

EFEITOS DA CONCENTRAÇÃO E DA GRANULOMETRIA NA ASSINATURA ESPECTRAL DO MATERIAL INORGÂNICO EM SUSPENSÃO

A.P. Cabral¹, J.E. Mantovani², M.P.F. Costa¹, R.A.F. de Lima³,
E.M.M.L. Novo⁴

Instituto de Pesquisas Espaciais
Secretaria Espacial de Ciência e Tecnologia
C.P. 515 - PG/Rotunda
12201 São José dos Campos, SP
BRASIL

RESUMO

O presente trabalho objetiva o estudo do comportamento espectral do material particulado inorgânico através de radiometria experimental em laboratório, em diferentes concentrações e frações granulométricas (argila+silte, silte, areia fina, areia grossa e sedimento original). Medições radiométricas foram realizadas no intervalo espectral de 400 a 900 nm. Analisou-se as correlações concentração esperada/concentração observada e concentração observada/fator de reflectância bidirecional residual (FRBiR) para cada fração, de modo a identificar quais bandas do TM/Landsat melhor expressam esta correlação. Sedimentos grosseiros apresentaram FRBiR inferiores quando comparados com sedimentos finos. Regressões multiplicativas e lineares foram realizadas para ajustes das curvas concentração observada/FRBiR dos sedimentos finos e grosseiros, respectivamente. Em relação a sensibilidade às variações nas concentrações, as bandas TM-1 e TM-2 se mostraram mais eficientes para o material grosseiro, e as bandas TM-3 e TM-4 para o material fino.

ABSTRACT

This work aims to study the spectral behaviour of suspended inorganic matter using laboratory experimental radiometry, on different concentrations and granulometric fractions (clay+silt, silt, fine sand, coarse sand and original sediment). Radiometric data were acquired on the 400 to 900 nm spectral range. Expected/observed concentrations and observed concentration/residual bidirectional reflectance factor (RBiRF) correlations were analysed for each fraction, trying to identify which TM-Landsat Band better indicates this correlation. Coarse sediments presented lower RBiRF when compared with fine sediments. Multiplicative and linear regressions were performed to adjust observed concentration/RBiRF curves. In terms of concentration variation sensibility, the TM1 and TM2 Bands were the most efficient to coarse matter, and TM3 and TM4 Bands to the fine ones.

- 1 - Bolsista CNPq
- 2 - Bolsista Capes
- 3 - Diretoria de Hidrografia e Navegação
- 4 - Pesquisadora Senior INPE

1. INTRODUÇÃO

São vários os componentes que alteram a reflectância espectral dos sistemas aquáticos, tais como o fitoplâncton, as macrófitas aquáticas, as substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas e o material particulado não vivo em suspensão. Todos estes estão presentes simultaneamente nos sistemas aquáticos naturais, resultando numa complexa interação que, aliada a interferência atmosférica, dificultam a análise e a interpretação dos dados obtidos via sensoriamento remoto.

O sedimento em suspensão (SS) desempenha importante papel pois, dentre outras influências, atenua a radiação incidente (comprometendo a produção fitoplanctônica), atua como veículo transportador de substâncias adsorvidas e dificulta a ação dos organismos filtradores (Margalef, 1980; Priuer e Sathyendranath, 1981; Kirk, 1986).

Devido à nova série de satélites ambientais a serem lançados nos próximos anos, se fazem necessários estudos radiométricos básicos visando, no que se refere ao estudo do material em suspensão dos ambientes aquáticos, a determinação de faixas espectrais visando facilitar a interpretação de dados radiométricos e orbitais. Em relação ao estudo da influência do material em suspensão no comportamento espectral do meio aquático, um ponto fundamental a ser investigado é a sua contribuição na alteração das propriedades ópticas inerentes do corpo d'água (Kirk, 1986). Sendo assim, a execução de experimentos que investiguem as relações reflectância/concentração e reflectância/granulometria, é fundamental.

Alguns estudos têm demonstrado a grande importância da granulometria das partículas em suspensão na determinação da reflectância do volume d'água (Holyer, 1978; Sturm, 1980; Rimmer et al. 1987). Novo et al. (1989) observaram maior reflectância para suspensões de argila branca (tamanho variando de 1 a 20 μm) do que para suspensões de silte vermelho (tamanho variando de 7 a 37 μm), demonstrando a importância da granulometria e da mineralogia, e a relação inversa entre o tamanho das partículas e a reflectância da suspensão, também observada por outros autores (Whitlock et al., 1977; Sydor, 1980; Kirk, 1986).

A concentração do SS relaciona-se direta e positivamente com a reflectância, mas a resposta espectral depende da resolução e da disposição das bandas do instrumento utilizado e da composição mineralógica das partículas (Whitlock, 1976; Whitte, 1981). Esta relação pode ser linear (Whitlock et al. 1977), exponencial (Bukata et al., 1988), ou ainda logarítmica, quando

se considera a radiância em lugar de reflectância (Aranuyachapun e Walling, 1988). O uso da radiância residual obtida pela eliminação da radiância de fundo ("background radiance") em determinadas faixas do espectro onde a responsividade é maior, melhora sensivelmente as estimativas das concentrações nas suspensões de sedimentos (Sydor, 1980).

