apresentado na Figura 25. A aplicação de N aumentou linearmente o

valor da variável em todas as doses de B. O maior aumento, como média das doses de B, chegou a 387%, com a dose de N mais alta.

Tabela 12 Acúmulo de B na parte aérea do capim-tifton 85, avaliado em três ciclos de crescimento, em função de doses de N e doses e fontes de B.

Fonte de variação	B acumulado na parte aérea (mg/vaso)		
	Ciclo de crescimento		
Dose de N (mg kg ⁻¹)	Primeiro	Segundo	Terceiro
0	0,13 ± 0,01 ⁽¹⁾	0,05 ± 0,00	0,03 ± 0,00
100	0,24 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,15 ± 0,01
200	0,38 ± 0,01	0,31 ± 0,02	0,16 ± 0,01
Dose de B (mg kg ⁻¹)			
0	0,23 ± 0,01	0,17 ± 0,02	0,10 ± 0,01
1,3	0,25 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,11 ± 0,01
2,6	0,28 ± 0,02	0,22 ± 0,03	0,12 ± 0,01
Fonte de B ⁽²⁾			
CF	0,24 ± 0,02	0,21 ± 0,03	0,11 ± 0,01
CM	0,26 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,11 ± 0,01
H ₃ BO ₃	0,26 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,12 ± 0,01
		<i>F</i> ⁽³⁾	
Dose de N (N)	314,8**	230,1**	91,6**
Dose de B (B)	14,5**	8,4**	1,9NS
Fonte de B (FB)	2,8NS	0,9NS	0,5NS
N × B	4,2**	1,6NS	2,6*
N × FB	3,4*	1,7NS	0,6NS
B × FB	1,4NS	2,3NS	0,7NS
N × B × FB	2,0NS	2,0NS	0,8NS
CV (%)	18,4	22,6	35,5

⁽¹⁾ Os números após o sinal ± são valores de erro padrão da média.

⁽²⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽³⁾ Valor da razão de *F* e significância. NS, * e **: não-significativo, significativo a 5% de probabilidade e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados apresentados nesta seção mostram que absorção de B e posterior acúmulo na parte aérea aumentaram com os suprimentos de N e B. Analisando a Tabela 12, percebe-se que os aumentos foram muito mais expressivos em função do fornecimento de N do que em função do fornecimento de B. Esse aumento diferencial provavelmente ocorreu por causa do efeito dos nutrientes no crescimento do capim.

A aplicação de N aumentou a massa seca da parte aérea e esse aumento deve ter forçado a absorção de mais B. Por outro lado, a aplicação de B não aumentou a massa seca da parte aérea e essa falta de aumento não deve ter dado condições para que o B fosse tão absorvido como no caso anterior. Porém, o pequeno aumento na absorção de B pela aplicação de fertilizante boratado deve ter ocorrido em razão de haver maior concentração de B na solução do solo. Segundo HU & BROWN (1997), a intensidade com que o B é absorvido pelas raízes está primariamente ligada à concentração do micronutriente no meio externo.

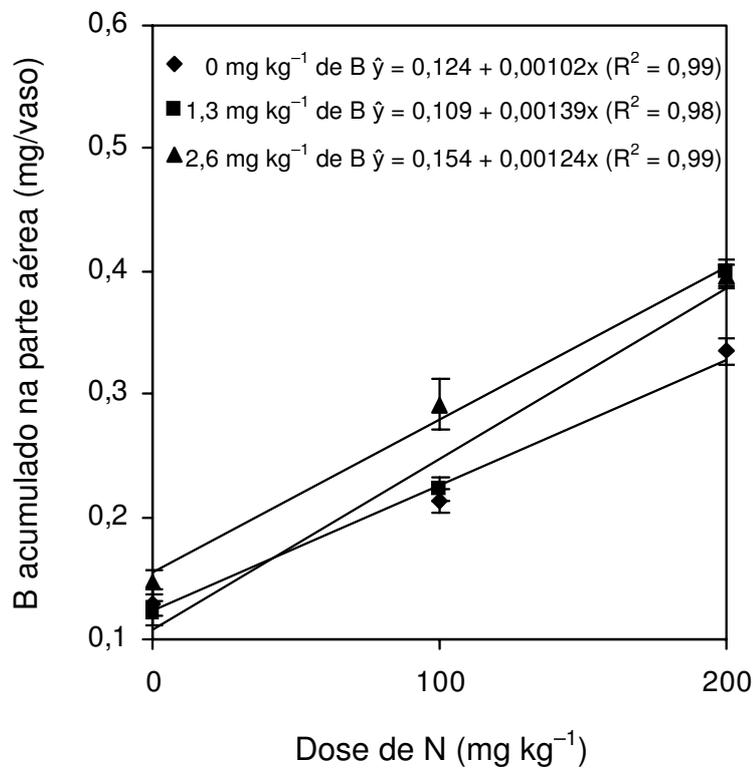


Figura 22 Acúmulo de B na parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento em função de doses de N e B. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

O aumento na absorção de B pela aplicação de N é uma constatação pouco divulgada na literatura e até certo ponto contraditória aos relatos existentes. Na revisão de literatura realizada por GUPTA (1979), os resultados de trabalhos de diversos autores indicam que o suprimento de N comprometeu a absorção de B em diferentes culturas [aipo (*Apium graveolens* L. var. *dulce* (P. Mill.) DC.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), aveia (*Avena sativa* L.), cevada, citros (*Citrus* spp.) e trigo]. No entanto, essa indicação baseou-se na diminuição do teor de B nas folhas. Considerando o aumento no tamanho das plantas em função do fornecimento de N, a diminuição do teor de B no tecido foliar não deveria ser interpretada como redução na absorção de B e sim como efeito de diluição do micronutriente. Quando se avalia o efeito da aplicação de um nutriente na absorção de outros, verifica-se que o nutriente aplicado geralmente aumenta a quantidade absorvida e acumulada dos outros nutrientes nas plantas. SILVA & COUTINHO (2004) constataram que o fornecimento de N aumentou a absorção e o acúmulo de zinco na parte aérea do capim-tifton 85. Essa tendência é confirmada no presente trabalho, no caso, para a absorção de B.

Tabela 13 Acúmulo de B na parte aérea do capim-tifton 85 no primeiro ciclo de crescimento em função de doses de N e fontes de B.

Dose de N (mg kg ⁻¹)	B acumulado na parte aérea (mg/vaso)		
	Fonte de B ⁽¹⁾		
	CF	CM	H ₃ BO ₃
0	0,13 ± 0,01 cA ⁽²⁾	0,15 ± 0,01 cA	0,12 ± 0,01 cA
100	0,21 ± 0,01 bB	0,25 ± 0,01 bA	0,27 ± 0,02 bA
200	0,38 ± 0,01 aA	0,38 ± 0,02 aA	0,37 ± 0,02 aA

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽²⁾ Os números após o sinal ± são valores de erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de N, ao aumentar o acúmulo de B na parte aérea do capim, intensificou a extração do micronutriente. Após as três remoções da parte aérea, sem contar aquela realizada em virtude do corte de uniformização, foram extraídos 0,21, 0,76, 0,24 e 0,91 mg/vaso de B, respectivamente, sem aplicação de N e B, com aplicação da dose de N mais alta apenas, com aplicação da dose de B mais alta

apenas e com aplicações das doses de N e B mais altas (Tabela 14). Os números mostram claramente o efeito acentuado do N na extração de B. O aumento na extração de B em razão da adubação nitrogenada é preocupante em pastagens intensivamente manejadas.

