

Circular Técnica

ISSN 0100 7866
Dezembro, 1985

Número 19

**SOLOS CALCIMÓRFICOS DA SUB-REGIÃO
DO ABOBRAL, PANTANAL MATO-GROSSENSE**



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - CPAP

ISSN 0100-7866

Dezembro, 1985

CIRCULAR TÉCNICA N.º 19

SOLOS CALCIMÓRFICOS DA SUB-REGIÃO DO ABOBRAL, PANTANAL MATO-GROSSENSE

Noel Gomes da Cunha
Arnildo Pott
Assis Rosa Gonçalves



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA-MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal

Exemplares deste trabalho devem ser solicitados ao
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Rua 21 de setembro, 1880
Caixa Postal 109
Telex: 0673198
Telefones: (067) 231.1430, 231.1735 e 231.1775
79.300 – Corumbá, MS.

Tiragem: 1.000 exemplares

Comitê de Publicações
João Batista Catto - Presidente
Arnildo Pott
Edison Beno Pott
Eduardo Alfonso Cadavid Garcia
Neide Albergone - Bibliotecária

Desenho: Waldemir da Costa Diniz
Datilografia: Terezinha de Arruda e Souza

Cunha, Noel Gomes da.

Solos calcimórficos da sub-região do Abobral, Pantanal Mato-grossense, por Noel Gomes da Cunha, Arnildo Pott e Assis Rosa Gonçalves. Corumbá, EMBRAPA-CPAP, 1986.

52p. ilust. (EMBRAPA-CPAP, Circular Técnica, 19).

1 Solos – calcimórfico-Pantanal. 2. Solo ácido-Rio Abobral-Pantanal.
3. Forrageira-Clorose. 4. Planta-Deficiência de ferro. I. Pott, Arnildo.
II. Gonçalves, Assis Rosa. III. Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal,
Corumbá, MS. IV. Título. V. Série.

CDD. 631.4

© EMBRAPA - 1986

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	5
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	9
- PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DA SUB-REGIÃO DO ABOBRAL	11
- Solos de cordilheira do rio Abobral	17
- Áreas de contato de sedimentos do rio Taquari	27
- VEGETAÇÃO ORIGINAL E SECUNDÁRIA DAS CORDILHEIRAS DO ABOBRAL	31
- Vegetação original	31
- Vegetação secundária	36
- IDENTIFICAÇÃO DE LIMITAÇÕES AO USO DA TERRA	38
CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

“SOLOS CALCIMÓRFICOS DA SUB-REGIÃO DO ABOBRAL,
PANTANAL MATO-GROSSENSE”.

Noel Gomes da Cunha¹

Arnildo Pott²

Assis Rosa Gonçalves³

RESUMO – As “cordilheiras” da sub-região do Abobral, Pantanal Mato-grossense, têm como material de origem, conchas de moluscos transportadas da planície de inundação do rio Miranda, de águas e sedimentos alcalinos. Os solos, desenvolvidos sobre material essencialmente carbonático (calcimórficos), constituem-se em ilhas com vegetação de mata semi caducifólia, isoladas nas planícies inundáveis de solos ácidos do rio Abobral. Os solos em condições de

¹ Engº Agrº, EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal – CPAP. Caixa Postal 109. 79300 Corumbá, MS.

² Eng. – Agr., M.Sc., Ph.D. – EMBRAPA – CPAP.

³ Eng. – Agr., SUDESUL – Departamento da Lagoa Mirim – Rua Lobo da Costa, 447 – CEP 96100 – Pelotas, RS.

hidromorfismo temporário formam um epipedon mólico sobre um horizonte petrocálcico. Pela classificação do Departamento de Agricultura do E.U.A. de 1949 são denominados de Calcissolos e de Aeric Petrocalcic calciaquoll pela Soil Taxonomy. A vegetação original e a secundária (ruderal) são descritas. O desmatamento e o cultivo condicionam a formação de crostas de sais na superfície e clorose nas plantas introduzidas de solos ácidos. Em braquiárias a clorose foi seguida de morte. De todas as hipóteses sobre as causas (deficiências de micronutrientes, acentuadas pela presença de H_2S , $-HCO_3$, $-NO_2$ ou metais pesados), os testes provaram a deficiência de ferro e indicaram provável toxidez por acumulação de nitritos.

Termos para indexação: *Brachiaria*, deficiência de ferro, clorose, Petrocalcic Calciaquoll, nitritos.

“CALCIMORPHIC SOILS OF THE ABOBRAL SUBREGION,
PANTANAL, BRAZIL”.

ABSTRACT The origin of the “cordilheiras” (ridges) of the Abobral subregion, Pantanal, is based on mollusc shells transported from the floodplain by the Miranda river, with alkaline waters and sediments. The soils, developed on essentially carbonatic material (calcimorphic), constitute islands with semideciduous forest vegetation on the acid soil floodplains of the Abobral river. The soils under temporary conditions of hydromorphism form a mollic epipedon over a petrocalcic horizon. By the U.S. Department of Agriculture classification they are named Calcisols, and Aeric Petrocalcic Calciaquoll according to the Soil Taxonomy. The original and the ruderal vegetation is described. Clearing and cultivation conditioned crust formation of salts on the soil surface and chlorosis on the introduced acid soil plants. Chlorosis was followed by plant death in *Brachiaria*. Among all hypotheses of causes of death (micronutrient deficiencies, aggravated by the presence of H_2S - HCO_3^- , - NO_2^- or heavy metals), glasshouse and laboratory tests proved iron deficiency and indicated a probable toxicity of nitrite accumulation.

Index Terms: *Brachiaria*, iron deficiency, chlorosis, Petrocalcic calcaquoll, nitrite.

INTRODUÇÃO

No Pantanal Mato-grossense, o regime hídrico de cada rio é de fundamental importância para a caracterização e utilização da sua planície de inundação. Em virtude disso, algumas sub-regiões são denominadas em função dos rios responsáveis pelo seu regime hídrico.

A sub-região do Abobral, no município de Corumbá (Fig. 1), é formada por uma planície baixa que, na época das cheias, constitui-se numa planície de inundação comum dos rios Abobral, Miranda e Negro.

O uso do solo se restringe à pecuária de corte em pastagens nativas estacionais de boa qualidade. As inundações leves e de pequena duração nos ciclos de seca têm aumentado a sua duração nos ciclos de cheia (até o meses), tornando quase desativadas algumas fazendas. Nesse período, o gado ocupa as “cordilheiras” – pequenas áreas não-inundáveis com mata – como refúgio temporário. O estabelecimento de pastagens nas cordilheiras (5-20%) é uma solução tentada pelos fazendeiros para o uso dessas terras. Entretanto, as forrageiras e culturas utilizadas atualmente são inadaptadas aos solos dessas cordilheiras. As espécies vegetais

