

## COBRE EM SOLOS DO AGRESTE DE PERNAMBUCO\*

HUMBERTO DA SILVEIRA DANTAS  
Químico do Grupo Executivo da  
Produção Vegetal do Ministério  
da Agricultura (GEPV-MA). Prof.  
da Escola Técnica Federal de  
Pernambuco.

ARÃO HOROWITZ  
Prof. Titular da Universidade  
Federal de Pernambuco (UFPE)  
Chefe do Dep. de Energia Nu-  
clear da UFPE.

JOSÉ PEREIRA LEITE  
Prof. Adjunto do Dep. de Agro-  
nomia da UFRPE.

MARIA OLÍMPIA M. CARNEIRO  
Química Pesquisadora do Dep. de  
Energia Nuclear da UFPE.

*Na zona fisiográfica do Agreste, Estado de Pernambuco, foram coletados perfis dos solos típicos da região. Neles foram realizadas análises, por absorção atômica, de Cu nos diversos horizontes. Os teores de Cu solúvel (EDTA 0,05M) variaram de 0,02 a 4,25 ppm, em DTPA - TEA de 0,10 a 1,30 ppm, e em HCl 0,1N de 0,0 a 3,75 ppm.*

## INTRODUÇÃO

Dentre os microelementos, o cobre é um dos mais importantes, não somente para vegetais e animais, mas também sob o ponto de vista toxicológico, e de suas interassociações.

Não são comuns excessos de cobre nos solos, entretanto, é possível atingir nível tóxico em determinadas áreas, quando esse metal é adicionado como fertilizante, ou resíduo de fungicidas. Geralmente o cobre adicionado ao solo é retido no horizonte superficial, estando a sua lixiviação na dependência de certos fatores, dentre eles, porosidade, acidez e cultivo inten-

\* Trabalho apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, realizado por técnicos do Dep. de Energia Nuclear da UFPE, do Grupo Executivo da Produção Vegetal do Ministério da Agricultura e da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

sivo e profundo.

Informações do estado do cobre em solos do Nordeste do Brasil são limitadas e inconclusivas. No Estado de Pernambuco, HOROWITZ & DANTAS<sup>12</sup> (1973) realizaram um levantamento detalhado do cobre total e solúvel em solos típicos da zona Litoral-Mata.

Valiosas informações do cobre disponível referem-se à absorção, balanço bioquímico na célula e excreção por várias espécies, (BURCH<sup>5</sup> et alii, 1975). O corpo de uma pessoa adulta de 70 Kg contém 80-120 mg de cobre. A quota diária de Cu requerida pelos seres humanos foi estimada em 2,5 mg por dia, entretanto, esse consumo diário varia grandemente de uma área geográfica para outra.

O cobre contido nos grãos varia conforme o solo em que crescem. Muitas plantações, que respondem à adubação com Cu, podem até não exibir nas folhas sintomas dessa deficiência, especialmente se a quantidade de Cu for superior a 4 ppm.

Pequena quantidade de cobre é normalmente excretada na urina, mas a origem deste cobre urinário é desconhecida.

A deficiência de cobre é manifestada de diversas maneiras nas espécies animais e essas diferenças, provavelmente, derivam das necessidades de formas de compostos de cobre e das atividades de seus resultados biológicos. A anemia de vários graus e tipos encontrada em muitas espécies de mamíferos é resultante, em muitos casos, da deficiência de cobre, (UNDERWOOD<sup>20</sup>, 1971), citado por BURCH<sup>5</sup> et alii, 1975. A similaridade entre as doenças humanas e aquelas apresentadas em outros mamíferos sugerem que o cobre é também, um elemento essencial à vida, crescimento e desenvolvimento humanos.

Toxidez em cobre é, relativamente pouco comum no homem. A ingestão de mais de 15 mg do elemento Cu produz náuseas, vômitos, diarreia e caimbra intestinal. Na Índia a ingestão de sulfato de cobre é utilizada para o suicídio.

GOODMAN & CHESHIRE<sup>9</sup> (1976) afirmam que alguns solos com altos teores em matéria orgânica são responsáveis pelos crescimento de culturas deficientes em cobre. Isto pode ser explicado, parcialmente, ou porque muitos solos contêm relativamente pouco cobre, ou porque se suspeita que o cobre presente está com-

plexado pela matéria orgânica em forma não disponível às plantas.

