

DINÂMICA DE NUTRIENTES  
EM SOLOS ARENOSOS NO  
PANTANAL MATO - GROSSENSE



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA

Vinculada ao Ministério da Agricultura

Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - CPAP

CORUMBÁ, MS.

ISSN 0100-7866

Maio, 1985

CIRCULAR TÉCNICA N.º 17

**DINÂMICA DE NUTRIENTES  
EM SOLOS ARENOSOS NO  
PANTANAL MATO - GROSSENSE**

Noel Gomes da Cunha



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA  
Vinculada ao Ministério da Agricultura  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - CPAP  
Corumbá, MS

Exemplares deste trabalho devem ser solicitados ao CPAP:

Rua 21 de setembro, 1880

Fones: (067) 231.1430, 231.1735 e 231.1775

Telex: 0673198

Caixa Postal 109

79.300 – Corumbá, MS.

Tiragem: 1.500 exemplares

Comitê de Publicações

João Batista Catto - Presidente

Arnildo Pott

Edison Beno Pott

Eduardo Alfonso Cadavid Garcia

Neide Albergone - Bibliotecária

Datilografia: Terezinha de Arruda e Souza

Cunha, Noel Gomes da.

Dinâmica de nutrientes em solos arenosos no Pantanal Mato-grossense. Corumbá, EMBRAPA, CPAP, 1985.

70p. ilustr. (EMBRAPA, CPAP, Circular Técnica, 17).

1 Solos – fertilidade. 2. Solos arenosos – Pantanal. 3. Solos – nutrientes – absorção. 4. Solos – água – movimento. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Corumbá, MS. II. Título. III. Série.

CDD. 631.4

© EMBRAPA - 1985

## SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	7
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. ASPECTOS GERAIS .....	9
4. REGIME HÍDRICO .....	30
5. EQUILÍBRIO NUTRICIONAL NA “CORDILHEIRA” .....	35
6. CALAGEM .....	49
7. MICROELEMENTOS .....	57
8. ENXOFRE E NITROGÊNIO .....	61
9. CONCLUSÕES .....	65
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68

# “DINÂMICA DE NUTRIENTES EM SOLOS ARENOSOS NO PANTANAL MATOGROSSENSE”

Noel Gomes da Cunha<sup>1</sup>

RESUMO – Nos solos arenosos das sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás, no Pantanal Mato-grossense, tem sido desenvolvidas pesquisas que objetivam determinar as limitações existentes ao estabelecimento e crescimento de forrageiras.

Neste aspecto são revisados os resultados dos experimentos realizados referentes à estabilidade dos nutrientes em cordilheira, causas da variação estacional da produção das forrageiras, variação da umidade nos solos de cordilheira e caronal, níveis e limitações de nutrientes no meio, uso da calagem nos solos mais pobres, procurando-se discutir as informações básicas obtidas e delas avaliar o conjunto de fatores que interfere na produção de forrageiras.

---

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, EMBRAPA, CPAP. Caixa Postal 109. Rua 21 de Setembro, 1880. (79300) Corumbá, MS.

A análise dos resultados indica que o sistema solo-água-planta em seu dinamismo comporta baixos níveis de nutrientes e responde à adição de nitrogênio e enxofre principalmente.

Termos para indexação: solos arenosos, movimento de água, níveis e estabilidade de nutrientes, produção de forrageiras.

## DYNAMICS NUTRIENTS IN SANDY SOILS OF THE PANTANAL, BRASIL.

ABSTRACT – Research has been carried out on the sandy soils of the Pantanal subregions named Nhecolândia and Paiaguás, aiming to determine limitations on forage establishment and growth. Results of the conducted experiments on “cordilheira” (sandy ridge), causes of seasonal variation in “cordilheira” and “Caronal” (*Elyonurus* grassland) soils, nutrient levels and limitations, liming on poorer soils, are revised, discussing the basic informations and evaluating the set of factors interfering with forage production. The analysis of the results indicates that the soil-water-plant system, in its dynamics, comprises low levels and responds mainly to nitrogen and sulphur.

Index terms: sandy soils, water movement, nutrient levels and stability forage production.

## INTRODUÇÃO

A pesquisa de solos na região do Pantanal Mato-grossense, iniciada em 1979 pela UEPAE de Corumbá, objetiva conhecer o potencial de fertilidade dos solos, através das respostas de forrageiras indicadoras a nutrientes e insumos. As pesquisas visaram, principalmente, a obter conhecimentos sobre o meio, para que a intervenção de uso fosse onde este é mais produtivo e estável. Os resultados procuram responder questões para a obtenção, em um momento, de maior crescimento de forrageiras exóticas. Se estes resultados isolados não são suficientes para entender como intervir no sistema solo-água-planta de modo que as adições sejam, se não permanentes, pelo menos duradouras, servem como apoio básico para o conhecimento do sistema. Os parâmetros até agora obtidos, pontos isolados deste ciclo dinâmico que envolve a disponibilidade de cada nutriente, foram a alternativa, dentro da metodologia disponível, para uma primeira avaliação do meio, em curto espaço de tempo.

A intensa variação estacional do regime de umidade dos solos, principalmente nos arenosos, tem constituído preocupação

constante na definição dos caminhos para a análise dos dados estáticos obtidos com os valores de uma situação dinâmica que o Pantanal oferece. Se novos caminhos de pesquisa necessariamente deverão ser seguidos para que os conhecimentos sobre a relação solo-água-vegetação, no tempo, sejam melhor definidos cabe avaliar os conhecimentos obtidos até o momento. O direcionamento da pesquisa em todas as áreas que se relacionam ao crescimento vegetal é necessidade básica, pois, dele decorrem as prioridades. Geralmente, as análises causam mudanças de rumo e, às vezes, perdas de tempo. Todavia, no geral, evidenciam caminhos mais curtos e lógicos para atingir-se resultados mais práticos e objetivos.

## 2. ASPECTOS GERAIS

As sub-regiões da Nhecolândia e Paiaguás (55.000 km<sup>2</sup>) são constituídas por uma planície sedimentar totalmente arenosa formada pelo rio Taquari, no Pantanal Mato-grossense.

A pesquisa de solos da UEPAE de Corumbá tem como apoio básico os trabalhos dos levantamentos pedológicos ao nível de relacionamento e exploratório executados pelo SNLCS-Serviço

Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos – (Informação pessoal de J.A. Amaral) e pelo Projeto RADAMBRASIL (Orioli et al 1982). Destes levantamentos foram individualizados grandes grupos de solos para estudo da fertilidade da região. Os solos mais representativos foram classificados, em função da ausência ou presença de um horizonte de deposição de ferro (B ir), como Podzol Hidromórfico ou Areia Quartzosa Hidromórfica, os quais se correlacionam com os subgrupos Spodic Quartzipsament, Spodic Psammaquent e Aeric Entic Sideraquod, da “Soil Taxonomy”. Em virtude da gênese destes solos estar fundamentada basicamente na natureza areno-silicosa dos sedimentos e na intensa variação do grau de hidromorfismo, e esta ser fundamental para o equacionamento do uso da terra, foram definidas as unidades geomórficas da planície, composta por três níveis altimétricos distintos, como o melhor critério básico para apoio de pesquisa (Cunha 1980). Estas unidades são definidas por:

- a) “Cordilheiras” – áreas não inundáveis, cobertas com vegetação arbórea e arbustiva, predominando espécies

que ocorrem nos cerrados do planalto.

- b) Caronal – áreas de cotas médias, com alagamento ocasional e de vegetação predominante de gramíneas grosseiras.
- c) Vazante – áreas baixas de escoamento de água, com alagamento desde ocasional a permanente e com vegetação de gramíneas palatáveis.

No geral, os solos arenosos, praticamente sem argilas (1-4%), sujeitos a um regime de umidade que varia de alagado até praticamente seco, têm o seu uso com pecuária de corte, que se nutre dos pastos nativos.

Constata-se que as limitações de produção de forragem para o gado (gramíneas palatáveis) estão relacionadas à fertilidade do solo, além da extrema variação no seu teor de umidade, já referida acima e citada em trabalho anterior (Cunha, 1981). Na paisagem geral pode-se apontar a ocorrência de diversos estratos de vegetação e níveis de nutrientes como variáveis dependentes do movimento da

água nestes solos arenosos.

A introdução de espécies de espécies vegetais, que possivelmente se constituam em forrageiras de real valor regional, criou a necessidade de verificar-se para aquelas com maiores possibilidades de adaptação, o seu potencial produtivo e a real capacidade de solo de mantê-las em produção. Em virtude das exigências serem variáveis entre plantas – em função da sua produção e de suas condições para se fixarem no meio proposto – além de cada unidade geomórfica apresentar retenção e liberação de nutrientes em equilíbrio com a cobertura vegetal e com o sentido da movimentação das águas, as interpretações dos resultados e sua generalizações nem sempre são válidas para todos os casos. No contexto geral, os fenômenos de causa e efeito são complexos e nem sempre podem ser determinados. Devido a estes fatores a disponibilidade de nutrientes e a variação de umidade, estudadas em função de análises periódicas e respostas de algumas forrageiras, que representam o que pode ser cultivado na região, não trouxeram todas as definições ambicionadas para se entender os fenômenos que regem este equilíbrio. Além disso as análises de

solos quantificando nutrientes e elementos não mostram por si carência nem toxidez apenas indicam problemas gerais que podem existir. Também as relações entre nutrientes no solo e disponibilidade para as forrageiras no tempo, até agora, não foram satisfatórias disponíveis. Os conhecimentos disponíveis impossibilitam diagnósticos antecipados do comportamento de cada forrageira nas unidades de solo. Estes aspectos levam a se concluir que os parâmetros obtidos devam ser considerados com precaução, mas podem constituir, no geral, subsídios básicos à pesquisa e ao uso da terra.

