

NERILDE FAVARETTO

**EFEITO DE ADUBAÇÕES E ESPÉCIES FORRAGEIRAS NA COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DA PLANTA E PALHADA E NA FERTILIDADE DO SOLO EM
ÁREA DEGRADADA PELA MINERAÇÃO DO XISTO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre.

CURITIBA
1996

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CIÊNCIA DO SOLO
"MESTRADO"

PARECER

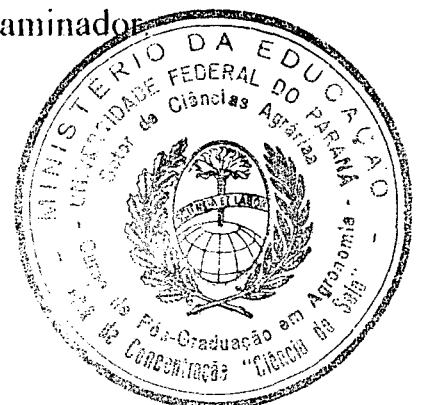
Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a argüição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **NERILDE FAVARETTO**, com o título: "**Efeito de adubações e espécies forrageiras na composição química da planta e palhada e na fertilidade do solo em área degradada pela mineração do xisto**", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação com média 9,6, conceito "**A**" completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba, 30 de agosto de 1996.


Prof. Dr. Anibal de Moraes, Presidente.


Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, Iº Examinador.


Profa. Dra. Beatriz Monte Serrat Prêvedello, IIº Examinador.



DEDICO

Aos meus pais, João e Lourdes.

Ao meu amigo e marido, Cícero.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Aníbal de Moraes, Professor Antônio Carlos Vargas Motta e Professora Beatriz Monte Serrat Prevedello, pela orientação, amizade, confiança e incentivo à pesquisa.

Ao Professor Carlos Bruno Reissmann, pelas sugestões no trabalho e pela importante participação na banca examinadora.

Ao Professor Paulo Justiniano Ribeiro Júnior, pelo competente auxílio na análise estatística dos dados.

À todos os professores do curso de pós-graduação, pela contribuição na minha formação profissional.

Aos funcionários do Setor de Ciências Agrárias, pelo auxílio prestado à realização dos trabalhos.

À João Motta, Samira, Juliano e Ana, pela ajuda no desenvolvimento deste projeto.

À todos os amigos do curso de pós-graduação que de alguma forma colaboraram neste trabalho, em especial aos colegas de turma, Etelvino, Paulo, Maurício, Selma e Nilvania pelo agradável convívio e amizade.

À toda minha família, pela harmoniosa convivência, compreensão, apoio e incentivo.

À Universidade Federal do Paraná - UFPR, em especial ao Departamento de Solos, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, pela colaboração.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida durante o curso.

À Petrobras-SIX, pelo apoio financeiro e material concedidos a este projeto.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram no decorrer deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1 <u>INTRODUÇÃO</u>	01
2 <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	03
2.1 DEGRADAÇÃO, MINERAÇÃO DO XISTO E RECUPERAÇÃO	03
2.2 FATORES QUE AFETAM AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO	05
2.3 FATORES QUE AFETAM A EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PLANTA	16
2.4 EFEITO DA PALHADA NA CONSERVAÇÃO DO SOLO	19
2.5 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS FORRAGEIRAS	20
3 <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	24
3.1 LOCALIZAÇÃO, DESCRIÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA	24
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	25
3.3 PREPARO DA ÁREA, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	26
3.4 AVALIAÇÕES EFETUADAS	29
3.4.1 PLANTA	29
3.4.1.1 Produção de matéria seca	29
3.4.1.2 Composição botânica.....	29
3.4.1.3 Análise química.....	30

3.4.2 SOLO	31
3.4.2.1 Análise química	31
3.4.3- PALHADA	32
3.4.3.1- Matéria seca residual	32
3.4.3.2 Cobertura do solo.....	32
3.4.3.3 Análise química.....	32
3.4.4 OUTRAS AVALIAÇÕES	33
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
4 <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	35
4.1 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DAS FORRAGEIRAS	35
4.2 EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PLANTA	42
4.2.1 MACRONUTRIENTES	42
4.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO	50
4.3.1 PARÂMETROS DE ACIDEZ	50
4.3.2 MACRONUTRIENTES	51
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA PALHADA	69
4.4.1 MATÉRIA SECA RESIDUAL E COBERTURA DO SOLO	69
4.4.2 CARBONO E NITROGÊNIO SOBRE O SOLO	71
5 <u>CONCLUSÕES</u>.....	73
6 <u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	75
ANEXOS	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

LISTA DE TABELAS

01 - RESUMO DAS ADUBAÇÕES E ESPÉCIES FORRAGEIRAS DO EXPERIMENTO EM SÃO MATEUS DO SUL - PR	26
02 - QUANTIDADE DE FERTILIZANTE MINERAL E ORGÂNICO (kg ha ⁻¹) APLICADO NO PLANTIO DAS CULTURAS FORRAGEIRAS DE INVERNO E VERÃO	28
03 - DATA DOS CORTES DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS DURANTE O PERÍODO DE MAIO/94 A MAIO/95	28
04 - VALORES MÉDIOS DE pH CaCl ₂ , Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, C ORGÂNICO E CTC A pH 7 DO SOLO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES NAS DUAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM ENVOLVENDO TRATAMENTOS COM FORRAGEIRAS E ADUBAÇÕES.....	52
05 - PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA TOTAL, MATÉRIA SECA RESIDUAL E COBERTURA DO SOLO NO EXPERIMENTO COM ADUBAÇÕES E ESPÉCIES FORRAGEIRAS. PERÍODO MAIO/94 MAIO/95	69
06 - QUANTIDADE DE C E N SOBRE O SOLO E TEOR DE C ORGÂNICO E N TOTAL DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm NO EXPERIMENTO COM ADUBAÇÕES E ESPÉCIES FORRAGEIRAS	71

LISTA DE FIGURAS

01 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA TOTAL E PARCIAL. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95	36
02 - EFEITO DAS FORRAGEIRAS NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA TOTAL E PARCIAL. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95	37
03 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NA EXTRAÇÃO DE K PELA PLANTA. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95	43
04 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NA EXTRAÇÃO DE Ca PELA PLANTA. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95	45
05 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES NA EXTRAÇÃO DE Mg E P E NA INCORPORAÇÃO DE C PELA PLANTA. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95 ..	46
06 - EFEITO DAS FORRAGEIRAS NA EXTRAÇÃO DE Mg E INCORPORAÇÃO DE C PELA PLANTA - PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95	47
07 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NA EXTRAÇÃO DE N PELA PLANTA. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95	49
08 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO K DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95	56
09 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO K DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 3-9 cm. COLETA MAIO/95	57
10 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO Ca DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95	58
11 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES NO Mg E P DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95	59
12 - EFEITO DAS FORRAGEIRAS NO Mg DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95	61
13 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO C ORGÂNICO DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95	63
14 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO N TOTAL DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95	66
15 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES NO N TOTAL, C ORGÂNICO E CTC pH 7 DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 3-9 cm. COLETA MAIO/95	67

16 - EFEITO DAS FORRAGEIRAS NO C ORGÂNICO E RELAÇÃO C/N DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 3-9 cm. COLETA MAIO/95	67
17 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NA CTC pH 7 DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95	68

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a fertilidade do solo e a composição química da planta e palhada em área degradada pela mineração do xisto após a revegetação com espécies forrageiras submetidas a diferentes adubações. O experimento foi conduzido durante 12 meses no município de São Mateus do Sul-PR na Petrobrás-SIX em área reconstituída após a mineração do xisto. O delineamento foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas envolvendo 3 parcelas referentes às adubações e 3 subparcelas com as forrageiras, totalizando 36 unidades experimentais. As adubações utilizadas foram: I- Adubação mineral com permanência da parte aérea; II- Adubação mineral e orgânica com exportação da parte aérea; III- Adubação mineral com exportação da parte aérea. As forrageiras constituíram diferentes sistemas com gramíneas e leguminosas perenes e anuais de inverno e verão da seguinte forma: Sistema I- pensacola, trevo branco, trevo vermelho e cornichão; Sistema II- hemartria, trevo branco, trevo vermelho e cornichão; Sistema III- azevém, ervilhaca e trevo vesiculoso no inverno; sorgo forrageiro e crotalária no verão. Foram aplicados 44 kg ha⁻¹ de N, 160 de P₂O₅, 150 de K₂O (adubação mineral) e 13.160 kg ha⁻¹ de esterco bovino (adubação orgânica). Efetuou-se também adubação de cobertura (80 kg ha⁻¹ de N) e calagem (1.248 kg ha⁻¹ de calcário com 100% de PRNT). As avaliações realizadas envolvendo características da planta foram peso da matéria seca, composição botânica, cobertura do solo e concentração e extração dos nutrientes P, K, Ca, Mg, C e N. As características químicas do solo foram determinadas nas profundidades de 0-3 e de 3-9 cm quanto ao pH CaCl₂, Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, C e N. A partir da coleta da palhada determinou-se o peso da matéria seca residual, a concentração de C e N e a quantidade destes elementos sobre o solo. Concluiu-se para o período de estudo que as maiores produções de matéria seca total ocorreram nos tratamentos com adubação orgânica e com permanência da parte aérea e nas forrageiras do sistema II e III. A extração dos nutrientes, de maneira geral, foi superior nos tratamentos com maior produção de matéria seca. Os tratamentos propiciaram alterações nas propriedades químicas do solo entre a coleta inicial e final do experimento principalmente na camada de 0-3 cm, no entanto, não constatou-se diferenças entre os tratamentos no pH CaCl₂, Al e H+Al do solo em ambas as profundidades e nos teores de P, Ca e Mg do solo na camada de 3-9 cm. A adubação orgânica propiciou maiores teores de P, Ca, Mg, C orgânico, N total e CTC pH 7 do solo e a permanência da parte aérea apresentou melhores resultados em relação à adubação orgânica no teor de K do solo. Considerando o teor de matéria orgânica como o principal fator no processo de recuperação, verificou-se que as espécies perenes (sistema I e II) foram mais adequadas. As porcentagens médias de cobertura do solo em todos os sistemas e adubações foram adequadas e a quantidade de C e N sobre o solo teve menor efeito que a adubação orgânica em relação aos teores de C orgânico e N total do solo na profundidade de 0-3 cm.

ABSTRACT

This work was carried out with the objective of to determine the behaviour of nutrients in plant, soil and straw mulch on degraded area by oil shale mining after revegetation with forage species submitted to different fertilizations. The experimental design was a completely randomized blocks with split plot being 3 plots concerning fertilizations and 3 subplots with forage species, and a total of 36 experimental units. The fertilizations used were: I- Chemical fertilizer with aerial part left over, II- Chemical and organic fertilizer with aerial part excluded, III- Chemical fertilizer with aerial part excluded. The forages established different systems with perennial and annual grasses and legumes species and winter and summer annual species by different forms: System I- bahiagrass, white clover, red clover and birdsfoot trefoil; System II- limpograss, white clover, red clover and birdsfoot trefoil; System III- annual ryegrass, common vetch and clover in winter, sorghum and crotalaria in summer. The fertilizer amounts used were 44 kg ha⁻¹ of N, 160 of P₂O₅, 150 of K₂O (chemical fertilization) and 13.160 kg ha⁻¹ of cattle manure (organic fertilization). The cover fertilization was made with 80 kg ha⁻¹ of N and liming (3.000 kg ha⁻¹ of lime). The evaluations realized with the plant characteristics were weight of dry matter, botanic composition, covered soil and concentrations and extraction of P, K, Ca, Mg, C e N nutrients. The soil chemical properties were determined in the 0-3 and 3-9 cm depths for pH CaCl₂, Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, organic C and total N. The straw mulch samples were used to determine the weight of residual dry matter, the C and N concentrations and the amount of these nutrients. During the time of studies, we concluded that the greater productions of total dry matter occurred in organic fertilization treatments with aerial part left over and with forages systems II and III. The nutrients extraction, in general, was greater in treatment with the highest production of dry matter. The treatment changed the chemical properties of the soil between the beginning and the end of the experiment mainly in 0-3 cm depth, however, no differences between the treatments in pH CaCl₂, Al and H+Al of soil in both depths and in P, Ca and Mg soil content in the 3-9 cm depth. The organic fertilization gave greater content of P, Ca, Mg, organic C, total N and pH 7 CEC of the soil. The aerial part left over showed better results than the organic fertilization in K content of the soil. Considering that the content of organic matter is the main factor on reclamation process, the perennial species was better appropriated. The average percentage of soil covered in all systems and fertilizations were appropriated and C and N amounts above the soil had less effect than the organic fertilization in relation of organic C and total N content of soil in the 0-3 cm depth.

1 INTRODUÇÃO

A extração de riquezas minerais de nossos solos tem se caracterizado como uma problemática nas últimas décadas. O aumento populacional aliado ao avanço industrial e tecnológico tem acelerado os impasses entre as necessidades de matéria prima e a conservação do meio ambiente onde encontram-se os recursos renováveis e não renováveis (POPP, 1992). A legislação que obriga a recuperação do meio ambiente degradado pela exploração de minérios foi aprovada em 1988 na Constituição Brasileira (GRIFFITH, 1992). No setor mineral, muitas empresas estão adotando programas ambientais, no entanto, nem todas encontram-se no mesmo estágio de desenvolvimento

A Petrobrás, através da Superintendência de Industrialização do Xisto (SIX), vem desenvolvendo tecnologia para produção de óleo, gás e enxofre a partir do xisto (folhelho pirobetuminoso). A exploração deste minério consiste na remoção da camada vegetal e do solo para submeter a rocha ao processo de retortagem resultando numa intensa alteração do ambiente. Metodologias de reabilitação de áreas mineradas têm sido desenvolvidas pela empresa através do programa de preservação ambiental a fim de implantar futuramente sistemas de produção que possibilitem a reutilização das áreas mineradas (TERABE, 1992; BOLLMANN & PORTO ALEGRE, 1992).

Após o processo de mineração, o restabelecimento da vegetação necessita de um planejamento adequado, devendo considerar as potencialidades locais, o uso futuro da terra, seleção de espécies e cultivares bem como a composição mista e métodos de revegetação. As culturas forrageiras, gramíneas e leguminosas, em função de suas características, tem sido utilizadas em programas de reabilitação de áreas degradadas.

A recuperação física, química e biológica do solo em áreas mineradas é imprescindível para o restabelecimento de sistemas produtivos. Neste sentido, o presente trabalho, parte do convênio UFPR-PETROBRÁS-SIX, teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes adubações (mineral e orgânica com e sem exportação da parte aérea) e de espécies forrageiras (gramíneas e leguminosas perenes e anuais de inverno e verão) na produção de matéria seca e extração de nutrientes pela planta, na caracterização da palhada e na fertilidade do solo em área degradada pela mineração do xisto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEGRADAÇÃO, MINERAÇÃO DO XISTO E RECUPERAÇÃO

A degradação do solo é definida pela FAO (1977) como sendo o resultado de um ou mais processos que diminuem a capacidade atual e/ou potencial do solo de produzir bens ou serviços. Segundo MASCHIO et al. (1992), todas as formas de exploração do meio ambiente implicam em desgaste parcial ou total, reversível ou irreversível, de ecossistemas locais.

As causas da degradação dos solos apesar de distintas, ocorrem devido a processos econômicos desencadeados pela mineração, agricultura, pecuária e outros. A mobilização excessiva, a deficiência na cobertura da superfície, a fertilidade reduzida, a compactação e a redução dos teores de matéria orgânica nestes solos são algumas das causas comuns a estas atividades (LUCCHESI, 1988).

Conforme MASCHIO et al. (1992), entre as pesquisas desenvolvidas no Brasil com áreas degradadas, 29% referem-se à mineração, 21% à agricultura e o restante às demais atividades degradantes como urbanização, barragens e outros. Porém, segundo POPP (1992), o volume de material movimentado pelas obras civis de engenharia e agricultura é de 6 a 100 vezes maior que a mineração, respectivamente.

A exploração do xisto (folhelho pirobetuminoso) a céu aberto e sua consequente industrialização forma um ambiente impróprio para o desenvolvimento da fauna e flora (BOLLMANN & PORTO ALEGRE, 1992). Na mineração desta rocha, a lavra é efetuada pelo método de tiras, o material estéril é removido por escavadeira sendo depositado na cava da tira anterior e o xisto submetido ao processo de retortagem no qual são obtidos os subprodutos industrializáveis. Na recomposição da topografia, todo o xisto retortado é depositado nas

cavas da mina obedecendo critérios de disposição a fim de garantir a qualidade da água e da revegetação. O restabelecimento do perfil do solo é efetuado pela disposição de uma camada de 1,20 m de argila do capeamento seguida de 0,50 m de solo orgânico, ambos provenientes da frente da lavra (TERABE, 1992). Este perfil reconstituído porém, perde suas qualidades físicas, químicas e biológicas, apresentando baixa fertilidade e, em alguns casos inclusive, excesso de metais pesados (ANJOS, 1993), o que torna sua recuperação imprescindível.

Os termos recuperar, restaurar e reabilitar são considerados sinônimos, no entanto, IBAMA (1990) citado por MASCHIO et al. (1992) define-os individualmente como segue. Recuperar significa retornar a área degradada às suas formas e utilizar um plano definido para o uso do solo. Reabilitar significa fazer com que a área retorne a um estado biológico apropriado, condicional ou auto sustentável. Restaurar significa fazer com que a área degradada retorne ao seu estado original. Dos termos referidos, recuperação é o mais utilizado, inclusive pela própria Constituição Brasileira de 1988, embora algumas definições mais adequadas estão sendo discutidas e elaboradas. Neste trabalho utilizaremos o termo recuperação.

As recomendações para recuperação de solos degradados variam de acordo com cada situação. Em áreas degradadas pela mineração, a primeira preocupação é promover o recobrimento vegetal, no entanto, aspectos ecológicos como biodiversidade e sustentabilidade dos plantios devem ser considerados. A caracterização físico-química do substrato visando sua correção e melhor orientação na seleção de espécies para revegetação é fundamental para a obtenção de resultados positivos e duradouros (GRIFFITH et al., 1994).

Áreas mineradas ou que sofreram outro processo de exploração onde as camadas superiores e inferiores do solo foram revolvidas, misturadas e compactadas, são normalmente difíceis de serem vegetadas em função da fertilidade inadequada, excesso de acidez,

alcalinidade ou salinidade, erosão e outros, sendo necessário efetuar algumas técnicas incluindo subsolagem, calagem, fertilização química e orgânica bem como utilização de mulching (TROEH et al., 1980).

AWASTHI et al. (1991) fizeram um levantamento da composição botânica natural em áreas já mineradas e encontraram, tanto no verão como no inverno e em todas as situações topográficas, o domínio de espécies da família gramíneas seguidas pelas compositae. De acordo com ANDRADE (1991) as espécies da família gramíneas destacam-se em projetos de reabilitação de áreas de minas pela rapidez de crescimento, apresentando alta eficiência no controle à erosão.

As espécies forrageiras, gramíneas e leguminosas, além de serem fundamentais à nutrição dos animais, se constituem em recursos essenciais ao melhoramento e conservação dos solos agrícolas (MORAES, 1993), protegendo o solo contra a erosão e recuperando os solos já degradados (VICENZI, 1985). Segundo SILCOCK (1991), as espécies forrageiras para programas de reabilitação de áreas mineradas precisam ser bastante estoloníferas, produzir grande volume radicular, serem tolerantes à salinidade e, de preferência, apresentar alta produtividade. O rápido estabelecimento da vegetação é necessário para proteger o perfil reconstituído (RIES & DePUIT, 1984).

2.2 FATORES QUE AFETAM AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

2.2.1 ESPÉCIE VEGETAL

A planta, através da reciclagem de nutrientes, exsudação das raízes, fixação de N, micorrização e outros, altera as propriedades químicas do solo. Em geral, as espécies

gramíneas apresentam uma maior produção de matéria seca e alta relação C/N quando comparadas com espécies leguminosas, caracterizando o efeito das gramíneas principalmente na melhoria da estrutura física, enquanto as leguminosas afetam basicamente as propriedades químicas (MEDEIROS, 1984). As leguminosas, além da fixação simbiótica, contribuem na reciclagem de nutrientes trazendo às camadas superficiais do solo alguns nutrientes os quais poderiam ser perdidos por lixiviação. O sistema radicular profundo destas espécies contribui neste processo (MONEGAT, 1991).

Os sistemas forrageiros, além de fornecer alimentos aos animais contribuem na renovação da matéria orgânica, previnem a erosão, melhoram a cobertura e restauram a fertilidade do solo. É muito comum em países desenvolvidos, quando os produtores não dispõem de recursos para aplicação de fertilizantes, deixar parte da área com pastagens durante 2 a 3 anos para restaurar a fertilidade do solo (FAGERIA et al., 1991).

A cobertura permanente formada sobre a superfície do solo em sistemas forrageiros traz uma série de benefícios principalmente devido ao acúmulo de matéria orgânica (MORAES, 1993). O papel das raízes como produtoras de húmus é enfatizado por VICENZI (1985). A matéria orgânica, segundo STEVENSON (1982), adiciona ao solo N, P, S, e alguns micronutrientes de forma direta através da mineralização, porém pode alterar a disponibilidade de forma indireta através de adsorções, quelações, formação de cargas, fonte de energia e outros. MEDEIROS (1984) afirma que o efeito mais evidente da pastagem sobre a fertilidade do solo é o conteúdo residual de N referente à fixação biológica ou acúmulo de matéria orgânica e que a utilização de misturas forrageiras é essencial em sistemas de produção, recomendando no mínimo uma espécie leguminosa e uma gramínea. A presença de leguminosa, segundo o mesmo autor, além de contribuir na qualidade da pastagem, aumenta os níveis de N no sistema solo-planta.

MEDEIROS et al. (1987) avaliaram diferentes sucessões de culturas em solo com características físicas degradadas e verificaram que a sucessão milheto/aveia+trevo/milho foi a melhor entre várias, destacando-se como mais eficiente no suprimento de N. Espécies para cobertura do solo e manejo do material vegetal foram avaliadas por DE-POLLI & CHADA (1989), sendo que as leguminosas, incorporadas ou não, propiciaram maiores produtividades que a adubação mineral com nitrogênio, embora estas tenham apresentado melhores médias com incorporação. Evidenciou-se neste experimento a substituição de 80 a 100 kg ha⁻¹ de N através da prática da adubação verde, mostrando que as leguminosas constituem-se uma fonte de N eficiente para a nutrição da planta. LOURENÇO et al. (1993) observaram que a incorporação dos restos vegetais de forrageiras leguminosas proporcionou rendimentos semelhantes à da área adubada com 20, 70 e 40 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente.

TESTA et al. (1992) utilizaram diferentes sucessões de culturas em solos com características de degradação física durante 6 anos com o objetivo de avaliar os efeitos nas propriedades químicas do solo em diferentes profundidades. Os autores verificaram que o maior efeito das culturas sobre os teores de C orgânico e CTC pH 7 ocorreu na camada de 0-2,5 cm onde observou-se uma diferença de 2,01% e 6,5 cmol_c kg⁻¹, respectivamente, entre o tratamento com solo descoberto e o sistema milho+guandu, o qual foi superior às demais sucessões. Os resultados indicaram que, com o passar dos anos, o efeito atingiu camadas mais profundas do solo e que a produção de biomassa está correlacionada positivamente com os teores de C orgânico do solo em cultivo sem revolvimento. As sucessões de culturas afetaram também os teores de K, Ca e Mg do solo, na mesma proporção da produção de biomassa, mostrando às diferentes capacidades das culturas em reciclar os cátions, especialmente as leguminosas. A contribuição de algumas leguminosas utilizadas na alimentação animal sobre a porcentagem de matéria orgânica do solo foi estudada por LOURENÇO et al. (1993). Estes

autores observaram um aumento na matéria orgânica de 2,1 a 2,8%, dependendo das espécies, após 5 anos de cultivo.

LUCCHESI (1988) após 1 ano de experimentação, não verificou o efeito das forrageiras nos teores de P, K, Ca, Mg, C orgânico e pH CaCl₂ do solo na camada de 0-15 cm em área degradada pela mineração do xisto, provavelmente devido a falta da estratificação do solo na profundidade de amostragem e ao curto período de avaliação. MELO (1994), também não observou efeito das forrageiras nos teores de P, K e C orgânico na profundidade de 0-5 cm após 1 ano de experimentação em área degradada. No entanto, o autor observou que os teores de Ca, Mg e C orgânico na profundidade de 5-15 cm foram influenciados pelas espécies.

