



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO



A posição na encosta e o manejo de um Argissolo afetam a produção de *Brachiaria decumbens* adubada com N e P?

Tiago de Carvalho Pessoa

AREIA – PB
FEVEREIRO – 2015

TIAGO DE CARVALHO PESSOA

A posição na encosta e o manejo de um Argissolo afetam a produção de *Brachiaria decumbens* adubada com N e P?

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos em Agroecossistemas Familiares; Linha de pesquisa: Ciclos Biogeoquímicos em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. PhD. Ignacio Hernán Salcedo

AREIA – PB
FEVEREIRO – 2015

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

P475p Pessoa, Tiago de Carvalho.
A posição na encosta e o manejo de um argissolo afetam a produção de *Brachiaria decumbens* adubada com N e P? / Tiago de Carvalho Pessoa. - Areia: UFPB/CCA, 2015.
44 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias.
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.
Bibliografia.
Orientador: Ignacio Hernán Salcedo.

1. Produção de forragem – Relevo ondulado 2. *Urochloa decumbens* – Adubação mineral 3. *Brachiaria decumbens* – Manejo da pastagem I. Salcedo, Ignacio Hernán (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.8(043.3)

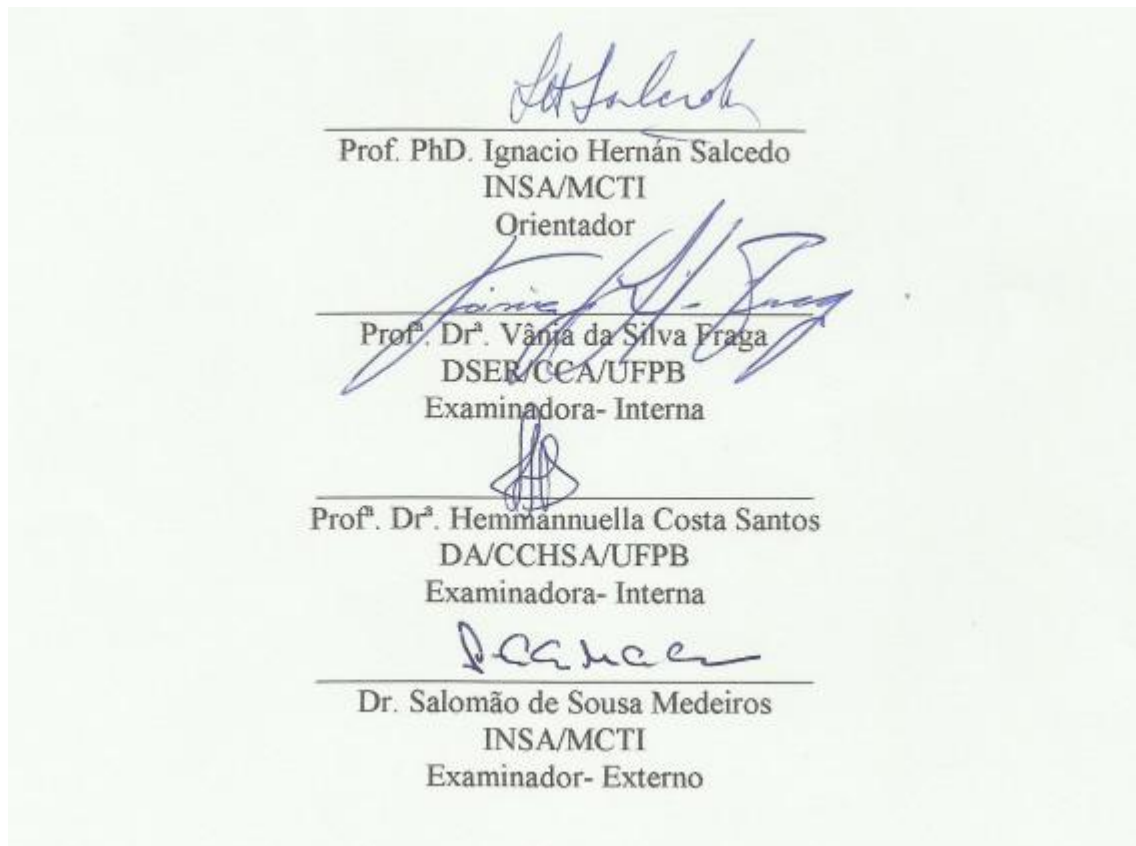
TIAGO DE CARVALHO PESSOA

A posição na encosta e o manejo de um Argissolo afetam a produção de *Brachiaria decumbens* adubada com N e P?

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos em Agroecossistemas Familiares; Linha de pesquisa: Ciclos Biogeoquímicos em Agroecossistemas.

Aprovada em: 23 /02/ 2015

BANCA EXAMINADORA



DEDICO

A Deus que permitiu que este momento especial fosse alcançado;

A minha mãe (Maria Rita), exemplo de vida, perseverança,
companheirismo e comportamento, a quem sou extremamente grato por
tudo.

A avó Jacinta minha conselheira e benfeitora;

Irmã Ana Marinho, minha benfeitora;

A Tayse Vanessa, noiva e amiga;

Aos Professores, Familiares e Amigos que me ajudaram;

E a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a minha
qualificação.

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos Santos de minha devoção (Santo Antônio e Nossa Senhora da Conceição) por proporcionar todos os fatores necessários a minha formação profissional e social, quanto por conceder-me proteção, saúde e paz.

A minha família pelo companheirismo, força e amizade, especialmente à minha mãe, grande amiga, incentivadora e exemplo de vida, a avó Jacinta que sempre tem uma palavra ou um ato apropriado para todos os momentos e que muito me ajudou, tio Miguel e a tia Lourdes por tudo que fizeram por mim e por torcerem para que tudo desse certo.

Aos amigos de infância: Lindolfo (Magrão) e toda a sua família especialmente sua distintíssima Mãe Maria (*In memoriam*), Adailton (Chimba), André (Dedé), Francisco (Chico), José Neto e todos os outros que não foram citados, mas que jamais serão esquecidos.

A Tayse Vanessa (noiva) pelo companheirismo e por sempre confiar em minha capacidade de vencer, por torcer, e por sempre me oferecer ajuda nas coisas mais simples ou mesmo nas complexas do dia-dia, e a toda a sua família.

Aos amigos da vida acadêmica estes que surgiram em virtude do convívio na instituição e que irão permanecer mesmo ao fim do curso, especialmente, os da turma de pós-graduandos 2013.1.

A equipe do Laboratório de Matéria orgânica do Solo pela amizade e companheirismo.

Aos funcionários do Centro: Dona Marielza, Cícero, Dona Cícera, Dona Cida, Vaval, Genildo, Edinaldo, Gilson, Naú, Sr. Assis, Sr. Pedro, Ronaldo e Sr. Chico, principalmente, aos ligados ao Departamento de Solos, e todos os outros que não foram citados, mas que serão sempre lembrados.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo e pelo financiamento do projeto que tem este trabalho como uma de suas metas atingidas, e ao PPGCS por propiciar este momento.

A professora Vânia e Professor Bruno por contribuírem de forma direta no meu aprendizado, a Alex e Míriam pelo auxílio e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Salcedo, orientador, que me aconselhou e me ajudou não só nas questões relativas a projetos de pesquisa, influenciando diretamente no meu conhecimento, mas em diversos momentos do cotidiano.

A todos que contribuíram de forma, direta ou indireta para que este momento fosse alcançado.

MUITÍSSIMO OBRIGADO.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1. Pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i>	7
2.2. Nitrogênio e Fósforo na produção de forragem.....	9
2.3. Influência do relevo nas propriedades do solo e produção da pastagem	13
2.4. Microbacia hidrográfica Vaca Brava	12
2.5. Solos predominantes na microbacia hidrográfica Vaca Brava	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1. Caracterização das amostras do solo	14
3.2. Ensaio em vasos	16
3.3. Unidades experimentais.....	17
3.4. Avaliações.....	17
3.5. Delineamento experimental e análise estatística.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. Produção de matéria seca da <i>Brachiaria decumbens</i> em cinco cortes de avaliação	18
4.2. Conteúdo de P na matéria seca da <i>Brachiaria decumbens</i> em cinco cortes de avaliação	22
4.3. Conteúdo de N na matéria seca da <i>Brachiaria decumbens</i> em cinco cortes de avaliação	26
4.4. Produção acumulada de matéria seca da <i>Brachiaria decumbens</i>	30
4.5. Conteúdo de P acumulado na matéria seca da <i>Brachiaria decumbens</i>	32
4.6. Conteúdo de N acumulado na matéria seca da <i>Brachiaria decumbens</i>	34
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Valores médios (n=3) da matéria seca em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem manejada (PM).....19
- Figura 2.** Valores médios (n=3) da matéria seca em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem não manejada (PNM).....21
- Figura 3.** Valores médios (n=3) do conteúdo de fósforo extraído do solo em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem manejada (PM)23
- Figura 4.** Valores médios (n=3) do conteúdo de fósforo extraído do solo em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem não manejada (PNM).25
- Figura 5.** Valores médios (n=3) do conteúdo de nitrogênio extraído do solo em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem manejada (PM)27
- Figura 6.** Valores médios (n=3) do conteúdo de nitrogênio extraído do solo em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem não manejada (PNM).29

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Caracterização física do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, (0-15 cm), coletado em três posições de duas encostas sob pastagem de *Brachiaria decumbens*, uma manejada e a outra não manejada, da microbacia hidrográfica de Vaca Brava-PB15
- Tabela 2.** Caracterização química do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, (0-15 cm), coletado em três posições de duas encostas sob pastagem de *Brachiaria decumbens*, uma manejada e a outra não manejada, da microbacia hidrográfica de Vaca Brava-PB16
- Tabela 3.** Massas de P e N aplicados em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico coletado a 0-15 cm de profundidade, da microbacia hidrográfica de Vaca Brava-PB17
- Tabela 4.** Valores médios (n=3) de matéria seca acumulada (220 dias) em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico.....31
- Tabela 5.** Valores médios (n=3) do conteúdo de fósforo extraído do solo, acumulado (220 dias) na matéria seca de *Brachiaria decumbens* nos cinco cortes, em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.....33
- Tabela 6.** Valores médios (n=3) do conteúdo de nitrogênio extraído do solo, acumulado (220 dias) na matéria seca de *Brachiaria decumbens* nos cinco cortes, em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.....35

RESUMO

TIAGO DE CARVALHO PESSOA. **A posição na encosta e o manejo de um Argissolo afetam a produção de *Brachiaria decumbens* adubada com N e P?**. Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2015. 43p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

A produção de forragem em pastagens do Agreste paraibano é limitada devido ao baixo nível de manejo das pastagens, ausência de adubação e de consórcio com leguminosas. Além disto, o pouco controle da carga animal causa compactação, que associado ao relevo, favorece a erosão e o carreamento dos nutrientes. Visando estudar apenas o efeito da fertilidade na produtividade, foram retiradas amostras de solo (0-15 cm) em três posições (ombro, meia encosta e pedimento) de duas encostas sob pastagens distintamente manejadas (manejada e não manejada). As amostras do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico foram utilizadas num experimento em vasos, em ambiente protegido sob combinação fatorial, adubadas com fósforo (P) (25 kg ha⁻¹ de P), nitrogênio (N) (50 kg ha⁻¹ de N), P x N combinados (25 kg e 50 kg ha⁻¹ de P e N, respectivamente) e a testemunha (P₀ N₀). As unidades experimentais foram vasos, contendo 6 kg de solo e quatro plantas do capim *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. Aos 60 dias após a emergência o capim foi cortado para uniformização do crescimento, quantificação da matéria seca e determinação do conteúdo de N e P. A partir de então, de 40 em 40 dias, foi efetuado o corte do capim para determinação da produção de matéria seca de forragem e conteúdo de N e P. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05), por modelos estatísticos adequados a cada condição avaliada. As maiores produções e conteúdos de P na matéria seca foram obtidos na adubação combinada entre P e N, em todas as posições do relevo e manejo da pastagem, no primeiro corte e no acumulado dos cortes. A produção acumulada foi maior no solo oriundo da meia encosta manejada que da não manejada, o contrário foi observado para a produção acumulada no pedimento. Houve influência da posição no relevo e da adubação sob os distintos manejos da pastagem, ao longo dos cortes de avaliação. A adubação com N e P em encostas sob pastagens distintamente manejadas depende da posição no relevo. A meia encosta, responde mais à adubação com P, enquanto no pedimento a resposta é maior ao N.

Palavras-chave: *Urochloa decumbens*, relevo ondulado, adubação mineral.

ABSTRACT

TIAGO DE CARVALHO PESSOA. **The position at slope and the management of a Alfisol affect the production of *Brachiaria decumbens* fertilized with N and P?**. Areia-PB, Centre of Agrarian Sciences, UFPB, February 2015. 43p.il. Dissertation. Postgraduation Program in Soil Science.

Forage production in pasture from the Agreste Paraiba is limited due to the low level from the pasture management, absence of fertilization and of intercropping with leguminous. Besides, the little control from weigh animal cause compaction who associated with landform, favors erosion and it displacement from the nutrients. order to study only the effect of fertility on productivity, soil samples were collected (0-15 cm) in three positions (shoulder, backslope and footslope) of two hillside under distinctly managed grassland (managed and unmanaged). Samples of one Red-Yellow alfisol eutrophic were used in an experiment in pots, in protected environment under factorial combination, fertilized with phosphorus (P) (25 kg ha^{-1} of P), nitrogen (N) (50 kg ha^{-1} of N), P x N combined (25 kg and 50 kg ha^{-1} of P and N, respectively) and the control (P0 N0). Each experimental units were the pots, containing 6 kg of soil and four plants from grass *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. To the 60 days after emergence, grass was cut to uniformization of growth, quantification of dry matter and determination of N and P content. Thereafter, of 40 in 40 days, was made cutting the grass to determination dry matter production of forage and content of N and P. The treatment means were compared by the Tukey test ($p < 0.05$), by statistical models suitable to each condition evaluated. The highest productions and P contents in dry matter were obtained in the combined fertilization between P and N, in all landform positions and pasture management, in the first cut and accumulated in the cuts. The accumulated production was higher in the soil withdrawn from the backslope managed that of unmanaged, the contrary was observed for the production accumulated in the footslope. There was influence of the in landform position and of fertilization under distinct managements of grassland, along the evaluation cuts. Fertilization with N and P in hillside under distinctly managed grassland depends of the position in the hillside. The backslope, replied more to the fertilization with P, while in the footslope the answer is greatest to the N.

