

FERNANDO SALGADO BERNARDINO

SISTEMA SILVIPASTORIL COM EUCALIPTO: PRODUTIVIDADE DO SUB-
BOSQUE E DESEMPENHO DE NOVILHOS SOB FERTILIZAÇÃO
NITROGENADA E POTÁSSICA

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

FERNANDO SALGADO BERNARDINO

SISTEMA SILVIPASTORIL COM EUCALIPTO: PRODUTIVIDADE DO SUB-
BOSQUE E DESEMPENHO DE NOVILHOS SOB FERTILIZAÇÃO
NITROGENADA E POTÁSSICA

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 23 de abril de 2007.

Prof. Júlio César Lima Neves
(Co-Orientador)

Prof. Odilon Gomes Pereira
(Co-Orientador)

Prof. Mário Fonseca Paulino

Dr. Domingos Sávio Queiroz

Prof. Rasmão Garcia
(Orientador)

À Daíse, minha esposa, por todo carinho e dedicação
Aos meus pais, Afonso e Julieta, pelo incentivo
Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização desse curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Votorantim Metais – Unidade Agroflorestal, por disponibilizar a área experimental e animais para a realização do experimento.

Ao Professor Rasmão Garcia, pela orientação, amizade e confiança na realização desse trabalho.

Ao Professor Julio César Lima Neves, pelas sugestões e apoio durante a realização desse trabalho.

Aos Professores Odilon Gomes Pereira, Mário Fonseca Paulino e ao Doutor Domingos Sávio de Queiroz, pelas sugestões.

Aos Engenheiros Florestais Drs. Luciano Lage de Magalhães e Raul César Nogueira Melido, por tornar viável a execução da pesquisa.

Aos funcionários Mateus Álvares da Silva Campos e Sílvia Fernandes pelo apoio nas atividades de campo.

Ao Doutorando em Zootecnia Rafael Gonçalves Tonucci, pela amizade e grande auxílio na condução do experimento.

Ao Bolsista de Iniciação Científica Gabriel Cipriano Rocha, pela amizade e pela colaboração na condução do experimento e análises laboratoriais.

Aos amigos Kátia e Américo, pela ajuda e amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal e do Laboratório de Forragicultura, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

BIOGRAFIA

FERNANDO SALGADO BERNARDINO, filho de José Afonso Bernardino e Maria Julieta Salgado Bernardino, nasceu em Santo André, São Paulo, em 22 de outubro de 1978.

Em março de 1996, ingressou no Curso de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq no período de março de 1999 a fevereiro de 2001. Graduiu-se em março de 2001.

Em abril de 2001, ingressou no Programa de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo tese em fevereiro de 2003.

Em março de 2003, iniciou o Programa de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo tese em abril de 2007.

SUMÁRIO

Página

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO 1. Efeito da Adubação Nitrogenada e Potássica Sobre o Desenvolvimento do Sub-Bosque de um Sistema Silvipastoril	
Introdução.....	17
Material e Métodos	19
Resultados e Discussão	26
Conclusões.....	45
Referências Bibliográficas	46

CAPÍTULO 2. Desempenho de Novilhos de Corte Pastejando o Sub-Bosque de um Sistema Silvipastoril Submetido a Doses de Fertilizante Nitrogenado e Potássico

Introdução.....	48
Material e Métodos	50
Resultados e Discussão	54
Conclusões.....	69
Referências Bibliográficas	70

CAPÍTULO 3. Desempenho de Novilhos de Corte Pastejando o Sub-Bosque de um Sistema Silvipastoril Submetido a Doses de Fertilizante Nitrogenado e Diferentes Ofertas de Forragem

Introdução.....	71
Material e Métodos	72
Resultados e Discussão	76
Conclusões.....	93
Referências Bibliográficas	94

CONCLUSÕES GERAIS..... 95

APÊNDICE 96

RESUMO

BERNARDINO, Fernando Salgado, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2007. **Sistema silvipastoril com eucalipto: produtividade do sub-bosque e desempenho de novilhos sob fertilização nitrogenada e potássica.** Orientador: Rasmão Garcia. Co-Orientadores: Júlio César Lima Neves e Odilon Gomes Pereira.

O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica, e de ofertas de forragem, sobre o desempenho animal, a produção de matéria seca e a composição químico-bromatológica do sub-bosque de um sistema silvipastoril. Para isto, três experimentos foram conduzidos na Fazenda Riacho, localizada no município de Paracatu-MG, em um sistema silvipastoril constituído por eucalipto e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. No primeiro experimento foram avaliados os efeitos de três doses de fertilizante nitrogenado (0, 75 e 150 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia) e duas doses de fertilizante potássico (0 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de KCl) sobre a produção de matéria seca e composição químico-bromatológica do sub-bosque. O estudo foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados da avaliação das doses de N elevaram significativamente a produção de matéria seca e a taxa de acúmulo de matéria seca. A aplicação de fertilizante potássico potencializou o efeito de N no sub-bosque, aumentando a resposta das plantas ao nitrogênio. Os teores e o conteúdo de nitrogênio na planta foram elevados com as doses de adubo nitrogenado, porém não foi detectada influência de K₂O sobre esta variável. Os fertilizantes elevaram as taxas de acúmulo de N na planta, enquanto que as taxas de acúmulo de K foram influenciadas apenas pelos tratamentos compostos por N mais K₂O. Os teores de fibra em detergente neutro não foram influenciados pelos tratamentos. No segundo experimento avaliou-se o

desempenho de animais pastejando o sub-bosque do sistema silvipastoril adubado com as mesmas doses de N e K₂O do ensaio anterior. O estudo foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e três períodos de avaliação. Foi observado incremento no ganho de peso para o primeiro período de avaliação, variação quadrática no segundo período e redução linear no terceiro período, à medida que se elevaram as doses de N. As variações no ganho médio individual não prejudicaram o ganho por unidade de área, observando-se ganhos crescentes à medida que foram adicionadas doses crescentes de N. Foram verificados, também, maiores ganhos por unidade de área quando o fertilizante potássico foi adicionado. O terceiro experimento foi conduzido com o objetivo de se avaliar o desempenho de bovinos de corte pastejando o sub-bosque de um sistema silvipastoril com eucalipto, adubado com fertilizante nitrogenado e duas ofertas de forragem. Os tratamentos consistiram de três doses de fertilizante nitrogenado (0, 75 e 150 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia), e duas ofertas de forragem (10 e 15% PV). O estudo foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e três períodos de avaliação. Foi observado incremento no ganho de peso apenas para o primeiro período de avaliação, à medida que se elevaram as doses de fertilizante nitrogenado. A variação na oferta de forragem não influenciou os ganhos médios individuais. Os valores de ganho por unidade de área foram crescentes à medida que foram adicionadas doses crescentes de fertilizante nitrogenado. Com estes resultados, conclui-se que a aplicação de N e K eleva o rendimento de matéria seca do sub-bosque do sistema silvipastoril, aumentando a capacidade de suporte do sistema, sem comprometer a quantidade de nutrientes disponível aos animais. Os ganhos de peso por unidade de área são elevados como consequência da fertilização. A oferta de forragem de 15% é mais adequada quando se utilizam menores doses de N na pastagem. Para doses mais elevadas, a intensificação da utilização, representada pela oferta de forragem de 10%, é superior, com maiores ganhos por unidade de área. A fertilização do sub-bosque é eficiente e necessária para a intensificação do uso de sistemas integrados eucalipto-pastagem.

ABSTRACT

BERNARDINO, Fernando Salgado, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2007. **Silvopastoral system with eucalypt: Understory productivity and cattle performance, under nitrogen and potassium fertilization.** Adviser: Rasmô Garcia. Co-Advisers: Júlio César Lima Neves and Odilon Gomes Pereira.

The study was conducted to evaluate silvopastoral understory dry matter production, chemical composition, and the animal performance under different nitrogen and potassium fertilization and forage offers. Three experiments were conducted at Riacho Farm, located in the region of Paracatu, Minas Gerais – Brazil, in a silvopastoral system constituted by eucalyptus and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In the first experiment, the understory dry matter production and chemical composition were evaluated in response to three N levels (0, 75 and 150 kg ha⁻¹) and two K₂O levels (0 and 100 kg ha⁻¹), in a completely random design. Nitrogen levels increased dry matter production and accumulation rate. Potassium fertilization increased the N effect, potentializing N effects. Fertilizers increased plant N accumulation rates whereas K accumulation rates were influenced by N plus K treatments. Neutral detergent fiber (NDF) percents were not affected by treatments. The second experiment was conducted to evaluate animal performance, grazing silvopastoral understory fertilized with N and K, with same levels used in first experiment. The individual liveweight gain (LWG) was influenced by N levels, which showed linear increase in first period, quadratic variation on second period, and linear decrease on third period. The variations on LWG did not compromise liveweight gain per hectare. Higher N levels, combined with K, resulted in higher liveweight gain per hectare. The third experiment was conducted to evaluate animal performance, grazing silvopastoral understory fertilized with N (0, 75 and 150 kg ha⁻¹), combined with two forage offers (10 and 15% bodyweight). The N levels

increased LWG only on first evaluation period, but resulted in higher liveweight gain per hectare. The forage offer did not affect LWG. The experiments results evidenced that N and K fertilization increase dry matter production and the stocking rate, but did not compromise nutrient availability to the animals. LWG per hectare increases in consequence of fertilization. Forage offer of 15% is adequate when lower levels of N are applied on understory. For higher N levels, the forage offer of 10% results in higher LWG per hectare. Understory fertilization is efficient and necessary to intensifying silvopastoral systems.

INTRODUÇÃO GERAL

Os sistemas silvipastoris (SSP's), modalidade dos sistemas agroflorestais (SAF's), referem-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra onde atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (Garcia & Couto, 1997).

Estes sistemas representam uma modalidade de uso da terra cuja exploração é bem mais complexa que a de pastagens exclusivas ou de florestas plantadas. A necessidade de manutenção do equilíbrio entre seus componentes (solo, árvores, forrageiras e animais), aliada ao grande número de interações possíveis entre estes e os fatores climáticos, aumenta a necessidade de um planejamento rigoroso (Andrade et al., 2003), sendo determinante no sucesso da produção nestes sistemas.

Quanto à sua concepção, os sistemas silvipastoris podem ser classificados em eventuais ou verdadeiros. Eventuais são aqueles em que a associação árvore/pasto/animal se estabelece em determinado momento de uma exploração arbórea ou pecuária convencional. Neste caso, os componentes pasto e animal, subprodutos da exploração, são manejados de modo leniente, para não prejudicar o cultivo arbóreo. Já nos sistemas silvipastoris classificados como verdadeiros, o componente arbóreo, o pasto e os animais são considerados integrantes do sistema desde o planejamento do empreendimento, co-existindo na associação dentro de determinado nível de participação. São plantios regulares, feitos em espaçamentos ou densidades apropriados, em que a possibilidade de supressão de um componente por outro é deliberadamente reduzida.

O interesse na aplicação destes sistemas vem crescendo ao longo dos anos, o que implica na maior necessidade de pesquisas envolvendo a dinâmica

de crescimento e produção dos componentes arbóreo e forrageiro. No entanto, ainda são escassas as informações científicas a respeito. Existem trabalhos que envolvem o uso de sombra artificial, na tentativa de simular o comportamento da forrageira em condição sombreada. Porém, o sistema silvipastoril vai além do sombreamento de forrageiras, pois é um ambiente com microclima próprio, envolvendo mais fatores que apenas a transmissão de luz. A complexidade e a longa duração dos sistemas agroflorestais, aliadas ao recente início das pesquisas e ao número relativamente pequeno de técnicos trabalhando com esses sistemas em diferentes regiões do país, são os principais fatores responsáveis pela escassez de informações.

A divulgação dos benefícios ecológicos, sociais e econômicos possíveis de serem obtidos com a utilização dos sistemas silvipastoris tem despertado grande interesse por essa modalidade de uso da terra em diversas partes do mundo. A baixa sustentabilidade dos sistemas convencionais de uso da terra, demonstrada pela elevada ocorrência de pastagens degradadas e pela freqüente constatação de redução da produtividade das florestas plantadas, de ciclo curto, com poucas rotações, é certamente um dos fatores que tem impulsionado o interesse pelo uso de sistemas silvipastoris (Andrade, 2000).

Os sistemas silvipastoris, mesmo diante desses desafios, se mostram como uma promissora alternativa agroflorestal. Segundo Carvalho & Botrel (2002), a presença do componente arbóreo na pastagem tem trazido inúmeros benefícios ao sistema, tanto para a recuperação e sustentabilidade da produção de forragem, como para os aspectos de importância ecológica.

O microclima é modificado pelas árvores em um sistema silvipastoril, reduzindo a radiação solar, a relação de espectro de luz (vermelho:vermelho distante), tornando a temperatura mais amena, aumentando a umidade do ar, reduzindo a taxa de evapotranspiração e aumentando a umidade do solo.

Segundo Garcez Neto (2006), tem sido demonstrado que produções econômica e biologicamente sustentáveis podem ser obtidas no microambiente agroflorestal. Entretanto, esse microambiente não é estático, variando consideravelmente com o tempo (Lin et al., 1999). Durante o estabelecimento das árvores, o sombreamento causado pelo componente arbóreo é mínimo e de pouco efeito significativo sobre a cultura forrageira. No entanto, à medida

que as árvores crescem, as mudanças no microclima se tornam mais acentuadas, o que pode comprometer significativamente o crescimento e a compatibilidade da cultura associada.

Algumas das modificações microclimáticas mais importantes que as árvores promovem em áreas sob sua influência são: reduções na temperatura do ar e do solo, e manutenção de maior teor de umidade no solo. Com essas mudanças, as condições ambientais no solo e na interface solo/litter contribuem para o aumento da atividade microbiológica, tendo como consequência o aumento da mineralização do N.

A redução na luminosidade normalmente diminui o crescimento das plantas do sub-bosque, porém, no caso de sistemas silvipastoris, as mudanças que as árvores podem promover nas áreas de pastagem sob sua influência, principalmente na fertilidade do solo e nas condições microclimáticas, podem alterar as respostas esperadas (Carvalho & Botrel, 2002).

O processo de degradação da pastagem pode estar relacionado à deterioração física e química do solo, o qual constitui componente essencial ao funcionamento de todo o sistema. Esta deterioração pode ser evitada com a presença do componente arbóreo, uma vez que as copas das árvores reduzem o impacto da chuva sobre o solo e a velocidade dos ventos. Além disso, o sistema radicular das árvores contribui para a sustentação do solo e melhoria das propriedades físicas, tais como porosidade, infiltração e capacidade de retenção de água. O componente arbóreo pode ser benéfico, também, por utilizar nutrientes de horizontes mais profundos no solo na produção de sua biomassa e devolvê-los na superfície do solo por meio da decomposição de folhas, frutos, casca, galhos, etc. (Menezes et al., 2002). Este material acumulado na camada superficial, além de promover a ciclagem de nutrientes, pode constituir também uma proteção adicional do solo contra erosão (Payne, 1985).

No planejamento do sistema, é necessária a escolha da espécie arbórea e da forrageira que irá compor o sub-bosque. A quantidade de luz transmitida ao sub-bosque para o crescimento do pasto depende da espécie, do espaçamento e da idade das árvores. As árvores a serem utilizadas num sistema silvipastoril devem apresentar, de preferência, copas que permitam uma passagem de luz suficiente para o crescimento das forrageiras. O gênero

Eucalyptus é muito utilizado, pois permite uma incidência de luz satisfatória para o desenvolvimento do sub-bosque. Entretanto, dentro do gênero existem diferenças marcantes, sendo que algumas espécies possuem copas mais densas que outras (Garcia & Couto, 1997).

O direcionamento das fileiras de árvores em função do posicionamento leste-oeste ou norte-sul pode permitir maior ou menor luminosidade, resultando em expressiva modificação na composição do sub-bosque (Garcia & Couto, 1997). O efeito da orientação do plantio do componente arbóreo sobre a quantidade de energia recebida pelo sub-bosque dependerá, também, do ângulo de incidência solar no local. Mesmo em áreas próximas à linha do Equador, a orientação é ainda um aspecto importante a se considerar. Linhas de plantio orientadas na direção leste-oeste proporcionarão uma maior iluminação com luz direta na área das entrelinhas, particularmente próximo ao meio dia. No entanto, o tempo de exposição das entrelinhas à luz direta vai depender também da altura das árvores (Reifsnnyder, 1989, citado por Garcez Neto, 2006).

Na escolha da espécie forrageira, é necessário observar se esta é bem adaptada à baixa luminosidade, condição existente nos ambientes silvipastoris. Alguns estudos já foram realizados no Brasil avaliando a tolerância de algumas forrageiras ao sombreamento, tanto artificial quanto natural. As gramíneas que têm apresentado os melhores resultados são o *Panicum maximum*, a *Brachiaria decumbens* e a *Brachiaria brizantha* (Garcia et al., 2005).

Visando avaliar o potencial de utilização de forrageiras no Cerrado de Minas Gerais, Andrade et al. (2001), compararam o desempenho de diferentes gramíneas forrageiras, consorciadas ou não com a leguminosa *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, como constituintes do sub-bosque de sistemas silvipastoris com eucalipto. Os resultados mostraram que o desempenho da leguminosa foi insatisfatório e que a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi, entre as gramíneas estudadas, aquela que apresentou o melhor desempenho em termos de produtividade e capacidade de cobertura do solo.

Em outro estudo, Andrade et al. (2004) avaliaram o potencial de quatro gramíneas e três leguminosas para serem utilizadas em sistema silvipastoril na Amazônia, em três níveis de sombreamento artificial (0, 30, 50 e 70%). *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Massai tiveram o

melhor desempenho entre as gramíneas, aliando boa tolerância ao sombreamento e alta capacidade produtiva, constituindo opções importantes na composição de sistemas silvipastoris em áreas de solos bem drenados. *Brachiaria humidicola* apresentou menor tolerância ao sombreamento, podendo ser usado em sistemas silvipastoris com baixa densidade arbórea, em áreas com chuvas bem distribuídas ou com solos mal drenados. *Paspalum notatum* cv. Pensacola apresentou alta tolerância ao sombreamento, mas baixa capacidade produtiva, não sendo recomendado para a região. Dentre as leguminosas estudadas, o *Arachis pintoii* demonstrou maior capacidade produtiva e tolerância ao sombreamento que as demais.

Embora algumas plantas forrageiras que constituem o sub-bosque sejam mais tolerantes à sombra do que outras, o efeito geral de diminuição de intensidade de luz é a redução da produtividade do sub-bosque. Em geral, as gramíneas forrageiras tropicais são mais sensíveis ao sombreamento, quando comparadas às leguminosas. A capacidade fotossintética das folhas das gramíneas tropicais, com metabolismo C₄, aumenta com o aumento do nível de irradiação, ao passo que as leguminosas (C₃) tornam-se saturadas ao redor de 50% de luz solar direta. Dessa forma, mesmo em ambientes sombreados por árvores, as leguminosas podem expressar todo seu potencial de produção.

Um fato interessante de se observar é que as espécies mais tolerantes ao sombreamento nem sempre são as mais produtivas num determinado nível de sombra. Isto ocorre devido às diferenças no potencial de produção das espécies. Portanto, o critério tolerância ao sombreamento não pode ser considerado isoladamente na escolha da espécie forrageira a ser utilizada em um sistema silvipastoril. No entanto estes dois fatores estão ligados, pois alguns autores afirmam que o sombreamento intenso representa um fator limitante à produção forrageira sob a copa das árvores, uma vez que ocorre competição entre as árvores e o estrato herbáceo do sub-bosque pelos fatores de produção, principalmente a luz.

O cultivo de árvores tem efeito a curto e longo prazo sobre a cultura do sub-bosque. O efeito de curto prazo tem sido caracterizado pela sua influência sobre o crescimento estacional das espécies do sub-bosque. Esse efeito se dá pela liberação de nutrientes através da mineralização da matéria orgânica do solo deixada pelas árvores e pela decomposição de raízes velhas. O efeito de

longo prazo, por sua vez, influencia a sustentabilidade da produção do sub-bosque. Esse efeito é resultante das mudanças na capacidade de armazenamento de nutrientes no solo que ocorre ao longo dos anos pela adição regular de cobertura morta e decomposição de raízes (Carvalho & Botrel, 2002).

Os maiores benefícios resultantes da adição regular de cobertura morta aos solos agroflorestais são o aumento da dinâmica da matéria orgânica no solo e a maior disponibilidade de nutrientes para as plantas do sub-bosque. Maior produção de forragem em sistemas silvipastoris é um exemplo dessa melhoria na fertilidade do solo. Essa vantagem é decorrente de maiores taxas de mineralização do nitrogênio no solo sob sombreamento, o que possibilita maior disponibilidade de nitrogênio para a forrageira.

Atualmente, está se tornando comum a utilização do eucalipto na formação de sistemas silvipastoris. O eucalipto é uma planta eficiente na aquisição de nutrientes e, dessa forma, a competição entre o eucalipto e a gramínea forrageira é, certamente, um fator que diminui ainda mais a disponibilidade de N para o crescimento da gramínea. Em sistemas silvipastoris, o pastejo também pode favorecer o eucalipto na competição pelos nutrientes do solo, principalmente o N. O animal em pastejo remove N dos tecidos das forrageiras, mas grande parte deste N retorna ao solo por meio das excreções dos animais (fezes e urina) e da forragem não consumida. Além das perdas induzidas pela irregularidade na distribuição dos excrementos, o N devolvido ao solo estará também à disposição das árvores de eucalipto, que poderão absorvê-lo. Isto significa que o N, antes incorporado na biomassa da gramínea, poderá ser imobilizado na biomassa do eucalipto (Andrade, 2000). Por outro lado, o eucalipto não contribui com retorno de N ao solo, uma vez que seu litter possui reduzido teor deste elemento.

As gramíneas crescem naturalmente em variados ambientes, sombreados ou não. Por isso, existem mecanismos de compensação fisiológica usados pela planta para contornar situações de baixa luminosidade.

De acordo com sua plasticidade fenotípica, as plantas são capazes de alterar suas características bioquímicas, fisiológicas e morfológicas em resposta a variações ambientais. A natureza dessa resposta normalmente determina a capacidade da espécie em obter sucesso ou não sob estresses

ambientais temporários ou permanentes (Dias-Filho, 2002). O estudo dessa plasticidade fenotípica pode acrescentar muita informação no entendimento do potencial das espécies forrageiras utilizadas em sistemas silvipastoris.

Em trabalho realizado com *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*, em 0 e 70% de sombreamento, Dias-Filho (2002) observou que ambas as espécies foram capazes de ajustar o processo fotossintético ao sombreamento. O ponto de compensação de luz foi menor nas plantas sombreadas. Entretanto, a capacidade fotossintética de ambas as espécies foi reduzida quando mantidas em sombreamento permanente. O autor ainda relata que, aparentemente, *B. humidicola* parece ser mais adaptada que *B. brizantha*, ao menos temporariamente, em ambientes com restrição luminosa.

Outro tipo de resposta fisiológica que pode ocorrer em situação de baixa luminosidade é o ajuste fenotípico. Segundo os dados de Dias-Filho (2000), *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria humidicola* desenvolvem rapidamente ajustes fenotípicos, de forma a compensar a baixa interceptação luminosa. Estes mecanismos envolvem o aumento da área foliar específica, aumento da taxa de alongamento foliar. De acordo com os resultados obtidos pelo autor, as plantas mantidas em ambiente sombreado alocaram quantidade significativamente menor de biomassa no sistema radicular e quantidade maior nos tecidos foliares. Entretanto, esta mudança pode tornar a forrageira mais vulnerável a tipos de estresse que dependem do sistema radicular para sua recuperação, como seca, pastejo ou queima.

As forrageiras herbáceas têm apresentado resposta variável ao sombreamento. Essas diferenças ocorrem devido à tolerância destas ao sombreamento; às características das árvores, como a arquitetura de copas; e fatores ambientais, como nível de sombreamento e fertilidade do solo. Na maioria dos casos em que o sombreamento tem efeito positivo sobre o crescimento das forrageiras, esse efeito esteve associado a um aumento na disponibilidade de N no solo. Esse aumento na disponibilidade do N no solo, em condições de sombreamento natural, decorre dos efeitos conjuntos de sombra e da reciclagem de nutrientes promovida pelas árvores. Portanto, a arquitetura e características das árvores terão efeito marcante sobre a quantidade de N e de outros nutrientes a serem disponibilizados no solo da pastagem (Carvalho & Botrel, 2002).

Nas áreas sob as copas das árvores, o crescimento das forrageiras pode ser limitado por mudanças na qualidade de luz, ou por competição por água pelas árvores, entre outros fatores (Carvalho et al., 2002). Entretanto, esta última hipótese tem peso menor, uma vez que o sistema radicular de espécies arbóreas absorve água em maiores profundidades que os sistemas radiculares de gramíneas. Inclusive, esta pode ser uma vantagem adicional dos sistemas silvipastoris, pois o componente arbóreo, ao retirar água de maiores profundidades, pode disponibilizá-la nas camadas superficiais do solo através de transpiração e exsudados, onde os nutrientes ficarão disponíveis às plantas forrageiras, cujas raízes são geralmente mais superficiais. Além disso, a biomassa que as árvores incorporam gradativamente ao sistema e volta ao solo na forma de *litter* pode representar significativo aporte de nutrientes.

Castro et al. (2001), estudando o efeito de 30 e 60% de sombreamento artificial sobre as características de seis gramíneas forrageiras, constatou que o teor de fósforo foi significativamente afetado, aumentando tanto nas lâminas como nos colmos. Comportamento semelhante foi encontrado para os teores de potássio, cálcio e magnésio. Estes incrementos nos teores dos nutrientes eram esperados, uma vez que a produção de matéria seca neste trabalho foi reduzida com o aumento do nível de sombreamento, concentrando os nutrientes.

Carvalho et al. (2002) observaram aumento nas concentrações de N em diferentes gramíneas submetidas ao sombreamento natural, quando comparadas com o crescimento das mesmas a pleno sol. Apesar de ser sugerido um efeito de concentração desse elemento nas folhas devido à menor produção de MS, há relatos na literatura sobre o aumento simultâneo na produção de MS e na concentração do nutriente na planta sombreada. Neste trabalho, os autores verificaram que, mesmo em avaliações onde houve aumento da produção de matéria seca, o teor de N também foi aumentado.

Na integração forrageiras/árvores, a sombra e a biomassa do componente arbóreo têm potencial para melhorar a fertilidade do solo, aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as forrageiras herbáceas e melhorar a qualidade da forragem (Carvalho et al., 2001). Os maiores benefícios resultantes da adição regular de cobertura morta, oriunda do componente arbóreo, aos solos agroflorestais são o aumento da dinâmica da

matéria orgânica no solo e a maior disponibilidade de nutrientes para as plantas do sub-bosque. Maior produção de forragem em sistemas silvipastoris é um exemplo dessa melhoria na fertilidade do solo. Essa vantagem pode ser decorrente de maiores taxas de mineralização do nitrogênio no solo sob sombreamento, o que possibilita maior disponibilidade de nitrogênio para a forrageira.

Na introdução de árvores em áreas de pastagem, ou mesmo no estabelecimento de um sistema silvipastoril verdadeiro, devem-se disponibilizar nutrientes em quantidades adequadas para atender às exigências dos componentes arbóreo e forrageiro. Uma vez crescendo juntas, as plantas competem por nutrientes e água, recursos limitados no sistema. A competição por nutrientes pode ser contornada com a aplicação de fertilizantes, mas é importante que no estabelecimento de um sistema silvipastoril sejam consideradas as necessidades nutricionais das plantas que irão compor o sistema. A espécie florestal utilizada também pode afetar a disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente o valor nutritivo do pasto no sub-bosque (Garcia et al., 2005).

Em sistemas silvipastoris, os níveis de fertilidade do solo parecem ser limitantes à manutenção da produtividade, assim como em monocultivos. Andrade et al. (2001) conduziram um estudo em um sistema agrossilvipastoril no Cerrado de Minas Gerais, buscando identificar os principais fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia, quatro anos após sua introdução no sistema. Os autores verificaram que o crescimento da gramínea durante a estação chuvosa estava sendo restringido pela baixa disponibilidade de nitrogênio no solo, e concluíram que o sombreamento não era o único fator limitando a produtividade do sub-bosque. Concluíram que, apesar de se tratar de um ecossistema mais complexo, com maior capacidade de ciclagem e realocação de nutrientes, os sistemas silvipastoris, quando manejados intensamente, necessitam de reposição de nutrientes.

