

**EMBRAPA CLIMA TEMPERADO**

**DOCUMENTOS Nº 172**

versão

**ON LINE**

**CARACTERIZAÇÃO ESPECTRORRADIOMÉTRICA DE MINERAIS  
E ROCHAS SEDIMENTARES**

**Autores**

**José M. Filippini Alba  
Arnaldo Alcover Neto  
Henrique Pessoa Dos Santos  
Wilian Costa Sandrini**

**Pelotas, Novembro de 2006.**

### **Apresentação**

A espectrorradiometria permite quantificar a interação dos objetos terrestres com a energia eletromagnética, sendo medida a luz refletida, transmitida ou absorvida. Água, minerais, solos e vegetação possuem registros espectrais característicos derivados da interação da sua estrutura atômico-molecular intrínseca com a energia eletromagnética, cuja forma depende do intervalo de comprimento de ondas considerado (ultravioleta, visível, infravermelho e outras).

Assim, duas das principais potencialidades da técnica são a caracterização de materiais e o suporte na interpretação de imagens de sensoriamento remoto. No primeiro caso destaca-se a possibilidade de substituir técnicas sofisticadas como a difração de raios X para estudar a composição mineral do solo, e na segunda situação, a identificação de *pixels* de resposta conhecida.

Neste documento se apresentam os resultados preliminares de um estudo realizado na Embrapa Clima Temperado, direcionado à caracterização do comportamento espectral de minerais isolados (carbonato, quartzo, goethita e caolinita) e de rochas sedimentares (folhelho e carvão) como subsídio aos projetos “Xisto Agrícola” e “Carvão Agrícola”, assim como também do macroprograma 2 – “Avanços tecnológicos para o aumento da rentabilidade da exploração agrossilvipastoril no ecossistema de várzeas de clima temperado”.

O espectrorradiômetro utilizado foi cedido pela Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves – RS) e os minerais foram fornecidos pelo Centro de Tecnologia Mineral do Conselho Nacional de Pesquisa (Rio de Janeiro – RJ). As amostras de rochas sedimentares foram coletadas nos locais de origem, São Mateus do Sul – PR e Candiota – RS, pelos pesquisadores associados aos respectivos projetos.

João Carlos Costa Gomes  
Chefe Geral  
Embrapa Clima Temperado

## **Sumário**

Introdução.....	p. 5
Material e métodos.....	p. 5
Resultados e discussão.....	p. 8
Considerações finais.....	p. 12
Referências bibliográficas .....	p. 12

## **Autores**

José M. Filippini Alba, Dr., Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, BR 392, Km 78, Pelotas – RS, CP 403, CEP 96001-970, [FILI@CPACT.EMBRAPA.BR](mailto:FILI@CPACT.EMBRAPA.BR).

Arnaldo Alcover Neto, Dr., Pesquisador, Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Av. Ipê, 900, Ilha da Cidade Universitária, 21941-590 Rio de Janeiro - RJ.

Henrique Pessoa Dos Santos, Dr., Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento, 515, Bento Gonçalves–RS, CEP 95700-000, [henrique@cnpuv.embrapa.br](mailto:henrique@cnpuv.embrapa.br).

Wiliam Costa Sandrini, Bolsista, Embrapa Clima Temperado, BR 392, Km 78, Pelotas – RS, CP 403, CEP 96001-970, [SANDRINI@CPACT.EMBRAPA.BR](mailto:SANDRINI@CPACT.EMBRAPA.BR).

## **Introdução**

O sensoriamento remoto fundamenta-se no estudo da radiação eletromagnética que interage com os objetos terrestres, não havendo contato físico entre o alvo e o sensor. Dalmolin et al. (2005) mencionaram que os registros espectrais podem ser obtidos em 3 níveis, o terrestre (campo ou laboratório), o suborbital (aeronaves) e o orbital (satélites). Lorenzetti (citado por ALVARENGA et al., 2003) define radiometria como a ciência ou a técnica de quantificar a radiação eletromagnética. A resposta espectral capturada pelo sensor pode vir na forma gráfica ou de imagem, dependendo da metodologia adotada. A espectrorradiometria laboratorial é de fundamental importância na compreensão e definição de conceitos utilizados na prática do sensoriamento remoto, pois, permite conhecer como cada componente (minerais, umidade, matéria orgânica, óxido de ferro etc.) influencia o comportamento espectral do solo (ALVARENGA et al., 2003).