Keywords: *Urochloa decumbens*, wavy landform, mineral fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

Pastagens estabelecidas em solos de baixa fertilidade e sem a reposição dos nutrientes, além da baixa produtividade, produzem forragens de baixo valor nutritivo. A extração de nutrientes do solo sem a devida reposição, leva a uma condição de degradação da pastagem pela acentuada diminuição da produtividade (OLIVEIRA et al., 2010; IEIRI et al., 2010). O relevo tem um papel importante na degradação da pastagem, uma vez que as áreas destinadas para esse uso são, geralmente, as encostas. Em pastagens que apresentam algum grau de compactação, essa posição do relevo favorece a erosão hídrica, pois diminui a taxa de infiltração e aumenta a velocidade de escoamento superficial da água, carreando sedimentos e nutrientes até as posições mais baixas do relevo (SANTOS et al., 2009; GALVÃO et al., 2005), modificando assim a textura (SANTOS et al., 2002; SANTOS & SALCEDO, 2010), a fertilidade e o armazenamento de água do solo. Sobretudo nas vertentes de bacias hidrográficas, a erosão hídrica é identificada como a principal causa do empobrecimento do solo agrícola (SANTOS, G., et al., 2010).

Existe uma forte interação entre a dinâmica da água ao longo das encostas e a transferência de sedimentos, modificando continuamente a camada superficial do solo pelo efeito da erosão, o que dificulta o entendimento das variações em produtividade da pastagem no solo. Em um Argissolo sob relevo ondulado os processos erosivos arrastam a camada superficial do solo (parte do horizonte A) deixando a parte superior e média da encosta com cores avermelhadas, típicas do horizonte B, mais argiloso. A variabilidade diferenciada da erosão hídrica ao longo da encosta, implica em variações na taxa de infiltração de água, e no carreamento e deposição de sedimentos ao longo das posições da encosta (SANCHEZ et al., 2009; SANTOS, A., et al., 2010; SILVA et al., 2006).

A velocidade de escoamento da água depende de vários fatores, tais como o comprimento, grau de inclinação, forma da encosta e cobertura vegetal (CASTRO et al., 2006; SANTOS, G., et al., 2010; SILVA & SANTOS, 2009). Essa velocidade determina a quantidade e tipo de sedimentos que serão carreados pela água, atuando diferencialmente na modificação da fertilidade do solo ao longo da encosta. Além da enxurrada superficial de sedimentos, há também fluxos subsuperficiais de solução do solo, que levam junto formas de nutrientes mais solúveis como nitrato, amônio e potássio. Outros, como o ânion ortofosfato, provavelmente são menos transportados por este mecanismo, porém são

perdidos junto com as partículas coloidais do solo onde estão adsorvidos. A quantidade de fósforo perdido pelo carreamento varia com o tamanho das partículas transportadas, sendo maiores as perdas quanto menores forem as partículas (BARBOSA et al., 2009). Estas perdas de íons do solo podem ser mais intensificadas em função do sistema de manejo adotado (BERTOL et al., 2007).

As plantas são responsivas aos incrementos nos teores de fósforo e nitrogênio do solo, seja de forma isolada ou combinada. Por isto, a adubação mineral propicia aumento na produção de matéria seca do pasto, bem como nos teores destes nutrientes no tecido vegetal. O nitrogênio é considerado o principal nutriente para aumento da produção de forragem (SARMENTO et al., 2008), e sua deficiência tem sido apontada como uma das principais causas de degradação das pastagens (BOMFIM-SILVA & MONTEIRO, 2010). Além da água e do nitrogênio, o fósforo é outro nutriente que em deficiência no solo, limita à produção das plantas forrageiras (IEIRI et al., 2010; WERNER, 1986), pois é responsável pelo maior crescimento do sistema radicular, perfilhamento, e maior produtividade de forragem, tornando-se de fundamental importância na exploração pecuária, principalmente quando associada com a adubação nitrogenada, que proporciona um melhor aproveitamento de P pelas plantas (BELARMINO et al., 2003; PATÊS et al., 2008).

Diante do exposto, visando avaliar o efeito isolado das diferenças da fertilidade do solo na produção de pastagem ao longo de encostas, separadamente de outros efeitos, como a disponibilidade de água, foi estabelecido um experimento em ambiente protegido com amostras retiradas de três posições de duas encostas. A finalidade foi comparar a produção de matéria seca por cinco cortes consecutivos de *Brachiaria* nessas amostras, assim como a reposta à adubação com N e P.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Pastagens de *Brachiaria decumbens*

O setor agropecuário representa mais de 200 milhões de hectares de pastagens naturais e cultivadas no Brasil, e 213 milhões de cabeças de bovinos (IBGE, 2011), sendo uma das principais atividades econômica do país, que possui 30% de suas áreas de pastagem degradadas (WWF, 2009). Dados da Anualpec (2008) indicam que existem

aproximadamente 120 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil. As pastagens consistem na opção alimentar mais abundante e de menor custo para produção de proteína animal (BARCELLOS et al., 2008; MARCELINO et al., 2006). E os capins do gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) são atualmente a grande expressão em pastagens cultivadas no País, ocupando cerca de 102 milhões de hectares que correspondem a 85% das áreas plantadas.

As áreas de pastagens plantadas na Paraíba correspondem apenas a 1,6% de toda a pastagem plantada da Região Nordeste, enquanto as pastagens naturais representam 9,1% do total regional (LIMA et al., 2008). Na microrregião do Brejo Paraibano as pastagens foram introduzidas, após o cultivo agrícola, que foram implantadas em seguida ao desmatamento da vegetação nativa, após o declínio do cultivo, iniciou-se o predomínio da utilização dessas terras com pastagens naturalizadas, principalmente, de gramíneas do gênero *Brachiaria* (LIMA, 2007).

Entre as diversas espécies de pastagens, destacam-se a *Brachiaria decumbens* cv Basilisk. Os capins do gênero *Brachiaria*, apresentam algumas vantagens em relação a outros gêneros, devido a sua boa adaptação em condições desfavoráveis de solos e climas, tolerância à baixa fertilidade e elevado rendimento de matéria seca (MARANHÃO et al., 2010). A produção de matéria seca é o foco principal das pastagens extensivas, não só em quantidade, mas também em qualidade. Pois o consumo diário de matéria seca é a medida mais importante para que se determine a resposta animal, possibilitando o conhecimento do manejo adequado do solo e planta, para o fornecimento de alimento com teores adequados de nutrientes.

Essa preocupação é válida, uma vez que o consumo restrito de nutrientes se constitui, provavelmente, no principal fator limitante da produção dos animais em pastejo, principalmente em regiões tropicais, onde estes estão sujeitos a mudanças contínuas no padrão de suprimento do alimento (EUCLIDES et al., 2000). Esses autores observaram que, em condições distintas de umidade, o tempo de pastejo foi maior para os animais que pastejavam em *Brachiaria Decumbens*, no período seco, que para aqueles que pastejaram em *Brachiaria brizantha* durante o período chuvoso. Indicando que de fato, a *Brachiaria decumbens*, apresenta melhores resultados no suprimento de forragem aos animais, criados em condição de sequeiro. As informações neste sentido para as condições da Mesorregião do Agreste Paraibano são escassas.

Na avaliação da produção e composição nutricional de matéria seca do pasto em 23 topossequências da microbacia hidrográfica de Vaca Brava, Areia-PB, realizada por Lima (2007), foi constatado que as produtividades $< 4 \text{ t ha}^{-1}$ foram mais frequentes nos terços superior (ombro) e médio (meia encosta) das topossequências, enquanto, produtividades $> 4 \text{ t ha}^{-1}$ foram registradas no terço inferior (pedimento). Indicando que em áreas de relevo variável como essa, não só as características morfogênicas da pastagem são importantes, mas também a posição do relevo em que estas estão inseridas, havendo interferência na expressão do potencial produtivo da gramínea.

2.2. Nitrogênio e Fósforo na Produção de Forragem

As pastagens brasileiras, em sua maioria, vêm sendo exploradas ao longo dos anos dentro de um sistema extrativista, utilizando-se da fertilidade natural dos solos para implantação de forrageiras e, à medida que esta fertilidade vai diminuindo, o potencial produtivo da forrageira instalada é também diminuído provocando uma queda na capacidade de suporte de animais nessas áreas (PEREIRA et al., 2013), levando à degradação do solo. Na Paraíba a pecuária é uma das principais alternativas para a renda dos pequenos agricultores, que vivem de produtos agrícolas de subsistência. No Estado, os solos destinados às pastagens são os solos inadequados ao cultivo agrícola e em área de encosta. Soma-se a isto a baixa fertilidade natural dos solos da microbacia hidrográfica da represa Vaca Brava, que necessitam de manejo diferenciado quando utilizado para fins agropecuários (SANTOS & SALCEDO, 2010).

A falta de cuidados com a fertilidade do solo em pastagens cultivadas é o principal limitante para o crescimento das plantas forrageiras (CORRÊA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2003). Nesse sentido, a adubação é a principal alternativa para aumentar a oferta de forragem. A adubação nitrogenada está entre as mais importantes estratégias de manejo para se obter resultados satisfatórios na produção de braquiária, pois o nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas forrageiras, incrementando a produção de matéria seca e o valor nutritivo da forragem (MARANHÃO et al., 2010). A concentração de nitrogênio do solo é um dos principais fatores reguladores do crescimento das plantas e aumento na eficiência de absorção de N pelas mesmas (YUAN et al., 2011; XIAO-LIN et al., 2013).

A disponibilidade de P no solo é limitada devido a precipitação com óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro em baixo pH, e pela conversão em formas orgânicas (LIN et al., 2014). Por isto aplicação de doses crescentes de fósforo promove respostas crescentes em produtividade de matéria seca, sendo de fundamental importância na exploração pecuária, a reposição do fósforo retirado do sistema de pastejo (IEIRI et al., 2010), a adubação combinada entre fósforo e nitrogênio propicia incremento na produção, pelo efeito da adubação fosfatada na resposta da adubação nitrogenada (OLIVEIRA et al., 2003). O crescimento das plantas depende não só da fotossíntese, mas também do sucesso da remobilização e translocação de P das reservas para as partes vegetativas (NADEEM et al., 2013). As principais perdas de fósforo são em cultivos agrícolas (MA et al., 2012; OTT & RECHBERGER, 2012). Diante disto é indispensável à adubação fosfatada para evitar a exaustão do sistema e aumentar a produção.

A oferta dos nutrientes em áreas de microbacia está fortemente associada com as posições no relevo, usos da terra e classes texturais (GALVÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2009). Santos et al. (2009) avaliando a influência do uso e da posição do perfil no relevo na fertilidade de solos em áreas de encosta, observaram que mais de 90% das amostras no ombro, 88% de meia encosta e de 78% no pedimento apresentaram baixos níveis de P ($0-7,7 \text{ mg kg}^{-1}$). Além disto, as encostas com uso agropecuário apresentaram menores teores de C e N, em relação àquelas com mata, porém apresentam maiores teores de P onde ocorre a adubação orgânica com esterco bovino. A disponibilidade de N está ligada diretamente a matéria orgânica do solo, que é muito variável nestas áreas em função do relevo e do manejo inadequado do solo, que favorecem o carreamento de sedimentos e MOS pela erosão hídrica, causando diminuição nos teores de COT e a indisponibilidade de N. Já a disponibilidade de P é limitada pela adsorção do fosfato aos colóides do solo e pela formação de precipitado insolúvel, aos óxidos e hidróxidos de Fe e Al do solo.

No capim braquiária, as acumulações máximas de N, P e K seriam alcançadas a partir de 121 dias após a germinação, dependendo do nutriente, e do desenvolvimento vegetativo da planta (BRAZ et al., 2004). O tempo de crescimento da planta após a germinação influencia no aumento da eficiência de adubação, pois propicia maior absorção de N e P, quanto maior for o tempo de avaliação. Diante disso, é possível entender porque a eficiência de utilização de N pelo capim marandu aumentou com o aumento das doses de N aplicadas, e foi influenciada pelos anos de recuperação da forrageira, mas não pelas fontes de nitrogênio utilizadas (SILVA et al., 2011), demonstrando que a absorção de N é

mais dependente do tempo de disponibilidade do nutriente no solo, que da solubilidade do fertilizante nitrogenado utilizado na adubação.

2.3. Influência do relevo nas propriedades do solo e produção da pastagem

A exploração de pastagens em áreas de relevo ondulado, possibilita o carreamento de sedimentos das posições superiores (ombro) das encostas até as inferiores (pedimento), fato este confirmado por Santos et al. (2002), Galvão et al. (2005) e Brehm (2010), que verificaram maiores teores de areia na posição do pedimento, em comparação, aos teores das posições do ombro e da meia encosta. Os processos erosivos se estabelecem com intensidade variável em função do grau de cobertura vegetal, da forma e posição no relevo considerado, resultando em perdas de solo e pasto (LIMA et al., 2008).

Em áreas de relevo com topossequências côncavas é observada maior variabilidade nos atributos do solo e planta do que em áreas de relevo lineares, independentemente do histórico de manejo (MONTANARI et al., 2005). Quando se trabalha em escala de microbacia hidrográfica, observa-se que a atividade exploratória (agrícola ou pecuária) baseia-se no relevo, ou seja, o uso do solo é função da sua posição topográfica. Isso ocorre porque as variações em declividade afetam o tipo de solo, absorção e a capacidade de armazenamento de água (SANTOS et al., 2009).