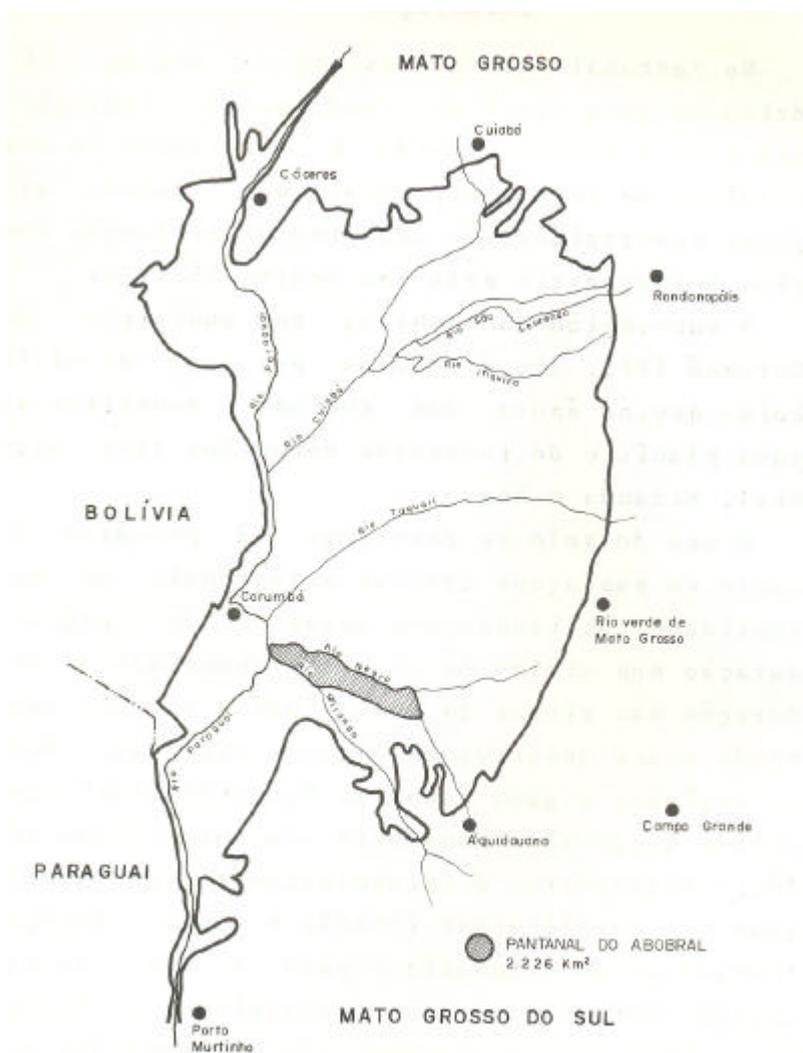


FIG. 1. Mapa do Pantanal mostrando a sub-região da Abobral

exóticas e não –nativas (forrageiras e culturas), selecionadas para solos ácidos, tornam-se cloróticas nesses solos.

Este trabalho se propõe a caracterizar os solos, e identificar as causas das cloroses nas forrageiras, para que as soluções técnicas – espécies adaptadas a solos calcimórficos e adições de compostos ferrosos – possam ser testadas, nessas áreas de refúgio de animais incluindo os nativos. São descritos e discutidos a geomorfologia e a gênese da sub-região em geral, e os solos e a vegetação das cordilheiras em particular.

PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DA SUB-REGIÃO DO ABOBRAL

A planície deprimida – pantanal baixo – comum dos rios Miranda, Aquidauana, abobral e Negro é composta por um sistema de drenagem com a velocidade das águas insuficiente para transportar totalmente os sedimentos que fluem para o rio Paraguai. Em virtude disso, nessa planície de deposição constante de sedimentos, os rios mudaram-se seguidamente de seus leitos à medida que foi se estabelecendo uma obstrução progressiva de depósitos na planície de inundação do rio Paraguai.

Embora as cheias desses rios sempre tenham constituído um alagamento generalizado na planície comum, atualmente pode-se fazer uma estimativa da magnitude do que foram, no seu aspecto unitário, pelo material de origem e amplitude da bacia hidrográfica, além da quantidade, localização e natureza dos sedimentos depositados. Além disso, há indícios de que havia uma vazão suficientemente forte no início de sua formação em virtude da contenção abrupta dos sedimentos do leque aluvial do rio Taquari (deposições de areias com mudança contínua do leito, possivelmente, sob clima árido) que convergiam para essa planície de inundação, no sentido transversal (norte-sul).

No período atual, as cheias desses rios, que constituem a planície, ocupam um dreno comum. Somente no fim da época de estiagem, precariamente, pode ser definida a individualização de cada via de drenagem. Desde onde os rios Negro e Abobral têm seus leitos definidos até a planície de inundação do rio Paraguai, a configuração anastomasada da drenagem dessa planície de escoamento, a alternância de aspectos geomórficos (cordilheiras,

planícies e depressões), além da variação de espécies vegetais nas partes altas, no centro para a borda, tornam essa planície distinta de outras sub-regiões do Pantanal Mato-grossense. Essa sub-região denominada de Pantanal do Abobral, nas cheias de uma época passada recente até o período atual, tem recebido as águas do rio Miranda, ricas em carbonatos, provenientes das rochas calcárias da sua bacia hidrográfica, além da águas do rio Negro. Entretanto, em épocas anteriores, quando o rio Abobral constituía o terço inferior do rio Aquidauana, e havia escoamento das águas de drenagens sem obstrução POR SEDIMENTOS NA FOZ DOS RIOS E/OU POR CHEIAS MENOS INTENSAS DO RIO Paraguai, os derrames de sedimentos, em cada bacia hidrográfica, eram individualizados até a planície de inundação do rio Paraguai. As condições de maior drenabilidade condicionaram o desenvolvimento de solos em regime de menor hidromorfismo do que o atual, sem participação de sedimentos ou águas carbonatadas do rio Miranda. Nessas condições se formaram Planossolos (Tabela 1) de sedimentos de rochas ácidas na sub-região do Abobra, (J.A. Amaral informação pessoal, SNLCS). Estes solos são produtos de

TABELA 1. Resultados de análises físicas e químicas do solo da planície da inundação do rio Abobral. Fazenda Sagrado. Sub-região do Abobral.- Pantanal Mato-grossense.

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte			Argila	Carbonatos	C	N	C/N	C.E. (umho)	
					(%)									
A ₁	0 - 25	10YR3/1	55	38	5	2		0,0	0,6	0,05	12	200		
A ₂	25 - 45	" 7/2	64	30	4	2		0,0	0,2	0,02	10	200		
B _t	45 - 60*	" 6/3	55	14	4	15		0,0	0,1	0,02	5	140		
	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺		T		V		Mn ⁺⁺ ppm
	H ₂ O	KCl						pH ₈	pH ₇	pH ₈	pH ₇	pH ₈	pH ₇	
							me/100	g de solo				%		
A ₁	5,4	4,2	0,88	0,22	0,10	0,04	1,24	3,00	1,56	4,24	2,86	29	44	30
A ₂	6,3	5,7	0,95	0,20	0,08	0,01	1,24	0,50	0,26	1,74	1,50	71	82	10
B _t	5,7	4,3	3,28	0,56	0,15	0,04	4,03	5,00	1,97	9,03	6,00	45	67	30

* Extração das bases trocáveis com acetato de amônio a pH₇, acidez com cloreto de bário a pH₈ e capacidade de troca de cátions pela amônia retida. Dados fornecidos pelo laboratório de solos do Departamento da Lagor Miris-Sude sul.

uma gênese em que há variação climática anual com períodos secos definidos. Condicionados a isso, esses são mais desenvolvidos próximos ao leito do rio Abobral, que sempre foi um canal aberto de drenagem, condicionando maior variabilidade entre condições de secagem e alagamento ao solo. Com maior represamento das águas, no período atual, condicionou-se maior grau de hidromorfismo aos solos da região e sedimentação constante de partículas finas. Em virtude disso, se observam leitos fósseis estreitos obstruídos ou seqüências de lagoas que constituíam leitos antigos, progressivamente evoluindo para um aplainamento.