A pecuária de corte representa a realidade econômica regional e está embasada no uso adequado do solo, e neste equilíbrio dinâmico solo-água-vegetação-animal não são encontradas deteriorações graves. Entretanto, esta pecuária encontra-se estabilizada porque os limites possíveis de serem alcançados com os pastos nativos já foram estabelecidos nas últimas décadas. Cogita-se atualmente da maior amplitude no uso da terra, com cultivos especiais. Isto parece pouco provável, pois, mesmo havendo espécies de plantas cultivadas já estabelecidas onde há menor alagamento, muito tempo será necessário para algu-

ma tornar-se realidade, dadas as características sócio-econômicas da região. A pecuária regional sempre teve a sua produção condicionada à variações de alagamento e secagem do solo reduzindo os pastos nativos. Como promover ou remover a água está fora da realidade econômica atual, cabe estabelecer espécies vegetais compatíveis com a variação de umidade de cada unidade geomórfica. A realidade que se espera é que a pecuária cresça através do aumento de disponibilidade de forragem com o estabelecimento de forrageiras exóticas, bem adaptadas ao meio.

Contudo, os questionamentos feitos à pesquisa de solos atingem somente a capacidade nutricional e o equilíbrio existente entre solo e água. As relações atualmente conhecidas deste equilíbrio, que desaconselham a escolha de outras opções do uso da terra, não permitem, ainda, uma tomada de posição segura sobre os rumos da pesquisa em aspectos relativos à economia. Porém permitem questionar qual a premissa básica a ser discutida: selecionar as plantas para o potencial disponível ou elevar o potencial para as forrageiras mais produtivas.

Na primeira opção, o aumento de produção de massa seria condicionado somente pela substituição das espécies pouco aproveitadas pelo gado, por gramíneas nativas palatáveis ou exóticas rústicas, até um limite que o meio comportasse, se elas efetivamente ocupassem os níveis geomórficos que hoje ocupam outras espécies, dentro da intensidade de variação de umidade anual que não é periódica ao longo do tempo. Nesse caso, o incremento de produção seria menor do que se espera obter com forrageiras exóticas de maior produtividade.

Considerando-se que a pecuária do Pantanal caracteriza-se por ser uma atividade que comporta baixos riscos e da qual se espera baixa rentabilidade, não caberiam intervenções no meio para capacitá-lo à produção de forrageiras mais exigentes e mais produtivas. Entretanto, como o avanço da agricultura ou da pecuária tem sido alcançado com as espécies mais produtivas, a pesquisa tem procurado forrageiras exóticas que possam substituir as espécies nativas menos aproveitadas pelos animais, embora ainda não sejam conhecidas as vantagens quantitativas e qualitativas desta troca, nem as conseqüências da alteração do meio ambiente.

Tem-se admitido que elevar o nível de determinados nutrientes no solo pode ser compatível com algumas atividades da pecuária, pois, incrementos de produção, obtidos com adubação para elevar o nível de algum nutriente no solo ao limite crítico superior, geralmente são altos e podem justificar práticas agrícolas em determinado momento.

### 3. NÍVEIS E LIMITAÇÕES DE NUTRIENTES NO MEIO

A pesquisa de fertilidade dos solos arenosos procurou inicialmente, parâmetros relacionados às limitações de crescimento e densidade populacional das forrageiras. Neste aspecto foram considerados fatores referentes à disponibilidade de nutrientes no meio e a estabilidade do equilíbrio nutricional.

Dynia & Cunha (1984), em casa de vegetação, em solos de campo limpo e de campo cerrado, com vegetação dominante de gramíneas, obtiveram respostas de *Brachiaria humidicola* a todos macro-nutrientes (Tabela 1). Em função de uma produção média (14 g/vaso de MS), estabeleceram a produção relativa, sendo fósforo, nitrogênio e enxofre os elementos mais deficientes nos solos.

TABELA 1. Características químicas médias dos solos arenosos com pastagens nativas das sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás e produções relativas de matéria seca de *Brachiaria humidicola* com tratamento completo de nutrientes e completo menos cada elemento individualizado\*.

	pH	NO (%)	P	K (ppm)	Ca	Mg	
Campo limpo e campo cerrado	5,8	0,54	4	32	36	11	
Tratamentos	-N	-S	-P	-K	-Ca	-Mg	Completo
Produções relativas (%)	37	44	17	81	92	93	100

\* FONTE: Dynia & Cunha (1984).

Os valores absolutos e relativos indicam tratar-se de solos muito pobres e que não dispõem de nutrientes suficientes para o crescimento normal de uma forrageira pouco exigente. Considerando que o gado do Pantanal tem os pastos nativos como alimentação básica e que todos os solos arenosos cobertos por gramíneas têm níveis baixos de nutrientes e são deficientes em fósforo, é de se esperar que as forrageiras sejam tolerantes a baixos níveis de fósforo e que os animais sejam carentes deste elemento.

Baixos níveis de nutrientes, tanto no solo como nas forrageiras nativas, são confirmados por Brum *et al.*(1984) em estudo dos elementos minerais no solo, nas forrageiras nativas, e no animal (Tabela 2). Os níveis encontrados são muito baixos, se comparados com os citados em tabelas de níveis críticos, estabelecidos em outros solos. Isto indica a existência de carências, tanto nas forrageiras quanto nos animais. Entretanto, os solos são produto de uma interação de fatores em que os nutrientes estão em equilíbrio dinâmico com a vegetação, o sentido do movimento da água, os microorganismos e os colóides do solo. A comparação de dois meios distintos não assegura os mesmos efeitos.

TABELA 2. Teores médios de nutrientes trocáveis nos solos e nas forrageiras nativas, em quatro épocas do ano, em três unidades geomórficas na sub-região dos Paiaçuãs\*.

UNIDADES		NUTRIENTES													
GEOMÓRFICAS	ÉPOCAS	P		Mg		Ca		Fe		Mn		Cu		Zn	
		SOLO (ppm)	PLANTA (%)												
Vazante	nov	5	0,09	5	0,08	13	0,14	206	76	46	371	0,6	2,0	2	8,7
	fev	2	0,08	3	0,10	19	0,14	190	937	18	740	0,6	1,9	2	5,0
	maio	3	0,19	5	0,14	11	0,17	138	577	25	491	0,8	2,6	2	6,3
	ago	2	0,10	3	0,13	33	0,29	108	677	22	626	0,6	4,0	1	8,2
Campo cerrado	nov	3	0,06	7	0,06	30	0,11	186	74	12	235	0,4	1,5	1	5,0
	fev	3	0,08	6	0,07	24	0,16	166	352	12	347	0,6	2,1	2	4,8
	maio	2	0,17	4	0,12	7	0,17	162	350	15	244	0,9	1,7	2	4,9
	ago	2	0,08	5	0,10	39	0,25	119	334	12	403	0,5	2,4	1	4,9
Cordi-lheira	nov	10	0,07	9	0,09	19	0,15	110	61	21	336	0,04	3,7	2	8,7
	fev	3	0,15	7	0,14	26	0,16	88	112	25	350	0,6	2,4	2	6,4
	maio	5	0,11	7	0,11	16	0,13	109	-	15	123	0,5	3,2	2	5,9
	ago	1	0,09	4	0,11	34	0,22	25	309	17	230	0,4	3,0	1	4,8

\* FONCE: Brum et al. 1984.

No geral, estes solos mantêm um equilíbrio de 0,5% de matéria orgânica e teores em torno de 2% de argila, em extrema alternância de umidade. Este aspecto torna o meio dependente do complexo orgânico para a retenção e a liberação de nutrientes. As variações climáticas e de umidade tornam-se importantes fontes de variação de nutrientes, pois propiciam condições de alterações constantes das populações de microorganismos no solo, principalmente nos seus pontos críticos – temperatura acima de 35°C, secagem e saturação. A atividade microbiana controlando indiretamente a intensidade de oxidação da matéria orgânica, parece constituir a causa principal da alternância dos teores de nutrientes no solo.

Exceção-se o ferro, elemento que está excessivamente alto no solo e muito atuante, pois, além de ser parte do material de origem, é adicionado pelas águas de alagamento. Além disso, sofre remobilização local constante em função das variações do potencial de oxidação-redução, tanto anuais como ao longo de períodos de alternâncias pluviométricas. O alto teor de ferro solúvel disperso no meio e a excessiva saturação deste elemento no complexo de troca do solo proporcionam altos teores nas forrageiras nativas.