A variação de altitude e a diversidade de formas de relevo influenciam na drenagem e na presença de espécies vegetais, assim como nas possibilidades de uso da terra. A retirada da cobertura vegetal expõe o solo aos processos erosivos. A erosão pode ser mais marcante na encosta e aumentar de intensidade com o aumento da declividade (FARIA et al., 2010). Os solos de posições inferiores da vertente sempre apresentam maiores valores de umidade e de infiltração, estando às diferenças estritamente relacionadas às cotas topográficas e à estrutura do solo (GREGO et al., 2011).

Para compreender a dinâmica das áreas de pastagens é importante estudar os fatores de degradação do sistema em conjunto, ou seja, a interação animal, solo e relevo, já que estes fatores interferem de forma direta ou indireta sobre estas áreas, determinando atributos físicos distintos em solos com características semelhantes. Por exemplo, o tráfego e a carga de animais, podem determinar alguns destes fatores principalmente, quando este está aliado a um relevo ondulado, o que conseqüentemente, oferece processos erosivos

distintos e, adicionalmente um aporte de resíduos orgânicos que normalmente são utilizados para a alimentação do gado (FRAGA & SALCEDO, 2004).

2.4. Microbacia hidrográfica de Vaca Brava

A microbacia Hidrográfica Vaca Brava localiza-se na Microrregião do Brejo, Mesorregião do Agreste Paraibano, e apresenta relevo ondulado a fortemente ondulado (GALVÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2002). Tem uma área de 1.403,75 ha, parte desta área (610 ha) constitui reserva de Mata Atlântica de altitude, a qual preserva a área de captação da barragem Pau Ferro, PB. O restante da área encontra-se sob forte atuação antrópica, com agropecuária de subsistência (793,75 ha), (SANTOS et al., 2010). Na área sob influência antrópica, encontram-se atualmente cinco tipos de uso do solo: capoeira (área de pousio), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) (produção de lenha), pastagem, capineira e roçado (agricultura de subsistência e baixa produtividade). A área utilizada para a agropecuária corresponde a 54% do total da área territorial da microbacia, sendo que a pastagem é o tipo de uso com maior área de abrangência, razão de ser a principal atividade econômica desta região (GALVÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2009).

Santos et al. (2002), estudando esta microbacia determinou que 82% da área se constituem de encostas 15% de várzeas e 2% de topos; de forma geral, é nessas duas últimas posições que se concentra a atividade agrícola de maneira mais permanente, por se tratar de áreas planas e com regime hídrico mais favorável, enquanto as encostas são, comumente, ocupadas por pastagens. A redistribuição de água e sedimentos na microbacia, pela erosão, foi avaliada em três toposequências pela técnica do ^{137}Cs cujos resultados indicaram perdas de 20 cm de solo na posição do ombro e de 25 cm na meia encosta, em relação à posição do topo (SANTOS, 2004); relação entre textura e declividade mostra que, quanto maiores as declividades menores são os teores de areia (textura grosseira) do solo (SANTOS et al., 2002). Isto é possível pelo fato do relevo da microbacia favorecer o carreamento de partículas de solo entre as posições, interferindo na textura e fertilidade do solo ao longo das posições topográficas no curso da Bacia.

As propriedades químicas e físicas, além do relevo da microbacia, também são influenciadas pelo uso do solo, os processos erosivos determinam a redistribuição de sedimentos, que dependendo do tamanho, ocupam novas posições, ou até, serão perdidos

do sistema; a matéria orgânica acompanha essa redistribuição, sobretudo aquela associada à fração argila (GALVÃO et al., 2005).

O uso do solo da microbacia também é um fator determinante nesta dinâmica, pois o roçado propicia maiores quedas nos teores da MOS, em comparação com o sistema pecuário, pastagens e capineiras, (GALVÃO et al., 2005), e isto têm influência nos teores de C e N, com aumento nesses teores no sentido agricultura-floresta (SANTOS & SALCEDO, 2010; SANTOS et al., 2009), no entanto, observa-se incremento nos valores de P no roçado e capineira maiores que na pastagem, como efeito da adição de matéria orgânica e da posição do relevo (SANTOS et al. 2008), seguindo a mesma dinâmica quando comparada à floresta, ou seja, maiores teores de P nos solos agricultados que nos sob floresta (SANTOS & SALCEDO, 2010).

2.5. Solos predominantes na microbacia hidrográfica de Vaca Brava

O relevo tem influência marcante na formação do solo, além disso, em virtude da inclinação, cobertura vegetal, e manejo, as características físicas e químicas do solo ao longo do relevo podem ser alteradas pela ação dos agentes erosivos, principalmente, a água. A topografia ondulada interfere diretamente na evolução dos solos, visto que ela influencia a quantidade de água que pode infiltrar no perfil, acelerando as reações químicas do intemperismo, ou escorrer pela superfície, promovendo o transporte de sólidos ou de materiais em solução, com efeitos que se traduzem na formação de diferentes solos ao longo de uma microbacia (MOTTA et al., 2002). Associada à dinâmica da água na modelagem da paisagem, a erosão geológica dessas áreas provocada pelo recuo das encostas também contribui para a evolução dos solos (SCHIAVO et al., 2010). Os perfis do solo localizados em posições topográficas distintas ao longo da encosta, em função do material de origem, são determinantes, também, na quantidade e tipificação dos minerais da fração argila (GHIDIN et al., 2006).

As informações a respeito das classes de solos predominantes na microbacia (são escassas, e as que se encontram não são conclusivas) são baseadas principalmente em levantamentos de solos generalizados, dadas a carência de trabalhos detalhados ou semidetalhados na Região. A classificação dos solos predominantes na microbacia, classificados de forma generalizada e não específica, variam tanto entre as subclasses como dentro dos níveis categóricos na mesma classe, entretanto, o Argissolo sempre

aparece como o solo predominante (GALVÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2010; SANTOS et al., 2008; SANTOS & SALCEDO, 2010).

Em solos sem cobertura vegetal, geralmente, ocorre o arraste de partículas do horizonte A destes solos, pela erosão hídrica, carreando a maior parte dos sedimentos, elementos químicos, orgânicos e minerais das posições mais altas do relevo. Em casos extremos ocorre a exposição do horizonte B de solos mais desenvolvidos, como os Argissolos, enquanto que em solos pouco desenvolvidos como os Neossolos, sem horizonte B, o arraste da camada superficial e subsuperficial implica em exposição do horizonte C, ou mesmo da rocha, levando este solo a um estado de degradação, dificultando seu uso agropecuário e a recuperação de seus atributos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização das amostras do solo

O experimento foi conduzido em ambiente protegido do Departamento de Solos e Engenharia Rural da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. Para a realização do experimento foram coletadas amostras de solo deformadas, até os primeiros 15 cm de profundidade (onde ocorre a maior concentração do sistema radicular da *Brachiaria*) em três posições de duas encostas sob pastagens de *Brachiaria decumbens* na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, compreendida entre as coordenadas geográficas: 06°57'48" e 06°59'43" de latitude S e 35°44'03" e 35°45'59" de longitude O. A microbacia Hidrográfica Vaca Brava, localiza-se na mesorregião do Agreste Paraibano, na microrregião do Brejo, em Areia-PB, de clima As' de Köppen e altitude média de 637 m, apresenta como solos predominantes uma associação de Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Neossolo Litólico eutrófico e, em menor proporção, o Neossolo Regolítico e o Latossolo Amarelo distrófico (GALVÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2008).

Em ambas encostas o solo era um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico (SANTOS et al., 2010) sendo que uma encosta apresentava pastagem (*Brachiaria decumbens*) manejada, mais conservada (6°57'55,9" de latitude S 35°46'14,4" de longitude O) e a outra apresentava pastagem não manejada, também de *Brachiaria decumbens*, menos conservada, (localizada a 6°57'37,7" de latitude S e 35°45'46,7" de

longitude O). O critério de classificação das encostas foi baseado na diferença de cobertura vegetal entre 11 encostas anteriormente estudadas e classificadas por Lima (2007).

Foi considerada como não manejada a encosta com menor cobertura vegetal, presença de espécies invasoras, termiteiros e ausência de controle da carga animal. Enquanto a manejada era a encosta com maior cobertura vegetal, quase sem espécies invasoras, ausência de termiteiros e com controle da carga animal. Em ambas pastagens não existe a prática da adubação e calagem. As amostras de solo foram secas ao ar e tamisadas em peneira de 2 mm, para caracterização física (EMBRAPA, 1997) e química: pH, bases trocáveis e acidez trocável (EMBRAPA, 1997), C orgânico total (SNYDER & TROFYMOW, 1984), fósforo e potássio extraíveis por Mehlich-1 (EMBRAPA, 1997) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Caracterização física do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, (0-15 cm), coletado em três posições de duas encostas sob pastagem de *Brachiaria decumbens*, uma manejada e a outra não manejada, na microbacia hidrográfica de Vaca Brava-PB

Posição	AG ⁽¹⁾	AF ⁽¹⁾	AT ⁽¹⁾	Silte	Argila	GF ⁽¹⁾	AN ⁽¹⁾	DS ⁽¹⁾	Classificação Textural
	g kg ⁻¹				g cm ⁻³				
Pastagem Manejada									
Ombro	402	397	798	74	128	802	25	1,30	Franco arenoso
M. encosta	382	381	763	74	163	844	25	1,24	Franco arenoso
Pedimento	428	409	837	68	95	864	13	1,43	Areia franca
Pastagem não Manejada									
Ombro	326	303	629	122	249	725	68	1,20	Franco argilo arenoso
M. encosta	332	402	733	116	151	662	51	1,29	Franco arenoso
Pedimento	356	461	817	77	106	724	29	1,33	Franco arenoso

⁽¹⁾ Areia grossa (AG), areia fina (AF), areia total (AT), argila natural (AN), grau de floculação (GF), Densidade do solo (DS). Caracterização determinada pelo método da Embrapa (1997).

Os resultados da análise química do solo (Tabela 2) revelaram que as amostras possuíam teores muito baixos de fósforo, baixa acidez trocável (Al), média acidez potencial (H+Al), média acidez ativa (pH), teores médios de sódio, carbono orgânico total e de cálcio trocável, e teores altos de magnésio trocável, em todas as posições do relevo nas duas pastagens. Quanto aos teores de potássio, foram observados altos teores nas três

posições da pastagem manejada e no pedimento da pastagem não manejada, já no ombro e meia encosta da pastagem não manejada os teores foram médios.

Tabela 2. Caracterização química do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, (0-15 cm), coletado em três posições de duas encostas sob pastagem de *Brachiaria decumbens*, uma manejada e a outra não manejada, na microbacia hidrográfica de Vaca Brava-PB

	pH ¹	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	COT
Posição	-----mg kg ⁻¹ -----			----- cmol _c kg ⁻¹ -----			g kg ⁻¹		
Pastagem Manejada									
Ombro	5,6	1,3	88,9	19,4	1,53	1,12	3,7	0,1	22,8
M. encosta	5,5	1,0	97,6	20,5	1,26	1,13	4,4	0,2	22,5
Pedimento	5,6	1,8	84,1	20,5	1,16	0,95	2,2	0,0	21,1
Pastagem não Manejada									
Ombro	5,3	0,8	55,4	13,5	2,16	1,70	5,4	0,3	23,2
M. encosta	5,4	0,4	68,8	24,1	1,90	1,35	4,3	0,2	19,2
Pedimento	5,5	1,1	90,9	13,5	1,38	1,06	3,7	0,2	16,2

⁽¹⁾ pH determinado em água (1:2,5); pH, Ca, Mg, H⁺+Al, Al; Na, K e P (extraíveis por mehlich-1), foram determinadas pela metodologia da Embrapa (1997); COT (SNYDER & TROFYMOW, 1984).

3.2. Ensaio em vasos

A avaliação do solo das duas encostas sob pastagens com manejos contrastantes (manejada e não manejada) combinadas com três posições no relevo, ombro (terço superior), meia encosta (terço médio) e pedimento (terço inferior), constituem um estudo observacional, com amostragem estratificada e arranjo fatorial dos estratos. Em combinação fatorial com os estratos, as amostras foram adubadas com fósforo (P) (P₂₅ N₀ = 25 kg P ha⁻¹), nitrogênio (N) (P₀ N₅₀ = 50 kg N ha⁻¹), P x N combinados (P₂₅ N₅₀ = 25 kg P e 50 kg N ha⁻¹) ou não adubadas, testemunha (P₀ N₀), e utilizadas num experimento em vasos em ambiente protegido. As doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento estão sumarizadas na tabela 3. As adubações foram definidas baseando-se no Manual de Recomendação de Adubação do Estado de Pernambuco (2008), pelas condições edafoclimáticas semelhantes às da Paraíba, levando em consideração os teores obtidos na análise química das amostras de solo, da tabela 2 para a recomendação de adubação. O cálculo das quantidades de P e N adicionadas nos vasos, foram baseados na densidade do solo na camada de 0-15 cm e numa massa de 6 kg de solo em cada vaso.

Tabela 3. Massas de P e N aplicados em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico coletado à 0-15 cm de profundidade, na microbacia hidrográfica de Vaca Brava-PB

Posição	P	N	P + N
	----- mg kg ⁻¹ de solo ⁽¹⁾ -----		
Pastagem Manejada			
Ombro	12,8	25,7	12,8 + 25,7
Meia encosta	13,4	26,8	13,4 + 26,8
Pedimento	11,7	23,3	11,7 + 23,3
Pastagem não Manejada			
Ombro	13,8	27,8	13,8 + 27,8
Meia encosta	12,9	25,8	12,9 + 25,8
Pedimento	12,5	25,0	12,5 + 25,0

⁽¹⁾ A massa do nutriente a ser aplicado nas unidades experimentais, foi dividida pela massa de solo presente em cada unidade experimental.