A fisiologia da sub-região é de uma planície ampla onde os contrastes altimétricos são de difícil percepção. A vegetação, pelos seus contrastes em virtude da alternância de grau de hidromorfismo que as depressões e as partes mais altas causam, se comporta como indicador da variação altimétrica. Serve também para se constatar a variação do hidromorfismo nos solos ao longo dos anos, causado pela variabilidade do grau e freqüência das cheias, a cada ano. A paisagem geral é composta pela sucessão de campos, brejos e matas.

Junto ao rio Abobral, onde a velocidade das águas que transbordam é maior, e as cordilheiras se situam esparsamente na planície, compondo ilhas isoladas no campo limpo. Em direção ao rio Negro a planície é mais baixa. É composta por uma sucessão infinita de leitos obstruídos e alta densidade de cordilheiras entre brejos que se formam pela progressiva redução da drenabilidade regional.

As cordilheiras são pequenas elevações abruptas (1 a 2 metros) em relação à base dos sedimentos, sempre acima do nível máximo de inundação. Possuem formas e dimensões variadas. Distantes do leito definido do rio Abobral e próximos no contato com os sedimentos do rio Paraguai. Algumas são circulares. Próximas aos rios Abobral e Negro se estendem em formas alongadas com uma certa posição paralela aos fluxos de drenagem, com características semelhantes a cordões arenosos que se distribuem ao longo de rios. Constituem, as cordilheiras, as únicas superfícies não alagáveis durante o período das cheias, que podem se prolongar a quase todo o ano, nas partes mais baixas.

SOLOS DE CORDILHEIRA DO RIO ABOBRAL

As cordilheiras são formadas por deposições de imensos volumes de conchas de moluscos, em período recente, sobre sedimentos areno-argilosos mais antigos. Estima-se pouca idade para essas deposições de conchas, pela ausência de vestígios erosivos nas superfícies das cordilheiras. No geral, há um contato abrupto entre os dois sedimentos, sem qualquer sulco que indique remoção de parte das superfícies planas das cordilheiras. Ainda não se desenvolveram as condições iniciais de um aplainamento, permanecendo as bordas das cordilheiras com níveis altimétricos que contrastam com a planície. Em virtude da magnitude dos depósitos necessários à formação de cada cordilheira, a origem desses moluscos deve ter sido em banhados e lagoas da planície de inundação do Rio Miranda, de solos e águas ricos em carbonatos. Foram transportados pelas cheias no regime hídrico atual da planície de inundação comum. A deposição dessas conchas, onde a velocidade das águas de escoamento era menor parece ainda constituir bordas de leitos antigos.

A hipótese de que a intrusão de águas alcalinas (carbonatadas) tenha contribuído para a proliferação dos moluscos nas depressões alagadas locais e que as conchas tenham sido transportadas por aves para as partes mais altas, formando cordilheiras, é menos viável. Porque não parece haver deposições de conchas nas partes mais baixas. Outra hipótese seria que o material básico da cordilheira seja de carapaças de foraminíferos ou corais e que as conchas de moluscos sejam intrusões feitas por aves e que não componham a totalidade do material de origem. Amaral (informação pessoal) considera que as conchas tenham sua origem no local e que seu agrupamento seja pelo movimento da água na superfície. De qualquer origem, estas conchas formaram um solo atípico na região, onde o intemperismo ainda não foi suficiente na superfície para destruir grande parte delas.

O solo é constituído por um horizonte A profundo, cinzento muito escuro, epidedon mólico (Estados Unidos 1975) – que gradativamente torna-se cinzento claro (Tabela 2). Neste horizonte A₁, principalmente, algumas conchas ainda não foram totalmente

TABELA 2. Resultados de análises físicas e químicas do solo de cordilheira com vegetação de acuri e mata na Fazenda Sagrado, Sub-Região do Abobral - Pantanal Mato-grossense.

HORIZONTES		Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Carbonatos	C	N	C/N	C.E. (unhos)
Símbolo	Profundidade (cm)										
A ₁₁ casa	0 - 1	10YR3/1	30	30	24	16	9	3,1	0,20	14	3.100
A ₁₂	1 - 25	" 3/2	30	30	24	16	16	4,9	0,35	14	570
A ₁₃	25 - 55	" 5/2	54	20	14	12	26	1,9	0,19	10	480
A ₁₄	42 - 55	" 5/2	68	15	9	8	27	1,2	0,13	9	480
A ₂ B	55 - 70	" 6/3	87	5	4	4	29	0,8	0,09	9	510
B ₂ Can	70 - 83	" 6/3	89	5	4	2	29	0,8	0,10	7	640
B ₂ Can	83 - 90	" 7/2	89	5	5	1	29	0,5	0,05	10	-
B ₄ Can	90 - 95	2,5Y7/2	75	13	9	3	27	0,3	0,04	8	-
B ₅ Can	95 - 100*	" 8/4	68	15	14	3	21	0,2	0,03	8	-

	pH		COMPLEXO DE TROCA CATIONICA							SOLÚVEIS NO EXTRATO DE SATURAÇÃO					
	H ₂ O	KCl	Mn ⁺⁺	K ⁺⁺	Na ⁺⁺	S	H ⁺	T	V	Na ⁺	K ⁺	=CO ₃	=HCO ₃	-Cl	-SO ₄
A ₁₁ casa	8,0	7,7	0,0	1,0	1,5	14,4	0,0	14,4	100	0,06	0,56	0,0	0,23	0,13	0,0
A ₁₂	8,0	7,2	0,0	0,8	0,1	20,7	0,0	20,7	100	0,04	0,12	0,0	0,24	0,03	0,0
A ₁₃	8,1	7,3	0,0	1,0	0,1	14,1	0,0	14,1	100	0,06	0,23	0,0	-	-	0,0
A ₁₄	8,1	7,3	0,0	1,7	0,2	7,2	0,0	7,8	100	0,12	0,45	0,0	-	-	0,0
A ₂ B ₁	8,4	7,4	0,0	4,0	0,3	9,1	0,0	9,1	100	0,20	0,52	0,0	-	-	0,0
B ₂ Can	8,7	7,5	0,0	5,8	0,5	10,0	0,0	10,0	100	-	-	-	-	-	0,0
B ₃ Can	8,9	7,6	0,0	6,2	1,4	10,0	0,0	10,0	100	-	-	-	-	-	0,0
B ₄ Can	9,0	7,7	0,0	3,4	2,0	8,7	0,0	8,7	100	-	-	-	-	-	0,0
B ₅ Can	9,2	7,8	0,0	3,4	2,5	8,0	0,0	8,0	100	-	-	-	-	-	0,0

* Extração das bases trocáveis com acetato de amônio a pH₇, ácidos com cloreto de bário a pH₈ e capacidade de troca de cátions pela amônia retida. Dados fornecidos pelo laboratório de solos do Departamento da Lagoa Mirim-Sude sul.

fragmentadas, permanecendo no solo como se tivessem sido incorporados recentemente. Sob esse horizonte há uma faixa de transição cinzenta clara com característica de um horizonte A₂. Pelo baixo teor de silicatos do material de origem, o processo evolutivo do solo conduz este horizonte a uma destruição progressiva, pela remoção dos carbonatos primários dele solubilizados. Esta característica, entre outras, o fazem situar-se no conceito de horizonte câmbico (Estados Unidos 1975).

Na parte média do perfil, forma-se um horizonte Bcam de deposições de carbonatos e bicarbonatos, da parte superior do solo (Tabela 2). É denominado de horizonte petrocálcico (Estados Unidos 1975). Situa-se a partir de 50 cm de profundidade, podendo em algumas cordilheiras se situar até a partir de 1 m.