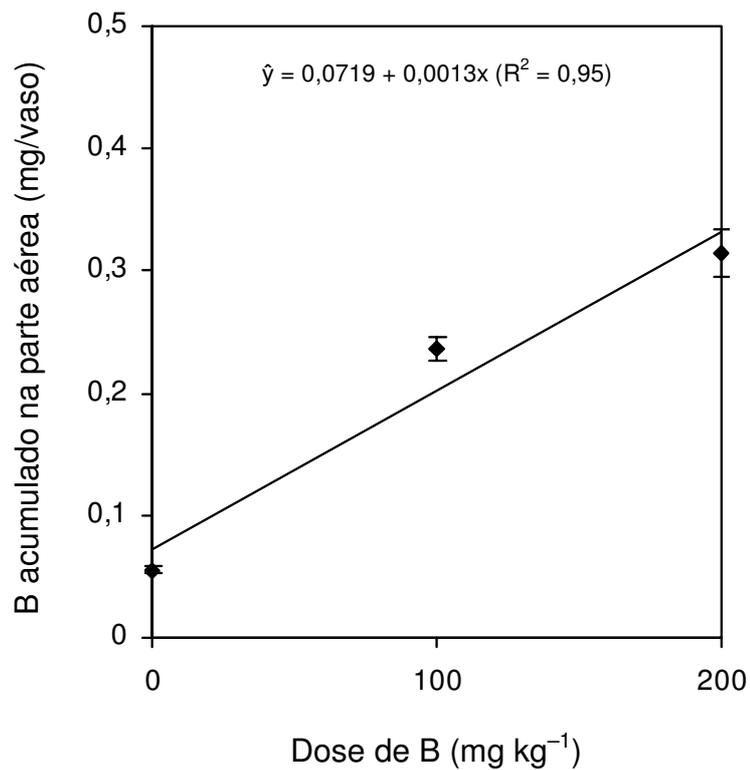


Figura 23 Acúmulo de B na parte aérea do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento em função de doses de N. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

Nessas pastagens, empregam-se doses elevadas de N para atingir e manter índices elevados de produtividade de forragem. Como visto acima, a produção de mais forragem intensifica a extração de B. O aumento na extração de B pode diminuir tanto a disponibilidade de B no solo a ponto de não mais atender a demanda do capim. A insuficiência de B na planta desencadearia o aparecimento de sintomas de deficiência e certamente traria prejuízos à produtividade do pasto e à qualidade da forragem. Embora

neste trabalho não tenha sido verificada deficiência de B no capim-tifton 85, os resultados apresentados aqui sugerem que o distúrbio nutricional pode vir a ocorrer caso não seja feita nenhuma reposição de B. MATTOS & COLOZZA (1986) mostraram-se preocupados com a possibilidade de ocorrência de deficiência de B, assim como a de outros micronutrientes, em pastagens intensivamente manejadas, que recebem quantidades elevadas de fertilizante nitrogenado. O problema pode incidir precocemente em pastos destinados à fenação, nos quais os nutrientes contidos na forragem enfardada são definitivamente removidos do campo, não havendo qualquer retorno à pastagem.

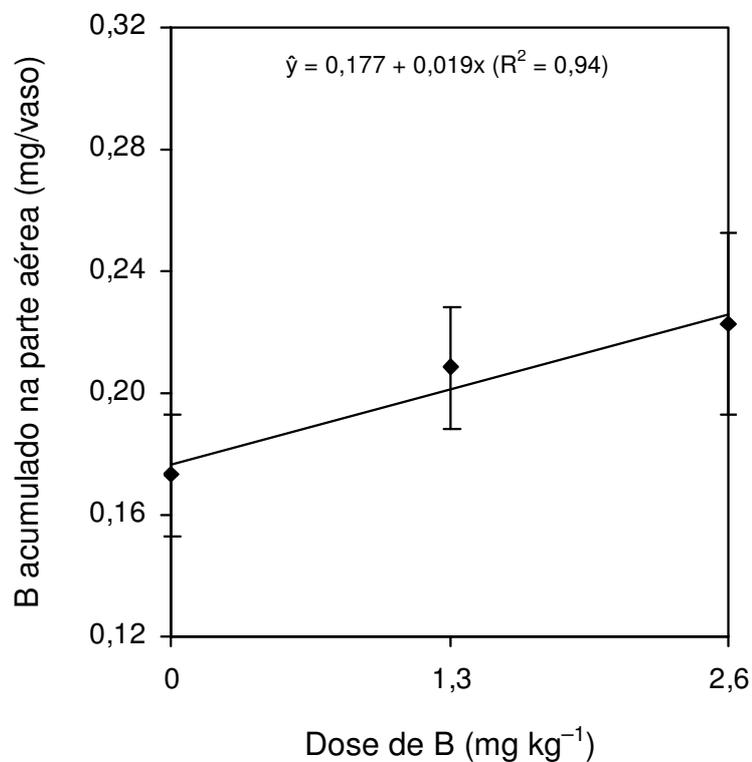


Figura 24 Acúmulo de B na parte aérea do capim-tifton 85 no segundo ciclo de crescimento em função de doses de B. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

A recuperação aparente de B, considerando apenas o extraído com a remoção da parte aérea do capim-tifton 85, nos três ciclos de crescimento, foi diminuindo com o

aumento da dose de B (Tabela 14). SANTOS et al. (2004) constataram que o aumento na concentração de B na solução nutritiva também diminuiu o percentual de B recuperado pela alfafa cv. Crioula.

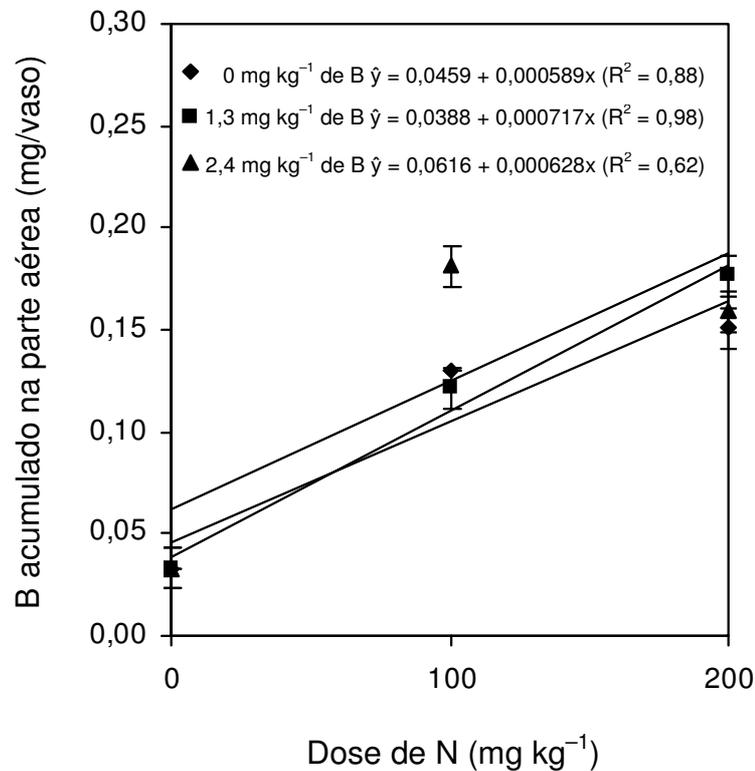


Figura 25 Acúmulo de B na parte aérea do capim-tifton 85 no terceiro ciclo de crescimento em função de doses de N e B. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

Ao contrário do que ocorreu com a dose de B, o suprimento crescente de N aumentou a recuperação de B (Tabela 14). Resultados de outros estudos também mostram o benefício da aplicação de um nutriente na recuperação do outro. No trabalho de CARVALHO et al. (1991), por exemplo, o aumento nas doses de K fez com que o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) recuperasse mais N.

Os valores entre parênteses contidos na Tabela 14 apontam que a recuperação de B foi baixa, não excedendo 30%. Para alfafa cv. Crioula, SANTOS et al. (2004)

notaram que a porcentagem de B recuperado da solução nutritiva chegou até 90%. A discrepância entre os valores está relacionada a diversos fatores.

Tabela 14 Extração cumulativa de B pela remoção da parte aérea do capim-tifton 85 nos três ciclos de crescimento em função de doses de N e B.

Dose de N (mg kg ⁻¹)	B extraído nos três ciclos de crescimento (mg/vaso)		
	Dose de B (mg kg ⁻¹)		
	0	1,3	2,6
0	0,21	0,21 (6%) ⁽¹⁾	0,24 (4%)
100	0,55	0,59 (17%)	0,78 (11%)
200	0,76	0,91 (30%)	0,91 (13%)

⁽¹⁾ Os números entre parênteses representam a recuperação aparente de B (RAB), isto é, o percentual do micronutriente extraído do vaso, nos três ciclos de crescimento, em relação ao total aplicado (RAB (%) = quantidade de B extraída por vaso/quantidade de B aplicada por vaso × 100).