Outro fator a ser considerado na avaliação de sistemas silvipastoris é a estimativa das quantidades de nutrientes que saem e que devem ser repostas para a manutenção da produtividade. Estas estimativas requerem estudos sobre a dinâmica dos nutrientes nos vários componentes do ecossistema, o que compõe, em termos gerais, a ciclagem de nutrientes.

A manutenção da fertilidade do solo, incluindo adubação e correção da acidez é a alternativa mais acessível de intensificação de sistemas de produção a pasto via manipulação dos fatores abióticos. Para alcançar alta produtividade animal em sistemas baseados em pasto, há necessidade de adubações de formação e manutenção.

Existem variações consideráveis na quantidade de cada um dos nutrientes minerais entre os solos de diversos locais, bem como existem nutrientes que se esgotam mais rapidamente do que outros, em virtude da lixiviação, maior absorção ou remoção pelas plantas. É essencial que haja um equilíbrio entre os vários elementos do solo, para o normal desenvolvimento das plantas (Werner et al., 2001).

São freqüentes as respostas em termos de produção de forragem à adição de nutrientes, mesmo para as plantas forrageiras mais rústicas e menos exigentes. Em geral, a exploração pecuária no Brasil é conduzida com uso de baixas quantidades de corretivos e fertilizantes, tendo como resultado sistemas de produção extensivos e de baixa produtividade. Essas estratégias de produção têm conduzido à queda consistente da fertilidade do solo, sendo este um dos fatores importantes associados à degradação das áreas de pastagem. Por outro lado, a utilização de adubações mais altas tem sido questionada no tocante à viabilidade econômica, principalmente com o custo dos insumos agrícolas em relação ao valor dos produtos agropecuários (Santos Junior, 2005).

Qualquer nutriente poderá limitar a produtividade das pastagens, porém os macronutrientes, como consequência da demanda e exportação pelas plantas, e pelas concentrações originalmente baixas no solo, têm merecido maior atenção.

Ao se analisar o resultado de pesquisas, constata-se que o N é o nutriente que participa em maior quantidade dos processos de crescimento das plantas. Além dele, o P e o K também participa em grande quantidade no metabolismo vegetal. Assim, quando se busca melhorar a fertilidade do solo, atenção maior deve ser dada ao fornecimento desses três nutrientes, principalmente o N.

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas culturas. Por ser um elemento com uma dinâmica complexa e que não deixa efeitos residuais

diretos das adubações, o manejo adequado da adubação nitrogenada é dos mais difíceis. A atmosfera possui aproximadamente 78% de nitrogênio, principalmente na forma de N_2 , e é a fonte natural do elemento para a biosfera. O N_2 é uma fonte natural gasosa e não diretamente aproveitada pelas plantas. Para tal, há necessidade de uma transformação prévia para as formas combinadas, NH_4^+ (amônio) e NO_3^- (nitrato). Os principais processos responsáveis pela fixação do N_2 atmosférico para as formas combinadas são a fixação biológica, a industrial e a atmosférica (Santos Junior, 2005).

O estudo do metabolismo do nitrogênio e de suas interações com outros elementos constitui ferramenta importante para o aumento da produção e melhoria na qualidade das plantas forrageiras. Sabe-se que as gramíneas tropicais podem responder a elevadas doses de nitrogênio, sendo o nutriente chave para aumentar a produção de forragem de gramíneas tropicais, estando outros fatores abióticos em suficiência.

A disponibilidade de N tem efeito direto sobre o rendimento de matéria seca. Esse aumento no rendimento deve-se principalmente ao estímulo do crescimento, retardamento da senescência e alteração na partição de carbono em prol da parte aérea. Doses crescentes de nitrogênio aumentam a densidade de perfilhos na pastagem, além de sustentar maior número de folhas vivas por perfilho e reduzir a taxa de senescência de folhas maduras. A integração desses efeitos, com o aumento da taxa de alongamento das folhas, resulta na elevação das taxas de acúmulo de matéria seca do pasto, por perfilho ou por unidade de área. Como resultados, há aumento na capacidade de suporte do pasto e da produtividade animal (kg/ha de carne ou leite), sem, contudo, haver ganho significativo na produção individual dos animais.

O potássio é elemento essencial aos organismos vivos, sendo importante nos processos fisiológicos e bioquímicos, não fazendo, entretanto, parte de composto orgânico conhecido. Normalmente, é o segundo nutriente acumulado em maior quantidade pelas culturas e, em plantas forrageiras tropicais, pode ser o primeiro. A concentração para o adequado crescimento vegetal varia entre 1 e 5%. O potássio desempenha funções no processo de regulação do potencial osmótico das células, é ativador de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, participa na translocação de carboidratos, aumenta a resistência à salinidade, frio, seca e doenças, aumenta resistência

ao acamamento das plantas e melhora a qualidade dos produtos agrícolas (Santos Junior, 2001).

Em pastagens, a deficiência de K não é generalizada devido à reciclagem do nutriente por meio das fezes e urina dos animais, fontes de entrada do elemento no sistema mesmo não tendo distribuição uniforme na área da pastagem.

O potássio tem efeito no aumento da produção de MS de forrageiras. Sua participação é importante, sendo que quando deficiente, os incrementos oriundos da fertilização nitrogenada também são comprometidos. Em estudos onde foi omitido o potássio, pesquisadores observam redução acentuada na produção da massa seca e no número de perfilhos em relação à adubação com os demais elementos. Coutinho et al. (2001) avaliaram os efeitos da adubação potássica (30, 60, 120 e 180 kg/ha de K_2O) e nitrogenada (30, 60, 120, 180 e 240 kg/ha de N) na produção de matéria seca de coast-cross em sucessivos cortes. Houve interação entre N e K, ocorrendo aumento significativo da produção com a presença dos dois elementos. A elevação da produção devido ao N só é possível, ou é potencializada, quando não há deficiência de K.

Ainda no trabalho de Coutinho et al. (2001), a adição de N e K aumentou significativamente os teores desses nutrientes na parte aérea das plantas. Sintomas típicos de deficiência destes elementos foram observados nas plantas dos tratamentos que receberam as menores doses (30 kg/ha), estando os mesmos associados a concentrações menores que 13,0 e 9,0 g/kg de N e K, respectivamente. Estimaram-se concentrações críticas para N e K, respectivamente, de 24,0 e 14,0 g/kg.

O aumento da concentração de potássio na planta é correlacionado positivamente com sua disponibilidade no solo. Por ser armazenado em grande parte no citoplasma e no vacúolo, pode ser absorvido em excesso, sem corresponder a incrementos na produção de MS. É o chamado “consumo de luxo”.

Apesar dos recentes avanços no conhecimento sobre os sistemas silvipastoris com eucalipto, ainda existe grande carência de informações, principalmente com relação à resposta do animal e do sub-bosque ao pastejo. Aliás, avaliações de sistemas silvipastoris verdadeiros sob pastejo são escassas não apenas no Brasil, mas também na literatura mundial.

Os trabalhos avaliando o efeito do pastejo em sistemas silvipastoris, realizados até o presente momento no Brasil, tiveram pouca preocupação com a resposta do animal e do sub-bosque do sistema. A principal razão disso é que a maioria destes trabalhos foi conduzida em sistemas silvipastoris eventuais, em que os componentes animal e sub-bosque são considerados subprodutos da exploração. Como exemplo, temos os trabalhos pioneiros de Couto et al. (1988) e de Almeida (1991), que procuraram avaliar o efeito do pastejo no controle da vegetação do sub-bosque (considerada indesejável), na compactação do solo e na redução dos custos de manutenção da floresta; e o trabalho de Varella & Saibro (1997), que compararam o uso do pastejo por bovinos e ovinos com o uso de herbicidas no controle da vegetação nativa, no ano de estabelecimento de três densidades de eucalipto.

Um dos poucos trabalhos que tiveram preocupação com a resposta dos diferentes componentes do sistema silvipastoril ao pastejo foi o realizado por Silva (1998). O autor estudou o efeito de duas densidades arbóreas (1.666 e 833 árvores de eucalipto por ha) e de três pressões de pastejo sobre a produtividade dos componentes do sistema, sendo que o pastejo teve início aos nove meses de idade da floresta, prolongando-se até os vinte e cinco meses. O autor verificou que na maior densidade arbórea houve queda muito acentuada da transmissão de luz ao sub-bosque a partir dos 10 meses de idade da floresta, diminuindo o crescimento das espécies forrageiras, e não permitindo utilização com pastejo a partir dos dezoito meses de idade. Portanto, as elevadas densidades arbóreas dos sistemas silvipastoris estudados neste trabalho, que os caracteriza como eventuais, não permitiram maior aprofundamento do conhecimento sobre a relação animal x sub-bosque em sistemas silvipastoris verdadeiros. Diante da carência de informações sobre o desempenho de bovinos em sistemas silvipastoris verdadeiros, e também sobre a resposta do sub-bosque destes sistemas ao pastejo, aliada à crescente demanda por informações no nosso país, há a necessidade de realização de estudos com animais em pastejo nestes sistemas.

O trabalho foi conduzido com o objetivo de verificar o efeito da adubação nitrogenada e potássica na produtividade do sub-bosque, além de diferentes ofertas de forragem no desempenho animal de bovinos de corte em um sistema silvipastoril com eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J.C.C. **Comportamento de *Eucalyptus citriodora* Hooker, em áreas pastejadas por bovinos e ovinos no Vale do Rio Doce, Minas Gerais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- ANDRADE, C.M.S. **Estudo de um sistema agrossilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1, na região dos Cerrados de Minas Gerais, Brasil.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1178-1185, 2001.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003 (Suplemento 2).
- CARVALHO, M.M.; BOTREL, M.A. Arborização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2002, p.31-76.
- CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; XAVIER, D.F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p.717-722, 2002.
- CARVALHO, M.M.; XAVIER, D.F.; ALVIM, M.J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS, 2001, Juiz de Fora. **Anais...** Brasília:FAO, 2001. p.189-204.
- CASTRO, C.R.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1959-1968, 2001 (Suplemento).
- COUTINHO, E.L.M.; RODRIGUES, L.R.A.; CONSOLINI, F. et al. 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: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, [2001] (CD-ROM).

- COUTO, L., GARCIA, R., BARROS, N.F. et al. **Redução do custo de reflorestamento no Vale do Rio Doce em Minas Gerais por meio da utilização de sistemas silvipastoris: gado bovino em eucaliptal a ser explorado**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1988. 28p (EPAMIG, Boletim Técnico, 26).
- DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* e *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2335-2341, 2000.
- DIAS-FILHO, M.B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *b. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.65-68, 2002.
- GARCEZ NETO, A.F. **Avaliação fisiológica, morfológica e estrutural de forrageiras de clima temperado sob diferentes regimes de luminosidade**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 102p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S.; GARCEZ NETO, A.F. Sistemas Silvopastoris. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 5., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2005, p.1-64.
- GARCIA, R., COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Departamento do Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.447-471.
- LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F. et al. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. **Agroforestry systems**, v.44, p.109-119, 1999.
- MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H.; ELLIOTT, E.T. Microclimate and nutrient dynamic in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry systems**, v.56, p.27-38, 2002.
- PAYNE, W.J.S. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest ecology and management**. v.13, p.1-36, 1985.
- SANTOS JUNIOR, J.D.G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. Tese (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
- SANTOS JUNIOR, J.D.G. **Fertilidade do solo no acúmulo de forragem e nutrição do capim-tanzânia sob pastejo na região dos cerrados**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
- SILVA, J.L.S. **Produtividade de componentes de um sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus saligna* Smith e pastagens cultivada e nativa no Rio Grande do Sul**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 178p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.

VARELLA, A.C.; SAIBRO, J.C. Uso de herbicidas e de pastejo para o controle da vegetação nativa no ano do estabelecimento de três densidades de *Eucalyptus saligna* Smith. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.348-350.

WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A. Adubação de pastagens. In: PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE PASTAGENS, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba:Fundação Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. p.129-156.

CAPÍTULO 1

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO SUB-BOSQUE DE UM SISTEMA SILVIPASTORIL

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas silvipastoris, modalidade dos Sistemas Agroflorestais, representam uma técnica de exploração agropecuária onde se integram solo, árvores, forrageiras e animais, sob os efeitos do clima. Pela complexidade e grande número de interações possíveis, torna-se necessário planejamento adequado para o estabelecimento e sustentabilidade do sistema.

No Brasil, o interesse pelo estabelecimento de tais sistemas vem aumentando devido à baixa sustentabilidade dos sistemas convencionais de uso da terra. A elevada ocorrência de pastagens degradadas e a freqüente constatação de redução da produtividade das florestas plantadas de ciclo curto, com poucas rotações, certamente são fatores que tem impulsionado o interesse pelo uso de sistemas silvipastoris (Andrade, 2000).

No estabelecimento de um sistema silvipastoril, devem-se disponibilizar nutrientes em quantidades adequadas para atender às exigências dos componentes arbóreo e forrageiro. Uma vez crescendo juntas, as plantas competem por nutrientes, água e luz, recursos que podem estar limitados no sistema (Garcia et al., 2005). O potencial de produção de uma planta forrageira é determinado geneticamente, porém, para que esse potencial seja alcançado, as condições do meio devem ser adequadas. Nas regiões tropicais, a baixa disponibilidade de nutrientes é, seguramente, um dos principais fatores que interferem na produtividade e na qualidade da forragem. Ao se utilizar um

sistema silvipastoril, o fator luminosidade também se torna limitante ao crescimento da forrageira, uma vez que a interceptação de luz pelo componente arbóreo neste sistema pode alcançar valores superiores a 70%.

Estando os nutrientes em quantidades que restrinjam o crescimento de um dos componentes, a reposição via fertilizantes pode ser usada como forma de se manter a produtividade do sistema. Em sistemas silvipastoris, os níveis de fertilidade do solo podem ser limitantes à manutenção da produtividade. Andrade et al. (2001) avaliaram um sistema agrossilvipastoril no Cerrado de Minas Gerais, no qual buscou identificar os principais fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia, quatro anos após sua introdução no sistema. Os autores verificaram que o crescimento da gramínea durante a estação chuvosa estava sendo restringido pela baixa disponibilidade de nitrogênio no solo, e concluiu que o sombreamento não era o único fator limitando a produtividade do sub-bosque.

O incremento na produção de matéria seca, principalmente em forrageiras com alto potencial de produção, em decorrência da aplicação de nitrogênio, já foi relatado por diversos pesquisadores. No entanto, é importante conhecer como o nitrogênio contribui para a produção e a qualidade das plantas forrageiras, melhorando assim sua utilização no sistema silvipastoril. Segundo Cooke (1972), os aumentos significativos da produção forrageira devem surgir do efeito de interações, entre as quais se incluem o potencial produtivo dos animais e a quantidade de forragem oferecida, os níveis de adubação e manejo de pastagens, bem como a disponibilidade de outros nutrientes, notadamente o potássio. Podem-se incluir também as interações entre o componente arbóreo, o dossel forrageiro e a manta orgânica acumulada no solo.

O potássio, além de ser um elemento de alto custo, sofre grande lixiviação nos solos altamente intemperizados e profundos e, assim, não se acumula de maneira significativa nos solos. É, portanto, um elemento do qual não se espera respostas residuais por um longo período, devendo sua recomendação basear-se no conhecimento de seu teor no solo (Andrade et al., 2000). O estudo da utilização destes nutrientes na correção da fertilidade de um sistema silvipastoril é de extrema importância, uma vez que se trata dos elementos mais exigidos pelas plantas que mostram potencial de resposta,

além de serem nutrientes de custo elevado, quando utilizados na forma de fertilizante químico.

O trabalho foi conduzido com o objetivo de verificar a influência da adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* cultivada como sub-bosque de um sistema silvipastoril com eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Riacho, pertencente à Votorantim Metais – Unidade Agroflorestal, localizada no município de Paracatu, Minas Gerais. A região está contida dentro do bioma Cerrado, e possui como características climáticas: precipitação média anual de 1350 mm (concentrada no período de outubro a abril), temperatura média anual de 22,0 °C, umidade relativa do ar em torno de 72,5%, e altitude de 650 m. Os dados meteorológicos observados durante o período experimental, de dezembro de 2005 a maio de 2006, foram obtidos na estação meteorológica da fazenda, e podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas médias máximas e mínimas, precipitação acumulada e umidade relativa do ar (UR), obtidas durante o período experimental

Mês	Quinzena	Temperatura Média		Precipitação Acumul. mm	UR (%)
		Máx.C°	Mín.C°		
Dezembro/05	1	30,4	21,3	299,0	93,2
	2	31,9	19,1	76,0	78,3
Janeiro/06	1	32,4	20,4	120,0	81,1
	2	35,4	21,6	0,0	77,4
Fevereiro/06	1	36,9	23,2	12,5	80,3
	2	38,0	22,1	14,0	82,9
Março/06	1	34,9	21,8	138,0	78,5
	2	34,3	21,6	50,5	94,8
Abril/06	1	35,1	21,7	75,0	86,2
	2	33,3	19,6	14,0	92,3
Maio/06	1	33,6	15,8	0,0	76,4
	2	32,4	14,3	0,0	54,4

O experimento foi instalado em um sistema agrossilvipastoril implantado em novembro de 1999, constituído de por um clone de *Eucalyptus camaldulensis* plantado com espaçamento de 10 m entre linhas, e 4 m entre

árvores. As árvores apresentavam valores médios de diâmetro à altura do peito (DAP) de 25,0 cm e altura média de 26 m. As linhas de plantio são orientadas no sentido leste-oeste.

Junto com o plantio do eucalipto, em 1999, foi realizado o cultivo de arroz de sequeiro nas entrelinhas. Na ocasião, foram aplicados 4,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, PRNT=85%, e 100 g por cova da fórmula NPK 10-28-6. Para o arroz foram utilizados 300 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 4-30-16. No ano seguinte, cultivou-se soja na área, variedade Conquista, com a utilização de 300 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 2-30-15. Em 2001 procedeu-se a semeadura a lanço da gramínea (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), utilizando-se 4,8 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. Na ocasião, foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de fosfato reativo e 150 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, conforme recomendações baseadas na análise de solo. A gramínea apresentou bom estabelecimento e o sistema vem sendo utilizado para recria de novilhos, sob pastejo contínuo.

Foram utilizados seis piquetes de 4,5 ha cada, delimitados com cercas eletrificadas. Em cada piquete foi aplicado, aleatoriamente, um dos seis tratamentos, constituídos por três níveis de fertilização nitrogenada (0, 75 e 150 kg ha⁻¹ de N), na forma de uréia, e dois níveis de fertilização potássica (0 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O), na forma de cloreto de potássio. Os tratamentos foram dispostos num delineamento inteiramente ao acaso, arranjados no esquema de parcelas subdivididas com o fatorial 3 x 2 (níveis de N x níveis de potássio) constituindo as parcelas e três épocas de coleta constituindo as sub-parcelas. Foram utilizadas quatro repetições, obtidas a partir de amostragens em quatro áreas determinadas ao acaso dentro de cada piquete.

Na segunda quinzena de novembro foi realizado o rebaixamento do pasto, mantendo altura média do relvado em 10 cm. No dia 5 de dezembro de 2005 foi realizada a aplicação dos tratamentos nos piquetes. A fertilização foi feita a lanço, em uma única dose, assim que as condições climáticas se apresentaram favoráveis. Em todos os piquetes foram aplicados 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo, para corrigir uma eventual deficiência de P no solo.

No 56º dia após a aplicação dos tratamentos, as gaiolas foram alocadas na área experimental e todo o conteúdo forrageiro localizado na área da gaiola foi cortado a 10 cm do solo. Foram realizados três cortes para

avaliação da resposta da gramínea aos tratamentos, sendo o primeiro em 5 de março de 2006, 86 dias após a aplicação dos tratamentos. Os cortes subsequentes foram realizados 116 e 146 dias após a data inicial. As épocas de avaliação constituíram os tratamentos da sub-parcela.

Para estimativa da taxa de acúmulo diário de MS do sub-bosque, foi utilizada a técnica de gaiolas de exclusão, uma vez que havia animais pastejando a área. Foram empregadas quatro gaiolas por piquete. Estas foram construídas com ferro de ½” de diâmetro e com tela de arame de malha de 3,0 cm, medindo 1 m² de base inferior e 1 m² de base superior, com 1,0 m de altura.

A matéria seca total produzida (MSTP, kg ha⁻¹) durante cada período de avaliação, foi calculada pela diferença entre a quantidade de MS presente dentro da gaiola, no início e no final do período de avaliação. A taxa de acúmulo diário de MS foi obtida dividindo-se a MSTP pelo número de dias do período de avaliação. Todo o material vegetal contido na gaiola foi cortado a cerca de 10 cm de altura.

Depois de cortado, o material foi pesado e congelado em freezer para ser transportado ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. As amostras foram secas em estufa a 65 °C, por 72 horas, moídas com peneira de 1 mm e submetidas às seguintes análises: MS, por secagem a 105 °C; N, pelo método semi-micro Kjeldahl; K (fotometria de chama), P (colorimetria), Ca (absorção atômica), após digestão nítrico-perclórica (Silva & Queiroz, 2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram analisados segundo o método ANCON®, com modificações. As amostras foram colocadas em sacos de TNT (tecido não tecido), gramatura 100, com tara conhecida e dimensão de 5x5 cm, que após selados foram levados à autoclave dentro de potes coletores universais por um período de 1 hora. Em seguida os sacos foram lavados em água destilada até que todo o detergente fosse retirado, sendo em seguida levado para estufa de ventilação forçada a 65 °C por 24 horas. Após essa etapa os sacos foram levados para a estufa a 105 °C por 4 horas. Os teores de FDN foram obtidos pela diferença entre o peso dos sacos antes e depois do tratamento com o detergente. O resíduo obtido foi utilizado para análise de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) segundo Licitra et al. (1996).

A cada corte, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em cada unidade experimental, de modo a se obter uma amostra composta relativa a cada repetição dos tratamentos. Estas foram colocadas à sombra para secar e passada em peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Nesta, foram determinadas as características químicas do solo (Defelipo & Ribeiro, 1981), no Laboratório de Análises de Rotina, do Departamento de Solos (DPS) da UFV. Nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 encontram-se os valores relativos às propriedades químicas do solo sob o sistema silvipastoril em estudo, antes da aplicação dos tratamentos, e 86, 116 e 146 dias após a aplicação dos fertilizantes.

A transmissão de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) ao sub-bosque foi determinada nos meses de Outubro, Janeiro e Maio, em dias sem nebulosidade, entre 11 e 13h. As medições da densidade de fluxo de fótons (DFF; $\mu\text{M}/\text{m}^2/\text{s}$), correspondente à faixa de 400-700 nm, foram realizadas em três pontos nas entrelinhas de eucalipto, nas posições norte, sul e centro da linha, com 5 repetições cada. As leituras foram feitas utilizando-se um sensor linear LI-191SA (*line quantum sensor*), de um metro de comprimento, acoplado a um medidor de luz LI-250, ambos da marca LI-COR. Cada leitura representou o valor médio da DFF, incidente no sensor, medida durante 15 segundos.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e regressão. Os tratamentos foram arranjados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, portanto, com restrições à casualização do fator época. Os graus de liberdade referentes ao nitrogênio foram desdobrados em efeito linear e efeito quadrático, tanto na ausência quanto na presença da adubação potássica. As anovas foram realizadas no programa Statistica for Windows 6, procedimento General Linear Models, e os desdobramentos pelo programa SAEG 5.0. Os valores dos quadrados médios do resíduo combinados foram obtidos pelo uso da fórmula de Satterwaite. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, adotando-se o nível de 10% de probabilidade, utilizando-se o teste “t” de Student.

Tabela 2. Propriedades químicas do solo sob o sistema agrossilvipastoril em estudo, seis anos após sua implantação

Amostra	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H-Al	SB	CTC-e	CTC-T	V	m	P-Rem
		---- mg dm ⁻³ ----		----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----		mg L ⁻¹		
0-10 cm	5,20	1,73	54,33	0,83	1,23	0,08	4,90	2,21	2,29	7,11	30,67	4,10	22,10
10-20 cm	5,33	0,90	45,67	0,48	0,95	0,11	5,20	1,55	1,66	6,75	23,03	7,10	16,13

Tabela 3. Propriedades químicas do solo sob o sistema silvipastoril, 86 dias após a aplicação dos fertilizantes

Doses de N	Doses de K	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H-Al	SB	CTC-e	CTC-T	V	m	P-Rem
		---- mg dm ⁻³ ----		----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----		mg L ⁻¹			
0-10 cm														
0	0	5,61	1,25	33,00	1,00	1,18	0,07	5,53	2,27	2,34	7,79	29,13	3,30	16,13
	100	5,35	1,15	68,00	0,84	1,02	0,10	4,53	2,03	2,13	6,56	30,20	7,60	18,65
75	0	5,02	1,43	21,50	0,40	0,80	0,23	5,83	1,26	1,49	7,09	17,68	16,08	17,45
	100	5,27	0,60	37,50	0,51	1,04	0,15	5,15	1,65	1,80	6,80	24,38	8,70	15,60
150	0	5,15	0,80	29,50	0,68	0,99	0,14	5,28	1,77	1,92	7,05	25,15	8,68	17,70
	100	5,44	1,33	37,75	0,38	0,97	0,17	5,48	1,44	1,61	6,91	20,60	11,28	16,15
10-20 cm														
0	0	5,53	0,35	22,00	0,42	0,66	0,22	6,33	1,13	1,35	7,46	15,15	16,00	11,13
	100	5,46	0,55	30,50	0,67	0,93	0,10	4,70	1,67	1,77	6,37	26,05	6,20	16,05
75	0	5,10	0,25	16,75	0,24	0,70	0,23	5,60	0,99	1,22	6,59	14,95	20,55	14,00
	100	5,30	0,55	24,25	0,36	0,76	0,18	4,85	1,18	1,36	6,03	19,63	15,95	13,93
150	0	5,16	0,35	18,50	0,56	0,82	0,11	4,75	1,46	1,57	6,21	23,45	9,85	14,68
	100	5,44	0,80	32,00	0,22	0,74	0,20	6,05	1,04	1,24	7,09	15,30	16,80	14,65

Tabela 4. Propriedades químicas do solo sob o sistema silvipastoril, 116 dias após a aplicação dos fertilizantes

Doses de N	Doses de K	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H-Al	SB	CTC-e	CTC-T	V	m	P-Rem
		----- mg dm ⁻³ -----			----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----		mg L ⁻¹		
0-10 cm														
0	0	5,56	1,10	27,75	1,08	1,30	0,03	4,78	2,45	2,47	7,22	33,38	1,23	14,45
	100	5,65	1,03	47,75	1,11	1,33	0,06	4,98	2,56	2,62	7,53	33,58	2,80	14,60
75	0	5,16	1,10	19,25	0,42	0,95	0,24	6,45	1,42	1,67	7,87	18,15	16,00	12,13
	100	5,45	0,98	46,25	0,62	1,10	0,18	5,95	1,84	2,02	7,79	23,93	10,58	13,83
150	0	5,20	0,85	36,00	0,62	1,05	0,15	6,13	1,76	1,90	7,88	22,23	9,05	13,88
	100	5,16	1,05	65,25	0,55	1,06	0,11	5,90	1,78	1,89	7,68	23,23	5,98	15,65
10-20 cm														
0	0	5,45	0,58	21,50	0,73	0,94	0,08	4,93	1,72	1,80	6,65	25,40	5,03	12,70
	100	5,66	0,65	30,00	1,04	1,25	0,11	5,28	2,36	2,47	7,64	29,93	6,78	12,63
75	0	5,16	0,75	18,75	0,38	0,77	0,23	6,10	1,19	1,42	7,29	16,40	18,30	10,25
	100	5,47	0,53	32,25	0,48	0,91	0,18	5,80	1,48	1,66	7,28	20,50	13,33	11,38
150	0	5,25	0,50	27,50	0,43	0,81	0,13	5,78	1,30	1,43	7,08	18,58	10,25	10,83
	100	5,40	0,55	36,25	0,46	0,95	0,09	5,63	1,50	1,59	7,13	21,15	5,68	12,63

Tabela 5. Propriedades químicas do solo sob o sistema silvipastoril, 146 dias após a aplicação dos fertilizantes

Doses de N	Doses de K	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H-Al	SB	CTC-e	CTC-T	V	m	P-Rem
		----- mg dm ⁻³ -----			----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----		mg L ⁻¹		
0-10 cm														
0	0	5,55	0,90	35,50	0,80	1,27	0,06	4,70	2,15	2,21	6,85	31,05	3,38	15,50
	100	5,41	0,90	69,25	0,79	1,20	0,11	5,13	2,16	2,26	7,28	29,63	4,80	13,65
75	0	5,20	1,38	28,00	0,55	1,10	0,16	5,58	1,72	1,87	7,29	23,35	9,25	14,90
	100	5,40	1,40	63,75	0,73	1,04	0,17	5,65	1,94	2,11	7,59	25,75	9,28	14,18
150	0	5,29	0,73	40,00	0,99	1,26	0,15	5,20	2,35	2,49	7,55	29,65	8,68	15,23
	100	5,24	1,35	77,50	0,68	0,91	0,13	5,65	1,79	1,92	7,44	23,90	7,25	14,98
10-20 cm														
0	0	5,34	0,63	28,50	0,50	0,92	0,11	4,78	1,49	1,60	6,27	23,30	8,68	13,70
	100	5,30	0,73	53,25	0,55	0,90	0,17	5,13	1,59	1,75	6,71	23,65	9,63	12,25
75	0	5,06	1,00	22,75	0,42	0,89	0,19	5,25	1,36	1,55	6,61	20,70	13,35	14,23
	100	5,30	1,13	53,25	0,69	0,98	0,22	5,70	1,80	2,02	7,50	23,90	13,55	12,75
150	0	5,30	0,78	38,00	0,89	1,13	0,11	4,93	2,12	2,23	7,04	28,33	7,28	14,60
	100	5,21	1,18	67,50	0,50	0,77	0,18	5,43	1,45	1,62	6,87	21,00	11,03	13,30

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos dados meteorológicos apresentados na Tabela 1, pode-se constatar que a distribuição da precipitação no período foi irregular, observando-se dois períodos de escassez de chuvas, sendo o primeiro ocorrido entre a segunda quinzena de janeiro e o final de fevereiro e o segundo período a partir da segunda quinzena do mês de abril. Foram observadas precipitações acumuladas de 26,5; 188,5 e 89 mm para os períodos relativos aos cortes 1, 2 e 3, respectivamente. A irregularidade na distribuição da precipitação pode ter exercido influência no desenvolvimento da forrageira, afetando sua produção.