Sua espessura é de 50 a 80 cm. Neste horizonte iluvial (B), parte das raras raízes que penetraram foram pouco alternadas, algumas ou parte delas, lembrando fósseis, pelo intenso envolvimento com carbonatos e bicarbonatos (solubilizados da parte superior do solo). Possui consistência extremamente dura. A fragmentação desse horizonte Bcam permite que se observem unida

des estruturais (blocos) que foram solidificados no seu processo evolutivo. Aparentemente os processos que condicionariam a formação de uma estrutura, compõe uma fase da gênese, que é anterior à formação do horizonte petrocálcico. As deposições de compostos residuais, principalmente carbonatos ocupam e solidificam com reações secundárias os intervalos entre as unidades estruturais, já formadas. Esses efeitos secundários devem ter como causa uma variação do regime hídrico da sub-região para mais alagado.

Sob o horizonte petrocálcico forma-se um horizonte C, onde a decomposição das conchas é completa. Nele não foram encontrados fragmentos de conchas em decomposição. Em regime de hidromorfismo constante, a intensidade de decomposição do material de origem do solo é mais intensa do que na superfície (horizonte A). Tudo se comporta como se a hidrólise constante sobre o material originário fosse mais atuante na decomposição das conchas do que onde há deposição de carbonatos e bicarbonatos em alterância de oxidação e redução.

Em virtude das alterações distintas do material de origem

nos horizontes A, B e C, constantes em todas as cordilheiras, atribuí-se um equilíbrio estável do perfil do solo, condicionado ao alagamento e cobertura vegetal proporcionados pelos aspectos morfológicos atuais. Embora frequência e duração das cheias sejam muito variáveis e seja atribuída uma ciclicidade, o que se observa é um regime de alagamento quase constante desde 1974. Com isso, preliminarmente, atribui-se a esses solos um regime de umidade aquícos (Estados Unidos 1975), em busca de uma coerência com situação de alagamento regional, mas os fatores que interferem para a formação do solo, até a uma profundidade de 50-80 cm, não estão necessariamente em ausência de oxigênio por mais de 30 dias, no verão, na maioria das cordilheiras.

A gênese destes solos se fundamenta na presença no meio de CO_2 e H^+ para a solubilização dos carbonatos a bicarbonatos pelo H_2CO_3 . A translocação dos bicarbonatos (solúveis) pela água ocorre até onde as concentrações de CO_2 e H^+ diminuem e o pH aumenta revertendo-se a reação e precipitando-se os carbonatos (Birkeland 1974). Este aspecto é evidenciado na Tabela 3 onde se

observa que a precipitação dos carbonatos ocorre com maior intensidade a partir de pH 8,5.

Deste modo, a evolução do solo esteve relacionada a formação de uma vegetação exuberante neste clima quente de precipitação concentrada no verão (1.200 mm), sobre substrato muito permeável (conchas) com água freática quente do lago comum que cerca as cordilheiras, sendo estável em nível e com alguma mobilidade lateral na época que os rios baixam de nível. Nessas condições, apenas a translocação dos bicarbonatos foi importante na pedogênese. A remoção possivelmente tenha sido mínima, pela falta de gradiente entre a superfície do solo e a altura freática, durante o período de chuvas.

Como a solubilidade dos carbonatos diminui com a maior temperatura da água (menos CO₂ dissolvido), a formação progressiva do horizonte petrocálcico deve ter como uma das causas as variações de temperatura da água e não somente os processos que impedem fisicamente a translocação. Embora para os Calcissolos, sem impedimento de drenagem, a evolução conduza a um aumento de espessura do horizonte A(Hardy 1970), a tendência

TABELA 3. Distribuição do carbono inorgânico total em frações, segundo o pH. Temperatura 15°C.

pH	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$	HCO_3^-	$\text{CO}_3^{=}$
5	96,2%	3,8%	0,00001%
6	73,2%	27,5%	0,0009%
7	20,8%	79,2%	0,02%
8	2,5%	97,2%	0,32%
	0,3%	96,6%	3,1%

FONTE: Ramon Margalef (1977).

evolutiva desses solos conduz a um estreitamento dos horizontes eluviais (não há resíduos silicosos). Com isso, as variações cronológicas, se existem na formação dessas cordilheiras, devem se correlacionar com a espessura dos horizontes eluvial e iluvial, em virtude da homogeneidade do material de origem e do regime de umidade.

Para o desenvolvimento deste solo, atribui-se à vegetação uma contribuição de aceleração intensa na sua evolução, em virtude da importância da acidificação do meio e da presença de CO₂ para a decomposição do material de origem. Deste modo, admite-se que a evolução do solo esteve relacionada à formação progressiva de um perfil de altamente permeável, carente em potássio e sódio, para impermeável, com esses elementos sendo incorporados ao sistema, progressivamente. Isso deve ter contribuído para variação da cobertura vegetal, ao longo do tempo. A remoção da cobertura vegetal atual modificou o regime de ascensão capilar da água no solo e, em dois anos, foi suficiente para inverter o movimento dos sais solúveis, condicionando a formação de crostas (1 a 2 mm) na superfície (Tabelas 2 e 4).

TABELA 4. Resultados de análises químicas da superfície do solo no centro da "cordilheira" e no terço inferior da encosta de contato dos sedimentos carbonáticos com sedimentos de rochas ácidas.

LOCAL DA AMOSTRA	FATORES DO SOLO																		
	Carbonatos	COMPLEXO					TROCA CATIONICA					P	C	N	pH				
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	S	I	V	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺					Pb ⁺⁺	%	%	%
		me/100 g de solo					%									H ₂ O			KCl
Centro	20,3	6,7	1,1	0,45	0,13	0	22,2	22,2	100	2,6	0,3	0,0	100	4,9	0,15	7,8	7,3		
Encosta	18,5	6,4	5,2	0,42	0,12	0	20,1	20,1	100	-	-	-		3,6	0,27	8,1	7,2		

LOCAL DA AMOSTRA	EXTRATO DE SATURACÃO											
	C.E.	Na ⁺	K ⁺	-HCO ₃	-CO ₃	-Cl	-SO ₄	NH ₄ ⁺	Pu ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	-NO ₃	-NO ₂
	(unhos)	me/100 g de solo										
Centro	1800	0,01	0,26	0,44	0	0,20	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)
Encosta	350	0,06	0,05	0,42	0	0,07	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)

* Análise qualitativa, (+) (-) presença e ausência.

** Cálcio e magnésio extraídos com KCl, demais ions com acetato de amônio. Dados fornecidos pelo Laboratório de solos do Departamento da Lagoa Mirim-Sudacul.

As análises induzem a classificação do solo como Aeric Petrocalcic Calciaquoll pela Soil Taxonomy (Estados Unidos 1975). Correspondem aos Calcissolos da Classificação do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos de 1949, citada por Hardy (1970), sem uma correspondência com solos descritos no País.

ÁREA DE CONTATO DE SEDIMENTOS DO RIO TAQUARI

No contato dos sedimentos areno-silicosos do rio Taquari com a planície de inundação comum dos rios Negro-Abobral e Paraguai formaram-se cordilheiras que possuem vegetação distinta. Essa vegetação, por si, identifica em suas transições, desde abruptas até gradativas, a heterogeneidade e a descontinuidade da natureza dos sedimentos, nesse contato de três bacias sedimentares holocênicas distintas.

As cordilheiras com vegetação de carandá (*copernicia australis*) possuem solos com horizonte B argiloso com sódio trocável alto (15%) – nátrico (Estados Unidos 1975). Ocorrem em áreas muito pequenas, como se fossem resíduos de áreas salinizadas de um clima mais seco passado.