Neste trabalho foram empregadas várias concentrações de diferentes frações granulométricas de sedimento. O intervalo das concentrações utilizadas foi escolhido em função de valores encontrados na literatura (Ritchie et al., 1976; Holyer, 1978; Sydor, 1980; Collins e Pattiaratchi, 1984; Novo et al., 1989; Moller, 1989). Gibs (1967), encontrou concentrações de sedimento suspenso no Rio Madeira variando de 30 mg/l na estação seca até 180 mg/l na estação chuvosa. Tanto nas águas naturais como em laboratório, o fato das partículas estarem em suspensão é um fator dependente da energia cinética da água em movimento, ou seja, do grau de agitação da água, e segundo Bloesch e Burns (1980), grãos de areia sedimentam a uma velocidade entre 1,09 e 6,30 cm s⁻¹, o que foi considerado no planejamento deste experimento, juntamente com o tempo necessário para que a superfície da água tivesse uma rugosidade próximo a zero.

Os principais objetivos foram:

- 1) Identificar qual fração granulométrica apresenta maiores valores de fator de reflectância bidirecional residual por comprimento de onda, para as várias concentrações (maiores valores encontrados);
- 2) Determinação da correlação entre "concentração esperada e concentração observada" (avaliação da precipitação do material); e
- 3) Identificação de qual banda do sensor TM melhor expressa a correlação entre "fator de reflectância bidirecional residual e concentração observada";

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia consiste em três etapas: a) coleta e preparo da amostra de sedimento, b) medições radiométricas e c) tratamento dos dados.

a) Coleta e Preparo:

A amostra de sedimento foi coletada em uma represa sob uma lâmina d'água de 0,4 m, constituída em sua quase totalidade de partículas inorgânicas. Foi secada em estufa a 100 °C até peso constante. Uma alíquota foi separada e o restante passou por um fracionamento granulométrico, por meio de peneiramento, no Laboratório de Mecânica de

Solos do Centro Técnico Aeroespacial, resultando nas seguintes frações:

FRACÃO GRANUL.	DIÂMETRO PARTÍCULA (mm)	% EM PESO SED.ORIG.
Argila+Silte	<0,03	1,67%
Silte	>0,03 e <0,053	1,86%
Areia Fina	>0,053 e <0,42	62,49%
Areia Grossa	>0,42	33,69%

b) Medições Radiométricas:

As medidas foram feitas em laboratório, utilizando-se um tanque de dimensões 130 (comprimento)x110 (largura)x67 cm (profundidade) e volume de trabalho de 825 l, revestido internamente com uma camada de areia grossa e tinta preta fosca, apresentando reflectância nas paredes internas muito próxima de zero, dentro do intervalo espectral utilizado no experimento (400 a 900 nm). Foi utilizado o espectroradiômetro SPECTRON SE-590, com FOV de 60, a uma distância de 55 cm da superfície d'água. A fonte de iluminação foi uma lâmpada halógena de feixe cônico de 1000 W de potência. A montagem dos equipamentos é ilustrada na Figura 1.

Antes e após cada série de medições, foi realizada uma medida de referência de uma placa padrão de sulfato de bário (BaSO₄), para efeito de calibração e determinação dos fatores de reflectância. Uma medida do espectro da água pura também foi tomada para possibilitar a posterior determinação do fator de reflectância bidirecional residual das amostras. Para cada uma das frações e mais o sedimento original, foi feita uma sequência de medições com aumento gradual da concentração. Para tanto, foram adicionadas 10 porções de 5 g e 10 porções de 20 g. Após cada adição foi feita uma agitação da água por 30 s e esperado um tempo de 50 s para então ser feita a medida radiométrica, a qual representou a média de quatro leituras, com a finalidade de reduzir os efeitos da agitação superficial. No tratamento dos dados trabalhou-se com as concentrações esperada e observada. A concentração esperada foi obtida dividindo-se a quantidade de sedimento já adicionada ao tanque pelo volume de trabalho. Para as concentrações esperadas (em mg/l) de 6,1; 18,2; 30,3; 42,4; 54,5; 84,8; 133,3; 181,1; 230,3; e 278,8 foram coletadas amostras de um litro de água, a uma profundidade intermediária do tanque, logo após a medição radiométrica.

As amostras foram resfriadas até serem filtradas em filtro Milipore Ap 20 (diâmetro nominal de poro de 0,45 μ m). Após a filtragem, os filtros foram secos em estufa a 100 oC por aproximadamente uma hora e então pesados para se obter a real concentração do sedimento em suspensão.

c) Tratamento dos Dados:

Inicialmente calculou-se o fator de reflectância bidirecional (FRBi) para todas as medidas, dividindo cada leitura pelo fator de reflectância bidirecional da placa padrão de sulfato de bário. Para se encontrar o FRBi residual das suspensões de diferentes concentrações, subtraiu-se de cada leitura o FRBi da água pura. Como constatou-se a presença de ruído do sistema nas leituras realizadas, foram aplicados: 1) filtro mediana de 3 pontos nos FRBi residual das suspensões de argila, silte e sedimento original; 2) filtro mediana de 5 pontos nos FRBi residual das suspensões de areia grossa.

