

ESTUDOS DE PARTIÇÃO DE TÓRIO E TERRAS RARAS EM PARTICULADOS
 DA REGIÃO DO MORRO DO FERRO, POÇOS DE CALDAS, M.G.,

MARCIA TEREZINHA CARLOS

I - Introdução:

Este relatório refere-se aos trabalhos realizados durante o ano de 1986, no Laboratório de Radioisótopos do IB-UFRJ, e está inserido no programa de pesquisa de transporte geoquímico do Projeto Morro do Ferro.

O depósito de minério do Morro do Ferro (MF), com 20.000 toneladas de tório, 100 toneladas de urânio e alto teor de terras raras, junto com a sua bacia de drenagem e de sedimentação foram propostos como uma região de estudo de um modelo de mobilização e retenção de actinídeos transurânicos de futuros repositórios geológicos de rejeitos radioativos de alta atividade, que poderiam vir a ser expostos aos intemperismos.

O estudo de modelagem natural do MF, fundamenta-se na possibilidade de empregá-lo como análogo para três elementos transurânicos: o Th é o análogo geoquímico do Pu⁴⁺, estado de oxidação do Pu em condições ambientais, e os lantanídeos, Nd³⁺ e La³⁺, como análogo tanto para o Am³⁺ quanto para o Cm³⁺.

As taxas de mobilização de Th e La do M.F. foram estimadas e descritas por Eisenbud et al (1984). Destaca-se a predominância do transporte via erosão pluvial superficial durante as pancadas de chuvas com taxas de mobilização da ordem de 10^{-6} e 10^{-7} (ano)⁻¹, respectivamente, para o tório e lantânio. Isto é muito superior a estimativa da mobilização destes elementos por intermédio da solubilização por águas subterrâneas que foram da ordem de 10^{-9} ano⁻¹.

. / . . .

Os baixos valores de remoção do Th e La revelam a existência de processos eficientes de retenção destes elementos no depósito do Morro do Ferro.

Em estudos da geologia da região, Fujimori (1983) sugeriu que, no M.F., o elemento tório deveria se encontrar em três formas: os minerais toríferos primários resistentes ao intemperismo, tais como cheralita e monazita; em minerais toríferos secundários formados por decomposição dos primários e finalmente adsorvidos nos óxidos e hidróxidos de ferro, manganês e alumínio.

Resumo daqui
[O principal objetivo deste trabalho é caracterizar, geoquimicamente, a associação dos elementos tório e terras raras, utilizando métodos de fracionamento químico através de experimentos de lixiviação seletiva. Pode-se dividir o trabalho em duas partes:]

- [1. As extrações sequenciais seletiva; pelo estudo da técnica adaptada ao material amostrado no Morro do Ferro e vizinhança. Esta parte está sendo executada conjuntamente com Ivanor Sachett, pesquisador do IRD, que investiga a partição de Ra, U e o desequilíbrio radioativo nesta região.
2. Implantação da técnica de determinação sequencial dos isótopos de tório e terras raras leves.]

II - Extração Sequencial Seletiva:

As técnicas de extração sequencial são utilizadas para determinar a partição de elementos químicos nas diferentes fases geoquímicas, através de uma série de lixiviações com soluções que dissolvem preferencialmente certos componentes mantendo em solução os elementos associados.

Embora os métodos de extração seletiva sejam muito utilizados, têm recebido muitas críticas principalmente por não serem muito específicos em relação a seletividade. Há um grande número de métodos que foram desenvolvidos para a aplicação a um tipo particular de solo, sedimento ou minério.

O primeiro método de extração seletiva que empregamos foi o desenvolvido por Tessier et al (1979), cujo esquema de fracionamento é mostrado na Tabela 1. Este método foi largamente usado para metais pesados em vários tipos de particulados. Copper et al (1981) aplicaram essencialmente o mesmo procedimento para a partição de Ra, Pb e U em solos e sedimentos de uma região de água mineral na Austrália. Os resultados preliminares, citados no relatório anterior, mostraram a importância da associação do tório e terras-raras leves com os óxidos de ferro e manganês na região do Morro do Ferro, depois da fração residual.

Devido a importância dos óxidos de ferro e manganês, nos processos de mobilização, e da grande abundância de ferro e o alto nível pluviométrico na região, mudou-se de técnica empregando em bloco o método desenvolvido pela Comissão de Energia Atômica da Austrália (1984); que possui a capacidade de separar os óxidos e hidróxidos amorfos de ferro de sua fase cristalina secundária. Este método foi aplicado para a partição de Th, U e Ra, numa região mineralizada de urânio na Austrália. A tabela 2 apresenta o esquema de fracionamento.

No relatório anterior, foram mencionados os primeiros resultados desta última técnica, onde era necessário refazer mais de uma vez os procedimentos de lixiviação com o reagente de Tamm (fase de óxidos de Mn e óxidos e hidróxidos de Fe amorfos) e com o CBD (óxido de Fe secundário), por causa da saturação do reagente principalmente em relação ao Fe.

Impossibilitado de calcular estequiometricamente estas reações, durante este período, procurou-se através de uma abordagem empírica estudar a capacidade de extração do reagente de Tamm e da mistura C B D , a fim de determinar a melhor relação entre massa da amostra e volume de solução extraente numa única extração com cada um destes reagentes.

Também, executaram-se alguns experimentos ainda com o método de Tessier a fim de obter alguns dados, como, o grau de saturação da hidroxilamina e a quantificação de Fe e Mn extraídos nas diferentes fases nos extratos antigos, com o objetivo de melhor interpretar os resultados já obtidos e relatados.

III - Método Australiano - Resultados e Discussão:

No estudo empírico do potencial da extração de reagente de Tamm e do CBD, foram realizadas extrações em amostras contendo um tipo predominante de estrutura geológica:

- a) pizolito (óxido de manganês)
- b) limonita sintética (óxido amorfo de ferro hidratado)
- c) hematita (óxido de ferro cristalino (Fe_2O_3))
- d) magnetita (óxido de ferro cristalino (Fe_3O_4))

O pizolito e a hematita foram obtidos na Docogel, a limonita sintética, preparada no laboratório, e a magnetita foi obtida por uma separação magnética por imã de uma amostra de solo superficial do Morro do Ferro.

As extrações foram realizadas em alíquotas com a relação massa/volume variável (massas de 50 a 500 mg) para volumes de 20 ml de reagente de Tamm e na fase de CBD: 15 ml de citrato 2 ml de carbonato e 3 adições de 250 mg de ditionito a cada 5 min), sendo quatro extrações consecutivas com o reagente de Tamm e quatro extrações com CBD.

Nos extratos foram analisados Fe e Mn por Espectrofotometria de Absorção Atômica no aparelho Varian modelo AA-1475.

As concentrações totais de Fe e Mn destas amostras foram determinadas, após uma abertura total com tratamentos sucessivos com HCl, HNO₃ e HF -- à quente.

Os resultados estão apresentados nas tabelas 3 a 6 e nas figuras 1 a 4.

O reagente de Tamm mostrou-se satisfatório nas extrações de Fe na limonita sintética e recente, e do Mn no pizolito.

Com apenas um ataque, a limonita foi dissolvida para duas alíquotas de menores massas, e todo o manganês foi extraído do pizolito para a maior relação volume de solução e massa da amostra.