O comportamento espectral do solo está diretamente relacionado com sua composição química, física, biológica e mineralógica, sendo que os principais constituintes que interferem na resposta espectral são a matéria orgânica e os óxidos de ferro, com a mineralogia da fração argila, a textura, a rugosidade e a umidade do solo como fatores secundários (DALMOLIN et al., 2005). Crosta (1993) menciona a necessidade de caracterizar a resposta espectral de minerais e rochas para aprimorar as aplicações de sensoriamento remoto em geologia.

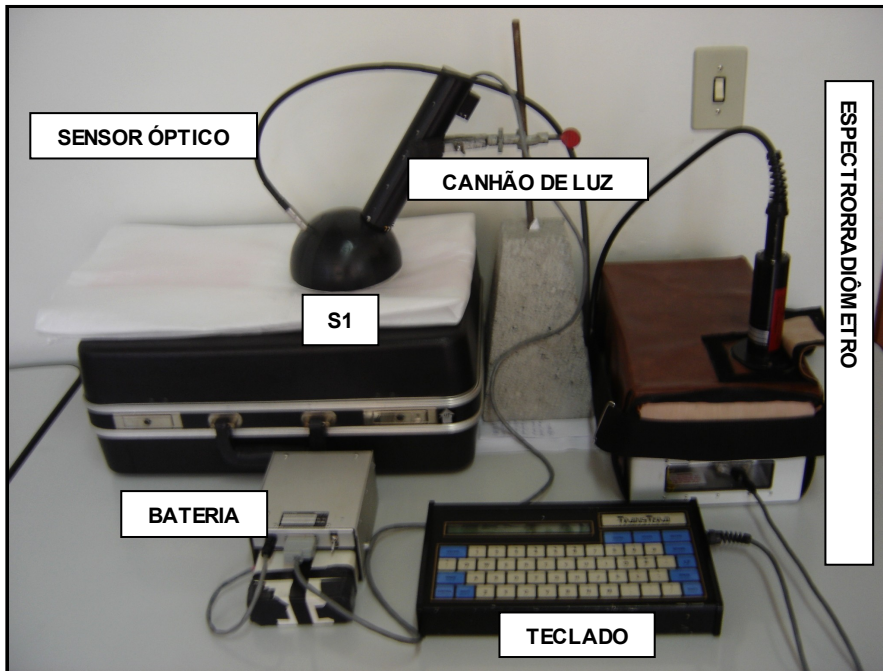
Assim, o objetivo deste trabalho foi a caracterização espectrorradiométrica de minerais isolados e rochas sedimentares como suporte a projetos em andamento, focalizando ações específicas, como o mapeamento de solos e o processamento de imagens orbitais. Paralelamente, foram avaliadas as dificuldades operacionais e metodológicas, envolvendo o desenvolvimento de acessórios de baixo custo (suporte, semi-esferas...).

## **Material e Métodos**

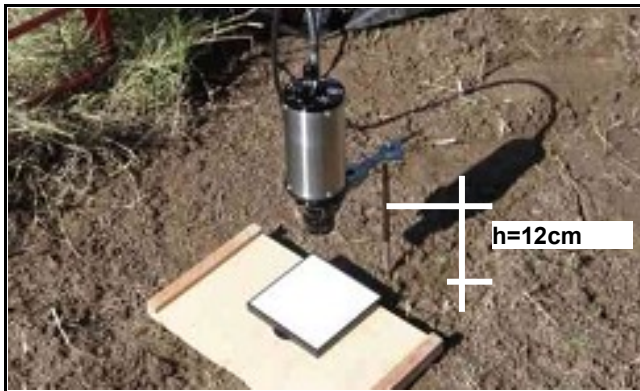
As análises espectrais foram realizadas nos meses de julho e agosto de 2006, na Sede da Embrapa Clima Temperado – CPACT, com o auxílio do espectrorradiômetro LI -1800, marca LI-COR (**Figura 1**), cedido pela Embrapa Uva e Vinho. O aparelho atua na faixa espectral 300 - 1100 nanômetros. Como padrão de referência foi utilizada a placa Spectralon cinza 50% (Labsphere, SRT-50-050).

Para testar a eficiência do espectrorradiômetro e comparar os resultados referentes à resposta espectral de cada alvo, foram realizadas análises espectrais em bancada com iluminação artificial e em ambiente aberto, com luz solar no período 15:00 – 16:00

horas, quando foi utilizado o telescópio/microscópio receptor LI 1800-06 com campo de visada de 15° (**Figura 2**).