O primeiro deles é que, para avaliação da recuperação, considerou-se a planta inteira de alfafa e somente a parte aérea do capim-tifton 85. Mesmo que o B absorvido pelas raízes seja preferencialmente transportado para a parte aérea das plantas (ASA et al., 1997; SANTOS et al. 2004; MATOH & OCHIAI, 2005), o B acumulado nas raízes da alfafa contribuiu para que ela recuperasse mais B. Outro ponto a favor da maior recuperação de B pela alfafa foi a concentração diminuta de B na solução (0,0625 mg L⁻¹), considerando que a porcentagem de B recuperado é inversamente proporcional à quantidade aplicada. O terceiro fator identificado – e talvez o mais importante – é o meio em que o B foi aplicado. No caso da alfafa, a fonte foi colocada na água e depois se dissolveu. O B dissolvido deve ter ficado totalmente livre para absorção, pois, em princípio, a solução nutritiva não teria partículas coloidais capazes de reter B. No caso do capim, a fonte foi misturada com o solo e, depois de absorver água, dissolveu-se. Uma parte do B dissolvido pode ter reagido com colóides orgânicos e inorgânicos, perdendo sua solubilidade. O B insolúvel não é disponível, isto é, não pode ser absorvido pelas raízes e essa diminuição no potencial de absorção certamente contribuiu para a baixa recuperação do micronutriente.

4.6 Teor de B disponível no solo

Com exceção da dose de N, todos os fatores e todas as interações tiveram efeito no teor de B disponível no solo no dia do plantio do capim-tifton 85 (Tabela 15).

Tabela 15 Teor de B disponível no solo no dia do plantio do capim-tifton 85 e no final do primeiro (1 CC) e do terceiro (3 CC) ciclo de crescimento em função de doses de N e doses e fontes de B.

Fonte de variação	Teor de B no solo (mg dm ⁻³)		
	Época		
Dose de N (mg kg ⁻¹)	No dia do plantio	Final do 1 CC	Final do 3 CC
0	0,83 ± 0,11 ⁽¹⁾	0,52 ± 0,08	0,32 ± 0,04
100	0,89 ± 0,13	0,50 ± 0,08	0,25 ± 0,03
200	0,80 ± 0,11	0,68 ± 0,12	0,37 ± 0,03
Dose de B (mg kg ⁻¹)			
0	0,20 ± 0,01	0,16 ± 0,00	0,15 ± 0,01
1,3	0,80 ± 0,07	0,54 ± 0,04	0,31 ± 0,02
2,6	1,53 ± 0,13	1,00 ± 0,08	0,48 ± 0,03
Fonte de B ⁽²⁾			
CF	0,35 ± 0,02	0,47 ± 0,07 b ⁽³⁾	0,27 ± 0,03
CM	1,32 ± 0,15	0,64 ± 0,11 a	0,37 ± 0,04
H ₃ BO ₃	0,86 ± 0,09	0,60 ± 0,11 a	0,30 ± 0,02
		F ⁽⁴⁾	
Dose de N (N)	1,9NS	7,2**	20,6**
Dose de B (B)	401,7**	135,9**	162,8**
Fonte de B (FB)	210,0**	6,1**	18,3**
N × B	3,2*	4,1*	3,7**
N × FB	2,8*	1,3NS	7,5**
B × FB	69,2**	2,4NS	5,5**
N × B × FB	2,5*	1,4NS	2,4*
CV (%)	26,5	27,2	21,4

⁽¹⁾ Os números após o sinal ± são valores de erro padrão da média.

⁽²⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽³⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽⁴⁾ Valor da razão de F e significância. NS, * e **: não-significativo, significativo a 5% de probabilidade e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

O desdobramento da interação N × B está apresentado na Figura 26. Observa-se que a dose de N intermediária aumentou um pouco mais o teor de B disponível em relação às demais. Mas o efeito dessa dose é inconsistente com o procedimento experimental, uma vez que a amostra de solo foi coletada antes do plantio e o N foi

aplicado depois do corte de uniformização, não tendo, portanto, qualquer interferência real no teor de B.

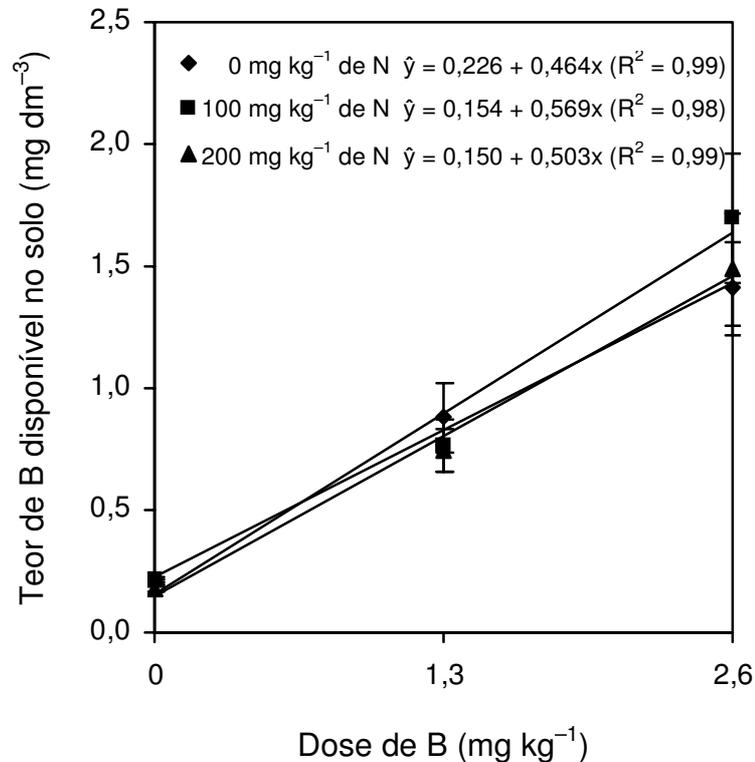


Figura 26 Teor de B disponível no solo no dia do plantio do capim-tifton 85 em função de doses de N e B. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

O desdobramento da interação N × FB está apresentado na Tabela 16. O N alterou o teor de B disponível no solo somente na fonte CM. Assim como explicado acima, esse efeito do N é inconsistente com os procedimentos experimentais. Por outro lado, o efeito da fonte de B foi consistente. A capacidade das fontes em aumentar a disponibilidade de B teve a seguinte ordem: CF < H₃BO₃ < CM.

O desdobramento da interação B × FB está apresentado na Tabela 17. Nota-se que a aplicação de B aumentou o teor de B disponível no solo. Porém, o aumento foi menos expressivo com a CF do que com a CM e o H₃BO₃. Conseqüentemente, a CF

precisa ser aplicada em uma dose superior à da CM ou do H_3BO_3 para aumentar, na mesma proporção, o teor de B no solo. ESMERINI (2004) verificou que, para doses iguais de B, a CF aumentou menos a disponibilidade de B do que a CM e o bórax.

Tabela 16 Teor de B disponível no solo no dia do plantio do capim-tifton 85 em função de doses de N e fontes de B.

Dose de N ($mg\ kg^{-1}$)	Teor de B disponível no solo ($mg\ dm^{-3}$)		
	Fonte de B ⁽¹⁾		
	CF	CM	H_3BO_3
0	$0,33 \pm 0,04\ aC^{(2)}$	$1,30 \pm 0,22\ abA$	$0,86 \pm 0,16\ aB$
100	$0,40 \pm 0,05\ aC$	$1,47 \pm 0,31\ aA$	$0,81 \pm 0,15\ aB$
200	$0,33 \pm 0,03\ aC$	$1,18 \pm 0,25\ bA$	$0,90 \pm 0,17\ aB$

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H_3BO_3 : ácido bórico.

⁽²⁾ Os números após o sinal \pm são valores de erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 17 Teor de B disponível no solo no dia do plantio do capim-tifton 85 em função de doses e fontes de B.

Dose de B ($mg\ kg^{-1}$)	Teor de B disponível no solo ($mg\ dm^{-3}$)		
	Fonte de B ⁽¹⁾		
	CF	CM	H_3BO_3
0	$0,19 \pm 0,01\ bA^{(2)}$	$0,21 \pm 0,02\ cA$	$0,19 \pm 0,01\ cA$
1,3	$0,33 \pm 0,01\ bC$	$1,27 \pm 0,09\ bA$	$0,79 \pm 0,02\ bB$
2,6	$0,54 \pm 0,02\ aC$	$2,47 \pm 0,15\ aA$	$1,59 \pm 0,03\ aB$

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H_3BO_3 : ácido bórico.

⁽²⁾ Os números após o sinal \pm são valores de erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Geralmente, a solubilidade de um elemento essencial em uma fonte determina a eficiência do fertilizante no aumento da disponibilidade do nutriente no solo para as plantas. A afirmação explica, pelo menos em parte, a capacidade diferencial das fontes de B em aumentar o teor de B disponível no solo. A CF aumentou menos o teor de B no solo em comparação com a CM e o H_3BO_3 , provavelmente por ela ter apresentado o menor teor de B solúvel em água quente (Tabela 2). A água quente parece ser o

extrator mais adequado para caracterizar a solubilidade de B em produtos refinados e minerais moídos (GALVANI JÚNIOR, 2003).