Há certa evidência de que a quantidade de cobre na solução do solo é controlada pelo equilíbrio, envolvendo especificamente formas de cobre adsorvido (McLAREN & CRAWFORD<sup>15 16</sup>, 1973) Esta hipótese foi examinada em grande detalhe, pelos mesmos autores, (McLAREN & CRAWFORD<sup>17</sup>, 1974) ficando comprovado o equilíbrio entre o cobre da solução do solo, com formas especificamente adsorvidas, isto é, não deslocadas por  $\text{Ca}^{2+}$ , predominantemente associado com a fração orgânica.

Os íons divalente de Co, Cu e Zn são especificamente adsorvidos por muitos constituintes do solo, e o processo é fortemente dependente do pH, conforme afirma FORBES<sup>8</sup> et alii (1976); citando (McKENZIE<sup>14</sup>, 1967; GRIMME<sup>10</sup>, 1968; STANTON & BURGER<sup>19</sup>, 1970; JAMES & HEALTY<sup>13</sup>, 1972; McLAREN & CRAWFORD<sup>15 16</sup>, 1973; BROWN<sup>3</sup> et alii, 1973).

Íons radiativos ou tóxicos depositados no solo, (por exemplo, dos fertilizantes ou águas de lavagens), podem entrar na cadeia de alimentos dos animais e do homem por muitas vias (BUNZIL<sup>4</sup> et alii, 1976). Os coeficientes de distribuição, para a turfa, mostram que a ordem seletiva para a adsorção metálica é  $\text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+} \approx \text{Zn}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ , numa faixa de pH de 3,5 a 4,5.

### Cobre no Solo

O cobre, como outros metais pesados, encontra-se no solo na forma de sais solúveis, íons permutáveis, ligados a compostos orgânicos e na rede cristalina dos aluminossilicatos e de outros minerais. O cobre permutável pode estar na forma de  $\text{Cu}^{2+}$  ou  $\text{Cu}^+$ .

Os teores médios de cobre, segundo HAWKES & WEBB<sup>11</sup>, (1962) são de 70 ppm nas rochas ígneas; 80 ppm, nas rochas ultramáficas; 140 ppm, nas máficas e 30 ppm nas fêlsicas. Nas rochas sedimentares, (HAWKES & WEBB<sup>11</sup>, 1962), os calcários contêm 5 a 20 ppm de cobre; os arenitos, 10 a 40 ppm, e os folhelhos 30 a 150 ppm (folhelhos negros podem conter de 20 a 300 ppm Cu).

No solo, a mobilidade do cobre está relacionada ao pH, matéria orgânica e minerais de argila. A um pH abaixo de 5,5 sua mobilidade é média ou alta; enquanto que é baixa em meio neutro ou alcalino, sendo fixado ao solo sob a forma de hidróxido e

sais neutros, especialmente, com o  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  etc.

Com o objetivo de contribuir para esclarecer a distribuição de Cu no perfil, verificar sua carência ou excesso no solo, e classificar os Grandes Grupos pelos teores de Cu, foi executado o presente trabalho nos solos típicos do agreste do Estado de Pernambuco. (fig. 1)

#### MATERIAL E MÉTODOS

Na região fisiográfica do Agreste de Pernambuco foram coletados perfis de solos típicos representativos dos Grandes Grupos de solo da região. Todas as amostras componentes dos horizontes dos perfis foram preparadas com o máximo de precaução para evitar contaminações. Pás de madeira e recipientes plásticos foram empregados neste trabalho.

As soluções empregadas foram feitas com água desmineralizada, partindo-se de reagentes quimicamente puros.

A denominação dos solos representativos da área em estudo (DANTAS & LEITE<sup>7</sup>, 1974) constam do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de solo do Estado de Pernambuco. A relação e classificação consta do quadro 1.