Os dados foram submetidos aos seguintes tratamentos estatísticos:

- 1- regressão linear entre concentração esperada (variável independente) e concentração observada (variável dependente);
- 2- regressões lineares e multiplicativas entre FRBi residual (variável dependente) e concentração observada (variável independente); e
- 3- regressões lineares e multiplicativas entre FRBi residual e concentração observada por banda do Landsat TM.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os valores de concentração esperados e os observados, para as frações e o sedimento original em suspensão.

Apesar da adição de quantidades iguais de amostra e dos mesmos tempos de agitação da água e espera, foram obtidas diferentes concentrações para as diversas frações granulométricas. As frações argila+silte e silte apresentaram valores de concentração próximos aos esperados, enquanto as frações areia fina, areia grossa e sedimento original apresentaram concentrações sempre inferiores a 10% dos valores esperados.

Estas diferenças entre valores esperados e observados estão de acordo com a fórmula de Stokes, onde para um mesmo meio, as partículas mais grosseiras apresentam velocidade de deposição maior que as partículas finas. Este comportamento dificulta a obtenção de concentrações iguais, para efeito de comparação de FRBi, de suspensões com partículas de granulometrias diferentes. Deve ser salientado que, embora as frações mais grosseiras tenham apresentado menores concentrações observadas, as partículas depositadas no fundo do tanque podem ter influenciado na quantidade de radiação emergente.

Não foi feita uma análise granulométrica do material obtido nas filtragens, mas é muito provável que a parte do sedimento original que se mantém em suspensão tenha sido de partículas finas.

Para efeito de comparação dos valores de FRBi das suspensões de frações granulométricas, foram escolhidas concentrações aproximadamente semelhantes nas diversas suspensões. Deste modo, foram comparados os picos das curvas de FRBi para as suspensões de areia grossa, areia fina, argila+silte e sedimento original, nas concentrações (em mg/l) 3,94; 3,11; 3,96 e 4,05 respectivamente. Observou-se que os valores máximos de FRBi para as quatro curvas não apresentam grandes diferenças, porém a curva da suspensão argila+silte apresentou um comportamento mais uniforme ao longo do intervalo espectral estudado. Notou-se uma certa semelhança entre as curvas das suspensões de areia fina e sedimento original, que pode ser explicada por ser a fração areia fina a de maior porcentagem em peso (62,49 %) no sedimento original, Figura 2 (a, b, c, d, e).

Uma outra comparação foi feita utilizando-se as curvas de FRBi das suspensões sedimento original, areia fina, silte e argila+silte, nas concentrações (em mg/l) de 20,53; 20,25; 20,50 e 21,25, respectivamente. Observou-se uma certa semelhança entre os valores máximos de FRBi para as suspensões de areia fina, sedimento original e silte, enquanto que a suspensão argila+silte apresentou valores mais altos. Resultados semelhantes foram observados por Rimmer et al. (1987) e Novo et al. (1989), quando foram comparadas suspensões de sedimentos de granulometrias diferentes. Este comportamento pode ser explicado pela maior probabilidade de interação dos fótons nas suspensões de partículas mais finas do que em suspensões de partículas grosseiras, para concentrações iguais (Van der Hulst, 1981; Sturm, 1980).

Como última comparação, foram utilizadas as curvas das suspensões das frações silte e argila+silte, nas concentrações (em mg/l) 199,93 e 199,28, respectivamente, observando-se um comportamento semelhante das curvas, porém os valores máximos para a suspensão argila+silte se mostraram superiores ao da suspensão de silte.

Pode-se perceber na Tabela 2, onde se encontram os valores dos coeficientes de correlação das curvas obtidas nas regressões entre FRBi residual (por banda) contra concentração observada, a existência de diferenças nas sensibilidades das bandas em detectar variações nas concentrações das suspensões. Comparando-se os valores dos coeficientes de correlação, notou-se que as curvas que melhor explicam o comportamento do FRBi residual em função da concentração,

são obtidas através de regressões multiplicativas ($Y=AX^B$) para as frações argila+silte e silte, e através de regressões lineares ($Y=AX+B$) para as frações areia fina, areia grossa e sedimento original, Figura 3 (a, b, c, d, e).

A partir das regressões feitas, identificou-se qual a banda do sensor TM mais sensível às variações de concentração. As bandas 1, 2, 3 e 4 do sensor TM/Landsat foram representadas pelos picos de maior responsividade espectral relativa de cada uma delas (NASA, 1984).

Observando-se a declividade das curvas melhor ajustadas (Tabela 3) pode-se indicar as bandas mais sensíveis às variações nas concentrações das suspensões, como segue:

areia fina - banda 2
areia grossa - banda 1
sedimento original - banda 2.

Em relação às frações de menor granulometria, obteve-se o seguinte resultado:

silte - banda 4
argila+silte - banda 4.