As cordilheiras com gramíneas ou com mata caracterizam solos areno-silicosos, com maior fertilidade condicionada à presença da mata. Nesses cordões arenosos a diferenciação dos solos está geralmente na mobilidade que a drenabilidade local permite aos elementos. Esse aspecto é visivelmente detectado pela presença e posicionamento dos compostos de ferro no perfil. Nessas condições, formaram-se solos com esqueleto areno-silicoso, onde até os compostos de ferro foram removidos do perfil e solos saturados de bases trocáveis com a gênese fundamentada em adições tanto de sedimentos superficiais como de elementos provenientes da ascensão capilar do lençol freático.

As cordilheiras com vegetação densa com acuri estão relacionadas à presença de carbonatos nos solos. Nestas são encontradas solos desenvolvidos de conchas de moluscos (Tabela 5). Aparentemente algumas podem ter uma pequena contribuição de outros sedimentos (areias silicosas com hidróxido de ferro). O perfil do solo é caracterizado por um epipedon mólico muito espesso (85 cm) sobre um horizonte B não iluvial, definido como

TABELA 5. Resultados de análises físicas e químicas do solo da cordilheira com vegetação de acuri e mata no contato de sedimentos arenos-silicosos e carbonáticos (conchas) na Fazenda Leque, sub-região da Mhecolândia, Pantanal Mato-grossense.

HORIZONTE	PROFUNDIDADE (cm)	COR	ESTRUTURA	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA (%)	CARBONATOS	C	N
A ₁₁	0 - 15	10YR 2/2	Granular	5	82	10	3	32	0,0	0,09
A ₁₂	15 - 55	" 3/2	"	22(?)	65	10	3	28	0,5	0,07
A ₁₃	55 - 85	" 4/3	Blocos	6	82	10	3	29	0,3	0,07
A _{2B1}	85 - 135	" 5/3	"	47(?)	40	10	3	28	0,3	0,04
B ₂	135 - 170	" 6/3	"	6	84	8	2	28	0,2	0,03
C ₂ Ca	170 - 200	2,5Y 6/4	maciça	61(?)	28	10	1	28	0,1	0,02
C ₂ Ca	200 - 210*	—	"	5	86	7	2	33	0,1	0,02

	pH		COMPLEXO DE TROCA CATIONICA *							Argilas**		
	H ₂ O	HCl	Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺⁺	Na ⁺ me/100 g	S	T	v (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃
A ₁₁	8,3	7,4	4,6	1,2	0,37	0,30	7,5	7,5	100	1,99	1,27	0,29
A ₁₂	8,7	7,4	3,2	1,2	0,72	0,38	8,1	8,1	100	2,00	0,35	0,15
A ₁₃	9,5	7,9	2,0	0,4	1,80	2,40	8,1	8,1	100	3,32	0,40	0,13
A _{2B1}	9,7	8,0	1,6	0,6	2,60	3,27	6,3	6,3	100	2,33	0,20	0,12
B ₂	9,5	7,9	1,8	0,8	1,42	2,92	7,1	7,1	100	2,49	0,15	0,11
C _{1B} Ca	9,1	7,6	2,8	1,2	1,15	1,90	7,1	7,1	100	1,66	0,12	0,12
C _{2B} Ca	8,8	7,4	2,8	1,2	1,35	0,82	7,1	7,1	100	1,86	0,15	0,13

* Cálcio e magnésio extraídos por HCl, Sódio e Potássio extraídos com acetato de amônio a pH₇. Dados fornecidos pelo laboratório de solos do Departamento da Lagoa Mirim-Sudesusul.

** Ataque com H₂SO₄ (Vetori 1966).

horizonte câmbico (Estados Unidos 1975). É caracterizado por uma camada de 50 cm de espessura onde nas condições de drenagem atuais os carbonatos são removidos à medida que vão sendo solubilizados. O ferro, proveniente da água freática, incorporado ao perfil e produtos residuais da decomposição do material de origem (compatíveis com os baixos teores nos sedimentos) são oxidados e desenvolvem cores Bruno e estrutura incipiente suficiente para caracterizar um horizonte B. Embora os processos de remoção (precipitação e alagamentos intermitentes) removam os carbonatos a níveis insuficientes para a formação de concreções, a ascensão capilar condiciona uma substituição gradativa de cálcio pelo sódio no complexo de troca de cátions desde a base do perfil até a parte inferior do horizonte A. Com base em dados analíticos, esse solo foi classificado pela Soil Taxonomy (Estados Unidos 1975) como Sodic Haplaquoll.

VEGETAÇÃO ORIGINAL E SECUNDÁRIA DS CORDILHEIRAS DO ABOBRAL

Vegetação Original

A fisionomia da vegetação é de mata semi-caducifolia, com palmeiras (acuri) concentradas nas bordas da cordilheira. A composição florística (principais espécies) da cobertura vegetal das cordilheiras do Abobral é arrolada na Tabela 6.

Além das 32 plantas listadas, há algumas árvores não identificadas, que ainda não foram encontradas com flor, como “chamucôco” (ou osso-de-burro) e um espinheiro. O material botânico foi identificado no herbário do CPAP.

A diversidade florística é, portanto, baixa, e isso está de acordo com a flora pobre das matas calcárias (Rizzini & Heringer 1962, Rizzini 1979), e com a baixa diversidade observada na mata semidecídua do Pantanal, por Prance & Shaller (1982). A mesma pobreza florística se observa na mata semidecídua junto à base do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, na sub-região de Poconé. A razão do baixo número de espécies deve ser o ambiente edáfico muito seletivo.

Muitas dessas matas (Tabela 6) ocorrem nos afloramentos calcários do Brasil (Rizzini & Heringer 1972, Rizzini 1979), sendo comum nos solos calcários de Corumbá, que se estendem para a Bolívia, e , de forma intermitente, para o norte, e ao sudeste até Miranda (Fazenda Bodoquena). Muitas das árvores calcífilas características apresentadas por Ratter et al. (1978) estão presentes na mata do Abobral. As palmeirdas carandá e acuri também ocorrem em solos com alto teor de Ca em outras sub-regiões do Pantanal.

Quanto à estrutura, a mata tem cerca de 15 a 20 m de altura e não mais de quatro estratos, sendo um andar superior descontínuo de árvores de fuste retilíneo e de copas amplas com folhas decíduas, uma sub-mata arbórea e outra arbustiva relativamente densas, e um estrato herbáceo quase ausente constituído de *Bromélia*. As árvores de maior diâmetro de tronco (1 m), emergentes, são figueira, guatambu, mandovi, piúva, tarumeiro e ximbuva, seu espaçamento sendo cerca de 10 m. Na transição mata/campo podem ocorrer espécies da vegetação da área inundável, não relacionadas na Tabela 6, como *Bactris* sp. (tucum),

TABELA 6. Composição florística (principais espécies) da mata semi-caducifolia da sub-região do Abobral (levantamento realizado em "Cordilheira" e capões da Fazenda Sagrado).