O cobre solúvel foi determinado por absorção atômica nos filtrados das soluções extratoras:  $\text{Na}_2$  EDTA (sal dissódico do ácido etilenodiamino tetracético), conforme recomenda MITCHELL<sup>18</sup> (1965); DTPA-TEA (ácido dietilenotriaminopentacético-trietanolamina) (BROWN<sup>3</sup> et alii, 1971) e HCl 0,1 N (CHENG & BRAY<sup>6</sup>, 1953). O aparelho utilizado foi Espectrofotômetro de Absorção Atômica PYEUNICAM SP-90A cedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES) à Universidade Federal de Pernambuco. Os parâmetros utilizados foram os seguintes: comprimento de onda 331 nm; altura do bico 1,3 cm; abertura 0,08 mm; chama: ar-acetileno; fluxo do gás:  $300 \text{ cm}^3/\text{min}$  e 5 l/min de ar; corrente 5mA.

Como em todos os trabalhos com elementos menores, foram tomadas todas as precauções necessárias para evitar contaminação do material de laboratório e dos reagentes. Em cada série analisada foram usados dois padrões e duas provas em branco, para levar em conta o cobre porventura contido nos reagentes

e prevenir flutuações diárias na absorção, motivadas por variações na pressão do ar e do gás, na viscosidade das soluções, etc.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

A quantidade de cobre extraído, bem como a sua distribuição nos horizontes dos Grandes Grupos de solo do Agreste de Pernambuco encontram-se no quadro 1. Estes resultados mostram os teores do cobre solúvel obtidos pelos métodos do  $\text{Na}_2$  EDTA (sal dissódico do ácido etilenodiamino-tetracético), recomendado por MITCHELL<sup>18</sup>, (1965) DTPA-TEA (ácido dietileno triaminopentacético-trietanolamina) (BROWN<sup>3</sup> et alii, 1971) e HCl 0,1 N (WEAR & SOMMER<sup>21</sup>, 1947).

Outras características desses solos que podem influenciar na distribuição do cobre no perfil (como pH, matéria orgânica e argila) encontram-se, também no quadro 1.

MITCHELL<sup>18</sup>, (1965) afirma que o nível de deficiência em cobre para os cereais se situa em torno de 0,6 ppm, quando o Cu é extratável pelo  $\text{Na}_2$  EDTA 0,05 m. Adotando-se o limite acima fixado (0,6 ppm de Cu), com exceção, apenas do Latosolo Vermelho distrófico (Garanhuns), do Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico (Pesqueira) e especialmente dos últimos horizontes do Regosol eutrófico de Agrestina, todos os Grandes Grupos de solos do Agreste de Pernambuco apresentam teor adequado de Cu, com variação de 0,25 a 2,25 ppm de Cu no horizonte superficial, e, de 0,02 a 4,25 ppm de Cu ao longo dos perfis. (fig. 1)

CHENG & BRAY<sup>6</sup> (1953) estabeleceram um processo para a determinação do Cu trocável, pela extração do solo com HCl 0,1 N por 15 minutos, com determinação direta do Cu obtido. O teste realizado em poucos solos demonstrou que o Cu não era completamente extraído, necessitando calcinar a matéria orgânica do extrato do HCl, para completa recuperação do Cu extraído.

Com relação aos solos estudados, o método do HCl 0,1 N foi o que menos extraiu Cu do solo. Em vários perfis, esse limite esteve abaixo da detecção do espectrofotômetro de absorção atômica.

Os teores da extração do cobre pelo método do DTPA-TEA (0,10 a 1,30 ppm) (BROWN<sup>3</sup> et alii, 1971) parecem se correlacionar bem com os da Na<sub>2</sub> EDTA 0,05 M, na identificação de deficiência do cobre. Futuros trabalhos em campo e em Casa-de-vegetação poderão confirmar essa sugestão.