A rapidez no estabelecimento, o volume de produção de biomassa aérea e radicular e a velocidade na decomposição constituem-se nas características mais importantes das plantas de cobertura (MONEGAT, 1991). Segundo o mesmo autor, o uso de plantas de cobertura, seja incorporada ou utilizadas como mulch, não deve substituir completamente a adubação mineral pois além da baixa concentração de nutrientes, estes apenas retornam ao solo o que extraíram dele, exceção ao N nas leguminosas.

2.2.2 ADUBAÇÃO MINERAL

O solo tem, como importante atributo químico e biológico, o suprimento de nutrientes, porém, sua capacidade é finita e pode ser suprimida pelo manejo inadequado. A extensão no qual este atributo é afetado define a extensão da degradação química (LOGAN, 1990).

O suprimento adequado de nutrientes para as culturas é um dos mais importantes fatores no aumento da produtividade (FAGERIA et al., 1991). Os fertilizantes são utilizados essencialmente para que a fertilidade do solo não seja um fator limitante na produção das

culturas (TISDALE et al., 1993). A prática de adubações é fundamental e encontra-se entre as técnicas usadas para desenvolver bons trabalhos de recuperação em áreas mineradas (GRIFFITH, 1992; THOEH et al., 1980).

O efeito da adubação mineral (NPK) sobre as características químicas do solo em área degradada foi avaliado por MELO (1994). Após 1 ano de experimentação, o autor verificou que os teores de P e K foram influenciados pela adubação observando um acréscimo ascendente com os níveis de fertilização. Com relação ao teor de P, observou-se também uma evolução no tempo. Os teores de C orgânico no entanto, não foram afetados pelos tratamentos.

Fertilizantes nitrogenados são freqüentemente aplicados para manter a produção de pastos, mas o uso contínuo de adubos contendo amônio pode induzir à acidificação do solo. Fertilizações contínuas em pastagens durante 40 anos com P e N resultaram em mudanças significativas nas características químicas do solo. O pH foi afetado pela taxa de N aplicado, principalmente quando excedeu 67 kg ha^{-1} por ano de sulfato de amônio. O P extraível apresentou teores elevados principalmente na camada superficial (até 10 cm), no entanto, acréscimos foram observados também nas demais profundidades (até 60 cm). O aumento do teor de P em profundidade é resultante de aplicações freqüentes de adubos fosfatados por longo prazo. O teor de matéria orgânica do solo não foi afetado pela adubação fosfatada, mas aumentou com o níveis de N e diminuiu com a profundidade de amostragem (SCHWAB et al., 1990). Os teores de C orgânico e N total do solo também aumentaram com as fertilizações nitrogenadas no trabalho desenvolvido por HAVLIN et al. (1990)

Manejos conservacionistas do solo, quando comparados ao preparo convencional, apresentam características físicas químicas e biológicas distintas através do seu perfil. A distribuição de nutrientes no perfil é determinada essencialmente pelo modo de aplicação dos

adubos e grau de mistura com o solo. Preparos com menor mobilização do solo favorecem o acúmulo de nutrientes na camada superficial de até 5 cm de profundidade (MULLINS, 1995).

KLEPKER & ANGHINONI (1995), após 2 anos de ensaio, não verificaram acúmulo nos teores de Ca e Mg na superfície do solo no tratamento sem preparo do solo em relação ao convencional porém, observaram em ambos uma diminuição na concentração destes nutrientes com a profundidade. Com relação ao teor de K, os autores encontraram maior acúmulo nas camadas superficiais do solo no plantio direto, no entanto, apesar das diferenças observadas entre os preparos, a distribuição de K no perfil apresentou um padrão independente do grau de mistura do fertilizante no solo. Altas concentrações foram observadas na camada superficial do solo com diminuição gradativa em profundidade, sendo a configuração semelhante à distribuição de raízes, o que segundo os autores, pode ser atribuído à lavagem do K a partir da parte aérea pela chuva e/ou exsudação pelas raízes. SIDIRAS & PAVAN (1985), após 4 anos consecutivos de cultivo, verificaram que os teores de N total, C orgânico, Ca, Mg, K e P foram superiores no plantio direto em relação ao convencional, porém, independentemente do preparo, observou-se uma diminuição gradativa ao longo do perfil. SANTOS et al. (1995) não verificaram diferenças entre os manejos do solo com relação ao pH CaCl₂, teores de Ca+Mg e K em todas as profundidades amostradas, já os teores de P e C orgânico foram superiores no plantio direto na profundidade de 0-5 cm. Em todos os nutrientes analisados, observou-se também um gradiente entre a camada superficial e as mais profundas, independente do sistema de cultivo.

2.2.3 ADUBAÇÃO ORGÂNICA

A adubação orgânica, embora com limitações de disponibilidade de material, apresenta inúmeras vantagens sobre as outras opções já que permite melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (HOLANDA et al., 1984). O papel deste tipo de adubação como restauradora do balanço nutricional do solo na agricultura moderna é marginal, no entanto, os nutrientes adicionados com os resíduos orgânicos são liberados gradualmente ao solo através da mineralização, tornando-se uma grande vantagem sobre os fertilizantes minerais devido às menores perdas por lixiviação, volatilização ou fixação (AVNIMELECH, 1986).

A aplicação de adubo orgânico aos substratos de mineração é fundamental no processo de recuperação pois cria condições favoráveis para o desenvolvimento das plantas e dos macro e microorganismos neste ambiente. A fauna do solo tem um papel importante na decomposição, reciclagem de nutrientes, estrutura do solo e sucessão de plantas. Práticas como adição de matéria orgânica, redução da acidez e cultivo reduzido favorecem a recolonização em solos degradados. Em certos casos, os elementos da fauna do solo podem ser indicadores de poluição ou reabilitação pois integram informações de vários aspectos da estrutura do ecossistema (CURRY & GOOD, 1992).

LUCCHESI (1988) estudou o efeito da adubação orgânica na recuperação do solo em área degradada pela mineração do xisto e verificou, após 1 ano de experimentação, que as adubações não alteraram os teores de P, K, Ca, Mg e o pH CaCl_2 do solo na profundidade de 0-15 cm, provavelmente devido a ausência de estratificação na amostragem do solo e ao curto período de avaliação. No entanto, os teores de C orgânico foram maiores sob adubação mineral + orgânica destacando-se a utilização de esterco bovino na dosagem de 7.500 kg ha^{-1} de matéria seca. Nesta mesma área experimental MOTTA NETO (1995) observou que os

teores de Ca, Mg e K mantiveram-se constantes na camada superficial no tratamento com adubação mineral + esterco bovino (40.000 kg ha⁻¹ de matéria seca), enquanto que no tratamento com adubação mineral exclusiva os teores diminuíram. A adubação orgânica aumentou o teor de P nas duas profundidades (0-3 e 3-9 cm), porém não alterou o teor de C orgânico.

Os teores de P, K, Ca e Mg no solo bem como pH CaCl₂ aumentaram linearmente com as dosagens de esterco de curral, as quais variaram de 0 a 56.000 kg ha⁻¹ de matéria seca (HOLANDA et al., 1984). Os autores concluíram que aplicações com baixas dosagens são mais racionais e eficientes do que altas dosagens em intervalos longos.

O conhecimento da disponibilidade de N dos adubos orgânicos é importante para manter uma boa produtividade com mínimo impacto ambiental. PAUL & BEAUCHAMP (1994) verificaram que a absorção de N pelas plantas de milho cultivadas em casa de vegetação em solo adubado com esterco bovino fresco, esterco bovino composto e sulfato de amônio foi de 2%, 8% e 36% respectivamente, durante um período de 8 semanas.

2.2.4 RESÍDUO VEGETAL

A cobertura morta do solo é um fator muito importante no processo de recuperação pois, além de diminuir as perdas de solo, melhora a fertilidade e contribui na reciclagem de nutrientes. TISDALL (1992) discute a influência dos resíduos vegetais no teor de matéria orgânica, nutrientes, biologia e estrutura do solo, sugerindo que as baixas produtividades ocorrem devido aos sistemas tradicionais de cultivo e a queima da palhada, reduzindo assim o teor de matéria orgânica e atividade biológica no solo. Em decorrência da importância da matéria orgânica nas reações físico-químicas dos solos, as práticas conservacionistas que

envolvem o seu manejo, quer através do retorno dos resíduos das plantas ou das aplicações de material vegetal que formam uma camada natural sobre a superfície do solo, proporciona melhores níveis de fertilidade (SIDIRAS & PAVAN, 1985). O aumento da fertilidade após adição de resíduo vegetal do milho ocorreu, conforme GEIGER et al. (1992), devido ao efeito da reciclagem de nutrientes através da decomposição biológica e proteção da camada superficial do solo cuja fertilidade é maior. Os efeitos da reciclagem pelos resíduos de plantas, durante períodos prolongados, foram investigados por BHAT et al. (1991) os quais verificaram que a incorporação dos resíduos de arroz e trigo cultivados em rotação durante 7 anos aumentou o conteúdo de matéria orgânica e os teores de N total, P e K extraível do solo.

LAL et al. (1980) verificaram que a fertilidade química do solo reduziu com o tempo de cultivo após a remoção da floresta, entretanto as taxas de degradação foram menores com o aumento da taxa de resíduo vegetal aplicado, que variou de 0 a 24.000 kg ha⁻¹ por ano distribuídos em duas épocas. BAYER (1992) observou que o teor de C orgânico do solo aproximou-se à situação original (campo nativo) após 5 anos de experimentação quando associou-se sistemas de rotação de culturas que promoveram altas adições de material orgânico ao solo e métodos de preparo em que o revolvimento foi reduzido. Esta interação dos sistemas de culturas e métodos de preparo é muito importante na recuperação de solos degradados.

SIDIRAS & PAVAN (1985) observaram maiores teores de N total, C orgânico, Ca, Mg, P e K no sistema de vegetação permanente, mostrando a capacidade das plantas em reciclar os nutrientes e a importância dos resíduos vegetais deixados sobre a superfície do solo. CHRISTENSEN et al. (1994) observaram, após 5 anos de experimentação, que o N total e o C orgânico foram 40 e 617 mg kg⁻¹, respectivamente, superior no plantio direto comparado ao

cultivo mínimo, mostrando que a incorporação não intensiva dos resíduos também altera os teores de N total e C orgânico do solo após determinado período.

O manejo adequado da fração orgânica do solo compreende a utilização de métodos de preparo com pequeno ou nenhum revolvimento do solo e também sistemas de culturas com elevada adição de resíduos. Os resultados após 9 anos de experimentação mostraram que o aumento dos teores de C orgânico e N total no solo ocorreu somente com a utilização de sistemas de cultivo que não promoveram o revolvimento do solo, sendo este incremento superior com a associação de sistemas de culturas com maior produção de resíduos culturais (BAYER et al., 1995). O método sem preparo no sistema aveia+trevo/milho+caupi apresentou na camada de 0-2,5 cm do solo um teor de C orgânico e N total superior ao preparo convencional em 44 e 80%, respectivamente (BAYER, 1992).

A sequência das culturas pode afetar quantitativamente e qualitativamente a produção de resíduos e raízes, alterando o ciclo mineralização-imobilização e, conseqüentemente, o teor de matéria orgânica no solo (FRANZLUEBBERS et al., 1995). O uso de diferentes sucessões e consorciações de culturas alterou a quantidade de C sobre o solo. De modo geral, TESTA et al. (1992) verificaram maiores quantidades de C nos resíduos sobre o solo dos sistemas que incluíram espécies leguminosas, provavelmente devido a capacidade em fixar N atmosférico, resultando em maior produção de biomassa. Os mesmos autores observaram que as maiores adições de C na superfície do solo se refletem em maiores teores de C orgânico no perfil do solo, no entanto, estes ficam mais restritos à camada superficial (0-2,5 cm). A alta correlação entre quantidade de C nos resíduos e o seu teor no solo indica que a capacidade dos sistemas em produzir fitomassa explica grande parte das variações dos teores de C orgânico encontrados no solo. Na equação de regressão entre C do resíduo e C do solo, desenvolvida por TESTA et al. (1992), observa-se que a adição de 4.800 kg ha⁻¹ de C corresponde a

elevação de 1 (uma) unidade percentual no teor de C do solo na camada de 0-2,5 cm, ou seja, 52% do C adicionado é convertido em C orgânico. Entretanto, o valor pode ter sido superestimado, pois não considerou-se a adição pelas raízes e provavelmente, a quantidade de C adicionado pela parte aérea tenha sido maior que a encontrada na amostragem. HAVLIN et al. (1990) verificou que a manutenção de resíduos culturais sobre a superfície resultou em acréscimos nos teores de C e N somente na profundidade de 0-2,5 cm. Os sistemas com maior produção de resíduo mostraram os melhores teores evidenciando a relação positiva entre estes dois fatores. FRANZLUEBBERS et al. (1995) observaram que na profundidade de 0-5 cm o C orgânico foi 32% superior no sistema de rotação comparado ao monocultivo, talvez devido à maior entrada de C via resíduo e raízes das culturas em rotação e o menor tempo de pousio. Nesta profundidade, o C orgânico foi 49% superior no plantio direto quando comparado ao preparo convencional.

As variações na concentração de N nos diferentes estágios de desenvolvimento resultaram na maior relação C/N em plantas de trevo na fase de maturação fisiológica, conseqüentemente o material vegetal neste estágio de desenvolvimento fornecerá uma menor liberação de N comparado com materiais em crescimento vegetativo. Após 8 semanas de decomposição, menos de 30% do N permaneceu no material colhido na fase vegetativa e mais de 41% no estágio de maturação fisiológica, enquanto que na 16ª semana o N remanescente foi de 17 e 28%, respectivamente. Em todos os estágios vegetativos, aproximadamente 50% da quantidade de matéria seca foi decomposta na 1ª semana (RANELLS & WAGGER, 1992).

LAL et al. (1980) verificaram que a taxa de decomposição da palha de arroz foi maior nos tratamentos com menor quantidade de mulch e que os resíduos de leguminosas são normalmente mais rapidamente decompostos que os cereais. No entanto, STINNER et al. (1983) observaram que apesar de maiores quantidades de resíduos terem sido mantidas na

superfície no plantio direto comparado ao sistema de vegetação espontânea, ambos mostraram um padrão semelhante de decomposição no fator tempo.

2.3 FATORES QUE AFETAM A EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PLANTA

A absorção de nutrientes depende da concentração do íon na superfície radicular, da capacidade de absorção pelas raízes e da demanda da planta. Após a absorção pelas raízes, os nutrientes precisam ser transportados para vários órgãos da planta para utilização em diferentes processos metabólicos. Desta forma, a absorção de nutrientes pela planta envolve uma série de processos interligados assim como liberação do nutriente da fase sólida para a solução do solo, transporte até as raízes para absorção, translocação e utilização pelas plantas (FAGERIA et al., 1991).

A concentração de nutrientes em plantas, expressa com base na matéria seca, é afetada por vários fatores, incluindo espécies e cultivar, idade e órgão da planta, interação com outros nutrientes e fatores ambientais como precipitação, temperatura e luminosidade (FAGERIA et al., 1991). Conforme MALAVOLTA et al. (1989), quanto maior a disponibilidade de nutrientes no solo, maior será a absorção pela planta, sendo que o fornecimento crescente de nutrientes pelo solo deve aumentar a concentração no tecido vegetal.

Em plantas superiores de um modo geral, segundo MENGEL & KIRKBY (1987), as concentrações de N e K são aproximadamente 10 vezes maiores que P e Mg e estes por sua vez, aproximadamente 100 a 1000 vezes maiores que os micronutrientes. A maior concentração de Ca pelas dicotiledôneas deve-se provavelmente à maior capacidade de troca de cátions (CTC) da raiz em relação às espécies monocotiledôneas. Segundo FAGERIA et al. (1991), as raízes das leguminosas normalmente tem uma CTC aproximadamente duas vezes

maior que as gramíneas e isto pode caracterizar vantagens e desvantagens na absorção de íons. A diferença no sistema radicular também contribui na competição por nutrientes. As raízes das gramíneas tem maior pilosidade e apresentam uma superfície específica de 3 a 8 vezes maior que as leguminosas, sendo concentradas principalmente nas camadas superficiais, enquanto que as espécies leguminosas possuem um sistema radicular mais profundo.

MALAVOLTA et al. (1986) compararam a composição mineral média de gramíneas e leguminosas cultivadas em São Paulo e verificaram teores iguais de K, enquanto que os teores de N, P, Ca e Mg foram superiores nas leguminosas, porém, somente N e Ca mostraram grandes diferenças. Nos resultados apresentados por SPEARS (1994), os teores médios de P, Ca e Mg bem como K foram superiores nas forrageiras leguminosas comparados com as gramíneas.

A quantidade de nutrientes extraídos pela cultura depende da concentração destes na planta e da produtividade. Para o cálculo da remoção pela cultura deve-se considerar a parte da planta que será colhida (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Nas condições de pastoreio, as quantidades de nutrientes exportados são relativamente pequenas devido ao fluxo destes no sistema solo-planta-animal. Entretanto, as remoções tornam-se consideráveis quando se faz o corte e exportação da forrageira (MALAVOLTA et al., 1986). As remoções de N, P, K, Ca, Mg e S por forrageiras em condições brasileiras foram mostradas por FAGERIA et al. (1991) sendo que, de maneira geral, o N e K foram os elementos removidos em maior quantidade. HAAG & DECHEN (1994) mostraram variações na produção de matéria seca de 1.300 a 50.000 kg ha⁻¹ dependendo da espécie forrageira, sendo que, quantidades elevadas especialmente de N, K e Ca para algumas culturas, foram removidas pelas plantas. LOURENÇO et al. (1993) observaram que os teores de K e Ca no

solo, após 4 anos de cultivo com forrageiras, foram menores nos tratamentos com leguminosas, mostrando a tendência de maior extração de K e Ca em relação às gramíneas.

MEDEIROS et al. (1987) verificaram que a quantidade de N extraído pelas consorciações seguiram a mesma ordem observada nas plantas leguminosas analisadas isoladamente. Isso evidencia que o aporte de N nesses sistemas consorciados está diretamente relacionado com a eficiência da leguminosa, tanto na fixação de N como no rendimento de fitomassa. Dentre as leguminosas, a ervilhaca destacou-se na quantidade absorvida, seguindo-se o trevo e o tremoço.

STINNER et al. (1983) observaram que a quantidade de N, P, K, Ca e Mg extraída pelas culturas variou muito entre os anos de estudo e sistemas de cultivo, porém, as menores extrações foram verificadas na vegetação espontânea. A extração no 2º ano de cultivo diminuiu em todos os sistemas, no entanto foi proporcionalmente maior no convencional, estando diretamente relacionado a disponibilidade de nutrientes.

O conteúdo mineral da planta é variável conforme a idade, sendo que maiores concentrações de N, K e P são normalmente observadas em plantas e tecidos jovens, enquanto que plantas e tecidos velhos tem maior concentrações de Ca, Mn, Fe e B. A variação típica de N, P e K é devido à maior absorção destes nutrientes comparada com a taxa de crescimento nos primeiros estágios de desenvolvimento. Assim, na maturação fisiológica ocorre redução na concentração destes nutrientes em função do efeito diluição (MENGEL & KIRKBY, 1987).

RANELLS & WAGGER (1992) verificaram que as concentrações de N em plantas de trevo diminuíram do estágio vegetativo até a maturação fisiológica e a produção de matéria seca aumentou. A extração de N teve o mesmo comportamento que a produção de matéria, seca mostrando a maior influência desta em relação a concentração. A extração de N foi 95%

superior no material colhido no estágio de maturação fisiológica comparada com a colheita do final da fase vegetativa.

HEINZMANN (1985) verificou que os teores percentuais mais elevados de N na parte aérea das culturas de verão foram determinados após o cultivo de espécies de inverno que proporcionaram os mais altos teores de nitrato no solo, mostrando uma relação positiva entre disponibilidade no solo e concentração na planta.

2.4 EFEITO DA PALHADA NA CONSERVAÇÃO DO SOLO

O preparo do solo e a espécie vegetal são os principais agentes modificadores da susceptibilidade natural à erosão hídrica (BERTOL, 1994). Segundo LOPES et al. (1987), quanto maior a quantidade de resíduo cultural sobre a superfície, maior a redução da velocidade da enxurrada, o que é desejável no controle à erosão hídrica. O resíduo cultural, em contato direto com a superfície do solo, atua como uma barreira física ao livre escoamento da enxurrada aumentando a tortuosidade do fluxo e permitindo-lhe que se acumule mais uniformemente. Estes autores observaram que, independente do tipo de resíduo cultural, o aumento na porcentagem de cobertura do solo diminuiu acentuadamente a velocidade de escoamento superficial da água.

BERTOL (1994) verificou que o plantio direto foi o tratamento mais eficaz no controle à erosão reduzindo em 97% as perdas de solo em relação ao tratamento com ausência de cobertura. NUNES FILHO et al. (1987) verificaram também que as menores perdas ocorreram com plantio direto, representando reduções de 94% nas perdas de solo e 42% nas de água em relação ao tratamento com preparo convencional. A presença dos restos culturais na superfície do solo pode explicar as perdas mínimas verificadas no tratamento com plantio direto.

BRAGAGNOLO & MIELNICZUK (1990) comentam sobre a importância da cobertura residual na avaliação das sequências quanto à eficiência de proteção do solo. Estes autores observaram que, das sequências estudadas, todas apresentaram valores elevados de matéria seca residual e boa cobertura do solo. Entretanto, os sistemas com culturas de estrutura lenhosa mostravam um peso residual mais elevado, porém menor índice de cobertura do solo. Das sucessões com culturas anuais, as consorciações com leguminosas apresentaram maior produção de matéria seca residual e melhor cobertura do solo. MEDEIROS et al. (1987) também verificaram que todos os sistemas de culturas estudados mostraram-se eficientes na cobertura por resíduo, sendo que a menor (84%) ocorreu na resteva do milho. MOTTA NETO (1995) verificou boa cobertura do solo com espécies forrageiras perenes e anuais, sendo 75% o menor valor encontrado na fase de rebrota do sorgo+guandu no consórcio anual.

TISDALE et al. (1993) mostram que o aumento da porcentagem de cobertura diminui as perdas de solo, sendo que não existem perdas de solo pelo vento e água com cobertura de 70 e 80%, respectivamente. De acordo com BERTOL et al. (1987) uma cobertura do solo equivalente a 60% da área promove uma redução de 80% nas perdas do solo por erosão em relação à ausência de cobertura. As perdas de água foram, em geral, mais afetadas pelos métodos de preparo do que pela cobertura vegetal morta.

2.5 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS FORRAGEIRAS

A produção de matéria seca das gramíneas e leguminosas forrageiras depende da eficiência fotossintética, sendo esta determinada pela espécie vegetal, temperatura, suprimento de água e nutrientes, radiação solar e práticas de manejo (FAGERIA et al., 1991). Segundo

POSTIGLIONI (1983), a persistência e a produção de qualquer espécie forrageira depende basicamente das práticas adotadas em seu manejo.

Com relação a produtividade de espécies forrageiras é interessante salientar que as gramíneas tropicais apresentam o metabolismo C_4 de fotossíntese, enquanto as gramíneas e leguminosas temperadas e as leguminosas tropicais apresentam o metabolismo C_3 (RODRIGUES & RODRIGUES, 1987).

O solo e o clima são os fatores mais determinantes na distribuição e produção de plantas, no entanto, as espécies forrageiras adaptam-se a uma diversidade de situações. O nível de produtividade, a espécie, o solo e as condições climáticas determinam a necessidade de nutrientes das forrageiras. Em muitas partes do mundo, as espécies forrageiras são cultivadas em terras as quais não sustentam culturas graníferas. Estes solos são normalmente íngremes, erodíveis, inférteis ou áridos. Gramíneas forrageiras são capazes de crescer em solos nestas condições e responder favoravelmente a boas práticas de manejo, no entanto as adubações, de maneira geral, oferecem oportunidades de melhores produtividades. As forrageiras leguminosas podem produzir melhor quando nutrientes como P, K, Ca e Mg estão presentes em quantidades adequadas. Similarmente, as gramíneas forrageiras requerem um bom suprimento de N. Os nutrientes N e K são absorvidos em grande quantidade pelas forrageiras, isto significa que estes nutrientes devem ter atenção especial no manejo destas espécies. Solos ácidos são reconhecidamente limitantes no desenvolvimento de culturas forrageiras (FAGERIA et al., 1991).

MEDEIROS et al. (1987) observaram baixo rendimento de algumas sucessões, provavelmente devido à falta de nutrientes, principalmente N. Além disso, efeitos alelopáticos decorrentes da decomposição de resíduos proveniente da cultura antecedente podem ter afetado a produtividade. RANELLS & WAGGER (1992) verificaram em 2 anos de estudo que

a produção de matéria seca do trevo, no estágio de pleno florescimento, variou de 2.800 a 6.400 kg ha⁻¹ em função de condições adversas.