A baixa solubilidade de B na CF pode estar relacionada a problemas ocorridos durante a obtenção desse tipo de termofosfato magnésiano boratado. De acordo com SHORROCKS (1997), a fonte de B a ser fundida junto com a rocha fosfática não deve conter água ou deve ser muito pouco hidratada, para que não haja liberação brusca de vapor d'água durante o processo industrial, a fim de não interrompê-lo. A interrupção poderia resultar em fusão incompleta do material, impedindo a quebra total da estrutura cristalina dos minerais, o que, em tese, minimizaria a solubilidade de B no produto acabado. A colemanita possui cinco moléculas de água em sua composição (DANA, 1969). Apesar de ser hidratada, é praticamente impossível que essa fonte venha a paralisar a linha de produção pela vaporização aguda de água, pois a quantidade do fertilizante boratado colocada no alto-forno é muito pequena em comparação com a das outras matérias-primas. Assim, é mais provável que a colemanita, ao aquecer-se, devido à alta temperatura, tenha se combinado com outras moléculas, o que resultou em um produto com solubilidade de B em água quente mais baixa do que a colemanita pura simplesmente misturada com o termofosfato (Tabela 2).

A recuperação de B pelo extrator $BaCl_2$ variou entre as fontes. É o que mostram os coeficientes angulares (b) das equações de regressão que relacionam o teor de B disponível no solo em função das doses de B aplicadas com cada fonte (Tabela 18). O extrator recuperou cerca de 13%, 87% e 54% do B aplicado, respectivamente, com a CF, CM e H_3BO_3 . ESMERINI (2004) observou que a recuperação de B pelo mesmo extrator foi maior com bórax e CM do que com CF.

O fator que determinou a menor recuperação de B com a aplicação de CF deve ter sido a baixa solubilidade de B na fonte. Em princípio, quanto menor a solubilidade de um nutriente no fertilizante, menor também é sua liberação no solo e, conseqüentemente, uma menor quantidade do elemento é removida pelo extrator. Apesar de lógica, essa seqüência não explica de modo satisfatório a influência das fontes CM e H_3BO_3 na recuperação do B aplicado. Em razão do mais alto teor de B solúvel (Tabela 2), esperava-se que o H_3BO_3 conferisse maior recuperação de B em

relação à CM, mas como visto, não foi isso que ocorreu. Foi recuperado menos B aplicado com H₃BO₃ do que com CM. A baixa recuperação relativa de B aplicado como H₃BO₃ indica que reações ocorridas no solo o tornaram pouco solúvel.

Tabela 18 Equações de regressão entre teor de B disponível no solo (\hat{y} , mg dm⁻³) no dia do plantio do capim-tifton 85 e doses de B (mg kg⁻¹) aplicadas com diferentes fontes.

Fonte de B ⁽¹⁾	Equação	R ²⁽²⁾
CF	$\hat{y} = 0,180 + 0,133x$	0,99
CM	$\hat{y} = 0,188 + 0,868x$	0,99
H ₃ BO ₃	$\hat{y} = 0,161 + 0,535x$	0,99

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H₃BO₃: ácido bórico.

⁽²⁾ R²: coeficiente de determinação da equação de regressão.

O H₃BO₃ e seus íons, formados após a incorporação de hidroxila(s) (OH⁻) à molécula do ácido, podem ser adsorvidos na superfície dos óxidos de ferro e dos óxidos de alumínio (SU & SUAREZ, 1995; GOLDBERG, 1999; PEAK et al., 2003; XU & PEAK, 2006), do alofano (SU & SUAREZ, 1995), da calcita (GOLDBERG & FORSTER, 1991), da caulinita (SU & SUAREZ, 1995; GOLDBERG, 1999), da montmorilonita e da illita (GOLDBERG, 1999), bem como na dos ácidos húmicos (LEMARCHAND et al., 2005). A presença desses colóides em solos faz com que o B seja adsorvido no solo (GOLDBERG, 1997; ALLEONI & CAMARGO, 2000; AZEVEDO et al., 2001).

A adsorção controla a solubilidade do B no solo e, por conseguinte, sua disponibilidade às plantas (GOLDBERG et al., 2005). Logo, mudanças na solubilidade do B decorrentes da variação na adsorção devem ser detectadas por extratores químicos capazes de estimar a disponibilidade do micronutriente para as culturas. A detecção é verificada pelo grau de recuperação do elemento. O extrator recuperará mais quanto maior a solubilidade, portanto, quanto menor a adsorção. Recuperará menos quanto menor a solubilidade, portanto, quanto maior a adsorção.

Entre os numerosos fatores que influenciam a intensidade da adsorção, o pH do solo é um dos mais importantes. Segundo GOLDBERG (1997), a adsorção de B em solos aumenta com o aumento do pH na faixa de 3 a 9. CRUZ et al. (1987) verificaram

que o aumento do pH de 4,2 a 5,6 aumentou a quantidade de B adsorvido em Latossolo Vermelho.

No dia do plantio do capim-tifton 85, o solo tinha pH $6,2 \pm 0,0$ (Tabela 19). É provável que 20 dias antes, quando o H_3BO_3 foi aplicado, o solo tenha tido pH igual ou ligeiramente inferior a 6,2, valor que favorece a adsorção de B, de acordo com a exposição feita. Como H_3BO_3 pode ser adsorvido e a adsorção é uma reação que se completa com relativa rapidez, cerca de horas ou poucos dias (CHOI & CHEN, 1979; COMMUNAR & KEREN, 2006), acredita-se que grande parte do H_3BO_3 aplicado foi retida na superfície dos colóides do solo, diminuindo, conseqüentemente, a solubilidade do B, o que resultou em baixa recuperação do elemento pelo extrator $BaCl_2$, na avaliação feita no dia do plantio do capim (Tabela 18).

Tabela 19 Valor de pH ($CaCl_2$) do solo no dia do plantio do capim-tifton 85 e no final do primeiro (1 CC) e do terceiro (3 CC) ciclo de crescimento em função de doses de N⁽¹⁾.

Dose de N ($mg\ kg^{-1}$)	No dia do plantio	No final do 1 CC	No final do 3 CC
0	$6,2 \pm 0,0$	$6,5 \pm 0,0$	$6,5 \pm 0,0$
100	$6,2 \pm 0,0$	$6,1 \pm 0,0$	$5,5 \pm 0,0$
200	$6,2 \pm 0,0$	$5,9 \pm 0,0$	$5,2 \pm 0,0$

⁽¹⁾ O N foi aplicado no início de cada ciclo de crescimento.

Se esse raciocínio está correto, então a CM proporcionou maior recuperação do B aplicado, em relação às outras fontes, porque havia maior quantidade de B solúvel no solo. Nesse caso, porém, a maior solubilidade de B não foi decorrente da menor capacidade de adsorção de B no solo, pois os solos de todos os vasos eram do mesmo tipo, portanto, tinham a mesma habilidade para adsorver o nutriente. Em vista disso, a CM preveniu de alguma forma que grande parte do B liberado fosse adsorvida. O mecanismo de prevenção parcial de adsorção do B liberado pela CM não é conhecido. Contudo, deve estar relacionado com a solubilidade do B na fonte.

Entre as fontes, a CM teve teor intermediário de B solúvel em água quente (Tabela 2). Essa solubilidade intermediária deve ter conferido liberação gradual de B no solo, evitando que uma grande quantidade do micronutriente fosse liberada e ficasse

sujeita à adsorção. O abastecimento contínuo da solução do solo com B proveniente da CM pode ter sido a causa da maior recuperação de B pelo extrator $BaCl_2$.

A dose de N, a dose de B, a fonte de B e a interação N × B tiveram efeito no teor de B disponível no solo no final do primeiro ciclo de crescimento do capim-tifton 85 (Tabela 15). O desdobramento da interação N × B está apresentado na Figura 27. A aplicação de B aumentou linearmente o teor de B no solo, mas aumentou ainda mais em associação à dose de N mais alta.

O aumento na disponibilidade de B no solo com a maior dose de N chama atenção. O fenômeno ainda não tem uma explicação concreta, mas, na tentativa de explicá-lo, sugere-se que a dose de N aumentou a desorção de B e isso aumentou sua solubilidade e, portanto, sua disponibilidade. O que reforça a hipótese é a diminuição, ainda que pequena, do pH do solo com essa dose de N (Tabela 19). O abaixamento do pH pode ajudar o B a desorver-se, embora a reversibilidade da reação de adsorção nem sempre ocorra (GOLDBERG, 1997).