3.3. Unidades experimentais

As unidades experimentais foram vasos plásticos com área de 0,033 m², e 8 litros de capacidade. O solo foi inicialmente distribuído em bandeja plástica e adubado, 10 dias antes da semeadura, com o N e o P em solução aquosa. O sal de fósforo usado na adubação foi o fosfato de sódio monohidratado (NaH₂PO₄.H₂O), e para o N o sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄). Após a adubação o solo foi homogeneizado, colocado no vaso e adicionada água destilada até 100% da capacidade de vaso (correspondente á capacidade de campo) (CASAROLI & JONG VAN LIER, 2008). A semeadura foi realizada semeando-se em cada vaso 20 sementes de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk a aproximadamente 1 cm de profundidade. Ao final da emergência realizou-se o desbaste deixando as quatro plantas mais vigorosa por vaso.

A irrigação foi realizada com água destilada duas vezes ao dia, usando o método da pesagem, para manter os solos em sua capacidade de vaso.

3.4. Avaliações

A produção de matéria seca e os conteúdos de P e N do capim *Brachiaria decumbens* foram avaliados no corte de uniformização de seu crescimento, realizado aos

60 dias após a emergência (DAE) a uma altura de 5 cm do solo. Após a uniformização a produção de matéria seca e o conteúdo de N e P foram avaliados após quatro intervalos de 40 dias. A cada corte, a parte aérea (folha + caule) foi lavada rapidamente com água deionizada, armazenada em sacos de papel devidamente identificados, e seca em estufa a 65 °C com circulação de ar forçada, até obter peso seco constante. Após seca, a parte aérea de cada corte foi pesada em balança analítica, moída em moinho do tipo Willey, com peneira de 0,5 mm, e uma subamostra de 0,25 g digerida com mistura de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (THOMAS et. al., 1967). Os extratos da digestão foram analisados quanto aos teores de N total, pelo método de Kjeldahl por destilação com arraste de vapor (BREMNER & MULVANEY, 1982) e de P total, determinado por colorimetria (EMBRAPA, 1997).

3.5. Delineamento experimental e análise estatística

Para analisar os dados de matéria seca, e conteúdos de P e N acumulados nos cinco cortes, utilizou-se um modelo estatístico para delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, em esquema fatorial 2x3x4, sendo duas pastagens, três posições na encosta e quatro tipos de adubação, com três repetições. Para analisar o efeito de cortes sucessivos, os dados de cada pastagem foram analisados separadamente, utilizando um modelo para DIC com medidas repetidas no tempo, com três repetições, em esquema fatorial 3x4x5, sendo três posições na encosta, quatro tipos de adubação e cinco cortes.

Para ambas análises utilizou-se o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS 9.3 (2011) e, quando pertinente, os valores médios da produção de matéria seca e dos conteúdos de N e P foram comparados pelo teste de Tukey (P<0,05).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produção de matéria seca da *Brachiaria decumbens* em cinco cortes de avaliação

As amostras de solo com adubação combinada de N e P resultaram nas maiores produções de matéria seca no primeiro corte, em todas as posições do relevo e manejo da pastagem (Figura 1 e 2).

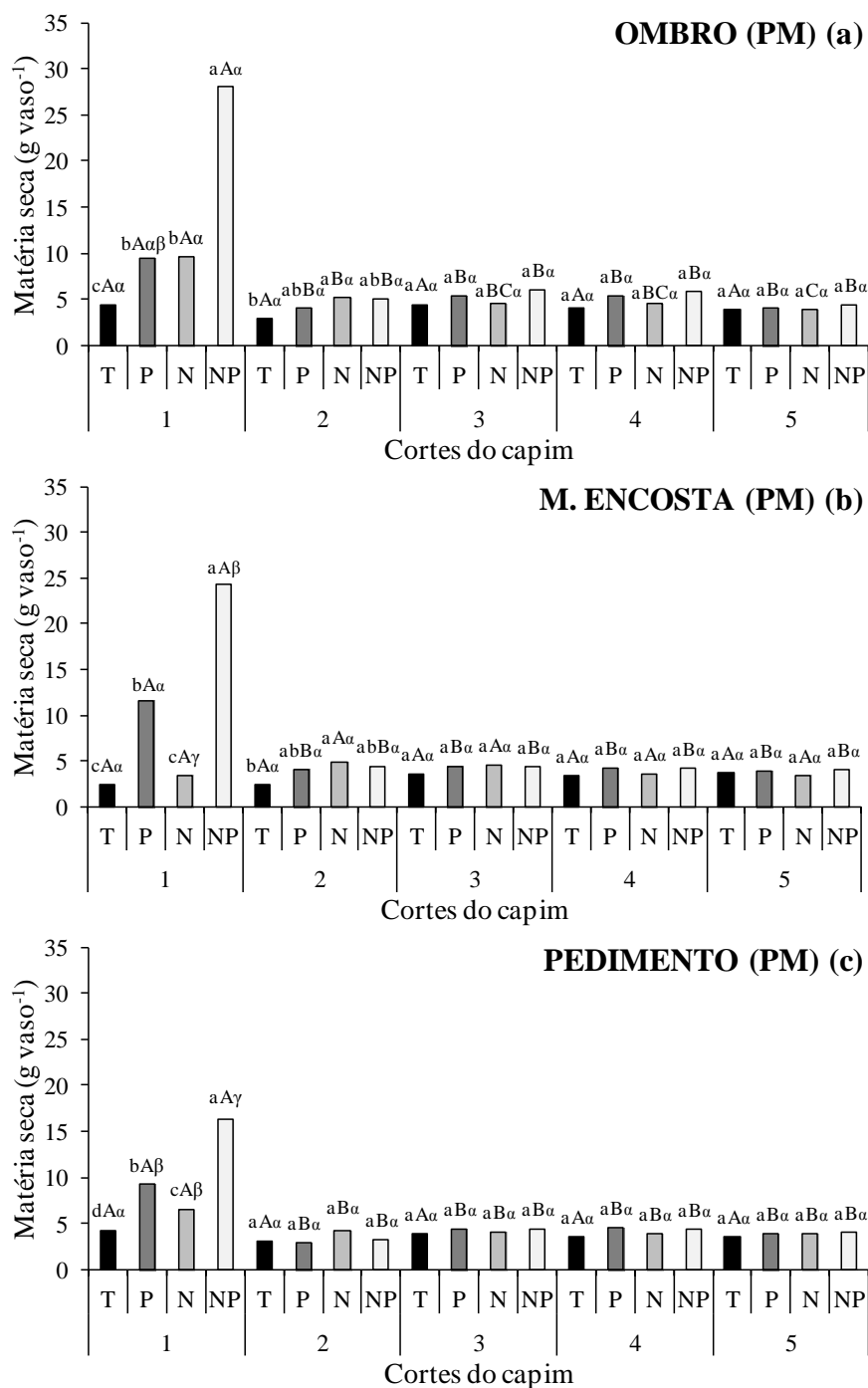


Figura 1. Valores médios (n=3) da matéria seca em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem manejada (PM).

T= testemunha (P_0N_0); P= adubação simples de fósforo ($P_{25}N_0$); N= adubação simples de nitrogênio (P_0N_{50}); NP= adubação combinada entre nitrogênio e fósforo ($P_{25}N_{50}$). Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente ao nível $P \leq 0,05$ pelo teste de Tukey. Letras minúsculas comparam as adubações no mesmo corte e posição, letras maiúsculas comparam os cortes na mesma adubação e mesma posição, letras gregas ($\alpha > \beta > \gamma$) comparam as posições no mesmo corte e adubação.

De forma geral, a resposta das plantas à adubação só se potencializa quando os nutrientes aplicados, principalmente os limitantes, são utilizados associados (CECATO et al., 2000), como constatado em trabalho realizado com *Brachiaria decumbens*, onde o nitrogênio só promoveu aumentos significativos na presença da adubação fosfatada (LIRA et al., 1999), o sinergismo destes dois nutrientes na absorção pela planta é bastante conhecido.

Os aumentos de matéria seca pela aplicação combinada de N e P apresentaram, entretanto, interação significativa ($p < 0,05$) com o manejo da pastagem e a posição da amostra na encosta. Assim, o ombro e meia encosta na pastagem manejada (Figura 1a e 1b) produziram mais que a pastagem não manejada, mas no pedimento a resposta à adubação com N e P foi o inverso (Figura 2c). Considerando as pastagens separadamente, a matéria seca produzida na pastagem manejada (Figura 1) diminuiu no sentido ombro > meia encosta > pedimento, mas na pastagem não manejada (Figura 2) o sentido foi pedimento > ombro > meia-encosta. Nesse caso, outros fatores, além de N, P e água, estariam controlando a produção de matéria seca, como a mineralização da matéria orgânica, e os teores de areia, silte e argila que são variáveis em função da posição no relevo e do manejo da pastagem (Tabela 1).

A matéria seca produzida com adubação isolada de N ou P também apresentou interação com a posição na encosta e o manejo da pastagem; em uma combinação (pedimento-não manejada) (Figura 2c) foi o N que resultou em maior acréscimo, em outra (ombro-manejada) (Figura 1a) os acréscimos foram semelhantes, enquanto nas quatro combinações restantes os acréscimos de matéria seca foram maiores com adição de P que de N. Embora a resposta à adubação apresente algumas diferenças entre as encostas, estas são uniformes no seu nível de fertilidade natural (Tabela 2), devendo-se estas diferenças estarem mais associadas às características físicas do solo, que é fortemente alterada pelo tipo de manejo da pastagem. Esta heterogeneidade decorre em parte do manejo prévio da área, e, portanto observaram-se diferenças entre pastagens. Ainda, além do manejo, as próprias características geomorfológicas da encosta (inclinação, comprimento, forma, entre outros) certamente afetam a intensidade dos processos erosivos. Esses processos redistribuem sedimentos na paisagem com maior ou menor intensidade a depender das contribuições relativas do manejo e da forma da superfície.

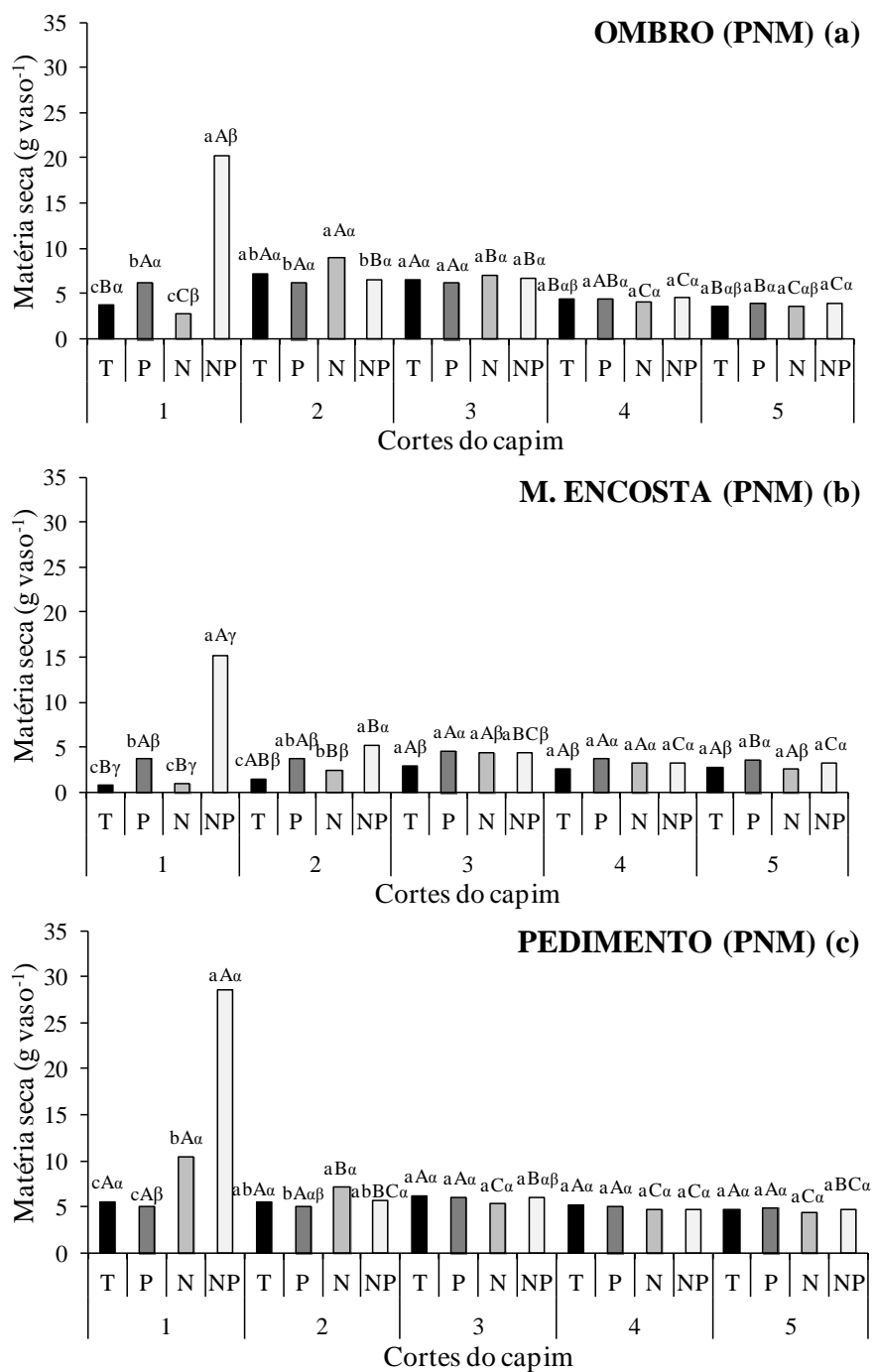


Figura 2. Valores médios ($n=3$) da matéria seca em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem não manejada (PNM).