MELO (1994) verificou o efeito da adubação mineral na produção de matéria seca de diferentes forrageiras em área degradada. Todas as espécies, isoladas ou em associação, responderam à adubação de NPK, sendo que as maiores produções ocorreram nos tratamentos com as maiores dosagens. Apesar de não mostrar diferenças estatísticas entre as espécies na produção de matéria seca, observou-se grandes diferenças entre elas. No experimento de campo, conduzido por MICHAEL et al. (1991) em área de mineração de carvão vegetada por gramíneas e leguminosas em fase de declínio, os autores observaram que a porcentagem de cobertura com trevo foi inversamente proporcional à quantidade de N aplicado e que o declínio da pastagem ocorreu principalmente pela falta de N e P.

LUCCHESI (1988) observou diferenças significativas entre as sucessões de culturas forrageiras na produção de matéria seca em área degradada, porém, não verificou efeito das adubações. No trabalho desenvolvido por MOTTA NETO (1995), as maiores produções de matéria seca de culturas forrageiras em área degradada foram observadas nos tratamentos com adubação mineral + orgânica, independente das espécies. ANDRADE (1991) estudou em casa de vegetação o crescimento de *Brachiara decumbens* em estéril de mineração de ferro influenciado pela matéria orgânica (lixo urbano) e inoculação de fungo micorrízico. O maior crescimento foi verificado nas maiores dosagens de matéria orgânica na presença de micorrizas. A inoculação não afetou a produção de matéria seca, porém permitiu a redução da quantidade de composto orgânico. Na ausência de matéria orgânica não houve eficiência da micorrização.

BRENNER (1990) avaliou o efeito de diferentes mulches, aplicação de calcário e fertilizantes minerais no estabelecimento e crescimento da vegetação de gramíneas e

leguminosas em áreas mineradas nos Estados Unidos da América. Os tratamentos com mulch de palha aumentou o estabelecimento da vegetação, porém foram constatadas variações consideráveis entre diferentes espécies e suas respostas ao mulching, calagem e adubação mineral.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO, DESCRIÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA

O experimento foi conduzido em área da Petrobrás - Superintendência de Industrialização do Xisto (SIX), localizada no município de São Mateus do Sul - PR, a 26°52' de latitude sul e a 50°37' de longitude oeste. O clima da região é do tipo Cfb, conforme classificação de W. Köppen (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994). Os dados de temperatura e precipitação referentes ao período de experimentação a campo estão demonstrados no ANEXO 01.

A área do experimento foi reconstituída após a mineração do xisto, sendo o solo classificado como antrópico, representando uma mistura de horizontes A, B e C sobre uma camada de xisto retornado. O solo das áreas mineradas foi originalmente uma Associação Latossolo Vermelho Escuro Álico + Terra Roxa Estruturada Similar Álico, segundo classificação da EMBRAPA (1984). A recomposição topográfica desta área foi executada em 1986 sem obedecer critérios de disposição, os quais foram definidos mais recentemente para o restabelecimento dos novos perfis conforme TERABE (1992). O perfil reconstituído em 1986 apresentava 79,1% de argila, 13,3% de silte, 5,9% de areia e 1,7% de cascalho conforme análise textural efetuada por LUCCHESI (1988).

Este trabalho representa uma continuidade da pesquisa com forrageiras e adubações na recuperação do solo degradado iniciada em 1986, conduzida por LUCCHESI (1988) e MOTTA NETO (1995), porém com modificações no experimento original em relação às dosagens e fontes de fertilizantes bem como espécies forrageiras em função dos resultados obtidos nos trabalhos anteriores.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, envolvendo 9 tratamentos e totalizando 36 unidades experimentais. A área total do experimento foi de 3.183 m² constituindo-se de 4 blocos com área de 783 m². Estes por sua vez apresentavam parcelas (adubações) com 261 m² (18,0 x 14,5 m) formadas por subparcelas (forrageiras) de 87 m² (18,0 x 4,83 m). Considerou-se como bordadura os 90 cm externos de cada lateral, sendo portanto, a área útil de cada subparcela equivalente a 49,09 m².

As adubações utilizadas foram: I- Adubação mineral com permanência da parte aérea (MIN+PA); II- Adubação mineral e orgânica com exportação da parte aérea (MIN+ORG-PA); III- Adubação mineral com exportação da parte aérea (MIN-PA).

As forrageiras constituíram diferentes sistemas da seguinte forma: Sistema I- Gramíneas e leguminosas perenes: *Paspalum sauriae* (pensacola), *Trifolium repens* (trevo branco), *Trifolium pratense* (trevo vermelho) e *Lotus corniculatus* (cornichão); Sistema II- Gramíneas e leguminosas perenes: *Hemarthria altissima* (hemartria), *Trifolium repens* (trevo branco), *Trifolium pratense* (trevo vermelho) e *Lotus corniculatus* (cornichão); Sistema III- Gramíneas e leguminosas anuais: *Lolium multiflorum* (azevém), *Vicia sativa* (ervilhaca) e *Trifolium vesiculosum* (trevo vesiculoso) no inverno; *Sorghum bicolor* (sorgo forrageiro) e *Crotalaria juncea* (crotalária) no verão.

Na TABELA 01 encontra-se o resumo das adubações e espécies forrageiras envolvidas neste experimento.

TABELA 01 - RESUMO DAS ADUBAÇÕES E ESPÉCIES FORRAGEIRAS DO EXPERIMENTO EM SÃO MATEUS DO SUL - PR.

ADUBAÇÕES	DESCRIÇÃO
MIN+PA	Adubação mineral com permanência da parte aérea
MIN+ORG-PA	Adubação mineral e orgânica com exportação da parte aérea
MIN-PA	Adubação mineral com exportação da parte aérea
FORRAGEIRAS	ESPÉCIE
SISTEMA I	Pensacola, trevo branco, trevo vermelho e cornichão
SISTEMA II	Hemarrtria, trevo branco, trevo vermelho e cornichão
SISTEMA III	Azevém, trevo vesiculoso e ervilhaca - inverno Sorgo e crotalária - verão

3.3 PREPARO DA ÁREA, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O presente trabalho representa uma continuidade dos estudos com forrageiras e adubações na recuperação de solo degradado, conforme descrito anteriormente, e portanto, o experimento já encontrava-se delineado e com algumas culturas estabelecidas. No entanto, várias atividades foram necessárias para o reinício da pesquisa, sendo primeiramente realizado o corte das forrageiras existentes e, posteriormente, a calagem, adubação e implantação das espécies na área experimental.

Para recomendação de calagem e adubação coletou-se com o trado tipo holandês, uma amostra composta por 36 subamostras retiradas em cada subparcela na profundidade de 0-20 cm, cujos resultados analíticos encontram-se no ANEXO 02. O cálculo de calagem segundo o método de recomendação pelo índice SMP para elevar o pH a 6,0 previa 300 kg ha⁻¹ de

calcário, porém em função da acidez ativa optou-se pela aplicação de 1.248 kg ha⁻¹ de calcário (calxisto) com 100% de PRNT (ANEXO 03). A recomendação de fertilizante mineral baseou-se na COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (1989). O adubo orgânico utilizado foi o esterco bovino proveniente do módulo agropecuário existente dentro da Petrobrás-SIX em áreas já reabilitadas cuja caracterização química encontra-se no ANEXO 04. A quantidade de cada fertilizante empregado no plantio das forrageiras encontra-se na TABELA 02. A quantidade de N, P, K Ca e Mg adicionada ao solo através dos adubos orgânico e mineral consta no ANEXO 05 e 06, respectivamente. A distribuição do calcário e dos adubos tanto mineral como orgânico, foi realizada a lanço e sem incorporação posterior.

A implantação das forrageiras, exceto as gramíneas perenes de verão (pensacola e hemartria) que já estavam estabelecidas, foi através de semeadura a lanço sem revolvimento do solo. No plantio das espécies anuais de verão foi necessária a abertura de sulcos com espaçamento de 50 cm onde consorciou-se crotalária e sorgo em linhas alternadas. Nas subparcelas das espécies anuais, tanto de inverno como de verão, aplicou-se herbicida roundup (3 l ha⁻¹) antes da semeadura. O plantio das forrageiras perenes e anuais de inverno ocorreu em 02/06/94 e as anuais de verão em 05/12/94, sendo as leguminosas, com excessão da ervilhaca e crotalária, inoculadas com inoculantes específicos. A quantidades de sementes utilizadas foi de 0,8 kg ha⁻¹ de trevo branco, 1,2 kg ha⁻¹ de trevo vermelho e cornichão, 1,6 kg ha⁻¹ de trevo vesiculoso, 40 kg ha⁻¹ de ervilhaca e crotalária e 30 kg ha⁻¹ de azevém e sorgo.

TABELA 02 - QUANTIDADE DE FERTILIZANTE MINERAL E ORGÂNICO (kg ha⁻¹)
 APLICADO NO PLANTIO DAS CULTURAS FORRAGEIRAS DE
 INVERNO E VERÃO.

PARCELAS	N ¹		P ₂ O ₅ ¹		K ₂ O ¹		ESTERCO ²	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Adubação I	22	22	100	60	90	60	-	-
Adubação II	22	22	100	60	90	60	3350	9975
Adubação III	22	22	100	60	90	60	-	-

1- Fonte de: N- Uréia; P- Superfosfato triplo e simples; K- Cloreto de potássio

2- Peso de matéria seca

Com relação ao manejo das forrageiras, efetuou-se o corte das culturas na fase de florescimento em altura de aproximadamente 3 cm da superfície, as datas referentes aos cortes encontram-se na TABELA 03. O material vegetal após coletado e pesado foi exportado para fora da área ou distribuído de forma homogênea sobre as parcelas conforme o tratamento. As adubações nitrogenadas de cobertura foram aplicadas a lanço em toda a área na forma de uréia nas seguintes dosagens: 22 kg ha⁻¹ de N em outubro/94; 22 e 36 kg ha⁻¹ de N no início e final de janeiro/95, respectivamente.

TABELA 03 - DATA DOS CORTES DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS DURANTE O
 PERÍODO DE MAIO/94 A MAIO/95.

FORRAGEIRAS	Outubro/94	Dezembro/94	Janeiro/95	Março/95
Sistema I e II (Perenes)	x	x	x	x
Sistema III (Anuais)	x	-	-	x

3.4 AVALIAÇÕES EFETUADAS

3.4.1 PLANTA

3.4.1.1 Produção de matéria seca

Os dados de produtividade de matéria fresca resultaram do corte total da subparcela (área útil) na fase de florescimento enquanto que para os dados de matéria seca inferiu-se a partir de uma amostra representativa (aproximadamente 15 pontos de coleta) seca em estufa a 60°C até peso constante. No período estudado (maio/94 a maio/95) obtiveram-se 4 cortes para as culturas perenes e 2 cortes para as culturas anuais, sendo 2 cortes coincidentes entre perenes e anuais, conforme TABELA 03. A produção total de matéria seca foi obtida a partir do somatório das coletas individuais.

3.4.1.2 Composição botânica

A avaliação da composição botânica foi analisada através do BOTANAL-2, um sistema de programação voltado para análise de experimentos com pastagens (COSTA & GARDNER, 1984) baseado no programa BOTANAL desenvolvido por HARGREAVES & KERR (1978) e seguindo a metodologia de amostragem de campo apresentada por TOTHILL et al. (1978). Além da composição botânica, o programa fornece uma estimativa do rendimento de cada espécie e a percentagem de solo descoberto. As avaliações foram realizada antes de cada corte, ou seja, outubro/94, dezembro/94, janeiro/95 e março/95.

3.4.1.3 Análise química

Para análise química da planta foram amostrados 15 pontos de cada subparcela formando 36 amostras compostas na estação de inverno (outubro/94) e 36 na estação de verão (março/95). Essa amostragem ocorreu junto ao corte total das forrageiras perenes e anuais na fase de florescimento, respeitando os limites da área útil. As amostras da planta para análise química foram lavadas com água de torneira e deionizada, secas em estufa a 60°C, moídas, peneiradas a 1 mm e acondicionadas em frascos. Os nutrientes P, K, Ca e Mg foram extraídos através da digestão por via seca e determinados por espectrofotometria de absorção atômica, com excessão do K que foi determinado por fotometria de chama, segundo metodologia de HILDEBRAND (1977). Os teores de C e N foram determinados pelos métodos de Walkley-Black (TEDESCO et al. 1985) e Kjeldahl (HILDEBRAND, 1977), respectivamente. Para a digestão do C, as amostras foram moídas novamente até passar pela peneira de 0,3 mm. As análises químicas de tecido vegetal foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Os resultados de extração dos nutrientes foram obtidos através da multiplicação dos teores na planta com a produção de matéria seca em suas respectivas coletas, sendo então somados para obtenção da extração total do período (maio/94 a maio/95). Obtiveram-se no total 4 cortes das espécies perenes para avaliação da produção total (TABELA 03) e somente 2 coletas para determinação dos nutrientes, portanto, multiplicou-se as produções de dezembro/94 e janeiro/95 cujos nutrientes não foram analisados pelos teores de nutrientes obtidos em outubro/94 e março/95, respectivamente.

3.4.2 SOLO

3.4.2.1 Análise química

As amostras de solo foram estratificadas em 0-3 e 3-9 cm compostas por 20 subamostras coletadas em cada subparcela com o trado tipo calador. A coleta ocorreu no início das atividades (maio/94) e no final (maio/95), totalizando 1 ano de experimento. O solo foi seco em estufa a 60°C, moído, peneirado a 2 mm e acondicionado em sacos plásticos. O material de solo coletado nas diferentes profundidades foi caracterizado nas duas épocas de amostragem quanto ao pH CaCl₂ 0,01M, H+Al determinado pela solução tampão SMP, Ca, Mg e Al extraídos com KCl 1N, P e K pelo método de Mehlich e C orgânico através do método Walkley-Black. A CTC pH 7 foi obtida pelo somatório dos teores de Ca, Mg, K e H+Al. Estas análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná segundo metodologia modificada de PAVAN et al. (1991). O N total foi determinado pelo método de Kjeldahl e caracterizado nas duas profundidades somente na coleta final do experimento, sendo as análises realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, segundo metodologia de HILDEBRAND (1977).

3.4.3- PALHADA

3.4.3.1- Matéria seca residual

A matéria seca residual (palhada) refere-se ao material vegetal morto existente sobre o solo. As amostras foram compostas por 3 subamostras coletadas em cada subparcela utilizando-se quadrado com 0,33 x 0,33 m. Realizou-se a coleta antes do corte total das forrageiras na estação de inverno e verão, ou seja, outubro/94 e março/95, respectivamente. Cada amostra composta foi separada em peneiras de 2, 1 e 0,2 mm em função da grande contaminação com o solo. Estas foram posteriormente lavadas com água de torneira e deionizada, secas em estufa a 60°C até peso constante, sendo então submetidas a pesagem para determinação da quantidade de matéria seca residual e acondicionadas em sacos de papel.

3.4.3.2 Cobertura do solo

A porcentagem de solo coberto foi determinada segundo a metodologia do programa BOTANAL conforme descrito na seção 3.4.1.2. As avaliações foram realizadas antes do corte das forrageiras, ou seja, outubro/94, dezembro/94, janeiro/95 e março/95.

3.4.3.3 Análise química

Para análise química utilizou-se as mesmas amostras da matéria seca residual, sendo estas submetidas ao processo de preparação para determinação analítica. A fim de eliminar o restante das impurezas de solo que permaneceram mesmo após a lavagem das amostras

conforme descrito anteriormente, utilizou-se o separador de impurezas, equipamento utilizado para limpeza de sementes. Posteriormente, as amostras com granulometria superior a 2 mm foram moídas, peneiradas a 1 mm e armazenadas em frascos para determinação química. Os teores de C e N foram determinados nas duas coletas segundo os métodos Walkley-Black (TEDESCO et al., 1985) e Kjeldahl (HILDEBRAND, 1977), respectivamente. Para a extração do C as amostras foram moídas novamente até passar pela peneira de 0,3 mm. A partir destas determinações foi possível calcular a relação C/N da palhada na estação de inverno e de verão. As quantidades de C e N permanente sobre o solo na forma de palhada foram obtidas pela multiplicação dos teores destes nutrientes com a matéria seca residual em suas respectivas coletas.

3.4.4 OUTRAS AVALIAÇÕES

As amostras de esterco bovino foram analisadas conforme metodologia de análise de tecido vegetal descrita no item 3.4.2.3.

O calcário foi analisado segundo metodologia modificada de PAVAN et al. (1991).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O efeito das espécies forrageiras e adubações foi avaliado nas diferentes épocas de amostragem e profundidades através da análise de variância para o modelo matemático de parcelas subdivididas e comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As interações parcela dentro de subparcela foram testadas utilizando-se variâncias complexas. A homogeneidade de variâncias foi verificada através da análise de

resíduos e a transformação dos dados, quando necessária, foi determinada pela relação entre log da média e log do desvio padrão, segundo MONTGOMERY (1991). Por meio de correlações foi avaliada a existência de associações entre os nutrientes da camada superficial (0-3 cm) do solo, extração de nutrientes e a produção de matéria seca total.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item, são apresentados e discutidos os resultados referentes à produção de matéria seca, composição botânica e extração de nutrientes pelas espécies vegetais assim como à caracterização química do solo e da palhada.

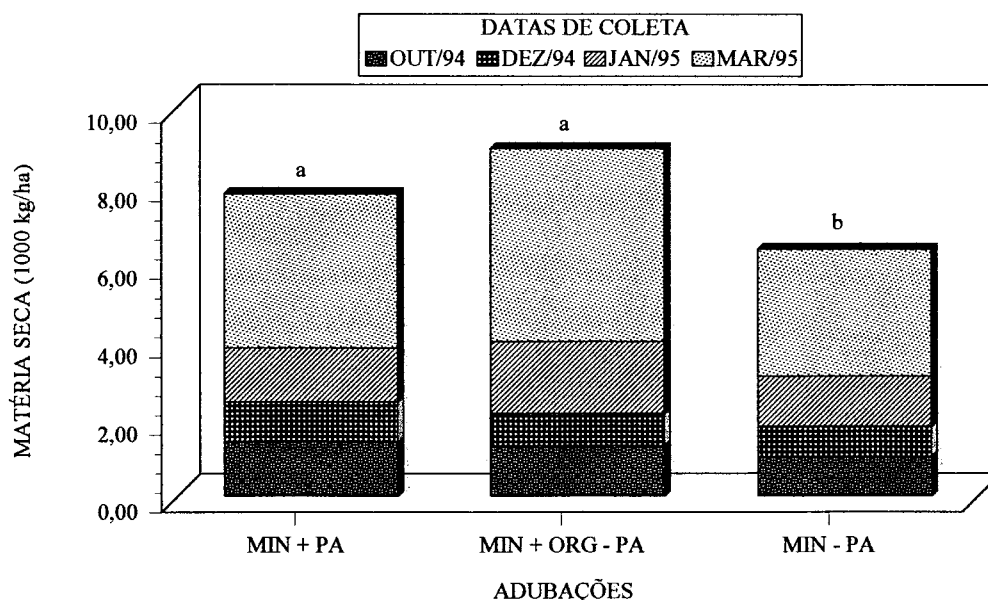
4.1 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DAS FORRAGEIRAS

Os melhores resultados de produção de matéria seca total foram obtidos nas parcelas com adubação orgânica (FIGURA 01). Nesta mesma área experimental, LUCCHESI (1988) e MOTTA NETO (1995) também encontraram maiores produções no tratamento com adubação orgânica em sistemas forrageiros com gramíneas e leguminosas perenes e anuais de inverno e verão.

As produções de 7.758 kg ha⁻¹ na adubação com permanência da parte aérea, 8.937 kg ha⁻¹ na adubação orgânica e 6.351 kg ha⁻¹ na adubação mineral foram superiores às obtidas por LUCCHESI (1988), o qual constatou produções equivalentes a 5.128 e 4.617 kg ha⁻¹ por ano no tratamento com adubação mineral + orgânica e adubação mineral, respectivamente, em sucessões de culturas com pensacola, trevo branco, cornichão, aveia preta, azevém anual, centeio, ervilhaca, serradela, trevo subterrâneo, sorgo forrageiro e feijão miúdo. Em contrapartida, foram inferiores aos resultados de MOTTA NETO (1995) que encontrou produções de 13.449, 17.607 e 11.759 kg ha⁻¹ por ano na adubação mineral com permanência da parte aérea, mineral + orgânica e mineral, respectivamente, em consórcios forrageiros

contendo pensacola, hemartria, trevo branco, aveia preta, ervilhaca peluda, trevo vesiculoso, sorgo forrageiro e guandu.

FIGURA 01 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA TOTAL E PARCIAL. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95.*

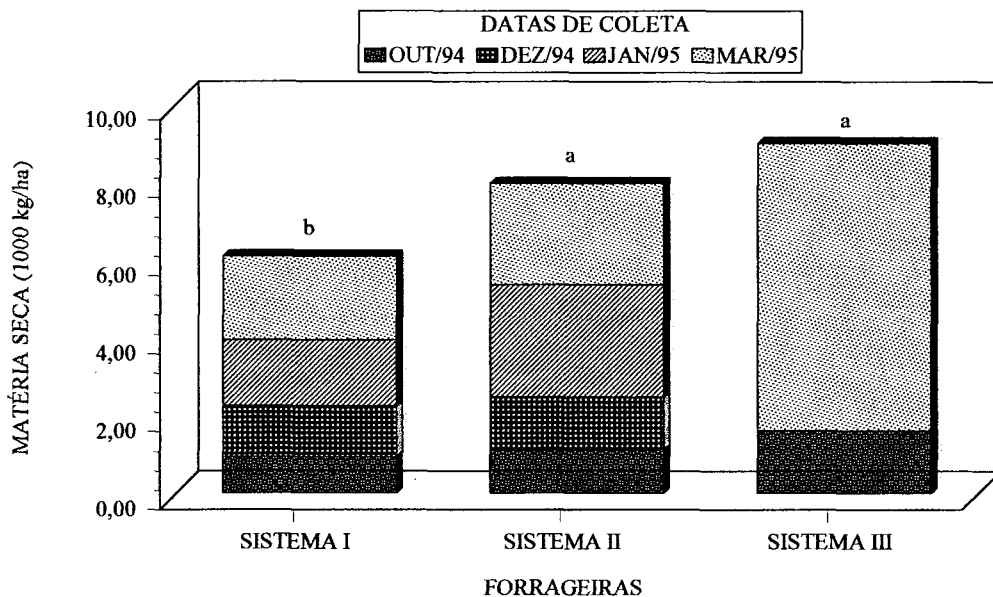


*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior disponibilidade dos nutrientes analisados no solo, com exceção do K, em tratamentos com adubação orgânica conforme será discutido posteriormente, pode ter resultado numa maior produção de matéria seca, apesar destes não mostrarem correlações significativas (ANEXO 23). Segundo FAGERIA et al. (1991) as forrageiras (gramíneas e leguminosas) de maneira geral, respondem favoravelmente à adubação. MELO (1994) verificou que as espécies forrageiras, isoladas ou em associação, responderam à adubação de NPK, sendo as maiores produções correspondentes às maiores dosagens.

Com relação às forrageiras (FIGURA 02), verifica-se uma maior produção de matéria seca total no sistema III, apesar destas espécies anuais fornecerem apenas 2 cortes no total. Entre as espécies perenes, o sistema II foi superior ao sistema I, caracterizando a diferença do potencial produtivo da hemartria e pensacola, ambas forrageiras gramíneas perenes de verão. Segundo POSTIGLIONI (1995), a hemartria apresenta maiores produções nas regiões sujeitas à temperaturas baixas, quando comparada com as espécies do gênero *Paspalum*.

FIGURA 02 - EFEITO DAS FORRAGEIRAS NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA TOTAL E PARCIAL. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nesta mesma área experimental, LUCCHESI (1988) também constatou diferença entre associações de forrageiras, sendo que as gramíneas anuais consorciadas ou não com leguminosas foram superiores às perenes. A sucessão I com pensacola, cornichão e trevo branco produziu 4.120 kg ha^{-1} por ano, enquanto a sucessão II com aveia preta, azevém,

ervilhaca, serradela e trevo subterrâneo no inverno e sorgo forrageiro e feijão miúdo no verão produziu 5.204 kg ha⁻¹ por ano. No entanto, MOTTA NETO (1995) não obteve diferença entre as forrageiras, sendo que os consórcios I (pensacola, trevo branco e cornichão), II (hemartria, trevo branco e cornichão) e III (aveia preta + ervilhaca peluda + trevo vesiculoso no inverno e sorgo forrageiro + guandu no verão) produziram 11.263, 11.865 e 10.104 kg ha⁻¹ por ano, respectivamente.