A hematita pura, Fe₂O₃, contém 70% de Fe, a medida de Fe total nesta amostra foi em torno de 88%. As extrações de Fe com o CBD mostraram-se significativamente maiores do que as, com o reagente de Tamm. A figura 5 apresenta a variação do percentual extraído de ferro na primeira extração com CBD versus o inverso da massa lixiviada. Este gráfico mostra que com apenas um ataque não é possível extrair todo o ferro cristalino, e que existe um limite máximo de extração de Fe, em torno de 20%, do qual, mesmo aumentando a relação volume de extração/massa do material não há um aumento significativo de dissolução. Este dado está de acordo com o encontrado na literatura, onde o grau de dissolução da hematita e goetita pelo CBD variam de 20% a 40%, e que este grau está intimamente ligado à cristalinidade e fineza dos grãos dos óxidos (Chao (1984)).

Os resultados das experiências com a magnetita não foram satisfatórios, ao observar que os da amostra de maior massa apresentaram-se com características diferentes aos das outras. Possivelmente, vem do fato que esta alíquota foi obtida, de uma outra amostragem. A separação magnética, por imã, não foi eficaz na obtenção de uma amostra contendo quase que só a magnetita. A concentração de ferro na magnetita pura é de 72%, e deste tipo de amostra foi de 46%. Na separação, caso a magnetita esteja agregada com outros materiais, todo o grão será separado.

IV - Método de Tessier - Resultados e Discussão:

A tabela 7 mostra as concentrações de Fe e Mn nas diversas fases geoquímicas, medidas por Espectrofotometria de Absorção Atômica nos extratos de diversas amostras que passaram por todo o processo de extração sequencial pelo Método de Tessier. Nesta tabela também estão apresentados os resultados de Th, os quais já foram apresentados, juntamente com os de La e Ce, no relatório anterior. Na tabela 8, os resultados estão na forma de percentagem.

Os locais de coleta destas amostras foram:

MF-5-M1

MF-5-M2

MF-5-M3 região mineralizada do Morro do Ferro

MF-7-M1

MF-7-M2

7/8

G-01 - galeria horizontal escavada na parte mineralizada

T-I - trincheiras na superfície do Morro do Ferro

T-II

Grota - grota de drenagem superficial natural

SSSB-2- sedimento do Córrego Sul que drena a face mais mineralizada do Morro do Ferro

Brejo

e - bacia de sedimentação

Tip

Na fase redutível, ligados aos óxidos de Fe e Mn, foram feitas duas lixiviações consecutivas. A primeira vista pode-se ver que a ação da hidroxilamina é específica aos óxidos de manganês, onde quase todo o Mn extraível dissolve-se no primeiro ataque.

Para o Fe, não foram observadas diferenças significativas de extração entre o primeiro e o segundo ataque. A percentagem total de Fe extraído foi muito pequena.

Na tentativa de clarificar a capacidade e especificidade da dissolução de Fe pela hidroxilamina foram feitas seis lixiviações consecutivas em quatro amostras, utilizando para cada uma duas alíquotas de 1 g. As quantidades de Fe e Mn extraídas estão representadas na tabela 9.

A percentagem de Fe extraída continua pequena, observando, no entanto, que nas amostras contendo as maiores concentrações de Fe, é menor a diferença percentual de Fe retirado nas diferentes extrações.

Em relação a tabela 7, o somatório do Mn extraído com o resíduo comparado com o Mn total de cada amostra apresentou maiores discrepâncias do que, com o Fe, possivelmente pelo fato que as concentrações de manganês são muito menores do que a do ferro.

Nas regiões mineralizadas onde as amostras apresentam as maiores concentrações de Fe houve uma tendência a apresentar também as

maiores concentrações de Mn, exceto a MF5-M3.

V - Método para determinação de tório e terras-raras:

Iniciou-se durante este período a implantação de um método de análise de tório e de terras-raras, a fim de se determinar quantitativamente estes elementos nos extratos das extrações sequenciais seletivas. Esta técnica, salvo com algumas modificações, foi empregada pela New York University (Linsalata et al (1986)) para análise destes elementos em amostras biológicas.

A pré-concentração de tório e dos lantanídeos, como grupo, consiste basicamente de uma coprecipitação com oxalato de cálcio e a separação sequencial é realizada por coluna trocadora catiônica com resina Dowex AG50 WX-8.

Após a separação química as terras-raras são determinadas por Espectrometria de Plasma Induzido (ICP) na New York University, e os isótopos de tório por Espectrometria Alfa após uma coprecipitação com microgramas de fluoreto de lantânio.

Para acompanhar o rendimento químico de todo o processo, empregou-se o ^{234}Th como traçador do tório e ^{144}Ce como traçador de todas as terras-raras (Linsalata et al (1986)).

Algumas amostras foram analisadas e estão apresentadas na Tabela 10 e Tabela 11.

. . . / .

9

REFERÊNCIAS:

Chao, T.T. (1984) - Use of Partial Dissolution Techniques in Geochemical Exploration. Journal of Geochemical Exploration 20: 101-135.

Comissão de Energia Atômica da Austrália (1984) - Radionuclide Migration around Uranium on Bodies - analogue of radioactive Waste repositories - Lucas Heights Research Laboratory.

Cooper, M.B.; Stanney, K.A. e Williams, G.A., (1981) - Investigation of the speciation of radionuclides - Australian Radiation Laboratory, Report T.R. 039. August, Yallambie Victoria.

Eisenbud, M.; Krauskopf, K.; Fenna-Franca, E.; Lei, W.; Ballad, R.; Linsalata, P.; e Fujimori, K. (1984). Natural Analogues for the Transuranic Actinide Elements: An Investigation in Minas Gerais, Brazil. Environ. Geol. Water Sci. 1:1-9.

Fujimori, K. (1983). Migração de Tório e Outros Elementos do Morro do Ferro. Relatório do Inst. Art. e Geog. da USP (SP), para CNEN. Convênio nº 37/82, 38pp.

Linsalata, P., Morse, R. e Ford, H. (1986) - Sequential Determination of Environmental Levels of Isotopic Thorium, Uranium and the Light Rare Earths Elements Within the Terrestrial Food Chain by Induced Coupled Plasma (ICP) and Alpha Spectrometry - apresentado no 32th Annual Bioassay Meeting, Gaithersburg, MD.

Tessier, A; Campbell, P.G.C. e Bisson, M. (1979) Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals - Analytical Chemistry 51:844-851.