T= testemunha (P_0N_0); P= adubação simples de fósforo ($P_{25}N_0$); N= adubação simples de nitrogênio (P_0N_{50}); NP= adubação combinada entre nitrogênio e fósforo ($P_{25}N_{50}$). Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente ao nível $P \leq 0,05$ pelo teste de Tukey. Letras minúsculas comparam as adubações no mesmo corte e posição, letras maiúsculas comparam os cortes na mesma adubação e mesma posição, letras gregas ($\alpha > \beta > \gamma$) comparam as posições no mesmo corte e adubação.

Em todas as combinações, a produção de matéria seca após o primeiro corte foi muito semelhante para os quatro tratamentos de adubação, oscilando ao redor de 5 g vaso⁻¹. A meia encosta da pastagem não manejada (Figura 2b) parece ser, visualmente, a que apresentou produções mais baixas para os quatro tratamentos. A queda na produção nos cortes que se seguiram a expressiva produção no primeiro corte, está associada a uma resposta adaptativa desenvolvida pela planta que inclui o retardo do crescimento da parte aérea, para se adequar a ausência dos nutrientes que foram retirados do solo durante o crescimento no primeiro corte (LIN et al., 2014). Como a concentração dos nutrientes disponíveis tendem a diminuir com os sucessivos cortes, a planta lança mão de sua plasticidade fenotípica para adaptar-se às novas condições edáficas (CARDOSO & LOMÔNACO, 2003; SANTOS et al., 2009), nos vasos, sacrificando a produção de biomassa, quanto menores forem os teores de N e P no solo.

4.2. Conteúdo de P na matéria seca da *Brachiaria decumbens* em cinco cortes de avaliação

A distribuição temporal do fornecimento de P para os cinco cortes de *B. Decumbens* (Figura 3 e 4) apresenta duas características muito marcantes. Em primeiro lugar, nota-se que no 5º e último corte, a capacidade do solo fornecer P estava exaurida, em todas as combinações posição-manejo com as quatro adubações. Com uma eficiência de absorção do P do adubo de 36%, menos da metade do P do adubo foi utilizado pela gramínea, podendo-se concluir então que esse Argissolo tem uma capacidade significativa de imobilizar P na sua fase sólida, por uma combinação de adsorção-precipitação, mecanismo que tem sido discutido por vários autores (XIAO-LIN et al., 2013; VALLADARES et al., 2003; ZENG et al., 2012).

Em segundo lugar, com exceção da meia encosta e pedimento da pastagem degradada (Figura 4b e 4c), o conteúdo de P nos quatro tratamentos de adubação apresentou uma característica peculiar, aumentando até o 3º corte e diminuindo depois. Até nas duas exceções mencionadas observa-se a mesma tendência, mas começando no segundo corte.

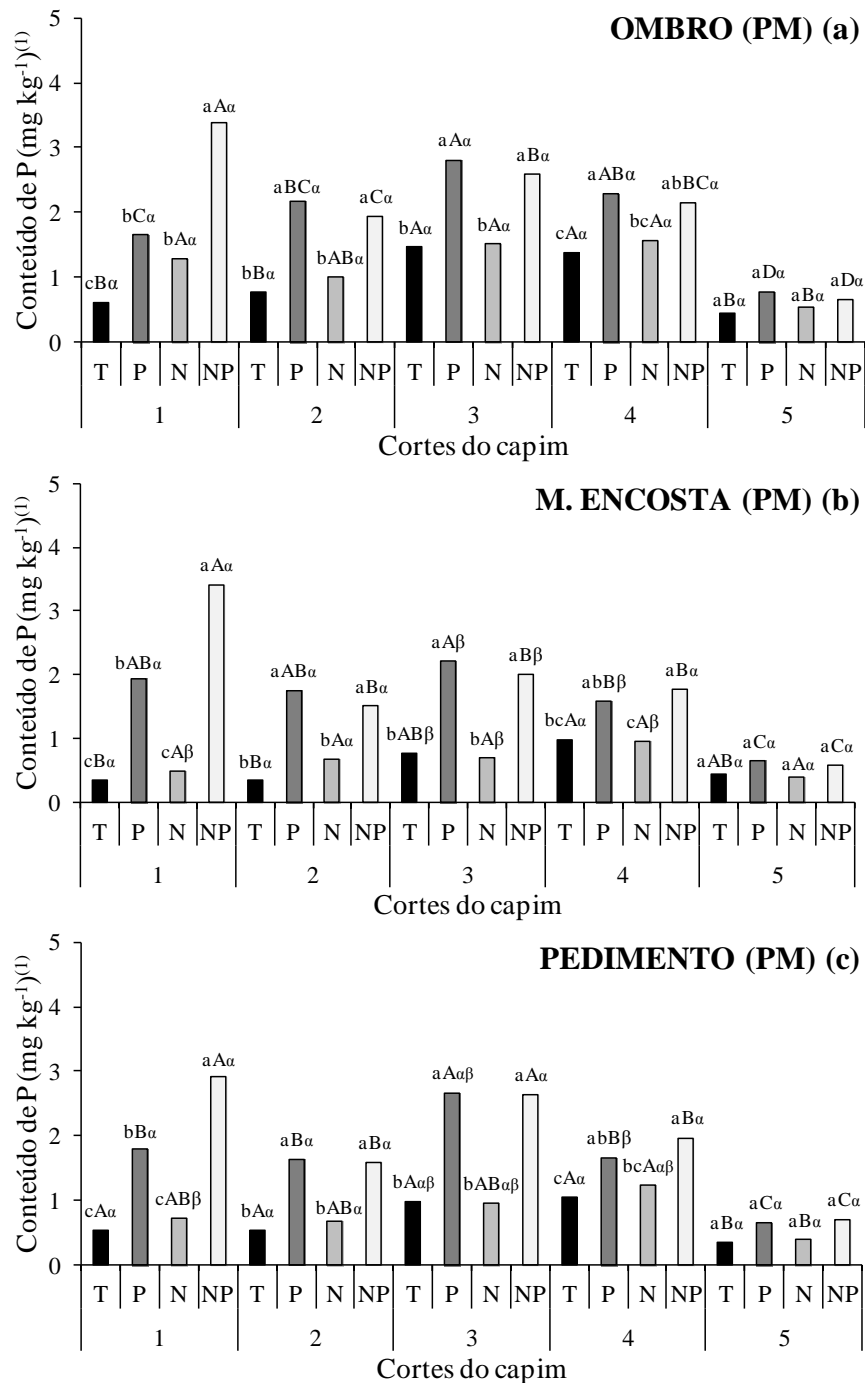


Figura 3. Valores médios (n=3) do conteúdo de fósforo extraído do solo em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem manejada (PM).

⁽¹⁾ O conteúdo de P na planta (mg) foi dividido pela massa de solo, para expressar o resultado em mg kg⁻¹. T= testemunha (P₀N₀); P= adubação simples de fósforo (P₂₅N₀); N= adubação simples de nitrogênio (P₀N₅₀); NP= adubação combinada entre nitrogênio e fósforo (P₂₅N₅₀). Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente ao nível P≤0,05 pelo teste de Tukey. Letras minúsculas comparam as adubações no mesmo corte e posição, letras maiúsculas comparam os cortes na mesma adubação e mesma posição, letras gregas ($\alpha>\beta>\gamma$) comparam as posições no mesmo corte e adubação.

Uma vez que os processos físico-químicos de adsorção-precipitação são normalmente muito rápidos (BASTOS et al., 2008; XIAO-LIN et al., 2013), estima-se que o resultado observado decorra de processo biológico. O fato desta peculiaridade ser apresentada também pelo tratamento controle, sem adubação, em todas as combinações posição x manejo, reforça a ideia de processo biológico. A hipótese é que a disponibilidade de P no 3º corte decorreu da decomposição/mineralização de parte do sistema radicular da gramínea após o 1º corte. Acredita-se que este efeito não foi visualizado nos cortes seguintes, diminuindo o conteúdo de P do 5º corte, devido ao limitado sistema radicular formado após o 1º corte, o que se pode inferir a partir das baixas produções da parte aérea.

O maior conteúdo de P na matéria seca da pastagem manejada (PM) e da pastagem não manejada (PNM), no primeiro corte, foi obtido na adubação combinada de P e N, nas posições do relevo (Figura 3 e 4), e ocorreu porque a adubação nitrogenada quando associada com a adubação fosfatada, proporciona um melhor aproveitamento de P pelas plantas (BELARMINO et al., 2003; PATÊS et al., 2008).

A adubação isolada de N, não contribuiu para absorção de fósforo no ombro e meia encosta (Figura 4a e 4b), na pastagem não manejada, contradizendo o que afirmaram Zeng et al. (2012), que o nitrogênio tem um efeito estimulante sobre a absorção de fósforo. Por outro lado, Costa et al. (2009), obtiveram resultados que demonstram que o incremento na adubação nitrogenada reduz a absorção de P. Isso sugere que para o nitrogênio auxiliar a absorção de fósforo são necessárias algumas condições peculiares como a dose, o solo e a posição no relevo. É possível que por isto, no pedimento (Figura 4c) o N auxiliou na absorção de P, apenas no primeiro corte, corroborando com Zeng et al. (2012). No caso do solo do presente estudo deve-se considerar ainda a extrema deficiência de P, generalizada a todas as combinações posição x manejo (Tabela 2) que provavelmente limitaram a ação estimulante do N.

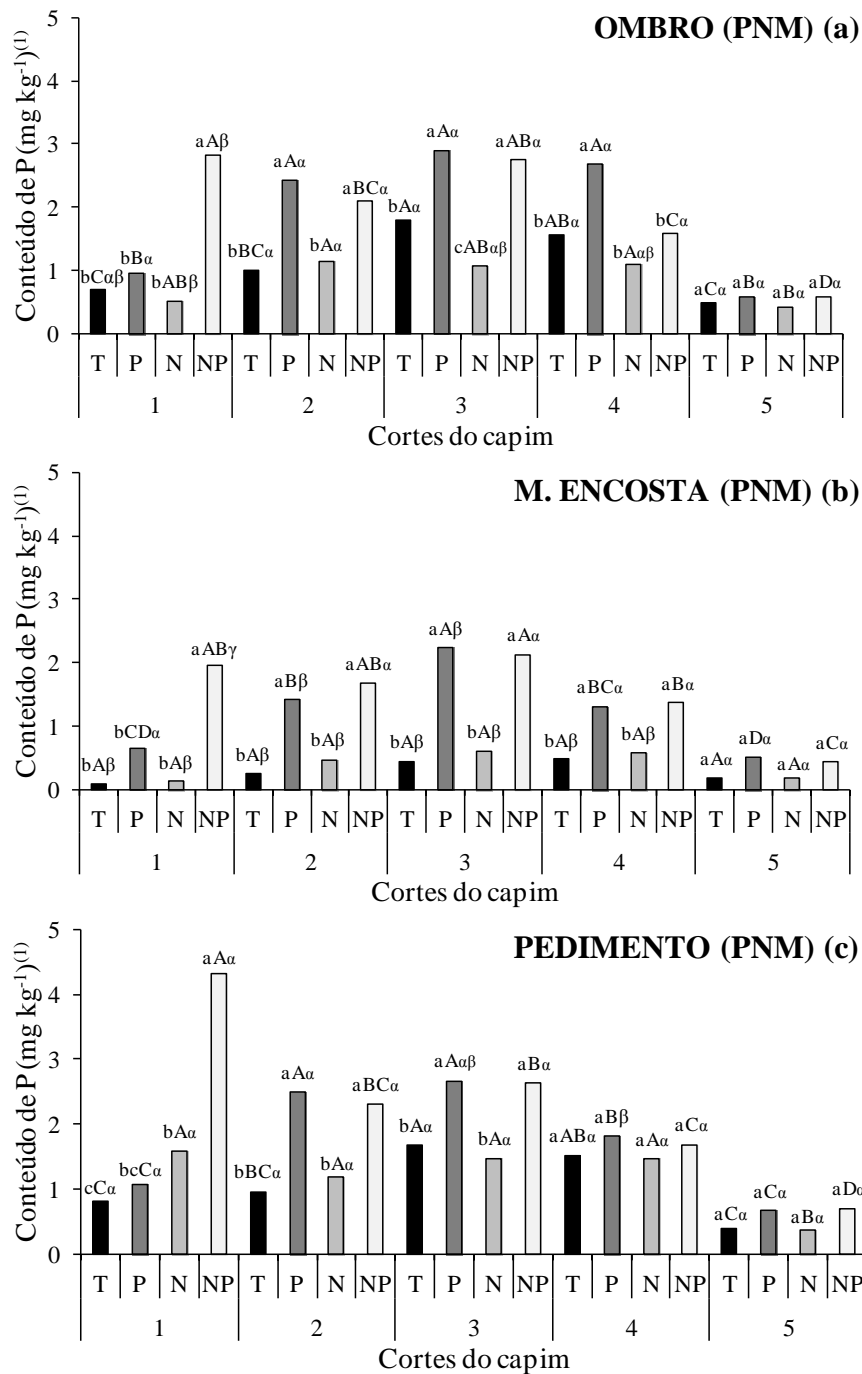


Figura 4. Valores médios ($n=3$) do conteúdo de fósforo extraído do solo em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem não manejada (PNM).

⁽¹⁾ O conteúdo de P na planta (mg) foi dividido pela massa de solo, para expressar o resultado em mg kg^{-1} . T= testemunha (P_0N_0); P= adubação simples de fósforo ($P_{25}N_0$); N= adubação simples de nitrogênio (P_0N_{50}); NP= adubação combinada entre nitrogênio e fósforo ($P_{25}N_{50}$). Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente ao nível $P \leq 0,05$ pelo teste de Tukey. Letras minúsculas comparam as adubações no mesmo corte e posição, letras maiúsculas comparam os cortes na mesma adubação e mesma posição, letras gregas ($\alpha > \beta > \gamma$) comparam as posições no mesmo corte e adubação.