3.1. Densidade de fluxo de fótons

Os dados relativos à radiação total a pleno sol, no sub-bosque, transmissão e interceptação relativas, encontram-se na Tabela 6. A determinação da transmissão de luz ao sub-bosque de um sistema silvipastoril é de grande importância, por ser um fator determinante no potencial de produção das forrageiras que crescem nessas condições. Também é importante para que se possam entender as relações entre os componentes do sistema e intervir, por meio do manejo desses componentes, de modo a maximizar a produtividade como um todo (Andrade, 2000).

A avaliação realizada no sistema silvipastoril estudado mostrou que a densidade de fluxo de fótons (DFF), considerando a média de todo o sub-bosque, variou de 1114,4 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$, no mês de outubro, a 367,4 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$, no mês de maio. A transmissão da radiação fotossinteticamente ativa mensurada em três épocas evidenciou que a quantidade de radiação transmitida ao sub-bosque atingiu 58,9, 30,1 e 34,0% da radiação total a pleno sol, para os meses de outubro, janeiro e maio, respectivamente. Este nível de sombreamento, de 65 a 70%, é suficiente para causar redução na produção de matéria seca do sub-bosque (Castro et al., 1999) e alterações nos teores de nutrientes da planta (Castro et al., 2001).

Na Tabela 7 observam-se os dados relativos à variação espacial da transmissão de luz ao sub-bosque do sistema estudado. Nestas avaliações, constatou-se que a radiação que efetivamente chega ao dossel forrageiro é variável no sentido perpendicular à linha de plantio do eucalipto. As diferenças na declinação solar entre as datas de avaliação explicam a variação da transmissão de luz ao sub-bosque.

Tabela 6. Densidade de fluxo de fótons a pleno sol e no sub-bosque, transmissão e interceptação da radiação no sistema silvipastoril

Mês/Ano	Declinação Solar	Pleno sol	Sub-bosque	Transm	Intercep
		$\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$	$\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$	%	
Outubro/2005	23° 02' S	1891,0	1114,4	58,9	41,1
Janeiro/2006	17° 30' S	1873,2	564,3	30,1	69,9
Maió/2006	25° 24' N	1080,2	367,4	34,0	66,0

Tabela 7. Variação espacial da transmissão de luz no sub-bosque do sistema silvipastoril

Mês/Ano	Declinação Solar	Transmissão (%)		
		Norte	Centro	Sul
Outubro/2005	23° 02' S	58,4	34,6	83,8
Janeiro/2006	17° 30' S	27,7	34,4	28,3
Maió/2006	25° 24' N	47,4	32,0	22,7

3.2. Produção de matéria seca

Os resultados de produção de MS e taxa de acúmulo de MS nos diferentes cortes podem ser observados na Figura 1. Na ausência de K, a análise de variância revelou efeito ($P < 0,05$) dos níveis de N sobre a produção de MS, verificando-se efeito linear nos cortes 1 e 3, e comportamento quadrático no segundo corte. Na presença de adubação potássica, os tratamentos contendo nitrogênio influenciaram de maneira linear os valores desta variável nos cortes 1 ($P < 0,10$), 2 e 3 ($P < 0,05$). As taxas de acúmulo de MS, uma vez que são calculadas com base na produção total de MS, seguiram o mesmo comportamento observado para esta variável.

Os teores de matéria seca da forrageira não foram influenciados pelas doses de N aplicadas no sub-bosque. Foram observados valores de 24,6; 21,2

e 25,7%, para os cortes 1, 2 e 3, respectivamente, nos tratamentos sem a inclusão de potássio (N-K), e de 23,5; 21,1 e 22,9% nos tratamentos N+K.

Os resultados obtidos indicam que o crescimento da forrageira neste sistema foi restringido pela deficiência de nitrogênio. A aplicação de N resultou em incremento na produtividade do sub-bosque. No primeiro corte, a produção de MS foi elevada de 262 kg ha⁻¹ para 398 kg ha⁻¹, quando aplicado 150 kg ha⁻¹ de N, e para 436 kg ha⁻¹ quando, além desta dose de N, foi aplicado também 100 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo a um aumento de 51,9% para o tratamento N150K0, e 66,4% para o tratamento N150K100. Foram verificados, ainda, incrementos de 59,6 e 118,8% no segundo corte, e 41,0 e 116,7% no terceiro corte, para os tratamentos N150K0 e N150K100, respectivamente. Observa-se que o efeito da aplicação do potássio foi relativamente maior nas duas últimas avaliações, possivelmente devido a maior disponibilidade de água no solo, resultante da maior precipitação observada nos períodos 2 e 3.

Considerando a reduzida incidência de radiação solar no sub-bosque (Tabela 6), o aumento do índice de área foliar (IAF) como efeito da adubação nitrogenada contribuiu para uma maior interceptação da radiação disponível no sub-bosque, e conseqüente incremento na produção de MS.

De acordo com Nelson (1995), o nitrogênio pode aumentar a taxa de crescimento das gramíneas por meio de dois mecanismos: a) aumento da área foliar e b) aumento da taxa fotossintética por unidade de área foliar, sendo que o aumento na área foliar e nas taxas de crescimento são superiores àqueles verificados na taxa de fotossíntese por unidade de área foliar.

Ressaltam-se ainda as eficiências de resposta ao nitrogênio, referentes às produções de MS acumuladas dos três cortes, valores considerados baixos neste experimento. Foram calculadas eficiências de 16,8; 22,2; 9,3 e 12,9 kg de MS kg⁻¹ de N, para os tratamentos N75K0, N75K100, N150K0 e N150K100, respectivamente. Observa-se que a maior eficiência de utilização do N ocorreu quando se aplicaram 75 kg ha⁻¹ de N e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. Segundo Lazenby (1981), a máxima resposta da gramínea ao N pode chegar a 70 kg de MS kg⁻¹ de N.

A redução na eficiência de utilização do N com o aumento das doses aplicadas também foi observada por diversos pesquisadores, como Gonçalves et al. (1980), Gomide (1993) e Heringer (1995). Essa redução provavelmente

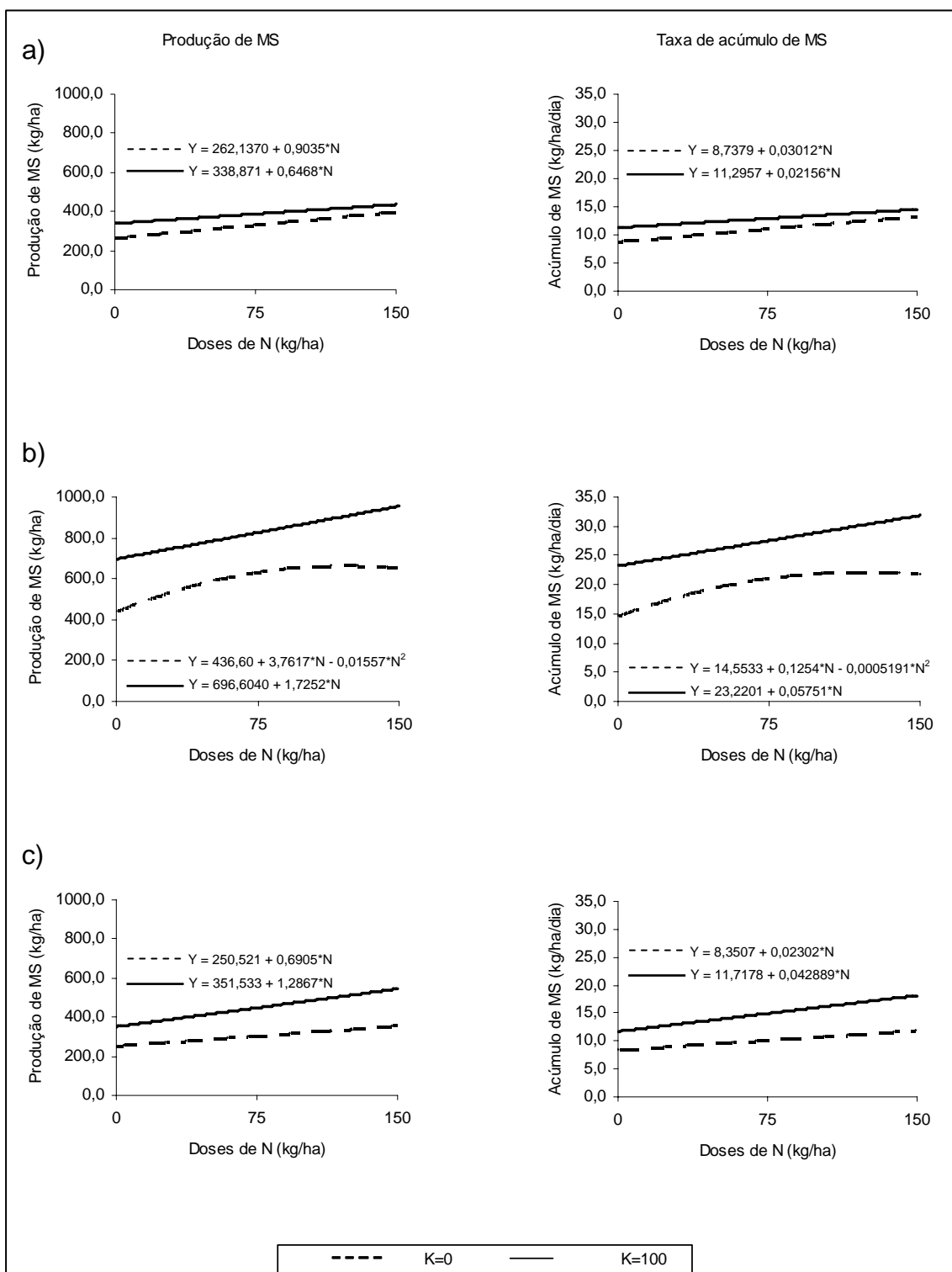
deve-se ao menor aproveitamento pelas plantas, às maiores perdas por lixiviação, ao menor número de aplicações do N, entre outras possíveis causas. No caso deste experimento, seria recomendado o parcelamento da adubação, com o intuito de evitar as perdas, especialmente por lixiviação, e aumentar a eficiência de utilização do N.

A adubação potássica foi importante no aumento da produção de matéria seca do sub-bosque, conforme pode ser observado na Figura 1. Além de potencializar o efeito do nitrogênio, a aplicação de fertilizante potássico resultou em incremento da produção de MS mesmo no tratamento sem N. Foram observados ganhos de aproximadamente 29,3, 59,6 e 40,3%, nos cortes 1, 2 e 3, respectivamente, quando se aplicou a dose de 100 kg ha⁻¹ de K₂O, sem nitrogênio.

A resposta da planta ao potássio pode ser explicada pela importância deste nutriente no ajuste osmótico da planta, uma vez que as plantas passaram por períodos de restrição hídrica durante o período experimental. Além disso, segundo Mattos & Monteiro (1998), o suprimento de potássio para *Brachiaria brizantha* provoca aumento do rendimento de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular da forrageira.

Os valores de produção de matéria seca encontrados neste experimento podem ser considerados baixos, quando comparados a outros dados encontrados na literatura. O crescimento de gramíneas em ambiente sombreado é reduzido pela restrição luminosa, conduzindo a taxas de acúmulo de MS menores que em plantas crescendo a pleno sol. Neste experimento, a taxa mais elevada foi de 31,8 kg ha⁻¹.dia, para o tratamento N150K100, observada no segundo corte. Em trabalho conduzido na região da Amazônia, Andrade et al. (2004) encontraram valores de taxa de acúmulo MS para o capim-marandu de 22,6 kg ha⁻¹.dia, quando cultivado sob sombra de 70%.

Devido à reduzida taxa de acúmulo de MS, seria necessário um maior intervalo entre cortes, de forma a garantir maior vigor da rebrota e maior acúmulo de matéria seca. Segundo Alexandrino et al. (2003), cortes freqüentes reduzem o vigor de rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e, com isso, a produção de massa seca total. No entanto, os autores relatam que altas doses de nitrogênio compensam o efeito negativo dos cortes, o que pôde ser verificado também neste experimento.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 1. Produção e taxa de acúmulo de matéria seca de *Brachiaria brizantha* em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

3.3. Teores e conteúdos de nutrientes

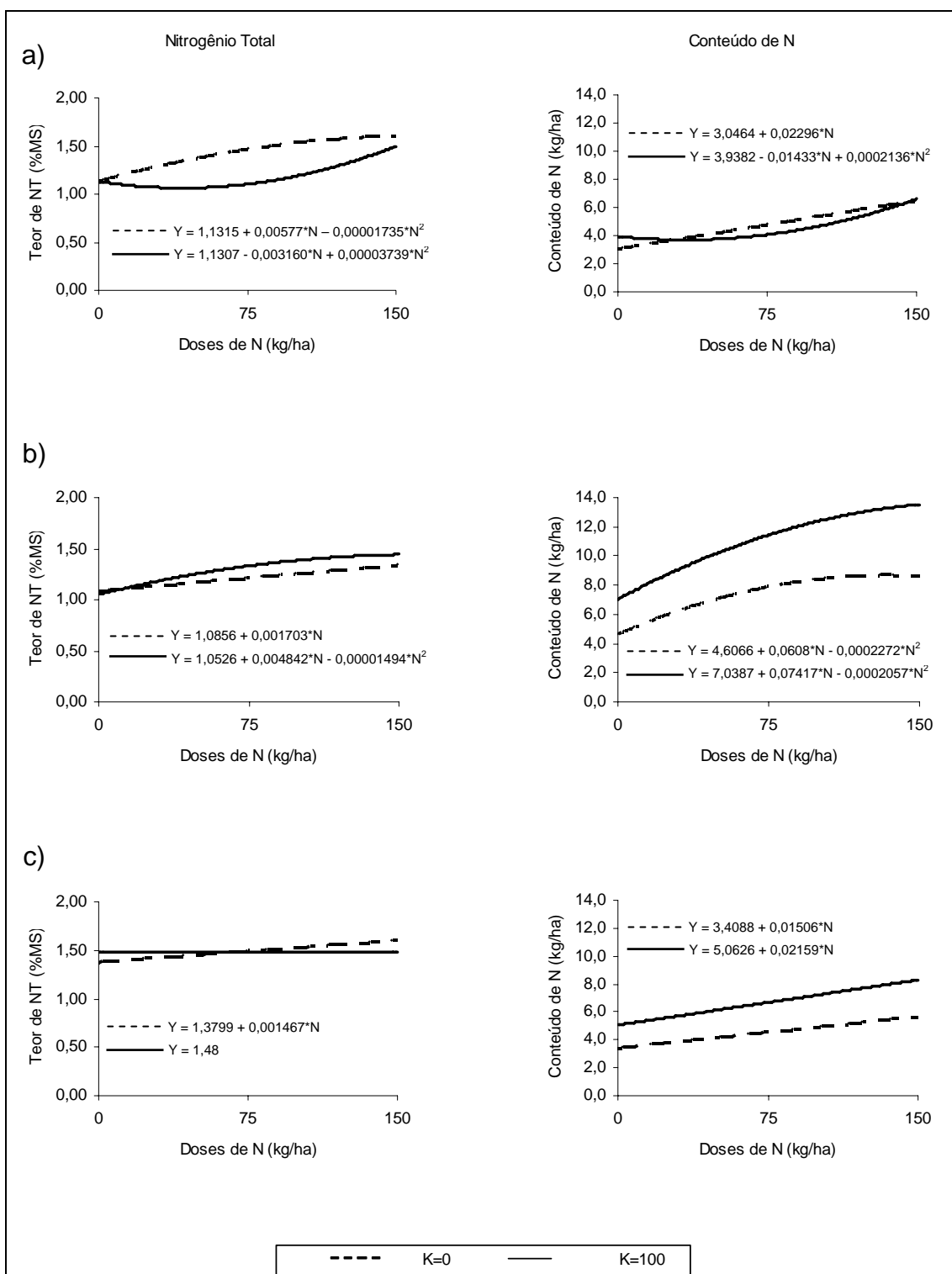
3.3.1. Teor e conteúdo de Nitrogênio Total

A análise de variância para o teor de N na forragem revelou efeito significativo das doses de fertilizante nitrogenado sobre este nutriente, conforme pode ser observado na Figura 2. No primeiro corte verificou-se efeito quadrático para as aplicações de N com ($P < 0,10$) e sem ($P < 0,01$) fertilizante potássico. Entretanto, no segundo corte, observaram-se efeitos linear ($P < 0,01$) para a aplicação de N-K e quadrático ($P < 0,10$), para a aplicação de N+K. No terceiro corte foi observado efeito linear ($P < 0,01$) apenas para a aplicação de fertilizante nitrogenado, sem a presença de K.

O conteúdo de N da forragem foi afetado pelas doses de fertilizante nitrogenado e potássico em todos os cortes. As doses de N, na ausência de K, influenciaram linearmente os conteúdos de N no primeiro e terceiro cortes ($P < 0,01$), e de forma quadrática ($P < 0,05$) no segundo. Com a inclusão de K, observou-se efeito linear ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre esta variável.

A fertilização nitrogenada aumentou o teor médio de N na planta em 42,5% no primeiro corte, 22,9% no segundo corte, e 15,9% no terceiro corte. Este aumento pode indicar que a aplicação de nitrogênio também aumentou a eficiência fotossintética das folhas de *Brachiaria brizantha*, pois, de acordo com Stulen (1990), a taxa fotossintética das folhas está relacionada com seu teor de nitrogênio, em especial com a concentração das enzimas envolvidas no processo fotossintético.

O rendimento de N, expresso pelo conteúdo de N na forragem, em kg ha^{-1} , sofreu incremento em consequência da aplicação dos fertilizantes. Observaram-se maiores conteúdos de N para os tratamentos que receberam aplicação de potássio, em complemento à adubação nitrogenada, resultante das maiores produções de MS observadas.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 2. Teores e conteúdo de N na forragem de *Brachiaria brizantha* em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

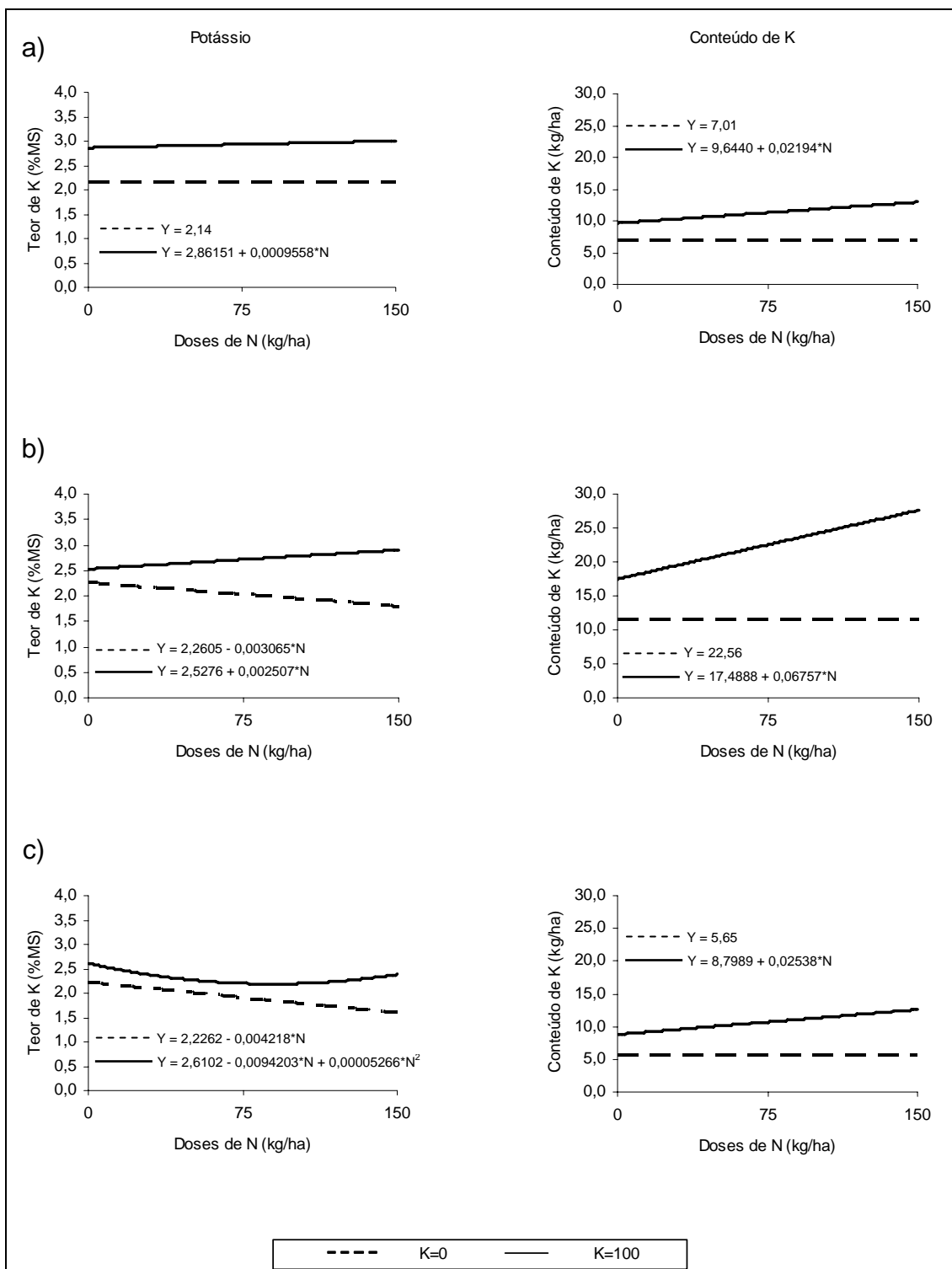
3.3.2. Teor e conteúdo de K

Conforme se pode observar na Figura 3, os tratamentos que receberam apenas N influenciaram linearmente ($P < 0,05$) os teores de potássio nos cortes 2 e 3. Os tratamentos com a inclusão de fertilizante potássico proporcionaram comportamento linear ($P < 0,05$) nos cortes 1 e 2, e comportamento quadrático ($P < 0,05$) no terceiro corte. Na avaliação do efeito da adubação nos conteúdos de K, foi observado incremento linear ($P < 0,05$) nos três cortes quando da aplicação de doses de N combinadas com K.

De maneira geral, a aplicação de fertilizante nitrogenado não teve efeito sobre o teor de K na planta (corte 1), ou reduziu seu teor (cortes 2 e 3). Na literatura é relatada redução linear dos teores de K com o aumento das doses de N. Tal comportamento é atribuído ao efeito de diluição com o aumento da produção de MS, em resposta às doses crescentes de N, o que foi observado também neste experimento.

Com a inclusão de 100 kg ha^{-1} de K_2O , foi observado incremento no teor de K na planta nos dois primeiros cortes, enquanto que no terceiro corte a variação quadrática demonstrou redução desta variável para as doses mais baixas de N e posterior aumento no teor de K quando doses mais elevadas de N foram adicionadas.

A adubação potássica elevou os teores deste nutriente no solo, o que, juntamente com a grande capacidade desta forrageira em absorver potássio do solo, mesmo em baixas disponibilidades, pode ter contribuído para aumentar seu teor na matéria seca. Vicente-Chandler et al. (1962) consideraram adequada, para o crescimento de plantas forrageiras, disponibilidade de potássio no solo que proporcione às referidas plantas teor de 1,5 a 2,0 dag/kg na matéria seca. Neste experimento, todos os tratamentos testados apresentaram teores médios de potássio acima dos valores recomendados por estes autores. Aplicações maciças de adubo potássico devem ser evitadas para prevenir a absorção e luxo e evitar a interferência da absorção de magnésio e cálcio pela planta (Gomide, 1986).



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 3. Teores e conteúdo de K na forragem de *Brachiaria brizantha* em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

3.3.3. Teores e conteúdos de Ca e P

Os dados relativos aos teores e conteúdos de Ca e P podem ser observados nas Figuras 4 e 5.

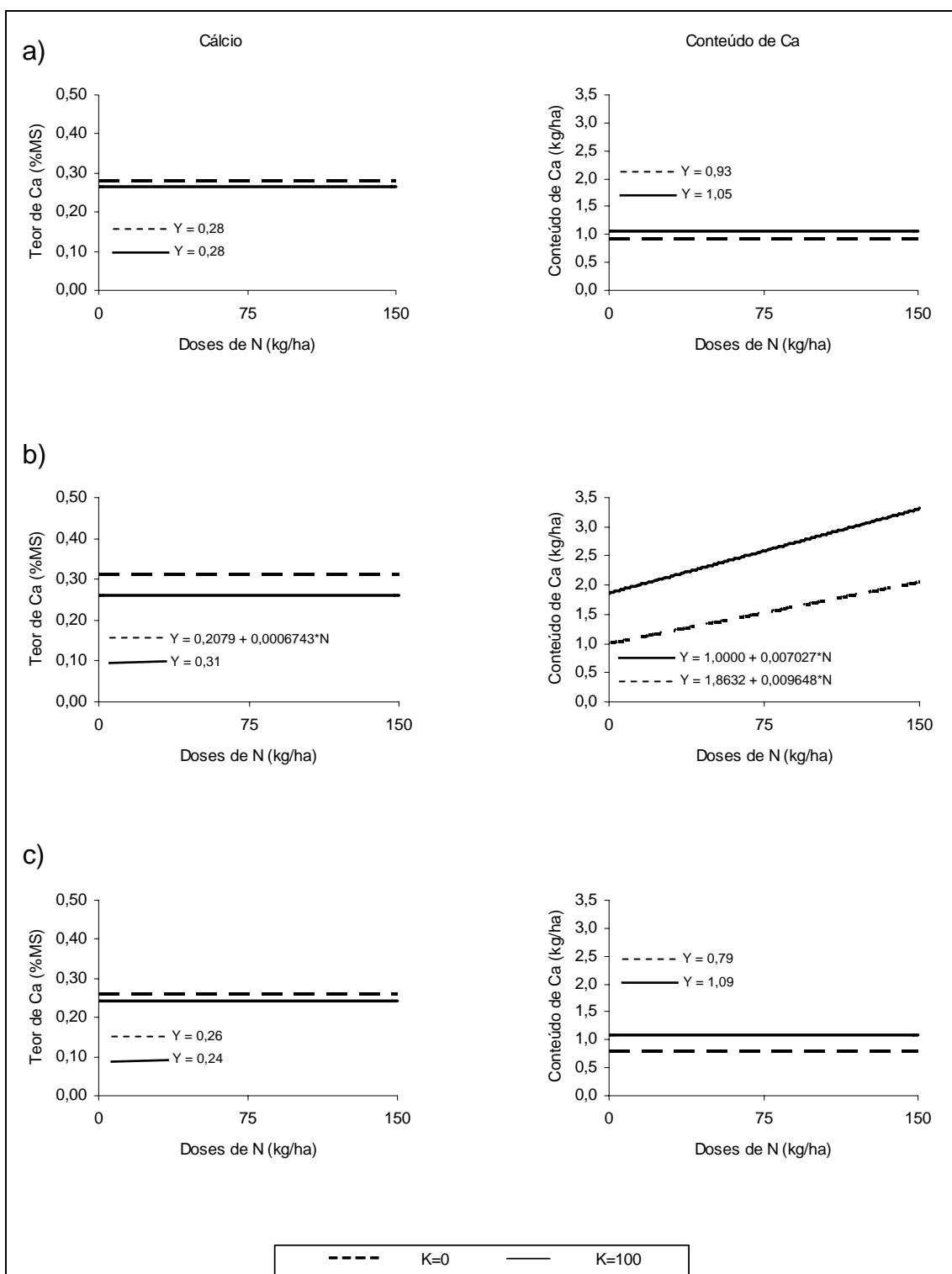
Não foi verificado efeito significativo ($P > 0,10$) da adubação nitrogenada sobre os teores de Ca na forrageira em nenhum corte. Estimaram-se, para os tratamentos sem a adição de potássio, valores médios de 0,28; 0,31 e 0,26% de Ca, enquanto que para os tratamentos contendo N e K foram estimados os valores de 0,27, 0,26 e 0,24% nos cortes 1, 2 e 3, respectivamente. Para todas as coletas, o teor médio de Ca na planta foi mais alto para os tratamentos sem a adição de K, que pode ser atribuído ao efeito de concentração observado nos tratamentos sem K.