As produções apresentadas na FIGURA 01 e 02 foram superiores às obtidas por LUCCHESI (1988), caracterizando o efeito do tempo na recuperação física, química e biológica do solo e, conseqüentemente, no aumento da produção vegetal. Em contrapartida, MOTTA NETO (1995) obteve produções superiores referentes ao mesmo período de estudo. Apesar dos melhores níveis de fertilidade, a menor produção deve-se provavelmente à condição de baixa precipitação pluviométrica (ANEXO 01) durante o desenvolvimento das culturas forrageiras no período de inverno e ao manejo das espécies perenes em relação aos intervalos de corte. Segundo POSTIGLIONI (1983), a persistência e a produção de qualquer forrageira depende das práticas adotadas em seu manejo. Este autor estudou o efeito de diferentes intervalos entre cortes sobre o rendimento de forragem da hemartria verificando que a produção de matéria seca aumentou significativamente à medida que aumentaram os intervalos entre cortes. Produções de 4.387, 6.072, 8.734 e 10.353 kg ha⁻¹ por ano resultaram, respectivamente, dos intervalos entre cortes de 28, 56, 84 e 112 dias.

Os resultados de matéria seca do sistema I e II (6.075 e 7.971 kg ha⁻¹, respectivamente) apresentados anteriormente são semelhantes aos obtidos por MACHADO & MACHADO (1982). Estes autores desenvolveram experimentos na região do primeiro planalto paranaense obtendo produções de 6.877 kg ha⁻¹ por ano na associação pensacola + trevo branco e 7.484 kg ha⁻¹ por ano no consórcio hemartria + trevo branco. As produções de matéria seca de

pensacola e hemartria cultivadas isoladamente e adubadas com 90 kg ha^{-1} de N, média de 3 anos, obtidas por POSTIGLIONI (1985) foram equivalentes a 2.461 e 2.951 kg ha^{-1} por ano, respectivamente. Porém no estado do Amapá, SOUZA et al. (1992) encontraram uma produção média anual de $13.600 \text{ kg ha}^{-1}$ de pensacola resultante de 7 cortes, sendo que a maior produção (9.700 kg ha^{-1}) ocorreu no período chuvoso, caracterizando o grande potencial desta cultura na produção de matéria seca determinado principalmente pelas condições ambientais e de manejo. Segundo ALCÂNTARA & BUFARAH (1992), a pensacola, desde que adubada com N, produz de 3.000 a $10.700 \text{ kg ha}^{-1}$ por ano de matéria seca, podendo chegar a $17.000 \text{ kg ha}^{-1}$ por ano, de acordo com BOGDAN (1977). Já a produção da hemartria pode variar de 3.000 a $14.000 \text{ kg ha}^{-1}$ por ano (MORAES, 1995). Neste experimento, a pensacola e a hemartria representaram individualmente, em função da composição botânica, uma produção média de 2.855 , 6.058 kg ha^{-1} , respectivamente. Se fizermos uma estimativa do potencial produtivo considerando 100% de participação no sistema forrageiro, obtemos uma produção média de 6.075 e 7.971 kg ha^{-1} , respectivamente, sendo estes resultados equivalentes aos apresentados pela literatura, inclusive superiores aos obtidos por POSTIGLIONI (1985) no estado do Paraná. No entanto, é importante considerar o benefício das leguminosas na produção das gramíneas no sistema misto, a qual provavelmente seria menor em sistema de monocultivo.

Com relação ao sistema III, observa-se produções médias de 1.610 kg ha^{-1} nas culturas de inverno e 7.490 kg ha^{-1} nas espécies de verão. A contribuição individual, em função da composição botânica, foi de 886 , 628 , 4.794 e 1.348 kg ha^{-1} para azevém, ervilhaca, sorgo e crotalária, respectivamente. Considerando 100% de participação no sistema forrageiro, cada espécie representaria, respectivamente, produções médias de 1.611 , 1.610 , 7.491 e 7.489 kg ha^{-1} , as quais de modo geral, são inferiores aos resultados obtidos em outros trabalhos.

POSTIGLIONI (1982) obteve uma produção de 2.180 kg ha⁻¹ de azevém anual adubado com 100 kg ha⁻¹ de N, média de 3 anos de cultivo, sendo os cortes efetuados com altura de plantas entre 18 e 20 cm. SÁ (1984) verificou no norte do Paraná uma produção de 700 kg ha⁻¹ por ano de azevém em único corte, porém essa baixa produtividade ocorreu devido às baixas precipitações do período. Segundo DERPSCH & CALEGARI (1992), a produção de azevém varia de 2.000 a 6.000 kg ha⁻¹ de matéria seca. MEDEIROS et al. (1987) obtiveram uma produção de matéria seca de ervilhaca + aveia, resultante de 3 cortes, equivalente a 9.790 kg ha⁻¹, sendo que a ervilhaca contribuiu com 4.860 kg ha⁻¹. Enquanto MELO (1994), em função dos níveis de adubação, obteve uma variação na produção de matéria seca de ervilhaca + aveia de 1.470 a 8.649 kg ha⁻¹ em área degradada. SÁ (1984) observou uma variação de 1.500 a 4.700 kg ha⁻¹ de matéria seca de ervilhaca em experimentos desenvolvidos no norte do Paraná. De acordo com DERPSCH & CALEGARI (1992), a ervilhaca comum produz de 2.000 a 5.000 kg ha⁻¹ de matéria seca. SÁ (1990) obteve uma produção média de 15.010 kg ha⁻¹ de matéria seca de sorgo forrageiro no norte do Paraná. No experimento conduzido por MELO (1994) o sorgo cultivado em área degradada produziu de 2.000 a 15.000 kg ha⁻¹ de matéria seca, dependendo dos níveis de adubação. Segundo BOGDAN (1977) o sorgo forrageiro pode produzir entre 3.000 e 25.000 kg ha⁻¹ de matéria seca. DE-POLLI & CHADA (1989) encontraram uma produção de 1.574 kg ha⁻¹ de matéria seca de crotalária juncea em trabalhos desenvolvidos no estado do Rio de Janeiro. De acordo com CALEGARI (1995) a produção de crotalária juncea varia de 700 a 1.500 kg ha⁻¹ de matéria seca. Estes resultados demonstram uma grande variação no potencial produtivo destas espécies.

As produções obtidas nestes sistemas forrageiros, de maneira geral, apresentam valores equivalentes as produções de experimentos em áreas não degradadas. Apesar das condições

adversas, estas espécies, principalmente as gramíneas perenes, mostram um grande potencial produtivo em solos degradados em processo de recuperação.

A produção de matéria seca por tratamento referente a cada corte no período de maio/94 a maio/95 e a análise de variância da matéria seca total encontram-se no ANEXO 09 e 21, respectivamente.

Com relação à composição botânica das espécies durante o período de estudo (ANEXO 11 e 12), verifica-se o domínio das gramíneas nos sistemas perenes I e II (63 e 82% respectivamente da composição média anual), em contrapartida, as leguminosas contribuíram com apenas 10% em ambos os sistemas. Considerando a média de todos os cortes, observa-se que a pensacola e a hemartria contribuíram com 47 e 76%, enquanto que trevo branco, trevo vermelho e cornichão corresponderam com apenas 8 e 7% no sistema I e II, respectivamente. No sistema III (ANEXO 13), constata-se nas espécies de inverno a participação de 55% de gramínea formada exclusivamente por azevém e 44% de leguminosas, sendo a ervilhaca responsável por 39%. Nas espécies de verão verificou-se uma participação de 81% de gramíneas (64% de sorgo) e apenas 18% de leguminosa formada exclusivamente por crotalária.

Se observarmos as contribuições nos diferentes cortes das espécies perenes (ANEXO 11 e 12), verificamos que as leguminosas estiveram presentes com maior ênfase no 1º corte, representando 29 e 36% do sistema I e II, respectivamente. Dentre elas, o trevo branco teve maior participação com 20 e 22%, respectivamente. Nos cortes subsequentes, as gramíneas aumentaram sua contribuição enquanto que as leguminosas diminuíram gradativamente, devido ao sistema de manejo adotado onde o corte efetuado somente na fase de florescimento prejudicou o desenvolvimento das leguminosas em função da competição por nutrientes e luminosidade com as gramíneas, as quais possuem maior capacidade produtiva e rapidez no

estabelecimento. Outro aspecto que deve ser considerado é a utilização de sementes em menor quantidade que a recomendada no plantio destas espécies forrageiras devido a erros cometidos na pesagem deste material referente a cada subparcela.

4.2 EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PLANTA

Neste item, os resultados são apresentados e discutidos individualmente em relação à extração acumulada de K, Ca, Mg, P e N assim como a incorporação de C pela planta.

4.2.1 MACRONUTRIENTES

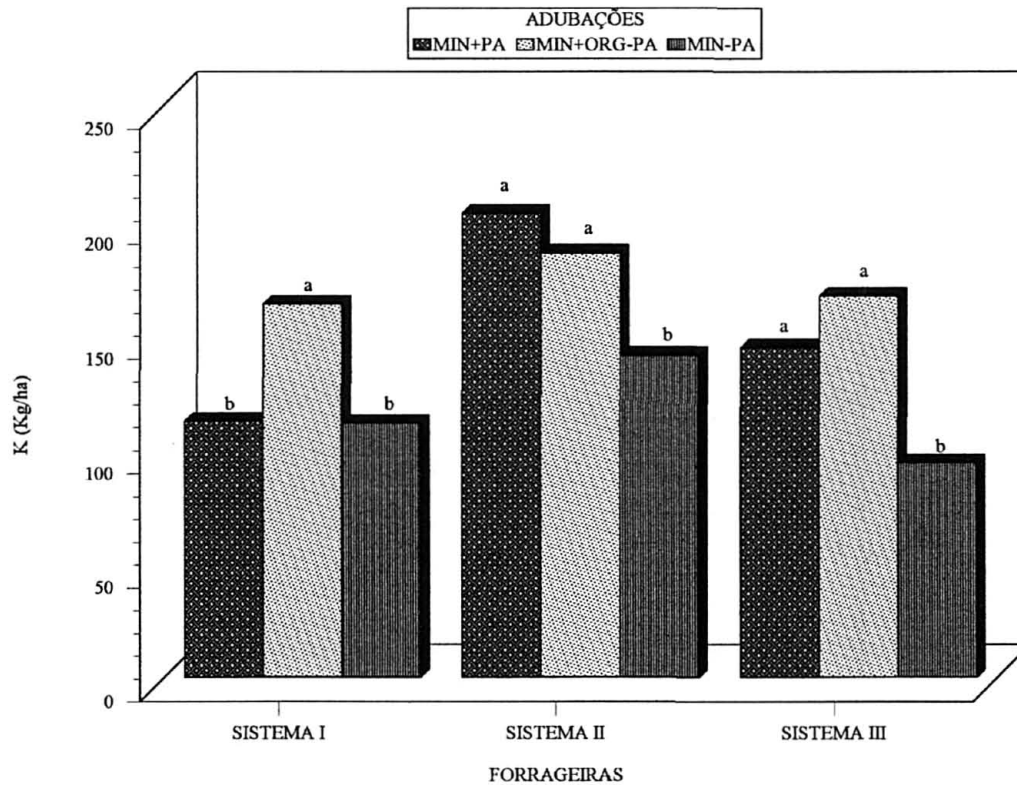
4.2.1.1 Potássio (K)

A extração de K (FIGURA 03) no sistema I e III foi maior no tratamento com adubação orgânica, devido à maior produção de matéria seca neste tratamento conforme descrito anteriormente. No sistema II, apesar de não significativo, a permanência da parte aérea apresentou maior extração, mostrando assim que a concentração de K no tecido vegetal teve maior efeito que a produção de matéria seca neste tratamento.

O K do solo apresenta um elevado teor no sistema II do tratamento com permanência da parte aérea conforme será discutido posteriormente, justificando uma maior absorção pela planta e, conseqüentemente, maior concentração no tecido vegetal (ANEXO 10). Segundo FAGERIA et al. (1991), a disponibilidade do íon no solo interfere na absorção, sendo que o fornecimento crescente de nutrientes no solo deve aumentar a concentração destes na planta (MALAVOLTA et al., 1989). É interessante salientar que a extração de K pela planta mostrou

correlação significativa com a produção de matéria seca apresentando uma associação de 0.67 conforme ANEXO 23.

FIGURA 03 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NA EXTRAÇÃO DE K PELA PLANTA. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A diferença entre a permanência e a exportação da parte aérea não foi observada no sistema I, sendo este um comportamento diferente ao da produção de matéria seca. Neste sistema, a concentração do K na planta (ANEXO 10) foi maior na adubação mineral com exportação da parte aérea, determinando assim a extração deste nutriente.

Em relação às forrageiras, observa-se que o sistema II apresentou maiores extrações em todas as adubações, apesar da menor produção de matéria seca quando comparado ao

sistema III. A concentração média do K no tecido vegetal foi de 2,19% enquanto que no sistema III foi equivalente a 1,64%. De modo geral a extração foi diretamente proporcional à produção de matéria seca, no entanto a extração em alguns sistemas forrageiros foi determinada pela concentração do nutriente no tecido vegetal.

A quantidade de K extraída pela parte aérea neste experimento variou de 94 a 203 kg ha⁻¹. No entanto, alterações na extração de nutrientes ocorrem em função principalmente da espécie e práticas de manejo. FAGERIA et al. (1991) apresentaram extrações de K em forrageiras gramíneas e leguminosas, onde valores máximos e mínimos encontrados foram equivalentes a 108 e 504 kg ha⁻¹. Enquanto HAAG & DECHEN (1994) mostram extrações de 15 a 1.009 kg ha⁻¹ em forrageiras com produções de 1.300 a 50.000 kg ha⁻¹.

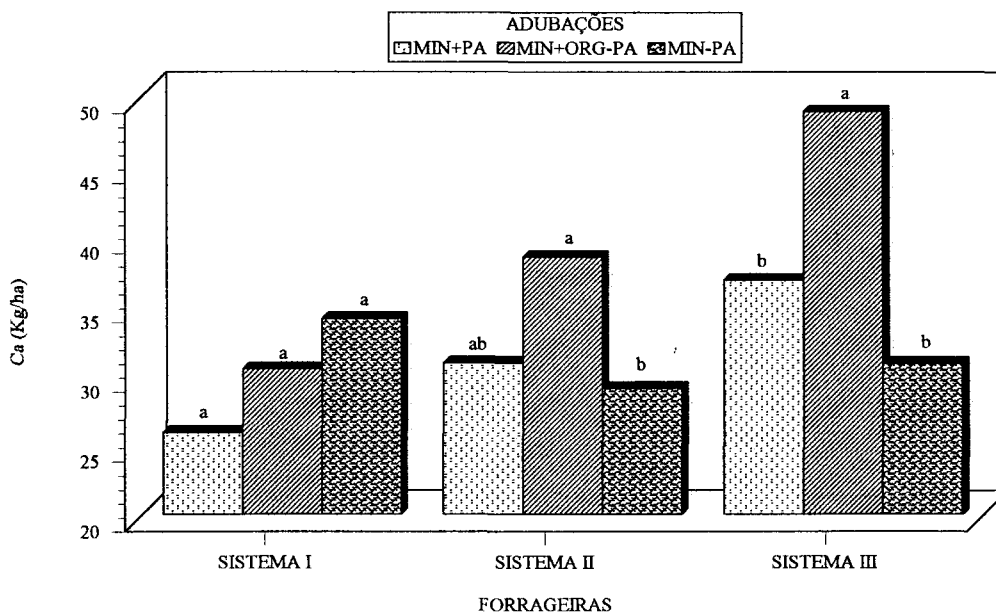
4.2.1.2 Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

Com relação ao Ca (FIGURA 04), observa-se maiores extrações na adubação orgânica do sistema II e III. Estes resultados ocorreram principalmente devido à maior produção de matéria seca e pela maior concentração deste nutriente no tecido da planta, provavelmente em função dos teores no solo. A correlação com a produção de matéria seca foi significativa mostrando uma associação de 0,78 conforme ANEXO 23.

No sistema I, observa-se um comportamento diferente ao da produção de matéria seca e dos teores no solo, sendo influenciado por outros fatores que interferem na concentração de nutrientes e, conseqüentemente, na extração pela planta. Neste sistema, a concentração no tecido vegetal do tratamento com exportação da parte aérea foi superior às demais adubações e portanto, determinou a extração de nutrientes. Apesar de ser o mesmo sistema, a composição botânica variou entre as adubações, prevalecendo espécies leguminosas principalmente no 1º

corde (ANEXO 11). Segundo MALAVOLTA et al. (1986) e SPEARS (1994), a concentração de Ca em plantas leguminosas é superior às gramíneas. No entanto, além da espécie, outros fatores interferem no teor de nutrientes em plantas, incluindo idade da planta e interação com íons (FAGERIA et al., 1991). Segundo MENGEL & KIRKBY (1987) os cátions Mg, K e Na competem com o Ca no processo de absorção pela planta.

FIGURA 04 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NA EXTRAÇÃO DE Ca PELA PLANTA. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95.*

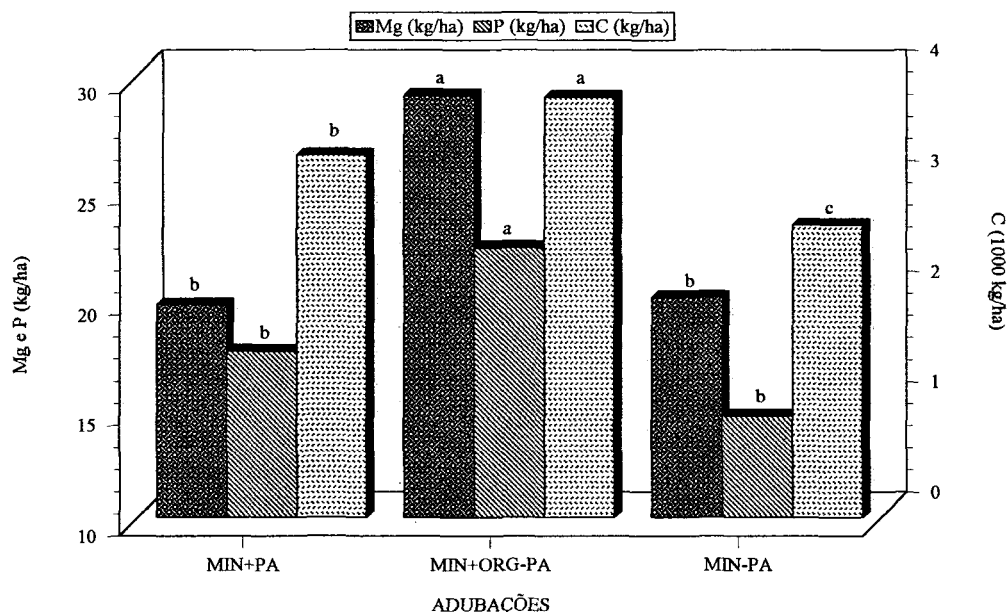


*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação às forrageiras, observa-se que os sistemas de maior produção de matéria seca apresentaram maior extração do Ca, com exceção do tratamento com exportação da parte aérea onde o sistema I com menor produção foi superior aos demais. Este comportamento deve-se à maior concentração de Ca no tecido vegetal, conforme já discutido.

Neste experimento, a extração de Ca variou de 26 a 49 kg ha⁻¹. FAGERIA et al. (1991) apresentaram valores de extração deste nutriente entre 24 e 149 kg ha⁻¹ em espécies forrageiras que produziram de 10.000 a 25.000 kg ha⁻¹ de matéria seca. Enquanto que HAAG & DECHEN (1994) mostraram extrações de 5 a 302 kg ha⁻¹ de Ca em gramíneas e leguminosas forrageiras com produções de 1.300 a 50.000 kg ha⁻¹ de matéria seca.

FIGURA 05 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES NA EXTRAÇÃO DE Mg E P E NA INCORPORAÇÃO DE C PELA PLANTA. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95.*



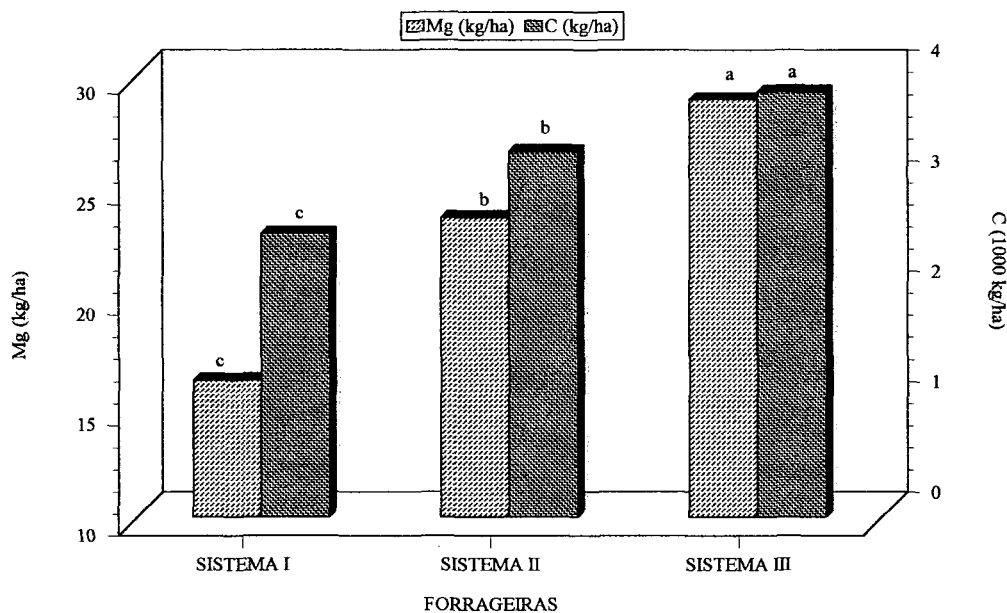
*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada nutriente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O Mg foi extraído em maior quantidade na adubação orgânica (FIGURA 05) e no sistema III (FIGURA 06), caracterizando que a produção de matéria seca determinou a extração deste nutriente. Os tratamentos que apresentaram as maiores extrações foram aqueles

com maior produção de matéria seca sendo que a associação entre produção e extração foi significativa e equivalente a 0,83 (ANEXO 23).

O sistema I apresentou menor concentração de Mg na planta, enquanto que no solo são observados os maiores valores, caracterizando assim a influência de outros fatores na determinação do teor de nutrientes do tecido vegetal como composição botânica, interação com íons e idade da planta (FAGERIA et al., 1991).

FIGURA 06 - EFEITO DAS FORRAGEIRAS NA EXTRAÇÃO DE Mg E INCORPORAÇÃO DE C PELA PLANTA - PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada nutriente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As extrações de Mg neste experimento variaram de 14 a 35 kg ha⁻¹. MALAVOLTA et al. (1986) mostraram extrações de 44 a 99 kg ha⁻¹ em gramíneas forrageiras e HAAG &

DECHEN (1994) apresentaram extrações de 1 até 83 kg ha⁻¹, dependendo da produção de matéria seca e espécie forrageira.

4.2.1.3 Fósforo (P)

O P (FIGURA 05), da mesma forma que os demais nutrientes, foi extraído em maior quantidade na adubação orgânica, porém não mostrou efeito das forrageiras, característica esta observada também no teor de P do solo. A produção de matéria seca e a concentração na planta, foram responsáveis pelas maiores extrações na adubação orgânica. A associação entre extração de P e produção de matéria seca foi significativa e equivalente a 0,79 (ANEXO 23).

Nos sistemas forrageiros, a concentração do P na planta mostrou valores inversos ao da produção caracterizando o efeito diluição, assim, as forrageiras com maiores produções apresentaram menores teores de nutrientes no tecido vegetal e, portanto, o efeito das forrageiras na extração não foi verificado.

As extrações de P neste experimento variaram de 14 a 25 kg ha⁻¹. FAGERIA et al. (1991) apresentaram extrações de 20 a 64 kg ha⁻¹ e HAAG & DECHEN (1994) de 2 a 56 kg ha⁻¹ em forrageiras gramíneas e leguminosas.