Como as melhores curvas ajustadas às suspensões de partículas finas - argila+silte e silte - foram obtidas por regressões não lineares, observou-se a tendência de um patamar para as maiores concentrações nas bandas 1, 2 e 3. Para variações nas concentrações até aproximadamente 60 mg/l foi observada uma maior sensibilidade na banda 3. Estes resultados estão parcialmente em concordância com os resultados obtidos por outros autores (Holyer, 1978; Curran et al., 1987; Rimmer et al., 1987; Munday e Alfold, 1989).

4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Inicialmente, deve-se salientar a importância da determinação da concentração real do sedimento em suspensão para experimentos radiométricos de laboratório, devido às diferentes velocidades de deposição das frações granulométricas.

As suspensões de granulometria mais grosseira apresentaram, de um modo geral, valores de FRBi residual inferiores e também curvas mais irregulares, quando comparados com suspensões de sedimentos de granulometria mais fina. Os melhores ajustes das curvas de FRBi residual e concentração foram obtidos através de regressões multiplicativas para sedimentos finos (argila+silte e silte) e de regressões lineares para sedimentos grosseiros (areia fina, areia grossa e sedimento original).

As bandas TM-1 e TM-2 foram as mais sensíveis às variações na concentração de

material grosseiro, e as bandas TM-3 e TM-4 para material fino.

Deve-se planejar uma agitação adequada para que seja mantida a máxima concentração de material grosseiro e fino em suspensão, mesmo considerando que em ambientes naturais o primeiro se precipita rapidamente.

Análises granulométricas e mineralógicas do material em suspensão devem ser feitas para uma melhor explicação dos comportamentos espectrais de frações granulométricas distintas. Deve-se determinar as faixas do espectro mais sensíveis à variação na concentração de sedimento em suspensão.

Agradecimentos - Agradecemos ao Laboratório de Radiometria do Instituto de Pesquisas Espaciais (LARAD-INPE), ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade Federal de São Carlos, ao Centro Técnico Aeroespacial e ao Sr. Douglas F.M. Gherardi. Este trabalho teve o apoio financeiro do CNPq (Processo n. 401958/89-2) e da FAPESP (Processo n. 88/40/6-5).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANUVACHAPUN, S.; WALLING, D.E. Landsat-MSS radiance as a measure of suspended sediment in the lower Yellow River (Huang Ho). Remote Sensing of Environment, 25(2):145-165, 1988.

BLOESCH, J.; BURNS, N.M. A critical of sedimentation trap techniques. Schweiz.Z.Hydrol., 42(1): 15-55, 1980.

BUKATA, R. P.; JEROME, J. H.; BRUTON, J. E. Particulate concentrations in Lake St. Clair as recorded by shipborne multispectral optical monitoring system. Remote Sensing of Environment, 25(2): 201-229, 1988.

COLLINS, M.; PATTIARATCHI, C. Identification of suspended sediment in coastal waters using Airborne Thematic Mapper data. International Journal of Remote Sensing, 5(4): 635- 657, 1984.

CURRAN, P.J.; NOVO, E.M.M. The relationship between suspended sediment concentration and remotely sensed spectral radiance : a review. Journal of Coastal Research, 4(3): 351-368. VI. July, 1988.

GIBBS, R.J. The geochemistry of the Amazon River system. Part I: the factor that control the salinity and the composition and the concentration of the suspended solids. Geological Society of America Bulletin, 78: 1203-1232, 1967.

HOLYER, R.J. Toward universal multispectral suspended sediment algorithms. Remote Sensing of Environment, 7: 323-338, 1978.

KIRK, J. T. O. Light and photosynthesis in aquatic environment, Cambridge Univ. Press, Cambridge, USA, 397 p., 1983.

MARGALEF, R. Ecología, Omega, Barcelona, 880 p., 1982.

MOLLER, O.O. Relatório do Projeto Lagoa dos Patos, no prelo.

NASA Chesapeake Bay plume study - Superflux 1980. NASA Conference Publication 2188, Ed. CAMPBELL, J. W.; THOMAS, J.P., 522 p., 1981.

NOVO, E. M. M.; HANSON, J. D.; CURRAN, P. J. The effect of sediment type on the relationship between reflectance and suspended sediment concentration. International Journal of Remote Sensing, 10(7): 1283-1289, 1989.

PRIEUR, L.; SATHYENDRANATH, S. An optical classification of coastal and oceanic waters based on the specific spectral absorption curves of phytoplankton pigments, dissolved organic matter, and other particulate materials. Limnology and Oceanography, 26(4): 671-689, 1981.

RIMMER, J.C.; COLINS, M.B.; PATTIARATCHI, C. B. Mapping of water quality in coastal waters using Airborne Thematic Mapper data, International Journal of Remote Sensing, 8(1): 85-102, 1987.

RITCHIE, J.C.; COOPER, C.M. Comparison of measured suspended sediment concentrations estimated from Landsat MSS data. International Journal of Remote Sensing, 9(3): 379-387, 1988.

RITCHIE, J.C.; SCHIEBE, F.R.; McHENRY, J.R. Remote Sensing of suspended sediments in surface waters. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 42: 1339-1345, 1976.

SYDOR, M. Remote Sensing of particulate concentrations in water. Applied Optics, 19(16): 2794-2800, 1980.