ESQUEMA DE EXTENSAO SEQUENCIAL SELETIVA: METODO DE TESSIER

FASE GEOQUIMICA	SOLUCAO EXTENSIVA	VOLUME POR GRAMA DE ROCHA	TEMPO	TEMPERATURA	CONDICOES
BASTO SOLUVEIS E IONS TRAQUEIS	NaCl 1M pH7 2	30ml	6h	ambiente	agitacao continua
DIFERENCIADO	Acetato de amonio 0.1M	30ml	6h	ambiente	agitacao continua
RECONSTITUIVEL principalmente os oxidos de Fe e Mn	Cloridrato de hidroxilammina 0.04M em 25% ac. acetico	20ml	5h	96 C	agitacao ocasional
OXIDAVEL	H ₂ O 0.02M H ₂ O 0.02M pH2 2 2	2ml, 5ml	2h	65 C	agitacao continua
	H ₂ O 0.02M H ₂ O 0.02M pH2 2 2	5ml	2h	65 C	
	Acetato de amonio 0.1M	2ml	30min	ambiente	agitacao continua

Tabela 1

ESQUEMA DE ENTENHO SEQUENCIAL SELETIVA: METEORO AUSTRALIANO

FASE SEQUENCIAL	SOLUÇÃO EXTRATHE	VOLUME DA MASSA POR GRAMA DE AMOSTRA	TEMPO	TEMPERATURA	CONDIÇÕES
SALIS SOLUBILIS E IONS ORGANICOS	MIL CL 0.1M 4	40g	24h	ambiente	agitação continua
EUFA-MICROORG E MINERAIS ANIONIS	Reagente de Tama Oxalato de Amônia 0.175M 5 Acido Oxalico 0.1M	40g	4h	ambiente	agitação continua claro
MINERALS DE FERRO CRISTALINO	(20): Citrato de Sodio 0.3M Bicarbonato de Sodio 0.1M Difluoreto de Sodio	30g 4g 250mg	a cada 5min	80 C	agitação continua
MATERIAL RESIDUAL ORGANICO	MIL CL 2 5	40g	16h	ambiente	agitação continua

Tabela 2

EXTRAÇÕES COM REAGENTE DE TAMM e MISTURA CBD EM AMOSTRAS DE LIXONITA

Conc Fe: .5290/g

Conc. Mn: .008159/g

MASSA DE Fe (ug) EXTRAIDA					MASSA DE Mn (ug) EXTRAIDA				
aliquota	65	129	253	649	aliquota	65	129	253	649
em mg					em mg				
TAMM-1	39933	71700	85595	64599	TAMM-1	19	36	49	72
TAMM-2	0	0	51148	61280	TAMM-2	0	0	16	25
TAMM-3	0	0	0	89164	TAMM-3	0	0	0	21
TAMM-4	0	0	0	85065	TAMM-4	0	0	0	20
TAMM-T	39933	71700	136743	300108	TAMM-T	19	36	65	138
CBD-1	0	0	0	40888	CBD-1	0	0	0	27
CBD-2	0	0	0	722	CBD-2	0	0	0	0
CBD-3	0	0	0	0	CBD-3	0	0	0	0
CBD-4	0	0	0	0	CBD-4	0	0	0	0
CBD-T	0	0	0	41410	CBD-T	0	0	0	27
TO. EXTR	39933	71700	136743	341518	TO. EXTR	19	36	65	165
TOTAL	34320	68112	133584	342672	TOTAL	530	1051	2062	5289

PORCENTAGEM DE Fe EXTRAIDO					PORCENTAGEM DE Mn EXTRAIDO				
aliquota	65	129	253	649	aliquota	65	129	253	649
em mg					em mg				
TAMM-1	116.35	105.27	64.08	18.35	TAMM-1	3.59	3.42	2.38	1.37
TAMM-2	0.00	0.00	38.29	17.88	TAMM-2	0.00	0.00	.78	.47
TAMM-3	0.00	0.00	0.00	26.02	TAMM-3	0.00	0.00	0.00	.40
TAMM-4	0.00	0.00	0.00	24.82	TAMM-4	0.00	0.00	0.00	.38
TAMM-T	116.35	105.27	102.36	87.58	TAMM-T	3.59	3.42	3.15	2.61
CBD-1	0.00	0.00	0.00	11.87	CBD-1	0.00	0.00	0.00	.50
CBD-2	0.00	0.00	0.00	.21	CBD-2	0.00	0.00	0.00	0.00
CBD-3	0.00	0.00	0.00	0.00	CBD-3	0.00	0.00	0.00	0.00
CBD-4	0.00	0.00	0.00	0.00	CBD-4	0.00	0.00	0.00	0.00
CBD-T	0.00	0.00	0.00	12.08	CBD-T	0.00	0.00	0.00	.50
TO. EXTR	116.35	105.27	102.36	99.66	TO. EXTR	3.59	3.42	3.15	3.11

Tabela 3

EXTRACOES COM REAGENTE DE TAMM E MISTURA CBD EM AMOSTRAS DE PIZOLITO

Conc. Fe: .0749g/g
 Conc. Mn: .16g/g

MASSA DE Fe (ug) EXTRAIDA					MASSA DE Mn (ug) EXTRAIDA				
aliquota	77	129	253	505	aliquota	77	129	253	505
em mg					em mg				
TAMM-1	2144	3407	6911	7195	TAMM-1	12390	19184	26277	26302
TAMM-2	106	174	933	5512	TAMM-2	454	924	14082	18838
TAMM-3	68	110	263	2182	TAMM-3	121	278	4102	18623
TAMM-4	55	78	158	541	TAMM-4	39	87	456	11623
TAMM-T	2373	3769	8265	15430	TAMM-T	13004	20473	44917	75386
CBD-1	2310	3300	5506	3986	CBD-1	108	176	654	10618
CBD-2	106	1050	1942	5961	CBD-2	7	13	26	330
CBD-3	148	204	941	3594	CBD-3	3	4	8	51
CBD-4	78	111	234	1787	CBD-4	2	3	4	30
CBD-T	2642	4665	8623	15328	CBD-T	120	196	692	11029
TO. EXTR	5015	8434	16883	30758	TO. EXTR	13124	20669	45609	86415
TOTAL	5767	9662	18950	37825	TOTAL	12320	20640	40480	80800

PORCENTAGEM DE Fe EXTRAIDO					PORCENTAGEM DE Mn EXTRAIDO				
aliquota	77	129	253	505	aliquota	77	129	253	505
em mg					em mg				
TAMM-1	37.18	35.26	36.47	19.02	TAMM-1	100.57	92.95	64.91	32.55
TAMM-2	1.84	1.80	4.92	14.57	TAMM-2	3.69	4.48	34.79	23.31
TAMM-3	1.18	1.14	1.39	5.77	TAMM-3	.98	1.35	10.13	23.05
TAMM-4	.95	.81	.83	1.43	TAMM-4	.32	.42	1.13	14.38
TAMM-T	41.15	39.01	43.62	40.79	TAMM-T	4.00	99.19	110.96	93.30
CBD-1	40.05	34.15	29.06	10.54	CBD-1	.88	.85	1.62	13.14
CBD-2	1.84	10.87	10.25	15.76	CBD-2	.06	.06	.06	.41
CBD-3	2.57	2.11	4.97	9.50	CBD-3	.02	.02	.02	.06
CBD-4	1.35	1.15	1.23	4.72	CBD-4	.02	.01	.01	.04
CBD-T	45.81	48.28	45.50	40.52	CBD-T	.97	.95	1.71	13.65
TO. EXTR	86.96	87.29	89.12	81.32	TO. EXTR	106.53	100.14	112.67	106.95