Quadro 1 - Cobre Solúvel em Solos Típicos do Agreste de Pernambuco

Localização e Classificação	Hori-zonte	Profundidade	Cobre				Argila Total	M.Orgânica	pH H <sub>2</sub> O
			Na <sub>2</sub> EDTA 0,05 M	DTPA-TEA pH 7,3	HCl 0,1 N				
		cm	ppm			%	g/100g		
		Vertisol,	fase caatinga,	relevo	plano				
Cachoeirinha	A1	0-10	1,25	0,60	1,25	13	2,57	5,4	
	AC	10-18	1,25	0,70	2,00	15	1,86	5,9	
	C1	18-52	1,20	0,80	1,25	37	1,78	5,8	
	C2	52-82	1,15	0,70	1,15	27	0,93	6,4	
Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico, A proeminente									
Gravatã	A1	0-10	1,00	0,50	1,25	8	2,33	5,5	
	A3	10-22	0,75	0,40	1,20	7	1,28	5,5	
	Bt	22-61	3,50	0,70	3,75	53	0,95	7,3	
	C	61-98	2,00	0,30	2,50	45	0,62	8,2	
Regosol eutrófico									
Agrestina	Ap	0-16	0,25	0,20	0,0	4	0,86	6,1	
	A3	16-30	0,25	0,10	0,0	4	0,53	5,8	
	C1	30-62	0,12	0,10	0,0	4	0,28	5,5	
	C2x	62-87	0,02	0,10	0,0	2	0,09	5,5	
	C3x	87-109	0,02	0,10	0,0	2	0,14	5,4	
	R	109 <sup>+</sup>	0,02	0,10	0,0	5	0,16	5,3	

Quadro 1 (continuação) - Cobre Solúvel em Solos Típicos do Agreste de Pernambuco

Localização e Classificação	Horizonte	Profundidade	Cobre			HCl	Argila Total	M. Orgânica	pH H <sub>2</sub> O
			Na <sub>2</sub> EDTA 0,05 M	DTPA-TEA pH 7,3	0,1 N				
Garanhuns	A11	0-10	ppm			0,0	9	1,21	4,4
			Latosol Vermelho Amarelo	0,50	0,40				
	A12	10-30	ppm			0,0	12	1,10	4,2
			Latosol Vermelho Amarelo	0,35	0,30				
	A3	30-65	ppm			0,0	12	0,93	4,1
			Latosol Vermelho Amarelo	0,30	0,20				
	B11	65-92	ppm			0,0	15	0,57	4,1
			Latosol Vermelho Amarelo	0,31	0,30				
B12	92-110	ppm			0,0	18	0,47	4,2	
		Latosol Vermelho Amarelo	0,25	0,30					0,0
B21	110-140	ppm			0,0	20	0,48	4,1	
		Latosol Vermelho Amarelo	0,25	0,30					0,0
B22	140-183	ppm			0,0	46	0,52	3,9	
		Latosol Vermelho Amarelo	0,25	0,40					0,0
Brejão	A11	0-15	ppm			0,0	36	2,98	4,2
			Podzólico Vermelho Amarelo	0,75	0,66				
	A12	15-38	ppm			0,0	39	2,28	4,2
			Podzólico Vermelho Amarelo	0,75	0,66				
	AB	38-59	ppm			0,0	38	2,10	4,4
			Podzólico Vermelho Amarelo	0,62	0,46				
	B11	59-74	ppm			0,0	48	1,64	4,0
			Podzólico Vermelho Amarelo	0,62	0,46				
B12	74-119	ppm			0,15	46	1,29	3,7	
		Podzólico Vermelho Amarelo	1,00	0,56					0,15
B2	119-150	ppm			0,15	50	1,17	3,8	
		Podzólico Vermelho Amarelo	1,00	0,46					0,15
S. Bento Una	A1	0-14	ppm			1,25	9	1,81	6,1
			Planasol Solídico	2,00	0,76				
	IIBt	14-33	ppm			2,50	14	0,76	6,2
			Planasol Solídico	2,25	0,96				
	IIC	33-67	ppm			1,25	18	0,52	6,0
Planasol Solídico			2,00	1,06	1,25				
IIR	67-115	ppm			2,50	45	0,48	6,5	