WHITE, W.G.; WHITLOCK, C.H.; USRY, J.W.; MORRIS, W.E.; GURGANUS, E.A. Laboratory measurements of physical, chemical, and optical characteristics of Lake Chicot sediment waters. NASA TP 1941, 1981.

WHITLOCK, C.H. An estimate of the influence of sediment concentration and type on the remote sensing penetration depth for various coastal waters. NASA-TMX - 73906, 1976.

WHITLOCK, C.H.; KUO, C.Y.; LeCROY, S.R. Criteria for the use of regression analysis for Remote Sensing of sediment and pollutants. Remote Sensing of Environment, 12: 151-168, 1982.

WHITLOCK, C. H.; USRY, J. W.; WITTE, W. G.; GURGANUS, E.A. Laboratory measurements of upwelling radiance and reflectance spectra of Calvert, Ball, Jordan, and Feldspar soil sediments. NASA Technical Paper 1039, dec., 52 p., 1977.

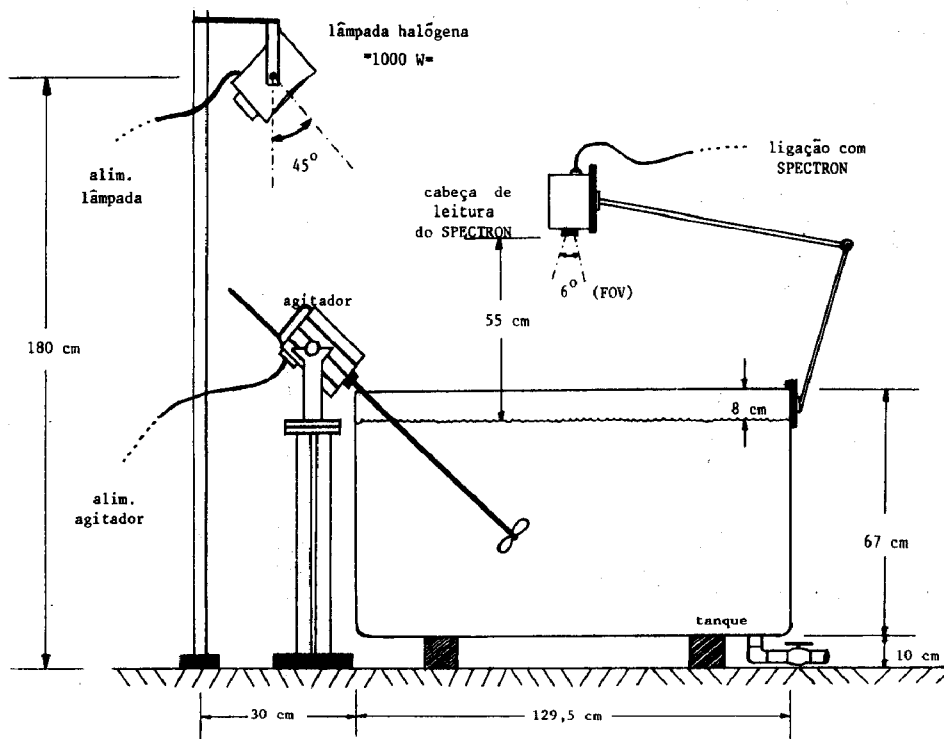


Figura 1 - Esquema de montagem do experimento.

TABELA 1
CONCENTRAÇÕES ESPERADAS E CONCENTRAÇÕES OBSERVADAS

	ARGILA + SILTE	SILTE	AREIA FINA	AREIA GROSSA	SEDIMENTO ORIGINAL
CONCENT. ESPERADAS	CONCENTRAÇÕES OBSERVADAS	CONCENTRAÇÕES OBSERVADAS	CONCENTRAÇÕES OBSERVADAS	CONCENTRAÇÕES OBSERVADAS	CONCENTRAÇÕES OBSERVADAS
6,10	3,96	2,42	0,00	0,00	0,06*
12,12	5,46*	8,67*	0,39*	0,19*	0,55*
18,20	11,55	13,86	2,11	0,27*	1,06
24,24	15,15*	17,53*	1,63*	0,35*	1,55*
30,30	21,25	20,50	2,25*	0,43	2,23
36,36	24,84*	26,38*	2,87*	0,51*	2,55*
42,40	29,80	31,57	2,32	0,60	2,36
48,48	34,53*	35,24*	4,11*	0,66*	3,55*
54,50	39,40	37,72	4,92	0,78	4,05*
60,60	44,22*	44,09*	5,35*	0,82*	4,55*
84,80	64,37	60,22	6,76	1,22	5,80
109,09	82,99*	79,52*	10,32*	1,44*	8,55*
133,30	97,85	99,55	12,80	1,60	10,46
157,57	121,75*	114,94*	15,29*	2,07*	12,54*
181,80	136,47	144,32	15,87	2,95	12,92
206,06	160,52*	150,37*	20,25*	2,69*	16,54*
230,30	166,92	162,90	28,46	2,93	19,12
254,54	199,28*	185,79*	25,22*	3,31*	20,53*
278,80	234,02	199,93	27,70*	3,37	23,40
303,03	238,05*	221,21*	30,18*	3,94*	24,53*

* Valores obtidos através de regressão linear.