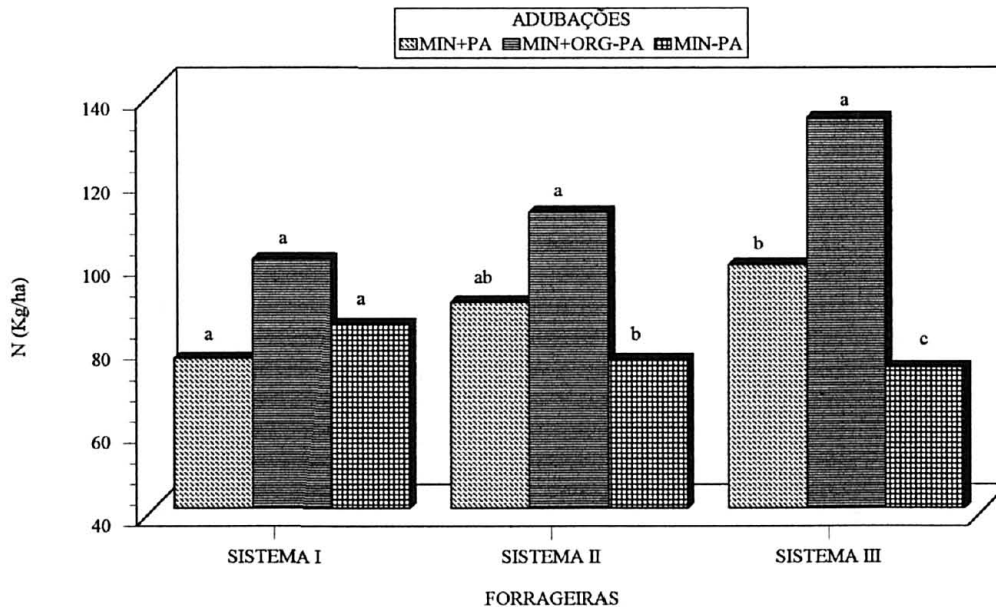
4.2.1.4 Nitrogênio (N) e Carbono (C)

A extração de N (FIGURA 07) também foi superior na adubação orgânica, comportamento semelhante aos demais nutrientes.

No sistema II e III observa-se que o tratamento com permanência da parte aérea foi superior ao da exportação, característica verificada também na produção de matéria seca. No

entanto, o sistema I, mostrou valores inversos devido à maior concentração no tecido vegetal do tratamento com adubação mineral e exportação da parte aérea. Apesar de ser o mesmo sistema forrageiro, diferenças na composição botânica foram observadas, sendo que espécies leguminosas prevaleceram neste tratamento (ANEXO 11) e de acordo com MALAVOLTA et al. (1986) e SPEARS (1994) a concentração de N em plantas leguminosas é superior às gramíneas.

FIGURA 07 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NA EXTRAÇÃO DE N PELA PLANTA. PERÍODO MAIO/94 A MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação às forrageiras observa-se na adubação com permanência da parte aérea e na adubação orgânica o mesmo comportamento da produção de matéria seca, no entanto, no tratamento com exportação do tecido vegetal verifica-se valores inversos entre produção de matéria seca e extração de N pela planta. Nesta adubação, a concentração média no tecido

vegetal foi de 1,68, 1,41 e 1,30 % respectivamente, para o sistema I, II e III. Essa característica deve-se provavelmente à composição botânica e aos teores no solo. A associação entre extração e matéria foi significativa e equivalente a 0,83 conforme ANEXO 23.

As extrações de N neste experimento variaram de 74 a 134 kg ha⁻¹. FAGERIA et al. (1991) e MALAVOLTA et al. (1986) apresentam extrações de até 570 e 890 kg ha⁻¹ respectivamente, em plantas forrageiras. HAAG & DECHEN (1994) mostram extrações máximas e mínimas equivalentes a 14 e 640 kg ha⁻¹ em forrageiras gramíneas e leguminosas.

Com relação à incorporação de C pela planta (FIGURA 05 e 06) observa-se um comportamento semelhante à produção de matéria seca. A correlação entre eles é de 0,99 conforme ANEXO 23.

4.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO

A caracterização química do solo constitui-se de duas etapas. A primeira envolve uma discussão geral dos tratamentos em relação aos parâmetros de acidez e aos macronutrientes com o objetivo de destacar as diferenças entre as épocas de amostragem e profundidades. Na segunda, por sua vez, são apresentados e discutidos os resultados individualmente para cada macronutriente, referentes a coleta final do experimento nas duas profundidades com o objetivo de caracterizar o efeito dos tratamentos.

4.3.1 PARÂMETROS DE ACIDEZ

A TABELA 04 mostra os valores médios de pH CaCl₂, Al e H+Al do solo, identificando uma melhoria nos parâmetros de acidez entre a coleta inicial e final do

experimento, principalmente na camada de 0-3 cm. Este comportamento indica o controle da acidificação e o efeito superficial do calcário aplicado em cobertura. De acordo com a interpretação dos resultados de análise da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (1989), o pH encontrado neste experimento é classificado como baixo a médio.

SANTOS et al. (1995), após 3 anos de cultivo em sistema de plantio direto com calcário aplicado na superfície, verificaram que o pH inicial de 5,5 aumentou para 5,8 na camada de 0-5 cm e o Al reduziu de 0,27 a 0,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Os maiores valores de pH e menores teores de Al obtidos na camada superficial foram também observados por KLEPKER & ANGHINONI (1995) em sistema sem preparo do solo, caracterizando um gradiente do pH e Al com a profundidade.

O pH CaCl_2 , Al e H^+Al não foram alterados entre os tratamentos em nenhuma das épocas e profundidades amostradas. Apesar dos tratamentos apresentarem diferentes teores de carbono orgânico, não constatou-se o efeito da matéria orgânica na acidez do solo.

4.3.2 MACRONUTRIENTES

As melhores médias de P, K, Ca, Mg, C orgânico e CTC pH 7 foram obtidas na coleta final do experimento (TABELA 04), o que caracteriza a importância dos tratamentos. Os teores médios de P, K, Ca e Mg nas duas épocas de amostragem são considerados altos de acordo com a interpretação dos resultados de análise da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (1989).

O uso de calcário e adubos (mineral e orgânico) em cobertura bem como a reciclagem de nutrientes propiciaram alterações nos teores de Ca e Mg, principalmente na camada

superficial. O acúmulo destes nutrientes na superfície do solo (0-5 cm) foi verificado também por KLEPKER & ANGHINONI (1995) e SANTOS et al. (1995) em sistema de plantio direto.

TABELA 04 - VALORES MÉDIOS DE pH CaCl₂, Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, C ORGÂNICO E CTC A pH 7 DO SOLO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES NAS DUAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM ENVOLVENDO TRATAMENTOS COM FORRAGEIRAS E ADUBAÇÕES.

Época*	Prof. cm	pH CaCl ₂	Al	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	P	C org
		cmol _c kg ⁻¹			kg ⁻¹			mg kg ⁻¹	%
1	0 - 3	4,97	0,31	6,32	0,42	6,20	3,14	16,78	18,50	2,65
1	3 - 9	4,98	0,18	5,89	0,23	5,07	2,79	13,98	5,28	1,37
1	X	4,97	0,24	6,10	0,32	5,63	2,96	15,38	11,89	2,01
2	0 - 3	5,40	0,00	5,37	0,80	8,09	4,43	18,63	38,25	3,24
2	3 - 9	4,97	0,15	5,85	0,27	5,43	2,98	17,78	5,64	1,46
2	X	5,18	0,07	5,61	0,53	6,76	3,70	18,20	21,94	2,35

*1- Coleta inicial (maio/94); 2- Coleta final (maio/95)

Os maiores teores de P extraível próximo à superfície do solo verificados neste experimento devem-se às aplicações de fertilizantes fosfatado e orgânico, decomposição dos resíduos vegetais, menor adsorção, não revolvimento do solo e à baixa mobilidade deste elemento. SIDIRAS & PAVAN (1985), em sistema de plantio direto, também observaram teores mais elevados na camada superficial (0-10 cm). SANTOS et al. (1995) verificaram em relação ao teor deste elemento a superioridade do plantio direto comparado ao convencional somente na camada de 0-5 cm.

O efeito das adubações e da reciclagem provocou estas alterações também no teor de K que, por ser um elemento absorvido em grande quantidade, apresentou elevados teores na superfície, apesar de sua mobilidade no perfil. Trabalhos desenvolvidos por KLEPKER & ANGHINONI (1995) e SIDIRAS & PAVAN (1985) mostraram que na camada de 0-10 cm o teor de K, no sistema plantio direto, foi superior ao convencional, enquanto que SANTOS et al. (1995) não verificaram diferenças em nenhuma das profundidades entre os sistemas de cultivo. No entanto, nos três trabalhos verificou-se maior concentração deste nutriente nas camadas superficiais.

A TABELA 04 mostra que o teor médio de C orgânico, após 1 ano de experimentação, aumentou de 2,65 para 3,42% na profundidade de 0-3 cm e de 1,37 a 1,46% na camada de 3-9 cm, caracterizando um acréscimo de 0,59 e 0,09 unidades percentuais respectivamente. É interessante salientar que o teor inicial de C orgânico desta área experimental no ano de 1986, determinado por LUCCHESI (1988), representava 0,5% na profundidade de 0-15 cm. MOTTA NETO (1995) nesta mesma área experimental, após 18 meses de estudo, não observou diferença no teor de C orgânico sendo a média geral no ano de 1993 equivalente a 2,42 e 1,28%, respectivamente, para a profundidade de 0-3 e 3-9 cm. Estes resultados evidenciam que a recuperação da matéria orgânica do solo é um processo lento, contínuo e dependente do sistema de cultivo.

BAYER et al. (1995) observaram que no plantio direto a maior taxa de acúmulo ocorreu na camada de 0-2,5 cm até o 5º ano, enquanto que na camada de 2,5-7,5 cm ocorreu do 5º ao 9º ano. No sistema convencional observaram um decréscimo nos teores de C orgânico nestas camadas até o 5º ano, permanecendo sem alteração até o 9º ano. BAYER (1992) observou uma taxa de acúmulo de aproximadamente 1.000 kg ha⁻¹ por ano de C orgânico no plantio direto em relação aos outros métodos de preparo na camada de 0-17,5 cm.

A matéria orgânica do solo aumentou 2,8 unidades percentuais na profundidade de 0-20 cm após 5 anos de experimentação com espécies forrageiras (LOURENÇO et al., 1993).

O teor de C orgânico foi superior na coleta final em ambas as profundidades, porém com diferenças maiores na camada de 0-3 cm. SANTOS et al. (1995) observaram que o teor de C orgânico foi superior no plantio direto em relação ao convencional somente na camada de 0-5 cm, enquanto SIDIRAS & PAVAN (1985) verificaram teores de C orgânico no plantio direto superiores ao convencional em camadas mais profundas (até 40 cm) em latossolo roxo. Estes resultados indicam o benefício do não revolvimento do solo na manutenção da matéria orgânica, principalmente na camada superficial.

Para todas as características apresentadas houve redução dos valores com a profundidade de amostragem nas duas épocas de coleta indicando a redução na fertilidade do solo em função da profundidade. Este comportamento é esperado em sistemas onde não envolvem o revolvimento do solo, como em sistemas de plantio direto, florestais e pastagens, o que está de acordo com os resultados obtidos por KLEPKER & ANGHINONI (1995), SIDIRAS & PAVAN (1985) e SANTOS et al. (1995).

Os resultados da caracterização química do solo referente a cada tratamento, época e profundidade encontram-se no ANEXO 15 e 16. O quadro da análise de variância para estas variáveis está no ANEXO 17, 18, 19 e 20.

A seguir, será discutido o efeito dos tratamentos sobre os teores de K, Ca, Mg, C orgânico, N total, relação C/N e CTC pH 7 do solo na profundidade de 0-3 e 3-9 cm referente à coleta final do experimento (maio/95).

4.3.2.1 Potássio (K)

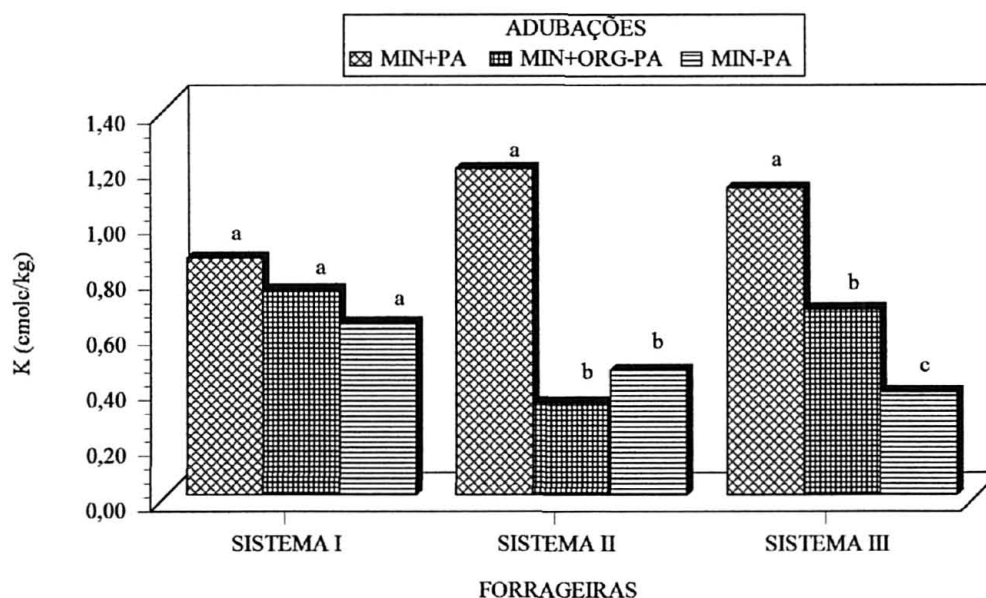
As concentrações de K na profundidade de 0-3 cm (FIGURA 08), com exceção do sistema I, foram significativamente superiores nas parcelas onde a parte aérea permaneceu sobre a superfície, mostrando uma grande extração de K do solo em função da alta quantidade absorvida pelas plantas e a contribuição da reciclagem do K através destas espécies. Segundo MENGEL & KIRKBY (1987), a concentração de K em plantas superiores é aproximadamente igual ao N e 10 vezes maior que P e Mg. FAGERIA et al. (1991) mostraram que o K encontra-se entre os elementos extraídos em maior quantidade por forrageiras, característica observada também neste experimento, conforme ANEXO 07. MOTTA NETO (1995) também observou maiores teores de K no tratamento com adubação mineral e permanência da parte aérea em solo cultivado com espécies forrageiras.

O tratamento com adubação orgânica não superou a contribuição da parte aérea, apesar de existir um saldo positivo entre adição e extração equivalente a 23, 5 e 21 kg ha⁻¹ de K no sistema I, II e III, respectivamente (ANEXO 08), o que caracteriza a maior eficiência da planta em relação ao adubo orgânico. Isso provavelmente ocorreu porque o K da planta é um elemento não estrutural e, portanto, facilmente liberado da parte aérea para o solo. Outro aspecto que deve ser considerado é a maior quantidade de resíduo vegetal existente sobre o solo no tratamento com permanência da parte aérea, diminuindo as perdas de K no perfil.

Os fatores que determinaram a igualdade entre os tratamentos no sistema I estão relacionados com produção e exportação. Neste sistema, a produção e conseqüentemente a quantidade extraída são menores, assim, o menor retorno através da parte aérea permite uma maior contribuição dos demais tratamentos.

No tratamento com permanência da parte aérea, as espécies forrageiras do sistema II e III apresentaram maiores teores de K no solo comparado ao sistema I, isso ocorreu devido a maior extração e conseqüentemente maior retorno de K ao solo através destas culturas conforme discutido anteriormente. Os resultados obtidos por TESTA et al. (1992) mostraram que as sucessões de culturas afetaram os teores de K do solo na mesma proporção que a produção de biomassa.

FIGURA 08 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO K DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95.*

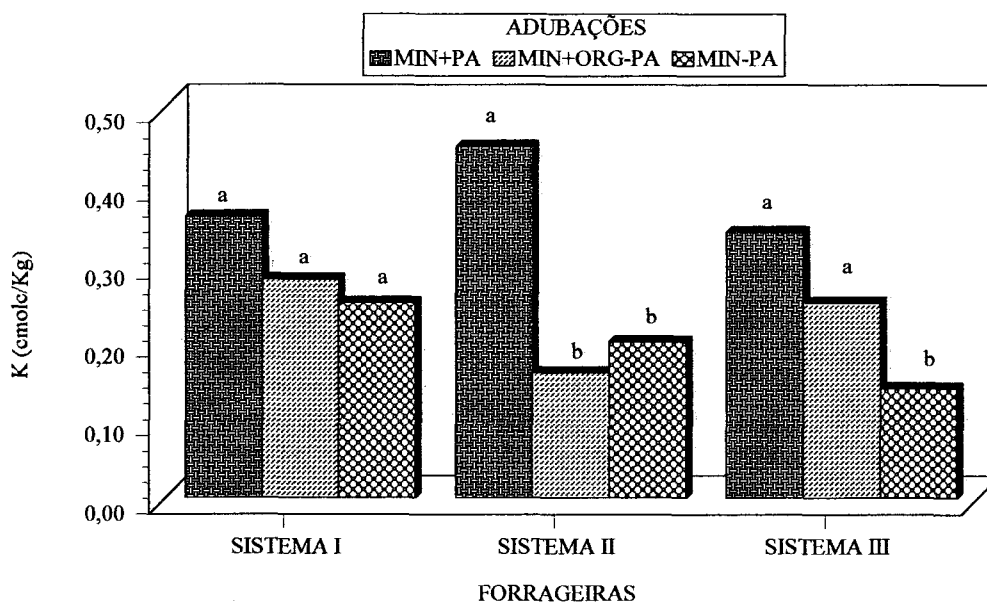


*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O comportamento do K foi semelhante nas duas profundidades (FIGURA 08 e 09) indicando uma distribuição no perfil provavelmente determinada pela mobilidade deste elemento e pela contribuição do sistema radicular. No entanto, observa-se um gradiente nesta distribuição, onde as concentrações diminuem com a profundidade, resultados semelhantes aos

observados por SIDIRAS & PAVAN (1985); KLEPKER & ANGHINONI (1995) e SANTOS et al. (1995).

FIGURA 09 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO K DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 3-9 cm. COLETA MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

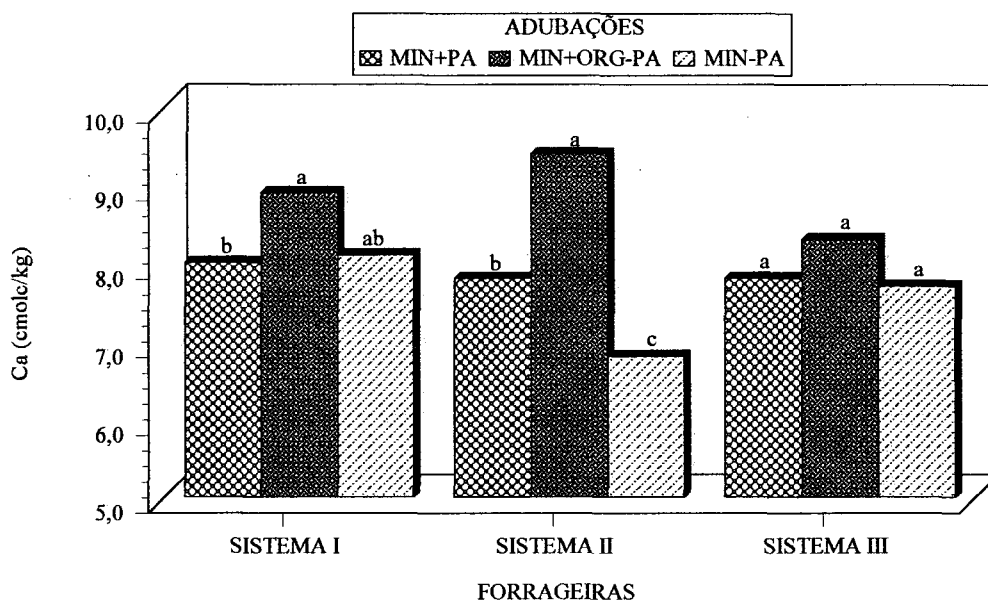
4.3.2.2 Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

Com relação aos teores de Ca (FIGURA 10) e Mg (FIGURA 11) na profundidade de 0-3 cm, observa-se os melhores resultados nas parcelas com adubação orgânica, no entanto, o teor de Mg do solo não apresentou interação com as espécies forrageiras. As melhores médias nos teores de Ca e Mg na adubação orgânica indicam que o esterco bovino compensou as perdas provenientes da exportação da parte aérea em função da menor absorção destes nutrientes pelas plantas quando comparados com o K. A média geral da extração de Ca, Mg e

K foi 34, 23 e 147 kg ha⁻¹ enquanto que a adição destes nutrientes através do esterco bovino foi de 153, 78 e 189 kg ha⁻¹, respectivamente (ANEXO 08).

Nesta mesma área experimental, LUCCHESI (1988) não constatou o efeito da adubação orgânica nos teores de Ca e Mg do solo na profundidade de 0-15 cm. Porém, MOTTA NETO (1995) verificou que a adubação orgânica manteve os teores de Ca e Mg na camada superficial (0-3 cm), enquanto que nos demais tratamentos ocorreu uma queda na concentração. HOLANDA et al. (1984) observaram que os teores destes nutrientes no solo aumentaram com a dosagem de esterco de curral.

FIGURA 10 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO Ca DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95.*

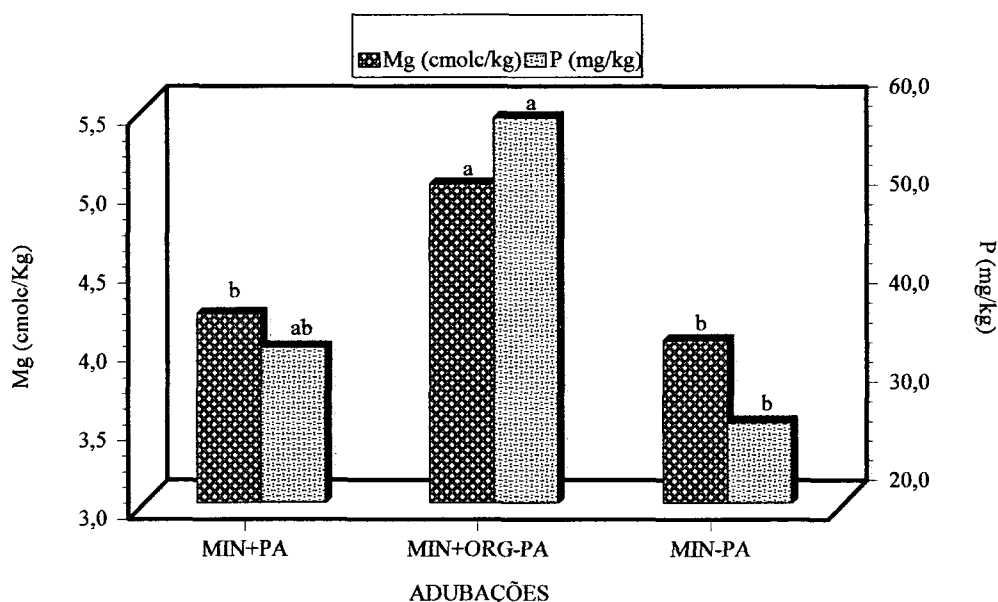


*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No sistema III, a adubação orgânica não diferiu estatisticamente das demais apesar de mostrar os melhores resultados, isso deve-se provavelmente à maior extração de Ca pela planta diminuindo o efeito do adubo orgânico.

Os resultados da FIGURA 10 e 11 também mostram efeitos semelhantes entre a permanência e exportação da parte aérea, com exceção do Ca no sistema II, caracterizando uma pequena contribuição das plantas na reciclagem de Ca e Mg, provavelmente devido ao curto período de avaliação. Estes resultados contrariam os obtidos por TESTA et al. (1992) onde as sucessões de culturas alteraram os teores de Ca e Mg na mesma proporção da produção de biomassa.

FIGURA 11 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES NO Mg E P DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada nutriente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito da permanência da parte aérea no teor de Ca do sistema II provavelmente está relacionado com a menor CTC pH 7 no tratamento com exportação da parte aérea, reduzindo assim a disponibilidade em função da menor capacidade do solo de reter cátions. Como a intensidade de adsorção ou série liotrópica é $H > Al > Ca > Mg > K$, portanto, dentre os nutrientes, o Ca seria o mais favorecido (TISDALE et al., 1993).