Quanto às fontes de B, a CF proporcionou teor de B inferior aos proporcionados pela CM e pelo H_3BO_3 , que não diferiram entre si (Tabela 15). Novamente, a CF teve desempenho inferior em relação às outras fontes.

Ao contrário do que ocorreu no dia do plantio do capim (Tabela 18), no final do primeiro ciclo não foi possível detectar variação na recuperação de B pelo extrator em função das fontes, pois a interação B × FB não teve efeito no teor de B disponível no solo (Tabela 15). Isso comprova que o efeito das fontes na recuperação de B é dependente do aumento diferencial que elas promovem na disponibilidade de B.

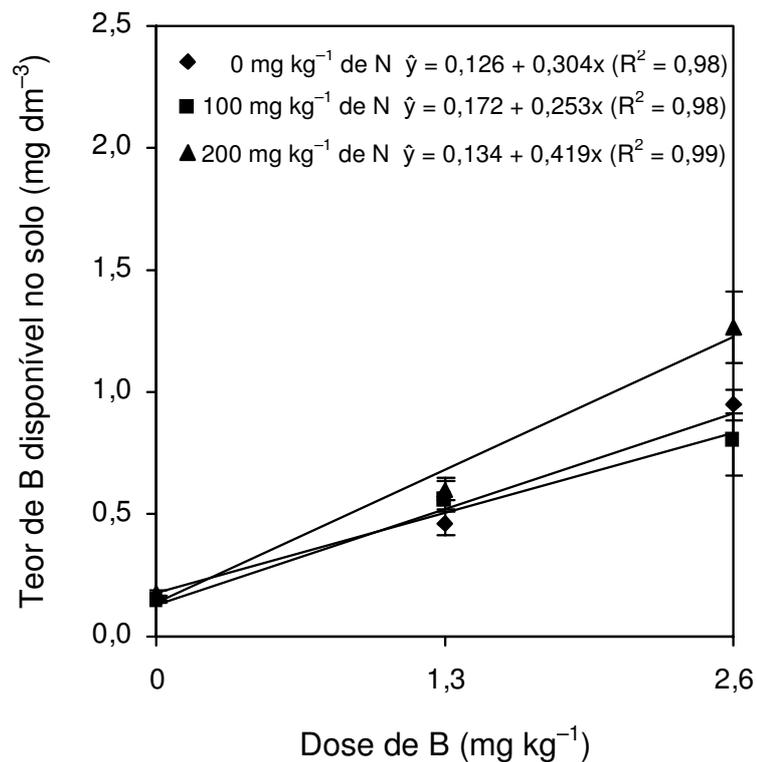


Figura 27 Teor de B disponível no solo após o primeiro ciclo de crescimento do capim-tifton 85 em função de doses de N e B. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

Todos os fatores e todas as interações tiveram efeito no teor de B disponível no solo após o terceiro ciclo de crescimento do capim-tifton 85 (Tabela 15). O desdobramento da interação N × B está apresentado na Figura 28. Verifica-se que a aplicação de B aumentou linearmente a disponibilidade de B em todas as doses de N. Porém, o aumento foi menor com a dose de N intermediária, provavelmente porque ela intensificou a remoção de B do solo (Tabela 14). Por outro lado, o aumento foi maior com a dose de N mais alta, apesar de também ter intensificado a remoção (Tabela 14).

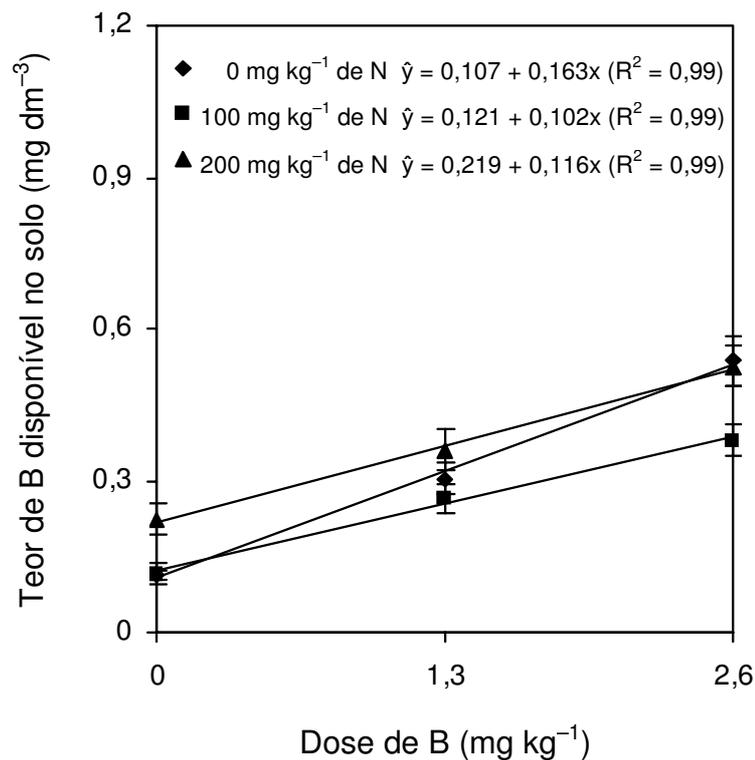


Figura 28 Teor de B disponível no solo no final do terceiro ciclo de crescimento do capim-tifton 85 em função de doses de N e B. As linhas verticais que passam pelos pontos representam valores de erro padrão da média.

O desdobramento da interação N × FB está apresentado na Tabela 20. A aplicação de N associada com a CF não influenciou o teor de B, mas em associação com outras fontes o influenciou. Com a CM, a dose de N intermediária resultou no menor teor de B. Com o H₃BO₃, a dose de N mais alta foi a única que aumentou o teor. A CM foi superior às demais em todas as doses de N, exceto na intermediária, em que não houve diferença entre elas.

O desdobramento da interação B × FB está apresentado na Tabela 21. Constatase que o aumento na dose de B aumentou progressivamente o teor de B. Quanto às fontes, a CM foi a melhor em termos de disponibilidade de B no solo.

A recuperação de B pelo extrator BaCl_2 em função das fontes de B (Tabela 22) seguiu a mesma tendência que a ocorrida no dia do plantio do capim, obedecendo a ordem: $\text{CM} > \text{CF} > \text{H}_3\text{BO}_3$.

Tabela 20 Teor de B disponível no solo no final do terceiro ciclo de crescimento do capim-tifton 85 em função de doses de N e fontes de B.

Dose de N (mg kg^{-1})	Teor de B disponível no solo (mg dm^{-3})		
	Fonte de B ⁽¹⁾		
	CF	CM	H_3BO_3
0	$0,27 \pm 0,07 \text{ aB}^{(2)}$	$0,42 \pm 0,08 \text{ aA}$	$0,26 \pm 0,04 \text{ bB}$
100	$0,25 \pm 0,05 \text{ aA}$	$0,24 \pm 0,06 \text{ bA}$	$0,27 \pm 0,03 \text{ bA}$
200	$0,28 \pm 0,04 \text{ aC}$	$0,46 \pm 0,06 \text{ aA}$	$0,37 \pm 0,07 \text{ aB}$

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H_3BO_3 : ácido bórico.

⁽²⁾ Os números após o sinal \pm são valores de erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 21 Teor de B disponível no solo no final do terceiro ciclo de crescimento do capim-tifton 85 em função de doses e fontes de B.

Dose de B (mg kg^{-1})	Teor de B disponível no solo (mg dm^{-3})		
	Fonte de B ⁽¹⁾		
	CF	CM	H_3BO_3
0	$0,12 \pm 0,02 \text{ cA}^{(2)}$	$0,17 \pm 0,04 \text{ cA}$	$0,17 \pm 0,01 \text{ cA}$
1,3	$0,24 \pm 0,02 \text{ bB}$	$0,36 \pm 0,05 \text{ bA}$	$0,32 \pm 0,03 \text{ bA}$
2,6	$0,44 \pm 0,04 \text{ aB}$	$0,59 \pm 0,04 \text{ aA}$	$0,41 \pm 0,04 \text{ aB}$

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H_3BO_3 : ácido bórico.

⁽²⁾ Os números após o sinal \pm são valores de erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 22 Equações de regressão entre teor de B disponível no solo (\hat{y} , mg dm^{-3}) no final do terceiro ciclo de crescimento do capim-tifton 85 e doses de B (mg kg^{-1}) aplicadas com diferentes fontes.