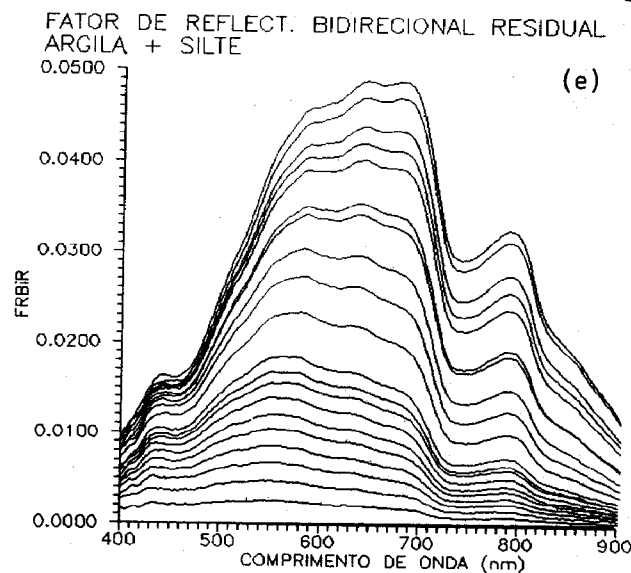
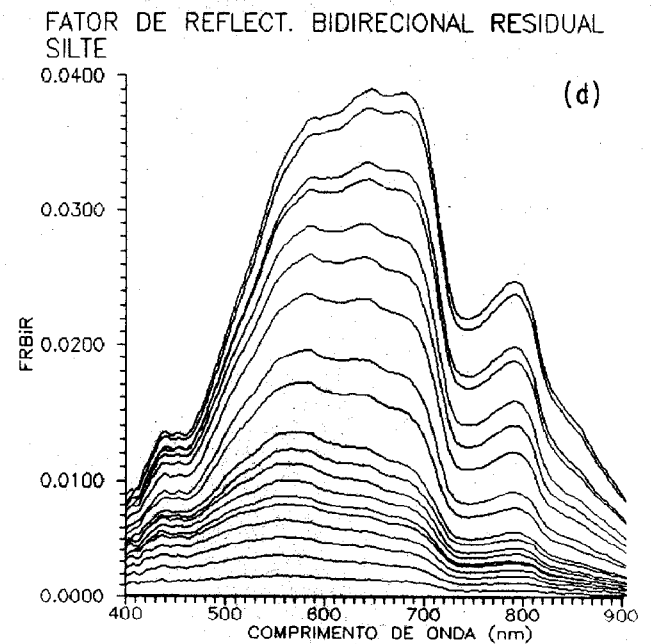
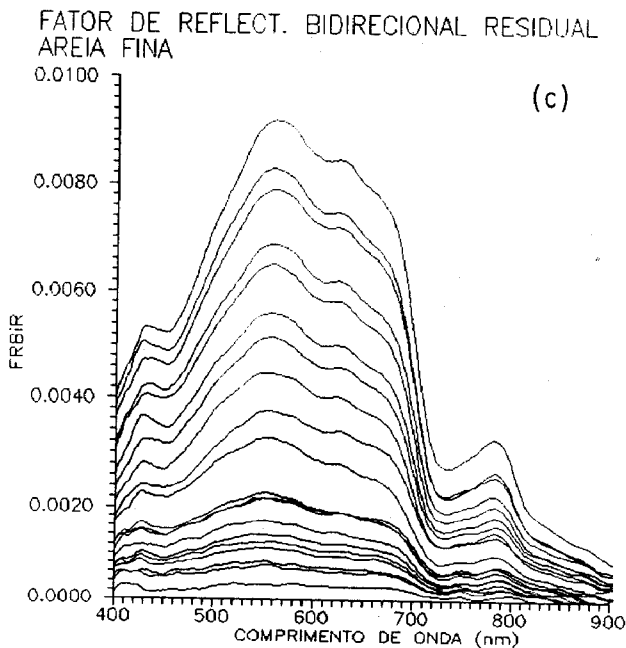
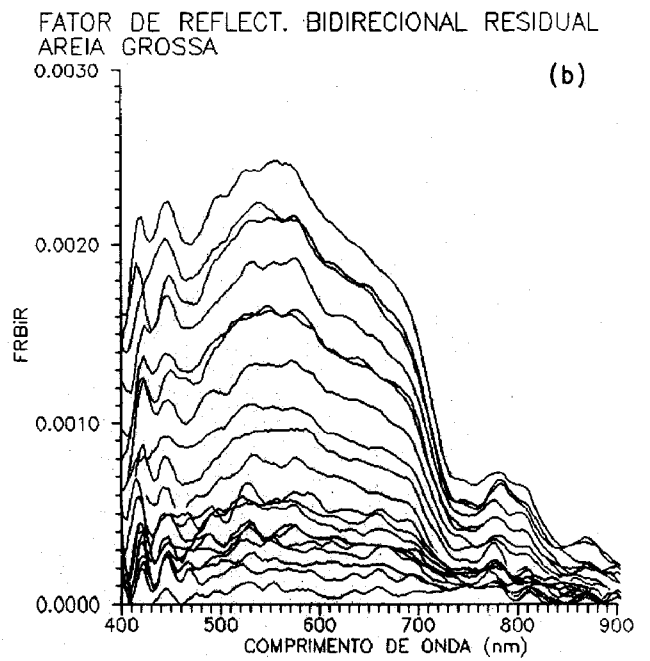
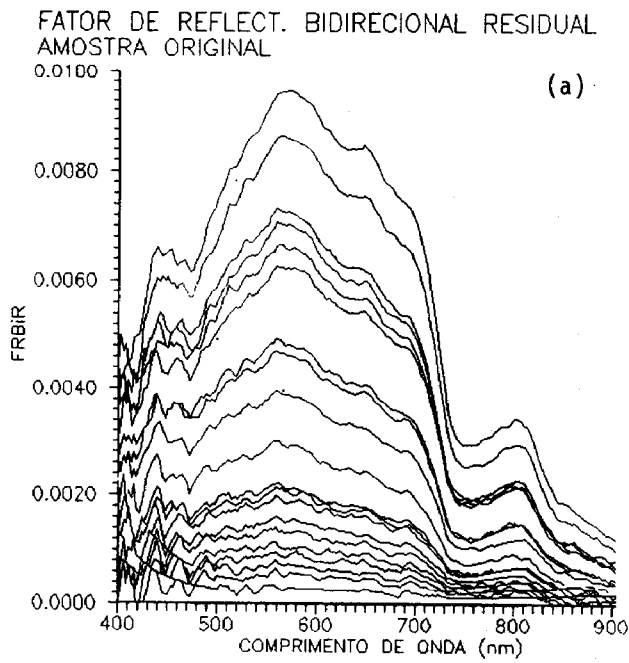