**Figura 1.** Componentes do espectrorradiômetro LI-COR 1800 e implementos adicionais utilizados.



**Figura 2.** Imagem da disposição telescópio/microscópio receptor LI 1800-06 em relação ao objeto medido, neste caso, a placa de referência Spectralon.

Os minerais isolados foram adquiridos com o Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, quartzo com granulometria milimétrica e carbonato, goethita e caolinita com granulometria micrométrica.

As amostras de folhelho pirobetuminoso foram coletadas na Unidade de Negócio de Industrialização do Xisto da Petrobrás em São Mateus do Sul – PR. O carvão é procedente da jazida de Candiota – RS, explorada pela Companhia Riograndense de Mineração. Essas amostras foram secas em estufa a 45°C por 24h, moídas e peneiradas em malha de 1mm.

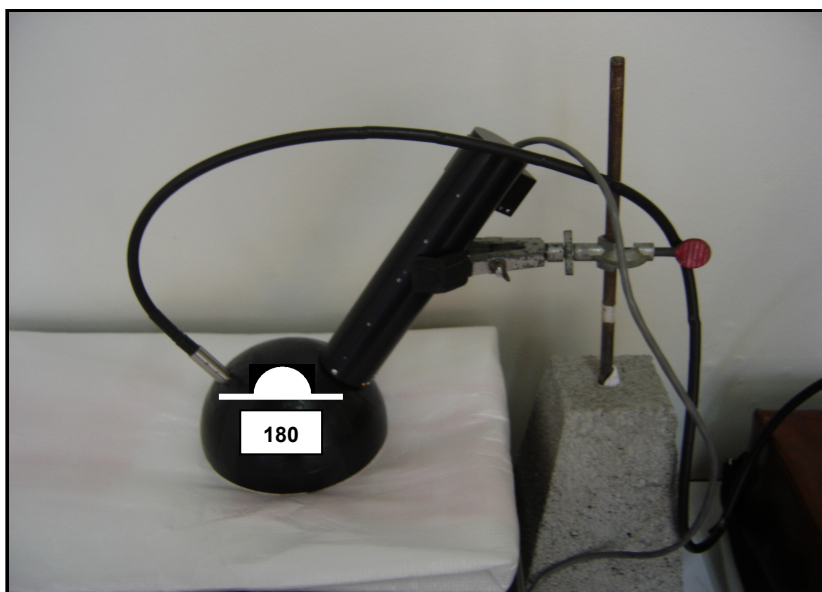
Não foi possível usar a esfera de integração externa LI 1800–12 para a obtenção da resposta espectral em bancada, em função do risco de contaminação. Assim, foram confeccionadas duas semi-esferas, S1 e S2, onde se modificou o ângulo de incidência da luz em relação ao sensor óptico (**Figura 3 e 4**), na tentativa de comparar a luz refletida e a luz difusa respectivamente. Ambas foram elaboradas com semi-esferas ocas de isopor, de aproximadamente 0,5cm de espessura, 15cm de diâmetro (d) e 7,5cm de altura (h), disponíveis no comércio e foram revestidas externamente com fita isolante preta.

Os dados levantados se transferiram para o computador, sendo organizados em planilhas eletrônicas e transformados para reflectância relativa (Rr) considerando a **Equação 1**.

$$Rr = 100 \times La / Lp$$

(Equação 1)

Sendo La e Lp a leitura da amostra e da placa de referência respectivamente.



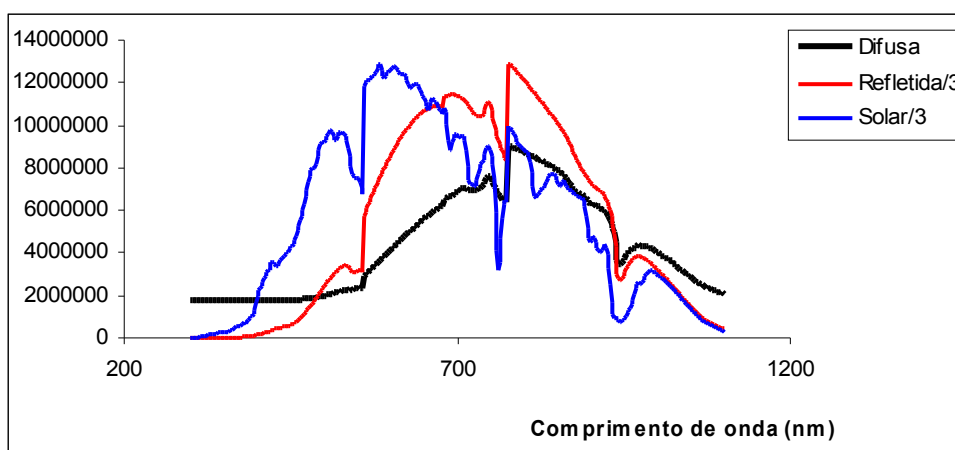
**Figura 3.** Imagem da semi-esfera S1 (luz refletida).