Não foi verificado efeito dos tratamentos ($P > 0,10$), com ou sem potássio, sobre o conteúdo de Ca nos cortes 1 e 3. Entretanto, no segundo corte, foi observado efeito linear ($P < 0,05$) das doses de N, sem e com K, sobre o conteúdo deste elemento na planta. O rendimento de Ca na planta variou de 0,79 a 2,03 kg ha⁻¹ nos tratamentos N-K, e de 1,05 a 3,31 kg ha⁻¹ nos tratamentos fertilizados com N e K. Em todas as avaliações detectou-se maior conteúdo de Ca nos tratamentos onde se incluiu fertilizante potássico, uma vez que estas obtiveram maior produção de MS.

Os teores de P na planta forrageira foram influenciados pelas doses de N aplicadas. Ao se adicionar apenas fertilizante nitrogenado, foi verificado efeito linear ($P < 0,01$) para o primeiro corte e quadrático ($P < 0,10$) para o segundo e terceiro corte. A aplicação de N beneficiou linearmente a absorção de P no primeiro corte, e, no segundo e terceiro corte, até as doses estimadas de 79,4 e 80,3 kg ha⁻¹, respectivamente. Entretanto, para os tratamentos com a presença de fertilizante potássico, foi verificada redução linear nos teores de P em todos os cortes. Este efeito pode ser justificado pela diluição provocada pela maior produção de MS observada para estes tratamentos. Embora tenha ocorrido queda nos teores de P, ao se analisar os conteúdos deste nutriente na planta, não foi observada diferença significativa entre as doses de N+K ($P > 0,10$).

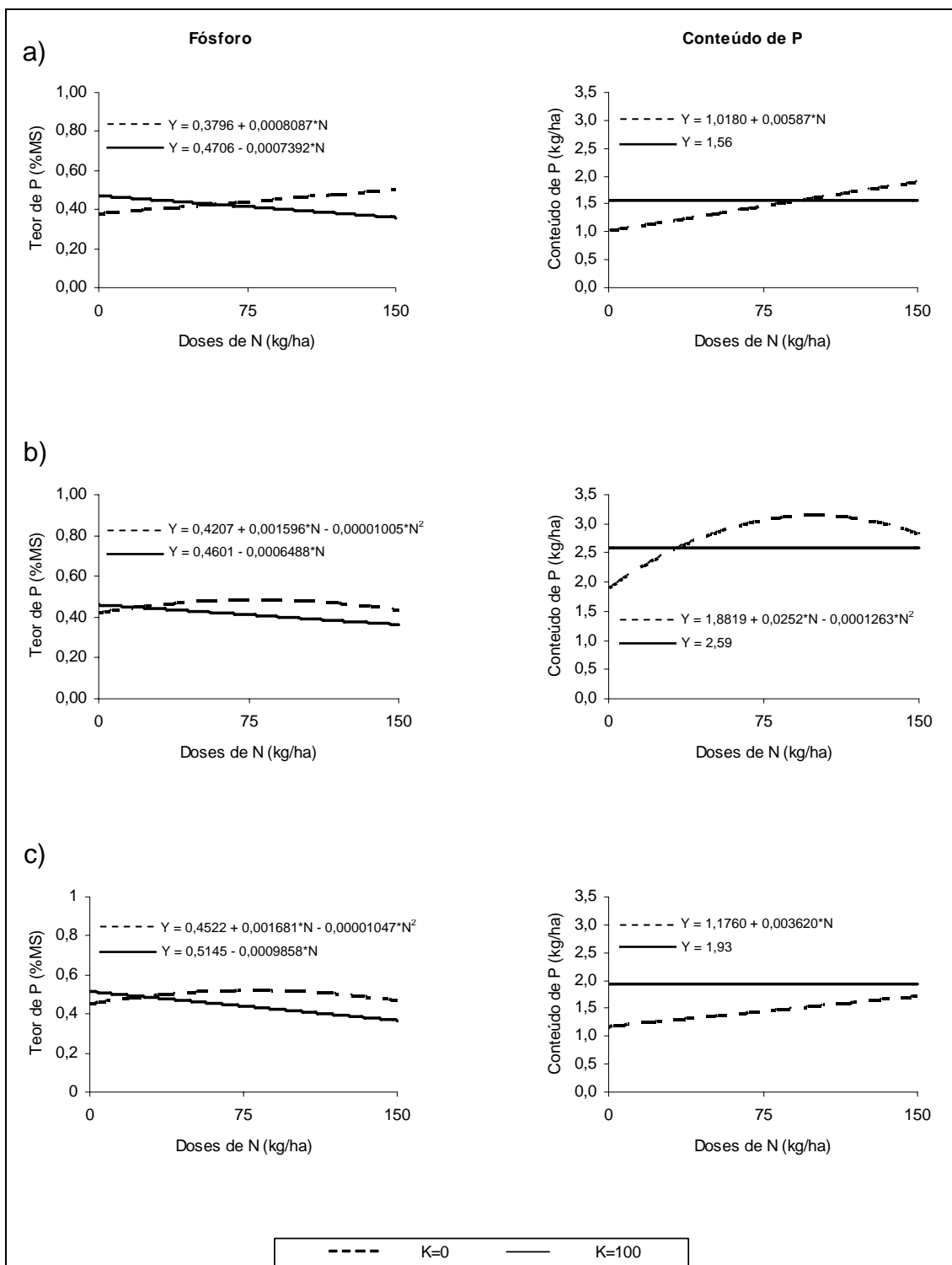
Os conteúdos de P não foram alterados pela adubação nitrogenada ($P > 0,10$), quando esta foi combinada com potássio. Sem aplicação de N, o conteúdo de P foi superior onde não houve aplicação de fertilizante potássico.

No entanto, a aplicação de N exclusivamente resultou no incremento linear do conteúdo de P ($P < 0,05$) nos cortes 1 e 3 e quadrático ($P < 0,01$) no segundo corte.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 4. Teores e conteúdo de Ca na forragem de *Brachiaria brizantha* em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 5. Teores e conteúdo de P na forragem de *Brachiaria brizantha* em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

3.4. Taxas de acúmulo de nutrientes

Os dados relativos às taxas de acúmulo de N, K, Ca e P nos três cortes podem ser observados nas Figuras 6 e 7.

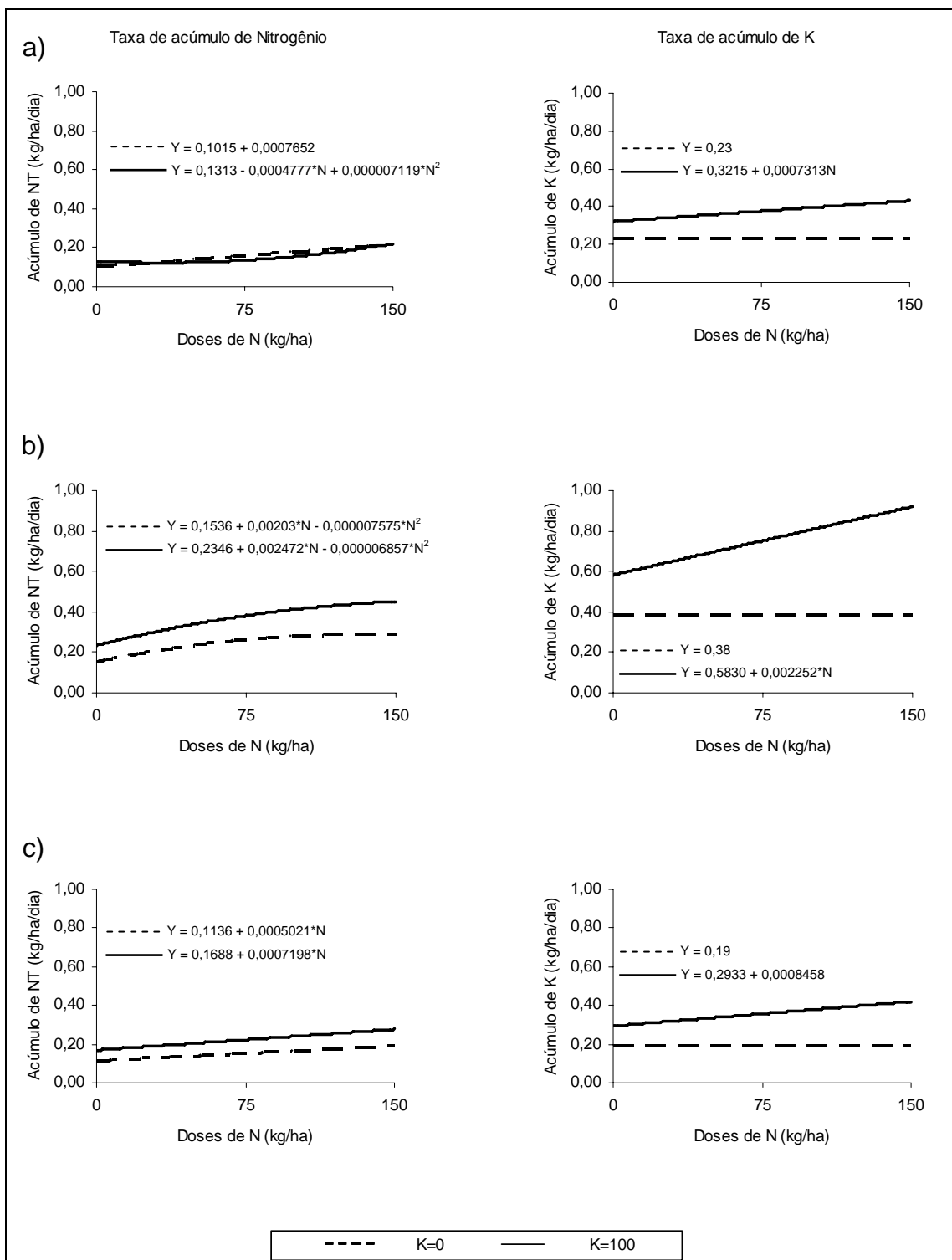
3.4.1. Taxa de acúmulo de N

A taxa de acúmulo de N foi influenciada positivamente pela adição de fertilizante nitrogenado, observando-se efeito linear ($P < 0,01$) para os cortes 1 e 3, e quadrático ($P < 0,05$) para o corte 2. Quando realizada a aplicação de potássio em conjunto com nitrogênio, foi observado efeito quadrático para o primeiro ($P < 0,05$) e segundo ($P < 0,10$) cortes, e efeito linear ($P < 0,01$) no terceiro corte. Maiores taxas foram observadas para os tratamentos compostos por N e K.

3.4.2. Taxa de acúmulo de K

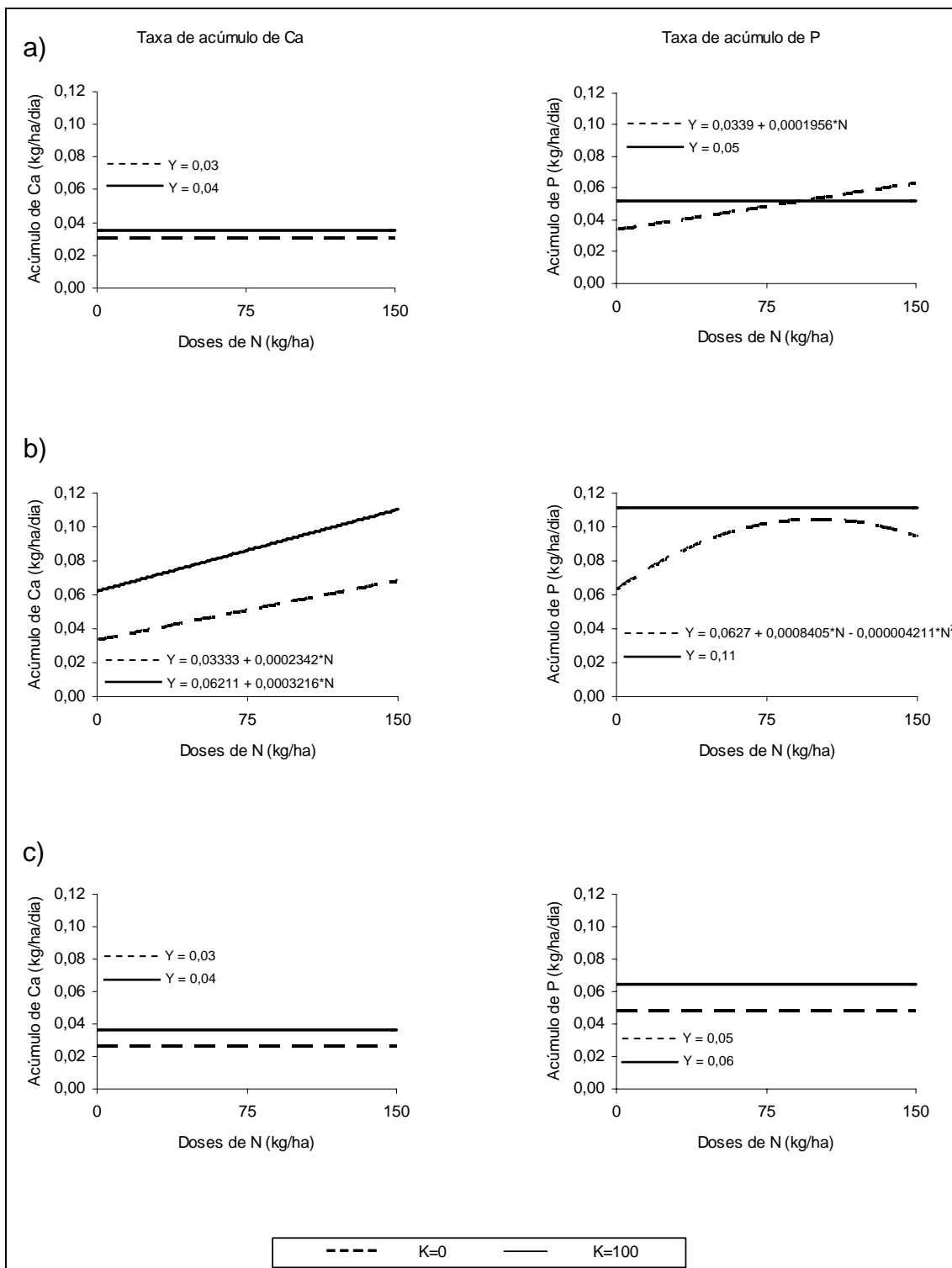
Ao submeter os dados de taxa de acúmulo de K à análise de variância, não foi constatada influência da adubação N-K sobre esta variável. No entanto, a aplicação de N+K influenciou positivamente a taxa de acúmulo de K, sendo observado efeito linear ($P < 0,05$) em todos os cortes avaliados.

Com base nestes dados, a dose de 100 kg ha^{-1} de K_2O , utilizada neste sistema em estudo, pode ser contestada. Observaram-se acréscimos nas taxas de acúmulo de K em todos os cortes, porém os valores de eficiência de utilização do nutriente K (massa de forragem acumulada/conteúdo de K na forragem) nos cortes 1 e 3 demonstram que houve consumo de luxo deste nutriente, uma vez que a eficiência de utilização de K foi maior para as plantas que não receberam o adubo potássico. Por outro lado, a tendência observada para as doses crescentes de N foi de aumento na eficiência de uso de K, sendo que à medida que se elevaram as doses de N em conjunto com a inclusão de K, foi observada redução na eficiência de utilização de K.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 6. Taxas de acúmulo de N e K na forragem de *Brachiaria brizantha* em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 7. Taxas de acúmulo de Ca e P na forragem de *Brachiaria brizantha* em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

3.4.3. Taxa de acúmulo de Ca e P

A taxa de acúmulo de Ca foi influenciada pelos tratamentos apenas no segundo corte. O comportamento observado foi linear ($P < 0,05$), com maiores acúmulos para os tratamentos N+K.

Os dados de taxa de acúmulo de P evidenciaram influência da adubação nitrogenada exclusiva sobre esta variável nos cortes 1 e 2. Foi verificado comportamento linear ($P < 0,10$) no primeiro corte, e quadrático ($P < 0,10$) no segundo corte. No terceiro corte não foi observado efeito da aplicação de N. De maneira semelhante, não foi observado efeito das doses de N+K na taxa de acúmulo de P em nenhum dos cortes avaliados.

As maiores taxas de acúmulos para todos os nutrientes foram observadas no segundo corte, como reflexo da maior taxa de acúmulo de MS observada neste período de avaliação.

Segundo Ribeiro (2000), não há uma variação uniforme do efeito do adubo nitrogenado sobre a composição mineral de gramíneas forrageiras. As diferenças encontradas são atribuídas ao tipo de manejo, incrementos de MS e ao tipo e perfil nutricional do solo, inclusive a disponibilidade de outros nutrientes, além de fatores climáticos e microclimáticos, o que pode interferir na absorção dos elementos pela planta. Todos os fatores que afetam a absorção de nutrientes pela planta e o seu rendimento de matéria seca influenciam o rendimento e a taxa de acúmulo de nutrientes.

3.5. Teores de FDN e NIDN

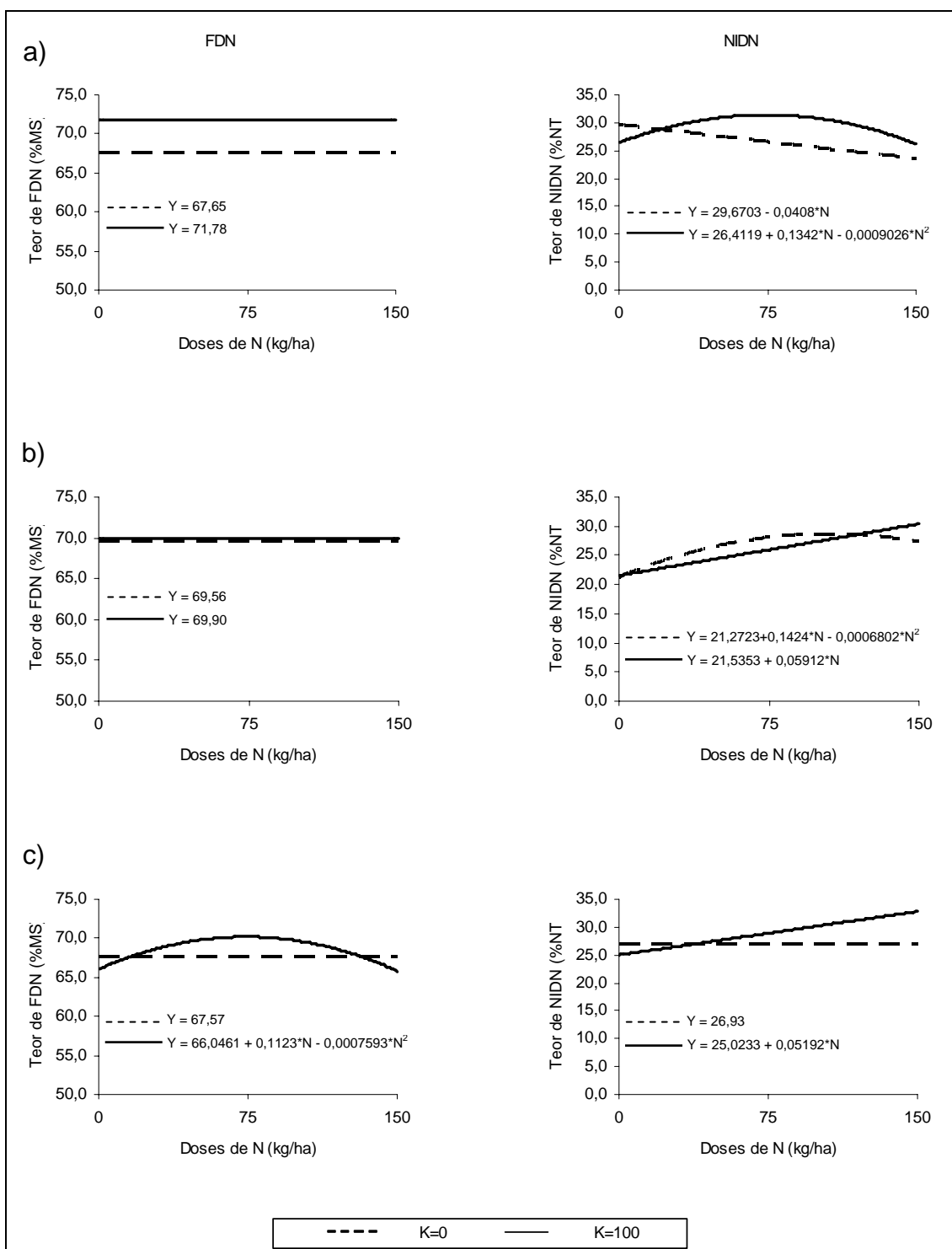
Os dados relativos aos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), da forragem produzida nos três períodos de avaliação são apresentados na Figura 8.

Os teores de FDN não foram influenciados ($P > 0,10$) pela aplicação de N exclusiva em nenhum dos cortes estudados. A aplicação de N, na presença de K, influenciou de maneira quadrática ($P < 0,05$) os teores de FDN no terceiro corte. No primeiro corte, os valores de FDN foram superiores para as plantas que receberam N+K (71,8%) em comparação às adubadas com apenas com N (67,7%). Entretanto, nos demais cortes, os valores se aproximam. Os teores de

FDN encontrados neste experimento são semelhantes aos valores médios encontrados na literatura.

De maneira geral, os resultados de pesquisa mostram ausência ou pequeno efeito da adubação nitrogenada sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN). Oliveira (2002) encontrou resposta linear negativa dos teores de FDN em relação à aplicação de N em uma primeira avaliação, porém não houve efeito quando a mesma avaliação foi realizada no ano seguinte. A falta de consistência no comportamento desta variável provavelmente ocorre em função da possível interação do N com outros fatores (época de corte, temperatura, disponibilidade de água, etc.), que podem interagir entre si, dificultando as interpretações destas variáveis.

Os valores de NIDN foram influenciados ($P < 0,05$) pelas doses de N no primeiro período, apresentando comportamento linear para as doses N-K, e quadrático para as doses N+K. No segundo corte observou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) para os tratamentos N-K, e linear ($P < 0,01$) para os tratamentos compostos por fertilizante nitrogenado e potássico. No terceiro corte, apenas os tratamentos contendo N e K influenciaram ($P < 0,01$) os teores desta variável, apresentando comportamento linear. Não foi encontrada tendência uniforme entre as coletas, para os teores de NIDN, quando se aplicou N-K. Entretanto, a tendência observada para os tratamentos N+K foi de incremento desta fração nitrogenada. Os valores indicam que cerca de 25 a 30% do nitrogênio contido na forrageira encontra-se ligado à parede celular, não apresentando disponibilidade imediata aos microrganismos ruminais.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 8. Teores de FDN e NIDN na forragem de *Brachiaria brizantha* em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

CONCLUSÕES

A fertilização nitrogenada e potássica elevaram a produção de matéria seca e a taxa de acúmulo de MS do sub-bosque de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sistema silvipastoril.

A adubação não afeta de maneira significativa o teor de nutrientes na planta, porém aumenta o conteúdo destes na pastagem, aumentando a disponibilidade aos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A.J. et al. Produção de massa seca e vigor de rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, v.40, p.141-147, 2003 (Suplemento 2).
- ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. et al. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1589-1595, 2000.
- ANDRADE, C.M.S. **Estudo de um sistema agrossilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1, na região dos cerrados de Minas Gerais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 102p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1178-1185, 2001.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1959-1968, 2001 (Suplemento).
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.
- COOKE, G.W. **Fertilizing for maximum yield.** London: Crosby Lockwood and Son, 1972. 575p.
- DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo.** Viçosa: Imprensa Universitária, 1981. 15p.
- GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S.; GARCEZ NETO, A.F. Sistemas Silvopastoris. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 5., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2005, p.1-64.
- GOMIDE, J.A. Adubação fosfatada e potássica de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional.** Piracicaba: Fundação Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, 1986. p.155-164.
- GOMIDE, J. A. Produção de leite em regime de pasto. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.591-613, 1993.

- GONÇALVES, J. O. N. et al. Efeito de níveis de nitrogênio sobre a produção de matéria seca de capim pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). In: **Pastagens, adubação e fertilidade do solo**. Bagé: Embrapa-Uepae, 1980. p.25-27.
- HERINGER, I. **Efeito de níveis de nitrogênio sobre a dinâmica de uma pastagem de milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1995. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, 1995.
- LAZENBY, A. Nitrogen relationships in grassland ecosystems. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1981, Lexington. **Proceedings...** Bouldre: Westview Press, 1981. p.56-63.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionary of ruminant feeds. **Animal Feeding Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Respostas de braquiária brizantha a doses de potássio. **Scientia Agrícola**, v.55, n.3, p.428-437, 1998.
- NELSON, C.J. Photosynthesis and carbon metabolism. In: **Forages: An introduction to grassland agriculture**. Ames: Iowa State University Press, 5ed., v.1, 1995. p.31-43.
- OLIVEIRA, M.A. **Características morfofisiológicas e valor nutritivo de gramíneas forrageiras do gênero *Cynodon* sob diferentes condições de irrigação, fotoperíodo, adubação nitrogenada e idades de rebrota**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 142p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- RIBEIRO, K.G. **Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim-tifton 85, sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrota, e na forma de feno, com bovinos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 107p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV. 2002. 235p.
- STULEN, I. Interactions between carbon and nitrogen metabolism in relation to plant growth and productivity. In: **Nitrogen in higher plants**. Somerset, England: Research Studies Press, 1990. p.297-312.
- VICENTE-CHANDLER, J.; PEARSON, R.W.; ABRUNA, F. et al. Potassium fertilization of intensively managed tropical grasses under humid tropical conditions. **Agronomy Journal**. v.54, n.5, p.450-453, 1962.

CAPÍTULO 2

DESEMPENHO DE NOVILHOS DE CORTE PASTEJANDO O SUB-BOSQUE DE UM SISTEMA SILVIPASTORIL SUBMETIDO A DOSES DE FERTILIZANTE NITROGENADO E POTÁSSICO

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas silvipastoris representam uma modalidade de uso da terra cuja exploração é bem mais complexa que a de pastagens exclusivas. Estes sistemas necessitam de equilíbrio entre seus componentes (árvores, forrageiras e animais) que, aliado ao grande número de interações possíveis entre estes e os fatores clima e solo, aumenta a necessidade de um planejamento rigoroso.