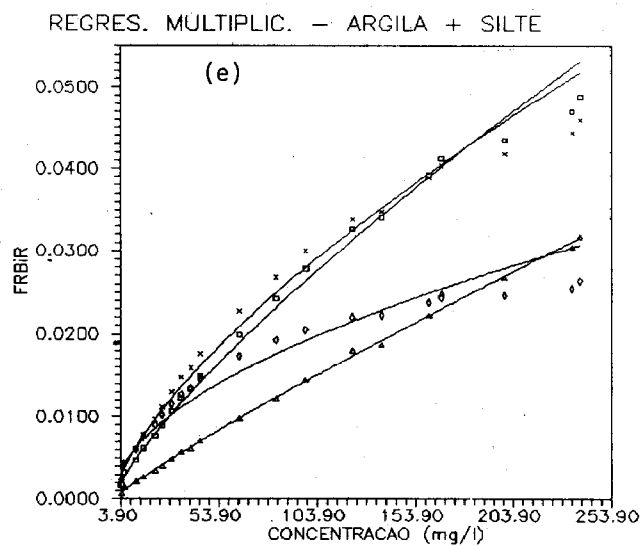
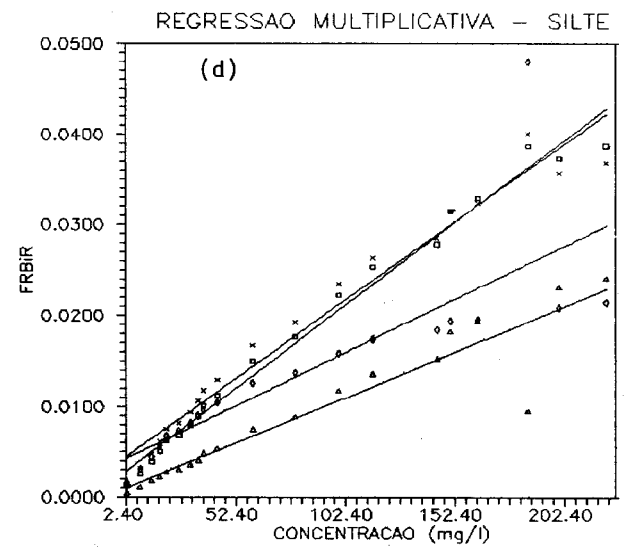
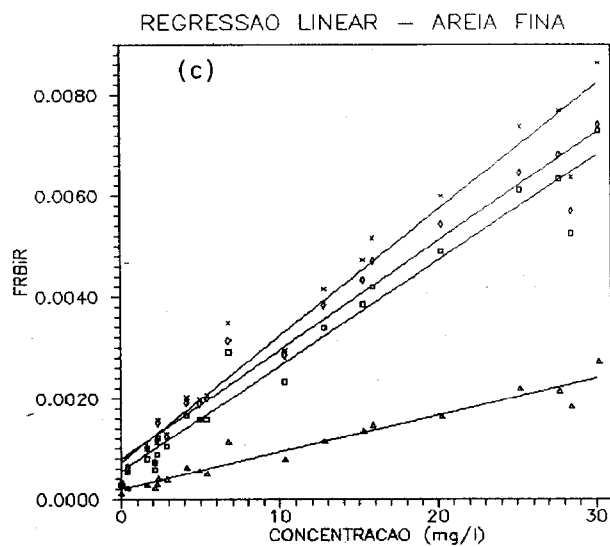
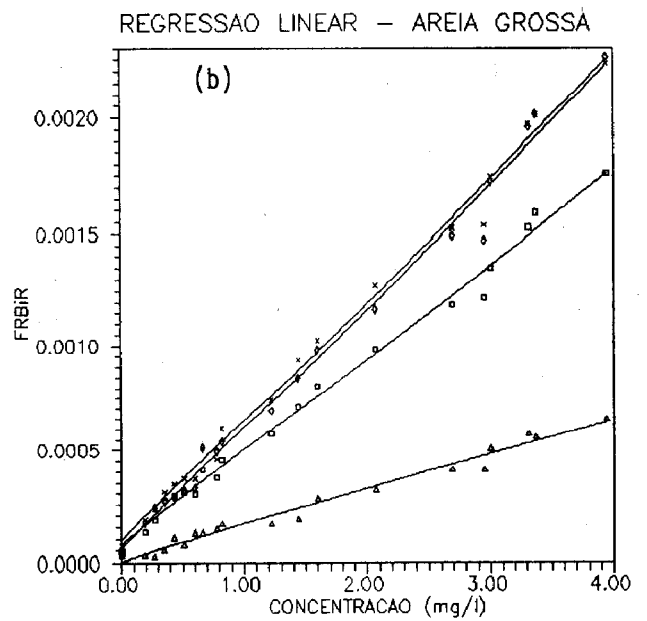
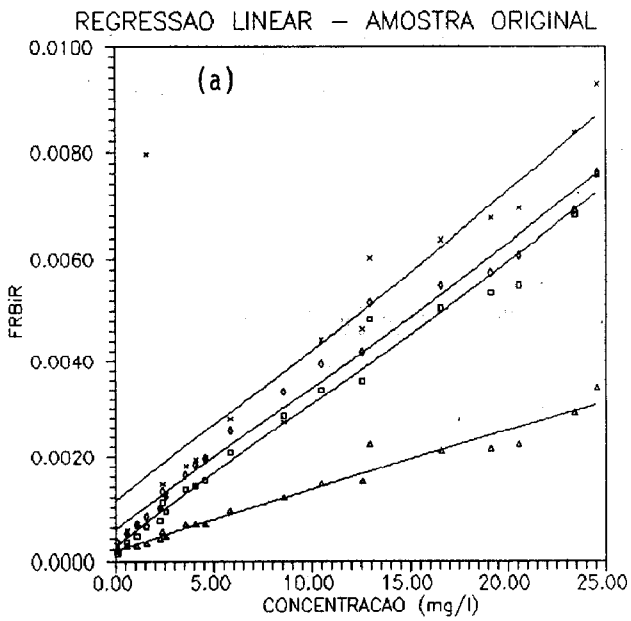