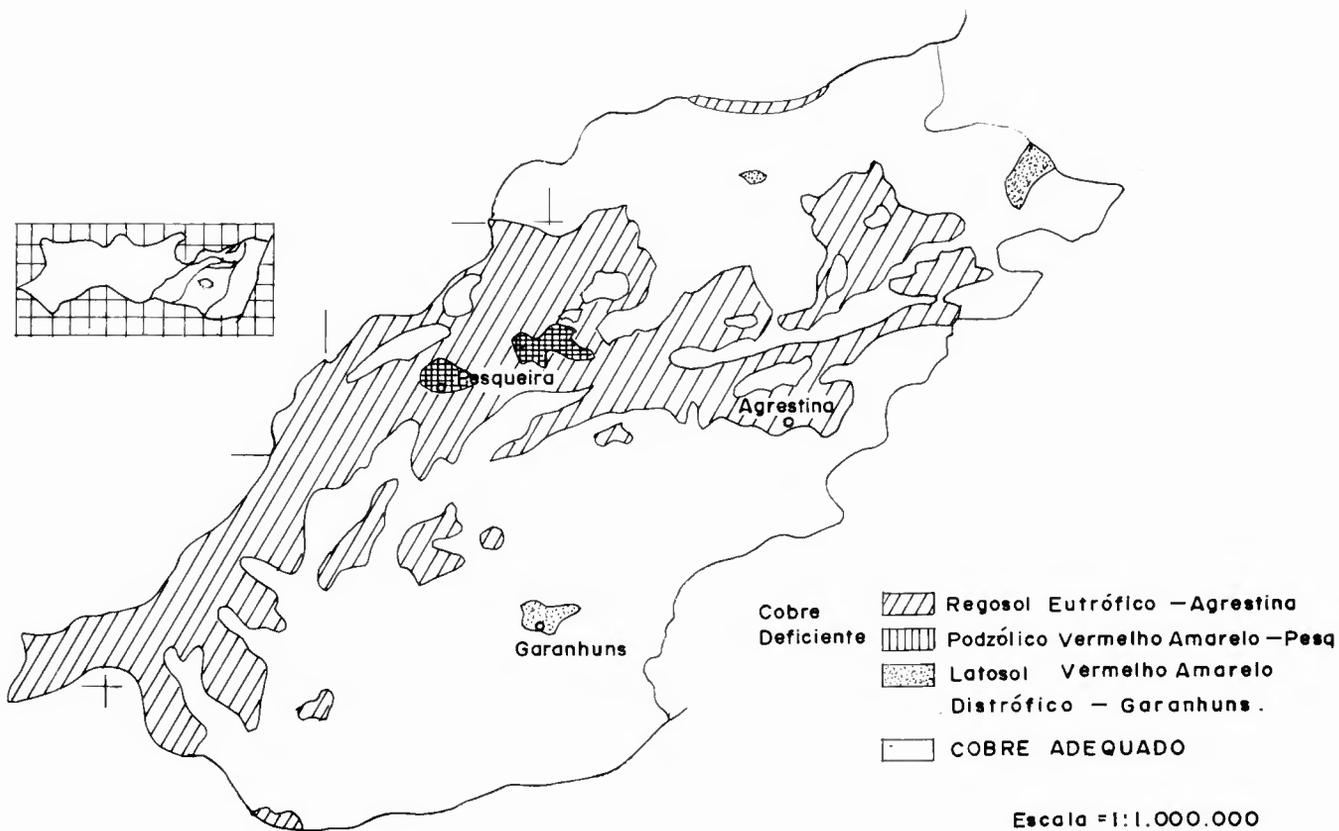
Quadro 1 (continuação) - Cobre Solúvel em Solos Típicos do Agreste de Pernambuco

Localização e Classificação	Hori-zonte	Profundidade	Na <sub>2</sub> EDTA	Cobre		DTPA-TEA pH	HCl 0,1 N	Argila Total	M-Orgânica	pH H <sub>2</sub> O
				M	g/100 g					
		cm	ppm				%			
Caetés	Ap	0-16	1,00	0,46	0,50	5	1,57	5,0		
	A3	16-52	0,50	0,46	0,0	4	0,93	4,5		
	C1	52-85	0,25	0,36	0,0	6	0,90	4,3		
	C2	85-115	0,12	0,26	0,0	7	0,66	4,3		
	C3x	115-150	0,12	0,26	0,0	9	0,48	4,5		
Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico										
Pesqueira	A1	0-29	0-37	0,20	0,0	8	1,12	6,7		
	B1t	29-57	0,25	0,10	0,0	17	0,78	6,4		
	B21t	57-90	0,25	0,10	0,0	40	0,69	5,6		
	B22t	90-132	0,12	0,10	0,0	29	0,40	5,6		
Planosol solódico										
Arcoverde	B1	0-22	1,75	0,60	0,55	8	1,12	6,7		
	B21t	22-37	1,00	0,50	0,50	17	0,78	6,4		
	B22t	37-57	0,87	0,50	0,20	40	0,69	5,6		
	C	57-94	1,62	1,10	1,25	29	0,40	5,6		