No Brasil, o interesse pelo estabelecimento de tais sistemas vem aumentando devido à baixa sustentabilidade dos sistemas convencionais de uso da terra. A elevada ocorrência de pastagens degradadas e a freqüente constatação de redução da produtividade das florestas plantadas de ciclo curto, com poucas rotações, certamente são fatores que tem impulsionado o interesse pelo uso de sistemas silvipastoris (Andrade, 2000).

Por esta razão, ocorre atualmente um aumento da demanda por informações a respeito destes sistemas, as quais ainda são escassas, apesar dos avanços obtidos nas duas últimas décadas. O maior entrave à exploração de sistemas silvipastoris sustentáveis está na falta de informações técnicas para auxiliar, tanto no planejamento quanto no gerenciamento de tais sistemas (Andrade et al., 2003).

O potencial de produção de uma planta forrageira é determinado geneticamente, porém para que esse potencial seja alcançado, condições

adequadas do meio, como temperatura, umidade, luminosidade e disponibilidade de nutrientes, devem ser observados. Nos sistemas silvipastoris a condição de luminosidade é reduzida, portanto deve-se assegurar que as demais condições não sejam limitantes à produção forrageira.

A reposição de nutrientes, principalmente N, através da fertilização, pode ser utilizada para se manter ou aumentar a produção de uma pastagem. Andrade et al. (2001), ao estudarem a produção forrageira em um sistema silvipastoril, observaram que o desenvolvimento do sub-bosque estava sendo limitado pela disponibilidade de N, além do sombreamento imposto pelo componente arbóreo.

O nitrogênio é o nutriente mais importante em termos de quantidade para maximizar a produção de matéria seca de gramíneas forrageiras, e como consequência, propiciar maior lotação e produção animal por hectare (Werner et al., 2001). No entanto, o manejo do N também deve considerar a sua grande mobilidade no solo, o que requer reposição constante do mesmo em aplicações escalonadas.

A disponibilidade de N tem efeito direto sobre o rendimento de matéria seca. Esse aumento no rendimento deve-se principalmente ao estímulo do crescimento, retardamento da senescência e alteração na partição de carbono em prol da parte aérea. Doses crescentes de nitrogênio aumentam a densidade de perfilhos na pastagem, além de sustentar maior número de folhas vivas por perfilho e reduzir a taxa de senescência de folhas maduras. A integração desses efeitos, com o aumento da taxa de alongamento das folhas, resulta na elevação das taxas de acúmulo de matéria seca do pasto, por perfilho ou por unidade de área. Como resultado, há aumento na capacidade de suporte do pasto e da produtividade da pastagem (kg/ha de carne ou leite), sem, contudo, haver ganho significativo na produção por animal.

O potássio é está relacionado diretamente ao aumento da produção de MS de forrageiras. Sua participação é importante, sendo que na sua falta, os incrementos oriundos da fertilização nitrogenada também são comprometidos. Em estudos onde foi omitido o potássio, observa-se redução na produção de MS e no número de perfilhos em relação à adubação com os demais elementos.

Coutinho et al. (2001) avaliaram os efeitos da adubação potássica e nitrogenada na produção de matéria seca de coast-cross em sucessivos cortes. Houve interação entre N e K, apresentando aumento significativo da produção com a presença dos dois elementos. A elevação da produção já esperada devido ao N só foi possível quando não havia deficiência de K. Além disso, os autores verificaram que a adição de N e K aumentou significativamente os teores desses nutrientes na parte aérea das plantas.

O trabalho foi conduzido com o objetivo de verificar a influência da adubação nitrogenada e potássica no desempenho animal de bovinos pastejando o sub-bosque de um sistema silvipastoril com eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental encontra-se descrita no Capítulo 1.

Foram utilizados seis piquetes de 4,5 ha cada, delimitados com cercas eletrificadas. Em cada piquete foi aplicado, aleatoriamente, um dos seis tratamentos, constituídos por três níveis de fertilização nitrogenada (0, 75 e 150 kg ha⁻¹ de N), na forma de uréia, e dois níveis de fertilização potássica (0 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O), na forma de cloreto de potássio. Os tratamentos foram dispostos num delineamento inteiramente ao acaso, arranjados no esquema de parcelas subdivididas com o fatorial 3 x 2 (níveis de N x níveis de potássio) constituindo as parcelas e três épocas de coleta constituindo as sub-parcelas. Um piquete adicional, vizinho à área experimental, foi utilizado para manutenção dos animais reguladores, quando não estavam sendo utilizados no experimento. Para o fornecimento de água aos animais, foram instalados bebedouros, com distribuição de água por gravidade, sendo abastecidos por um reservatório central. Na outra extremidade de cada piquete, foram colocados cochos de madeira para fornecimento de sal mineral aos animais, à vontade.

Foram utilizados novilhos da raça Nelore, com idade média de um ano e peso médio inicial de 183,5 kg, pertencentes ao rebanho da Fazenda Riacho. Os animais foram vacinados contra febre aftosa e carbúnculo sintomático, de

acordo com calendário sanitário da região, e receberam vermífugos de amplo espectro no início do experimento.

O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua, com carga variável, conforme a técnica *put and take* (Mott & Lucas, 1952). Quatro animais teste foram empregados por piquete e um número variável de animais reguladores foram colocados ou retirados dos piquetes com a finalidade de manter os níveis de oferta de forragem ajustados em 10% do PV, conforme a taxa de crescimento do sub-bosque.

Na segunda quinzena de novembro de 2005 foi realizado o rebaixamento do pasto, mantendo altura média deste em 10 cm. A fertilização foi feita a lanço, na primeira semana do mês de dezembro, assim que as condições climáticas se apresentaram favoráveis. Além dos tratamentos, em todos os piquetes foram aplicados a lanço em cobertura 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo, para correção de eventual deficiência do nutriente P.

O experimento teve início 56 dias após a aplicação dos fertilizantes, quando os animais foram colocados na área. Todos os animais foram pesados antes do início do experimento e a cada intervalo de quatro semanas, havendo um jejum prévio destes, em todas as pesagens, de 12 horas. A distribuição nos piquetes foi elaborada com a formação de grupos equilibrados a partir do seu peso vivo e estado corporal.

O pastejo foi realizado em três períodos subseqüentes de 30 dias. A cada período foi realizado o ajuste da taxa de lotação à oferta de forragem estipulada. Para o cálculo da capacidade de suporte por piquete, multiplicou-se a área do piquete, em hectares, pela carga animal por hectare, obtida pela seguinte equação:

$$CA = \left(\frac{FD}{IA} + TAMS \right) \times \left(\frac{100}{OF} \right)$$

em que:

CA = carga animal (kg/ha de peso vivo);

FD = estimativa da forragem disponível instantaneamente no piquete (kg/ha de MS);

IA = intervalo de tempo entre as avaliações (dias);

TAMS = estimativa da taxa de acúmulo diário de MS do sub-bosque no próximo período (kg/ha.dia de MS)

OF = oferta de forragem (% do peso vivo)

Na Tabela 1 são apresentados os valores das ofertas pretendidas e as ofertas reais, calculadas a partir das taxas de crescimento do pasto e da carga animal utilizada.

Tabela 1. Oferta de forragem pretendida e oferta de forragem real nos períodos de pastejo

Oferta pretendida (% PV)	Dose N (kg/ha)	Dose K (kg/ha)	Oferta observada (% PV)		
			Período 1	Período 2	Período 3
10	0	0	12,2	12,6	12,8
10	0	100	11,1	12,8	10,8
10	75	0	12,3	12,2	11,3
10	75	100	12,8	12,5	10,1
10	150	0	13,4	11,6	10,2
10	150	100	13,2	12,1	10,7

A estimativa da disponibilidade de matéria seca, presente instantaneamente no sub-bosque do sistema, foi feita a cada quatro semanas de intervalo, através do corte e da pesagem de amostras. A amostragem foi realizada em quadrados de 0,8 x 0,8 m. Foram retiradas 16 amostras de cada piquete, cortadas a cerca de 10 cm de altura em relação ao nível do solo. As amostras foram pesadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

Depois de cortado, o material foi pesado e congelado em freezer até ser transportado ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV. As amostras foram secas em estufa a 65 °C, por 72 horas, moídas com peneira de 1 mm e submetidas às seguintes análises: MS, por secagem a 105 °C; N, pelo método semi-micro Kjeldahl; K (fotometria de chama), P (colorimetria), Ca (absorção atômica), após digestão nítrico-perclórica (Silva & Queiroz, 2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram analisados segundo o método ANCON®, com modificações. As amostras foram colocadas em sacos de TNT (tecido não tecido), gramatura 100, com tara conhecida e dimensão de 5x5 cm, que após selados foram

levados à autoclave dentro de potes coletores universais por um período de 1 hora. Em seguida os sacos foram lavados em água destilada até que todo o detergente fosse retirado, sendo em seguida levado para estufa de ventilação forçada a 65 °C por 24 horas. Após essa etapa os sacos foram levados para a estufa a 105 °C por 4 horas. Os teores de FDN foram obtidos pela diferença entre o peso dos sacos antes e depois do tratamento com o detergente. O resíduo obtido foi utilizado para análise de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) segundo Licitra et al. (1996).

O ganho de peso médio diário dos animais testes foi obtido pela diferença entre as pesagens realizadas no início e ao final de cada período de pastejo, dividido pelo número de dias em que os animais permaneceram pastejando.

Determinou-se o ganho de peso por hectare (G/ha), multiplicando o ganho médio diário dos animais teste pelo número de dias-novilho/ha, sendo este, por sua vez, calculado pela contagem do número total de animais que permaneceram no piquete, em cada dia, multiplicado pelo número de dias de avaliação em cada período.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e regressão. Os tratamentos foram arrançados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, portanto, com restrições à casualização do fator época. Os graus de liberdade referentes ao nitrogênio foram desdobrados em efeito linear e efeito quadrático, tanto na ausência quanto na presença da adubação potássica. As anovas foram realizadas no programa Statistica for Windows 6, procedimento General Linear Models, e os desdobramentos pelo programa SAEG 5.0. Os valores dos quadrados médios do resíduo combinados foram obtidos pelo uso da fórmula de Satterwaite. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, adotando-se o nível de 10% de probabilidade, utilizando-se o teste “t” de Student.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

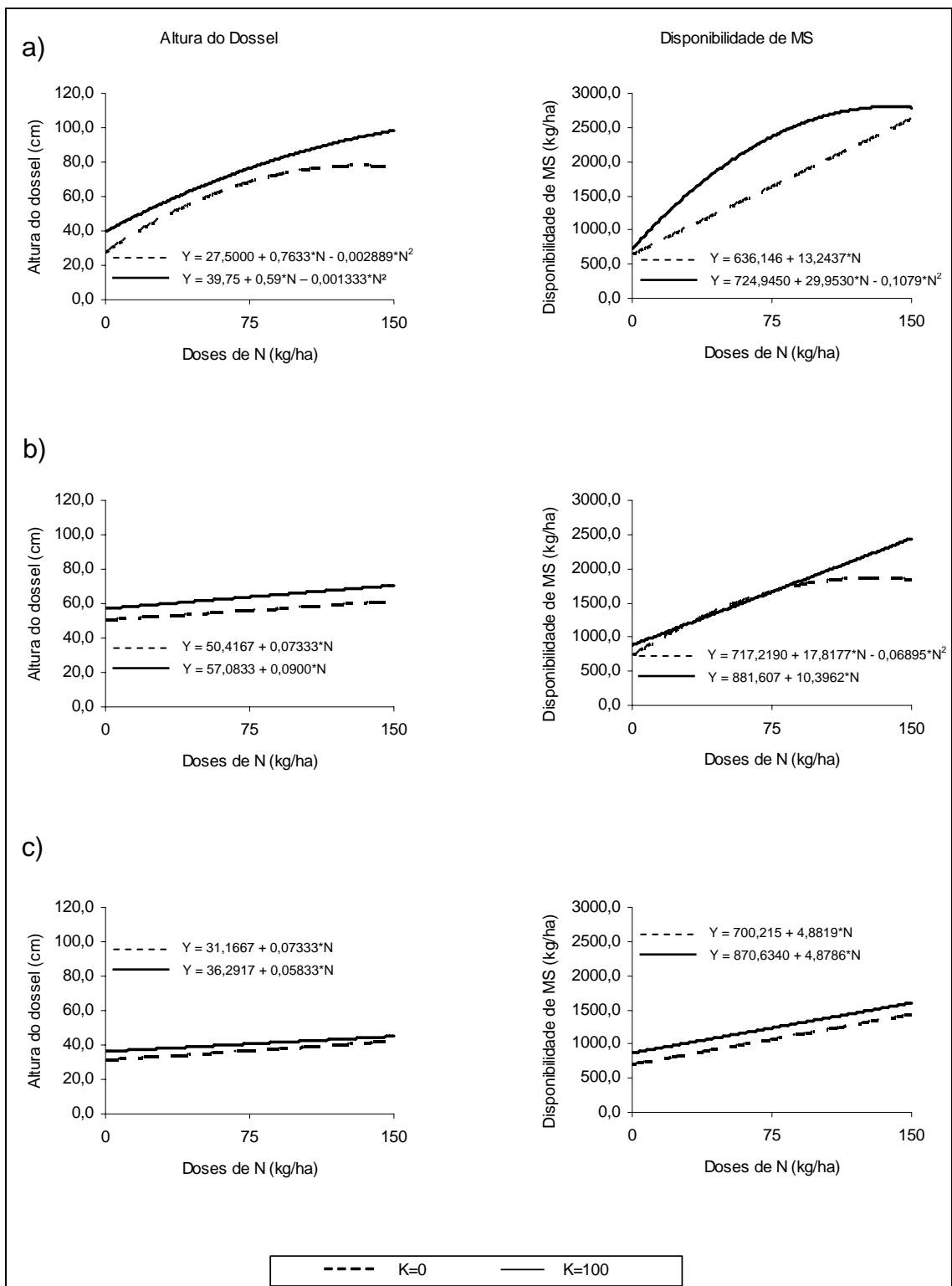
3.1. *Altura do pasto e disponibilidade de matéria seca*

O comportamento da altura do dossel e da disponibilidade de matéria seca em função dos níveis de N aplicados no sub-bosque pode ser observado na Figura 1.

A disponibilidade de MS do sub-bosque foi positivamente afetada pelas doses de fertilizantes adicionadas. No primeiro corte, foram observados incrementos lineares ($P < 0,01$) para os tratamentos N-K e comportamento quadrático ($P < 0,01$) para os tratamentos N+K. No corte 2 foi verificado comportamento quadrático ($P < 0,05$) para N-K e linear ($P < 0,01$) para N+K. Já no terceiro corte verificou-se efeito linear ($P < 0,01$) para ambos os casos.

A altura do pasto no sub-bosque foi influenciada positivamente pelas doses de N e K aplicadas, em todos os cortes realizados. Observaram-se efeitos quadráticos ($P < 0,05$) para o primeiro corte e lineares para o segundo ($P < 0,01$) e terceiro cortes ($P < 0,05$). A elevação da altura do pasto foi potencializada pela adição de K, observando-se maiores valores para os tratamentos contendo N, em todos os cortes avaliados.

A adubação nitrogenada e potássica proporcionaram aumentos acentuados no rendimento forrageiro do sub-bosque, e conseqüentemente, na capacidade de suporte da pastagem. A disponibilidade de N tem efeito direto sobre o rendimento de matéria seca, sendo que esse aumento se deve principalmente ao estímulo do crescimento, retardamento da senescência e alteração na partição de carbono em prol da parte aérea.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 4. Altura do dossel e disponibilidade de matéria seca de forragem em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

3.2. Composição químico-bromatológica da forragem do sub-bosque

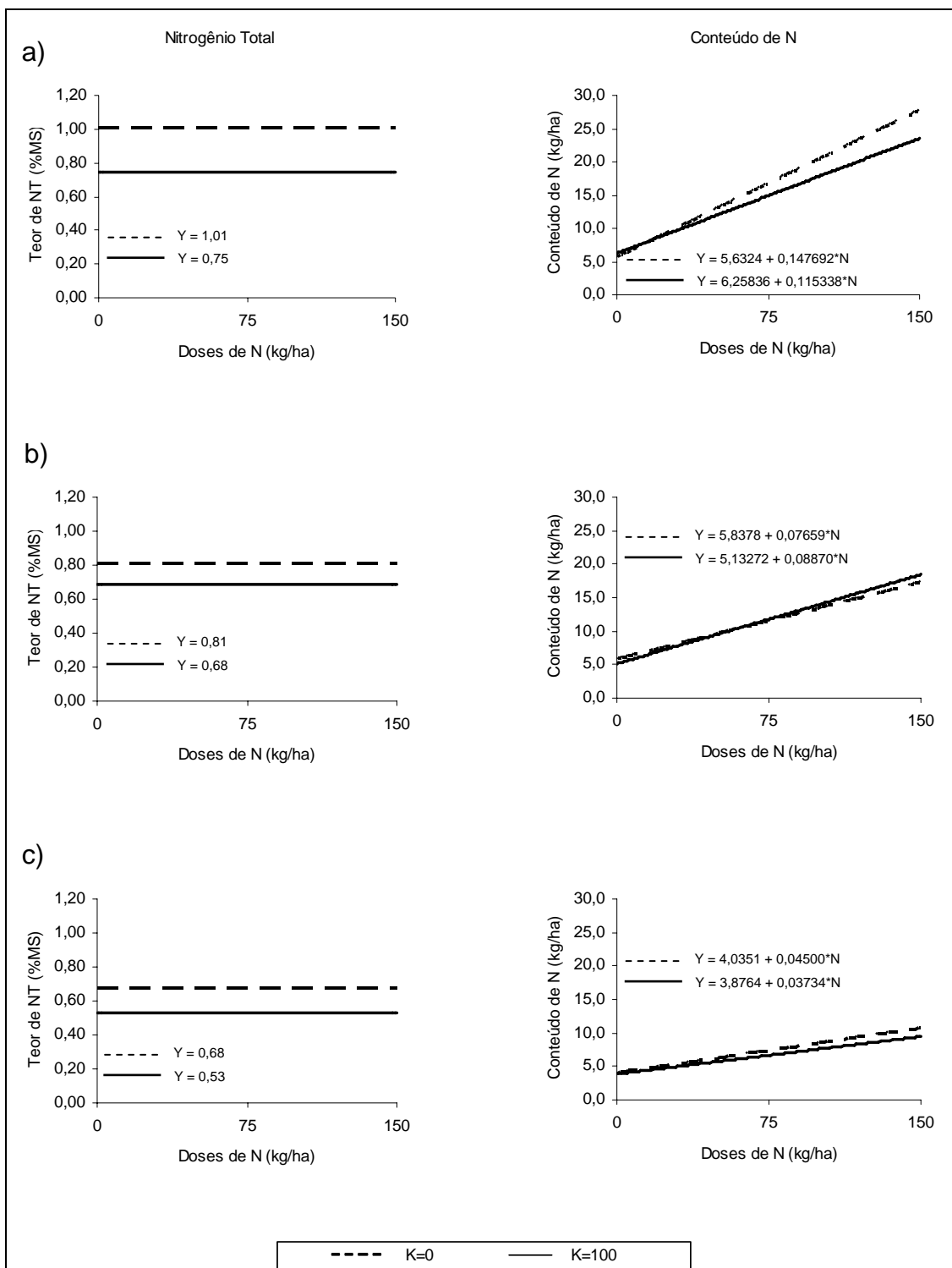
3.2.1. Teor e conteúdo de N

Não foi verificado efeito ($P>0,10$) das doses de fertilizante nitrogenado sobre os teores de N na forragem. No entanto, os dados obtidos mostram que os teores de N nas plantas adubadas apenas com nitrogênio apresentaram teor de N mais alto que o encontrado nas plantas que receberam fertilizante nitrogenado e potássico. Os valores médios de N foram de 1,01; 0,81 e 0,68% nos tratamentos sem potássio, e 0,75; 0,68 e 0,53% nos tratamentos com potássio, para os cortes 1, 2 e 3, respectivamente.

Os teores obtidos podem ser considerados baixos, resultando em plantas com baixo teor protéico. Neste caso, os teores de proteína bruta não atingiram o valor de 7%, mínimo requerido pelos microrganismos do rúmen (National Research Council – NRC, 1984). Esses baixos valores podem ser atribuídos ao período entre a fertilização e a primeira avaliação, que foi de 86 dias. Os teores de N na planta tendem a ser reduzidos à medida que aumenta o intervalo entre os cortes (Ribeiro, 2000). Plantas mais velhas apresentam maior relação colmo:folha, provocada pelo alongamento dos colmos, os quais apresentam teores protéicos mais baixos que os das lâminas.

Com a aplicação de fertilizante potássico, observaram-se teores ainda mais reduzidos de N na planta, resultado da maior produção de MS das plantas submetidas a este tratamento, causando efeito de diluição ao nutriente.

Ao avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica sobre o conteúdo de N na planta, observou-se que esta variável foi influenciada linearmente ($P<0,01$) pela fertilização nitrogenada, em todos os cortes. Ao se aplicar apenas fertilizante nitrogenado, estimaram-se acréscimos de 0,15; 0,08 e 0,05 kg ha⁻¹ de N para cada kg de N aplicado ao solo, para os cortes 1, 2 e 3, respectivamente. Enquanto isso, na presença de K₂O, estimaram-se acréscimos de 0,12; 0,09 e 0,04 kg ha⁻¹ de N para cada kg de N aplicado. Portanto, observa-se que o fertilizante potássico não apresentou efeito sobre o acúmulo de N na planta, apesar de reduzir o teor do nutriente na forrageira. Observando as equações de regressão, nota-se que a cada corte a declividade da reta foi reduzida, indicando menor efeito da fertilização nitrogenada com o avanço da idade da planta.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 2. Teores e conteúdo de nitrogênio da forragem disponível em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

3.2.2. Teor e conteúdo de K

Ao submeter os dados à análise de variância, foi verificado efeito das doses de N e da adição de fertilizante potássico nos teores deste elemento na planta. No primeiro corte, o efeito verificado foi linear ($P < 0,05$) para os tratamentos N-K e quadrático ($P < 0,10$) para os tratamentos N+K. No segundo corte, a redução no teor deste elemento foi linear ($P < 0,05$) para ambos os grupos de tratamentos. No entanto, no terceiro corte, verificou-se efeito ($P < 0,05$) apenas das doses de N, registrando-se comportamento linear.

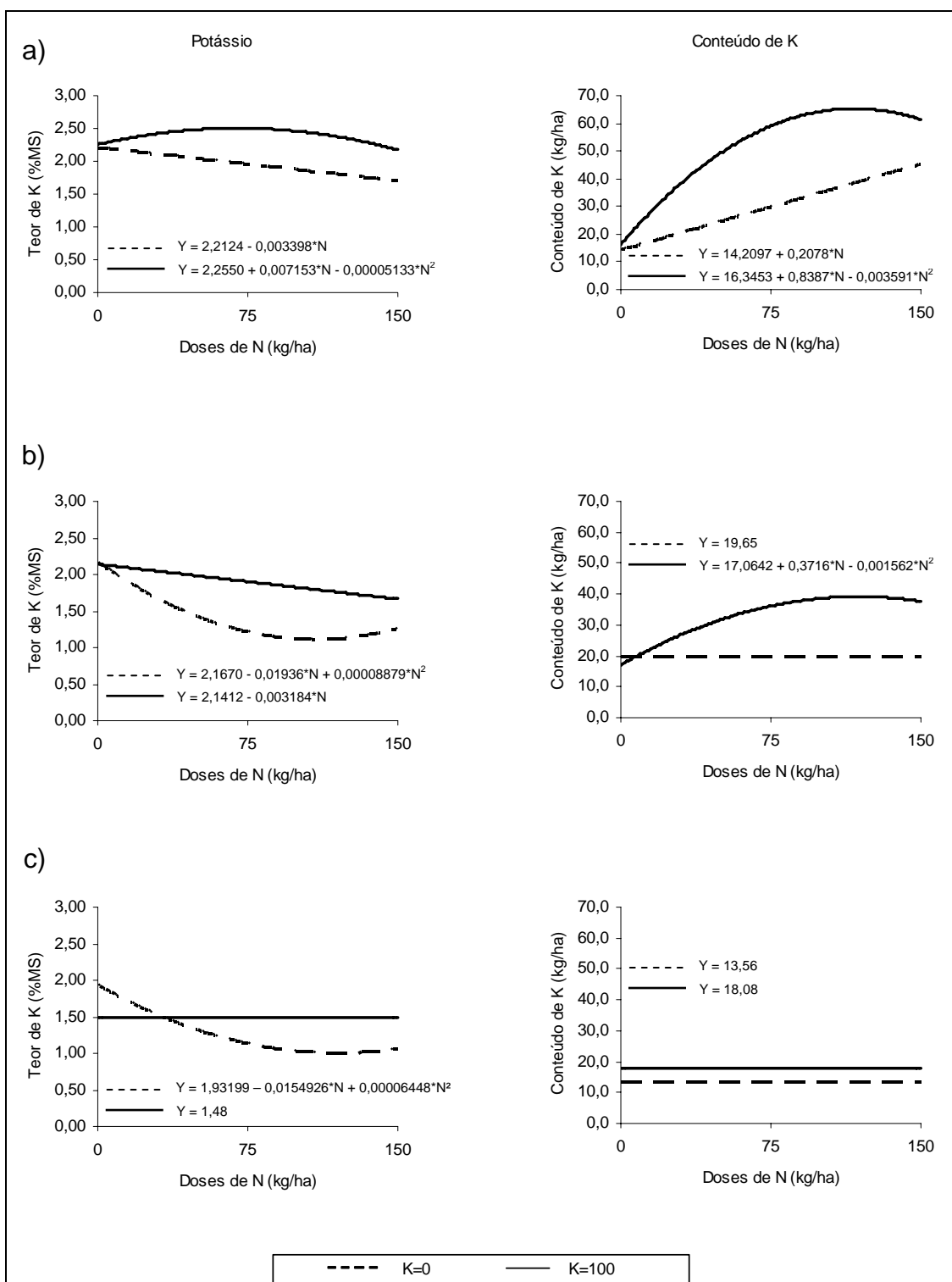
Pode-se verificar que a adição de potássio no solo manteve mais elevados os teores deste elemento na planta. Embora o teor de K na planta tenha sofrido decréscimo com a adição de doses de N, os tratamentos que receberam potássio apresentaram queda menos acentuada, ou não sofreram queda.

Com o avanço da idade da planta, observado pelos cortes subseqüentes, verificou-se redução no teor de K na planta. Este comportamento pode ser atribuído à modificação da relação folha:colmo, uma vez que este nutriente é acumulado prioritariamente em folhas jovens, e estas são preferencialmente consumidas pelos animais em pastejo.

O conteúdo de K no sub-bosque foi afetado pelas doses de N aplicadas, podendo-se verificar, no primeiro período, comportamento linear ($P < 0,01$) para os tratamentos N-K e comportamento quadrático ($P < 0,01$) para os tratamentos N+K. No segundo período foi detectado efeito ($P < 0,10$) apenas para os tratamentos que receberam, além de nitrogênio, também a adubação potássica. No terceiro período não foi verificado efeito ($P > 0,10$) das doses de N sobre esta variável.

Apenas no primeiro período de avaliação a fertilização nitrogenada aumentou o conteúdo de K, reflexo da grande absorção deste nutriente na fase inicial de crescimento da forrageira. Nos períodos seguintes, onde a taxa de crescimento da forrageira foi reduzida, a absorção de K não foi suficiente para aumentar seu rendimento, em kg ha^{-1} . Associado a isso, há ainda o efeito do componente animal, consumindo preferencialmente folhas, retirando grande parte do estoque de K da planta. No entanto, ao se adicionar 100 kg ha^{-1} de K_2O , manteve-se a elevação do conteúdo de K no sub-bosque à medida que se elevaram as doses de N, até o segundo período de avaliação.