Tabela 4

EXTRAÇÕES COM REAGENTE DE TAMM E MISTURA CBD EM AMOSTRAS DE HEMATITA

Conc. Fe: .878g/g

Conc. Mn: .00049g/g

MASSA DE Fe (ug) EXTRAIDA					MASSA DE Mn (ug) EXTRAIDA				
alíquota	63	125	251	485	alíquota	63	125	251	485
em mg					em mg				
TAMM-1	1000	2414	5301	12425	TAMM-1	9	16.5	28	51.9
TAMM-2	190	113	740	6930	TAMM-2	1	1.7	2.6	9.5
TAMM-3	225	400	1651	4970	TAMM-3	2.3	3.1	3.2	1.9
TAMM-4	334	570	1400	1657	TAMM-4	3.3	3.4	4.4	1
TAMM-T	1749	3497	9092	25982	TAMM-T	15.6	24.7	38.2	64.3
CBD-1	10227	17803	29003	29778	CBD-1	9.2	15.2	20.4	9.2
CBD-2	6859	16060	17432	43130	CBD-2	3.8	5.15	5.6	3.8
CBD-3	7066	15314	18621	33325	CBD-3	3.41	3.89	5.79	3.41
CBD-4	4036	11166	17500	34883	CBD-4	3.68	4.5	5.45	3.68
CBD-T	30188	60343	82556	141116	CBD-T	20.09	28.74	37.24	20.09
TO. EXTR	31937	63840	91648	167098	TO. EXTR	35.69	53.44	75.44	84.39
TOTAL	55314	109750	220378	425830	TOTAL	30.87	61.25	122.99	237.65

PORCENTAGEM DE Fe EXTRAIDO					PORCENTAGEM DE Mn EXTRAIDO				
alíquota	63	125	251	485	alíquota	63	125	251	485
em mg					em mg				
TAMM-1	1.81	2.20	2.41	2.92	TAMM-1	29.15	26.94	22.77	21.84
TAMM-2	.34	.10	.34	1.63	TAMM-2	3.24	2.78	2.11	4.00
TAMM-3	.41	.36	.75	1.17	TAMM-3	7.45	5.06	2.60	.80
TAMM-4	.60	.52	.64	.39	TAMM-4	10.69	5.55	3.58	.42
TAMM-T	3.16	3.19	4.13	6.10	TAMM-T	50.53	40.33	31.06	27.06
CBD-1	18.49	16.22	13.16	6.99	CBD-1	29.80	24.82	16.59	3.87
CBD-2	16.02	14.63	7.91	10.13	CBD-2	12.31	8.41	4.55	1.60
CBD-3	12.77	13.95	8.45	7.83	CBD-3	11.05	6.35	4.71	1.43
CBD-4	7.30	10.17	7.94	8.19	CBD-4	11.92	7.35	4.43	1.55
CBD-T	54.58	54.98	37.46	33.14	CBD-T	65.08	46.92	30.28	8.45
TO. EXTR	57.74	58.17	41.59	39.24	TO. EXTR	115.61	87.25	61.34	35.51

Tabela 5

EXTRACOES COM REAGENTE DE TAMM E MISTURA CBD EM AMOSTRAS DE MAGNETITA

Conc. Fe: .467g/g

Conc. Mn: .0081g/g

MASSA DE Fe (ug) EXTRAIDA					MASSA DE Mn (ug) EXTRAIDA				
aliquota em mg	50	129	236	491	aliquota em mg	50	129	236	491
TAMM-1	444	1070	2187	4427	TAMM-1	25	65	112	218
TAMM-2	642	1324	2737	16478	TAMM-2	5.3	15	25	94
TAMM-3	674	1440	2869	44295	TAMM-3	4.4	10	17	224
TAMM-4	658	1611	3435	28480	TAMM-4	4.5	8.4	17.2	334
TAMM-T	2418	5445	11228	93680	TAMM-T	39.2	98.4	171.2	285
CBD-1	9822	20298	24340	31343	CBD-1	42	74	76	14
CBD-2	3551	5211	9707	16738	CBD-2	27	44	49	12
CBD-3	4284	8557	10308	8101	CBD-3	32	56	94	13
CBD-4	2474	4856	10611	9958	CBD-4	30	53	85	9
CBD-T	20131	38922	54966	66140	CBD-T	131	227	304	49
TO. EXTR	22549	44367	66194	159820	TO. EXTR	170.2	325.4	475.2	334
TOTAL	23350	60243	110212	229297	TOTAL	405	1044.9	1911.6	3977

PORCENTAGEM DE Fe EXTRAIDO					PORCENTAGEM DE Mn EXTRAIDO				
aliquota em mg	50	129	236	491	aliquota em mg	50	129	236	491
TAMM-1	1.90	1.78	1.98	1.93	TAMM-1	6.17	6.22	5.86	55.0
TAMM-2	2.75	2.20	2.48	7.19	TAMM-2	1.31	1.44	1.31	2.4
TAMM-3	2.89	2.39	2.60	19.32	TAMM-3	1.09	.96	.89	5.7
TAMM-4	2.82	2.67	3.12	12.42	TAMM-4	1.11	.80	.90	8.5
TAMM-T	10.36	9.04	10.19	40.86	TAMM-T	9.68	9.42	8.96	71.7
CBD-1	42.06	33.69	22.08	13.67	CBD-1	10.37	7.08	3.98	3.6
CBD-2	15.21	8.65	8.81	7.30	CBD-2	6.67	4.21	2.56	3.1
CBD-3	18.35	14.20	9.35	3.53	CBD-3	7.90	5.36	4.92	3.2
CBD-4	10.60	8.06	9.63	4.34	CBD-4	7.41	5.07	4.45	2.3
CBD-T	86.21	64.61	49.87	28.84	CBD-T	32.35	21.72	15.90	12.4
TO. EXTR	96.57	73.65	60.06	69.70	TO. EXTR	42.02	31.14	24.86	84.1

Tabela 6

CONCENTRAÇÃO EM % de Fe, Mn e Ti NOS DIVERSOS FORTS GEOQUÍMICOS EM AMOSTRAS DA REGIÃO DO MORRO DO FERRO

FERRO

	NFS-N1	NFS-N2	NFS-N3	NF7-N1	NF7-N2	7/8	S-61	T-1	T-11GROTA-AGROTA-2	SSSB-2	FLUME	EREJO	TIP		
Trocavel	4	2	1	2	2	4	1	1	2	5	5	2	5	11	7
Carbonato	20	21	10	2	5	13	2	3	3	2	3	42	29	96	36
Redutivo 1	4825	5125	4235	3827	2918	2543	1514	3265	1049	6839	3542	5490	5325	1771	6932
Redutivo 2	3669	3946	2165	2211	2392	2285	1210	1505	1077	3466	3692	1077	2755	376	2972
Oxidavel	10	6	3	4	800	5	3	3	5	30	35	10	10	42	13
Resíduo	107200	171131	34301	226530	150200	275821	37941	40700	65019	132165	130012	31514	73224	9669	30543
Total extraído	9510	9100	6365	1002	5197	4060	2730	4777	2736	10342	10277	7321	3123	2296	7969
Total	114909	186930	37965	226697	160410	267716	37931	50530	90765	145672	143672	57163	90163	9727	37432

MANGANEZ

	NFS-N1	NFS-N2	NFS-N3	NF7-N1	NF7-N2	7/8	S-61	T-1	T-11GROTA-AGROTA-3	SSSB-2	FLUME	EREJO	TIP		
Trocavel	106	63	54	21	34	13	2	4	32	4	5	62	76	31	7
Carbonato	79	61	37	32	34	49	1	6	14	33	27	20	111	4	6
Redutivo 1	10714	8973	2990	12301	16032	19775	30	150	673	3990	3740	310	6095	9	17
Redutivo 2	1665	1412	17	176	7521	9273	7	14	40	157	174	25	427	2	5
Oxidavel	47	14	16	13	630	3330	16	4	4	10	6	3	26	0	42
Resíduo	54	1291	495	1191	1214	5964	51	33	144	560	475	95	243	43	80
Total extraído	12182	10520	3114	12543	24764	32640	64	170	763	4194	3940	420	6735	53	77
Total	9486	10426	2815	15765	25007	36189	122	245	907	3657	3657	4135	4959	63	86