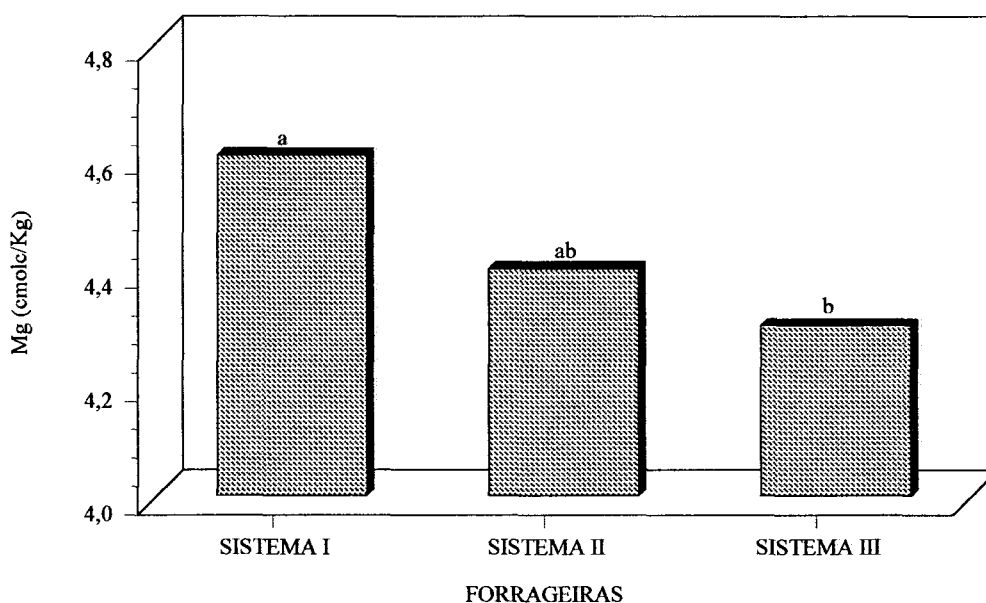
No sistema I, o tratamento com permanência da parte aérea apresentou valores inferiores em relação ao teor de Ca do solo quando comparado ao tratamento com exportação. Na adubação mineral com exportação da parte aérea, a remoção de Ca foi superior às demais, no entanto, mostrou teores no solo equivalentes ao tratamento com adubação orgânica e permanência da parte aérea. Isso deve-se provavelmente à composição botânica, na qual prevaleceram espécies leguminosas principalmente no 1º corte (ANEXO 11) e, de acordo com FAGERIA et al. (1991), o sistema radicular das leguminosas por ser mais profundo, permite a utilização dos nutrientes localizados nas camadas mais profundas do perfil (MONEGAT, 1991).

O teor de Ca no solo não apresentou diferença entre os sistemas forrageiros no tratamento com permanência da parte aérea, apesar das quantidades de resíduo vegetal adicionadas na superfície serem diferentes. Essa característica ressalta a ineficiência destas espécies na reciclagem do Ca através da parte aérea, talvez em função da pequena quantidade adicionada (26, 31 e 37 kg ha⁻¹ no sistema I, II e III, respectivamente) e do curto período de avaliação.

Com relação ao teor de Mg no solo observa-se na FIGURA 12 que as espécies forrageiras apresentaram relação inversa à produção de matéria seca (FIGURA 02) e extração de Mg pela planta (FIGURA 06), apesar desta não ter sido identificada estatisticamente (ANEXO 23).

Na profundidade de 3-9 cm não verificou-se diferenças no teor de Ca e Mg entre os tratamentos, caracterizando a contribuição superficial dos mesmos. Os teores de Ca e Mg também não foram alterados pelas sequências de culturas na profundidade de 0-20 cm em trabalho desenvolvido por SANTOS et al. (1995). A diminuição nos teores de Ca e Mg com a profundidade também foi constatada por SIDIRAS & PAVAN (1985), KLEPKER & ANGHINONI (1995) e SANTOS et al. (1995).

FIGURA 12 - EFEITO DAS FORRAGEIRAS NO Mg DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.2.3 Fósforo (P)

O teor de P na profundidade de 0-3 cm também foi superior nas parcelas com adubação orgânica (FIGURA 11) que, mesmo não diferindo estatisticamente do tratamento com a

permanência da parte aérea, foi superior em 23,3 mg kg⁻¹, o que representa sob o ponto de vista da fertilidade uma grande variação. Nesta mesma área experimental LUCCHESI (1988), não verificou efeito da adubação orgânica nos teores de P, no entanto MOTTA NETO (1995) observou que o teor de P do solo aumentou com a adição de esterco bovino. HOLANDA (1984) observaram aumentos lineares de P no solo com as dosagens de esterco.

Em função da pequena extração do P pela planta, não verificou-se diferença significativa entre a permanência e exportação da parte aérea, apesar de mostrar uma superioridade nos tratamentos onde o resíduo vegetal permaneceu sobre a superfície do solo.

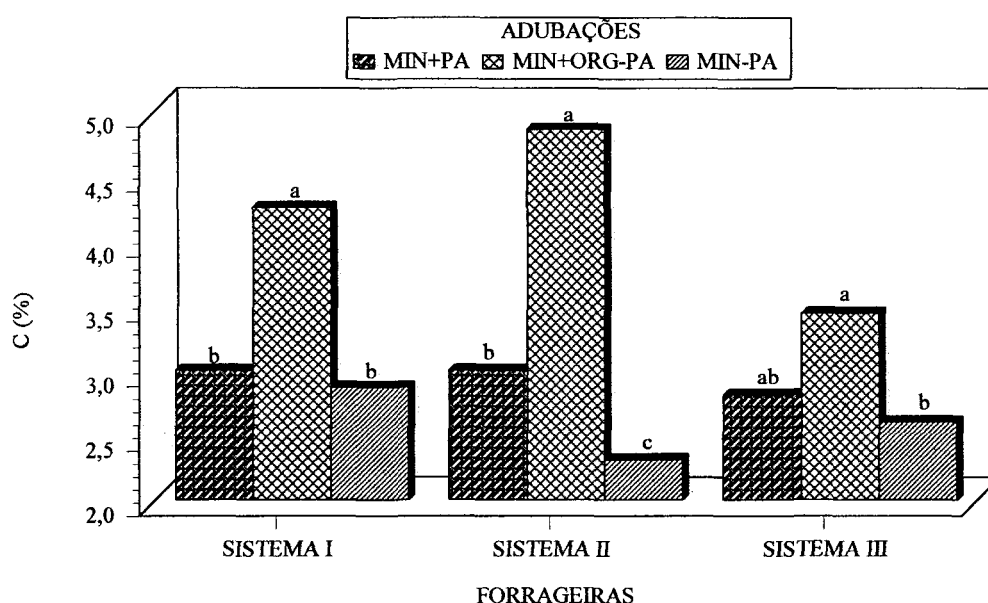
O efeito dos tratamentos não foi identificado na camada de 3-9 cm, mostrando assim a pouca mobilidade deste nutriente no perfil bem como a contribuição superficial da calagem e adubação em cobertura. Os maiores teores de P observados na camada superficial estão de acordo com resultados obtidos por SIDIRAS & PAVAN (1985) e SANTOS et al. (1995).

4.3.2.4 Carbono orgânico (C), Nitrogênio total (N) e Relação C/N

O adubo orgânico além de fornecer nutrientes aumenta o teor de matéria orgânica do solo, contribuindo na melhoria das características químicas, físicas e biológicas. Nos três sistemas forrageiros, a adição de esterco bovino elevou os teores de C orgânico na profundidade de 0-3 cm (FIGURA 13) demonstrando a importância desta adubação em áreas onde pretende-se elevar os níveis de matéria orgânica do solo. LUCCHESI (1988) observou que os teores de C orgânico foram superiores no tratamento com adubação orgânica, em contrapartida, MOTTA NETO (1995) não verificou diferenças com a adição de esterco bovino.

No sistema III a diferença entre adubação orgânica e permanência da parte aérea é de 0,6 unidades percentuais o que representa uma grande variação a nível de fertilidade, apesar desta não ser identificada estatisticamente. Essa igualdade provavelmente ocorreu devido à maior extração neste sistema, reduzindo assim o efeito da adubação orgânica.

FIGURA 13 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO C ORGÂNICO DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A exportação ou permanência da parte aérea sobre a superfície do solo, da mesma forma que os teores de Ca, Mg e P, não modificou estatisticamente os teores de C orgânico, com exceção do sistema II. A diferença observada neste sistema provavelmente ocorreu devido à menor contribuição do sistema radicular no tratamento com exportação da parte aérea e não devido ao efeito do resíduo vegetal adicionado na superfície. No entanto, apesar de não constatada diferença estatística no sistema I e III, observa-se no tratamento com

permanência da parte aérea, teores de C orgânico superiores em relação ao tratamento com exportação. CHRISTENSEN et al. (1994) observaram, após 5 anos de experimentação, que o teor de C orgânico foi superior no plantio direto comparado ao cultivo mínimo e SIDIRAS & PAVAN (1985) obtiveram maiores teores de C orgânico no sistema de vegetação permanente, mostrando a importância dos resíduos vegetais sobre o solo. BAYER (1992) observou que o teor de C orgânico do solo aproximou-se à situação original (campo nativo) quando associou-se sistemas de culturas que promoveram altas adições de material orgânico ao solo com métodos de preparo com revolvimento reduzido.

Com relação às forrageiras, observa-se que os teores de C orgânico do solo no tratamento com permanência da parte aérea são iguais para os diferentes sistemas, apesar da quantidade adicionada de resíduo vegetal apresentar valores crescentes no sistema I, II e III. Contrariando os resultados obtidos por LAL et al. (1980), os quais constataram que o aumento na quantidade de resíduo vegetal aplicado propiciou aumentos no teor de C orgânico, reduzindo as taxas de degradação química do solo com o tempo de cultivo após a remoção da floresta. HAVLIN et al. (1990) verificaram que a manutenção de resíduos culturais sobre a superfície resultou em acréscimos nos teores de C orgânico somente na profundidade de 0-2,5 cm. Estes autores verificaram que os sistemas com maior produção de resíduo mostraram os melhores teores no solo, evidenciando a relação positiva entre estes dois fatores. A diferença observada no teor de C orgânico do solo, entre os resultados obtidos neste experimento e os apresentados por LAL et al. (1980) e HAVLIN et al. (1990), deve-se provavelmente às pequenas diferenças existentes entre a quantidade de resíduo apresentadas pelos diferentes sistemas forrageiros.

Nos tratamentos com exportação da parte aérea, a contribuição efetiva das forrageiras foi através do sistema radicular. Os resultados obtidos mostram que o teor de C orgânico no

solo foi alterado em ordem decrescente pelos sistemas I, III e II. O sistema II, apesar de ser constituído por espécies perenes, proporcionou o menor teor de C orgânico, talvez devido a renovação e ao volume de raízes das forrageiras existentes neste sistema, sendo a hemartria a espécie forrageira com 76% de participação média na composição botânica (ANEXO 12).

No tratamento com adubação orgânica, as forrageiras perenes (sistema I e II) foram superiores às anuais (sistema III), mostrando que o ciclo da cultura teve maior influência que a produção de matéria seca.

Na profundidade de 3-9 cm, os teores de C orgânico foram influenciados pelas adubações (FIGURA 15) e forrageiras (FIGURA 16) independentemente, sendo que a adubação orgânica e as forrageiras do sistema I e II mostraram os melhores resultados. Nesta profundidade, o sistema I, apesar de apresentar menor produção de matéria seca, mostrou melhores teores de C orgânico. O destaque das forrageiras perenes caracteriza a importância da cobertura do solo e do sistema radicular e caulinar no processo de recuperação. A diminuição nos teores de C orgânico com a profundidade foram também observados por TESTA et al. (1992); HAVLIN et al. (1990) e FRANZLUEBBERS et al. (1995).

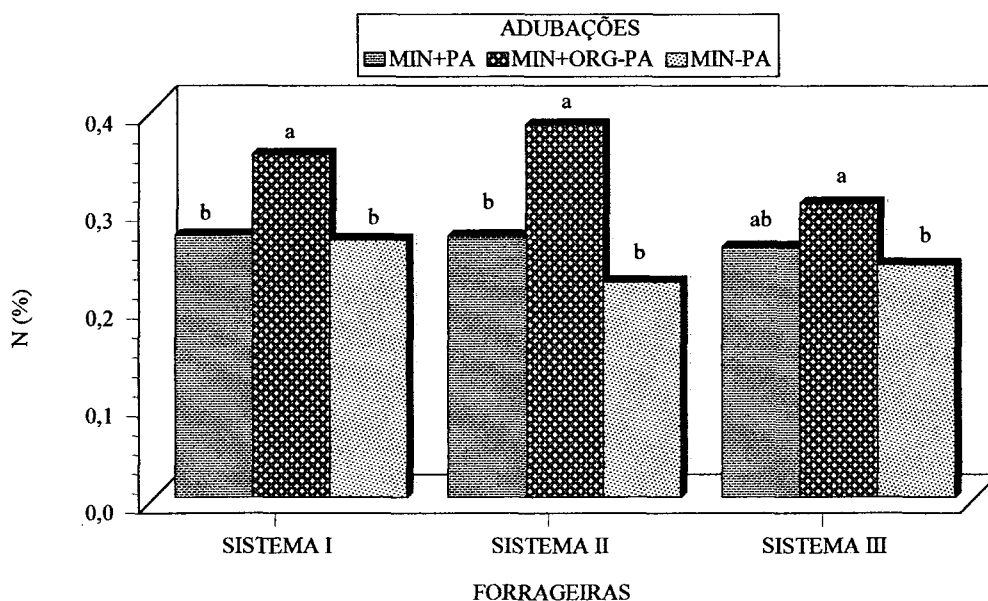
Com relação aos teores de N total (FIGURA 14 e 15), observa-se um comportamento semelhante ao C orgânico em ambas as profundidades, no entanto, na camada de 3-9 cm apresentou somente efeito da adubação. Este comportamento é esperado, pois segundo STEVENSON (1982), teores superiores a 90% do N total encontram-se na forma orgânica. Portanto, o C orgânico e o N total representam a matéria orgânica do solo, a qual apresenta estrutura relativamente estável caracterizada pela relação C/N.

Neste experimento, a relação C/N média do solo na profundidade de 0-3 cm foi de 11,3, não apresentando efeito dos tratamentos. MELO (1994), no trabalho desenvolvido com espécies forrageiras em áreas degradadas, encontrou uma relação C/N de 12,1. Segundo

TISDALE et al. (1993), a relação C/N em solos não degradados e em equilíbrio com o meio ambiente é de aproximadamente 10 a 12, podendo variar de 8 a 15 (BRADY, 1989). Já as substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina) apresentam uma relação C/N maior que a matéria orgânica do solo, indicando uma grande resistência a mineralização conforme SPOSITO (1989).

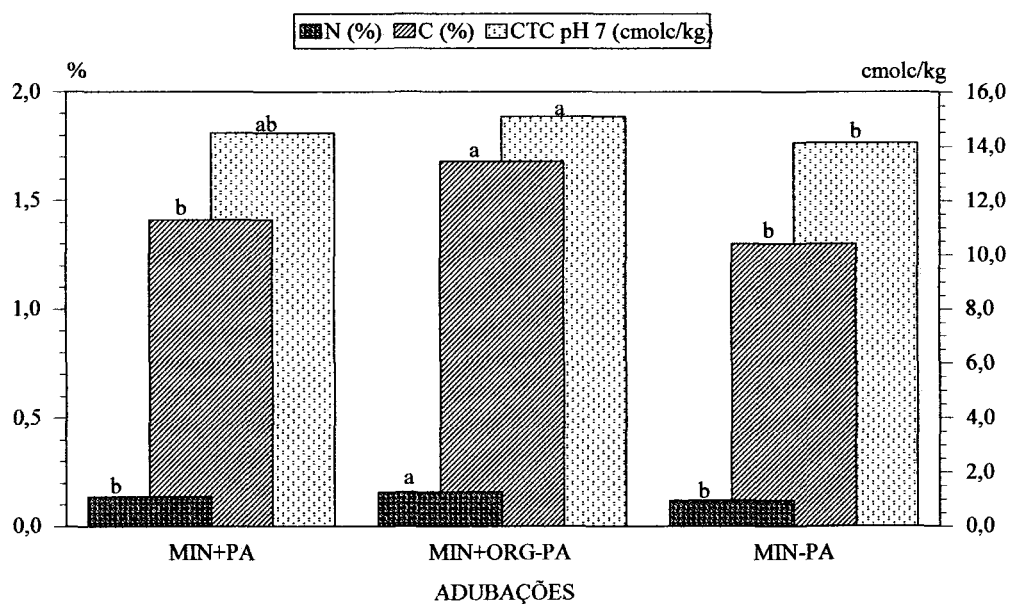
Na camada de 3-9 cm observa-se a influência das forrageiras (FIGURA 16) na relação C/N do solo, sendo o sistema I superior aos demais, comportamento semelhante foi verificado no C orgânico do solo nesta profundidade.

FIGURA 14 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NO N TOTAL DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95.*



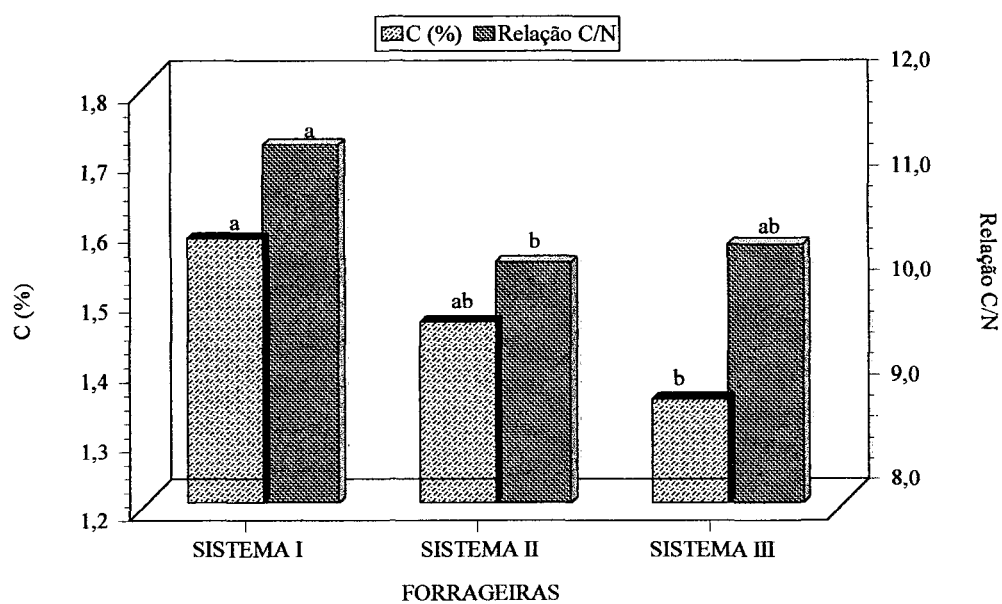
*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 15 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES NO N TOTAL, C ORGÂNICO E CTC pH 7 DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 3-9 cm. COLETA MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada nutriente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 16 - EFEITO DAS FORRAGEIRAS NO C ORGÂNICO E RELAÇÃO C/N DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 3-9 cm. COLETA MAIO/95.*



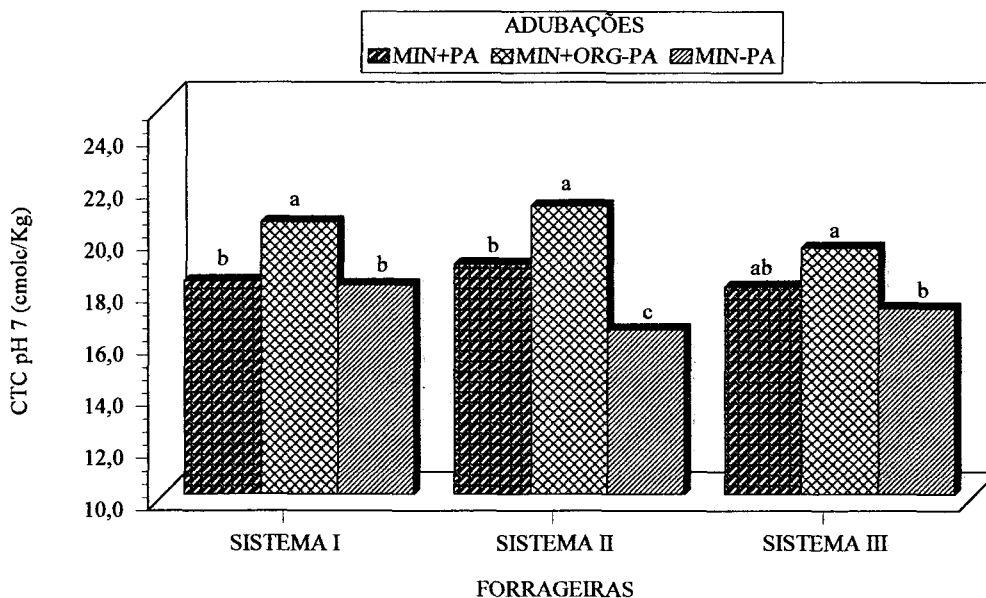
*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada nutriente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.2.5 CTC pH 7

A CTC pH 7 (FIGURA 15 e 17) mostrou um comportamento semelhante ao C orgânico e N total em ambas as profundidades, porém na camada de 3-9 cm foi verificado somente o efeito da adubação. TESTA et al. (1992) também verificaram que o maior efeito das culturas sobre a CTC pH 7 ocorreu na camada superficial de 0-2,5 cm.

Nas regiões tropicais e subtropicais, onde os solos são mais intemperizados, predominam argilas de baixa atividade, sendo portanto o teor de matéria orgânica o principal contribuinte da CTC. Os resultados obtidos neste experimento confirmam a importância da matéria orgânica na formação de cargas.

FIGURA 17 - EFEITO DAS ADUBAÇÕES E FORRAGEIRAS NA CTC pH 7 DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm. COLETA MAIO/95.*



*Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA PALHADA

4.4.1 MATÉRIA SECA RESIDUAL E COBERTURA DO SOLO

Na TABELA 05 observa-se que a adubação mineral com permanência da parte aérea proporcionou maior quantidade de matéria seca residual em todos os sistemas, comportamento esperado em função do manejo das forrageiras.

TABELA 05 - MATÉRIA SECA RESIDUAL E COBERTURA DO SOLO NO EXPERIMENTO COM ADUBAÇÕES E ESPÉCIES FORRAGEIRAS. PERÍODO MAIO/94 MAIO/95.

FORRAGEIRA	ADUBAÇÃO	Matéria seca residual ¹kg ha ⁻¹	Matéria seca residual ²	Cobertura do solo ³ %
SISTEMA I	MIN+PA	3260	1892	97
SISTEMA I	MIN+ORG-PA	828	906	96
SISTEMA I	MIN-PA	648	499	90
SISTEMA II	MIN+PA	3785	3482	100
SISTEMA II	MIN+ORG-PA	1472	680	97
SISTEMA II	MIN-PA	1049	827	90
SISTEMA III	MIN+PA	3153	538	92
SISTEMA III	MIN+ORG-PA	508	393	82
SISTEMA III	MIN-PA	727	291	86

1- Coleta outubro/94; 2- Coleta fevereiro/95; 3- Média do período (maio/94 a maio/95)

Com relação às duas épocas de amostragem, observa-se uma redução na quantidade de matéria seca residual na 2ª coleta (fevereiro/95), mostrando que a decomposição dos resíduos foi superior à adição pelas espécies neste período. A coleta da palhada em outubro/94 foi efetuada antes do corte de inverno e a de fevereiro/95 antes do corte de verão sendo, portanto, a produção de inverno responsável pela diferença entre a 1ª e a 2ª coleta.

Na avaliação quanto à eficiência da proteção do solo, a cobertura residual é muito importante. Neste experimento, observa-se que as espécies perenes (sistema I e II) mostraram maior matéria seca residual e maior cobertura do solo, caracterizando uma relação direta entre estas variáveis. BRAGAGNOLO & MIELNICZUK (1990), no entanto, observaram que algumas sequências de culturas, apesar dos elevados valores de matéria seca residual, apresentaram baixos índices de cobertura do solo em função da constituição lenhosa do resíduo.

As percentagens médias de cobertura do solo em todos os sistemas e adubações são elevadas, conforme TABELA 05. A menor cobertura do solo verificada neste experimento foi de 82%, considerada adequada sob o ponto de vista do controle à erosão. Segundo TISDALE et al. (1993) não existem perdas de solo pelo vento e pela água com cobertura de 70 e 80%, respectivamente e de acordo com BERTOL et al. (1987) uma cobertura do solo equivalente a 60% da área promove uma redução de 80% nas perdas do solo por erosão.

Os valores de cobertura do solo por tratamento em cada corte verificados durante o período de estudo encontram-se no ANEXO 14.