Pode-se observar que, em todos os períodos de avaliação, onde não foi aplicado fertilizante nitrogenado as plantas mantiveram os conteúdos de K em valores semelhantes. Estimaram-se conteúdos de 14,2; 19,5 e 13,6 kg ha⁻¹ para os tratamentos contendo apenas N, e 16,3; 17,1 e 18,1 kg ha⁻¹ para os tratamentos contendo N e K, nos períodos 1, 2 e 3, respectivamente. A inclusão de potássio, sem a fertilização nitrogenada, não foi suficiente para elevar o rendimento de K contido nas plantas. No entanto, ao combinar os dois nutrientes, houve ganhos de cerca de 300% em conteúdo de K para a dose de 116,8 kg ha⁻¹ de N, combinada com 100 kg ha⁻¹ de K₂O, no primeiro período de avaliação.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 5. Teores e conteúdo de potássio da forragem disponível, em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

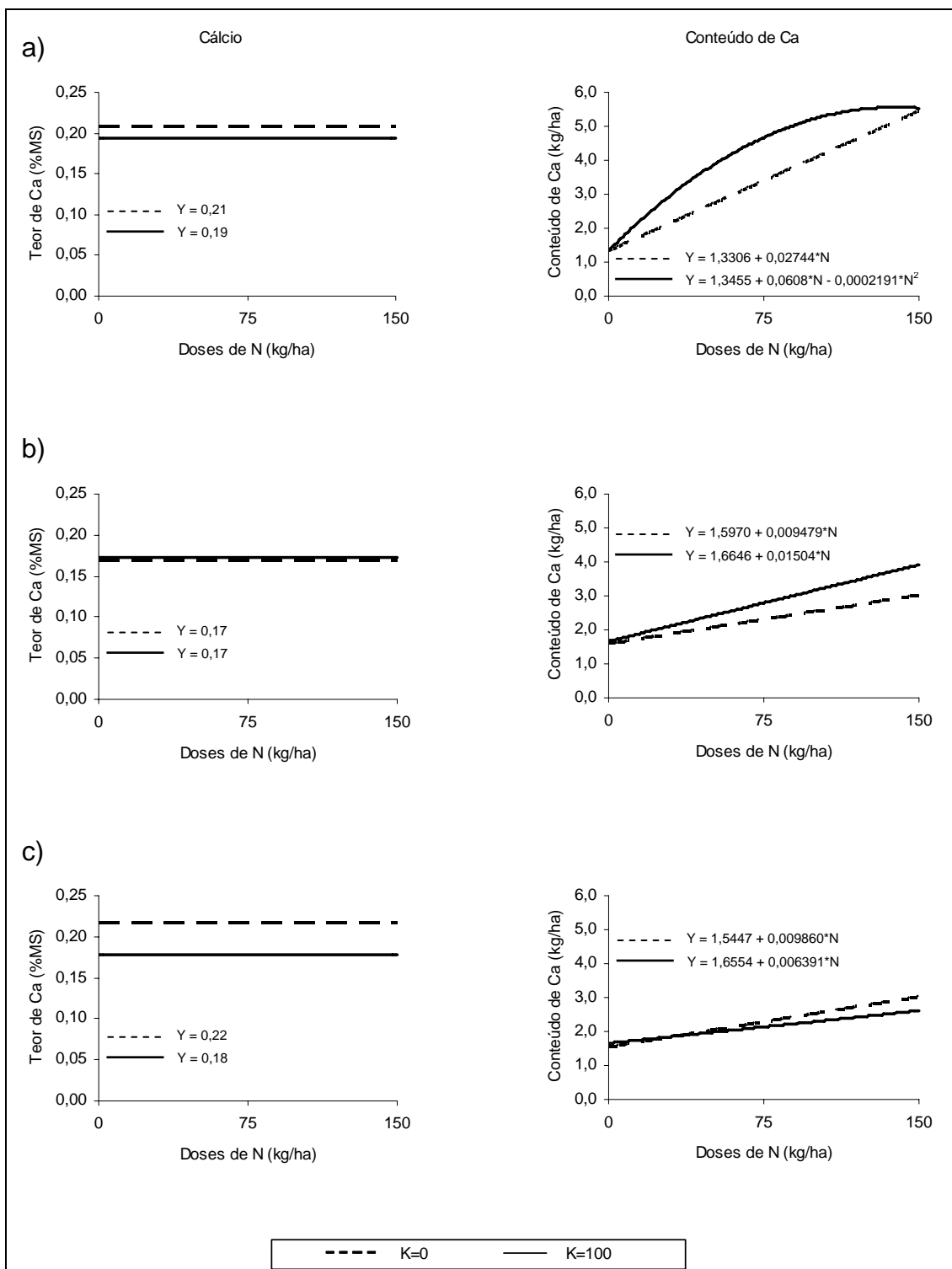
3.2.3. Teores e conteúdos de Ca e P

Os teores de Ca na forragem disponível não foram influenciados ($P>0,10$) pela adubação nitrogenada. Entretanto, o conteúdo deste elemento na planta foi influenciado significativamente pelas doses de N aplicadas no solo. No primeiro período observaram-se efeito linear ($P<0,01$) para os tratamentos N-K, e quadrático ($P<0,05$) para os tratamentos N+K. No segundo e terceiro períodos, comportamento linear ($P<0,05$) foi observado para ambos os grupos de tratamentos.

Por ser um elemento de baixa mobilidade na planta, sendo acumulado em folhas mais velhas, o conteúdo de Ca acompanhou a tendência observada para a disponibilidade de MS. Com o avanço dos cortes, o teor de Ca não foi alterado significativamente, mas seu conteúdo foi reduzido, consequência da redução da disponibilidade de MS no sub-bosque.

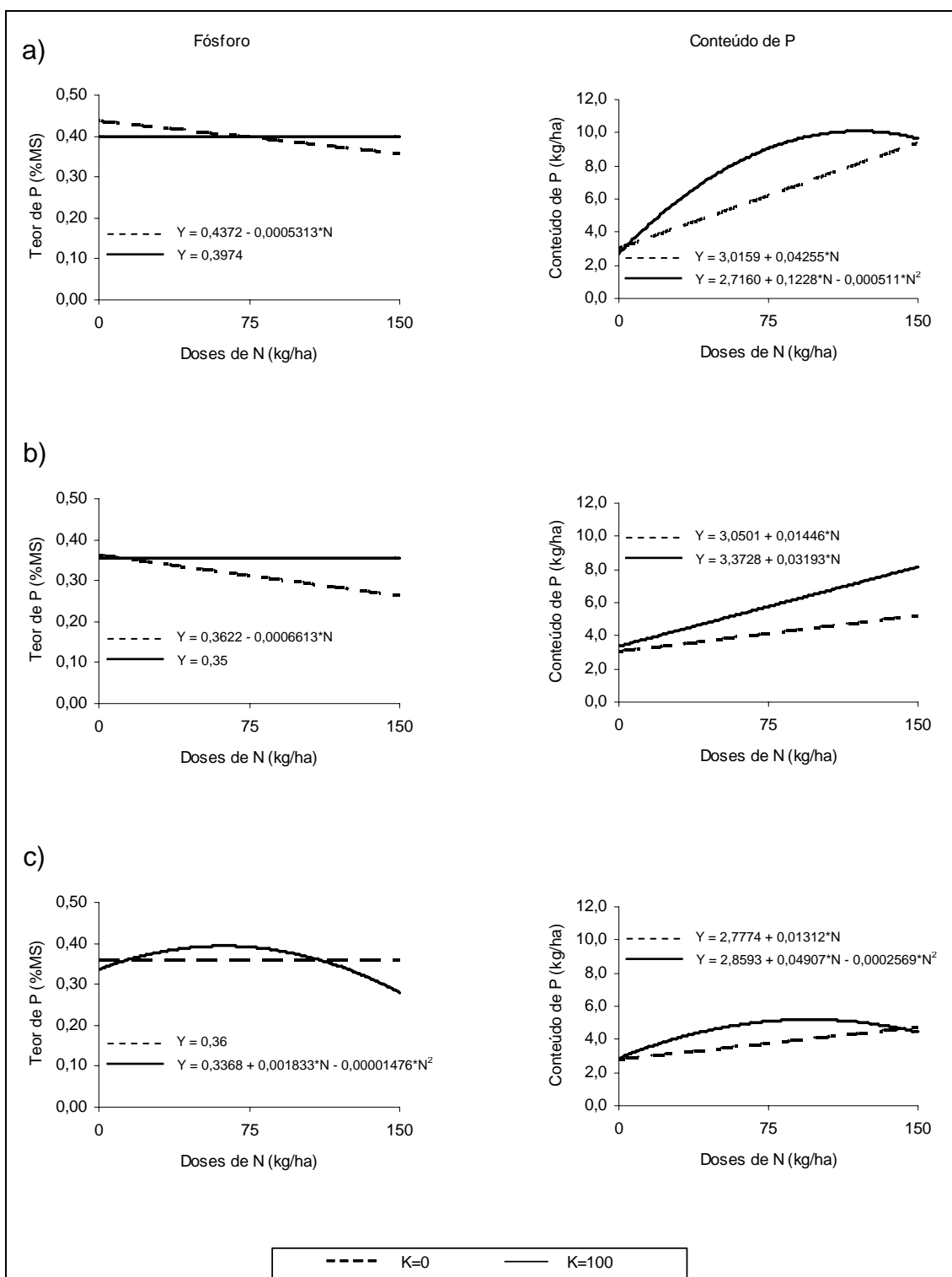
Para os teores de fósforo houve efeito ($P<0,10$) da adubação nitrogenada apenas para os tratamentos N-K no primeiro corte, observando-se comportamento linear para esta variável. No segundo corte, o tratamento N+K não influenciou ($P>0,10$) os teores de P, enquanto que N-K proporcionou redução linear ($P<0,05$) dos teores do nutriente. No terceiro corte, as doses de N-K não influenciaram ($P>0,10$) o teor de P na planta, ao passo que N+K tiveram efeito quadrático ($P<0,05$) sobre a variável.

O conteúdo de P na planta, nos três períodos analisados, foram influenciados pelas doses de N aplicadas. Os tratamentos compostos exclusivamente por N apresentaram comportamento linear ($P<0,05$) em todos os períodos. Com a inclusão de fertilizante potássico, observaram-se maiores conteúdos de P em relação aos tratamentos contendo N exclusivamente. Verificou-se comportamento quadrático ($P<0,01$) no primeiro período, linear ($P<0,01$) no segundo, e linear ($P<0,10$) no terceiro período.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 2. Teores e conteúdo de cálcio da forragem disponível, em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

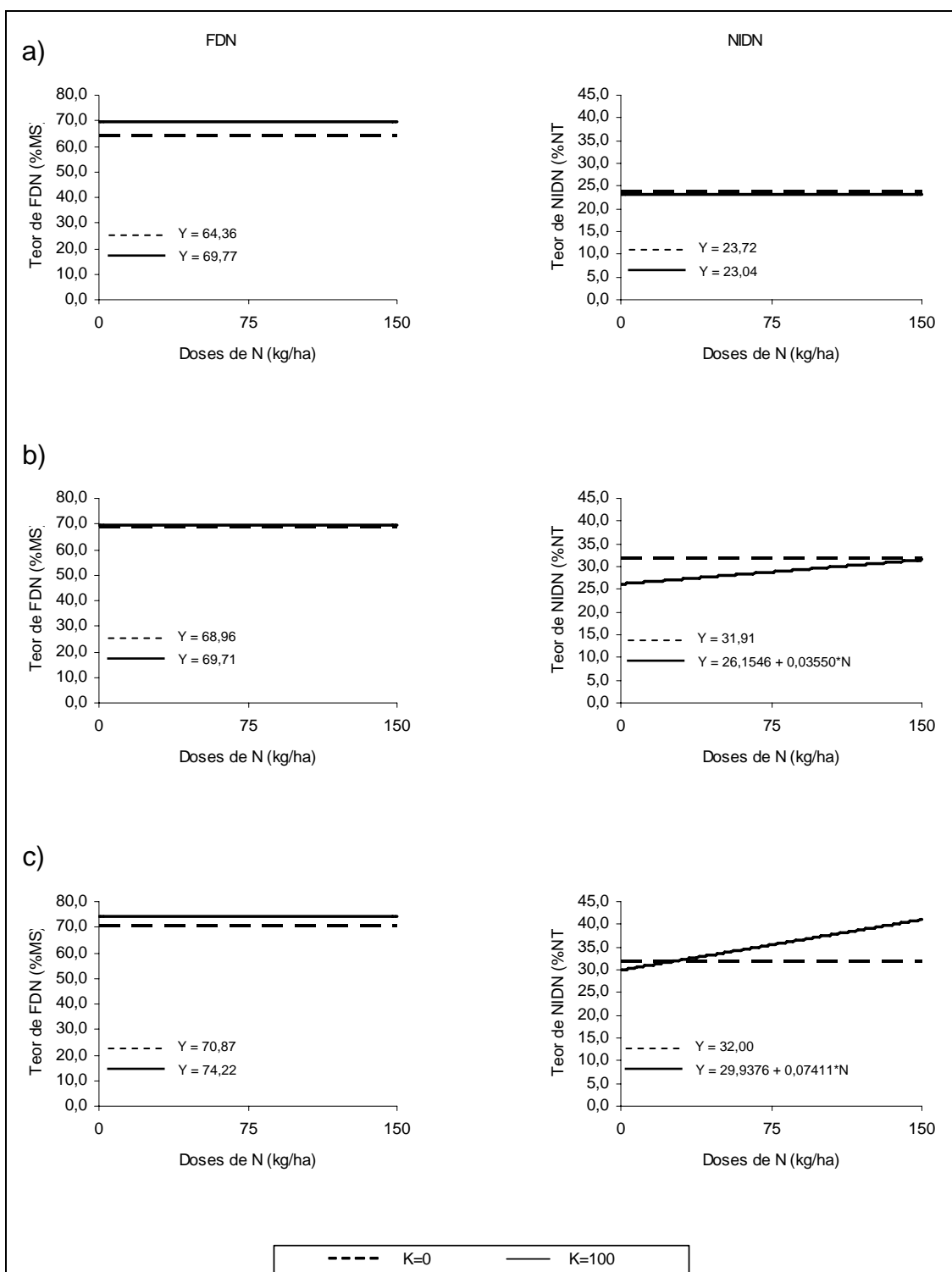
Figura 3. Teores e conteúdo de fósforo da forragem disponível, em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

3.2.4. Teores de FDN e NIDN

Não foi detectada ($P>0,10$) alteração nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) da forragem disponível com a adição de fertilizante nitrogenado, com ou sem a adição de potássio.

Observaram-se teores médios de FDN de 64,4; 69,0 e 70,9%, para os tratamentos contendo apenas N, e 69,8; 69,7 e 74,2% para os tratamentos contendo N e K_2O , nos períodos 1, 2 e 3, respectivamente. De modo geral, os trabalhos encontrados na literatura apresentam ausência, ou pequena resposta, da adubação nitrogenada sobre os teores de FDN (Ribeiro, 2000). Apesar de não haver resposta à adubação nitrogenada, observa-se que a inclusão de potássio na adubação elevou os teores de FDN da forrageira. As plantas submetidas a estes tratamentos apresentaram maior rendimento de matéria seca, associada a maior altura do pasto. Estas características indicam maior alongamento de colmo e conseqüente elevação do teor de FDN das plantas. Apesar de não avaliado neste experimento, a proporção de colmo foi visivelmente superior nos piquetes onde houve maior disponibilidade de matéria seca, o que pôde ser observado durante as coletas. Houve, também, variação ao longo do período experimental, para todos os tratamentos, evidenciando a queda na qualidade da forrageira pela maior proporção de parede celular, em detrimento de conteúdo celular. Fagundes et al. (2005) ressaltam elevação da proporção de colmo à medida que se elevou a produção de MS de capim-braquiária. Apesar de haver alongamento e expansão de folhas, cerca de 60 a 70% do crescimento da forrageira pode ser proveniente do alongamento do colmo.

Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) não foram influenciados ($P>0,10$) pelas doses de N, quando estas foram aplicadas exclusivamente. Entretanto, foi verificado efeito linear crescente ($P<0,05$) no segundo e terceiro período, para os tratamentos contendo fertilizante nitrogenado e potássio. Foram observados, para os tratamentos sem a inclusão de potássio, valores médios de 23,7; 31,91 e 32,0% do N total, para os períodos 1, 2 e 3, respectivamente. Entretanto, para os tratamentos com a inclusão de potássio, verificaram-se valores médios de 23,0% no primeiro período, variações de 26,2 a 31,5% no segundo período, e de 29,9 a 41,0% no terceiro período.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 7. Teores de FDN e NIDN da forragem disponível, em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio, em um sistema silvipastoril com eucalipto

3.3. Desempenho animal

Os dados relativos ao desempenho animal são apresentados nas Tabela 2 e 3 e Figura 7.

Com a adição de fertilizante nitrogenado no sub-bosque, os ganhos individuais, representados pelo ganho médio diário (GMD) e pelo ganho de peso do período (GPP), foram alterados significativamente. Observou-se acréscimo linear ($P < 0,01$) no primeiro período, efeito quadrático ($P < 0,01$) no segundo, e decréscimo linear ($P < 0,05$) no terceiro período, à medida que aumentou a dose de N.

Os tratamentos adicionados de fertilizante potássico também foram influenciados pela aplicação de nitrogênio no sub-bosque. Foi observado comportamento quadrático ($P < 0,05$) para o primeiro e segundo períodos de avaliação, e comportamento linear decrescente ($P < 0,10$) para o terceiro período.

Os ganhos obtidos podem ser considerados moderados para animais pastejando *Brachiaria brizantha* em lotação contínua. A forrageira adubada com doses de N combinadas com K proporcionou maior ganho de peso individual apenas no primeiro período de avaliação, para doses de N até 102,3 kg ha⁻¹, em relação aos tratamentos sem K. A resposta positiva observada no primeiro período de avaliação pode estar relacionada à resposta inicial da planta à adubação, resultando em aumento da produção de MS e do seu valor nutritivo.

Nos períodos subseqüentes foi observada pequena variação nos ganhos individuais, porém superiores para os animais consumindo pasto adubado apenas com fertilizante nitrogenado. Pode-se considerar que a falta de resposta do ganho individual em relação à adubação nitrogenada nos períodos seguintes se deve à manutenção de oferta de forragem constante entre os tratamentos, estimada em 10% do PV.

Foi observada redução dos teores de N da planta ao longo dos períodos de avaliação, porém sem refletir no ganho individual dos animais. Deve-se ressaltar que a avaliação da forrageira foi realizada utilizando-se a planta inteira, enquanto que os animais em pastejo selecionam principalmente lâminas foliares, elevando o valor nutritivo da dieta, em relação à forragem disponível ao consumo.

A redução no ganho médio individual não prejudicou o ganho acumulado no final do período experimental e o ganho por unidade de área. Conforme se pode observar na Tabela 2, a taxa de lotação pôde ser elevada à medida que se adicionaram os fertilizantes. Este fato, aliado à manutenção do ganho de peso individual, proporcionou maiores ganhos por unidade de área quando foram adicionadas doses crescentes de fertilizante nitrogenado. Foram verificados, também, maiores ganhos por hectare quando o fertilizante potássico foi adicionado.

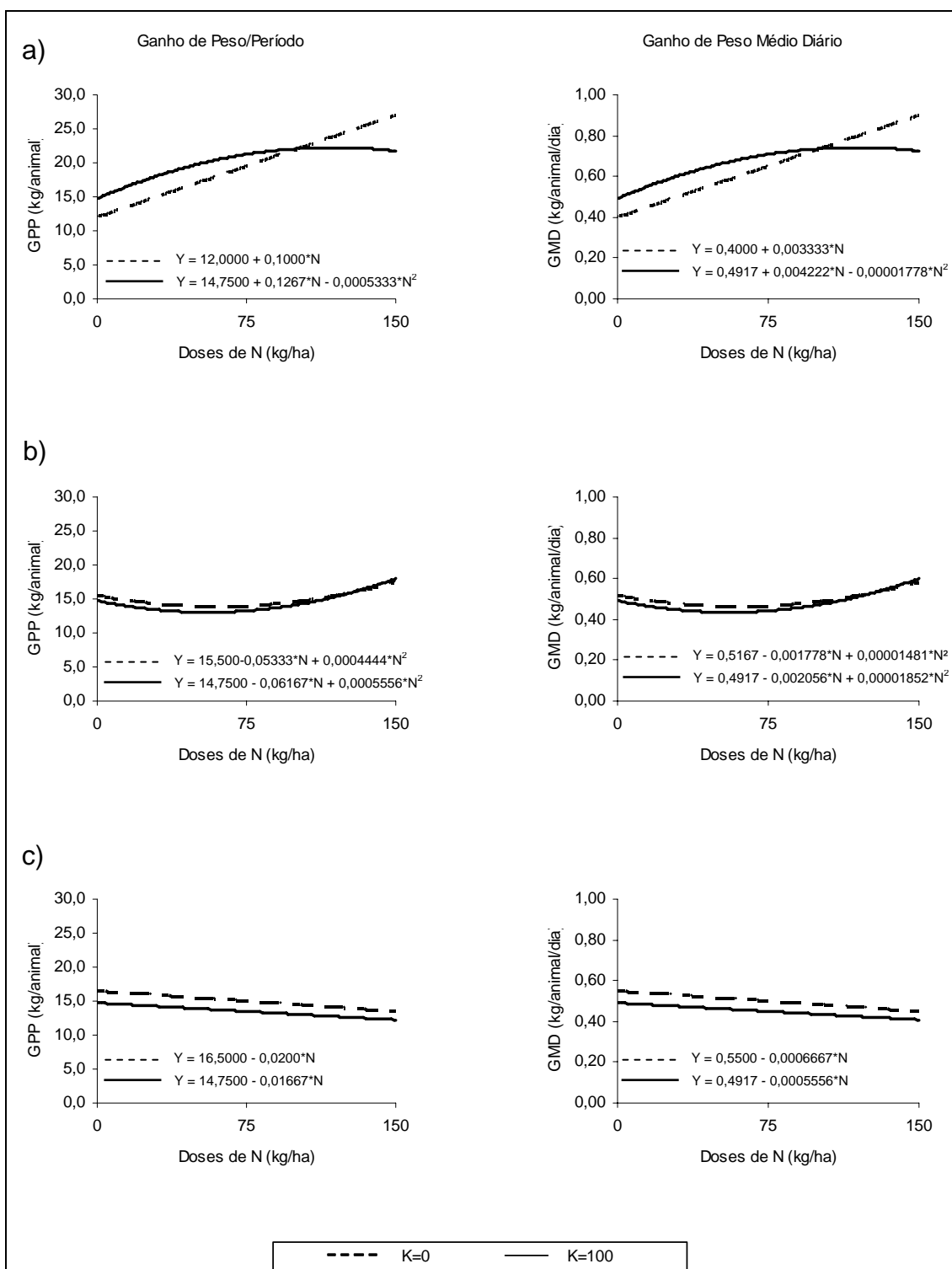
Tabela 2. Taxas de lotação observadas durante o período experimental

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Taxa de lotação (UA/ha)		
		Período 1	Período 2	Período 3
0	0	0,55	0,68	0,52
	100	0,72	0,87	0,83
75	0	1,17	1,40	0,96
	100	1,58	1,57	1,25
150	0	1,67	1,59	1,26
	100	1,81	2,03	1,47

Tabela 3. Ganho de peso acumulado dos três períodos (GPA) e ganho total por hectare (G/ha) de novilhos pastejando o sub-bosque de um sistema silvipastoril adubado com fertilizantes nitrogenado e potássico

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	GPA (kg/animal)	G/ha (kg ha ⁻¹)
0	0	43,5	57,83
	100	45,8	82,39
75	0	49,5	132,33
	100	55,0	166,78
150	0	57,5	197,72
	100	51,0	216,38

Apesar de não analisados estatisticamente, os dados de ganho por área revelaram incrementos de 42,5; 26,0 e 9,4% quando foi adicionado fertilizante potássico na adubação do sub-bosque. O ganho em kg ha⁻¹ para o tratamento composto por 150 kg ha⁻¹ de N e 100 kg ha⁻¹ de K₂O correspondeu a 3,74 vezes o ganho obtido sem a aplicação de fertilizantes, no tratamento testemunha.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 6. Ganho de peso no período e ganho médio diário de novilhos pastejando o sub-bosque do sistema silvipastoril, em resposta à adubação nitrogenada e ao potássio

CONCLUSÕES

A aplicação de fertilizante nitrogenado e potássico elevou o rendimento de matéria seca do sub-bosque de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sistema silvipastoril, mantendo a qualidade nutricional, aumentando desta forma a capacidade de suporte deste sistema e o ganho de peso por unidade de área.

A fertilização do sub-bosque é eficiente para a intensificação do uso de sistemas silvipastoris

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C.M.S. **Estudo de um sistema agrossilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1, na região dos cerrados de Minas Gerais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 102p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003 (Suplemento 2).
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1178-1185, 2001.
- COUTINHO, E.L.M.; RODRIGUES, L.R.A.; CONSOLINI, F. et al. 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., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba:Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, [2001] (CD-ROM).
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionary of ruminant feeds. **Animal Feeding Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MOTT, G.O., LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania, 1952. p.1380.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle.** Washington, D.C.: National Academy of Science, 90p, 1984.
- RIBEIRO, K.G. **Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim-tifton 85, sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrota, e na forma de feno, com bovinos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 107p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa, MG: Editora UFV. 2002. 235p.
- WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A. Adubação de pastagens. In: PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE PASTAGENS. Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba:Fundação Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001, p.129-156.

CAPÍTULO 3

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DAS OFERTAS DE FORRAGEM SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO SUB-BOSQUE DE UM SISTEMA SILVIPASTORIL E DESEMPENHO ANIMAL

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas silvipastoris (SSP's), modalidade dos sistemas agroflorestais (SAF's), referem-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra, onde as atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (Garcia & Couto, 1997).

Segundo Payne (1985), a máxima produtividade dos sistemas silvipastoris é obtida quando a máxima quantidade de produto animal for obtida sem que ocorra decréscimo na produção da cultura arbórea, e vice-versa. Por isso, a produtividade destes sistemas devem ser medidas somente com base no produto comercializado da unidade de área (Nair, 1993).

Considerando a utilização de animais de boa qualidade genética, e manejados adequadamente, a produtividade animal dependerá do crescimento e da eficiência de utilização da máxima quantidade de forragem de boa qualidade. A produção de forragem, por outro lado, dependerá da quantidade de luz, água e nutrientes disponíveis, além de um manejo adequado. Dentre os aspectos de manejo da pastagem, que afetam diretamente o crescimento das plantas, está o nível médio de resíduo que permanecerá após o pastejo, influenciado diretamente pela pressão de pastejo, ou pela oferta de forragem (Silva, 1998).

Em um sistema silvipastoril, além de maximizar a produção animal, cuidados devem ser tomados para não haver prejuízo ao componente arbóreo. A perenidade e estabilidade do sistema dependem de práticas de manejo diversas, entre as quais se destacam a reposição de nutrientes via fertilização e a adoção de oferta de forragem compatível com a capacidade de suporte da pastagem. Segundo Gomide & Gomide (2001), taxas de lotação muito acima ou muito abaixo da capacidade de suporte resultam em subestimativas do desempenho animal e da produção animal por área.

Segundo Gomide et al. (2001), a pressão de pastejo é um instrumento valioso no manejo da pastagem, uma vez que, diferentemente da taxa de lotação, considera a disponibilidade momentânea de matéria seca, portanto reflete melhor a estreita relação existente entre animal e planta, além de propiciar equilíbrio entre a produção desses fatores.

Por outro lado, a fertilização da pastagem tem como resultado o aumento da produção de matéria seca, e melhoria da qualidade nutricional da forragem, aumentando diretamente a capacidade de suporte do sistema, permitindo o uso de maiores taxas de lotação.

O trabalho foi conduzido com o objetivo de verificar a influência da adubação nitrogenada e de duas ofertas de forragem no desempenho animal de bovinos pastejando o sub-bosque de um sistema silvipastoril com eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental encontra-se descrita no Capítulo 1.

Foram utilizados seis piquetes de 4,5 ha cada, delimitados com cercas eletrificadas. Em cada piquete foi aplicado, aleatoriamente, um dos seis tratamentos, constituídos por três níveis de fertilização nitrogenada (0, 75 e 150 kg ha⁻¹ de N), na forma de uréia, e duas ofertas de forragem (10 e 15% do peso vivo animal). Os tratamentos foram dispostos num delineamento inteiramente ao acaso, arranjados no esquema de parcelas subdivididas com o fatorial 3 x 2 (níveis de N x ofertas de forragem) constituindo as parcelas e três épocas de coleta constituindo as sub-parcelas. Um piquete adicional, vizinho à área

experimental, foi utilizado para manutenção dos animais reguladores, quando não estavam sendo utilizados no experimento. Para o fornecimento de água aos animais, foram instalados bebedouros, com distribuição de água por gravidade, sendo abastecidos por um reservatório central. Na outra extremidade de cada piquete, foram colocados cochos de madeira para fornecimento de sal mineral aos animais, à vontade.