Fonte de B ⁽¹⁾	Equação	R^2 ⁽²⁾
CF	$\hat{y} = 0,103 + 0,126x$	0,98
CM	$\hat{y} = 0,162 + 0,164x$	0,99
H_3BO_3	$\hat{y} = 0,183 + 0,091x$	0,97

⁽¹⁾ CF: colemanita fundida ao termofosfato; CM: colemanita em mistura com termofosfato; H_3BO_3 : ácido bórico.

⁽²⁾ R^2 : coeficiente de determinação da equação de regressão.

É interessante notar que para CM e H₃BO₃ os valores de recuperação de B no final do terceiro ciclo de crescimento foram muito menores dos que os obtidos no dia do plantio do capim (Tabelas 18 e 22). A diferença mostra que esses fertilizantes boratados foram perdendo o efeito residual com o passar dos ciclos. No caso da CF, não houve diminuição expressiva na quantidade de B recuperado nesse período (Tabelas 18 e 22), indicando que a fonte, apesar de aumentar pouco o teor de B disponível, pode proporcionar efeito residual mais prolongado.

Os resultados apresentados aqui sobre a recuperação de B pelo extrator BaCl₂ mostram dois pontos importantes. Primeiro, o extrator foi sensível em detectar variações causadas pelas fontes no teor de B disponível no solo. Segundo, o extrator foi sensível também em detectar a diminuição do efeito residual de fertilizantes boratados de média a alta solubilidade de B (CM e H₃BO₃). São constatações relevantes, visto que estudos sobre a eficiência de extratores químicos para avaliação da disponibilidade de B no solo não levam em consideração o efeito da solubilidade do micronutriente na fonte, tampouco o efeito residual dos fertilizantes boratados (BATAGLIA & RAIJ, 1989; BELL, 1997).

Considerando todos os fatores e todas as interações, o teor de B disponível no solo variou de 0,12 (Tabela 21) a 2,47 mg dm⁻³ (Tabela 17). De acordo com as faixas de interpretação de teores de micronutrientes em solos para culturas no Estado de São Paulo sugeridas por RAIJ et al. (1997), os respectivos valores são considerados baixo e alto. Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a faixa é inadequada para interpretação do teor de B no solo para o capim-tifton 85. Apesar do baixo teor de B, não houve resposta produtiva do capim à aplicação de fertilizantes boratados. Portanto, o teor não poderia ser interpretado como baixo. Contudo, os próprios autores (RAIJ et al., 1997) lembram que a interpretação de teores de micronutrientes em solos pode ser aperfeiçoada pela consideração de diferentes espécies vegetais. Os teores B no solo considerados baixos para o capim-tifton 85 devem ser inferiores a 0,12 mg dm⁻³ (extrator: BaCl₂).

A combinação entre o baixo teor de B disponível no solo e a falta de resposta produtiva do capim-tifton 85 à aplicação de fertilizante boratado reforça a hipótese de

que ele apresenta baixa exigência em B, apesar de ser enquadrado por WERNER et al. (1997) no grupo de gramíneas forrageiras exigentes em fertilidade do solo.

Independentemente dos fatores estabelecidos neste trabalho, o teor de B no solo foi diminuindo com a sucessão dos ciclos de crescimento do capim-tifton 85 (Tabela 15), o que significa que a extração de B com a remoção da parte aérea contribuiu para diminuir a disponibilidade do micronutriente no solo. Em vista disso, remover fardos de feno de pastagens que não recebem fertilizante boratado pode exaurir as reservas de B do solo com o tempo. A exaustão causaria deficiência na planta e, em decorrência do distúrbio, a produtividade do pasto e a qualidade da forragem poderiam ser prejudicadas.

V CONCLUSÕES

A aplicação de N aumentou a massa seca da parte aérea e o número de perfilhos do capim-tifton 85 nos três ciclos de crescimento, bem como aumentou os teores de carboidratos de reserva na base do caule, no primeiro ciclo, e na raiz, no primeiro e no terceiro ciclo.

A aplicação de B aumentou somente os teores de carboidratos de reserva na base do caule do capim no primeiro ciclo.

A colemanita em mistura com termofosfato e o ácido bórico aumentaram mais o teor de B disponível no solo do que a colemanita fundida ao termofosfato.

Independentemente da dose e da fonte de B, a adubação nitrogenada intensificou a extração de B do solo. Apesar disso, o teor inicial de B no solo ($0,15 \text{ mg dm}^{-3}$) foi suficiente para atender as necessidades do capim-tifton 85 nos três ciclos de crescimento.

VI REFERÊNCIAS

ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; ANDRADE, J.C.; Determinação de boro em água quente, usando aquecimento com microonda. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.231–239.

ABREU, C.A.; RAIJ, B. van; ABREU, M.F.; GONZÁLES, A.P. Routine soil testing to monitor heavy metals and boron. **Scientia Agricola**, v.62, p.564–571, 2005.

ADEGBOLA, A.A.; McKELL, C.M. Effect of nitrogen fertilization on the carbohydrate content of Coastal bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). **Agronomy Journal**, v.58, p.60–64, 1966.

ADJEI, M.B.; MISLEVY, P.; WEST, R.L. Effect of stocking rate on the location of storage carbohydrates in the stubble of tropical grasses. **Tropical Grasslands**, v.22, p.50–56, 1988.

ALLEONI, L.R.F.; CAMARGO, O.A. Boron adsorption in soils from the State of São Paulo, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.423–421, 2000.

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; VERNEQUE, R.S.; BOTREL, M.A. Resposta do coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalo de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.833–840, 1998.

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; VERNEQUE, R.S.; BOTREL, M.A. Resposta do Tifton 68 a doses de nitrogênio e a intervalo de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1875–1882, 2000.

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, p.2345–2352, 1999.

ASAD, A.; BELL, R.W.; DELL, B.; HUANG, L. External boron requirements for canola (*Brassica napus* L.) in boron buffered solution culture. **Annals of Botany**, v.80, p.65–73, 1997.

ATEEQUE, M.; MALEWAR, G.U.; MORE, S.D. Source of phosphorus and boron on yield and chemical composition of sunflower. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, v.41, 100-102, 1993.

AVICE, J.C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Nitrogen and carbon flows estimated by ^{15}N and ^{13}C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. **Plant Physiology**, v.112, 281–290, 1996.

AZEVEDO, W.R.; FAQUIN, W.; FERNANDES, L.A. Adsorção de B em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.957–964, 2001.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)

BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.205–212, 1989.

BELL, R.W. Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. **Plant and Soil**, v.193, p.149–168, 1997.

BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.49, p.481–500, 1998.

BOLAÑOS, L.; LUKASZEWSKI, K.; BONILLA, I.; BLEVINS, D.G. Why boron? **Plant Physiology and Biochemistry**, v.42, p.907–912, 2004.

BOOYSEN, P. de V.; NELSON, C.J. Leaf area and carbohydrate reserves in regrowth of tall fescue. **Crop Science**, v.15, p.262–266, 1975.

BOYCE, P.J.; VOLENEC, J.J. Taproot carbohydrate concentrations and stress tolerance of contrasting alfalfa genotypes. **Crop Science**, v.32 p.757–761, 1992.

BRAGA, G.J.; PINEDO, L.A.; HERLING, V.R.; CERQUEIRA LUZ, P.H. de; LIMA, C.G. Produção de matéria seca e fluxo de tecidos de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 em resposta a doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum**, v.22, p.851–857, 2000.

BRISKE, D.D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber Press, 1991. p.85–108.

BURTON, G.W. Tifton 85 bermudagrass – early history of its creation, selection, and evaluation. **Crop Science**, v.41, p.5–6, 2001.

BURTON, G.W.; GATES, R.N.; HILL, G.M. Registration of ‘Tifton 85’ bermudagrass. **Crop Science**, v.33, p. 644–645, 1993.

BYERS, D.E.; MIKKELSEN, R.L.; COX, F.R. Greenhouse evaluation of four boron fertilizer materials. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, p.717–725, 2001.

CÁCERES, O; SANTANA, H.; DELGADO, R. Influência de la fertilización nitrogenada sobre el valor nutritivo y rendimiento de nutrimentos. **Pastos y Forrajes**, v.12, p.189–195, 1989.

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

CHOI, W.-W; CHEN, K.Y. Evaluation of boron removal by adsorption on solids. **Environmental Science & Technology**, v.13, p.189–196, 1979.

CLAVEL, M.; PARETAS, J.J.; SUAREZ, J.J.; FERNADEZ, D. Diferentes niveles y formas de aplicar el nitrógeno en cuatro gramíneas tropicáis. **Agrotécnica de Cuba**, v.23, p.16–20, 1991.

COMMUNAR, G.; KEREN, R. Rate-limited boron transport in soils: effect of soil texture and solution pH. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.882–892, 2006.