FAMÍLIA	GÊNERO E ESPÉCIE	NOME COMUM
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	goçaleiro
	<i>A. urundeuva</i> (Fr. All.) Engl.	-
Annonaceae	<i>Unonopsis Lindenianii</i> Fries	pindaíba-preta
Apocynaceae	<i>Aspidosperma</i> sp.	gustambu
	<i>A. cylindrocarpon</i> M. Arg.	-
Elgoniaceae	<i>Tabebuia caraiiba</i> (Mart.) Bur.	paratudo
	<i>T. impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	-
	Cipó não identificado	-
Boraginaceae	<i>Cordia</i> sp.	louro
Bromeliaceae	<i>Bromelia balansae</i> Mez.	grateiro
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania</i> sp.	laranjinha
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	caneleira
Leguminosae	<i>Andira</i> sp.	morcego
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Mor.	ximbuva
	<i>Piptadenia falcata</i> Benth.	angico
	<i>P. macrocarpa</i> Benth.	angico
Moraceae	<i>Cecropia</i> sp.	embaúva
	<i>Ficus</i> sp.	figueira
Oleaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	limão-bravo
Palmae	<i>Acrocnia solerocarpa</i> Mart.	bocaiúva
	<i>Attalea phalerata</i> Mart.	acuri
	<i>Copernicia australis</i> Baec.	carandã
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeoarpum</i> Reiss	cabrito
Rubiaceae	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	veludo-de-espinho
Rutaceae	<i>Fagara</i> sp.	-
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Kaddik	mulher-pobre
	<i>Sapindus saponaria</i> L.	saboneteira
Sterculiaceae	<i>Guaxuma ulmifolia</i> Lam.	chico-magro
	<i>Sterculia striata</i> St. Hil & Naud.	mandeví
Ulmaceae	<i>Celtis</i> sp.	espora-de-galo
	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	ambiúva
Verbenaceae	<i>Vitex aymsa</i> Bert.	taroneiro

Cissus sp. (cipó-de-arraia), *Erytroylum* sp. (pimenteirinha), *Licania* sp. (pimenteira), *Mauritia vinifera* Mar. (buriti), *Sapium glandulatum* (Vel.) (mutuqueira), *Triplaris formicosa* Moore (novateiro).

As raízes das árvores são plagiotrópicas (horizontais), características comum em plantas lenhosas do Pantanal (e do Chaco, segundo Hueck 1972), mas exacerbadas neste solo do Abobral, a parte inferior do sistema radical sendo bem plana. Há pouca serapilheira (devido à rápida ação microbiana sobre as folhas caídas, estimulada pelo alto teor de Ca), ausência de espífitas (com exceção de *Ficus* sp. jovens e de uma samambaia), e apenas alguns cipós arborescentes, caracteres que identificam esta vegetação com a mata seca calcária (Rizzini & Heringer 1962, Rizzini 1979) ou semidecídua.

As matas do Abobral estão parcamente citadas na bibliografia, não sendo mencionadas, por exemplo, por Hueck (1972), talvez pela pequena expressão geográfica. Adamoli (1982) descreveu a paisagem do Abobral como de “brejões”, camalotais capões de florestas, com forte incidência da palmeira bacuri (acuri)

e campos inundáveis, sem entrar em detalhes e campos inundáveis, sem entrar em detalhes florísticos sobre essas florestas. No mapeamento de vegetação do RADAMBRASIL (Loureiro et al. 1982), a área do Abobral foi classificada como savana parque (parque de cerrado) e savana gramíneo-lenhosa (campo), ambas sem floresta-de-galeria, dentro da área de tensão ecológica de contato savana (cerrado) – Savana Estépica (Vegetação Chaquenha), sem contudo detalhar a composição florística. Loureiro et al. (op. Cit.) afirmam que entre os rios Negro e Aquidauana a fisionomia é predominantemente campestre, entremeada de tufos de vegetação arbórea, com carandá agrupado com espécies típicas do Cerrado. Entretanto, o elenco florístico aí encontrado (Tabela 6) não é de Cerrado. Allem & Valls (inédito) descrevem a fitosionomia do Abobral como extensões consideráveis de campos intercalados com capões de mata (bosques) esparsos.

A metade das plantas desses capões podem ser aproveitados como forrageiras alternativas pelo gado e por herbívoros nativos durante a cheia, sendo pertencentes às famílias Bignoniaceae, Boraginaceae, Lauraceae, Moraceae, Olacaceae, Palmae, Rhamnaceae, Sterculiaceae, Ulmaceae e Verbenaceae.

Vegetação Secundária

Inicialmente, após a derrubada da mata, o solo é ocupado por uma espécie arbustiva de *Cróton* (*Julocroton*) e por regeneração basal de plantas nativas, principalmente de *Pterogyne nitens*, árvore cuja rebrota múltipla de raízes assume hábito arbustivo. A maioria das árvores apresenta grande capacidade de rebrotar após o corte, o que, segundo J.A. Ratter (informação pessoal), é característica para a mata semidecídua. Após sucessivos cultivos, a composição florística compreende ruderais, as principais estando listadas na Tabela 7. Estas plantas também ocorrem nos solos calcários da área urbana de Corumbá, muitas podendo ser consideradas calcífilas. Contudo, algumas apresentam cloroses, como *Pterogyne*, *Erechtites* e *Heliotropium*. Várias são consideradas nitrófilas, o que provavelmente explica sua tolerância aos nitritos deste solo.

TABELA 7. Relação florística ruderal da vegetação secundária de cordilheira na fazenda Sagrado sub-região do Abobral - Pantanal Mato-grossense

FAMÍLIA	GÊNERO E ESPÉCIE	NOME COMUM
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> sp.	caruru
Boraginaceae	<i>Heliotropium indicum</i> L.	-
Cariacaceae	<i>Carica papaya</i> L.	mamoeiro
Cheponodiaceae	<i>Chenopodium kirilinum</i>	santa-maria
Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp.	santa-luzia
Compositae	<i>Eclipta gonolifolia</i> DC.	-
	<i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Rafin	-
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	fazendeiro
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> L.	melão-de-são-caetano
Euphorbiaceae	<i>Acalypha communis</i> Muell.	-
	<i>Croton glandulosus</i> L.	malva
	<i>C. lobatus</i> L.	-
	<i>Croton (Julocroton)</i> sp.	-
Gramineae	<i>Setaria setinatus</i> L.	carripicho
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	grama-seda
	<i>Doctyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	-
	<i>Digitaria frutescens</i> (Presl.) Henr.	taquarizano
	<i>D. insularis</i> (L.) Mes. ex Ekman	amargoso
	<i>Echinochloa indica</i> (L.) Gaertn	-
	<i>Pappophorum pappiforme</i> (Lam.) Kuntze	-
	<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.	minoso-vermelho
	<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam.) Hitch.	-
Labiatae	<i>Hyptis</i> sp.	-
	<i>Leonotis nepetalifolia</i> (L.) R.Br.	cordão-de-são-francisco
Leguminosae	<i>Canavalia</i> sp.	-
	<i>Cassia tora</i> L.	fedegoso-branco
	<i>Centrosema</i> sp.	-
	<i>Desmodium spirale</i> DC.	-
	<i>Mimosa</i> sp.	espinhoeiro
	<i>Phaseolus caracalla</i> L.	feijãozinho
Malvaceae	<i>Sida</i> sp.	guaxuma
Nyctagynaceae	<i>Boerhaavia diffusa</i> L.	amarrapinto
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i> L.	-
Portulacaceae	<i>Portulaca</i> sp.	nove-horas
Solanaceae	<i>Nicotiana longiflora</i> Cav.	fuminho
	<i>Solanum</i> sp.	-
Scrophulariaceae	<i>Scorparia dulcis</i> L.	vassourinha
Sterculiaceae	<i>Melochia pyramidata</i> L.	-
	<i>Melochia</i> sp.	-
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl.	-

IDENTIFICAÇÃO DE LIMITAÇÕES AO USO DA TERRA

A clorose produzida por deficiência de ferro, amarelecimento generalizado das folhas novas, tem sido descrita em solos alcalinos ou calcimórficos na literatura de outros países. Normalmente, estes solos ocorrem em regiões áridas ou em desenvolvidos de rochas calcárias.