Absorção e inativação nos tecidos parece ser o mecanismo de tolerância para a adaptação das espécies ao meio (Turner, citado por Epstein 1975).

Brum *et al.* (1984) notaram variação de nutrientes no solo em quatro épocas do ano (Tabela 2). A maior disponibilidade de fósforo e magnésio ocorre em novembro, com valores mais altos na cordilheira onde as condições de oxidação são maiores. Entretanto, os pastos mais palatáveis (vazante e campo cerrado) foram mais ricos nestes elementos em maio, logo após ao alagamento dos campos. Este efeito pode ter sido causado pelas melhores condições de umidade no solo nesta época, favorecendo a liberação e absorção dos nutrientes, e por adições de nutrientes, através das cheias. Em novembro, época de umidade adequada na superfície do solo (perfil em torno da umidade de saturação estimada 5,6% - em peso, com lençol freático abaixo de 1 m.) e maior temperatura, ocorre maior disponibilidade de fósforo e magnésio no solo e menor concentração nas forrageiras, sugerindo que a disponibilidade destes elementos é consequência da maior atividade microbológica e baixa capacidade do solo em fixá-lo aos

colóides nesta época. Sugere ainda que as plantas analisadas eram restos de pastos do período anterior. Este aspecto evidencia que a disponibilidade de fósforo é uma das causas que possibilitam maior crescimento das forrageiras a partir de novembro. Em relação ao cálcio, observa-se relação direta entre o teor no solo e a concentração nas forrageiras nativas. O menor teor em ambos ocorre em maio e o maior em agosto, quando o solo está mais seco. As causas que mantêm equilíbrio defasado de disponibilidade e concentração de cálcio e fósforo nas forrageiras podem se relacionar ao pastejo do gado, que seleciona plantas e folhas jovens, ricas em fósforo e pobres em cálcio. Geralmente as forrageiras analisadas em agosto – com maior teor de cálcio – correspondem às sobras de pasto do período anterior (maio).

Entretanto, as causas que envolvem a variação de disponibilidade de nutrientes parecem se relacionar mais intensamente com a umidade do solo. Enquanto não forem determinados os fatores que regem a variação de nutrientes, nitrogênio, enxofre e fósforo, para as forrageiras, preconizar manejo para a pastagem seria temerário. Atualmente as proposições locais de manejo das pastagens baseiam-se em técnicas, que resultam em

variação da reposição de restos orgânicos ao solo, através do controle de lotação – inclusive a veda – com alternância da queima dos restos orgânicos não aproveitados pelo gado. Esta práticas buscam maior quantidade de forragem pelo controle de invasoras e a disponibilidade gradativa de plantas tenras. A menor taxa de lotação implica em transferir para os microorganismos do solo energia, elementos minerais e aminoácidos que poderiam ser consumidos pela pecuária. A queima consiste na liberação imediata dos nutrientes da parte aérea de vegetação, com incorporação apenas parcial dos elementos voláteis ao solo. Em sua essência, as duas proposições são antagônicas. Entretanto, além de outros aspectos que regem o comportamento das comunidades vegetais, a maior produção de forragem deve ser procurada com conhecimento da reciclagem dos elementos e na interferência neste ciclo, proporcionando, na época certa, que os elementos limitantes ao crescimento das forrageiras não sejam lixiviados.

As queimadas são uma forma de adição de nutrientes na ciclagem, entretanto, como são feitas, não se apóiam neste aspecto. As respostas das espécies vegetais em rebrota vigorosa, em épocas

que normalmente têm baixo crescimento, indicam interferência imediata na disponibilidade de nutrientes, principalmente nitratos e sulfatos – plantas verdes sem cloroses e, possivelmente, na fisiologia vegetal. É preciso conhecer as transformações existentes na superfície do solo e o que efetivamente se volatiliza, para que essa prática possa ser melhor utilizada. Um aspecto fundamental da queima da vegetação é que os restos orgânicos são oxidados fora do solo, não contribuindo como fonte energética e nem de aminoácidos para o crescimento das populações de microorganismos no solo. Sem isto não há aumento do complexo coloidal para aumentar a capacidade de retenção de anions e cátions no solo. A queima contribui com o retorno de nutrientes ao solo, mas feita antes das chuvas, pode contribuir para lixívia-los. A gradagem ou raçagem mecânica pode ser o caminho ecologicamente indicado para limpar as pastagens, incorporando os restos orgânicos ao solo.

Aparentemente, para se obter um sistema mais produtivo, caberia prover o solo com fósforo e cálcio para que o aumento das populações de microrganismos pudesse condicionar ao meio maior

retenção de nitratos e sulfatos provenientes das chuvas e da fixação microbiana. Com isto, talvez o sistema coloidal, aumentando a sua capacidade, pudesse reter mais nutrientes. Talvez, não coubesse adicionar inicialmente um nutriente móvel no ciclo – enxofre principalmente para aumentar a densidade populacional, porque a capacidade de absorção e adsorção das forrageiras e do solo é limitada em níveis muito baixos.

O estabelecimento de forrageiras nativas em pastagens cultivadas tem sido proposto, em virtude de estarem adaptadas às condições locais. Entretanto, as melhores forrageiras nativas (menos fibrosas) situam-se nas planícies de inundação fluvial, onde os solos são mais férteis e o regime de umidade é de hidromorfismo constante. Em cordilheiras e áreas de caronal tais espécies não persistem (Comastri Filho 1984). Em cordilheiras ocorrem poucas gramíneas nativas, que em geral são de baixo valor forrageiro (*Aristida*, *trachypogon*, etc) ou de baixa produtividade (*Digitaria spp.*, *Setaria spp.*, etc.). Contudo, em áreas de caronal, forrageiras que crescem entre o capim-corona (*Elionurus muticus*), gramínea

não palatável, podem constituir pastagens de boa qualidade, resistentes às variações de umidade. Nestas áreas, Cunha & Dynia (1984) não encontraram respostas das forrageiras nativas palatáveis (*Axonopus purpusii*, *Mesosetum*) a biofertilizante nem à adubação mineral, enquanto que a *Brachiaria decumbens* sem adubação produziu o equivalente ao pasto nativo, e com adubação teve aumento de produção de matéria seca de até 100% (Tabela3)

Este aspecto evidencia que, em áreas de caronal, técnicas de manejo de pastagem nativa têm perspectivas de aumento de massa das forrageiras palatáveis somente na proporção de ocupação do espaço capim-corona. O uso de biofertilizante, embora com pequena resposta inicial em virtude dos seus baixos teores de nitrogênio e enxofre, seria fator de fertilização a longo prazo para pequenas áreas. Entretanto, sob o aspecto ecológico constituiria apenas transferência de fertilidade, porque enriqueceria uma área pequena em detrimento de outra maior, privada de reposição dos restos orgânicos dali retirados.

Pela limitada quantidade de forragem que a vegetação nativa (arbustiva) da cordilheira apresenta, o uso destas áreas com

TABELA 3. Produção anual de matéria seca de *Brachiaria decumbens* e pasto nativo em função da aplicação de biofertilizante e adubação básica mineral em área de caronal\*.

TRATAMENTOS	DOSES (t/ha)	PASTO NATIVO (t/ha)	<i>Brachiaria decumbens</i> (t/ha)
Testemunha	-	7,6	9,0
Biofertilizante	4,0	7,4	10,9
"	8,0	7,2	11,5
"	16,0	7,5	13,6
"	32,0	7,7	15,1
"	64,0	9,7	18,1
Adubação mineral**	-	9,0	18,4

\* FONTE: Cunha & Dynia (1984).

\*\* 2 t/ha de calcário, 20 kg/ha de P (superfosfato simples), 30 kg/ha de K (cloreto de potássio), 0,5 kg de Cu (sulfato de cobre), 0,5 kg/ha de Zn (sulfato de zinco) e 0,1 kg/ha de Mo (molibdato de sódio).

forrageiras exóticas constitui-se em uma possibilidade para o aumento da produção de forragens para a pecuária.

Em experimento realizado em casa de vegetação, em seis solos de cordilheira que representam a amplitude de variação de fertilidade da sub-região da Nhecolândia, Dynia (informação pessoal) determinou níveis limitantes dos principais nutrientes ao crescimento de *B. humidicola* (Tabela 4). Em função de uma produção média de matéria seca (50 g/vaso), estabeleceu a produção relativa dos macronutrientes. A determinação do nível crítico de cálcio, magnésio, fósforo e potássio no solo, para *B. humidicola*, forrageira situada entre as de mais baixa exigência nutricional (CIAT 1983), além de constituir um parâmetro importante para a determinação da queda de produção das pastagens com base nos teores de nutrientes através de análise do solo somente, evidencia a maior disponibilidade destes nutrientes nos solos de cordilheira. Os níveis encontrados constituem o maior potencial disponível, principalmente fósforo e cálcio, para o estabelecimento de pastagens, mesmo que não ocorra a adição de

TABELA 4. Amplitude de variação de nutrientes trocáveis em solos de cordilheiras, níveis limitantes ao crescimento de *Brachiaria humidicola* e produção média relativa desta forrageira, em função do tratamento completo menos um nutriente\*.