COUTINHO, E.L.M.; CONSOLINI, F.; SCATOLIN, M.; RODRIGUES, L.R.A.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica em pastagem irrigada de Tifton 68. Efeitos no solo, na planta e na produção de matéria seca. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14, 1999, Pucon (Chile). **Anais**. Pucon: Solo-Suelo [1999]. CD ROM.

COUTINHO, E.L.M.; RODRIGUES, L.R.A.; CONSOLINI, F.; SCATOLIN, M.; NATALE, W. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção de matéria seca e na composição mineral do capim Coastcross irrigado. In: REUNIÃO ANUAL DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.299–301.

CRUZ, M.C.P.; NAKAMURA, A.M.; FERREIRA, M.E. Adsorção de boro pelo solo: efeito da concentração e do pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.621–626, 1987.

CUZZUOL, G.R.F.; CARVALHO, M.A.M.; ZAIDAN, L.B.P. Growth, photosynthate partitioning and fructan accumulation in plants of *Vernonia herbacea* (Vell.) Rusby under two nitrogen levels. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, p.401–410, 2005.

DANA, J.D. **Manual de mineralogia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1969. 642p.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. Sward measurement handbook. In: HODSON, J.; BAKER, R.D.; DAVIES, A.; LAIDLAW, A.S.; LEAVER, J.D. (Ed.). **Sward measurement handbook**. Hurley: The British Grassland Society, 1981. p.197–209.

DELL, B.; HUANG, L. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**, v.193, p.103–120, 1997.

DIAS, P.F.; ROCHA, G.P.; OLIVEIRA, A.I.G.; PINTO, J.C.; FILHO, RRR.; SOUTO, S.M. Produtividade e qualidade de gramíneas forrageiras sob adubação nitrogenada no final do período das águas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1191–1197, 1998.

DIXIT, D.; SRIVASTAVA, N.K.; SHARMA, S. Boron deficiency induced changes in translocation of $^{14}\text{CO}_2$ –photosynthate into primary metabolites in relation to essential oil and curcumin accumulation in turmeric (*Curcuma longa* L.). **Photosynthetica**, v.40, p.109–113, 2002.

DONAGHY, D.J.; FULKERSON, W.J. Priority for allocation of water-soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. **Grass and Forage Science**, v.53, p.211–218, 1998.

DONAGHY, D.J.; FULKERSON, W.J. The importance of water-soluble carbohydrate reserves on regrowth and root growth of *Lolium perenne* (L.). **Grass and Forage Science**, v.52, p.401–407, 1997.

EL-SHINTINAWY, F. Structural and functional damage caused by boron deficiency in sunflower leaves. **Photosynthetica**, v.36, p.565–573, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

ESMERINI, G. **Eficiência agrônômica de fontes de boro associadas ao termofosfato**. 2004, 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

EUCLIDES, V.P.B.; ZIMMER, A.H.; VIEIRA, J.M. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 1, 1989, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. p.271–313.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, v.77, p.185–268, 2002.

FAVORETTO, V. Adaptação de plantas forrageiras ao pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2, 1993, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.130–165.

FULKERSON, W.J.; DONAGHY, D.J. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.261–275, 2001.

GALVANI JÚNIOR, R. **Avaliação de materiais de diferentes solubilidades como fonte de boro para alfafa**. 2001, 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.789–799, 2002.

GOLDBERG, S. Reanalysis of boron adsorption on soils and soil minerals using constant capacitance model. **Soil Science Society of America Journal**, v.63, p.823–829, 1999.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, v.193, p.35–48, 1997.

GOLDBERG, S.; CORWIN, D.L.; SUAREZ, D.L. Prediction of boron adsorption by field samples of diverse textures. **Soil Science Society of America Journal**, v.69, p.1379–1388, 2005.

GOLDBERG, S.; FORSTER, H.S. Boron sorption on calcareous soils and reference calcites. **Soil Science**, v.152, p.304–310, 1991.

GONZALES, B.; BOUCAUD, J.; SALETTE, J.; LANGLOIS, J.; DUYME, M. Changes in stubble carbohydrate content during regrowth of defoliated perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) on two nitrogen levels. **Grass and Forage Science**, v.44, p.411–415, 1989.

GUPTA, U.C. Boron nutrition crops. **Advances in Agronomy**, v.31, p.273–307, 1979.

GUPTA, U.C.; JAME, Y.W.; CAMPBELL, C.A.; LEYSHON, A.J.; NICHOLAICHUK, W. Boron toxicity and deficiency: a review. **Canadian Journal of Soil Science**, v.65, p.381–409, 1985.

GUPTA, U.C.; MACLEOD, J.A.; STERLING, J.D.E. Effects of boron and nitrogen on grain yield and boron and nitrogen concentration of barley and wheat. **Soil Science Society of America Journal**, v.40, p.723–726, 1976.

HILL, G.M.; GATES, R.N.; BURTON, G.W. Forage quality and grazing steers performance from Tifton 85 and Tifton 78 bermudagrass pastures. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3219–3225, 1993.

HILL, G.M.; GATES, R.N.; WEST, J.W. Advances in bermudagrass research involving new cultivars for beef and dairy production. **Journal of Animal Science**, v.79, p.E48 – E58, 2001. (E. Suppl.)

HU, H.; BROWN, P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, v.139, p.49–58, 1997.

HU, H.; BROWN, P.H. Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. **Plant Physiology**, v.105, p.681–689, 1994.

HU, H.; BROWN, P.H.; LABAVITCH, J.M. Species variability in boron requirement is correlated with cell wall pectin. **Journal of Experimental Botany**, v.47, p.227–232, 1996.

HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture utilization**. Cambridge: University Press, 1991. 206p.

JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v.34, p. 197–224, 1981.

JEWISS, O.R. Tillering in grasses – its significance and control. **Journal of the British Grassland Society**, v.27, p.65–82, 1972.

JUSTES, E.; MARY, B.; MEYNARD, J.-M.; MACHET, J.-M.; THELIER-HUCHES, L. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. **Annals of Botany**, v.74, p.397–407, 1994.

LAMBERT, M.J.; RYAN, P.J. Boron nutrition of *Pinus radiata* in relation to soil development and management. **Forest Ecology and Management**, v.30, p.45–53, 1990.

LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.773–787, 2002.

LEMARCHAND, E.; SCHOTT, J.; GAILLARDET, J. Boron isotopic fractionation related to boron sorption on humic acid and the structure of surface complexes formed. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.69, p.3510–3533, 2005.

LEMAIRE, G.; SALETTE, J. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effect du milieu. **Agronomie**, v.4, p.423–430, 1984.

MANDEBVU, P.; WEST, J.W.; HILL, G.M.; GATES, R.N.; HATFIELD, R.D.; MULLINIX, B.G.; PARKS, A.H.; CAUDLE, A.B. Comparison of Tifton 85 and Coastal bermudagrasses for yield, nutrient traits, intake, and digestion by growing beef steers. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1572–1586, 1999.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.

MARTIN, R.A. **Doses de nitrogênio e de potássio para produção, composição e digestibilidade dos capins Coastcross 1 e Tifton 85 em um Latossolo Vermelho-Amarelo**. 1997, 109f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

MATOH, T. Boron in plant cell walls. **Plant and Soil**, v.193, p.59–70, 1997.

MATOH, T.; OCHIAI, K. Distribution and partitioning of newly taken-up boron in sunflower. **Plant and Soil**, v.278, p.351–360, 2005.

MAY, L.H. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. **Herbage Abstracts**, v. 30, p.239–245, 1960.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MATTOS, H.B.; COLOZZA, M.T. Micronutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1, 1985, Nova Odessa. **Anais**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.233–256.

MILLER, W.J.; ADAMS, W.E.; NUSSBAUMER, R.; McCREERY, R.A.; PERKINS, H.F. Zinc content of Coastal bermudagrass as influenced by frequency and season of harvest, location, and level of N and lime. **Agronomy Journal**, v.56, p.198–201, 1964.

MONTEIRO, F.A. Adubação em áreas de *Cynodon* para pastejo e conservação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: MANEJO DE PASTAGENS DE

TIFTON, COASTCROSS E ESTRELA. 15, 1998, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.173–202.

MONSON, W.G.; GAINES, T.P. Supplemental boron effects on yield and quality of seven bermudagrasses. **Agronomy Journal**, v.78, p.522–523, 1986.

MOORE, K.J.; MOSER, L.E. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. **Crop Science**, v.35, p.37–43, 1995.

MORRIS, D.L. Quantitative determination of carbohydrates with Dreywood's anthrone reagent. **Science**, v.107, p.254–255, 1948.