No Pantanal, o uso de solos calcimórficos de áreas úmidas com cultivos e forrageiras, que têm sido selecionadas para os solos ácidos do País, condiciona uma clorose generalizada às espécies não nativas e exóticas em maior ou menor grau. As espécies mais rústicas de solos pobres, como a mandioca (*Mnihat esculenta*) e *Brachiaria humidicola*, são as mais susceptíveis a esta clorose.

A literatura existente relata que, normalmente, a clorose proveniente de deficiência de ferro se manifesta através de um amarelecimento generalizado na amina foliar, que não é seguido de necrose das folhas, mas pode chegar a perda da cor dos tecidos, tornando as folhas mais brancas. As nervuras, inicialmente, permanecem mais verdes, mas podem, posteriormente, também se

tornar amarelas (Epstein 1975). A causa dos sintomas é a falta de ferro nos cloroplastos para a síntese da clorofila. Nos cloroplastos, o ferro é um componente da ferredoxina e dos citocromos que atuam como transportadores de elétrons (Epstein 1975).

No solo, o ferro solúvel está em equilíbrio com a variação de umidade. O teor é alto em material de origem rico nesse elemento, sob alta tensão de CO_2 e baixo pH. A disponibilidade para as plantas decresce no solo com o aumento de Ph, $-\text{HCO}_3$, P, Mn, Zn, Co, Ca e Mo e com a redução da aeração (Malvolta 1974).

O ferro é absorvido pelas raízes e folhas na forma reduzida (Fe^{++}). No solo, a conjunção de fatores responsáveis pela solubilidade, causa desde excessos (toxidez) a ausência quase absoluta (deficiência). Nas espécies vegetais, no seu processo evolutivo, alguns indivíduos (ecotipos) desenvolvem mecanismos de adaptação aos extremos graus de variabilidade de ferro no meio. A oxidação do ferro (Fe^{+++}) na superfície da raiz ou nas células são meios para conter os excessos (Russel 1973). A redução do ferro (Fe^{++}) por secreção de hidrogênio e de substâncias orgânicas pela

raiz, e solubilização por restos orgânicos são fatores que permitem a adaptação das espécies vegetais ao meio alcalino onde o ferro está oxidado (Gardner 1983).

A penetração do ferro na raiz é atribuído à difusão na solução do solo até o interior das células da endoderme denominado “espaço livre” (Briggs 1957, citado por Moore 1972).

Em meio alcalino, uma das formas de ferro disponível (Fe^{++}) mais estáveis no solo é complexada com ácidos orgânicos. Esses compostos, pela forma que mantêm o ferro preso na molécula, são denominados “quelatos”. Na absorção radicular há evidências de que o Fe^{++} é separado do componente orgânico do quelato (Moore 1972). Tiffin (1972) considera que o ferro é transportado nos tecidos como citrato férrico. Pouco é conhecido sobre a natureza dos mecanismos de eficiência da utilização do ferro nos solos alcalinos, por determinados indivíduos em cada espécie. Algumas espécies podem ser deficientes pela impossibilidade de absorção do elemento ou pela inativação dele nos tecidos. Com isso, plantas cloróticas e plantas verdes podem apresentar semelhantes concentrações de ferro nos tecidos. Gardner

(1983) considera o aumento de citratos nos tecidos cloróticos um meio de diagnose da deficiência.

Nos solos da sub-região do Abobral a clorose ocorreu com maior intensidade na época de maior hidromorfismo e à medida que o uso foi sendo intensificado. Após o desmatamento, houve alta produção de milho e feijão *Brachiaria decumbens* e *B. humidicola* cultivadas posteriormente tiveram alta produção inicial, mas morreram no período chuvoso de maior alagamento dos campos circundantes. O milho, em plantio posterior, se mostrou totalmente clorótico. Em roças antigas a clorose é permanente, enquanto que inicialmente pode não se manifestar ou ser muito fraca.

As hipóteses para a ocorrência e agravamento da clorose seriam:

- a) baixíssimo teor de ferro no material de origem no solo;
- b) alta matéria orgânica, temperatura e umidade na superfície do solo proporcionam condições para formação de H_2CO_3 . Maior disponibilidade de H_2CO_3 conduz à solubilização dos carbonatos e maior quantidade $-\text{HCO}_3$ no meio;

- c) condições de redução no solo podem contribuir para a precipitação do ferro existente por reações do HCO_3^- e H_2S formando FeS e FeCO_3 ;
- d) imobilização de Fe^{++} nos tecidos por fosfatos e bicarbonatos;
- e) toxidez por metais pesados ou nitritos.

Embora a morte das forrageiras sugira que outros fatores atuem em interação com a deficiência de ferro, a pesquisa inicialmente procurou as causas com a simulação das condições de hidromorfismo de campo em perfis reconstruídos em tubos plásticos. Em teste com variação da altura freática, apesar da alta intensidade da clorose, não houve morte das braquiárias.

Entre outras hipóteses plausíveis, a toxidez por H_2S foi cogitada. Nas condições regionais o H_2S deveria ser transitório no solo. Os indícios de sua presença no período de alagamento poderiam ser estimados pela constatação de sulfatos na época mais seca. Entretanto, nas análises do solo, não foram encontrados sulfatos em níveis levados. No geral o baixo teor de argila, a volatilização e a dinâmica da água das chuvas e freáticas locais pó-

dem acentuar a transitoriedade de H_2S no solo. Para testar a possibilidade da toxidez de H_2S foram adicionados enxofre (pó) e sulfatos em vasos com *B. decumbens* em condições similares de hidromorfismo. Mesmo com forte desprendimento de H_2S (cheiro de ovo podre) quando se revolveu a parte do solo submerso nos vãos, não foi observado qualquer agravamento nas cloroses existentes.

Outra possível causa para a morte das braquiárias poderia ser a toxidez por algum metal pesado (Pb, Cu, Zn, Mo, etc). Essa hipótese foi afastada com a verificação de que a *B. humidicola*, mais susceptível, se estabelece bem no contato (borda) dos distintos sedimentos (Tabela 4). Cresce na camada superior de sedimentos alcalinos, e morre somente onde as raízes não alcançam os sedimentos ácidos situados abaixo para retirar o ferro reduzido.

A hipótese de que a clorose da *B. humidicola* tivesse como causa a deficiência de microelementos foi testada em casa de vegetação, usando-se tratamentos com ferro (150 ppm – sulfato ferroso), zinco (1 ppm – sulfato de zinco), manganês (20 ppm – sulfato de manganês e FTE – “fritas silicatos” (50 mg/vaso da for-

mula), BR -12 – 11,5% de Zn, 7% de B_2O_3 , 1% de CuO, 5,4% de Fe_2O_3 , 5,4% de Fe_2O_3 , 5,4% de MnO_2 e 0,2% de MoO_4 , adicionados em vasos de 2 kg de solo. Os tratamentos foram com elementos isolados e combinados, com quatro repetições. A todos os tratamentos foram adicionados N, P. e K, inclusive o de controle.

Os resultados indicam que o ferro é o principal elemento deficiente (Tabela 8). Entretanto, sugerem que além do ferro outros microelementos podem responder à aplicação em cultivos.

A braquiária, rebrotando após o corte, se mostrou clorótica intensamente, mesmo nos tratamentos que inicialmente receberam de ferro. Onde não recebeu ferro morreu em alguns vasos. Isso acentua a transitoriedade da disponibilidade de ferro aplicado. Com isso parece que a clorose não estaria diretamente associada ao hidromorfismo, mas à ascensão capilar de sais que o desmatamento provocou, limitando a disponibilidade de ferro.