Quadro 1 ( conclusão ) - Cobre Solúvel em Solos Típicos do Agreste de Pernambuco

Localização e Classificação	Hori- zonte	Profundidade	Cobre				Argila Total	M.Orgânica	pH H <sub>2</sub> O
			Na <sub>2</sub> 0,05	EDTA M	DTPA-TEA pH 7,3	HCl 0,1 N			
		cm	ppm			%	g/100g		
			Bruno não Cálcico						
Jataúba	A1	0-15	1,00	0,40	0,20	8	0,91	6,4	
	Bt	15-41	0,75	0,30	0,10	12	0,60	5,8	
	C	41-73	0,25	0,30	0,0	15	0,40	6,4	
			Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico						
Fazenda Nova	Ap	0-12	2,25	0,70	1,50	26	2,31	6,8	
	B21t	12-28	1,75	0,50	1,10	34	1,28	6,7	
	B22t	28-51	2,25	0,40	1,50	32	1,16	7,2	
	B23t	51-95	1,75	0,30	1,00	29	0,48	7,8	
			Planosol solódico						
Toritama	Ap	0-15	1,75	0,50	1,00	12	1,00	6,8	
	B21t	15-36	1,75	1,30	1,00	34	0,76	6,7	
	B22t	36-62	3,00	1,10	2,50	31	0,67	6,8	
	C	62-87	4,25	0,90	2,50	27	0,12	7,2	
	CR	87-109	3,50	0,90	1,25	27	0,53	7,1	

Fig. 1 - Cobre em Solos do Agreste de Pernambuco



A variação do pH no horizonte A desses solos foi de 4,2 a 6,8 e de 3,7 a 8,2 nos demais horizontes dos perfis. De acordo com FORBES<sup>8</sup> *et alii* (1976), os íons divalentes de certos cátions (entre eles o Cu) estão com sua adsorção intimamente dependente do pH. Isto está concordando com a afirmação de McLAREN & CRAWFORD<sup>17</sup> (1974) de que o cobre na solução dos solos é controlado pelo equilíbrio envolvendo formas de Cu adsorvido.

Estudos de deficiência de cobre foram confirmados em solos com altos teores de matéria orgânica (GOODMAN & CHESHIRE<sup>9</sup>, 1976). Nos solos estudados, a matéria orgânica está na faixa de 0,86 a 2,98 g/100g de TFSA (terra fina seca ao ar), no horizonte superficial sem sintomas de deficiências para o cobre, observados na vegetação.

A distribuição do cobre no horizonte A, extraído pelo Na<sub>2</sub> EDTA 0,05 M, obedeceu a seguinte ordem crescente, nos Grandes Grupos de solos estudados.

Regosol eutrófico com 0,25 ppm  
 Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico com 0,37 ppm  
 Latosol Vermelho Amarelo distrófico com 0,50 ppm  
 Podzólico Vermelho Amarelo com 0,75 ppm  
 Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico com 1,00 a 2,25 ppm  
 Regosol distrófico com 1,00 ppm  
 Bruno não cálcico 1,00 ppm  
 Vertisol com 1,25 ppm  
 Planosol Solódico com 1,75 a 2,00 ppm

As maiores concentrações do cobre extraído pelo Na<sub>2</sub> EDTA 0,05 M dos solos analisados foram nos horizontes B e C dos Grandes Grupos de solos dos seguintes municípios de Pernambuco: Gravatã com 3,50 ppm no horizonte B  
 Fazenda Nova, com 2,25 ppm no horizonte B  
 Brejão, com 1,00 ppm no horizonte B  
 Toritama, com 4,25 ppm no horizonte C  
 S. Bento do Una, com 2,00 ppm no horizonte C

#### ABSTRACT

*The soluble copper content of the physiographic*

area called. "Agreste of Pernambuco" Brazil were determined by atomic absorption spectrometry. The EDTA extractable copper varied between 0.02 to 4.25 ppm, from 0.10 to 1.30 ppm by DTPA-TEA, and from 0.0 to 3.75 ppm by HCl 0.1N.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores aproveitam a oportunidade para agradecer ao Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco, pela utilização do Espectrofotômetro de adsorção atômica PYE-UNICAM SP -90 A.