**Figura 4.** Imagem da semi-esfera S2 (luz difusa).

### Resultados e discussão

Na **Figura 5** são apresentados os espectros correspondentes à placa de referência Spectralon para luz solar refletida (telescópio/microscópio receptor LI 1800-06), luz artificial refletida (semi-esfera S1) e luz artificial difusa (semi-esfera S2). Os três espectros apresentaram características próprias, sendo o de luz solar mais intenso abaixo de 700 nm e os outros semelhantes na sua forma.



**Figura 5.** Espectros da placa Spectralon nas diferentes situações consideradas no presente trabalho. Os espectros refletidos foram reduzidos à terceira parte, para efeitos de comparação.



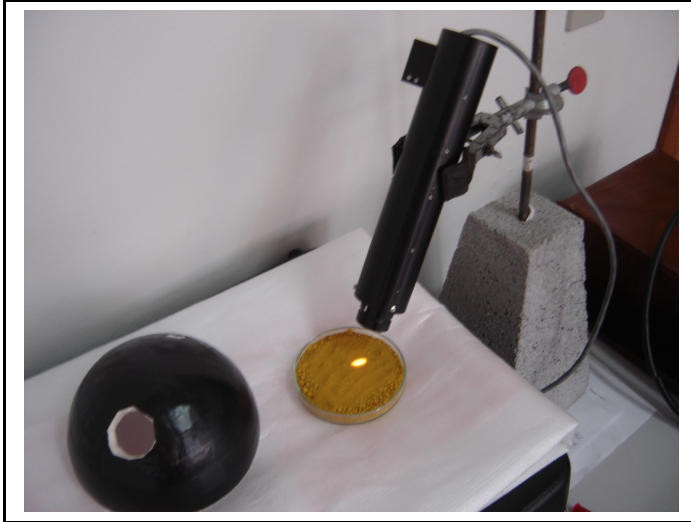
Os materiais analisados também mostraram características espectrais próprias em função da suas propriedades intrínsecas e da forma de captação, como sugerido pelos parâmetros estatísticos (**Tabela 1**). Observou-se também, a influência da cor sobre a refletância, com uma transição de maior a menor ao considerar materiais de tonalidade clara (**Figura 6**), moderada (**Figura 7**) e escura (**Figura 8**).

**Tabela 1.** Parâmetros estatísticos da refletância relativa para os diversos materiais considerados. T/MR = Telescópio/Microscópio receptor. DP = Desvio padrão.

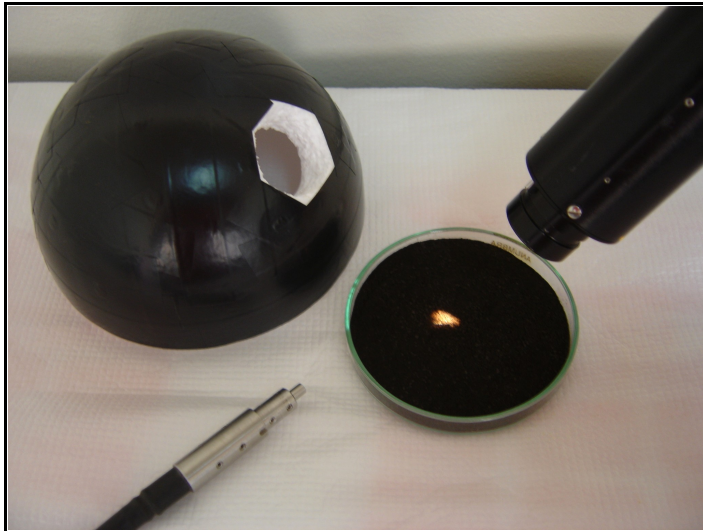
Material	Captação	Mínimo	Máximo	Média	DP
Caolinita	T/MR	87,6	224,3	186,4	37,1
Caolinita	S1	1,9	13,6	10,5	3,5
Caolinita	S2	-0,26	10,6	6,7	3,6
Carbonato	T/MR	79,2	124,1	110,7	11,2
Carbonato	S1	-0,55	4,9	2,2	1,4
Carbonato	S2	0,06	22,3	15,2	7,2
Folhelho	T/MR	10,98	25,6	17,5	3,4
Folhelho	S1	-0,29	1,6	0,8	0,3
Carvão	T/MR	5,06	13,1	8,41	1,96
Carvão	S1	-0,5	0,8	0,2	0,1
Carvão	S2	-0,4	0,3	-0,0	0,1
Goethita	T/MR	3,5	117,4	70,2	31,8
Goethita	S1	-0,6	5,6	2,6	1,5
Goethita	S2	-0,4	4,3	2,1	1,3
Quartzo	T/MR	122,4	168,7	156,8	12,2
Quartzo	S1	7,03	23,58	20,22	3,79