	FATORES DO SOLO						
	pH	Mo (%)	K	P (ppm)	Mg	Ca	
Cordilheira	5,5	0,54	80-17	48-6	55-6	182-19	
Nível limitante	-	-	9	6	2	17	
Tratamentos	-N	-S	-K	-P	-Mg	-Ca	Completo
Produções relativas (%)	20	27	42	82	83	86	100

\* FONTE: Dynia (informação pessoal).

nutrientes pela queima da vegetação. Dentro das limitações do teste, os dados permitem concluir que nitrogênio, enxofre e potássio constituem-se nos elementos que limitam a produtividade da pastagem.

#### 4. REGIME HÍDRICO

O regime hídrico do solo tem sido definido em sua variabilidade ampla, de alagado a seco, como fundamento básico para início da pesquisa de introdução de espécies forrageiras. Com a constatação de variabilidade produtiva anual destas forrageiras, tem-se procurado as causas dentro das relações entre a disponibilidade de nutrientes e a variação de umidade no solo.

O comportamento produtivo das forrageiras no solo de cordilheira (Tabela 5) sugere que no período mais seco (junho/setembro) a disponibilidade de água é insuficiente para manter a produção de forrageiras que possuem o sistema radicular superficial. Entretanto desde junho até meados de outubro o lençol freático situa-se, em média, próximo a 2,0m e a umidade na superfície entre capacidade de campo (2,7% - peso) e saturação (5,4% - peso), e tensiômetros estabelecidos a 20 cm da superfície do solo registram nos meses mais secos tensões de -0,390 a -0,750



at. Que correspondem a umidade no solo próxima à capacidade de campo)0,333 at).

Embora Pêra e Gallardo (1972) considerem que somente tensões do solo acima de -1,5 at. Reduziriam a produção das culturas o que se observa é que algumas forrageiras permanecem verdes nesse período de estiagem mas murcham durante parte do dia, o que faz concluir que o fluxo de água capilar não é suficiente para suprir o consumo de forrageias em plena produção. As estimativas quinzenais do conteúdo de água no solo em função da capacidade de campo e de saturação obtidas em laboratório (extração da água do solo por membrana de pressão) não são suficientes para avaliar o suprimento efetivo de água para cada forrageira neste solo extremamente arenoso, pois, representam médias onde o valor crítico, próximo a 2%, apesar de ser constante durante longo, é elevado substancialmente por amostras colhidas após ocasionais precipitações. Além disso, as medidas dos tensiômetros, colocados em solos descobertos, são registradas à tarde, por isso não medem as variações de consumo durante o dia das pastagens.

Para solos arenosos o U.S. Bureau Reclamation citado por Richards (1959) estabeleceu -0,1 at. Como o limite superior de retenção de água. Este valor relaciona-se com as maiores produções observadas das forrageiras. Em experimento com simulação de quatro níveis freáticos, observou-se que *b. decumbens* tem a maior produção com o lençol freático a 1m, desde que haja nutrientes disponíveis nas camadas inferiores do solo. Com nutrientes somente na superfície do solo (horizonte A) sobre areia lavada – simulação do perfil dos solos da região – a maior produção da forrageira ocorre com o lençol freático a 0,5m, mantendo-se a superfície sempre úmida (14%). Observa-se, com isto, que aspectos relativos ao hidromorfismo já limitam, em parte, a produção desta forrageira. Com lençol freático a 1m a produção é muito baixa, comparando-se com a produção a 0,5m de altura freática. Em virtude dos nutrientes estarem situados na superfície do solo, torna-se mais conveniente cultivar as pastagens onde o nível de umidade se mantém acima da saturação (estimado) o maior tempo possível.

Em solo de caronal (Tabela 5) estima-se o excesso de umidade durante grande parte do ano, entretanto, durante a estia-

gem as condições de umidade (6 – 8% de umidade no solo e altura freática em torno de 1m) se tornam favoráveis ao crescimento do pasto, mas este tem sua produção reduzida neste nível geomórfico. Este aspecto é condicionado, em parte, pela falta de umidade na superfície, onde são decompostos os restos orgânicos pelos microrganismos, reduzindo-se o fornecimento de nutrientes às forrageiras. É possível que contribua para que isto se efetue os componentes físicos do solo – macroporos – e climáticos – temperaturas altas sobre areia fina silicosa – condicionando que a água capilar evapore-se antes de umedecer a parte mais superficial do solo.

Em virtude disto, as precipitações pluviométricas são muito importantes para o reinício do ciclo anual, tanto pela contribuição a mineralização dos restos orgânicos como pelo conteúdo de nitratos e sulfatos que pode conter. Observa-se que algumas espécies vegetais (arbustos e árvores) brotam antes das chuvas, mas as forrageiras nativas (gramíneas) necessitam precipitações pluviométricas para rebrotar, suficientes para umedecer os primeiros centímetros da superfície do solo. Isto evidencia que as

frrageiras não dispõem de reservas de nutrientes para formarem novos tecidos, apesar de Haber água disponível. Observando-se estes aspectos, conclui-se que na produção anual de *B decumbens* (Fig.1), em solo de cordilheira, há uma interação de fatores (clima x solo x água) que reduz gradativamente a produção de matéria seca até agosto, sendo a indisponibilidade dos nutrientes do solo superficial uma limitação básica para o crescimento das frrageiras.

## 5. EQUILÍBRIO NUTRICIONAL NA CORDILHEIRA

O estabelecimento de pastagens cultivadas em áreas não alagadas – cordilheiras e caronal – foi a proposição básica para aumentar a disponibilidade de forragem durante o período de alagamento das áreas com pasto nativo. Dentro da proposição de que a pecuária de corte representa a finalidade da existência da pesquisa regional de solos, foi estabelecido um experimento em cordilheira com o propósito de ser conhecida parte do equilíbrio de nutrientes no solo, em virtude deste ser aparentemente frágil.

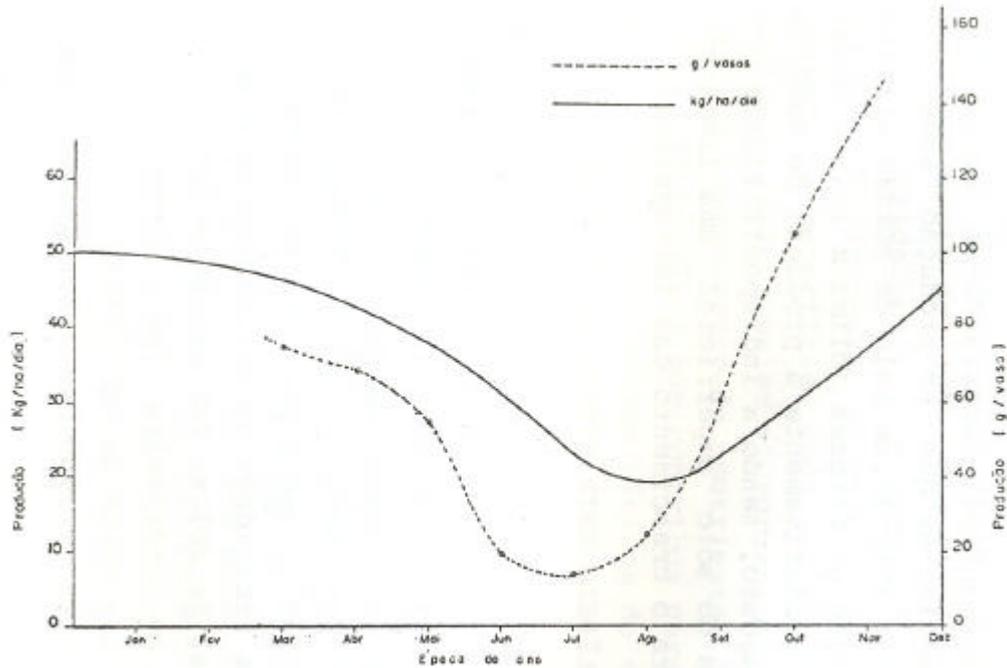


FIGURA 1. Produção média de matéria seca de *B. decumbens* (kg/ha/dia) em cordilheira com fertilidade natural (1980/82) e em vasos (g/vaso) simulando condições de cordilheira com adubação (1984), na sub-região da Nhecolândia.