Outro fator considerado foi a toxidez por nitritos, presentes na solução do solo no período da estagem (Tabela 4). Court et al.

TABELA 8. Média de produções (g de MS/vaso) e produções relativas de *B. humidicola* testadas com ferro, zinco, manganês e FTE ("Fritas Silicato") em solo calcimórfico da sub-região do Abo-bral, Pantanal Mato-grossense.

TRATAMENTOS	PRODUÇÃO (g de MS/vaso)	PRODUÇÃO RELATIVA (%)
Fe	9,78a	100
Fe Zn	8,62a	87
Fe FTE	8,04ab	81
Fe Mn	7,79bc	79
Zn	4,69bc	48
Mn	4,05cd	41
FTE	2,85cde	29
Zn Mn	2,65ced	27
Zn FTE	1,46cde	15
Testemunha	0,68	7
Mn FTE	0,28e	3

* Nas linhas, médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

(1962), citados por Black (1968), sugerem a toxidez por nitritos em solos alcalinos. Paul e Polle (1965) também citados por Black (1968), evidenciam a toxidez dos nitritos em solos alcalinos. Segundo Campbell e Lees (1967), em solo alcalino (pH 8,5) no processo de nitrificação a atividade da bactéria *Nitrosomonas* supera a *Nitrobacter* e pode haver uma acumulação de nitrito no solo. As causas seriam que a *Nitrobacter* precisa de ferro nos citocromos para oxidar nitritos a nitratos. Outro fator seria a formação de cloretos que destroem os citromos da **Nitrobacter**. Durante a oxidação do amônio (NH_4) a nitritos e nitratos (nitrificação) por bactérias do gênero *Nitrosomonas* (nitratos) a ocorrência de alagamento, aumento da alcalinidade, ascensão dos carbonatos ou outro fator poderia alterar o desenvolvimento das populações dessas bactérias. Isso condicionaria maior produção de nitritos tanto pela não-oxidação destes como pela redução dos nitratos existentes. Ambas as bactérias são essencialmente aeróbicas.

Foi realizado um teste com solo de vasos em que morreu a

B. humidicola, após percolação com água (1 a 2 L de água/kg de solo) e secagem em estufa a 105°C durante 2 dias, foi cultivada esta forrageira que então não apresentou clorose. O teste sugere que um fator solúvel no solo (nitritos, cloretos, bicarbonatos, etc) seria a causa da inibição da atuação do ferro. O teor existente de ferro não seria limitante ao crescimento se o fator inibidor não estivesse presente. A presença de nitritos na solução do solo e a sintomatologia apresentada sugerem que esse seja o fator da morte das braquiárias.

O emprego de compostos ferrosos para sanar as deficiências de ferro (solução de sulfato ferroso a 1% nas folhas ou no solo) tem a sua aplicabilidade limitada no tempo (o ferro oxida-se no meio alcalino). A solução para o uso dessas áreas estaria na procura de espécies adaptadas às condições edáficas. Das espécies em teste em solos ácidos do Pantanal, raras não apresentaram inicialmente clorose neste solo.

CONCLUSÕES

Os solos calcimórficos (Petrocalcic Calciaquoll) de cordilheiras da sub-região do Abobral desenvolvidos de conchas de moluscos são alcalinos. Nas condições de clima e drenagem atuais, quando desmatados e cultivados, têm o movimento capilar da água alterado depositando-se sais solúveis na superfície. Espécies de solos ácidos apresentam cloroses, chegando a ocorrer a morte de algumas forrageiras. As causas da clorose se relacionam à deficiência de ferro, que possivelmente é acentuada pela ocorrência de nitritos no solo provenientes do desequilíbrio das populações de bactérias responsáveis pela nitrificação. Adições de ferro corrigem temporariamente o sintoma. O uso desses solos ainda deve ser equacionado porque a quebra do equilíbrio atual com pastagem cultivada, não tem proporcionado a resposta adequada à pecuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados. Discussão sobre o conceito de “Complexo do Pantanal”. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32, TERESINA, 1981. Anais... Teresina, Sociedade Botânica do Brasil, 1982. p.109-19.

ALLEM, A. da C. & VALLS, J.F.M. Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-grossense. Brasília, CENARGEN (inédito).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica e Ministério do Interior. Divisão de Agrologia. Estudo expedito de solos nas partes central e oeste do Estado da Bahia para fins de classificação e correlação. Recife, Mapeamento de Solos MA/DNPEA – SUDENE/DRN; MA/CONTA/USAID/Brasil, 1972. p. 67-8. (Boletim Técnico, 24) (Série Pedologia, 12).

BIRKELAND, , P.W. Pedology, Wathering, and Geomorphological research. New York, Oxford university, 1974. 285p.

CAMPBELL, N.E.R. & LEES, H. The nitrogen cycle. in: MOUREN, A.D. & PETERSON, G. H. Soil biochemistry. London, Edward Arnold, 1967. p. 201

COURT, M.N.; STEPHEN, R.C. & WAID, J.S. Nitrite toxicity arising from the use of urea as a fertilizer. Nature, 194:1263-65, 1962, citado por BLACK, C.A. Soil-plant relationships. 2.ed. New York, John Wiley, 1957. p. 461.

ESTADOS UNIDOS. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. SOIL CONSERVATION SERVICE. Soil Taxonomy: a basic wystem of soil classification for making and interpeting soil surveys, soil survey staff. Washington, 1975. 754p. (Agriculture handbook, 436).

EPSTEIN, E. Nutrição Mineral das Plantas: Princípios e Perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 344p. il.

GARDNER, W.K.; BARBER, D.A. & PARBERY, D.G. The acquisition of phosphorus by Lupinus albus L.; III. The probable mechanism by which phosphorus movement in soil/root interface is enhanced. Plant and soil, 70:107-24, 1983.

HARDY, F. Suelos Tropicales; Pedologia Tropical con enfasis en America Tropical. México Harrero Hermanos, 1970. p.125.

HUECK, K. As florestas da América do Sul. São Paulo, Polígono, 1972.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.

MARGALEF, R. Ecologia. Barcelona, Omega, 1977. 951p.

MOORE, D.P. Mechanism of micronutrient up take by plants. In: Micronutrients in Agriculture, Soil Science Society of America. MACLISON, 1972.

PAUL, J.L. & POLLE, E. Nitrite accumulation related to lettuce growth on a slighty alkaline solil. Soil science. 100:292-97, 1965. Citado por BLACK, C.A. Soil-Plant Relation-ships. 2.2d. New York, Hohn Wiley, 1975. p. 463.

PRANCE, G.T. & SCHALLER, G.B. Preliminary Study of some Vegetation Types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. Brittonia, 34(25): 228-51, 1982.

RATTER, J.A. et al. Observations on forests of some mesotrophic soils in Central Brazil. Rev. Bras. Bot., 1:47-58, 1978.

RIZZINI, C.T. Fitogeografia do Brasil, aspectos ecológicos e florísticos. São Paulo, HUCITEC, 1979. v.2.

RIZZINI, C.T. & HERINGER, E.P. Preliminares a cerca das formações vegetais e de reflorestamento no Brasil Central. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1962.

RUSSEL, E.W. Soil conditions and plant growth. 10 ed. Londres, Longman, 1973. 849p. Ilust.

TIFFIN, L.O. Translocation of micronutrients in plants. In: MOTVEDT, J.J.; GIORDANO, P. M. & LINDSAY, W.L. Micronutrients in agriculture; Zn, Fe, B, Mo, Cu, Mn. WISCOSIN, soil science society of América, 1972. p.199.