**Figura 6.** Simulação da medição para a amostra de carbonato (semi-esfera S1).



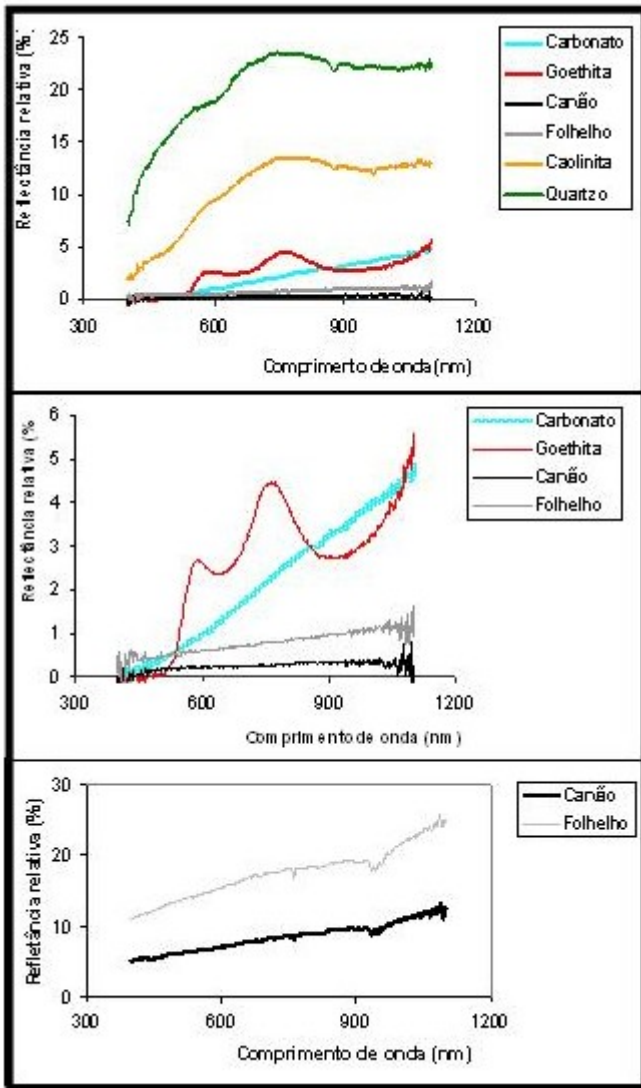
**Figura 7.** Simulação da medição para a amostra de goethita (semi-esfera S1).



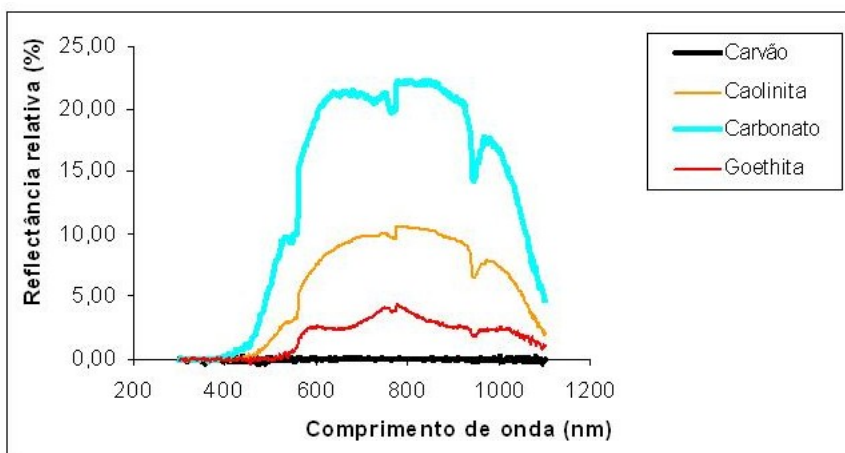
**Figura 8.** Simulação da medição para a amostra de carvão (semi-esfera S1).