TITANIO

	NFS-N1	NFS-N2	NFS-N3	NF7-N1	NF7-N2	7/8	S-61	T-1	T-11GROTA-AGROTA-3	SSSB-2	FLUME	EREJO	TIP	
Trocavel	398	264	30	270	78	0	72	10	1	0	0	20	0	0
Carbonato	603	668	360	330	80	900	0	0	110	140	170	45	40	0
Redutivo 1e2	2100	5318	3490	4860	2150	3700	900	2000	520	360	360	80	40	80
Oxidavel	100	143	20	470	90	0	0	0	90	0	70	11	0	11
Resíduo	10250	13035	5700	13730	8640	15400	1610	2900	2750	1410	1360	416	670	416
Total extraído	3350	6393	3900	5930	2390	4200	1110	2010	721	500	660	144	100	99
Total	13600	19420	5600	19660	11030	20200	2720	5710	3471	1910	1960	560	770	515

Tabela 7

EXTRAÇÃO DE Fe, Mn E Zn DOS GIBRISSES EMITIDOS SEQUESTRADOS EM ANOSTRAS DA TIPO DO PÓRO DO FERRO

FERRO

	NFS-01	NFS-02	NFS-03	NF7-01	NF7-02	7/8	0-01	T-1	T-II	AGROTA-A	AGROTA-B	SSSS-2	FLUME	BREJO	TIP
Trocavel	0.60	0.20	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.01	.11	.02
Carbonato	.02	.01	.01	0.00	0.00	.01	.01	.01	0.00	0.00	0.00	.07	.03	.09	.10
Redutível 1	4.70	2.74	5.07	1.35	1.94	.05	3.05	6.10	2.00	4.49	4.47	0.90	6.64	12.21	12.67
Redutível 2	3.19	2.11	2.48	.99	1.40	.85	3.00	2.01	1.21	2.00	2.53	3.20	3.44	3.87	6.01
Oxidavel	.01	0.00	0.00	0.00	.52	0.00	.01	.01	.01	.02	.02	.02	.01	.43	.04
Resíduo	93.32	91.55	94.65	99.93	92.67	119.50	191.53	91.50	94.69	90.73	87.43	55.11	91.34	89.12	82.37
Total extraído	7.45	4.87	7.98	2.34	3.04	1.32	6.94	8.92	3.61	7.10	7.05	12.20	10.13	23.69	26.85

MANGANES

	NFS-01	NFS-02	NFS-03	NF7-01	NF7-02	7/8	0-01	T-1	T-II	AGROTA-A	AGROTA-B	SSSS-2	FLUME	BREJO	TIP
Trocavel	1.94	.60	1.92	.13	.13	.03	1.95	1.53	3.53	.10	.13	1.50	1.53	49.21	8.43
Carbonato	.70	.50	1.01	.20	.10	.10	.70	2.45	1.54	.06	.70	.40	2.24	6.65	7.23
Redutível 1	111.50	85.00	106.22	71.00	63.00	52.00	37.25	61.00	74.00	100.45	97.17	7.50	122.01	12.70	20.48
Redutível 2	12.13	13.54	.60	1.12	29.12	24.20	6.85	5.71	4.41	4.07	4.51	.60	6.61	3.17	6.62
Oxidavel	.47	.10	.57	.05	0.01	0.74	15.39	1.63	.44	.25	.16	.07	.02	12.70	50.60
Resíduo	.56	12.00	14.00	7.55	4.70	15.00	59.00	10.47	15.00	12.96	12.32	2.00	4.90	62.25	106.00
Total extraído	126.00	100.90	110.62	79.56	95.01	67.49	62.75	72.65	91.12	100.74	102.67	10.16	135.81	84.13	92.77

ZINCO

	NFS-01	NFS-02	NFS-03	NF7-01	NF7-02	7/8	0-01	T-1	T-II	AGROTA-A	AGROTA-B	SSSS-2	FLUME	BREJO	TIP
Trocavel	2.92	1.30	.31	1.37	.65	0.00	2.57	.16	.03	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00	0.00
Carbonato	4.41	3.44	3.75	1.65	.73	4.46	0.00	0.00	3.17	7.33	0.67	0.04	5.19	0.00	0.00
Redutível 1x2	16.02	27.37	26.35	24.72	19.49	17.31	36.03	47.04	14.98	19.85	18.37	15.71	5.19	17.07	0.00
Oxidavel	1.32	.74	.21	2.39	.82	0.00	2.21	0.00	2.59	0.00	3.57	1.95	0.00	2.14	0.00
Resíduo	75.32	67.09	59.38	69.94	70.33	75.24	59.19	50.79	79.23	73.02	69.39	74.29	87.01	80.70	100.00

Tabela 8

QUANTIDADE EM µg DE Fe e Mn EXTRAÍDO EM SEIS EXTRAÇÕES CONSECUTIVAS COM CLORETO DE HIDROXILAMINA

massa das extracões

NF5-N1-3A	1 EXTRAÇÃO		2 EXTRAÇÃO		3 EXTRAÇÃO		4 EXTRAÇÃO		5 EXTRAÇÃO		6 EXTRAÇÃO		TOTAL	
	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN
A	3126	10330	2734	2610	3022	214	2543	60	1923	34	2398	27	11499	12182
B	3027	11163	2915	2489	3162	193	2523	61	2029	16	4677	35		
MEDIA	3144	10776	2825	2514	3092	204	2533	61	1976	25	3538	36		
Z DO TOTAL	2.78	89.45	2.46	29.53	2.66	1.67	2.20	.59	1.72	.21	3.08	.39		
NF5-N2-3A	1 EXTRAÇÃO		2 EXTRAÇÃO		3 EXTRAÇÃO		4 EXTRAÇÃO		5 EXTRAÇÃO		6 EXTRAÇÃO		TOTAL	
	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN
A	2049	3073	2122	220	1074	49	1740	29	1841	23	1693	21	8735	3519
B	2023	1271	2122	240	2000	50	1562	27	1821	29	1462	20		
MEDIA	2034	2172	2122	230	2037	49.5	1725	28	1831	26	1577.5	20.5		
Z DO TOTAL	2.85	70.42	2.43	6.54	2.33	1.41	1.95	.92	1.93	.74	1.81	.58		
NF6-N1-3A	1 EXTRAÇÃO		2 EXTRAÇÃO		3 EXTRAÇÃO		4 EXTRAÇÃO		5 EXTRAÇÃO		6 EXTRAÇÃO		TOTAL	
	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN
A	2110	94	1844	12	1948	3	2009	4	931	3	1093	4	13924	137
B	2220	93	2399	14	1936	4	948	2	1859	3	637	1		
MEDIA	2159	93.5	2121.5	12	1942	3.5	1478.5	3	1900	3	863.5	4		
Z DO TOTAL	12.62	68.25	12.54	9.49	9.70	2.55	8.74	2.19	5.91	2.19	5.10	2.92		
NF7-N2-3A	1 EXTRAÇÃO		2 EXTRAÇÃO		3 EXTRAÇÃO		4 EXTRAÇÃO		5 EXTRAÇÃO		6 EXTRAÇÃO		TOTAL	
	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN	FE	MN
A	2465	20254	2056	9267	2147	2923	2356	313	1745	120	2404	119	168420	25837
B	2357	18230	2325	13110	2115	3054	2821	371	1840	136	2424	117		
MEDIA	2417	19247	2190.5	9658.5	2131	2988.5	2638.5	342	1796.5	128	2414	118		
Z DO TOTAL	1.51	74.49	1.37	37.33	1.33	11.57	1.27	1.32	1.12	.50	1.50	.46		