#### BIBLIOGRAFIA

1. BOWDEN, J. W.; BOLLAND, M. D. A.; POSNER, A. M.; QUIRK, J.P. A generalised model for anion and cation adsorption at oxide surfaces. *Nature*, London, 245:81-3, 1973.
2. BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. *Levantamento exploratório. Reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco; descrição de perfis de solos e análises.* Recife, Divisão de Pesquisa Pedológica, 1972. v. 1. (Boletim Técnico, 26).
3. BROWN, A. L.; QUICK, James; EDDINGS, J. L. A comparison of analytical methods for soil zinc. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, Wis., 35(1):105-7, Jan./Feb. 1971.
4. BUNZIL, K.; SCHMIDT, W.; SANSANI, B. Kinetics of ion exchange in soil organic matter. IV. Adsorption and desorption of  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  and  $Ca^{2+}$  by peat. *The Journal of Soil Science*, London, 27(1):32-41, Mar. 1976.
5. BURCH, R. E.; HAHN, H. J.; SULLIVAN, J. F. Newer aspects of the roles of zinc, manganese, and copper in human nutrition. *Clinical Chemistry*, New York, 21(4):501-20, 1975.

6. CHENG, K. L. & BRAY, R. H. Two specific methods of determination copper in soil and plant material. *Analytical Chemistry*, Washington, 25:655-59, 1953.
7. DANTAS, Humberto da Silveira & LEITE, José Pereira. Enxofre total em perfis de solos do Agreste de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 14., Santa Maria, 1973. *Anais...* Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1973. p. 242-55.
8. FORBES, E. A.; POSNER, A. M.; QUIRA, J. P. The specific adsorption of divalent Cd, Co, Cu, Pb, and Zn on Goethite. *The Journal of Soil Science*, London, 27(2):154-66, June 1976.
9. GOODMAN, B. A. & CHESHIRE, M. V. The occurrence of Copper porphyrin complexes in soil humic acids. *The Journal of Soil Science*, London, 27(3):333-47, 1976.
10. GRIMM, H. Die adsorption von Mn, Co, Cu, and Zn durch Goethit aus verdünnnten Loesung. *Z. Pflanzern. Dung. Bodenkn.*, 121:58-65, 1968.
11. HAWKES, H. E. & WEBB, J. S. *Geochemistry in mineral exploration*. New York, Harper & Row, 1962.
12. HOROWITZ, H. & DANTAS, H. S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. III. Cobre na zona litoralmata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira. Série Agronomia*, Rio de Janeiro, 8:169-76. 1973.
- 13.m JAMES, R. O. & HEALTY, T. W. Adsorption of hydrolysable metal ions at the oxide. Water interface. Partes I and III. *J. Coll. Interface Science*, 40:42-52, 65-81, 1972.
14. Mc KENZIE, R. M. The sorption of cobalt by manganese minerals in soils. *Australian Journal Soil Research*, Victoria, 5:235-46, Dec. 1967.
15. McLAREN, R. G. & GRAWFORD, D. V. Studies on soil copper. I. The fractionation of copper in soils. *The Journal of Soil Science*, London, 24(2):172-81, June 1973.

16. McLAREN, R. G. Studies on soil copper. II. The specific adsorption of copper by soils. *The Journal of Soil Science*, London, 24(4):443-52, Dec. 1973.
17. —. Studies on soil copper. III. Isotopically exchangeable copper in soils. *The Journal of Soil Science*, London, 25(1):111-9, Mar. 1974.
18. MITCHELL, R. L. Trace elements. In: BEAR, F. E. ed. *Chemistry of the soil*. New York, Reinhold, 1965. p. 320-68.
19. STANTON, D. A. & BURGER, R. du T. Studies on zinc in selected orange free state soils. V. Mechanism for the reaction on zinc with iron and aluminium oxides. *Agrochemophysics*, 2:65-75, 1970.
20. UNDERWOOD, E. J. Trace elements in human and animal nutrition. 3. ed. New York, Academic Press, 1971. p. 57.
21. WEAR, John & SOMMER, Anna L. Acid-extractable zinc of soils in relation to the occurrence of zinc-deficiency symptoms of corn; a method of analysis. *Soil Science Society America Proceedings*, Madison, Wis., 12:143-4, 1947.