Os espectros de refletância de caolinita e quartzo apresentaram-se bem diferenciados em relação aos outros materiais (**Figura 9**). A goethita mostrou comportamento característico. Os espectros do folhelho e do carvão são semelhantes na sua forma, mas com refletância mais intensa no primeiro caso. Esses espectros foram semelhantes aos da biblioteca do USGS (2006) para materiais equivalentes.

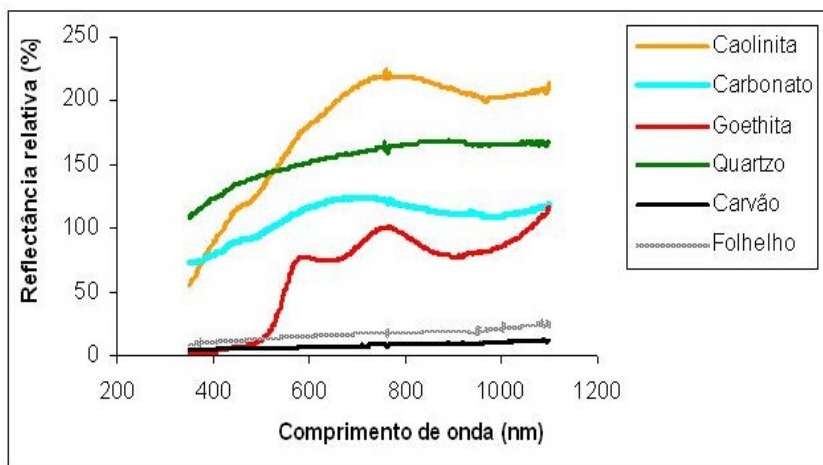
Os espectros para a luz difusa apareceram diferentes dos anteriores, em especial para o carbonato (**Figura 10**). Para caolinita, goethita e quartzo, os espectros com luz solar (**Figura 11**) mostraram diferenças leves aos correspondentes para luz artificial.



**Figura 9.** Espectros de refletância com luz artificial (semi-esfera S1, superior) e detalhes para carbonato - goethita (médio) e carvão - folhelho (inferior).



**Figura 10.** Espectros de refletância com luz difusa (semi-esfera S2).



**Figura 11.** Espectros de refletância com luz solar (Telescópio/Microscópio receptor).

### Considerações finais

Os acessórios implementados (suporte e semi-esferas) permitiram realizar as medições espectrométricas de maneira eficiente, viabilizando a aplicação da técnica.

Caolinita e goethita são componentes usuais dos solos e apresentaram espectros característicos, demonstrando a potencialidade da técnica para aplicações em pedologia. A caracterização será aprimorada se efetuadas medições para comprimentos de onda acima de 1100 nm (infravermelho médio e distante), onde o comportamento espectral de vários minerais é realçado (DRURY, 1990).

Os resultados para luz refletida e difusa deverão ser confirmados e analisados para outros materiais, mas em princípio, seriam de utilidade na identificação e caracterização de minerais, rochas e solos.

### Referências bibliográficas

ALVARENGA, B. S.; D'ARCO, E.; ADAMI, M.; FORMAGGIO, A. R. O ensino de conceitos e práticas de espectrorradiometria laboratorial: estudo de caso com solos do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 739-747.

CROSTA, A. P. Caracterização espectral de minerais de interesse à prospecção mineral e sua utilização em processamento digital de imagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 1993. p. 202-210.

DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N.; KLAMT, E.; DICK, D. P. Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 481-489, 2005.

DRURY, S. **A guide for remote sensing**. New York: Oxford University, 1990. 199 p.

USGS. **USGS Digital splib04 Spectral Library**. Disponível em:  
<<http://speclab.cr.usgs.gov/spectral.lib04/spectral-lib.desc+plots.html>>. Acesso em: 10  
ago. 2006.