O experimento evidenciou que a queima da vegetação de cordilheira aumenta substancialmente os nutrientes no horizonte superficial do solo, além de neutralizar parcialmente a acidez e o alumínio trocável (Tabelas 6, 7 e 8). Entretanto, observou-se que estes efeitos foram efêmeros, sendo baixa a estabilidade dos nutrientes adicionados no perfil do solo. Com a queima, o teor de potássio triplicou no solo, mas no ano seguinte foi igual ao nível original. Nos anos seguintes manteve-se estável (Tabela 6, 7 e 8). Observou-se que o grau de cobertura vegetal posterior à queima exerceu controle sobre as perdas deste elemento no solo. Em área cultivada com *B. decumbens* as perdas, embora muito altas inicialmente – em torno de 50% - tornaram-se gradativamente menores, a cada ano, até atingirem níveis semelhantes ao inicial (Tabela 7). Em área desmatada, que teve o solo descoberto e o estabelecimento gradativo da vegetação nativa, as perdas iniciais após a queima, foram drásticas. O potássio trocável lixiviou-se até atingir 50% do nível que existia no equilíbrio com a vegetação do cerrado. Com o restabelecimento parcial da vegetação, o potássio voltou aos níveis iniciais

TABELA 6. Níveis médios de nutrientes trocáveis (ppm) e pH em solo de cordilheira desmatada e semi-desmatada e semi-desmatada com vegetação secundária de gramíneas nativas, iniciais, após a derrubada e queima da vegetação de cerrado, após aplicação de tratamentos e a cada ano, na sub-região da Nheco-lândia.

FATORES DO SOLO <sup>a</sup>	CORDILHEIRA COM VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA													
	DESMATADA							SEMI-DESMATADA						
	I <sup>†</sup>	Q	T	1981	1982	1983	1984	I	Q	T	1981	1982	1983	1984
pH -	5,2	6,0	-	5,5	5,4	5,6	5,6	5,1	6,0	-	5,6	5,6	5,4	5,5
+	4,9	6,0	-	5,7	5,9	6,0	5,9	5,1	6,4	-	6,2	6,0	5,8	5,7
Ca -	60	107	-	134	98	78	66	37	101	-	83	88	69	56
+	39	120	58	98	88	84	81	58	115	58	142	85	85	85
Mg -	9	49	-	26	10	8	8	13	37	-	23	21	15	12
+	8	36	35	29	28	16	12	15	24	35	48	30	32	21
K -	33	72	-	15	22	20	29	22	97	-	28	27	25	27
+	25	83	16	14	21	22	25	27	91	16	23	24	28	29
P -	41	50	-	44	43	45	38	17	38	-	22	27	18	24
+	28	46	13	42	33	36	34	17	33	13	26	23	20	22

<sup>a</sup> (-) e (+) sem e com tratamentos

I Cerrado antes do desmatamento (1980)

Q Após a queima da vegetação do cerrado (1980)

T Tratamentos adicionais (1980).

TABELA 7. Níveis médios de nutrientes trocáveis (ppm) e pH em solo de cordilheira com *Brachiaria decumbens* após quatro anos de cultivo e remoção de 2/3 da forragem em área desmatada e semidesmatada (árvores esparsas) na sub-região da Nhecolândia.

FATORES	CORDILHEIRA COM <i>B. decumbens</i>																
	DESMATADA								SEMIDESMATADA								
	SOLO <sup>a</sup>			I	Q	T	1981	1982	1983	1984	I	Q	T	1981	1982	1983	1984
pH -	5,0	6,3	-	6,3	6,0	6,0	5,9	5,1	5,9	-	5,9	5,8	5,5	5,6			
+	5,5	6,1	-	6,2	6,0	6,1	6,0	5,2	6,1	-	6,4	6,1	6,1	5,9			
Ca -	59	118	-	120	90	79	67	51	92	-	87	77	80	68			
+	48	150	58	132	119	105	100	55	110	58	158	95	108	105			
Mg -	9	41	-	24	13	12	9	14	29	-	17	16	14	7			
+	13	39	35	40	45	23	16	12	33	35	47	26	26	25			
K -	27	76	-	40	31	25	15	29	118	-	32	38	42	25			
+	28	114	16	46	35	26	19	31	90	16	35	35	37	21			
P -	24	44	-	41	29	25	20	15	29	-	18	17	21	21			
+	20	48	13	44	37	35	26	18	26	13	27	23	26	23			

<sup>a</sup> (-) e (+) sem e com tratamentos

I Cerrado antes do desmatamento (1980)

Q Açós a queima da vegetação do cerrado (1980)

T Tratamento adicionais (1980).

TABELA 6. Variação dos níveis médios dos nutrientes trocáveis (ppm) no solo de cordilheira, desde o estabelecimento da pastagem - *Brachiaria decumbens* e vegetação secundária - em áreas desmatadas e com árvores esparsas na Fazenda Ipanema, sub-região da Nhecolândia, Pantanal Mato-grossense.

FATORES	DESMATADA							SEMIDESMATADA						
	Cerrado		Queima+Tratamentos		Após as chuvas			Cerrado		Queima+Tratamentos		Após as chuvas		
	1960	1980	1980	1981	1982	1983	1984	1980	1980	1980	1981	1982	1983	1984
Ca	52	133 +	50	112	98	91	84	58	115 +	50	120	86	85	77
Mg	11	43 +	9	25	18	12	10	16	36 +	9	30	26	17	14
K	28	100 +	12	27	23	24	24	33	96 +	12	30	28	30	27
P	26	49 +	10	43	37	36	30	20	32 +	10	27	25	24	22
pH	5,2	6,1		5,8	5,6	5,8	5,8	5,1	6,0		5,9	5,4	5,5	5,6
Al	26	9		12	-	13	12	19	11		12	-	11	14

(Tabela 6). Os resultados indicam que o K deve ascender no perfil até atingir novamente o equilíbrio inicial. Com relação aos outros nutrientes (Ca, Mg e P), a remoção do solo não foi tão brusca, mas houve tendência de atingirem os níveis existentes inicialmente no cerrado em quatro anos. A variação dos níveis de fósforo, embora tenha sido mais lenta, evidencia a remoção contínua deste elemento (Tabela 9). Para estes elementos, a natureza e o grau da cobertura vegetal estabelecida após a queima do cerrado não exerceram um controle facilmente detectável neste equilíbrio, no espaço de tempo considerado.

Com o desmatamento da cordilheira, o quimismo edáfico comporta-se como se a tendência fosse de estabilização de nutrientes nos níveis iniciais, após um período de três a quatro anos. O equilíbrio coloidal existente parece ter capacidade de retenção limitada e as tentativas de melhorar o solo devem ter neste aspecto um fator básico.

A alteração ambiental que o uso da cordilheira com forrageiras ocasionaria, em relação aos nutrientes estudados (Ca, Mg, K e P), não está bem definida e dificilmente, mesmo com técnicas mais acuradas, se poderá estabelecer uma quantificação

TABELA 9. Elementos na água freática (ppm) em cordilheira desde o equilíbrio inicial - cerrado - até dois anos após o estabelecimento das forrageiras.

ELEMENTOS	É P O C A S													
	CERRADO		PLANTIO		REPLANTIO		PERÍODO CHUVAS		PERÍODO SECO		PERÍODO CHUVAS		PERÍODO CHUVAS	
	(16/09/80)		(05/12/80)		(06/01/81)		(01/04/81)		(02/07/81)		(12/01/82)		(16/02/82)	
	A*	B*	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
P	0	-	0	0,2	0	0,2	0	1,7	0	4,9	0,1	12	-	-
Mg	10	-	9	3	10	2	9	4	10	5	3	15	-	1
Ca	7	-	27	29	29	19	28	16	21	15	17	15	-	4
K	38	-	28	22	35	24	34	34	38	121	14	116	-	42
Na	34	-	26	48	38	50	38	60	42	50	11	50	-	50

\* A Poço de coleta situado no centro da cordilheira

\* B Poço de coleta situado na borda da cordilheira, entre o local do experimento e a "balsa" (pequena lagoa).

precisa do que realmente ocorre. Entretanto, alguns aspectos são bem evidenciados. Os nutrientes que logo após a queima não são absorvidos pela vegetação cultivada ou que permanece viva e rebrota após a queima, passam para a água freática (Tabela 9). No regime de baixa drenabilidade da Nhecolândia não se sabe qual a alteração que a eutrofização das águas freáticas e das “baías” causará, se for intensificado o uso de cordilheiras. Entretanto, na sub-região dos Paiaguás, em virtude da maior drenabilidade, o empobrecimento do solo será acentuado a curto prazo. Isto deverá ocorrer mais intensamente nas nascentes dos fluxos de drenagem.

A remoção da vegetação arbórea certamente vai se relacionar diretamente com a redução das populações de microrganismos. Estas serão privadas das fontes de energia, além de serem expostas a variações mais amplas de temperatura. As unidades geomórficas, apesar de serem definidas por conjunto de características (espécies vegetais, teor de nutrientes, variação do nível freático, etc) que as tornam individualizadas, dada a natureza homogênea do solo arenoso, parecem compor um sistema completo em que a água desde seus extremos de variação atua como veículo

deste inter-relacionamento ambiental. Entretanto, não há informações que permitam avaliar esta hipótese. Em virtude disto, teme-se com a remoção da mata de cordilheira, alterar a fixação de nitrogênio e enxofre para todo o sistema, pois não se conhecem as relações entre a fixação destes elementos e as unidades geomórficas.

As indicações obtidas até o momento, em quatro anos de duração do experimento, são de que o complexo coloidal do solo orgânico – principalmente – tende a um equilíbrio com os nutrientes (Ca, Mg, P e K) pH e alumínio semelhante ao existente com a vegetação anterior de cerrado. A natureza e o grau de cobertura vegetal proposta (braquiária e vegetação secundária) não exerceram um controle suficiente deste equilíbrio, a curto, que impedisse os elementos adicionados ao solo de serem lixiviados (potássio, principalmente). Entretanto, para que cada espécie estabelecesse o seu equilíbrio, alterando certamente a constituição da matéria orgânica do solo, seria preciso tempo muito maior.