Foram utilizados novilhos da raça Nelore, com idade média de um ano e peso médio inicial de 183,5 kg, pertencentes ao rebanho da Fazenda Riacho. Estes foram vacinados contra febre aftosa e carbúnculo sintomático, de acordo com calendário sanitário da região, e dosado com vermífugos de amplo espectro no início do experimento.

O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua, com carga variável, conforme a técnica *put and take* (Mott & Lucas, 1952). Quatro animais teste foram empregados por piquete e um número variável de animais reguladores foram colocados ou retirados dos piquetes com a finalidade de manter os níveis de oferta de forragem ajustados conforme os tratamentos propostos, e de acordo com a taxa de crescimento do sub-bosque.

Na segunda quinzena de novembro de 2005 foi realizado o rebaixamento do pasto, mantendo altura média deste em 10 cm. A fertilização foi feita a lanço, na primeira semana do mês de dezembro, assim que as condições climáticas se apresentaram favoráveis. Além dos tratamentos, em todos os piquetes foram aplicados a lanço em cobertura 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo, para correção de eventual deficiência do nutriente P.

O experimento teve início 56 dias após a aplicação dos fertilizantes, quando os animais foram colocados na área. Todos os animais foram pesados antes do início do experimento e a cada intervalo de quatro semanas, havendo um jejum prévio destes, em todas as pesagens, de 12 horas. A distribuição nos piquetes foi elaborada com a formação de grupos equilibrados a partir do seu peso vivo e estado corporal.

O pastejo foi realizado em três períodos subseqüentes de 30 dias. A cada período foi realizado o ajuste da carga animal à oferta de forragem estipulada. Para o cálculo da carga animal por piquete, multiplicou-se a área do

piquete, em hectares, pela carga animal por hectare, obtida pela seguinte equação:

$$CA = \left(\frac{FD}{IA} + TAMS \right) \times \left(\frac{100}{OF} \right)$$

em que

CA = carga animal (kg ha⁻¹ de peso vivo);

FD = estimativa da forragem disponível instantaneamente no piquete (kg/ha de MS);

IA = intervalo de tempo entre as avaliações (dias);

TAMS = estimativa da taxa de acúmulo diário de MS do sub-bosque no próximo período (kg/ha.dia de MS)

OF = oferta de forragem (% do peso vivo)

Na Tabela 1 são apresentados os valores das ofertas pretendidas e as ofertas reais, calculadas a partir das taxas de crescimento do pasto e da carga animal presente.

Tabela 1. Oferta de forragem pretendida e oferta de forragem real nos períodos de pastejo

Oferta pretendida (% PV)	Dose N (kg/ha)	Oferta observada (% PV)		
		Período 1	Período 2	Período 3
10	0	12,2	12,6	12,8
10	75	12,3	12,2	11,3
10	150	13,4	11,6	10,2
15	0	16,4	17,3	15,3
15	75	16,9	17,7	14,9
15	150	16,3	16,4	16,4

A estimativa da disponibilidade de matéria seca, presente instantaneamente no sub-bosque do sistema, foi feita a cada quatro semanas de intervalo, através do corte e da secagem de amostras. A amostragem foi realizada em quadrados de 0,8 m de lado. Foram retiradas 16 amostras de cada piquete, cortadas a cerca de 10 cm de altura em relação ao nível do solo. As amostras foram pesadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

Depois de cortado, o material foi pesado e congelado em freezer para ser transportado ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV. As amostras foram secas em estufa a 65 °C, por 72 horas, moídas com peneira de 1 mm e submetidas às seguintes análises: MS, por secagem a 105 °C; N, pelo método semi-micro Kjeldahl; K (fotometria de chama), P (colorimetria), Ca (absorção atômica), após digestão nítrico-perclórica (Silva & Queiroz, 2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram analisados segundo o método ANCON®, com modificações. As amostras foram colocadas em sacos de TNT (tecido não tecido), gramatura 100, com tara conhecida e dimensão de 5x5 cm, que após selados foram levados à autoclave dentro de potes coletores universais por um período de 1 hora. Em seguida os sacos foram lavados em água destilada até que todo o detergente fosse retirado, sendo em seguida levado para estufa de ventilação forçada a 65 °C por 24 horas. Após essa etapa os sacos foram levados para a estufa a 105 °C por 4 horas. Os teores de FDN foram obtidos pela diferença entre o peso dos sacos antes e depois do tratamento com o detergente. O resíduo obtido foi utilizado para análise de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) segundo Licitra et al. (1996).

O ganho de peso médio diário dos animais testes foi obtido pela diferença entre as pesagens realizadas no início e ao final de cada período de pastejo, dividido pelo número de dias em que os animais permaneceram pastejando.

Determinou-se o ganho de peso por hectare (G/ha), multiplicando o ganho médio diário dos animais teste pelo número de dias-novilho/ha, sendo este, por sua vez, calculado pela contagem do número total de animais que permaneceram no piquete, em cada dia, multiplicado pelo número de dias de avaliação em cada período.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e regressão. Os tratamentos foram arrançados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, portanto, com restrições à casualização do fator época. Os graus de liberdade referentes ao nitrogênio foram desdobrados em efeito linear e efeito quadrático, para cada . As anovas foram realizadas no programa Statistica for Windows 6, procedimento General Linear Models, e os desdobramentos pelo programa SAEG 5.0. Os valores dos quadrados médios

do resíduo combinados foram obtidos pelo uso da fórmula de Satterwaite. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, adotando-se o nível de 10% de probabilidade, utilizando-se o teste “t” de Student.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. *Altura do pasto e disponibilidade de matéria seca*

A altura do pasto no sub-bosque foi influenciada positivamente ($P < 0,05$) pelas doses de N aplicadas. No primeiro corte, observou-se comportamento quadrático desta variável, para ambas as ofertas de forragem. No segundo corte, a altura do pasto foi influenciada pelas doses de N apenas na oferta de 10%. No terceiro corte, foi observado novamente influência das doses de N em todas as ofertas de forragem, verificando-se comportamento linear.

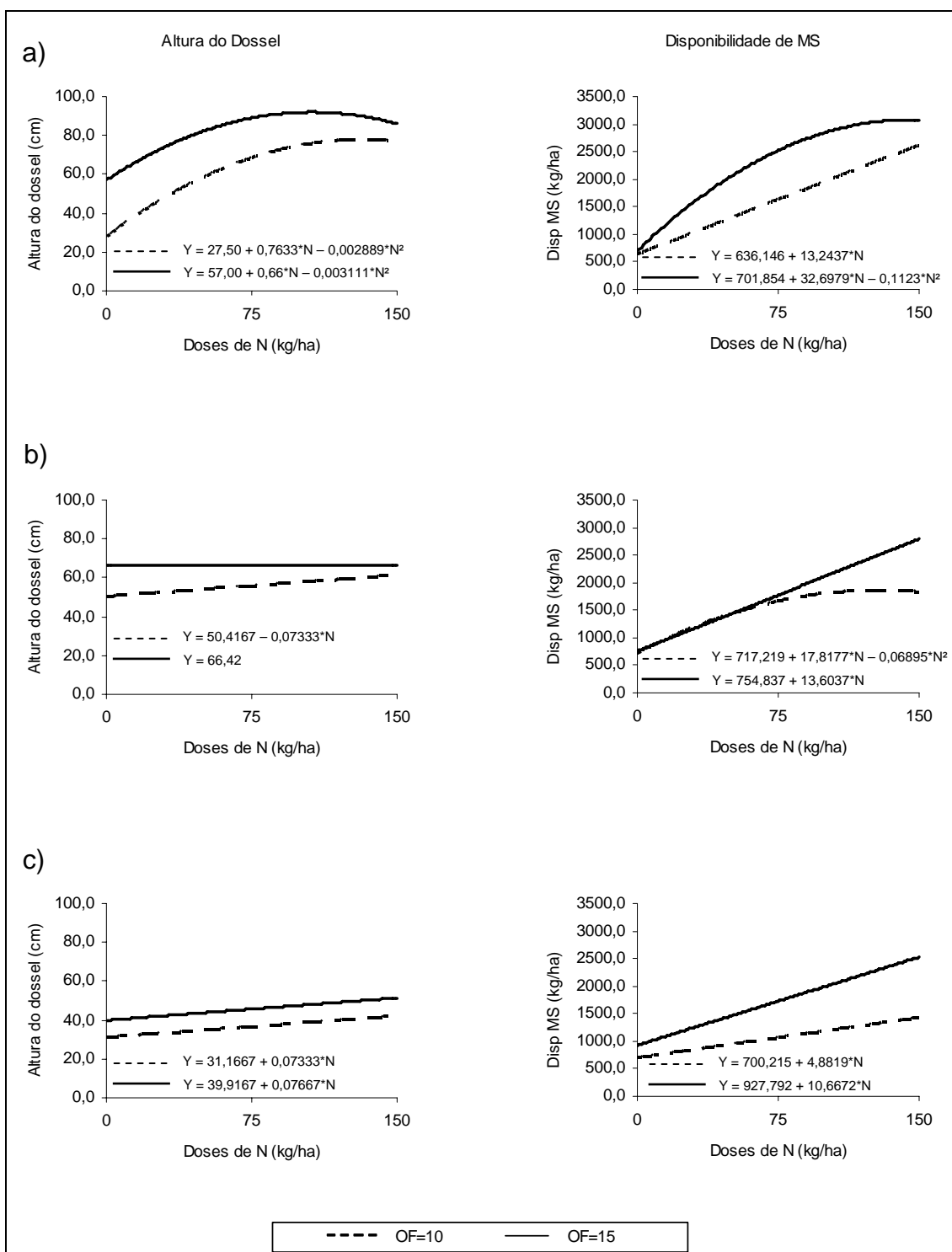
A disponibilidade de MS do sub-bosque foi influenciada ($P < 0,01$) pelas doses de fertilizante adicionadas. Para os tratamentos submetidos à oferta de 10% foi observado efeito linear nos períodos 1 e 3, e quadrático no segundo período. Para a oferta de 15% verificaram-se efeito quadrático no primeiro período avaliado, e comportamento linear nos períodos subsequentes.

A combinação de resultados entre altura do pasto e disponibilidade de matéria seca evidencia que a fertilização nitrogenada, independente da oferta de forragem utilizada, elevou a produção de MS de forragem. As disponibilidades estimadas, para cada tratamento, podem ser verificadas na Tabela 2. Estes dados indicam que o suprimento de N no solo normalmente não atende à demanda das gramíneas por este nutriente. O comportamento observado segue o mesmo padrão encontrado por Fagundes et al. (2005), e pode ser atribuído à grande influência do nitrogênio sobre os processos fisiológicos da planta.

Além disso, a maior oferta de forragem manteve a disponibilidade de MS mais elevada em todos os períodos avaliados. Esta observação é condizente com os dados de Barbosa et al. (2006), que encontraram resposta linear

positiva da disponibilidade de matéria seca em função das ofertas de forragem praticadas

No primeiro período de avaliação foi observado que, nas doses mais elevadas de N, houve redução da disponibilidade de MS. O intervalo de 86 dias, entre a fertilização da pastagem e a primeira coleta permitiu elevado acúmulo de MS e da altura do pasto, provavelmente reduzindo a vida das folhas localizadas nos estratos inferiores do pasto, pelo auto-sombreamento.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 1. Altura do pasto e disponibilidade de matéria seca do sub-bosque do sistema silvipastoril, adubada com N e submetida a dois níveis de oferta

Tabela 2. Disponibilidade de matéria seca (kg ha^{-1}) do sub-bosque do sistema silvipastoril, submetido à adubação nitrogenada e ofertas de forragem

Doses de N (kg ha^{-1})	Oferta de forragem (%PV)	Período 1	Período 2	Período 3
0	10	636,2	717,2	700,2
	15	701,9	754,8	927,8
75	10	1629,4	1665,7	1066,4
	15	2522,5	1775,1	1727,8
150	10	2622,7	1838,6	1432,5
	15	3079,8	2795,4	2527,9

3.2. Composição químico-bromatológica do sub-bosque

3.2.1. Teor e conteúdo de N

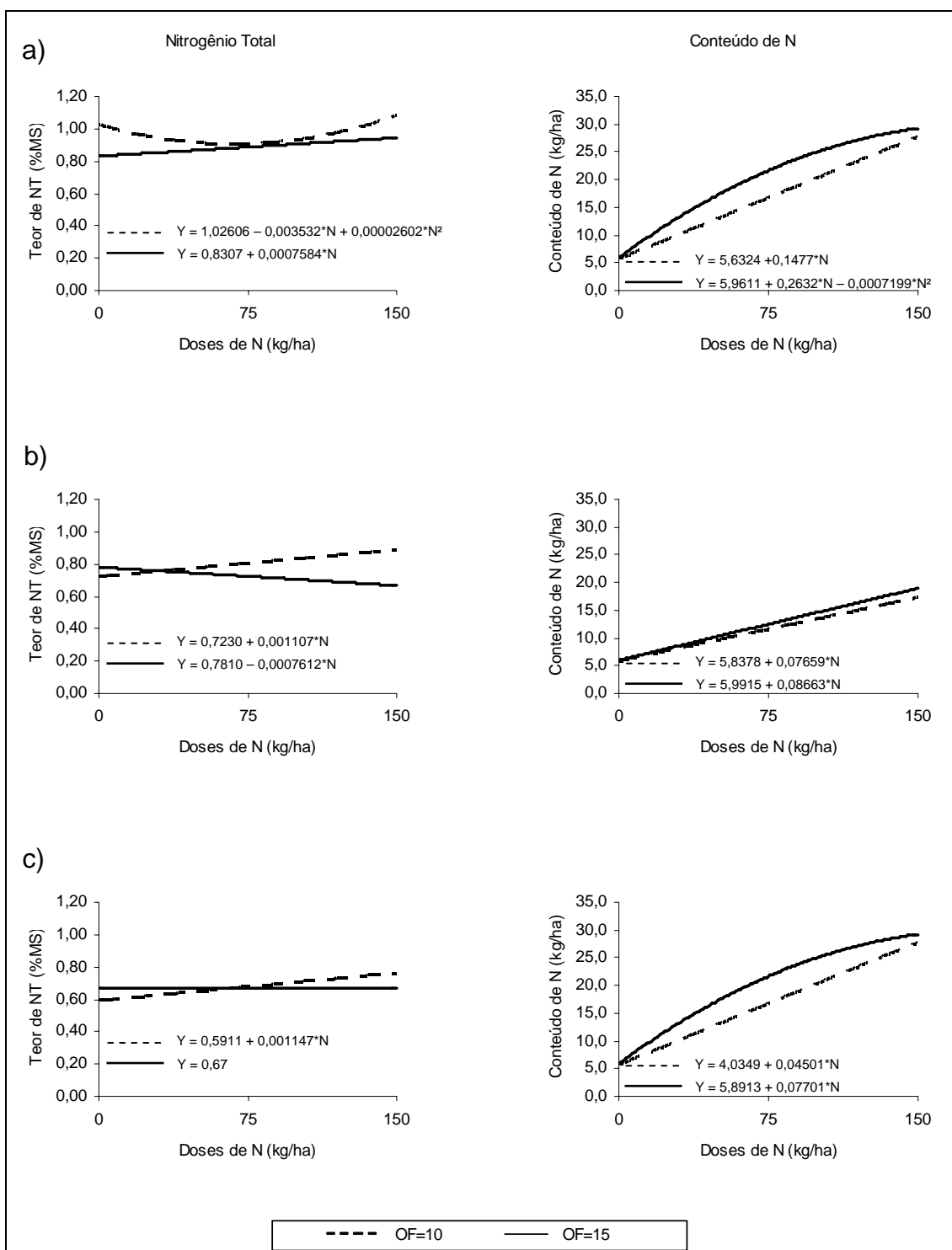
Os teores de N sofreram pequena variação com as doses de N aplicadas ao sub-bosque. Para os tratamentos submetidos à oferta de 10%, foi verificado comportamento quadrático ($P < 0,05$) no primeiro período, e comportamento linear ($P < 0,05$) nos demais períodos. Para oferta de 15% foi verificado comportamento linear ($P < 0,10$) nos períodos 1 e 2, não sendo detectado ($P > 0,10$) efeito significativo no terceiro período.

Os tratamentos com oferta de 10% tiveram aumento do teor de N com a adição de doses crescentes de fertilizante nitrogenado. O mesmo efeito não pôde ser observado para os tratamentos submetidos à oferta de 15%. Neste caso, o teor de N manteve-se estável na primeira avaliação, e nas avaliações seguintes, decresceu com o aumento das doses de fertilizante. Isto pode ser justificado pelo efeito de diluição causado pela elevação do rendimento de matéria seca observado com a aplicação do adubo, e pela maior disponibilidade de forragem utilizada neste tratamento. Para a oferta de 10%, a renovação foliar é mais intensa, uma vez que a intensidade e frequência de pastejo passam a ser maiores com a maior pressão de pastejo. Em geral, não há efeito, ou observa-se pequena variação negativa nos teores de N na planta, ao aumentar a oferta de forragem (Almeida et al., 2000).

Os conteúdos de N no sub-bosque foram significativamente influenciados pela adubação nitrogenada, em ambas as ofertas de forragem. Quando se avaliaram os tratamentos submetidos à oferta de 10%, verificou-se comportamento linear ($P < 0,01$) em todos os períodos de coleta. Para a oferta

de 15%, foi observado comportamento quadrático ($P < 0,05$) no primeiro período, e comportamento linear ($P < 0,01$) nos demais períodos de avaliação.

Apesar do efeito distinto das ofertas de forragem no teor de N da planta, os conteúdos deste nutriente na planta aumentaram em todos os tratamentos avaliados. À exceção do período 2, onde os conteúdos de N nas ofertas 10 e 15% permaneceram próximas, nos demais períodos de avaliação foi observado maior conteúdo de N nos tratamentos submetidos a 15% de oferta. As doses crescentes de adubo nitrogenado elevaram a disponibilidade de MS do pasto e, conseqüentemente, o conteúdo de N.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

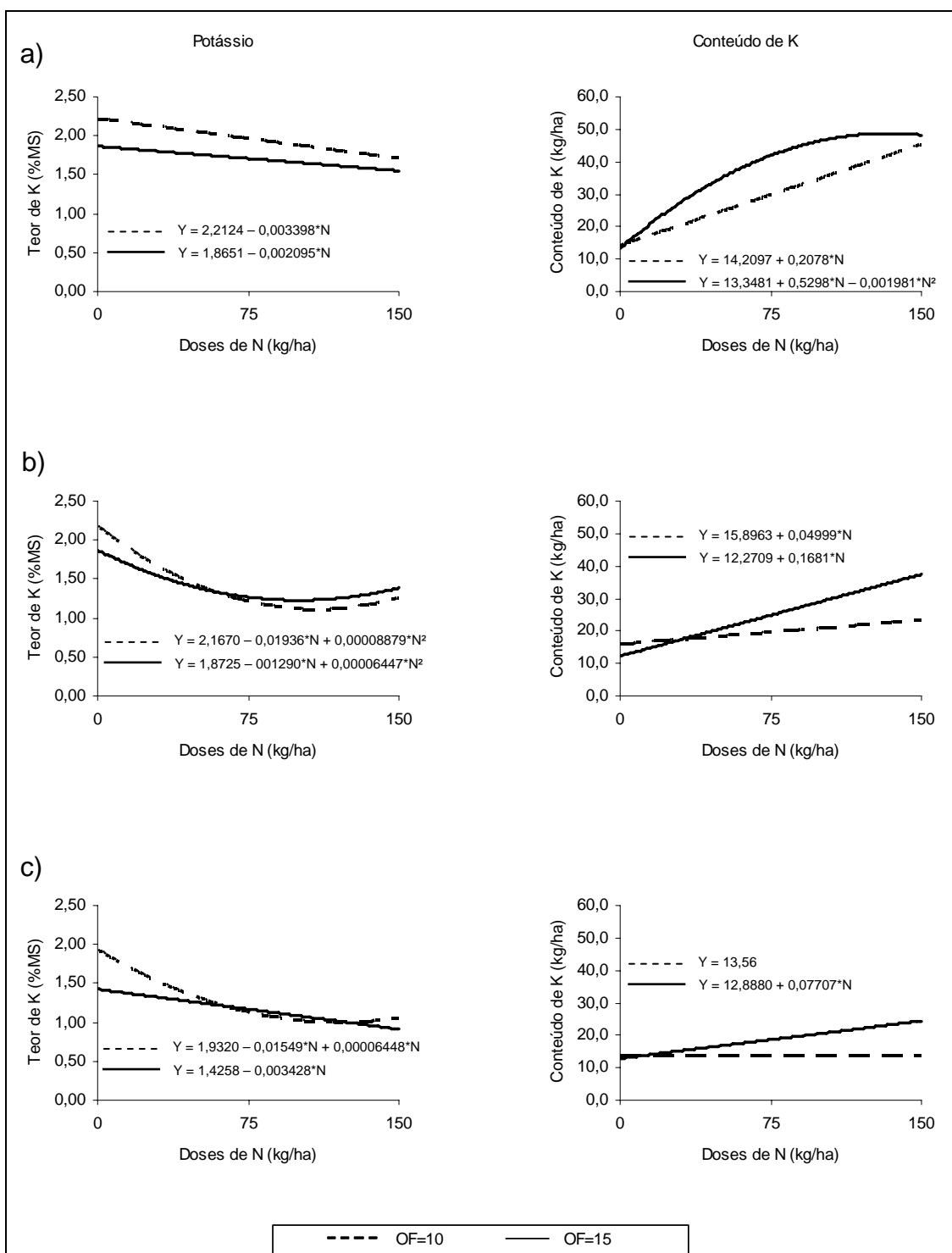
Figura 2. Teores e conteúdo de nitrogênio da forragem disponível no sub-bosque do sistema silvipastoril, adubada com N e submetida a dois níveis de oferta

3.2.2. Teor e conteúdo de K

Ao submeter os dados à análise de variância, foi verificado efeito das doses de N em ambas as ofertas de forragem nos teores deste elemento na planta. Para a oferta de 10%, observaram-se efeito linear ($P < 0,01$) no primeiro período, e quadrático ($P < 0,01$) nos períodos 2 e 3. Avaliando o pasto submetido à oferta de 15%, foi verificado comportamento quadrático ($P < 0,10$) no primeiro e terceiro períodos, e comportamento linear ($P < 0,05$) no segundo período.

O conteúdo de K foi influenciado pelas doses de N aplicadas. Foram observados, para as ofertas de 10%, comportamento linear nos períodos 1 ($P < 0,01$) e 2 ($P < 0,10$). No terceiro período de avaliação, não foi detectado efeito ($P > 0,10$) sobre esta variável. Para a oferta de 15%, foi detectado efeito ($P < 0,01$) das doses de N sobre o conteúdo de K, sendo observados comportamentos quadrático no período 1, e linear nos períodos 2 e 3.

A redução dos teores de K na planta com a aplicação dos tratamentos é esperada devido ao efeito de diluição que ocorre quando se eleva a produção de matéria seca de forragem. Entretanto, a queda nos teores de K não foram suficientes para prejudicar o conteúdo de K do sub-bosque. Esta variável foi elevada à medida que se adicionou fertilizante nitrogenado, mantendo-se mais elevada nas condições propiciadas pela oferta de 15%, em relação àquela de 10%.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

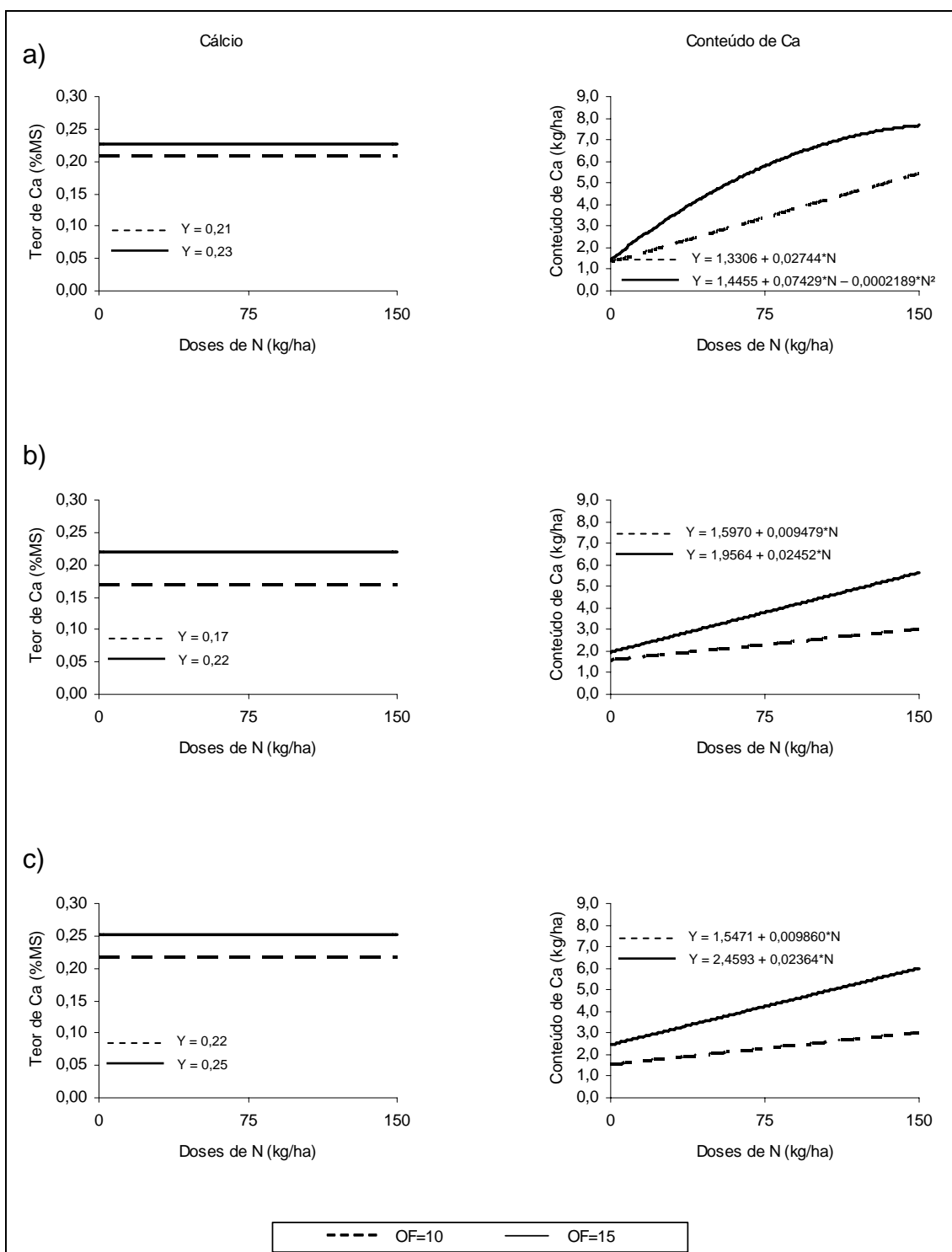
Figura 3. Teores e conteúdo de potássio da forragem disponível no sub-bosque do sistema silvipastoril, adubada com N e submetida a dois níveis de oferta

3.2.3. Teores e conteúdos de Ca e P

Os teores de Ca na forragem disponível não foram influenciados ($P>0,10$) pela adubação nitrogenada. Já os conteúdos deste elemento na planta foram influenciados, sendo observado, para oferta de 10%, comportamento linear ($P<0,01$) no primeiro período, sem efeito ($P>0,10$) nos períodos subseqüentes. No entanto, para a oferta de 15%, foi observado comportamento quadrático ($P<0,10$) no primeiro corte, e linear no segundo ($P<0,01$) e terceiro ($P<0,05$) cortes.