4.3. Conteúdo de N na matéria seca da *Brachiaria decumbens* em cinco cortes de avaliação

De forma geral, a distribuição temporal do fornecimento de N pelo solo à gramínea acompanhou a tendência de formação de matéria seca (Figura 1 e 2), com algumas exceções, associadas ao tratamento com adição isolada de N, no qual o 2º corte apresentou conteúdo de N acima das médias dos demais tratamentos, para as quais não há uma explicação clara.

O nitrogênio não apresenta sinais de exaustão no solo e tão pouco essa tendência como observada para o P, de aumento no conteúdo até o terceiro corte. Estudos com ¹⁵N (SAMPAIO & SALCEDO, 1993) demonstraram que, na presença de fontes de C, o N do adubo tende a ser imobilizado na biomassa microbiana, que será posteriormente mineralizada à taxa apropriada para as condições ambientais predominantes no solo (umidade, temperatura, entre outras). Assim, é provável que a decomposição do sistema radicular do 1º corte, já mencionado, promoveu a imobilização inicial do N do adubo, para sua posterior liberação pela mineralização. Acredita-se que a ausência do efeito similar ao do fósforo no N deve-se ao fato do P apresentar-se em um nível de deficiência muito mais severa que a de N, onde qualquer pequeno aporte extra de P foi imediatamente notado.

A adubação isolada de P na PM, não contribuiu na absorção de N no pedimento e meia encosta manejados (Figura 5b e 5c), em nenhum corte, sendo que no ombro (Figura 5a) auxiliou na absorção de N, apenas no primeiro corte. Isto comprova que a absorção de nitrogênio é mais influenciada pelo relevo e manejo da pastagem que pela adubação com fósforo, pois o relevo imprime variações marcantes nas características físicas e químicas que vão interferir na disponibilidade dos nutrientes ao longo das posições (GALVÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2002; SANTOS et al., 2010; SANTOS et al., 2008; SANTOS & SALCEDO, 2010).

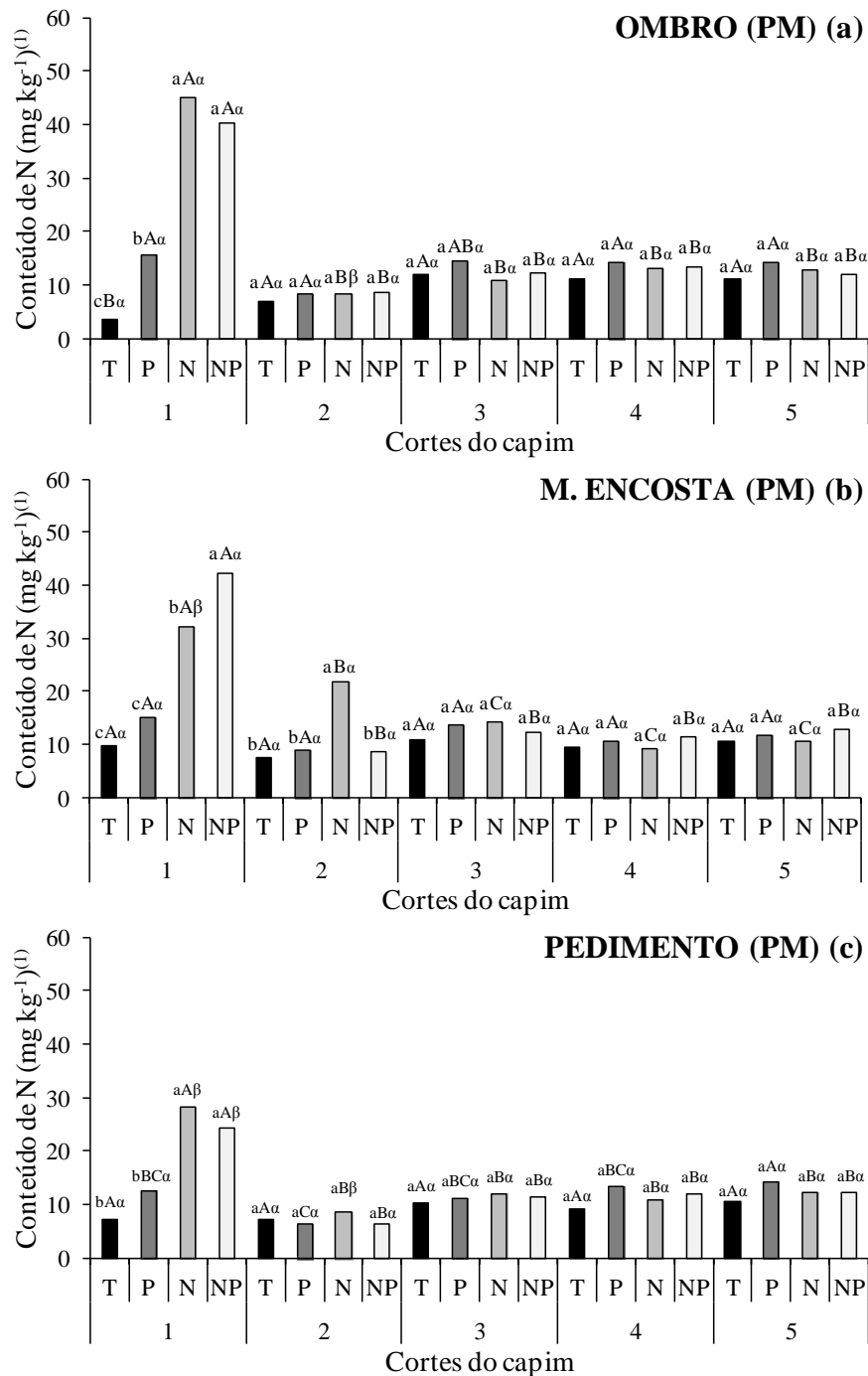


Figura 5. Valores médios (n=3) do conteúdo de nitrogênio extraído do solo em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem manejada (PM).

⁽¹⁾ O conteúdo de N na planta (mg) foi dividido pela massa de solo, para expressar o resultado em mg kg⁻¹. T= testemunha (P₀N₀); P= adubação simples de fósforo (P₂₅N₀); N= adubação simples de nitrogênio (P₀N₅₀); NP= adubação combinada entre nitrogênio e fósforo (P₂₅N₅₀). Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente ao nível P≤0,05 pelo teste de Tukey. Letras minúsculas comparam as adubações no mesmo corte e posição, letras maiúsculas comparam os cortes na mesma adubação e mesma posição, letras gregas ($\alpha>\beta>\gamma$) comparam as posições no mesmo corte e adubação.

O maior conteúdo de N na PNM foi determinado no primeiro corte (Figura 6) na adubação combinada de N e P no ombro (Figura 6a) e meia encosta (Figura 6b), e no segundo corte na adubação apenas com N, no ombro. No pedimento (Figura 6c) a maior absorção de N ocorreu na adubação combinada com fósforo e na adubação simples de N, no primeiro corte. Os resultados obtidos neste trabalho são distintos aos de Martha-Júnior et al. (2009), que observaram que o teor de N total e a quantidade de N do capim-tanzânia não foram afetados pela adubação nitrogenada, ao avaliar a recuperação de ^{15}N -ureia no sistema solo-planta de pastagem deste capim.

A adubação isolada de P na PNM, não contribuiu na absorção de nitrogênio em nenhuma posição (Figura 6a, 6b e 6c), em nenhum corte, demonstrando que a adubação isolada de P não propicia incremento significativo no conteúdo de N na *B. decumbens*, nas condições avaliadas. Que pode estar relacionado à precipitação do fosfato aos óxidos e hidróxidos livres no solo (LIN et al., 2014), principalmente os de Fe e Al, que são altos nesta classe de solo (Argissolo) e comprovados no trabalho de Brehm (2010) nestas mesmas encostas avaliadas.

Além disto, os solos de textura mais argilosa, como este, apresentam maior capacidade de adsorção de fósforo, com destaque para os formados a partir de rochas básicas ou alcalinas (VALLADARES et al., 2003), a Caulinita é o material de origem dos solos predominantes da microbacia hidrográfica Vaca Brava, o que implica dizer que a adubação fosfatada em sua maior parte é retida aos colóides do solo, o que pode ter interferido na influência significativa da absorção de N, nos tratamentos adubados só com P. Soma-se a isto o fato de na pastagem não manejada os teores, iniciais, de fósforo serem muito baixos (Tabela 2), e por ser em uma encosta que sofre mais intensamente os efeitos da erosão hídrica, os teores de argila nessa encosta é mais elevado em virtude do carreamento da areia à posições inferiores do relevo (Tabela 1). O que favorece a maior adsorção de P à superfície das argilas.

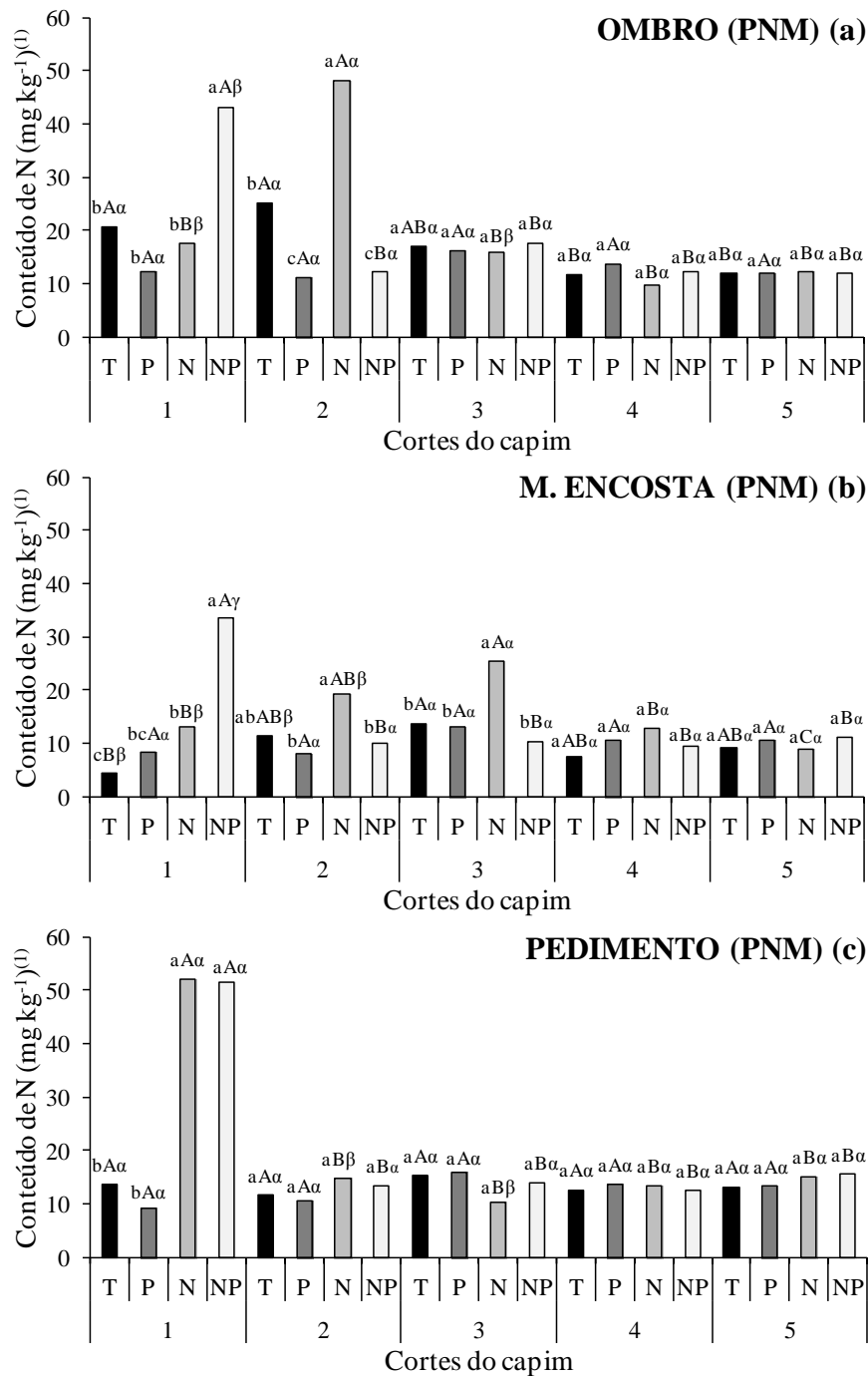


Figura 6. Valores médios (n=3) do conteúdo de nitrogênio extraído do solo em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem não manejada (PNM).

⁽¹⁾ O conteúdo de N na planta (mg) foi dividido pela massa de solo, para expressar o resultado em mg kg^{-1} . T= testemunha (P_0N_0); P= adubação simples de fósforo ($P_{25}N_0$); N= adubação simples de nitrogênio (P_0N_{50}); NP= adubação combinada entre nitrogênio e fósforo ($P_{25}N_{50}$). Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente ao nível $P \leq 0,05$ pelo teste de Tukey. Letras minúsculas comparam as adubações no mesmo corte e posição, letras maiúsculas comparam os cortes na mesma adubação e mesma posição, letras gregas ($\alpha > \beta > \gamma$) comparam as posições no mesmo corte e adubação.

4.4. Produção acumulada de matéria seca da *Brachiaria decumbens*

Na condição de fertilidade, sem adubação, a posição na encosta não foi um fator determinante na produção de matéria seca, pois só foi menor ($p < 0,05$) na meia-encosta da pastagem degradada, em comparação com o ombro e pedimento (Tabela 4). Comparando as pastagens, e contrariamente ao esperado, a matéria seca foi menor no ombro e pedimento da pastagem manejada em relação a não manejada (Tabela 4). Provavelmente por esse motivo, a aplicação isolada de N ou P nessas posições resultou em maiores aumentos ($p < 0,05$) de matéria seca na pastagem manejada que na não manejada, indicando que deficiências de ambos nutrientes estejam limitando a produtividade da pastagem nessas posições.