A produção de *B. decumbens*, muito alta logo após a

queima da vegetação derrubada, estabilizou-se nos quatro anos seguintes. Entretanto, a produção de cada parcela foi muito variável, como se a oferta de nutrientes não fosse contínua na superfície. Comparativamente, áreas totalmente desmatadas produziram (4 anos) – sem tratamentos – 17% mais do que áreas semidesmatadas (com árvores esparsas) (Tabela 10). Entre as árvores, aspectos relativos a menor produção. Todavia, a competição por nutrientes parece ter sido a causa principal.

Em solo coletado de parcelas entre as árvores esparsas, que apresentavam baixa produção após três anos de cultivo, Cunha e Dynia (1984) constataram que o nitrogênio, enxofre e potássio (estes menos intensamente) foram os elementos que limitaram a produção de *B. decumbens* (Tabela 11). Este aspecto faz pensar que, como a vegetação é controlada por nitrogênio e enxofre, o teor de potássio na superfície do solo seria uma variável dependente destes dois elementos. Desta forma, neste solo de cordilheira-deficiente em N e S – a determinação de que o K seria suficiente para  $\pm 70\%$  da capacidade produtiva da *B. decumbens*, é um parâmetro relativo

TABELA 10. produção anual de matéria seca (t/ha) de *Brachiaria decumbens* em cordilheira, cultivada em área desmatada e semidesmatada (árvores esparsas) após quatro anos de cultivo, com tratamentos iniciais de fósforo, potássio, enxofre e calcário.

TRATAMENTOS	DESMATADA					SEMIDESMATADA				
	1981	1982	1983	1984	TOTAL	1981	1982	1983	1984	TOTAL
Testemunha	15,4	9,5	10,7	11,1	46,7	9,0	12,6	9,9	7,0	38,5
PKS*	16,9	9,4	10,2	10,3	46,8	7,4	10,9	9,4	7,0	34,7
2 PKS	17,9	11,6	13,1	12,4	55,0	8,0	11,9	10,9	7,7	38,5
Cal + PKS *	19,8	13,6	14,2	13,1	60,7	8,0	12,2	10,2	7,9	38,3

\* Tratamento Inicial (1980) de 20 kg/ha de fósforo e enxofre, 25 kg/ha de potássio e 1 t/ha de calcário.

TABELA 11. Produções relativas de matéria seca (%) de *Braehiaria decumbens* em solo de cordilheira com árvores esparsas após três anos de cultivo dessa forrageira em ausência e presença de nitrogênio, enxofre, potássio e com adubação completa\*.

DIAGNOSE POR SUBTRAÇÃO		DIAGNOSE POR ADIÇÃO	
TREATAMENTOS	PRODUÇÕES RELATIVAS %	TREATAMENTOS	PRODUÇÕES RELATIVAS %
Testemunha	32	Testemunha	32
Completo -N	26	N	34
-S	36	S	30
-K	64	K	28
		NS	77
		NSK	87
Completo	100	Completo	100

\* FONTE: Cunha & Dynia (1984)

à vegetação existente no momento.

Os resultados evidenciam que a produção das gramíneas em cordilheiras, mais susceptíveis à lixiviação dos nutrientes (Aeric e Entic Sideraquod e Spodic Quartzipsamment), será limitada por nutrientes mais móveis no solo à medida que passem os anos. Entretanto, o movimento de nutrientes não é só descendente. É uma função do sentido do movimento da água no solo. Neste equilíbrio, a ascensão capilar tem grande importância. Em virtude disto, cada segmento de drenagem tem sua variabilidade de perdas e adições de nutrientes. Isto torna-se importante na diferenciação de fertilidade de cada cordilheira. A altura da água freática é o fator que rege este equilíbrio.

Em cordilheira de áreas circunvizinhas quase que permanente alagadas – os solos são mais ricos em nutrientes e a matéria orgânica é mais alta, sendo a vegetação de mata densa com predominância de acuri (*Atallea phalerata*) nas bordas (Cunha 1980). Embora todos os fatores relacionados à vida vegetal e animal sejam intensificados pela disponibilidade e proximidade da água, as causas da melhor fertilidade do solo devem-se basicamente

ao fluxo ascensional dos nutrientes. Entretanto, as interações solo-vegetação-animais não permitem uma distinção clara entre causas e efeitos.

Brum e Souza (1984), estudando a presença de sai minerais em “salinas” – pequenas lagoas sem escoamento superficial da água das chuvas-encontrou níveis altos de sódio e potássio, e baixos de fósforo, cálcio e magnésio na água (Tabela 12). Sendo a salina, pelo menos no clima atual, o recipiente dos elementos drenados das cordilheiras, que vem sendo queimadas seguidamente, seria de se esperar que contivesse nutrientes nas proporções das águas freáticas (Tabela 9). É de se supor que os baixos níveis de Ca e P nas águas indiquem que, além da reciclagem pela vegetação, há uma cadeia vital a partir da salina pela qual estes nutrientes retornam ao solo circunvizinho.

## 6. CALAGEM

O estabelecimento de pastagens cultivada nas cordilheiras tem o custo de desmatamento seu fator limitante, mas a fuga ao alagamento e a exuberância da vegetação de mata ou cerrado sem-

TABELA 12. Médias de elementos minerais (mg/l) nas águas de "baías" e "salinas" na sub-região da Nhecolândia\*.

<u>ELEMENTOS MINERAIS</u>	<u>"BAÍAS"</u>	<u>"SALINAS"</u>
Ca	3,0	1,5
P	0,1	2,2
Na	11,5	434,0
Mg	1,5	0,7
K	11,5	214,0
Fe	1,2	0,6

\* FONTE: Brum & Souza (1984).

pré foram parâmetros importantes que asseguravam sucesso, pelo menos inicial, das pastagens aí plantadas. Em virtude disso a busca de soluções técnicas para os solos pobres de caronal tornou-se importante à medida que algumas forrageiras se mostraram produtivas neste nível geomórfico (Tabela 13). Cunha & Dynia (1984), em solos de cordilheira, caronal e campo cerrado, muito pobres em cálcio e magnésio, detectaram respostas de forrageiras à calagem, nutrientes e calagem + nutrientes (Tabela 14).

A aplicação de calcário em cordilheira de baixa fertilidade (cerrado ralo) logo após a queima, apresentou baixo aumento de produção. O uso deste insumo em cordilheira, provavelmente trará maiores benefícios após a queda de produção, quando os efeitos benéficos da queima da vegetação tenham cessado.

A calagem dos solos de caronal trouxe um aumento de produtividade para as forrageiras testadas, exceção para *s. guianensis* e *Setaria anceps* cv. *Kazungula* que responderam à calagem somente em presença de nutrientes. Embora para algumas forrageiras não houvesse diferença significativa entre os tratamentos em virtude da variabilidade de produção das parcelas, as tendências das médias indicaram que a calagem, inicialmente, proporcionou

TABELA 13. Níveis de pH, matéria orgânica e nutrientes trocáveis em Podzóis Hidromórficos em área de caronal na Fazenda Ipanema, sub-região da Nacolandia.

SOLOS DE CARONAL	M.O.	pH	FATORES DO SOLO				
	%		Al	Ca	Mg	K	P
			(ppm)				
1	-	5,8	5	28	29	24	1,0
2	-	5,3	9	44	32	42	4,0
3	0,5	5,2	15	6	1	10	0,6
4	0,5	5,4	11	25	3	12	0,6
5	0,5	5,4	5	51	1	10	1,0

TABELA 14. Produção anual média de matéria seca de forrageiras (t/ha) em cordilheira, campo cerrado e caronal, com tratamentos com calcário, nutrientes e calcário + nutrientes nas sub-regiões da Nhecolândia e dos Palaquês\*.