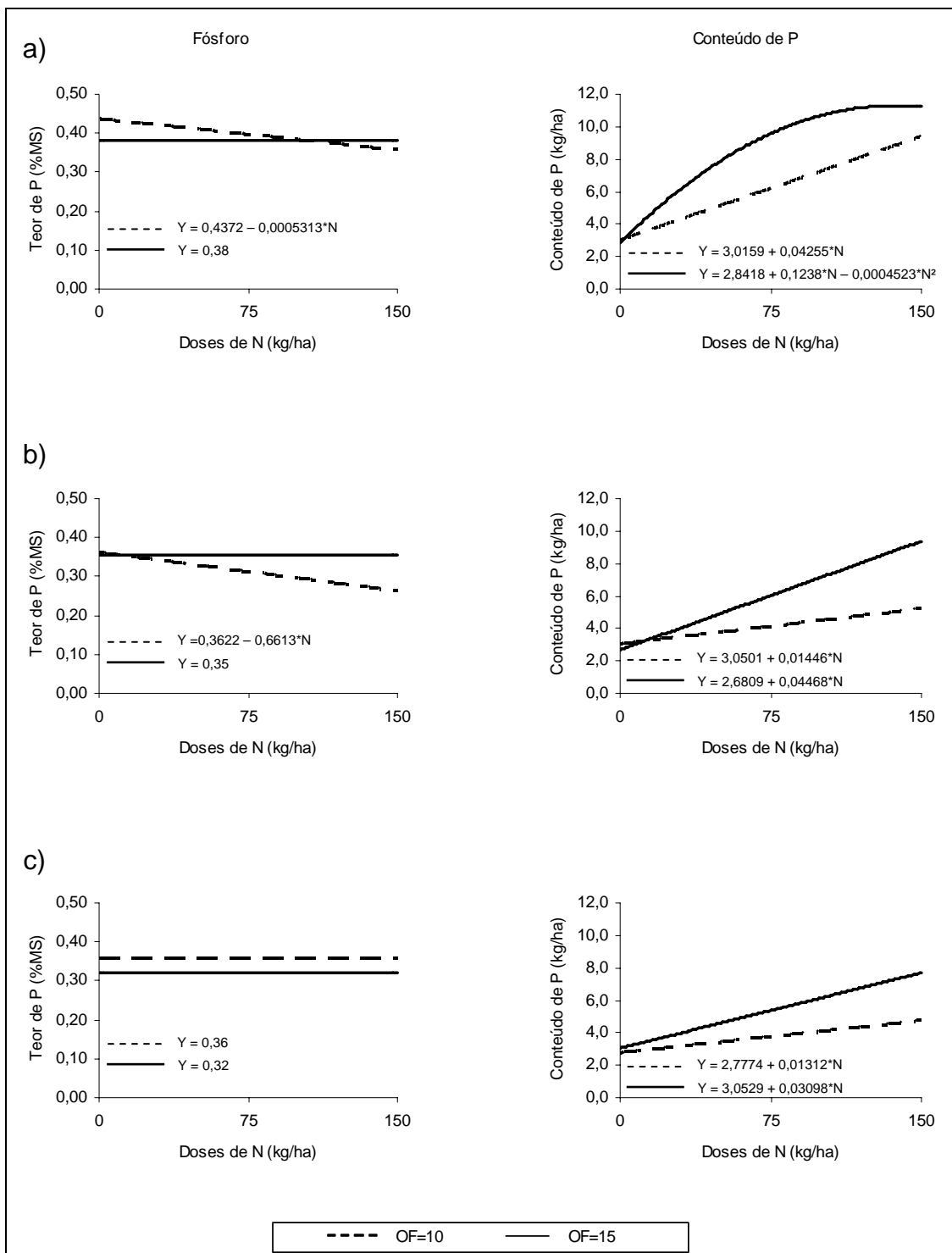
A análise de variância não revelou efeito ($P>0,10$) das doses de fertilizante nitrogenado combinado com a oferta de forragem de 15% sobre os teores de P na planta. Entretanto, para as doses de N com oferta de 10%, foi verificado efeito para o primeiro ($P<0,10$) e segundo ($P<0,05$) períodos. Para estes casos, foi verificado efeito linear decrescente, reduzindo o teor de P na planta à medida que se elevaram as doses de N no sub-bosque.

O conteúdo de P na planta respondeu de forma linear ($P<0,10$) às doses de N, para oferta de 10%, em todos os períodos. No entanto, para oferta de 15%, foi observado efeito quadrático ($P<0,01$) no primeiro período, e efeito linear ($P<0,05$) nos períodos 2 e 3.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 4. Teores e conteúdo de cálcio da forragem disponível no sub-bosque do sistema silvipastoril, adubada com N e submetida a dois níveis de oferta



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

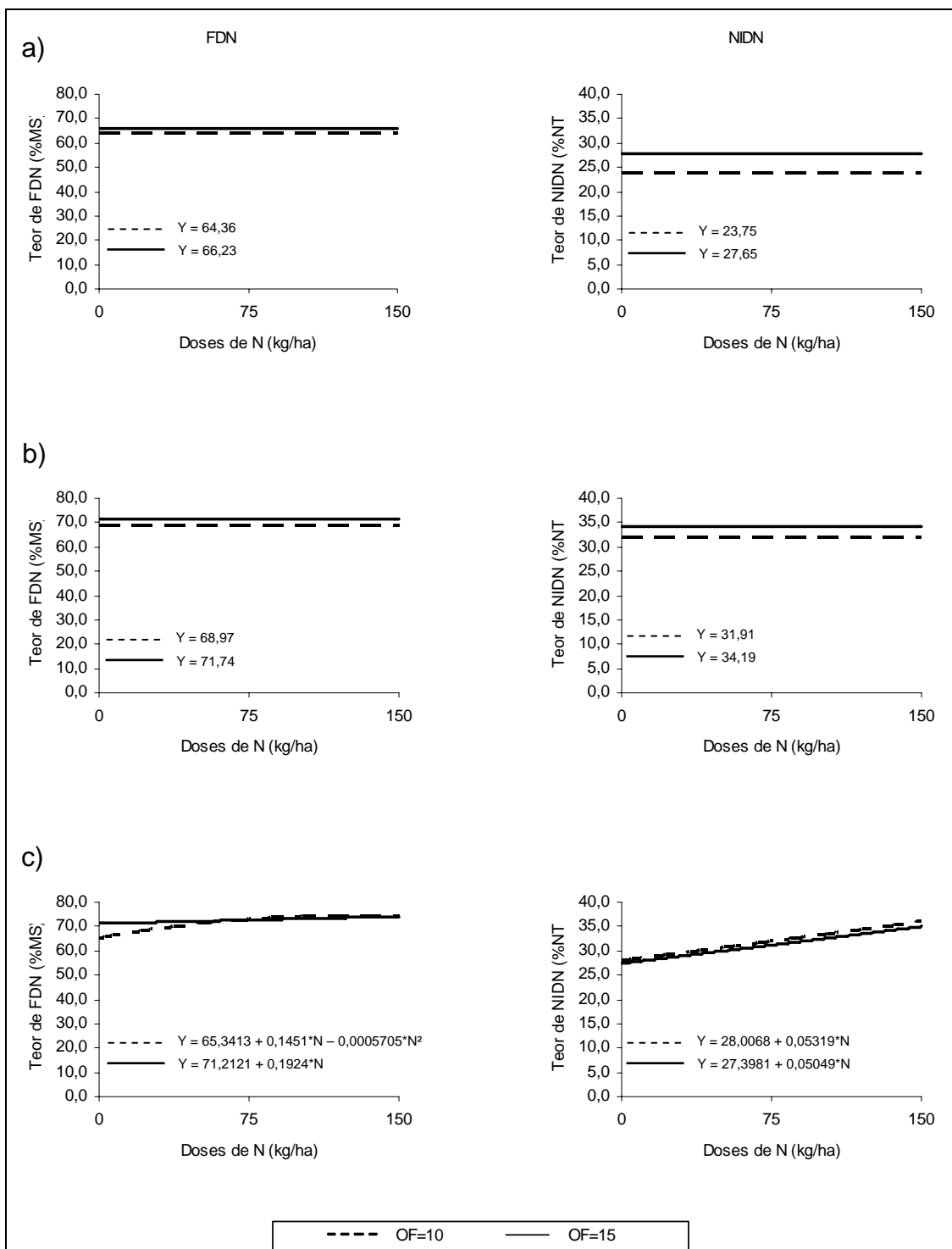
Figura 5. Teores e conteúdo de fósforo da forragem disponível no sub-bosque do sistema silvipastoril, adubada com N e submetida a dois níveis de oferta

3.2.4. Teores de FDN e NIDN

Não foi detectada ($P>0,10$), através da análise de variância, alteração nos teores de FDN da forragem disponível pela adubação nitrogenada nos dois primeiros períodos de avaliação. Entretanto, foi verificado efeito da adubação no terceiro período. Ao se avaliar estes efeitos nas parcelas com oferta de 10% de forragem, verificou-se efeito quadrático ($P<0,05$) das doses de N sobre esta variável, enquanto que para a oferta de 15% de forragem foi detectado efeito linear ($P<0,10$). Entretanto, a magnitude das variações é pequena e permite considerar que os teores de FDN neste trabalho não são capazes de restringir o desempenho animal, desde que não haja formação de complexos lignificados. Foram encontrados valores médios de 64,4; 69,0 e 70,9% para oferta de 10%, e de 66,2; 71,7 e 72,7% para oferta de 15%, nos períodos 1, 2 e 3, respectivamente.

Mesma tendência foi observada para os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro. Esta variável foi influenciada pela adubação nitrogenada, nas duas ofertas de forragem, apenas no terceiro corte. O comportamento observado foi linear ($P<0,05$) para ambas as ofertas. Nos cortes anteriores não foi verificada influência ($P>0,10$) dos tratamentos sobre esta variável.

De maneira geral, foram observados maiores teores de NIDN para os tratamentos submetidos à maior oferta de forragem, nos dois primeiros períodos de avaliação. Nestes tratamentos, observou-se maior resíduo de MS, composto por uma maior fração de colmos, conferindo maiores teores de NIDN à planta.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 6. Teores de FDN e NIDN da forragem disponível no sub-bosque do sistema silvipastoril, adubada com N e submetida a dois níveis de oferta

3.3. Desempenho animal

Os dados relativos ao desempenho animal encontram-se na Figura 11 e Tabelas 3 e 4. Observou-se incremento no ganho de peso ($P < 0,01$) apenas para o primeiro período de avaliação, à medida que se elevaram as doses de fertilizante nitrogenado. Para as demais avaliações, o ganho de peso não foi influenciado ($P > 0,10$) pelas doses de N.

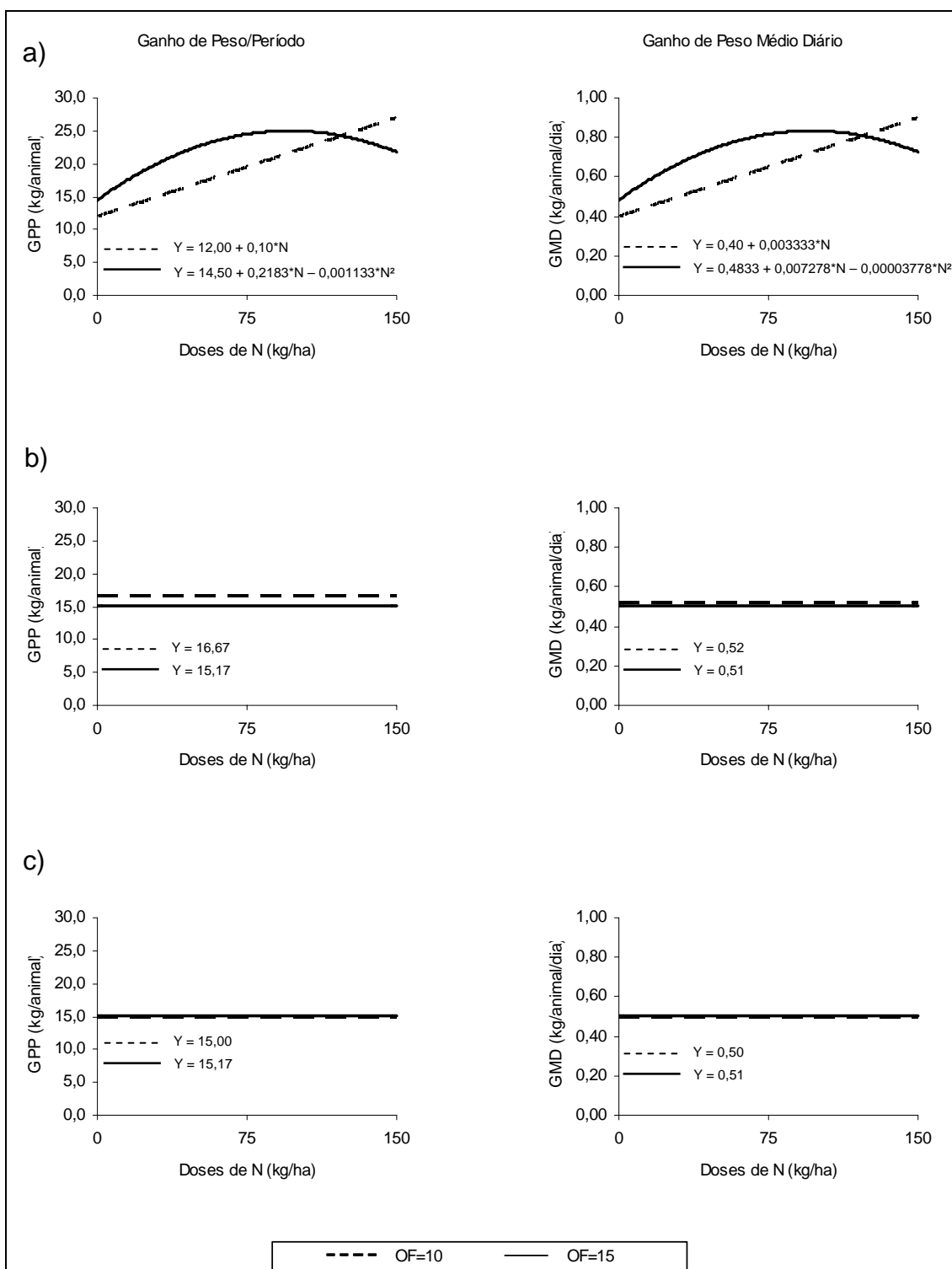
O aumento do ganho de peso individual do primeiro período em função das doses de N pode estar relacionado à resposta inicial da forrageira à adubação, elevando sua qualidade nutricional e produção de MS, permitindo aos animais a seleção de tecidos de maior valor nutritivo. Evidência disso é o fato da forrageira disponível não apresentar teor de PB superior a 7%, valor mínimo recomendado na literatura para adequada fermentação ruminal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, 1984). Ainda assim, os animais, através do processo de seleção, foram capazes de consumir uma dieta qualitativamente e quantitativamente adequada às suas exigências de manutenção e produção. Gomide et al. (2001) ressaltam que amostras de lâmina foliar apresentam teores de PB superiores à planta inteira. Dessa forma, ao preferir estes tecidos no processo de seleção da dieta, os animais estão ingerindo alimento maior teor de PB do que os valores de planta inteira avaliados neste trabalho.

A variação na oferta de forragem não influenciou os ganhos médios individuais nos dois últimos períodos de avaliação, evidenciando que as ofertas de 10 e 15% não afetaram o comportamento ingestivo dos animais. Alguns resultados encontrados na literatura, como os de Barbosa et al. (2006), demonstram que a produção animal pode ser elevada à medida que se elevam as ofertas de forragem, devido à maior disponibilidade de MS aos animais. Posteriormente, ao elevar ainda mais a oferta, há a redução do ganho individual pela queda da qualidade da forrageira que tende a acumular maior proporção de tecidos lignificados e senescentes. Entretanto, no presente trabalho, as ofertas de forragem estudadas podem ser consideradas adequadas, pois não limitaram o consumo do animal, e nem mesmo houve queda da qualidade da forragem. De maneira semelhante, Gomide et al. (2001) também não encontraram vantagens do incremento da oferta de forragem, de 4

para 8% do PV sobre o desempenho de vacas leiteiras em pastagem de *Brachiaria decumbens*.

Os ganhos observados podem ser considerados moderados para animais pastejando *Brachiaria brizantha* em lotação contínua. Trabalhos recentes realizados a pleno sol mostram ganhos variando em torno de 0,600 kg/animal/dia em lotação contínua, o que evidencia o potencial de utilização de sistemas silvipastoris na produção de bovinos de corte.

Os valores de ganho médio individual não prejudicaram o ganho por unidade de área. Foram observados ganhos crescentes à medida que foram adicionadas doses de fertilizante nitrogenado. Devido ao aumento da produção de MS, a capacidade de suporte dos pastos adubados foi elevada, refletida pelas maiores taxas de lotação utilizadas. Assim, foi possível produzir maior quantidade de peso vivo por unidade de área. Os dados observados podem ser visualizados nas Tabelas 3 e 4.



a) corte 1; b) corte 2; c) corte 3

Figura 7. Ganho de peso no período e ganho médio diário de novilhos pastejando o sub-bosque do sistema silvipastoril, adubado com N e submetida a dois níveis de oferta

Tabela 3. Taxas de lotação observadas durante o período experimental

Doses de N (kg/ha)	Oferta de forragem (%PV)	Taxa de lotação (UA/ha)		
		Período 1	Período 2	Período 3
0	10	0,55	0,68	0,52
	15	0,46	0,50	0,53
75	10	1,17	1,40	0,96
	15	1,29	1,04	1,11
150	10	1,67	1,59	1,26
	15	1,64	1,53	1,31

Tabela 4. Ganho de peso acumulado dos três períodos (GPA) e ganho total por hectare (G/ha) de novilhos pastejando o sub-bosque de um sistema silvipastoril adubado com fertilizante nitrogenado, sob duas ofertas de forragem

Doses de N (kg/ha)	Oferta de forragem (%PV)	GPA (kg/animal)	G/ha (kg/ha)
0	10	43,5	57,83
	15	44,5	50,83
75	10	49,5	132,33
	15	50,0	144,00
150	10	57,5	197,72
	15	52,3	175,50

Observa-se que a maior disponibilidade de forragem reduziu o ganho de peso acumulado no final do período experimental e o ganho por unidade de área, na dose de 150 kg ha⁻¹ de fertilizante nitrogenado. A intensificação do pastejo, nesta dose mais elevada de N foi importante para elevar a produção por unidade de área. Ao longo dos três períodos de pastejo, foi observado maior teor de N nas plantas submetidas a 10% de oferta e adubação de 150 kg ha⁻¹ de N. Esse efeito pode ter refletido no ganho individual acumulado, e associado à alta disponibilidade de MS, contribuiu para o maior ganho por unidade de área observado.

CONCLUSÕES

A aplicação de fertilizante nitrogenado aumentou a disponibilidade de matéria seca do sub-bosque de um sistema silvipastoril, elevando sua capacidade de suporte e o ganho de peso animal por unidade de área.

A oferta de forragem de 15% é mais adequada quando se utilizam menores doses de N. Para doses mais elevadas, a intensificação da utilização, representada pela oferta de forragem de 10%, se mostra superior, com maiores ganhos por unidade de área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMANN, O.E.L. et al. Oferta de forragem de capim-elefante anão "Mott" e o rendimento animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1288-1295, 2000.
- BARBOSA, M.A.A.F.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CECATO, U. Dinâmica da pastagem e desempenho de novilhos em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. **Revista brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1594-1600, 2006. (Suplemento)
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.
- GARCIA, R., COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.447-471.
- GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2001] (CD-ROM).
- GOMIDE, J.A.; WENDLING, I.J.; BRAS, S.P. et al. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagem de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1194-1199, 2001.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionary of ruminant feeds. **Animal Feeding Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MOTT, G.O., LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania, 1952. p.1380.
- NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry**. London: Kluwer Academic Publishers, 1993, 499p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington, D.C.: National Academy of Science, 90p, 1984.
- PAYNE, W.J.S. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest ecology and management**. v.13, p.1-36, 1985.
- SILVA, J.L.S. **Produtividade de componentes de um sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus saligna* Smith e pastagens cultivada e nativa no Rio Grande do Sul**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 178p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

CONCLUSÕES GERAIS

A fertilização nitrogenada e potássica elevaram a produção de matéria seca e a taxa de acúmulo de matéria seca do sub-bosque de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sistema silvipastoril.

A adubação não afeta de maneira significativa o teor de nutrientes na planta, porém aumenta o conteúdo destes na pastagem, aumentando a disponibilidade aos animais.

Com a elevação do rendimento de matéria seca do sub-bosque e a manutenção da qualidade nutricional, ocorre o aumento da capacidade de suporte do sistema e o ganho de peso por unidade de área.

Maiores ofertas de forragem são adequadas quando se aplicam menores doses de N. Para doses mais elevadas, a intensificação da utilização, representada por menores ofertas de forragem, apresenta maiores ganhos por unidade de área.

A fertilização nitrogenada e potássica do sub-bosque de *Brachiaria decumbens* é eficiente para a intensificação do uso de sistemas silvipastoris.

APÊNDICE

Fotografias da área experimental



Figura 1. Aspecto do sub-bosque em dezembro de 2005, data da aplicação dos fertilizantes



Figura 2. Aplicação dos fertilizantes, em dezembro de 2005

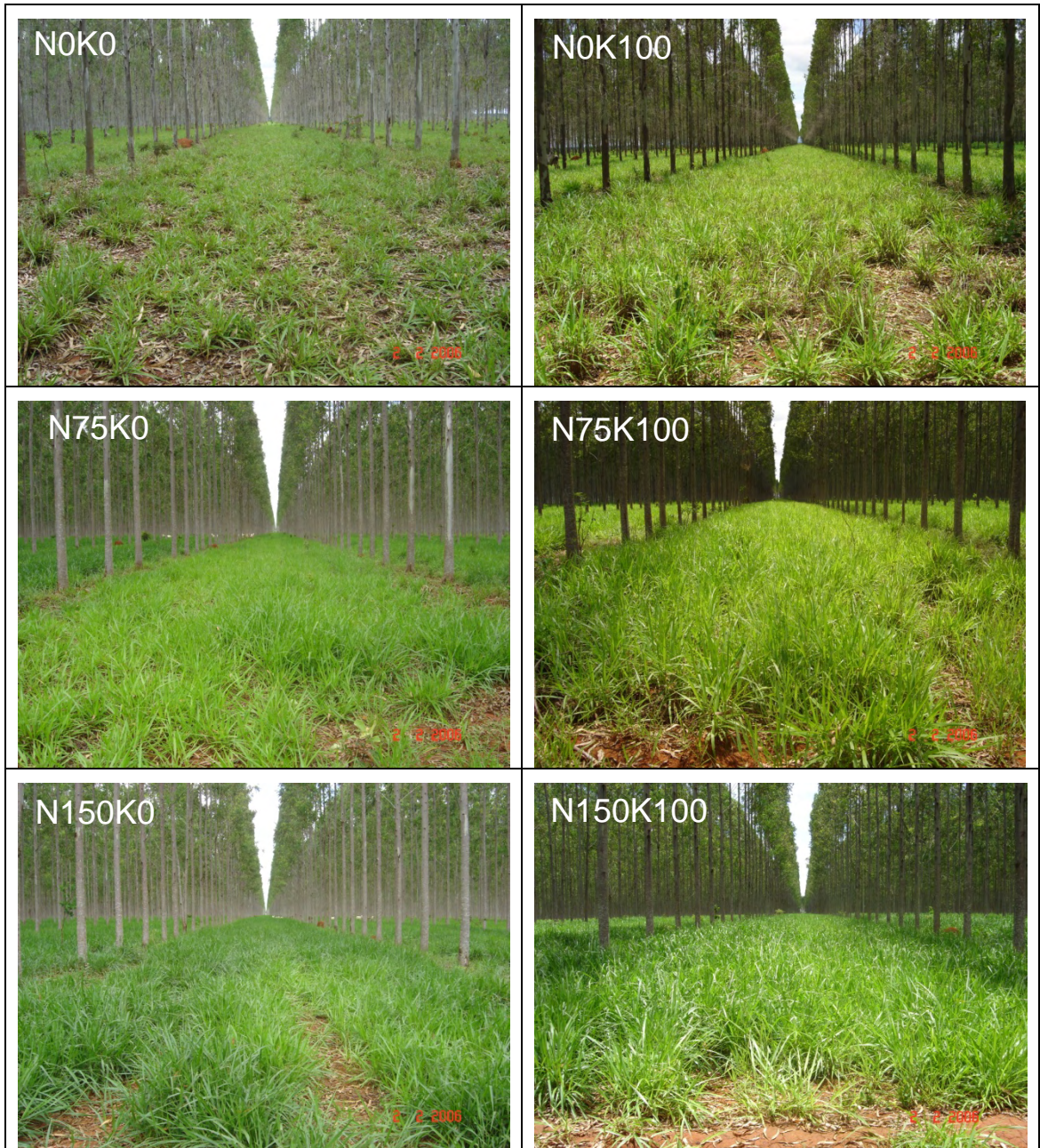


Figura 3. Aspecto do sub-bosque no início do período experimental, 56 dias após a adubação



Figura 4. Aspecto do sub-bosque no final do período experimental, 146 dias após a adubação

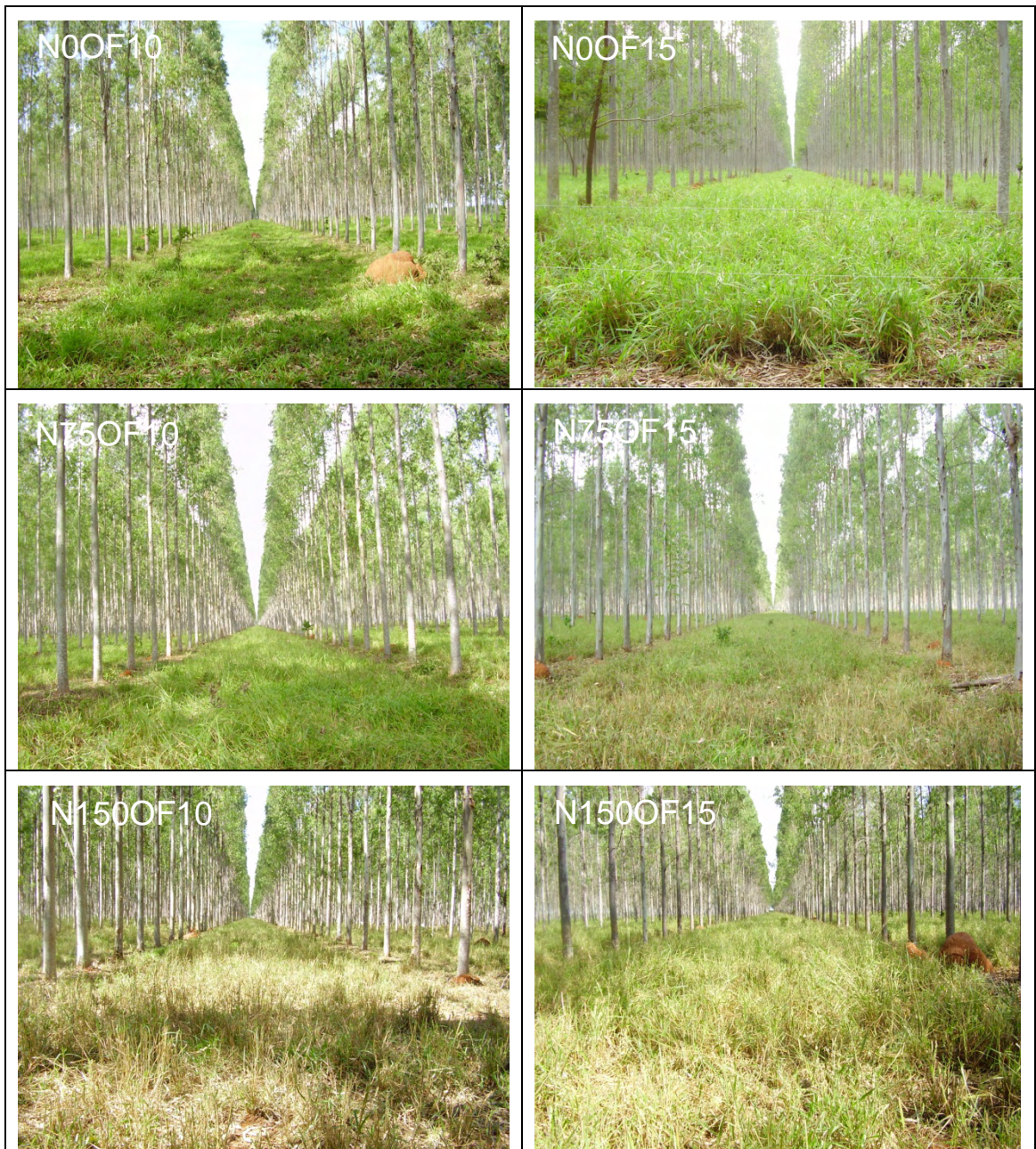


Figura 5. Aspecto do sub-bosque no final do período experimental, 146 dias após a adubação



Figura 6. Animais utilizados no experimento



Figura 7. Gaiolas de exclusão