Figura 2 - Curvas de FRBiR na faixa de 400 a 900 nm para as frações: (a) amostra original; (b) areia grossa; (c) areia fina; (d) silte; (e) argila + silte.



Legenda :

- ◊◊◊◊ TM 1
- ××××× TM 2
- ◻◻◻◻ TM 3
- △△△△△ TM 4

Figura 3 - Regressões entre concentração observada e FRBiR nas Bandas do TM para as diferentes frações: (a) amostra original; (b) areia grossa; (c) areia fina; (d) silte e (e) argila + silte.

TABELA 2
COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO
FATOR DE REFLECTÂNCIA BIDIRECIONAL RESIDUAL X CONCENTRAÇÃO OBSERVADA

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA GROSSA	SED. ORIGINAL	
LINEAR MULTIP.	LINEAR MULTIP.	LINEAR MULTIP.	LINEAR MULTIP.	LINEAR MULTIP.	
0,9258 0,9788	0,8179 0,9712	0,9812 0,9716	0,9951 0,9930	0,9910 0,9643	BANDA 1
0,9714 0,9931	0,9838 0,9968	0,9812 0,9670	0,9962 0,9949	0,9908 0,9675	BANDA 2
0,9867 0,9963	0,9930 0,9971	0,9800 0,9636	0,9965 0,9942	0,9918 0,9783	BANDA 3
0,9978 0,9978	0,9435 0,9848	0,9710 0,9520	0,9890 0,9787	0,9811 0,9545	BANDA 4

TABELA 3
DECLIVIDADE DAS CURVAS DE REGRESSÃO

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA GROSSA	SED. ORIGINAL	
MULTIPL.	MULTIPL.	LINEAR	LINEAR	LINEAR	
0,5257	0,6265	$2,1259 \times 10^{-4}$	$3,5051 \times 10^{-4}$	$2,8656 \times 10^{-4}$	BANDA 1
0,6927	0,7404	$2,4712 \times 10^{-4}$	$3,4574 \times 10^{-4}$	$3,4895 \times 10^{-4}$	BANDA 2
0,7865	0,8119	$2,0661 \times 10^{-4}$	$4,2523 \times 10^{-4}$	$2,8473 \times 10^{-4}$	BANDA 3
0,8911	0,8706	$0,7291 \times 10^{-4}$	$1,6078 \times 10^{-4}$	$1,1921 \times 10^{-4}$	BANDA 4