No caso da meia-encosta, a situação se inverteu, pois em amostras da pastagem não manejada produziu-se menos ($p < 0,05$) que na manejada. No entanto, nesta posição, a matéria seca aumentou mais pela adição de P isolado que de N, em ambas pastagens, quase duplicando a produção (Tabela 4), sugerindo uma maior limitação de P que de N, os teores de P destas pastagens estão muito baixos nas amostras de solo (Tabela 2). Sob adubação combinada de N e P, a posição na encosta e o histórico de manejo da pastagem interagiram fortemente nas produções de matéria seca. Na pastagem manejada a adubação favoreceu mais a produção na posição do ombro e meia encosta, enquanto na não manejada a matéria seca foi maior no pedimento e no ombro (Tabela 4).

Esta maior resposta à adubação combinada de fósforo e nitrogênio, pode ser explicado pelo sinergismo entre estes nutrientes, além disto, a assimilação de fósforo propicia maior assimilação de N, pois a assimilação de nitrogênio requer um alto gasto energético, conseqüentemente uma elevada demanda por ATP, principal fonte de energia celular, que é formado pela incorporação do fósforo absorvido pela planta, na rota de formação do succinato no ciclo de Krebs, o ATP é a principal fonte de energia para manutenção da atividade metabólica da célula vegetal, e de fundamental importância na assimilação de nitrogênio a nível celular, daí esta resposta significativa, devendo-se, principalmente, a um efeito fisiológico na planta (ZENG et al., 2012). Existem diversos trabalhos na literatura que demonstram efeitos significativos na produção, pela adubação combinada de fósforo e nitrogênio (BELARMINO et al., 2003; LIRA et al., 1994; PATÊS et al., 2008; ZENG et al., 2012).

Além disto, a presença de enxofre no adubo utilizado como fonte de N, possibilita a maior disponibilidade de fosfato às plantas, devido o deslocamento do fosfato adsorvido nos colóides do solo, pela ação substitutiva do sulfato, ou mesmo pela ocupação dos sítios de troca por este sulfato, impedindo a complexação do fosfato, deslocando-o assim para a solução do solo favorecendo a maior absorção de P na adubação combinada entre N e P.

A soma da produção acumulada de matéria seca em cada adubação, na testemunha, foi de 53,1 g na pastagem manejada e de 62,9 g na pastagem não manejada. Quando as amostras de solo foram adubadas com P, a situação se inverteu com a pastagem manejada produzindo mais matéria seca que a pastagem não manejada, 81 g e 71,7 g, respectivamente. Após adubação com N, a produção foi bastante semelhante com a pastagem manejada produzindo 69,6 g, e a pastagem não manejada produzindo 71,2 g, no entanto, quando se adubou com N e P, combinados, a produção foi a mesma nas distintas pastagens, 122,6 g na pastagem manejada e 122,7 g na pastagem não manejada. Este comportamento pode ser atribuído à semelhança nos atributos químicos do solo nas encostas sob as distintas pastagens conforme tabela 2.

Tabela 4. Valores médios (n=3) de matéria seca acumulada (220 dias) em cinco cortes de *Brachiaria decumbens* em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico

Posição	Adubação			
	P ₀ N ₀	P ₂₅ N ₀	P ₀ N ₅₀	P ₂₅ N ₅₀
g vaso ⁻¹				
Pastagem Manejada				
Ombro	19,4 aCβ	28,0 aBα	27,5 aBα	49,2 aAα
M. encosta	15,4 aDα	28,1 aBα	19,7 bCα	41,2 bAα
Pedimento	18,3 aCβ	24,9 aBα	22,4 bBβ	32,2 cAβ
Pastagem não Manejada				
Ombro	25,3 aBα	26,5 aBα	26,1 bBα	41,9 bAβ
M. encosta	10,5 bCβ	19,2 bBβ	13,4 cCβ	31,2 cAβ
Pedimento	27,1 aCα	26,0 aCα	31,7 aBα	49,6 aAα

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem ($p \leq 0,05$) entre posições da mesma pastagem; médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem ($p \leq 0,05$) entre adubações; médias seguidas da mesma letra grega nas colunas não diferem ($p \leq 0,05$) entre pastagens, na mesma adubação e posição, em todos os casos pelo teste de Tukey.

4.5. Conteúdo de P acumulado na matéria seca da *Brachiaria decumbens*

A capacidade de fornecimento de P e N pelas amostras de solo, avaliada pelo conteúdo de P e N nas plantas, mas expressada em relação à massa de solo (Tabelas 5 e 6), oferece subsídios para a compreensão das variações em matéria seca relatadas.

Nas amostras sem adubação, o conteúdo de P na planta (Tabela 5) ficou em valores superiores ao P extraído por Mehlich-1 (Tabela 2). A dose de fósforo adicionado pelo adubo oscilou entre 11,7 e 13,8 mg kg⁻¹ solo (Tabela 3), devido às variações em densidade do solo. Essa quantia foi relativamente bem aproveitada pela planta (média em torno de 4,5 mg) (Tabela 5), com eficiência média total ao redor de 36%, o que é um valor relativamente elevado para P, pois a média é normalmente de 25% ou menor.

Esta eficiência elevada (36%) está relacionada com o adubo nitrogenado utilizado (sulfato de amônio) que além de disponibilizar N (20%) também disponibiliza S (24%) favorecendo a competição pelos sítios de troca no solo, entre o sulfato e o fosfato, deslocando o fosfato em forma disponível à solução do solo para absorção pelas plantas, desta forma propiciando maior absorção de P, principalmente, na adubação combinada entre N e P. Uma eficiência de absorção neste porte é importante, pois a oferta de P nesses solos é muito limitada (SANTOS et al., 2009; SANTOS et al., 2010). A adição isolada de N não alterou significativamente o conteúdo de P em relação à testemunha (Tabela 5) embora tenha havido aumentos significativos de matéria seca nas três posições da pastagem manejada e no pedimento da não manejada, em relação à testemunha (Tabela 4).

Por outro lado, como mencionado anteriormente, a adição conjunta de P e N teve uma influência positiva no conteúdo de P na matéria seca em relação à aplicação isolada de P, aumentando-o no pedimento de ambas pastagens e na meia encosta da não manejada. Com base nos resultados da aplicação isolada de N, que não resultaram em aumento do conteúdo de P, pode-se concluir que os aumentos de P na aplicação conjunta de P e N derivam do P do adubo fosfatado e do enxofre presente no adubo nitrogenado. Além disto, as deficiências naturais de P no solo são mais representativas que as de N em virtude do material de origem dos solos da Região, que geram altos teores de Fe e Al no Argissolo Vermelho-Amarelo da Região (BREHM, 2010), que formam complexo de ligação covalente com o fosfato indisponibilizando-o às plantas.

A soma das extrações de P acumulado (Tabela 5) na matéria seca da *Brachiaria* em cada adubação, apresentou o mesmo comportamento que a soma da produção acumulada de matéria seca (Tabela 4).

As extrações do P das amostras do solo foram semelhantes entre as pastagens em todas as adubações. Na pastagem manejada as menores absorções de P, foram na testemunha e na adubação isolada de N, respectivamente, 10,9 mg kg⁻¹ de solo e 13,05 mg kg⁻¹ de solo. E as maiores 29,75 mg kg⁻¹ de solo na adubação combinada entre N e P, e 26,2 mg kg⁻¹ de solo na adubação isolada de P. Já na pastagem não manejada as menores absorções de P, também foram na testemunha com retirada de 12,35 mg kg⁻¹ e na adubação isolada de N 12,15 mg kg⁻¹ de solo. Valores estes iguais numericamente, o que leva a afirmar que a aplicação isolada de N, não auxilia na absorção de P nas condições avaliadas. As maiores extrações de P na pastagem não manejada foram 29,0 mg kg⁻¹ de solo na adubação combinada entre N e P, e 24,35 mg kg⁻¹ de solo na adubação isolada de P. O que vai de acordo com o esperado, de que as maiores absorções de P (numericamente), sejam justamente nos tratamentos que receberam P na adubação.

Tabela 5. Valores médios (n=3) do conteúdo de fósforo extraído do solo, acumulado (220 dias) na matéria seca de *Brachiaria decumbens* nos cinco cortes, em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico

Posição	Adubação			
	P ₀ N ₀	P ₂₅ N ₀	P ₀ N ₅₀	P ₂₅ N ₅₀
	mg de P kg ⁻¹ de solo ⁽¹⁾			
	Pastagem Manejada			
Ombro	4,65 aBα	9,70 aAα	5,90 aBα	10,70 aAα
M. encosta	2,85 bBα	8,10 bAα	3,20 bBα	9,25 bAα
Pedimento	3,40 abCβ	8,40 abBα	3,95 bCβ	9,80 abAβ
	Pastagem não Manejada			
Ombro	5,55 aBα	9,55 aAα	4,20 bBβ	9,80 bAα
M. encosta	1,45 bCβ	6,10 bBβ	1,90 cCα	7,55 cAβ
Pedimento	5,35 aCα	8,70 aBα	6,05 aCα	11,65 aAα

⁽¹⁾ O conteúdo de P na planta (mg) foi dividido pela massa de solo; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem (p≤0,05) entre posições da mesma pastagem; médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem (p≤0,05) entre adubações; médias seguidas da mesma letra grega nas colunas não diferem (p≤0,05) entre pastagens, na mesma adubação e posição, em todos os casos pelo teste de Tukey.

4.6. Conteúdo de N acumulado na matéria seca da *Brachiaria decumbens*

Estima-se que o conteúdo de N na *B. Decumbens* desenvolvida nas amostras não adubadas seja principalmente proveniente da mineralização da matéria orgânica. Com base nos dados de COT das amostras (Tabela 2) e assumindo-se uma relação C:N em torno de 11:1 (GALVÃO et al., 2005) o N total seria ao redor 1300 mg kg⁻¹. Uma vez que, em média, o conteúdo de N no tratamento sem adubação foi de 53 mg kg⁻¹ (expressado em base solo), estimasse que o N mineralizado no período do estudo (220 dias) foi de 4 % do N total do solo. Essa estimativa está próxima da média de 3,9% determinada por Alves et al. (1999) em incubação de longo prazo (30 semanas) para solos do semiárido de Pernambuco.

A adubação isolada com P induziu uma mineralização adicional da matéria orgânica nativa na posição do ombro da pastagem manejada. Esse fenômeno tem sido observado por outros autores (ERNANI et al., 2005; MORETTI et al., 2013) e é denominado de “*priming*”. Este fenômeno foi também constatado quando a adubação foi nitrogenada (Tabela 6). Esse processo não permite o cálculo da eficiência da adubação nitrogenada por diferença com a testemunha, sem adubação. A dose de N representou adição de 23,3 a 27,8 mg kg⁻¹ de N no solo (Tabela 3), e em alguns casos, o incremento do conteúdo de N na planta foi maior que esse valor (Tabela 6). Os trabalhos publicados são bastante consistentes em afirmar que a eficiência da adubação nitrogenada oscila entre 40 e 60%, (SILVA et al., 2011).

Costa et al. (2009) observaram uma eficiência da adubação de 54%, no terceiro ano de avaliação em uma adubação de 300 kg ha⁻¹ de N, o que sugere que outros fatores estejam controlando o crescimento das plantas e a conseqüente demanda de N, tais como a labilidade da matéria orgânica e sua possível associação com a argila nas amostras de solo, que são variáveis em função da posição no relevo. Outra possível explicação, além do “*priming*”, para a elevada “eficiência aparente” apresentada pela adubação nitrogenada, sobretudo na pastagem degradada, é que os sucessivos cortes da parte aérea determinam a morte de parte do sistema radicular, sobretudo das raízes finas, sendo que o N imobilizado nelas ficará disponível para sua reabsorção após mineralizado. Esta recirculação interna pode disponibilizar nitrogênio adicional para a parte aérea nos sucessivos cortes, que se somaria ao efeito “*priming*”.

A soma das extrações de N do solo, acumuladas na planta, nos distintos tratamentos, mostra que o manejo da pastagem, numericamente, influenciou na absorção de N. Pois, na pastagem manejada foi observado que a adubação isolada de P, propiciou maior absorção de N que na testemunha, o que não foi constatado na pastagem não manejada. Os valores da extração de N, somados, na pastagem manejada foram de 137,7 mg kg⁻¹ de N na testemunha, 184 mg kg⁻¹ de N na adubação isolada de P, 239,9 mg kg⁻¹ de N na adubação combinada de N e P, e 249,8 mg kg⁻¹ de N na adubação isolada de N.

Na pastagem não manejada os valores foram 179 mg kg⁻¹ de N na testemunha, 178,1 mg kg⁻¹ de N na adubação isolada de P, 278,7 mg kg⁻¹ de N na adubação combinada entre N e P, e 288,6 mg kg⁻¹ de N na adubação isolada de N. Em ambas pastagens a maior absorção foi obtida na adubação isolada de N, o que sugere que o efeito “*Priming*” está sendo mais efetivo na adubação isolada, provavelmente pelo maior favorecimento à relação C:N adequada ao aumento da mineralização de N nativo do solo.

Tabela 6. Valores médios (n=3) do conteúdo de nitrogênio extraído do solo, acumulado (220 dias) na matéria seca de *Brachiaria decumbens* nos cinco cortes, em função da adubação, relevo e tipo de pastagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.