4.4.2 CARBONO E NITROGÊNIO SOBRE O SOLO

A quantidade de C e de N sobre o solo na coleta de fevereiro/95 mostraram interação significativa entre adubações e forrageiras, sendo a adubação mineral com permanência da parte aérea superior às demais com exceção do sistema III (TABELA 06). Comportamento idêntico foi observado na matéria seca residual, onde as correlações com C e N sobre o solo foram significativas com valores equivalentes a 0,99 e 0,95, respectivamente.

TABELA 06 - QUANTIDADE DE C E N SOBRE O SOLO E TEOR DE C ORGÂNICO E N TOTAL DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-3 cm NO EXPERIMENTO COM ADUBAÇÕES E ESPÉCIES FORRAGEIRAS.¹

FORRAGEIRA	ADUBAÇÃO	C sobre o solo ²kg ha ⁻¹	N sobre o solo ²	C do solo (0-3 cm) ³%	N do solo (0-3 cm) ³
SISTEMA I	MIN+PA	789a	31a	2,97b	0,269b
SISTEMA I	MIN+ORG-PA	365b	16b	4,25a	0,352a
SISTEMA I	MIN-PA	199b	8b	2,87b	0,264b
SISTEMA II	MIN+PA	1503a	39a	2,98b	0,268b
SISTEMA II	MIN+ORG-PA	277b	10b	4,85a	0,383a
SISTEMA II	MIN-PA	341b	9b	2,31c	0,221b
SISTEMA III	MIN+PA	217a	8a	2,82ab	0,257ab
SISTEMA III	MIN+ORG-PA	163a	6a	3,44a	0,303a
SISTEMA III	MIN-PA	119a	4a	2,60b	0,239b

1- Médias seguidas da mesma letra dentro de cada sistema forrageiro não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2- Coleta fevereiro/95; 3- Coleta maio/95

Com relação às forrageiras verifica-se uma superioridade das espécies perenes, apesar de mostrar significância somente no tratamento com permanência da parte aérea.

Na TABELA 06 observa-se que os teores de C orgânico e N total do solo são maiores no tratamento com adubação orgânica, mostrando maior efeito desta em relação à quantidade de C e N sobre o solo. O teste de correlação entre teor no solo e quantidade sobre o solo não apresentou significância estatística a nível de 5% de probabilidade. No entanto, se observarmos somente os tratamentos sem adubação orgânica, verificamos que as parcelas com maior quantidade de C e N sobre o solo apresentam maior teor no solo. TESTA et al. (1992) observou uma relação direta entre C sobre o solo e teor de C do solo, onde as maiores adições de C na superfície refletiram em maiores teores de C no perfil do solo. FRANZLUEBBERS et al. (1995) constataram que na profundidade de 0-5 cm o teor de C orgânico foi superior no sistema de rotação comparado ao monocultivo devido à maior entrada de C via resíduo e raízes das culturas em rotação e ao menor tempo de pousio. Nesta profundidade, os autores também obtiveram teores de C orgânico superiores no sistema de plantio direto comparado com o preparo convencional.

5 CONCLUSÕES

-As maiores produções de matéria seca total ocorreram nos tratamentos com adubação orgânica e com permanência da parte aérea e nas forrageiras do sistema II e III.

-Com relação às adubações, as extrações de K, Ca, Mg, P e N pela planta, com excessão do K no sistema II e do Ca no sistema I, foram superiores no tratamento com adubação orgânica. A extração de K no sistema II e de Ca no sistema I foi maior na adubação com permanência e com exportação da parte aérea respectivamente.

-Em relação às forrageiras, os sistemas de maior produção de matéria seca apresentaram maior extração de Ca, Mg e N, com excessão do Ca e do N na adubação com exportação da parte aérea onde o sistema I mostrou os maiores resultados. A extração de K foi superior no sistema II em todas as adubações

-Os tratamentos propiciaram alterações nas propriedades químicas do solo, entre a coleta inicial e final do experimento, principalmente na camada de 0-3 cm.

-Não constatou-se diferença entre os tratamentos no pH CaCl_2 , Al e H^+Al do solo em ambas as profundidades e nos teores de P, Ca e Mg do solo na camada de 3-9 cm.

-A adubação orgânica propiciou melhores teores de P, Ca e Mg na camada de 0-3 cm e de C orgânico, N total e CTC pH 7 do solo nas duas profundidades.

-A permanência da parte aérea apresentou melhores resultados em relação à adubação orgânica no teor de K do solo nas duas profundidades.

-A adubação mineral com exportação da parte aérea apresentou os menores teores de todos os nutrientes do solo em relação às demais adubações.

-Considerando o teor de matéria orgânica como o principal fator no processo de recuperação, constatou-se que as espécies perenes (sistema I e II) foram mais adequadas.

-As porcentagens médias de cobertura do solo em todos os sistemas e adubações foram adequadas sob o ponto de vista do controle à erosão.

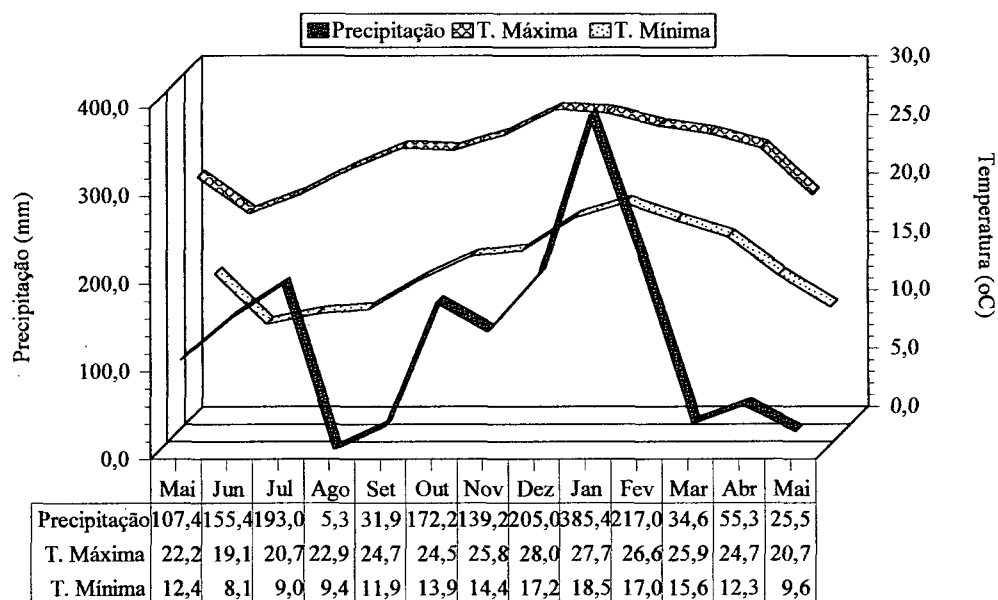
-A quantidade de C e N sobre o solo teve menor efeito que a adubação orgânica em relação aos teores de C orgânico e N total do solo na profundidade de 0-3 cm.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando este período de estudo pode-se concluir que as forrageiras perenes e a adubação orgânica com exportação da parte aérea foram os tratamentos que apresentaram os melhores resultados. No entanto, para a utilização do material vegetal na alimentação animal sugere-se um monitoramento dos teores de metais pesados na planta e no solo. Em locais onde não existe disponibilidade de fertilizante orgânico recomenda-se a permanência da parte aérea.

ANEXOS

ANEXO 01 - Dados de precipitação pluviométrica e temperatura média máxima e mínima do município de Irati - PR durante o período de maio/94 a maio/95.



Fonte: Secretaria da Agricultura e do abastecimento do estado do Paraná / Sistema de agrometeorologia / Estação meteorológica do IAPAR (Dados não publicados).

ANEXO 02 - Caracterização química da área na profundidade de 0-20 cm. Coleta abril/95.

Prof. cm	pH CaCl ₂	pH SMP	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺	K ⁺	T	P mg kg ⁻¹	V %
0-20	4,80	6,8	0,20	2,70	4,80	3,30	0,18	11,0	3,00	75,4

ANEXO 03 - Caracterização química do calcário (calxisto) aplicado em 07/07/94.

PRNT	ER	PN%	CaO	MgO	GRANULOMETRIA (%)			
					>2 mm	0,8-2 mm	0,3-0,8 mm	<0,3 mm
41,6	71,7	58,0	17,9	12,8	2,1	16,6	32,1	49,3

ANEXO 04 - Concentração de nutrientes e teor de umidade (%) das amostras de esterco bovino aplicado no plantio das forrageiras de inverno e verão.

Amostra	Umidade	C	N	P	K	Ca	Mg
Inverno	66,5	24,14	1,26	0,55	1,52	0,83	0,55
Verão	60,1	22,55	1,34	0,59	1,38	1,26	0,60

ANEXO 05 - Quantidade de C, N, P, K Ca e Mg (kg ha⁻¹) adicionados ao solo através do esterco bovino no plantio das forrageiras de inverno e verão.

PLANTIO	C	N	P	K	Ca	Mg
Inverno	808,69	42,21	18,42	50,92	27,80	18,42
Verão	2249,36	133,66	58,85	137,65	125,68	59,85
TOTAL	3058,05	175,87	77,27	188,57	153,48	78,27

ANEXO 06 - Quantidade de N, P, K Ca e Mg (kg ha⁻¹) adicionados ao solo através dos adubos minerais e calcário.

ESPECIFICAÇÃO	N	P	K	Ca	Mg
ADUBOS	124	70	125	89*	-
CALCÁRIO	-	-	-	384	232
TOTAL	124	70	125	473	232

* Superfósforo triplo (12% de Ca) e Superfósforo simples (18% de Ca).

ANEXO 07 - Quantidade total de C incorporado e N, P, K Ca e Mg (kg ha⁻¹) extraídos através da parte aérea nas diferentes forrageiras e adubações.

FORRAGEIRA	ADUBAÇÃO	C	N	P	K	Ca	Mg
SISTEMA I	MIN+PA	2464	76	15	112	26	14
SISTEMA I	MIN+ORG-PA	2996	100	20	163	30	19
SISTEMA I	MIN-PA	2246	84	15	111	34	15
SISTEMA II	MIN+PA	3521	89	19	203	31	18
SISTEMA II	MIN+ORG-PA	3725	111	25	185	38	33
SISTEMA II	MIN-PA	2691	76	15	141	29	19
SISTEMA III	MIN+PA	3864	98	19	144	37	26
SISTEMA III	MIN+ORG-PA	4681	134	22	166	49	35
SISTEMA III	MIN-PA	3011	74	14	94	31	25

ANEXO 08 - Quantidade de N, P, K, Ca e Mg (kg ha⁻¹) adicionados ao solo por tratamento através do adubo mineral, orgânico e parte aérea.

FORRAGEIRA	ADUBAÇÃO	N				P				K				Ca				Mg			
		1	2	3	T	1	2	3	T	1	2	3	T	1	2	3	T	1	2	3	T
SISTEMA I	MIN+PA	124	-	76	124	70	-	15	70	125	-	112	125	473	-	26	473	232	-	14	232
SISTEMA I	MIN+ORG-PA	124	176	100	200	70	77	20	127	125	188	163	150	473	153	30	596	232	78	19	291
SISTEMA I	MIN-PA	124	-	84	40	70	-	15	55	125	-	111	14	473	-	34	439	232	-	15	217
SISTEMA II	MIN+PA	124	-	89	124	70	-	19	70	125	-	203	125	473	-	31	473	232	-	18	232
SISTEMA II	MIN+ORG-PA	124	176	111	189	70	77	25	122	125	188	185	128	473	153	38	588	232	78	33	277
SISTEMA II	MIN-PA	124	-	76	48	70	-	15	55	125	-	141	-16	473	-	29	444	232	-	19	213
SISTEMA III	MIN+PA	124	-	98	124	70	-	19	70	125	-	144	125	473	-	37	473	232	-	26	232
SISTEMA III	MIN+ORG-PA	124	176	134	166	70	77	22	125	125	188	166	147	473	153	49	577	232	78	35	275
SISTEMA III	MIN-PA	124	-	74	50	70	-	14	56	125	-	94	31	473	-	31	442	232		25	207

1- Adubo mineral; 2- Adubo orgânico; 3- Parte aérea; T- [1 + 2 - 3(exportada)]

ANEXO 09 - Produção de matéria seca da parte aérea (kg ha^{-1}) referente aos 4 cortes realizados no período de maio/94 a maio/95 nas diferentes forrageiras e adubações. Média de 4 repetições.

FORRAGEIRA	ADUBAÇÃO	PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA (kg ha^{-1})				TOTAL
		1° Corte (Out./94)	2° Corte (Dez./94)	3° Corte (Jan./95)	4° Corte (Mar./95)	
SISTEMA I	MIN+PA	781	1565	1524	1943	5813
SISTEMA I	MIN+ORG-PA	1194	1137	2132	2236	7099
SISTEMA I	MIN-PA	841	1216	1404	1851	5312
SISTEMA II	MIN+PA	1331	1558	2777	2815	8381
SISTEMA II	MIN+ORG-PA	1277	1364	3450	2755	8845
SISTEMA II	MIN-PA	750	895	2501	2290	6687
SISTEMA III	MIN+PA	2017	-	-	7064	9081
SISTEMA III	MIN+ORG-PA	1399	-	-	9468	10867
SISTEMA III	MIN-PA	1416	-	-	5638	7054

ANEXO 10 - Concentração (%) de C, N, P, K, Ca, e Mg da parte aérea (planta inteira) dos cortes efetuados em outubro/94 (I) e março/95 (II) nas diferentes forrageiras e adubações.

FORRAGEIRA	ADUBAÇÃO	C		N		P		K		Ca		Mg	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
SISTEMA I	MIN+PA	43.18	41.84	1.46	1.24	0.26	0.25	1.76	2.04	0.54	0.39	0.20	0.28
SISTEMA I	MIN+ORG-PA	43.10	41.77	1.51	1.37	0.29	0.28	2.19	2.36	0.50	0.39	0.21	0.30
SISTEMA I	MIN-PA	42.41	42.10	2.14	1.23	0.28	0.27	2.16	2.02	0.94	0.45	0.29	0.29
SISTEMA II	MIN+PA	42.82	41.57	1.39	0.90	0.26	0.21	1.96	2.65	0.50	0.30	0.19	0.24
SISTEMA II	MIN+ORG-PA	42.74	41.90	1.65	1.08	0.30	0.27	2.12	2.10	0.63	0.35	0.29	0.40
SISTEMA II	MIN-PA	43.08	41.43	1.89	0.94	0.27	0.22	2.09	2.23	0.78	0.33	0.28	0.30
SISTEMA III	MIN+PA	42.98	42.45	1.89	0.86	0.29	0.19	1.91	1.49	0.54	0.36	0.20	0.32
SISTEMA III	MIN+ORG-PA	43.25	43.08	2.25	1.10	0.32	0.19	2.07	1.45	0.60	0.43	0.24	0.34
SISTEMA III	MIN-PA	42.89	42.69	1.69	0.91	0.27	0.18	1.74	1.22	0.57	0.41	0.20	0.39

I- Coleta outubro/94; II- Coleta março/95

ANEXO 11 - Composição botânica (%) das espécies forrageiras do sistema I. Média por adubação, corte e total referente ao período de maio/94 a maio/95. Cada adubação corresponde a uma média de 24 amostragens.

ESPÉCIE	1° Corte (Out./94)			2° Corte (Dez./94)			3° Corte (Jan./95)			4° Corte (Mar./95)			Média				
	Adubação*			X ₁	Adubação*			X ₂	Adubação*			X ₃	Adubação*			X ₄	Total
	I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		
Pensacola	27	13	23	21	70	58	78	69	58	32	60	50	50	29	61	47	47
Trevo branco	16	17	26	20	5	4	1	3	-	-	6	2	1	-	-	1	6
Trevo vermelho	-	-	3	1	8	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Cornichão	1	-	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Outras gramíneas	14	30	2	15	-	2	-	1	24	49	12	28	20	32	11	21	16
Outras leguminosas	9	2	9	7	3	-	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	2
Ervas daninhas	33	38	36	35	14	35	20	22	17	18	21	19	28	40	26	31	25

* I- MIN+PA; II- MIN+ORG-PA; III- MIN-PA

ANEXO 12 - Composição botânica (%) das espécies forrageiras do sistema II. Média por adubação, corte e geral referente ao período de maio/94 a maio/95. Cada adubação corresponde a uma média de 24 amostragens.

ESPÉCIE	1° Corte (Out./94)			2° Corte (Dez./94)				3° Corte (Jan./95)				4° Corte (Mar./95)			Média		
	Adubação*			X ₁	Adubação*			X ₂	Adubação*			X ₃	Adubação*		X ₄	Total	
	I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II			III
Hemartria	44	40	34	39	86	72	78	79	96	87	99	94	91	89	94	91	76
Trevo branco	8	34	24	22	-	2	4	2	-	-	-	-	-	-	1	1	6
Trevo vermelho	-	2	2	1	-	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cornichão	1	2	2	2	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Outras gramíneas	30	12	-	14	6	9	6	7	2	8	-	3	-	-	-	-	6
Outras leguminosas	15	-	18	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Ervas daninhas	2	10	20	11	8	16	3	9	2	5	1	3	9	11	4	8	8

* I- MIN+PA; II- MIN+ORG-PA; III- MIN-PA

ANEXO 13 - Composição botânica (%) das espécies forrageiras do sistema III. Média por adubação e corte referente ao período de maio/94 a maio/95. Cada adubação corresponde a uma média de 24 amostragens.

ESPÉCIE	1° Corte (Out./94)				2° Corte (Mar./95)			
	Adubação*			X ₁	Adubação*			X ₂
	I	II	III		I	II	III	
Azevém	49	63	52	55	-	-	-	-
Ervilhaca	49	33	34	39	-	-	-	-
Trevo vesiculoso	2	3	6	3	-	-	-	-
Sorgo	-	-	-	-	66	71	54	64
Crotalária	-	-	-	-	14	17	23	18
Outras gramíneas	-	-	-	-	20	11	19	17
Outras leguminosas	-	1	1	1	-	-	-	-
Ervas daninhas	-	-	8	2	-	1	1	1

* I- MIN+PA; II- MIN+ORG-PA; III- MIN-PA

ANEXO 14 - Cobertura do solo (%) das espécies forrageiras. Média por adubação em cada corte referente ao período de maio/94 a maio/95. Cada adubação corresponde a uma média de 24 amostragens.

FORRAGEIRA	1° Corte (Out./94)			2° Corte (Dez./94)			3° Corte (Jan./95)			4° Corte (Mar./95)		
	Adubação*			Adubação*			Adubação*			Adubação*		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
SISTEMA I	99	95	95	95	97	83	98	99	91	94	94	90
SISTEMA II	99	99	91	100	99	88	99	94	90	100	97	91
SISTEMA III	98	89	86	-	-	-	-	-	-	85	75	85

* I- MIN+PA; II- MIN+ORG-PA; III- MIN-PA

ANEXO 15 - Valores de pH CaCl₂, Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, C orgânico e CTC a pH 7 do solo nas diferentes forrageiras e adubações.

Profundidade de 0-3 cm. Coleta inicial (maio/94) e final (maio/95). Média de 4 repetições.

FORRAGEIRA	ADUBAÇÃO	Coleta*	pH	Al	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	P	C
			CaCl ₂								
SISTEMA I	MIN+PA	1	4,9	0,3	7,26	0,54	6,4	2,9	17,12	21	2,83
		2	5,4	0,0	5,16	0,85	8,0	4,2	18,22	31	2,97
SISTEMA I	MIN+ORG-PA	1	5,0	0,3	7,48	0,55	6,8	3,6	18,43	31	3,22
		2	5,4	0,0	5,47	0,74	8,9	5,3	20,48	61	4,25
SISTEMA I	MIN-PA	1	5,0	0,4	6,98	0,39	6,2	3,1	16,62	15	2,51
		2	5,6	0,0	4,99	0,63	8,1	4,3	18,06	34	2,87
SISTEMA II	MIN+PA	1	4,9	0,3	7,00	0,46	6,2	3,0	16,61	17	2,56
		2	5,5	0,0	5,57	1,18	7,8	4,3	18,85	34	2,98
SISTEMA II	MIN+ORG-PA	1	4,9	0,4	7,77	0,23	6,3	3,3	17,55	12	3,21
		2	5,4	0,1	6,26	0,33	9,4	5,1	21,11	33	4,85
SISTEMA II	MIN-PA	1	5,0	0,3	6,15	0,32	5,8	2,9	15,22	13	2,03
		2	5,4	0,0	5,23	0,45	6,8	3,8	16,33	25	2,31
SISTEMA III	MIN+PA	1	5,0	0,3	6,62	0,61	6,1	3,0	16,39	19	2,50
		2	5,4	0,0	4,90	1,12	7,8	4,1	17,99	43	2,81
SISTEMA III	MIN+ORG-PA	1	5,0	0,3	7,64	0,43	6,0	3,5	17,57	22	2,94
		2	5,3	0,0	5,68	0,67	8,3	4,8	19,48	58	3,44
SISTEMA III	MIN-PA	1	5,1	0,3	6,03	0,25	6,1	3,2	15,52	17	2,04
		2	5,4	0,0	5,06	0,37	7,7	4,0	17,15	26	2,60

*1- Coleta inicial (maio/94); 2- Coleta final (maio/95)

ANEXO 16 - Valores de pH CaCl₂, Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, C orgânico e CTC a pH 7 do solo nas diferentes forrageiras e adubações.

Profundidade de 3-9 cm. Coleta inicial (maio/94) e final (maio/95). Média de 4 repetições.

FORRAGEIRA	ADUBAÇÃO	Coleta*	pH CaCl ₂	Al	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	P	C
			cmol _c kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	%
SISTEMA I	MIN+PA	1	5,0	0,1	5,78	0,28	5,2	2,6	13,91	7	1,32
		2	5,0	0,2	5,67	0,36	5,4	2,9	14,27	5	1,46
SISTEMA I	MIN+ORG-PA	1	4,9	0,3	6,37	0,26	4,9	2,9	14,38	5	1,51
		2	4,8	0,3	6,64	0,28	5,1	2,9	14,98	8	1,69
SISTEMA I	MIN-PA	1	4,9	0,2	6,03	0,21	5,1	2,7	14,01	4	1,43
		2	4,9	0,2	6,15	0,25	5,3	3,0	14,69	4	1,59
SISTEMA II	MIN+PA	1	5,0	0,2	5,91	0,30	5,2	2,8	14,25	6	1,39
		2	5,0	0,1	5,67	0,45	5,6	3,0	14,67	6	1,46
SISTEMA II	MIN+ORG-PA	1	4,9	0,3	6,52	0,12	4,5	2,7	13,86	3	1,36
		2	4,9	0,2	6,36	0,16	5,4	3,2	15,09	4	1,72
SISTEMA II	MIN-PA	1	4,9	0,2	5,56	0,20	5,0	2,8	13,53	5	1,25
		2	5,1	0,1	4,98	0,20	5,6	3,1	13,88	4	1,20
SISTEMA III	MIN+PA	1	5,0	0,2	5,92	0,35	5,4	2,6	14,27	8	1,47
		2	5,0	0,1	5,72	0,34	5,6	2,9	14,53	8	1,30
SISTEMA III	MIN+ORG-PA	1	5,0	0,2	5,88	0,21	4,8	3,0	13,92	6	1,41
		2	4,9	0,2	6,36	0,25	5,4	3,1	15,18	7	1,64
SISTEMA III	MIN-PA	1	5,2	0,1	5,07	0,13	5,5	3,1	13,77	5	1,19
		2	5,1	0,1	5,17	0,14	5,5	3,0	13,81	5	1,12

*1- Coleta inicial (maio/94); 2- Coleta final (maio/95)

ANEXO 17 - Resumo do quadro de análise de variância para pH CaCl₂, H+Al, K, Ca, CTC pH 7, P e C orgânico sem transformação e log Mg do solo no experimento com diferentes adubações e espécies forrageiras. Profundidade de 0-3 cm. Coleta inicial (maio/94).

F. VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		pH	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	P	C
Adubação	2	0,016 ^{ns}	4,665 ^{ns}	0,144 [*]	0,305 ^{ns}	0,095 [*]	12,984 ^{**}	122,583 ^{ns}	2,626 ^{**}
Forrageira	2	0,011 ^{ns}	0,680 ^{ns}	0,073 ^{**}	0,670 [*]	0,011 ^{ns}	3,374 ^{**}	217,333 ^{**}	0,413 [*]
Adub. x Forrag.	4	0,003 ^{ns}	0,444 ^{ns}	0,037 [*]	0,149 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,213 ^{ns}	85,792 [*]	0,064 ^{ns}
Residuo (A)	6	0,026	1,351	0,015	0,407	0,010	0,644	37,546	0,114
Residuo (B)	18	0,010	0,601	0,010	0,142	0,004	0,543	19,898	0,102
CV(A) %		1,86	9,60	16,86	5,93	5,01	2,76	19,12	7,35
CV(B) %		1,97	11,09	24,40	6,08	5,89	4,39	24,11	12,06

ns- não significativo; *- significativo ao nível de 5% de probabilidade; **- significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO 18 - Resumo do quadro de análise de variância para pH CaCl₂, H+Al, K, Ca, Mg, CTC pH 7, P e C Orgânico sem transformação do solo no experimento com diferentes adubações e espécies forrageiras. Profundidade de 3-9 cm. Coleta inicial (maio/94).

F. VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		pH	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	P	C
Adubação	2	0,014 ^{ns}	1,510 ^{ns}	0,060 ^{**}	1,000 ^{ns}	0,101 ^{ns}	0,454 ^{ns}	21,861 ^{ns}	0,055 ^{ns}
Forrageira	2	0,054 ^{ns}	0,661 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,334 ^{ns}	0,088 ^{ns}	0,144 ^{ns}	9,528 ^{ns}	0,026 ^{ns}
Adub. x Forrag.	4	0,028 ^{ns}	0,361 ^{ns}	0,014 ^{**}	0,066 ^{ns}	0,121 ^{ns}	0,288 ^{ns}	3,111 ^{ns}	0,043 ^{ns}
Resíduo (A)	6	0,055	0,924	0,003	0,469	0,202	0,459	5,824	0,036
Resíduo (B)	18	0,017	0,435	0,003	0,174	0,073	0,593	4,509	0,026
CV(A) %		2,72	9,42	13,33	7,78	9,30	2,79	26,40	7,95
CV(B) %		2,62	11,19	23,80	8,22	9,67	5,50	40,23	11,83

ns- não significativo; *- significativo ao nível de 5% de probabilidade; **- significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO 19 - Resumo do quadro de análise de variância para pH CaCl₂, K, Ca, Mg, CTC pH 7, P, N total e relação C/N sem transformação; H+Al^{3,6} e C orgânico⁻² do solo no experimento com diferentes adubações e espécies forrageiras. Profundidade de 0-3 cm. Coleta final (maio/95).

F. VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS									
		pH	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	P	C	N	C/N
Adubação	2	0,022 ^{ns}	4,4*10 ^{-6ns}	1,908 ^{**}	5,856 ^{**}	3,677 ^{**}	30,899 ^{**}	1607,694 [*]	0,0236 ^{**}	0,0358 ^{**}	4,878 ^{ns}
Forrageira	2	0,007 ^{ns}	6,0*10 ^{-7ns}	0,023 ^{ns}	0,542 ^{ns}	0,292 [*]	1,686 ^{ns}	537,029 ^{ns}	0,0018 ^{**}	0,0030 [*]	0,287 ^{ns}
Adub. x Forrag.	4	0,025 ^{ns}	5,0*10 ^{-7ns}	0,177 ^{**}	1,258 ^{**}	0,117 ^{ns}	2,396 [*]	345,944 ^{ns}	0,0023 ^{**}	0,0029 ^{**}	0,718 ^{ns}
Residuo (A)	6	0,096	3,5*10 ⁻⁶	0,030	0,344	0,169	0,834	156,139	0,0010	0,0011	1,443
Residuo (B)	18	0,012	6,0*10 ⁻⁷	0,021	0,174	0,069	0,739	249,454	0,0002	0,0006	0,834
CV(A) %		3,30	39,86	14,08	4,18	5,34	2,83	18,88	16,03	6,74	6,14
CV(B) %		2,03	28,08	20,51	5,15	5,89	4,62	41,32	11,70	8,72	8,08

ns- não significativo; *- significativo ao nível de 5% de probabilidade; **- significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO 20 - Resumo do quadro de análise de variância para pH CaCl₂, H+Al, Ca, Mg, CTC pH 7, P, C orgânico, N total e relação C/N sem transformação e K^{-0,4} do solo no experimento com diferentes adubações e espécies forrageiras. Profundidade de 3-9 cm. Coleta final (maio/95).

F. VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS									
		pH	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	P	C	N	C/N
Adubação	2	0,097 ^{ns}	3,379 ^{ns}	0,679 ^{**}	0,134 ^{ns}	0,095 ^{ns}	2,768 [*]	15,361 ^{ns}	0,455 [*]	0,0046 ^{**}	1,084 ^{ns}
Forrageira	2	0,055 ^{ns}	0,812 ^{ns}	0,131 [*]	0,215 ^{ns}	0,079 ^{ns}	0,064 ^{ns}	10,035 ^{ns}	0,155 [*]	0,0005 ^{ns}	4,366 ^{ns}
Adub. x Forrag.	4	0,018 ^{ns}	0,435 ^{ns}	0,159 ^{**}	0,014 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0,550 ^{ns}	7,819 ^{ns}	0,070 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	2,016 [*]
Residuo (A)	6	0,094	1,307	0,035	0,709	0,320	0,427	5,435	0,043	0,0003	2,679
Residuo (B)	18	0,012	0,476	0,023	0,124	0,065	0,380	4,481	0,028	0,0004	1,100
CV(A) %		3,58	11,27	6,11	8,95	10,86	2,59	23,87	8,16	7,19	8,80
CV(B) %		3,05	11,78	8,61	6,47	8,46	4,23	37,54	11,49	14,33	9,76

ns- não significativo; *- significativo ao nível de 5% de probabilidade; **- significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO 21 - Resumo do quadro de análise de variância para produção de matéria seca (MS), incorporação de C e extração de N, P, K e Ca sem transformação e $Mg^{-0,1}$ das plantas no experimento com diferentes adubações e espécies forrageiras. Período maio/94 a maio/95.

F. VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		MS	C	N	P	K	Ca	Mg
Adubação	2	20,1*10 ^{6**}	3,99*10 ^{6**}	4375,942**	177,931**	9911,460**	258,333*	0,0029**
Forrageira	2	26,4*10 ^{6**}	4,99*10 ^{6**}	723,588*	28,330 ^{ns}	8025,846**	239,684**	0,0054**
Adub. x Forrag.	4	15,0*10 ^{5ns}	2,97*10 ^{5ns}	546,302*	8,828 ^{ns}	1629,990*	124,344*	0,0002 ^{ns}
Resíduo (A)	6	11,4*10 ⁵	2,18*10 ⁵	217,672	9,348	326,503	35,043	0,0002
Resíduo (B)	18	13,0*10 ⁵	2,14*10 ⁵	170,272	8,372	403,085	18,923	0,0001
CV(A) %		8,04	8,30	9,10	9,75	7,11	10,08	1,20
CV(B) %		14,85	14,25	13,94	15,98	13,69	12,84	1,60

ns- não significativo; *- significativo ao nível de 5% de probabilidade; **- significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO 22 - Resumo do quadro de análise de variância para matéria seca residual (MSR), relação C/N e C e N sobre o solo da palhada no experimento com diferentes adubações e espécies forrageiras. Coleta outubro/94 e fevereiro/95.

QUADRADOS MÉDIOS									
F. VARIAÇÃO	GL	1ª Coleta (outubro/94)				2ª Coleta (fevereiro/95)			
		MSR	C/N	C	N	MSR	C/N	C	N
Adubação	2	2,56*10 ^{7**}	405,685**	4,03*10 ^{6**}	2304,670**	7,57*10 ^{6**}	115,778 ^{ns}	1,41*10 ^{6**}	1142,574**
Forrageira	2	1,39*10 ^{6*}	658,489**	2,73*10 ^{5*}	23,251 ^{ns}	4,75*10 ^{6**}	353,598**	8,79*10 ^{5**}	694,536**
Adub. x Forrag.	4	1,05*10 ^{5ns}	161,996*	1,40*10 ^{4ns}	79,633 ^{ns}	2,25*10 ^{6**}	27,658 ^{ns}	4,37*10 ^{6**}	246,755**
Resíduo (A)	6	7,70*10 ⁵	25,680	1,35*10 ⁵	80,929	6,84*10 ⁴	30,614	1,15*10 ⁴	18,839
Resíduo (B)	18	3,82*10 ⁵	49,793	6,53*10 ⁴	41,199	1,50*10 ⁵	9,511	2,53*10 ⁴	40,696
CV(A) %		29,55	8,15	31,5	28,49	14,28	10,89	14,01	17,19
CV(B) %		36,04	19,66	37,99	35,20	36,60	10,52	35,99	43,76

ns- não significativo; *- significativo ao nível de 5% de probabilidade; **- significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO 23 - Correlações entre o teor de macronutrientes do solo da coleta final na profundidade de 0-3 cm, quantidade extraída pela planta e produção de matéria seca do período de maio/94 a maio/95 no experimento com adubações e espécies forrageiras.

SOLO ¹ / PLANTA ²	MS ³	K	Ca	Mg	P	C	N
MS ³	1,00	0,15	0,23	0,30	0,32	0,26	0,34*
K	0,67*	0,31	0,35*	0,48*	0,26	0,37*	0,48*
Ca	0,78*	-0,11	0,33*	0,27	0,20	0,32	0,38*
Mg	0,83*	-0,26	0,33*	0,19	0,20	0,47*	0,44*
P	0,79*	0,00	0,56*	0,49*	0,31	0,67*	0,72*
C	0,99*	0,15	0,27	0,31	0,33*	0,27	0,90*
N	0,83*	0,02	0,44*	0,44*	0,40*	0,51*	0,58*

*- Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade para o teste de correlação onde $H_0 = \rho = 0$.

1- Nutrientes do solo na profundidade de 0-3 cm: K, Ca e Mg ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$); P (mg kg^{-1}); C e N (%)

2- Nutrientes extraídos pela planta (kg ha^{-1}); 3- Matéria seca total (kg ha^{-1})

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 ALCÂNTARA, P. B. & BUFARAH, R. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 4 ed. São Paulo: Nobel, 1992. 162 p.
- 02 ANDRADE, L. A. B. L. de. **Associação micorrízica e matéria orgânica no crescimento de *Brachiara decumbens* em estéril de mineração de ferro e bauxita**. Viçosa, 1991. 48 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Universidade Federal de Viçosa.
- 03 ANJOS, A. R. M. dos. **Influência dos resíduos da mineração do xisto no crescimento e na composição química da aveia preta (*Avena strigosa* Schreber, var. Flãm nova), cultivada em vaso, com ênfase em metais pesados**. Curitiba, 1993. 159 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 04 AVNIMELECH, Y. Organic residues in modern agriculture. In: CHEN, Y. & AVNIMELECH Y. (Eds.). **The role of organic matter in modern agriculture**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 1-10.
- 05 AWASTHI, A. K.; NAGAM, R. & SHUKLA, R. N. Vegetational studies in and around lime stone mine sites. **Environment and Ecology**, v. 9, n. 3, p. 624-628, 1991.
- 06 BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas**. Porto Alegre, 1992. 174 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 07 BAYER, C.; AMADO, T. J. C.; FERNANDES, S. V. & MIELNICZUK, J. Teores de carbono e nitrogênio total em um solo podzólico-vermelho escuro submetido 9 anos a diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO (25: 1995:Viçosa), **Anais...** Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p. 2036-2038.

- 08 BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de cultura. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 18, p. 267-271, 1994.
- 09 BERTOL, I.; COGO, N. P. & LEVIEN, R. Relações de erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 11, p. 187-192, 1987.
- 10 BHAT, A. K.; BERI, V. & SIDHU, B. S. Effect of long - term recycling of crop residues on soil productivity. **Journal of the Indian Society of Soil Science**. New Delhi, v. 39, n. 2, p. 380-382, 1991.
- 11 BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants**. London: Longman, 1977. 475 p.
- 12 BOLLMANN, H. A. & PORTO ALEGRE, H. K. Considerações sobre o impacto causado ao ambiente pela exploração do xisto na região de São Mateus do Sul - PR. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. (1992: Curitiba). **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992. p. 210-218.
- 13 BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1989, 878 p.
- 14 BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 4, p. 91-98, 1990.
- 15 BRENNER, F. J. Comparison of different mulche, lime and fertilizer applications on the establishment and growth of vegetation on surface coal mining land. In: SKOUSEN, J. SENCINDIVER, J. & SAMUEL, D. (Eds.). **Proceedings of the mining and reclamation conference and exhibition**. Morgantown: West Virginia University Publications Service, 1990, p. 445-450.

- 16 CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 117 p. (Circular, n. 80).
- 17 CHRISTENSEN, N. B.; LINDEMANN, W. C.; SALAZAR-SOSA, E. & GILL, L. R. Nitrogens and carbon dynamics in no-till and stubble mulch. **Agron. J.**, Madison, v. 86, p. 298-303, 1994.
- 18 COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2 ed. Passo Fundo: SBCS/EMBRAPA, 1989. 128 p.
- 19 COSTA, J. M. V. da & GARDNER, A. L. **Sistema botanal - 2: Manual do usuário**. Brasília: DMQ/EMBRAPA, 1984. 27 p. (Documento, n. 12).
- 20 CURRY, J. P. & GOOD, J. A. Soil faunal degradation and restoration. **Advances in Soil Science**, New York, v. 17, p. 171-215, 1992.
- 21 DE-POLLI, H. & CHADA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 13, p. 287-293, 1989.
- 22 DERPSCH, R. & CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 78 p. (Circular, n. 73)
- 23 EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Londrina: EMBRAPA/IAPAR, v. 2, 1984.
- 24 FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. & JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1991, 476 p.
- 25 FAO. **Assessing soil degradation**. Rome: FAO, 1977, 83 p. (Soils Bulletin, n. 34).

- 26 FRANZLUEBBERS, A. J.; HONS, F. M. & ZUBERER, D. A. Soil organic carbon, microbial biomass and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 59, n. 2, p. 460-466, 1995.
- 27 GEIGER, S. C.; MANU, A. & BATIONO, A. Changes in a sandy sahelian soil following crop residue and fertilizer additions. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 56, n. 1, p. 172-177, 1992.
- 28 GRIFFITH, J. J. O estado da arte de recuperação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADAS. (1992: Curitiba). **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992. p. 77-82.
- 29 GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. D. & JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO & SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS (1 e 2: 1994: Foz do Iguaçu). **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1994. p. 31-43.
- 30 HAAG, H. P. & DECHEN, A. R. Deficiências minerais em plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de & FARIA, V. P. de. (Eds.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 85-110.
- 31 HARGREAVES, J. N. G. & KERR, J. D. **Botanal: a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. II. Computacional package**. Brisbane: CSIRO/DTCP, 1978. 88 p. (Tropical Agronomy Technical Memorandum, n. 9.)
- 32 HAVLIN, J. L.; KISSEL, D. E.; MADUX, L.D.; CLAASSEN, M. M. & LONG, J. H. Crop rotation and tillage effects organic carbon and nitrogen. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 54, p. 448-452, 1990.

- 33 HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.
- 34 HILDEBRAND, C. **Manual de análise química de solos e plantas**. Curitiba: UFPR, 1977. 225 p.
- 35 HOLANDA, J. S.; TORRES FILHO, J. & BEZERRA NETO, F. Alterações na fertilidade de dois solos adubados com esterco de curral e cultivados com caupi. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 8, p. 301-304, 1984.
- 36 INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. 45 p.
- 37 KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, v. 19, n. 3, p. 359-401, 1995.
- 38 LAL, R.; VLEESCHAUWER, D. de & NGANJE, R. M. Changes cleared tropical alfisol as affected by mulching. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 44, p. 827-833, 1980.
- 39 LOGAN, T. J. Chemical degradation of soil. **Advances in soil science**. New York: Springer-Verlag, v. 11, p. 187-221, 1990.
- 40 LOPES, P. R. C.; COGO, N. P. & CASSOL, E. A. Influência da cobertura morta na redução da velocidade da exurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 11, p. 193-197, 1987.
- 41 LOURENÇO, A. J.; MATSUI, E.; DELISTOIANOV, J.; BOIN, C. & BORTOLETO, O. Efeito de leguminosas tropicais na matéria orgânica do solo e na produtividade do sorgo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v17, p. 263-268, 1993.

- 42 LUCCHESI, L. A. C. **Influência de sucessões de culturas forrageiras e adubações sobre a recuperação de um solo degradado pela mineração do xisto e sobre sua mesofauna edáfica (Acari e Collembola)**. Curitiba, 1988. 252 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 43 MACHADO, M. L. da S. & MACHADO, N. M. Forrageiras perenes de pique de crescimento na estação quente. In: IAPAR. **Forrageiras para o primeiro planalto do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1982. p. 19-23. (Circular, n. 26).
- 44 MALAVOLTA, E.; LIEM, T. H. & PRIMAVESI, A. C. P. A. Exigências nutricionais das plantas forrageiras. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; YAMADA, T. & MALAVOLTA, E. (Eds.). **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986. p. 31-76.
- 45 MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989, 201 p.
- 46 MASCHIO, L. M. de A.; BALENSIEFER, M.; RACHAWAL, F. G. M.; CURSIO, G. & MONTOYA, L. Evolução, estágio e caracterização da pesquisa em recuperação de áreas degradadas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. (1992: Curitiba). **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992. p. 17-33.
- 47 MEDEIROS, J.C.; MIELNICZUK, J. & PEDO, F. Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, v. 11, p. 199-204, 1987.

- 48 MEDEIROS, R.B. de Efeito das pastagens nas rotações agrícolas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL & SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO. (1 e 3: 1984: Passo Fundo). **Anais...** Passo Fundo: PIUCS/UPF, 1984. p. 183-217.
- 49 MELO, E. F. R. Q. **Recuperação de área degradada da Itaipu Binacional com forrageiras e adubações.** Foz do Iguaçu: CNPq/Itaipu Binacional, 1994, 159 p. (Relatório de Pesquisa).
- 50 MENGEL, K. & KIRKBY, A. E. **Principles of plant nutrition.** 4 ed. Bern: International Potash Institute, 1987, 687 p.
- 51 MICHAEL, N.; BRADASHAW, A.D. & HALL, J. E. The value of fertilizer, surface applied and injected sewage sludge to vegetation established on reclaimed colliery spoil suffering from regression. **Soil Use and Management**, v. 7, p. 233-239, 1991.
- 52 MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades.** Chapecó: Claudino Monegat, 1991. 337 p.
- 53 MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments.** 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1991, 649 p.
- 54 MORAES, A. de. Pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS. (2: 1993: Jaboticabal), **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 191-215.
- 55 MORAES, Y. J. B. de. **Forrageiras: conceitos, formação e manejo.** Guaíba: Agropecuária, 1995. 215 p.

- 56 MOTTA NETO, J. A. **Avaliação do uso de forrageiras e de adubações na recuperação de propriedades químicas e físicas de um solo degradado pela mineração do xisto.** Curitiba, 1995. 83 p. Dissertação (Mestrados em Agronomia - Ciências do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 57 MULLINS, G. L. Soil management no-tillage: soil chemical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO. (1: 1995: Passo Fundo). **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 121-125.
- 58 NUNES FILHO, J.; SOUSA, A. R. de; MAFRA, R. C. & JACQUES, F. de O. Efeito do preparo do solo sobre as perdas por erosão e produção de milho num podzólico vermelho-amarelo eutrófico de serra talhada (PE). **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 11, p. 183-186, 1987.
- 59 PAUL, J. W. & BEAUCHAMP, E. G. Short-term nitrogen dynamics in soil amended with fresh and composted cattle manures. **Can. J. Soil Sci.**, Ottawa, v. 74, p. 147-155, 1994.
- 60 PAVAN, M. A.; BLOCH, M. de F.; ZEMPULSKI, H. da C.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo.** Londrina: IAPAR, 1991. 32 p.
- 61 POPP, J. H. Mineração e proteção ambiental: o único caminho possível. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. (1992: Curitiba). **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992. p. 467-470.
- 62 POSTIGLIONI, S. R. **Comportamento da aveia, azevém e centeio na região dos campos gerais - PR.** Londrina: IAPAR, 1982. 18 p. (Boletim Técnico, n. 14).

- 63 POSTIGLIONI, S. R. **Efeito do nitrogênio mineral e leguminosas sobre a produção forrageira de quatro gramíneas subtropicais.** Londrina: IAPAR, 1985. 18 p. (Boletim Técnico, n. 17).
- 64 POSTIGLIONI, S. R. ***Hemarthria altissima*: uma forrageira para a região dos campos gerais do Paraná.** Londrina: IAPAR, 1983. 19 p. (Circular, n. 36).
- 65 POSTIGLIONI, S. R. **Resultados com pesquisa com *Hemarthria altissima* na região dos campos gerais do Paraná.** Londrina: IAPAR, 1995. 20 p. (Circular, n. 85).
- 66 RANNELS, N. N. & WAGGER, M. G. Nitrogen release from crimson clover in relation to plant growth stage and composition. **Agron. J.**, Madison, v. 84, p. 424-430, 1992.
- 67 RIES, R. E. & DePUIT, E. J. Perennial grasses for mined land - grassland communities are being successfully reestablished on mined land in the Northern Great Plains. **Journal of Soil and Water Conservation.** Iowa, v. 39, n. 1, p. 26-29, 1984.
- 68 RODRIGUES, L. R. de A. & RODRIGUES, T. de J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O. & YAMADA, T. (Eds.). **Ecofisiologia da produção agrícola.** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. p. 203-230.
- 69 SÁ, J. P. G. **Avaliação de forrageiras de inverno no norte do Paraná.** Londrina: IAPAR, 1984. 39 p. (Informe de Pesquisa, n. 54).
- 70 SÁ, J. P. G. **Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro no norte do Paraná.** Londrina: IAPAR, 1990. 19 p. (Informe de Pesquisa, n. 91).
- 71 SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. & LHAMBY, J. C. B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 449-454, 1995.

- 72 SCHWAB, A. P.; OWENSBY, C. E. & KULYNGYON, S. Changes in soil chemical properties due to 40 years of fertilization. **Soil Sci.**, Baltimore, v. 149, p. 35-43, 1990.
- 73 SIDIRAS, N. & PAVAN, M. A. Influencia do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **R. bras. C. Solo**, Campinas, v. 9, p. 249-254, 1985.
- 74 SILCOCK, R. G. **Pastures, trees and shrubs for rehabilitating mines in Queensland** - impediments to their use on opencut coal and alluvial mines. Brisbane: Queensland Department of Primary Industries, 1991. 74 p.
- 75 SOUSA FILHO, A. P. da S.; NEVES, M. P. H. das & MEIRELLES, P. R. de L. **Comportamento do gênero *Paspalum* em campo cerrado do Amapá**. Macapá: EMBRAPA-CPAF. 1992. 12 p. (Boletim de Pesquisa, n. 13).
- 76 SPEARS, J. W. Minerals in forages. In: FAHEY Jr., G. C.; COLLINS, M.; MERTENS, D. M. & MOSER, L. E. (Eds.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 281-317.
- 77 SPOSITO, G. **The chemistry of soil**. New York: Oxford University Press, 1989. 277 p.
- 78 STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition reactions**. New York: John Wiley & Sons, 1982. 443 p.
- 79 STINNER, B. R.; HOYT, G. D. & TODD, R. L. Changes in soil chemical properties following a 12 year fallow: a 2 year comparison of conventional tillage and no-tillage agroecosystems. **Soil Tillage Res.**, Amsterdam, v. 3, p. 277-290, 1983.
- 80 TEDESCO, M. J.; WOLKWEISS, S. J. & BOHNEM, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim Técnico Solos, n. 5)

- 81 TERABE, K. Programa de reabilitação das áreas degradadas pela mineração do xisto Petrobrás-Six. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. (1992: Curitiba). **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992. p. 458-461.
- 82 TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L. A. J. & MIELNICZUK, J. Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.
- 83 TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. & HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5 ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1993, 635 p.
- 84 TISDALL, J. How stubble affects organic matter, plants and animals in the soil. **Journal of Agriculture**, South Perth, v. 33, n. 1, p. 18-21, 1992.
- 85 TOTHILL, J. C.; HARGREAVES, J. N. G. & JONES, R. M. **Botanal: a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. I. Field sampling**. Brisbane: CSIRO-DTCP, 1978. 20 p. (Tropical Agronomy Technical Memorandum, n. 8.)
- 86 TROEH, F. R.; HOBBS, J. A. & DONAHUE, R. L. **Soil and water conservation for productivity and environmental protection**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1980, 718 p.
- 87 VICENZI, M. L. Pasto, a base da bovinocultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. (22: 1985: Balneário Camboriú). **Anais...** Balneário Camboriú: SBZ, 1985. p. 454-466.