<u>FORRAGEIRAS</u>	<u>TESTEMUNHA</u>	<u>CALCÁRIO**</u>	<u>NUTRIENTES***</u>	<u>CALCÁRIO + NUTRIENTES</u>
<b>CORDILHEIRA</b>				
<i>Brachiaria decumbens</i>	11,8	12,7	14,1	14,8
<i>Canavalia brasileira</i>	6,3	6,7	7,2	7,7
<b>CARONAL</b>				
<i>Vigna unguiculata****</i>	1,7	3,5	3,0	4,4
<i>Canavalia brasileira</i>	6,5	8,8	10,2	8,2
<i>Stylosanthes guianensis</i>	5,7	5,6	7,7	12,0
<i>Brachiaria decumbens</i>	8,3	13,2	21,0	18,3
<i>B. brizantha cv. Marandu</i>	8,6	11,9	11,9	11,3
<i>B. humidicola</i>	6,0	6,3	9,0	7,4
<i>Andropogon gayanus</i>	5,2	6,4	7,1	7,1
<i>Setaria spodiopogon</i>	6,8	6,0	5,4	13,5
<b>CAMPO CERRADO</b>				
<i>Brachiaria decumbens</i>	0,6	3,3	2,3	5,2
<i>B. humidicola</i>	0,3	2,5	2,0	2,9

\*PONTE: Cinha & Dynia (1984)

\*\* Produção média das diversas doses usadas

\*\*\*Adubação mineral

\*\*\*\*Um corte apenas

cerca de 27% de aumento de produção. As causas relacionam-se à liberação e ao consumo de N e S existentes no solo, fator que o metido experimental acentuou, com a remoção dos restos orgânicos a cada corte. Os resultados atuais são limitados à produção anual, e os benefícios da calagem, se estimados em função do tempo, com os animais atuando como componentes de reciclagem dos nutrientes talvez sejam mais promissores. Em função disto, a calagem como objeto de pesquisa, mostra-se importante à medida que se proponha quantificar seus efeitos na interação entre as gramíneas (braquiárias) e leguminosas. Estas foram propostas visando assegurar o suprimento de nitrogênio necessário à pastagem. As repostas a calcário com nutrientes evidenciam que os limites esperados de produtividade das forrageiras, em geral, são uma função do nitrogênio mobilizado do solo, e se situam em torno de 70% (Tabela 14).

Em campo cerrado com vegetação de fura-bucho (*Paspalum spp.*) – espécies de baixo valor nutritivo – onde níveis de cálcio, fósforo e potássio do solo são críticos para as forrageiras exóticas, a calagem contribuiu para o estabelecimento de *Brachiaria humidi-*

*cola*, que tem condições de produzir mais do que o pasto nativo. Em *B. decumbens* e *B. humidicola* a calagem causou inicialmente necrose nas bordas das folhas e redução no teor de potássio na matéria seca, mas proporcionou aumento nos teores de cálcio e magnésio para níveis compatíveis com essas forrageiras (Tabela 15). Espera-se que a elevação de cálcio e magnésio no solo necessária às braquiárias condicione um novo equilíbrio ao meio que retenha potássio suficiente para produção de *B. humidicola*. A resposta a calagem proporcionou a abertura de um uso mais produtivo dessas terras. Entretanto, caberia prover o solo com níveis de fósforo compatíveis com o estabelecimento de uma leguminosa, para assegurar a permanência produtiva das gramíneas. Essa leguminosa ainda não foi achada entre as introduzidas testadas, e não há leguminosas nativas neste solo, exceto árvores como morcegueiro (*Andira paniculata*) jatobá (*hymenaea sigonocarpa*), esparsas na paisagem.

Visando testar efeitos de interações de potássio e calagem em forrageiras em área de caronal, Cunha & Dynia (1984), encontraram respostas isoladas de *Vigna unguiculata* a calcário, pó

TABELA 15. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo e ferro na matéria seca em *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria humidicola* com tratamentos com calcário e calcário + nutrientes em campo cerrado na sub-região dos Piaçuais.

FORRAGEIRAS	TRATAMENTOS									
	CALCÁRIO (t/ha)					CALCÁRIO + NUTRIENTES (t/ha)				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
<i>B. decumbens</i>										
Potássio (%)	1,16	0,60	0,51	0,67	0,57	1,07	0,64	0,74	0,56	0,47
Cálcio (%)	0,24	0,33	0,32	0,34	0,35	0,26	0,34	0,32	0,32	0,34
Magnésio (%)	0,24	0,56	0,71	0,73	0,76	0,13	0,45	0,46	0,52	0,63
Fósforo (%)	0,12	0,13	0,14	0,15	0,13	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13
Ferro (ppm)	68	50	61	56	60	57	50	49	50	48
<i>B. humidicola</i>										
Potássio (%)	0,96	0,72	0,61	0,72	0,68	0,93	0,69	0,68	0,63	0,60
Cálcio (%)	0,13	0,17	0,18	0,19	0,21	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20
Magnésio (%)	0,17	0,36	0,39	0,37	0,40	0,13	0,33	0,36	0,38	0,36
Fósforo (%)	0,08	0,09	0,07	0,08	0,10	0,15	0,16	0,17	0,15	0,13
Ferro (%)	64	50	45	60	50	51	49	43	43	50

tássio e fósforo, de *B. ruzizensis* a calcário e potássio sem diferenças entre as doses usadas, e ausência de resposta de *B. humidicola* e *Calopogonium mucunoides* a qualquer dos tratamentos (Tabela 16). Os resultados evidenciaram, em cada forrageira, resposta gradativa a cada nutriente, sem que a interação deles fosse significativa. Observações posteriores ao encerramento do experimento mostraram que somente as forrageiras que não responderam aos nutrientes permaneceram em produção, sem diferenças aparentes entre tratamentos. A conclusão é que há respostas das forrageiras mais exigentes a quaisquer destes elementos, e que estas cessam à medida que é atingido o nível crítico de nitrogênio ou enxofre disponível no solo.

## 7. MICROELEMENTOS

Deficiências de microelementos em solos arenosos ácidos, desenvolvidos de sedimentos fluviais provenientes da decomposição de arenitos, são passíveis de ocorrência, em virtude da natureza silicosa destes solos.

Brum et al. (1984), em levantamento de nutrientes no solo,

TABELA 16. Produção média de matéria seca (t/ha) em área de caronal, de *Vigna unguiculata*, *Colopogonium mucunoides* e *Brachiária humidicola* (dois cortes) e *Brachiária ruziziensis* (anual) com tratamentos de calcário, fósforo e potássio\*.

FORRAGEIRAS	T	PK	Ca1	Ca1 + K	P	Ca1 + P	K
<i>Vigna unguiculata</i>	0,6	1,2	1,7	1,3	1,6	1,2	1,7
<i>Colopogonium mucunoides</i>	6,5	6,0	7,3	6,4	7,2	7,2	6,8
<i>Brachiária humidicola</i>	2,4	2,7	2,9	2,6	2,9	2,3	2,8
<i>Brachiária ruziziensis</i>	7,7	8,7	10,7	9,4	10,4	9,5	10,3

\*FONTE: Cunha & Dynia (1984).

planta e animal da região em estudo, relataram os níveis de ferro, manganês, zinco e cobre, considerando baixo estes dois últimos (Tabela 2). Cunha et al. (1981), em casa de vegetação, relataram toxidez de boro (0,5 ppm) em *Centrosema pubescens* e efeitos depressivos dos micronutrientes (Zn, Cu e Mo) em geral, nas dosagens comumente usadas. Dynia & Cunha (1984), em casa de vegetação, não encontraram respostas a microelementos (Zn, B, Cu e Mo) nos solos do Pantanal. Cunha & Dynia (1984), em experimento de campo, não encontraram resposta de *B. decumbens* a micronutrientes (Cu, Zn e Mo). Entretanto, encontram resposta a Mo, em presença de N, P, K e S (Tabela 17).

Os resultados obtidos permitem supor um equilíbrio nutricional entre solo e vegetação em que ferro e manganês, este último ocasionalmente, estão em excesso no meio, e que os demais micronutrientes existem em suficiência para a vegetação nativa. A resposta a molibdênio após adubação com macronutrientes evidencia que espécies vegetais exóticas com alta capacidade produtiva podem apresentar carência nutricional deste elemento. Como a função do molibdênio no solo relaciona-se à constituição de enzimas do ciclo do nitrogênio nas plantas o efeito produzido de

TABELA 17. Produção média de matéria seca (t/ha) de *Braconiaría decumbens* em área de caronal com aplicação de cobre, zinco, molibdênio e enxofre em ausência (1º corte) e presença de nitrogênio, fósforo e potássio (2º corte)\*.

TRTAMENTOS	1º CORTE	2º CORTE (NPK)	ANUAL (t/ha)	RELATIVA (%)
Testemunha	2,1	4,4	11,1	72
Cu	1,8	4,2	10,6	68
Zn	1,9	4,3	10,6	68
Mo	1,8	4,0	10,4	67
S	2,5	6,2	14,6	94
Cu S	2,5	5,5	12,4	80
Zn S	2,9	5,7	14,4	92
Mo S	2,6	6,5	15,5	100

\*FONTE: Cunha & Dynia (1964).

vê envolver a pesquisa deste elemento.

## 8. ENXOFRE E NITROGÊNIO

As limitações de nitrogênio e enxofre para a produção de forrageiras exóticas evidenciaram-se nas sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás à medida que a pesquisa de fertilidade desenvolveu-se. Cunha et al.(1981), relataram deficiência de enxofre para *Centrosema pubescens*. Dynia & Cunha (1984) encontraram deficiências de nitrogênio e enxofre para *B. humidicola* (Tabelas 1 e 4). Cunha & Dynia (1984), em área de cordilheira, encontraram deficiência de nitrogênio e enxofre para *B. decumbens* (Tabela 11). Cunha & Dynia (1984), em área de caronal, encontraram respostas de *B. decumbens* a enxofre com nitrogênio, a calcário com enxofre e nitrogênio, a adubação completa + enxofre e nitrogênio, sem diferenças entre as doses de 20 e 40 kg/há de enxofre (Tabela 18). Encontraram ainda resposta de *B. decumbens* a enxofre, calcário + enxofre e adubação completa + enxofre no primeiro ano de cultivo (Tabela 18). Não encontraram diferenças entre as produções de matéria seca de *B. decumbens*,

TABELA 18. Produção de matéria seca (t/ha) e porcentagem de aumento de produção em relação a testemunha de *Brachiaria decumbens* em área de caronal em função de tratamentos com enxofre, com nitrogênio, calcário com enxofre, calcário com enxofre e nitrogênio e adubação mineral com enxofre, em dois experimentos\*.