MORTVEDT, J.J. Availability of boron in various boronated fertilizers. Soil Science Society of America Proceedings, v.32, p.433–437, 1968.

MORTVEDT, J.J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. **Fertilizer Research**, v.38, p.213–221, 1994.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; SILVA, E.A.M.; QUEIROZ, D.S.; GOMIDE, C.A.M. Características anatômicas da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.890–899, 2002.

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R.; OBEID, J.A.; CECON, P.R.; MORAES, S.A.; SILVEIRA, P.R. Rendimento e valor nutritivo do capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1949–1960, 2000. (Suplemento 1)

O'NEILL, M.A.; ISHII, T.; ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A.G. Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p.109–139, 2004.

PASSOS, L.P. **Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal**. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1996. 223p.

PAULINO, V.T.; GERDES, I.; CARVALHO, D.D.; LUCENA, M.A.C.; AMARO, F.R.; FERREIRA, T.A. Fontes e doses de nitrogênio na produção, teor de proteína bruta e perfilhamento do capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais**. Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.142–144.

PEAK, D.; LUTHER, III, G.W.; SPARKS, D.L. ATR-FTIR spectroscopic studies of acid boric adsorption on hydrous ferric oxide. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.67, p.2551–2560, 2003.

PEARCE, S.C. The factorial field experiment. **Experimental Agriculture**, v.41, p.109–120, 2005.

PEDREIRA, C.G.S. Avaliação de novas gramíneas do gênero *Cynodon* para a pecuária do sudeste dos Estados Unidos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*. 1, 1996, Juiz de Fora. **Anais**. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1996. p.111–125.

PEDREIRA, C.G.S.; SOLLENBERGER, L.E.; MISLEVY, P. Botanical composition, light interception, and carbohydrate reserve status of grazed 'Florakirk' bermudagrass. **Agronomy Journal**, v.92, p.194–199, 2000.

PLÉNET, D.; LEMAIRE, G. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. **Plant and Soil**, v.216, p.65–82, 1999.

PREMAZZI, L.M. **Crescimento do capim-Tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio**. 2001, 93f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

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, p.1–16, 2002.

PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A.; CORRENTE, J.E. Tillering of Tifton 85 bermudagrass in response to nitrogen rates and time of application after cutting. **Scientia Agricola**, v.60, p.565–571, 2003.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastacross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.247–253, 2005.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

REIS, R.A.; GARCIA, R.; GOMIDE, J.A.; OBEID, J.A. Efeitos dos regimes de cortes nos níveis de carboidratos totais não estruturais do capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.14, p.522–528, 1985.

ROCHA, G.P.; EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de gramíneas tropicais. **Pasturas Tropicais**, v.22, p.4–8, 2000.

RODRIGUES, L.R.A.; MOTT, G.O.; VEIGA, J.B.; OCUMPAUGH, W.R. Effects of grazing management on leaf area and total nonstructural carbohydrates of dwarf elephantgrass. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.195–201, 1987.

ROWELL, A.W.G.; GRANT, P.M. A comparison of fertilizer borate and colemanite incorporated in granular fertilizers. **Rhodesian Journal of Agricultural Research**, v.13, p.63–66, 1975.

SANTOS, A.R.; MATTOS, W.T.; ALMEIDA, A.A.S.; MONTEIRO, F.A.; CORRÊA, B.D.; GUPTA, U.C. Boron nutrition and yield of alfalfa cultivar Crioula in relation to boron supply. **Scientia Agricola**, v.61, p.496–500, 2004.

SARMENTO, P.; NASCIMENTO, R.C.; MARTINS, A.T.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento do capim-tifton 85 em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Boletim de Indústria Animal**, v.63, p.11–18, 2006.

SHEARD, R.W. Organic reserves and plant regrowth. In: BUTLER, G.W.; BAILEY, R.W. **Chemistry and biochemistry of herbage**. Vol.2. London: Academic Press, 1973. p.354–377.

SHERREL, C.G. Comparison of materials of different solubility as sources of boron for plants. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v.11, p.325–329, 1983.

SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant and Soil**, v.193, p. 121–148, 1997.

SILVA, A.R. **Adubação com nitrogênio e zinco para o capim-Tifton 85: efeitos no solo e na planta em sucessivos crescimentos**. 2003, 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

SILVA, A.R.; COUTINHO, E.L.M. Adubação com nitrogênio e zinco para o capim-Tifton 85: efeitos no solo e na planta em sucessivos crescimentos. **Científica**, v.32, p.65–74, 2004.

SILVEIRA, J.A.G.; CROCOMO, O.J. Biochemical and physiological aspects of sugarcane (*Saccharum* spp.). I. Effects of NO_3^- -nitrogen concentration on the metabolism of sugar and nitrogen. **Energia Nuclear na Agricultura**, v.3, p.19–33, 1981.

SINCLAIR, T.R.; RAY, J.D.; MISLEVY, L.M., PREMAZZI, L.M. Growth of subtropical forage grasses under extended photoperiod during short-daylength months. **Crop Science**, v.43, p.618–623, 2003.

SINCLAIR, T.R.; RAY, J.D.; PREMAZZI, L.M.; MISLEVY, L.M. Photosynthetic photon flux density influences grass responses to extended photoperiod. **Environmental and Experimental Botany**, v.51, p.69–74, 2004.

SHINDE, D.A.; SOLANKEY, B.S.; VERMA, R.P.; MARATHE, B.E.; DIXIT, P.K. Response of soybean to boron and phosphorus application in Kamaliakheri (Vertic Ustochrept) soil series as influenced by micro-climate. **Fertiliser News**, v.39, p.31-33, 1990.

SKINNER, R.H.; MORGAN, J.A.; HANSON, J.D. Carbon and nitrogen reserves mobilization following defoliation: nitrogen and elevated CO₂ effects. **Crop Science**, v.39, p.1749–1756, 1999.

SMITH, D. The nonstructural carbohydrates. In: BUTLER, G.W.; BAILEY, R.W. **Chemistry and biochemistry of herbage**. Vol.1. London: Academic Press, 1973. p.105–155.

SU, C.; SUAREZ, D.L. Coordination of adsorbed boron: a FTIR spectroscopic study. **Environmental Science & Technology**, v.29, p.302–311, 1995.

TERMAN, G.L.; BROWN, B.A. Crop responses to boronated fused tricalcium phosphates. **Soil Science**, v.86, p.47–53, 1958.

T MANNETJE, L. Advances in grassland science. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.50, p.195–221, 2002.

TRENHOLM, L.E.; DUDECK, A.E.; SARTAIN, J.B.; CISAR, J.L. Bermudagrass growth, total nonstructural carbohydrate concentration, and quality as influenced by nitrogen and potassium. **Crop Science**, v.38, p.168–174, 1998.

VALE, F.; ALCARDE, J.C. Solubilidade e disponibilidade dos micronutrientes em fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.441–451, 1999.

VANTINI, P.P. **Características morfofisiológicas do capim-Tanzânia em função de doses de nitrogênio e idades da planta**. 2002. 144p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

VOLENEC, J.J. Nonstructural carbohydrates in stem base components of tall fescue during regrowth. **Crop Science**, v.36, p.122–127, 1986.

VOLENEC, J.J.; OURRY, A.; JOERN, B.C. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, v.97, p.185–193, 1996.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.O.A.; QUAGGIO, J.A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p.263–273. (Boletim Técnico, 100)

WEAR, J.I.; WILSON, C.M. Boron materials of low solubility and their use for plant growth. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.18, p.425–428, 1954.

WEST, J.W.; HILL, G.M.; GATES, R.N.; MULLINIX, B.G. Effects of dietary forage source and amount of forage addition on intake milk yield and digestion by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1656–1655, 1997.

WHITE, L.M. Carbohydrate reserves of grasses: a review. **Journal of Range Management**, v.26, p.13–18, 1973.

WILMAN, D.; WRIGHT, P.T. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. **Herbage Abstracts**, v.53, p.387–393, 1983.

WILSON, J.R. Influence of temperature and nitrogen on growth, photosynthesis and accumulation of non-structural carbohydrate in a tropical grass, *Panicum maximum* var. trichoglume. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.23, p.48–61, 1975.

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v.57, p.508–514, 1954. (Part 3)

XU, D.; PEAK, D. Adsorption of boric acid on pure and humic acid coated am-Al(OH)₃: a boron K-edge XANES study. **Environmental Science & Technology**, v.41, p.903–908, 2006.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D.M. Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. **Field Crops Research**, v.78, p.75–87, 2002.