Tabela 9

TERRAS RARAS LEVES E TORIO EXTRAIDO (ug/g)

Código da amostra: RS-51 (solo superficial)

A) Metodo Australiano

	La	Ce	Sm	Pr	Th
TROC	9	0	3	1	5
TAMM1	93	372	2	21	551
TAMM2	3	224	5	4	322
CBD 1	56	1363	7	39	916
CBD 2	13	704	1	19	289
CBD 3	10	687	1	21	214
TOTAL EX- TRAIDO	185	3350	19	106	2297
RESIDUO	1686	11024	107	363	5363
TOTAL EX- TRAIDO+ RESIDUO	1871	14375	126	470	7680

B) Metodo de Tessier

	La	Ce	Sm	Pr	Th
CARBONATO	13	54	2	2	60
REDUTIVEL1	140	1016	12	37	169
REDUTIVEL2	0	6	2	0	5
REDUTIVEL3	48	305	4	14	72
OXIDAVEL	3	10	0	0	3
TOTAL EX- TRAIDO	204	1391	21	53	309
TOTAL	2160	15582	118	465	8059

Tabela 10

QUANTIDADES DE TORÃO E TERREO NERAO LLEVES EXTRAIJOSAS NAO
FASE REDUTIVEL PELO METODO DE FOSFIER

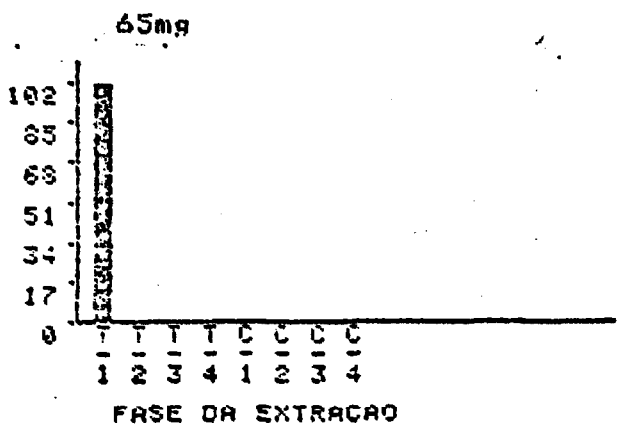
AMOSTRA	PROCOO ANALI- SADA	RENDY MENT Ce-144	RENDY MENTO Tm-234	Ca (ug/g)	Co (ug/g)	Ni (ug/g)	Sm (ug/g)	Pf (ug/g)	Th (ug/g)
NF5-M1-3A1	.0048	87.50	64.84	1912	3210	717	59	279	1500
NF5-M1-3A1	.0048	92.50	65.44	507	3031	221	32	181	534
NF5-M2-3A1	.0049	96.20	89.97	1410	5077	745	72	424	9649
NF5-M2-3A1	.0048	71.10	57.99	845	3520	407	54	277	1399
NF5-M3-3A1	.0052	49.70	36.02	1007	3812	681	56	330	2220
NF5-M2-3A1	.0048	80.10	45.00	2226	4602	1268	150	57	1754
NF7-M1-3A1	.0049	84.50	61.82	1456	3392	645	62	444	2429
NF7-M1-3A1	.0048	89.70	71.32	1440	3464	632	70	456	310
NF7-M2-3A1	.0047	110.00	50.14	1689	4252	704	60	581	2700
NF7-M2-3A1	.0048	84.00	24.89	465	2105	256	31	250	2124
T-I 3A	.0051	80.60	43.69	830	1594	483	52	244	1025
T-I 3A1	.0050	94.70	67.87	901	692	543	65	100	645

Observacao:3A =redulevel 1
3A1=redulevel 2

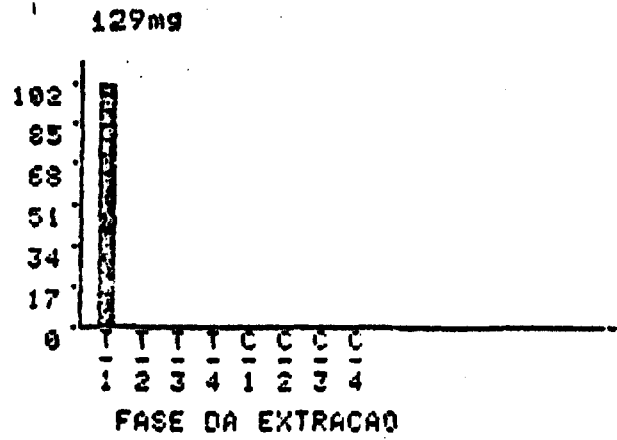
Tabela 11

PERCENTAGEM DE Fe EXTRAIDO PELO REAGENTE DE TAMM E CBD - AMOSTRA: LIMONITA

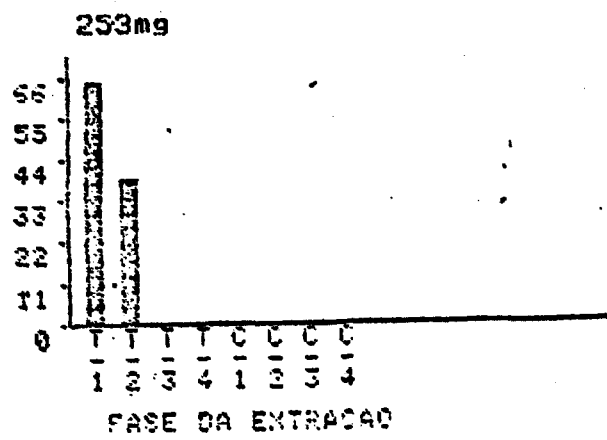
% CO-EXTRAÇÃO



% CO-EXTRAÇÃO



% CO-EXTRAÇÃO



% CO-EXTRAÇÃO

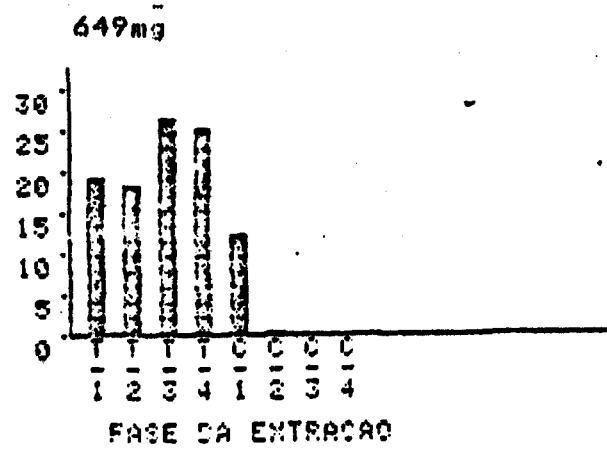
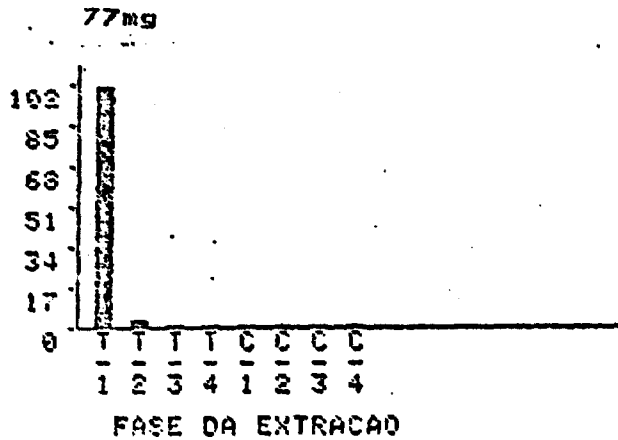