TREATMENTOS	Anual (t/ha)	Relativa (%)	Anual (t/ha)	Relativa (%)
Testemunha	7,2	0	9,2	0
S 20**	-	-	11,7	27
S40	-	-	11,9	29
S <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	10,3	43	-	-
S <sub>40</sub> + N <sub>20</sub>	10,6	47	-	-
Calcário	-	-	11,8	28
Calcário + S <sub>20</sub>	-	-	14,0	52
Calcário + S <sub>20</sub> + N <sub>10</sub>	11,1	54	-	-
Calcário + S <sub>40</sub> + N <sub>10</sub>	13,2	83	-	-
Adubação mineral ***	12,7	76	13,8	50
Adubação mineral + S <sub>20</sub>	15,9	120	17,6	91
Adubação mineral + S <sub>40</sub>	16,1	124	-	-

\*FORTE: Cunha & Dynia (1984).

\*\* Números correspondem a dose (kg/ha) de S e N aplicadas

\*\*\* Adubação mineral - 2 t/ha de calcário, 20 kg de N, 20 kg/ha de P, 30 kg/ha de K, 0,5 kg/ha de Cu, 0,5 kg/ha de Zn e 0,1 kg/ha de Mo.

com aplicações de enxofre no início do cultivo, de aplicações de enxofre no início do cultivo, de aplicações de enxofre no ano seguinte. Atribuíram este fator à remoção dos nutrientes em cada corte (Tabela 18).

O nitrogênio em solos arenosos normalmente se constitui no elemento limitante à produção vegetal. A pesquisa sempre buscou, na fixação deste elemento por microrganismos em simbiose com leguminosas, a solução mais econômica para o aumento de produção das forrageiras. Nestes solos arenosos a variação do solo seco para alagado verifica-se em pequeno espaço de tempo (novembro), concomitantemente com o pique de crescimento geral das forrageiras nativas. E estas crescem dentro da variabilidade de hidromorfismo, que se acentua até o período de secagem do solo, quando reduzem gradativamente a produção de massa. Muitas espécies individualizam-se em touceiras, sem que apresentem, entretanto, sintomas de deficiências de nitrogênio e enxofre (cloroses). As proposições de uso dos solos de unidades geomórficas em que a variação de umidade é compatível com as espécies exóticas têm limitações de produção na disponibilidade de nitrogênio e enxofre. As respostas a enxofre evidenciam a necessi-

dade de sua aplicação e os benefícios que podem ser alcançados à medida que outros nutrientes estejam presentes no solo em níveis não limitantes. Evidenciam também dois aspectos fundamentais, que são a sua necessidade inicial para forrageiras exóticas, admitindo-se uma solução para o nitrogênio, baseado em sua fixação por leguminosas e sua baixa fixação no ciclo biológico que compõe as pastagens.

Os resultados de experimentos de campo (Tabela 13) com enxofre (pó), isolado ou com nutrientes, evidenciam aumentos de produção de *B. decumbens*, que se reduzem à medida que são feitos cortes e remoção da massa colhida. As respostas semelhantes de aplicação de enxofre e calcário isolados e interativas quando aplicados junto levam a se concluir que atuam como nutrientes, em virtude de terem efeitos antagônicos com corretivos.

## 9. CONCLUSÕES

O sistema coloidal dos solos arenosos do Pantanal Matogrossense comporta baixos níveis de nutrientes, não fixando a maior parte dos nutrientes liberados na queima da cobertura vegetal.

A produção de forrageiras exóticas é limitada principalmente por nitrogênio e enxofre, salvo inicialmente na cordilheira, onde somente após o desmate, estes nutrientes são compatíveis com altas produções. Mesmo havendo perda total de potássio adicionado através da queima, após as chuvas em solo sem cobertura vegetal, parece haver um equilíbrio deste elemento na superfície pela sua ascensão na água freática e difusão no solo, mantendo em nível suficiente para uma produtividade aceitável das forrageiras. Em virtude de nitrogênio e enxofre limitarem a produção de forrageiras exóticas, o nível de fósforo em solos de caronal é compatível com algumas forrageiras menos exigentes. As repostas à calagem nos solos mais pobres evidenciam uma contribuição tanto nutricional como uma alteração favorável na disponibilidade de nutrientes. A variação estacional da produtivida-

de das forrageiras, além de ser devida a efeitos climáticos e de redução da altura freática, é uma função da secagem da superfície do solo, reduzindo as possibilidades de absorção de nutrientes.

As respostas de forrageiras exóticas a nitrogênio, enxofre, fósforo, potássio e calcário em caronal evidenciam um potencial insuficiente de nutrientes no solo para prover a plena capacidade produtiva da maior parte delas. Entretanto, *B. humidicola*, que tolera níveis de cálcio, magnésio, potássio e fósforo muito baixos, estabeleceu-se em áreas de caronal, produzindo satisfatoriamente, sem que fossem constatadas respostas a fósforo, potássio e calcário. Em campo cerrado com fura-bucho (*Paspalum spp.*), com níveis crítico de nutrientes para essa forrageira, a aplicação de calcário foi suficiente para estabelecê-la e mantê-la em produção satisfatória.

Como alternativa para se tentar estabelecer pastagens produtivas nas sub-regiões dos Paiaguás e da Nhecolândia, caberia:

1. Pesquisar as fontes de fixação de nitrogênio durante o ano, em cada unidade geomórfica, para que a intervenção no meio

não as altere.

2. Determinar taxas de fixação de nitrogênio das leguminosas adaptáveis em cada unidade geomórfica, para ser estabelecida a densidade populacional necessária nos ensaios de consorciações com as braquiárias.

3. A partir do nitrogênio disponível do sistema brachiaria x leguminosas, prover o solo, com enxofre e calcário, e pesquisar o equilíbrio do sistema proposto em função do tempo, admitindo a limitação de produtividade em função do potássio disponível.

4. Pesquisar as variações de nutrientes durante o ano considerando os teores de matéria orgânica e umidade do solo.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUM et al. P.A.R. de & SOUZA, J.C. de. Níveis de macro e microelementos em águas de baías e salinas no Pantanal Sul-Mato-Grossense. (A ser publicado na PAB).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Cali, Colômbia. Report 1982. p. 82-3. (CIAT. Séries NO; OZE (1)-82).
- COMASTRI FILHO, J.A. Pesquisas em forrageiras no Pantanal. Corumbá, EMBRAPA UEPAE de Corumbá, 1984. 65p. ilustr. (EMBRAPA, UEPAE de Corumbá – Documentos, 3). (No prelo).
- CUNHA, N.G. da. Considerações sobre os solos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Mato-grossense. Corumbá, UEPAE de Corumbá, 1980. 45p. (EMBRAPA, UEPAE de Corumbá, Circular Técnica, 1).
- CUNHA, N.G. da. & DYNIA, J.F. Respostas de forrageias à calagem e adubação em Podzol Hidromórfico nas sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás – Pantanal Mato-grossense. Corumbá, EMBRAPA, UEPAE de Corumbá, 1984. (EMBRAPA, UEPAE de Corumbá. Boletim de Pesquisa, 1). (No prelo).

- CUNHA, N.G. da; POTT, A.; COMASTRI FILHO, J. A.; CASAGRANDE, J.C.; DYNIA, J.F. & COUTO, W.C. Respostas de forrageiras a nutrientes em solos da planície sedimentar do rio Taquari, Pantanal Mato-grossense. Corumbá, EMBRAPA, UEPAE de Corumbá, 1981. 43p. (EMBRAPA, UEPAE DE Corumbá. Circular Técnica, 8).
- DYNIA, J.F. & CUNHA, N.G. da. Identificação de deficiências de nutrientes em solos do Pantanal Mato-grossense. ( a ser publicado na PAB).
- ORIOLO, A.L.; AMARAL FILHO, Z.P. do & OLIVEIRA, A.B. de. Pedologia; levantamento exploratório de solos. I: BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. SECRETARIA GERAL. PROJETO RADAMBRASIL. Folha SE.21. Corumbá e parte da folha SE.20; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. p. 225-328. (Levantamento dos Recursos Naturais, 27).

PENA, P. & GALLARDO, R. Classificação de solos segundo sua capacidade de irrigação. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA, 2, Porto Alegre, 1972. Anais...Porto Alegre, UFRGS/UNESCO, 1972. p.5-33.

TURNER, R.G. Heavy metal tolerance in plants. In: ROBINSON, I.H. Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Oxford, Blackwell Scientific Publication, 1969. p.399-410. Citado por EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 298.