Posição	Adubação			
	P ₀ N ₀	P ₂₅ N ₀	P ₀ N ₅₀	P ₂₅ N ₅₀
mg de N kg ⁻¹ de solo ⁽¹⁾				
Pastagem Manejada				
Ombro	44,8 aBβ	66,7 aCα	90,2 aAα	86,7 aAα
M. encosta	48,3 aBα	59,8 aBα	87,9 abAα	87,0 aAα
Pedimento	44,6 aBβ	57,5 aABα	71,7 bAβ	66,2 bAβ
Pastagem não Manejada				
Ombro	66,5 aBα	65,4 aBα	103,7 aAα	97,2 aAα
M. encosta	46,2 cBα	50,4 aBα	79,4 bAα	74,5 bAα
Pedimento	66,3 bBα	62,3 aBα	105,5 aAα	107 aAα

⁽¹⁾ O conteúdo de N na planta (mg) foi dividido pela massa de solo; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem (p≤0,05) entre posições da mesma pastagem; médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem (p≤0,05) entre adubações; médias seguidas da mesma letra grega nas colunas não diferem (p≤0,05) entre pastagens, na mesma adubação e posição, em todos os casos pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÕES

1. Ao longo dos cortes de avaliação, houve influência da posição no relevo e da adubação sob os distintos manejos da pastagem. Em ambas pastagens a produção de matéria seca e o conteúdo de P foi maior no primeiro corte. Na pastagem manejada, a adubação isolada de N e combinada com P favoreceram o maior conteúdo de N na planta, no primeiro corte.
2. A produção acumulada de matéria seca, assim como o conteúdo acumulado de P e de N na *Brachiaria decumbens*, foram maiores sob adubação combinada de fósforo e nitrogênio, mas com diferenças entre posições no relevo e manejo da pastagem.
3. Amostras de um Argissolo, retiradas de três posições em encostas sob pastagens diferentemente manejadas, responderam de forma diferenciada aos quatro tratamentos de adubação estudados, indicando diferentes níveis de disponibilidade de nutrientes ao longo das encostas.
4. Para a prática da adubação com N e P em encostas sob pastagens distintamente manejadas é necessário levar em consideração à posição no relevo. Pois na meia encosta, houve maior resposta à adubação com P, enquanto no pedimento a resposta foi maior ao N. A melhor estratégia de adubação em pastagens de *Brachiaria decumbens* é a adubação combinada de fósforo e nitrogênio.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, G. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. M. Potencial de mineralização de N e de C em vinte solos de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, 23: 245-256, 1999.

ANUALPEC 2008. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2008.

BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; LUCIANO, R. V.; GONZALEZ, A. P. Phosphorus losses in water and sediments in runoff of the water erosion in oat and vetch crops seed in contour and downhill. **Soil Til. Res.**, 106: 22-28, 2009.

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **R. Bras. Zoot.**, v.37, suplemento especial p.51-67, 2008.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUTO, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v.12, n.2, p.136-142, 2008.

BELARMINO, M. C. J.; PINTO, J. C.; ROCHA, G. P.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R. de. Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim Tanzânia em função de diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ci. Agrotec.**, v.27, n.4, p.879-885, 2003.

BERTOL, I.; ENGEL, F. L.; MAFRA A. L.; BERTOL, O. J.; RITTER S. R. Phosphorus, Potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. **Soil Til. Res.**, 94: 142-150, 2007.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO F. A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim braquiária em degradação. **R. Bras. Zoot.**, v.39, n.8, p.1641-1649, 2010.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesq. Agropec. Trop.**, 34 (2): 83-87, 2004.

BREHM, M. A. da S. **Estabilidade e distribuição do tamanho de agregados em duas toposequências sob pastagem com diferentes níveis de conservação.** 2010, 44 p.il. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. **In:** Page, A. L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R., eds. *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties.* Part 2. Madison, ASA SSSA, p.595-624, 1982.

CARDOSO, G. L.; LOMÔNACO, C. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-vereda. **R. Brasil, Bot.**, V.26, n.1, p.131-140, mar. 2003.

CASAROLI, D. & JONG VAN LIER, Q. Critérios para a determinação da capacidade de vaso. **R. Bras. Ci. Solo**, 32: 59-66, 2008.

CASTRO, L. G.; COGO, N. P.; VOLK, L. B. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **R. Bras. Ci. Solo**, 30: 339-352, 2006.

CECATO, U.; YANAKA, F. Y.; FILHO, M. R. T. de; SANTOS, G. T. dos; CANTO, M. W. do; ONORATO, W. M.; PETERNELLI, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). **Acta Scient.**, 22, 3:817-822, 2000.

CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R. de; SILVA, A. G. de. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross. **R. Bras. de Zoot.**, v.36, p.763-772, 2007.

COSTA, K. A.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, M. A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do Capim-marandu. **Ci. Anim. Bras.**, v. 10, n. 1, p. 115-123, jan./mar., 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EUCLIDES, V. P. B.; CARDOSO, E. G. C.; MACEDO, M. C. M; OLIVEIRA, M. P. Consumo Voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob Pastejo. **Rev. bras. Zoot.**, 29 (6): 2200-2208, 2000.

ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. A forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Cienc. Rural** [online]. vol.35, n.2, p.360-365, 2005.

FARIA, A. F. G. de; SANTOS, A. C. dos; SANTOS, T. M. dos; FILHO, F. B. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na Bacia do Rio Araguaia, estado do Tocantins. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:517-524, 2010.

FRAGA, V. S. & SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Sci. Soci. America J.**, v.68, p.215-224, 2004.

GALVÃO, S. R. da S.; SALCEDO, I. H.; SANTOS, A. C. dos. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na Microbacia do agreste em vaca brava (PB). **R. Bras. Ci. Solo**, 29:955-962, 2005.

GHIDIN, A. A.; MELO, V. F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. **R. Bras. Ci. Solo**, 30: 307-319, 2006.

GREGO, C. R.; COELHO, R. M.; VIEIRA, S. R. Critérios morfológicos e taxonômicos de Latossolo e Nitossolo validados por propriedades físicas mensuráveis analisadas em parte pela geoestatística. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:337-350, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal (2011)**. Rio de Janeiro, v. 39, p.1-63, 2011. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2011/ppm2011.pdf> Acessado em: ag. 2014.

IEIRI, A. Y.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com *Brachiaria*. **Ci. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1154-1160, set./out., 2010.

LIMA, A. G. de. **Caracterização de pastagens de *Brachiaria* sp. em relevo movimentado**. 2007, 44 p. il. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2007.

LIMA, A.G.; SALCEDO, I.H. & FRAGA, V.S. Composição botânica e cobertura do solo de pastagens de *Brachiaria*, em função da forma e posição no relevo. **In: Fertilidade do solo e produção de biomassa no Semi-árido**. Ed. universitária da UFPE, Recife, 2008. p.89-104.

LIN, W. Y.; HUANG, T. K.; LEONG, S. J.; CHIOU, T. J. Long-distance call from phosphate: systemic regulation of phosphate starvation responses. **J. Exp. Bot.**, Vol. 65, Nº. 7, p. 1817–1827, 2014.

LIRA, M. A.; FARIAS, I.; FERNANDES, A. P. M. Estabilidade de resposta do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) sob níveis crescentes de nitrogênio e fósforo. **Rev. Bras. Zoot.**, 29, 7:1151-1157, 1994.

MA, L.; VELTHOF, G. L.; WANG, F. H.; QIN, W.; ZHANG, W. F.; LIU, Z.; ZHANG, Y.; WEI, J.; LESSCHEN, J. P.; MA, W. Q.; OENEMA, O.; ZHANG, F. S. Nitrogen and phosphorus use efficiencies and losses in the food chain in China at regional scales in 1980 and 2005. **Sci. Total Environ.**, v. 434, p. 51–61, 2012.

MARANHÃO, C. M. DE A.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V.; COSTA, A. C. P. R.; MARTINS, G. C. F.; CARDOSO, E. O. Características produtivas do capim-braquiária submetido a intervalos de cortes e adubação nitrogenada durante três estações. **Maringá**, v. 32, n. 4, p. 375-384, 2010.

MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO JR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **R. Bras. Zoot.**, v.35, n.6, p.2243-2252, 2006.

MARTHA-JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L. Recuperação de ^{15}N -ureia no sistema solo-planta de pastagem de capim-tanzânia. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:95-101, 2009.

MONTANARI, R.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T.; Z. SOUZA, M. de. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.40, n.1, p.69-77, 2005.

MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W.; BLANCANEAUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, 37:869-878, 2002.

MORETTI, S. M. L.; IVANI, B. E.; ABREU-JUNIOR, C. H. Aplicação do método de mineralização de nitrogênio com lixiviação para solo tratado com lodo de esgoto e composto orgânico. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:622-631, 2013.

NADEEM, M.; MOLLIER, A.; MOREL, C.; SHAHID, M.; ASLAM, M.; ZIA-URREHMAN, M.; WAHID, M. A.; PELLERIN, S. Maize seedling phosphorus nutrition: Allocation of remobilized seed phosphorus reserves and external phosphorus uptake to seedling roots and shoots during early growth stages. **Plant Soil**, 371:327-338, 2013.

OLIVEIRA, D. A. de; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Valor nutritivo do capim-braquiária no primeiro ano de recuperação com aplicações de nitrogênio e enxofre. **R. Bras. Zoot.** [online], vol.39, n.4, pp. 716-726, 2010.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (^{15}N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.613-620, 2003.

OTT, C.; RECHBERGER, H. The European phosphorus balance. **Res., Conserv. Recyc.**, v. 60, p. 159-172, 2012.

PATÊS, N. M. da S.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P. de; OLIVEIRA, A. C.; FONCÊCA, M. P.; VELOSO, C. M. Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia

fertilizado com nitrogênio e fósforo. **R. Bras. Zoot.** [online]. vol.37, n.11, pp. 1935-1939, 2008.

PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; FONTANA, A.; DIAS-NETO, A. H.; MIRANDA, L. P. M. de. Caracterização e classificação de solos em uma topossequência sobre calcário na serra da Bodoquena, MS. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:25-36, 2013.

Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3. Ed. Revisada/ coordenado por Francisco José de Albuquerque Cavalcanti - Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco –IPA, 2008. 2012 p.il.

SANCHEZ, R. B.; MARQUES-JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M. de; PEREIRA, G. T.; MARTINS-FILHO, M. V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.1095-1103, 2009.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Mineralização e absorção por milho de nitrogênio do solo, de palha de milho (^{15}N) e de uréia (^{15}N). **R. Bras. Ci. do Solo** (Impresso), Brasília, v. 17, p. 423-429, 1993.

SANTOS, A. C. **Fertilidade do solo e redistribuição de ^{137}Cs em função da cobertura vegetal, relevo, e classes texturais, em uma microbacia hidrográfica do Estado da Paraíba.** 2004, 67p. Recife, Tese (doutorado) Universidade Federal de Pernambuco.

SANTOS, A.C.; SALCEDO, I. H. Relevo e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura vegetal na bacia hidrográfica da represa Vaca Brava, Areia, PB. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p.277-285, 2010.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **R. Bras. Cart.**, v.54, n.1, p.86-94, 2002.

SANTOS A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B.; GALVÃO, S. R. S. Influência do uso e da posição do perfil no relevo na fertilidade de solos em áreas de encosta. **Pes. Agrop. Trop.**, v. 39, n. 1, p. 31-37, jan./mar. 2009.

SANTOS, A. C. dos; SALCEDO, I. H.; GALVÃO, S. R. da S. Relações entre uso do solo, relevo e fertilidade do solo em escala de microbacia. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v.12, n.5, p.498–504, 2008.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v.14, n.2, p.115–123, 2010.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BALBINO, E. M.; MONNERAT, J. P. I. S.; SILVA, S. P. Caracterização dos perfis em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. **R. Bras. Zoot.**, v.38, n.4, p.643-649, 2009.

SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro Região do Brejo paraibano. **Ci. Rural**, v.40, n.12, dez, 2010.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; LUGÃO, S. M. B.; CRUZ, M. C. P.; CAMPOS, F. P.; FERREIRA, M. E.; OLIVEIRA, R. F. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **R. Bras. Zoot.**, v.37, n.1, p.27-34, 2008.

SAS. SAS/STAT 9.3. **User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute. Inc. 2011, 8621p.

SCHIAVO, J. A.; PEREIRA, M. G.; MIRANDA, L. P. M. de; NETO, A. H. D.; FONTANA, A. Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana-MS. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:881-889, 2010.

SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SOUZA, M. R. F.; SOUZA, M. A. S. Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio. **Ciênc. Agrotec.**, v. 35, n. 2, p. 242-249, mar./abr., 2011.

SILVA, J. M. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; CECÍLIO, R. A. Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em encostas e canais. Parte II: modelo computacional e análise de sensibilidade. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.704-712, set./dez. 2006.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Influência da cobertura vegetal nos processos hidrossedimentológicos no semiárido do Nordeste, Brasil. **Uni. Geogr.**, v1/2, n. 5, p. 113-125, 2009.

SNYDER, J. D. & TROFYMOW, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 15:587-597, 1984.

THOMAS, R. L.; SHEARRD, R. W.; MOYER, J. R. Comparison of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. **Agron. J.**, Madison, v.5, p.240-243, 1967.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.111-118, 2003.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF – Brasil). **É possível expandir a produção agrícola sem desmatar a Amazônia e o Cerrado**. Publicado em 15 julho de 2009. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informacoes/sala_de_imprensa/?20660/Biocombustveis---possvel-expandir-a-produo-sem-desmatar-a-Amazônia-e-o-Cerrado>. Acesso em: 30 out. de 2014.

XIAO-LIN, Y.; ZHU-BO; YI-LING, L. Spatial and Temporal Patterns of Soil Nitrogen Distribution under Different Land Uses in a Watershed in the Hilly Area of Purple Soil, China. **J. Mt. Sci.** 10 (3): p. 410–417, 2013.

YUAN, L.; BAO, D. J.; JIN, Y.; YANG, Y. H.; HUANG, J. G. Influence of fertilizers on nitrogen mineralization and utilization in the rhizosphere of wheat. **Plant Soil**, 343:187–193, 2011.

ZENG, H.; LIU, G.; KINOSHITA, T.; ZHANG, R.; ZHU, Y.; SHEN, Q.; XU, G. Stimulation of phosphorus uptake by ammonium nutrition involves plasma membrane H⁺ ATPase in rice roots. **Plant Soil**, 357:205–214, 2012.