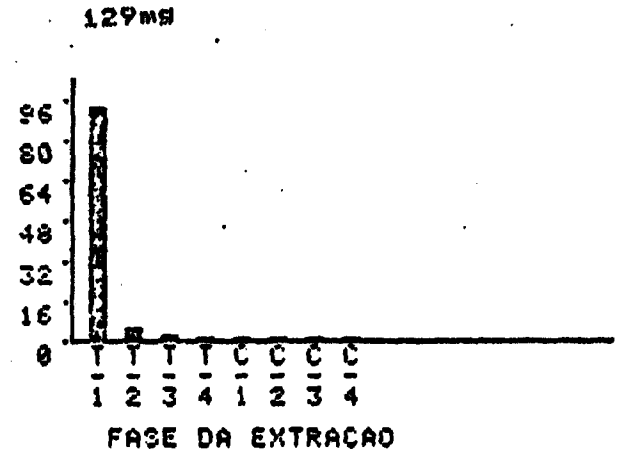
Figura 1

PERCENTAGEM DE Mn EXTRAÍDO PELO REAGENTE DE TAMM E COB . AMOSTRA: PIZOLITO

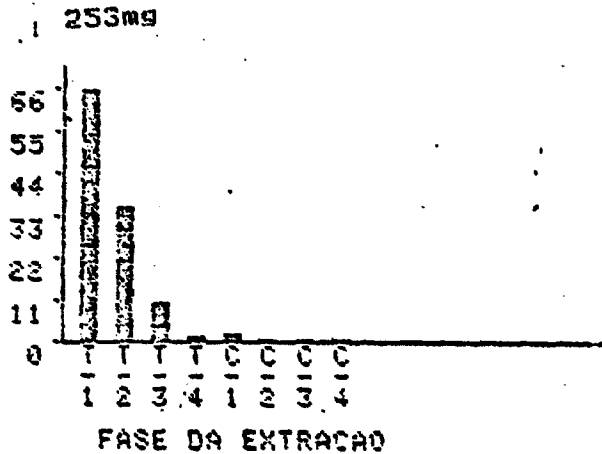
% EM MÉDIA



% EM MÉDIA



% EM MÉDIA



% EM MÉDIA

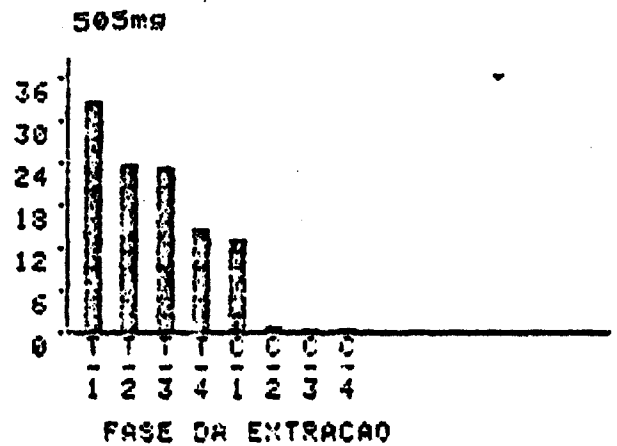


Figura 2

PERCENTAGEM DE Fe EXTRAÍDO PELO REAGENTE DE TAMM E CBD . ANOSTRA:HEMATITA

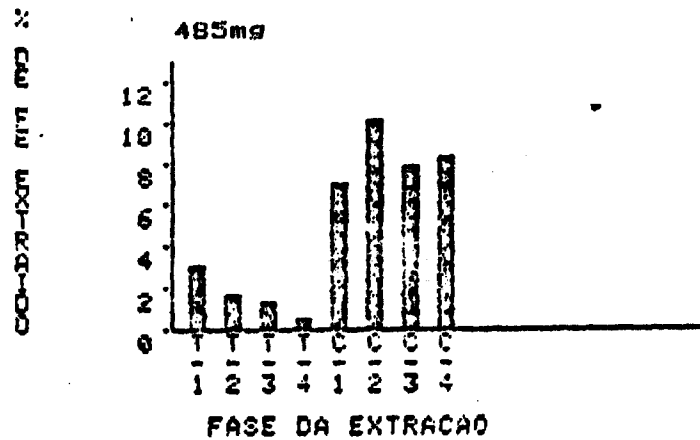
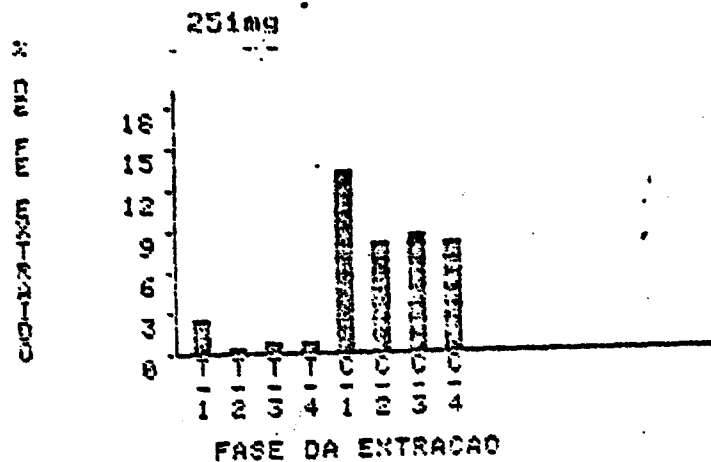
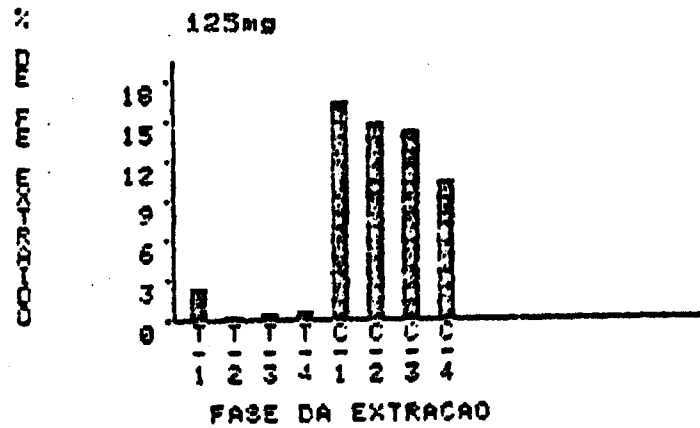
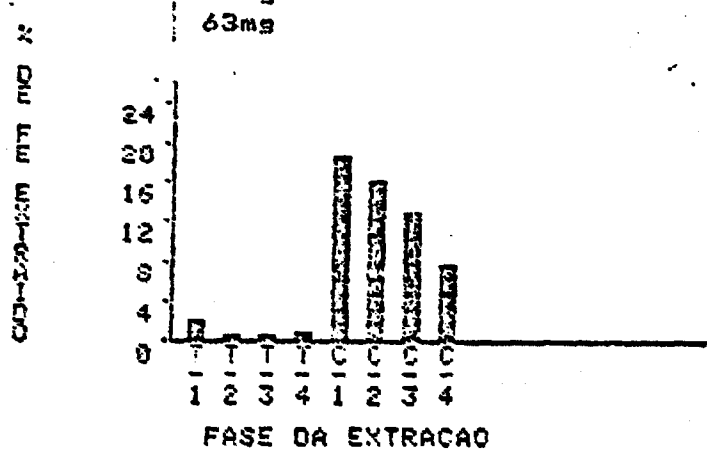
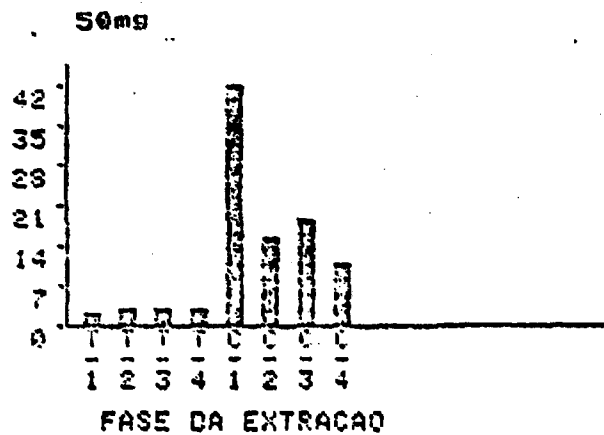


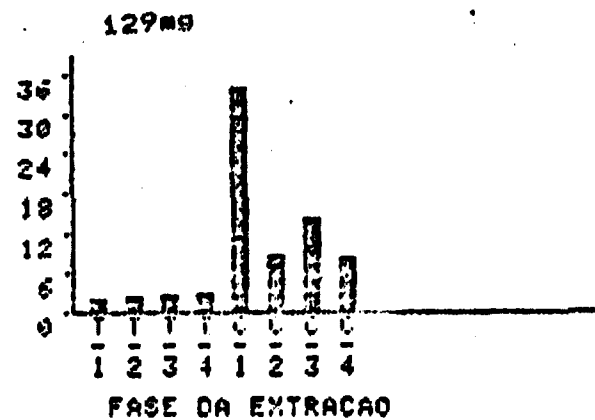
Figura 3

PERCENTAGEM DE Fe EXTRAÍDO PELO REAGENTE DE TAMM E CBD - AMOSTRA: MAGNETTA

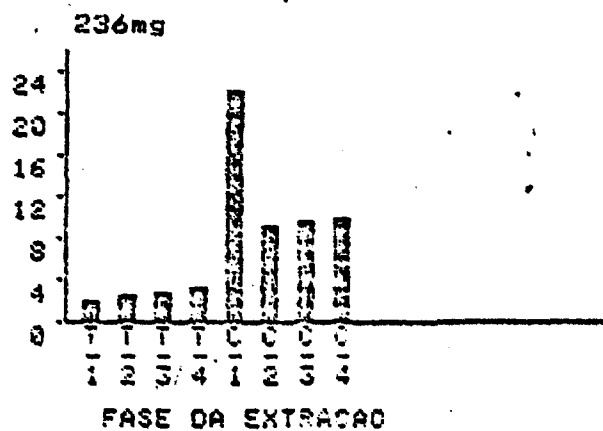
CONCENTRAÇÃO



CONCENTRAÇÃO



CONCENTRAÇÃO



CONCENTRAÇÃO

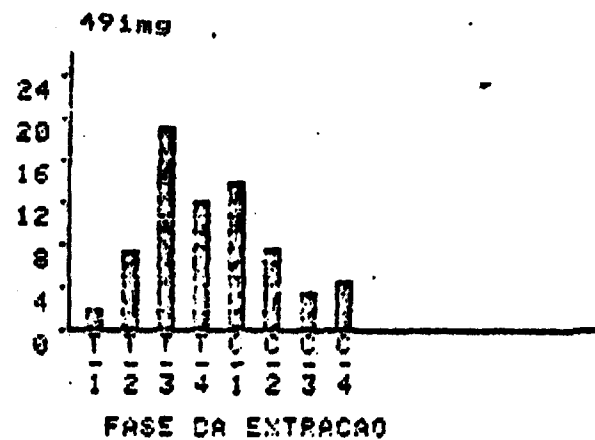
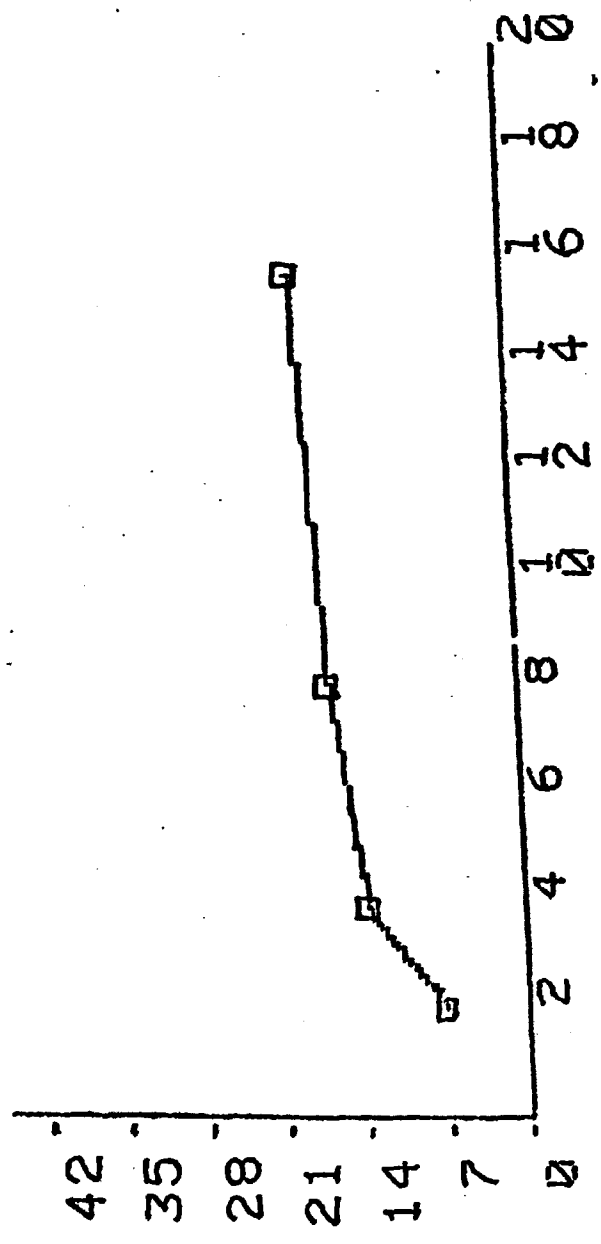


Figura 4

PERCENTAGEM DE Fe EXTRAÍDO EM UMA ÚNICA EXTRAÇÃO COM CID EM FUNÇÃO DO INVERSO DA MASSA DE HEMATITA.



1/MASSA (1E-3 MG-1)

Figura 5