

**INPE-5324-PRE/1722**

**ABORDAGEM SOBRE ALGUNS ASPECTOS DA RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS  
CULTURAIS DO CAFÉ E A RESPOSTA ESPECTRAL DO DOSSEL CAFEIEIRO**

**Luiz Leonardi  
José Carlos Neves Epiphanyo  
Antonio Roberto Formaggio**

**INPE  
São José dos Campos  
Agosto de 1991**

**SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**INPE-5324-PRE/1722**

**ABORDAGEM SOBRE ALGUNS ASPECTOS DA RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS  
CULTURAIS DO CAFÉ E A RESPOSTA ESPECTRAL DO DOSSEL CAFEIEIRO**

**Luiz Leonardi\*  
José Carlos Neves Epiphanyo  
Antonio Roberto Formaggio**

**Aceito para apresentação no V Simpósio Latino Americano de  
Percepção Remota, Cuzco, Peru, 28 Oct. a 01 Nov., 1991**

**\*Imagem. São José dos Campos, SP - Brasil**

**INPE  
São José dos Campos  
Agosto de 1991**

# **ABORDAGEM SOBRE ALGUNS ASPECTOS DA RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS CULTURAIS DO CAFÉ E A RESPOSTA ESPECTRAL DO DOSSEL CAFEIEIRO**

**Luiz Leonardi<sup>(1)</sup>**  
**José Carlos Neves Epiphania<sup>(2)</sup>**  
**Antonio Roberto Formaggio<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Imagem. São José dos Campos - SP - Brasil.

<sup>(2)</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Caixa Postal 515. 12225 - São José dos Campos - SP - Brasil. Fone: (0123)41-8977. Fax: (0123)21-8743.

## **RESUMO**

A cultura do café ocupa um papel de destaque na economia brasileira. Informações sobre o parque cafeeiro nacional constituem fator primordial na política de preço. A utilização de dados de sensoriamento remoto no levantamento de informações relativas ao parque cafeeiro pressupõe o conhecimento dos efeitos interativos entre estes dados e as variáveis biofísicas dessa cultura. Visando esclarecer alguns aspectos da relação entre variáveis biofísicas do café e sua resposta espectral, foram coletadas em campo, quase simultaneamente a passagem do satélite, as variáveis biofísicas para 145 talhões. Das imagens TM/Landsat5 foram obtidos os dados de reflectância para as bandas 1 a 5 e 7, referentes a cada talhão. Foi analisada a correlação entre os parâmetros culturais e a correlação entre parâmetros culturais e reflectância, o que permitiu elucidar alguns aspectos do comportamento espectral da cultura do café.

## **ABSTRACT**

This paper describes the relationships between spectral variables (reflective TM/Landsat-5 bands) and coffee agronomic variables (vegetative vigour, age, substrate conditions, soil cover, topographic conditions, soil type). A correlation analysis was performed for agronomic variables only, and then the correlation between TM bands and agronomic variables was analysed. Coffee culture characteristic aspects, like row spacing, height, volume of green leaves, are their influence on coffee spectral behaviour are discussed.

## **INTRODUÇÃO**

O Brasil é o maior produtor de café do mundo. O café constitui um dos principais geradores de divisas para o País. Esta cultura assume papel de notória importância na geração de empregos e fixação do homem no campo.

O potencial de produção da cafeicultura brasileira é dimensionado em função do parque cafeeiro e dos níveis de produtividade alcançados nas lavouras (Matiello et al., 1981). Os níveis de produção, estoques e contratempos climáticos, são alguns dos fatores que intervêm na cotação do produto a nível nacional e internacional, tornando importante o levantamento e monitoramento destes fatores, para condução de uma política agrícola do setor e para adoção de medidas contra especulações de preço.

Neste contexto, o sensoriamento remoto orbital surge como uma opção a ser melhor explorada no sentido de complementar os levantamentos de dados da cafeicultura, visto o seu caráter multiespectral, repetitividade e baixo custo quando comparado com a fotografia aérea.

A utilização efetiva dos dados obtidos por sensores a bordo de plataformas orbitais fundamenta-se no conhecimento interativo entre a energia e os diversos parâmetros relacionados ao alvo.

No início da década de 70 o Instituto Brasileiro do Café - IBC iniciou investimentos no sentido de viabilizar métodos alternativos de levantamentos de dados sobre a cafeicultura, tendo em vista o alto custo da fotografia aérea. Em 1971 o IBC, em conjunto com a "Food and Agricultural Organization"-FAO, definiu um programa prevendo a construção de um sistema de televisão aerotransportado de alta resolução, que permitiria a coleta e análise automática dos dados (Velloso e McNeill, 1971). Avaliações feitas por Velloso e Souza (1976) mostraram que o sistema não atendia ao nível de precisão exigido para inventariação.

Com relação à aplicação do sensoriamento remoto orbital no levantamento de dados sobre a cafeicultura, os primeiros trabalhos desenvolvidos (Velloso, 1974; Tardin et al., 1977; Velloso e Souza, 1978) evidenciaram a inadequação desta ferramenta. Tais trabalhos citam como problemas principais a baixa resolução espacial do sistema sensor então utilizado (MSS/Landsat), e a heterogeneidade dos parâmetros culturais do café.

Em vista dos avanços tecnológicos ocorridos desde então, desenvolveu-se este trabalho, cujo objetivo é analisar alguns aspectos da relação entre parâmetros culturais do café e a resposta espectral do dossel cafeeiro, obtida através do sensor "Thematic Mapper" (TM/Landsat-5).

Quanto à variação na resposta espectral de alvos agrícolas e florestais, alguns trabalhos têm mostrado a influência de parâmetros relacionados à cobertura. Danson (1987), estudou a relação entre dados do satélite SPOT e parâmetros do dossel de pinus, verificando correlações significativas entre resposta espectral (banda S3 - correspondente ao infravermelho) e altura média das árvores, diâmetro médio das árvores na altura do peito-DAP, densidade de árvores por hectare e idade. As respostas espectrais nas bandas S1 (correspondente ao verde) e S2 (correspondente ao vermelho) foram correlacionadas com Altura, DAP e Idade.

Karaska et al. (1986) estudaram o efeito de 11 variáveis ambientais sobre a resposta espectral de diferentes tipos de superfícies detectadas pelo TM/Landsat-5. Das onze variáveis

ambientais estudadas a percentagem de árvores e a de arbustos foram as que mais influenciaram a resposta espectral da superfície. Declividade, orientação de declive e altitude mostraram ter pouco efeito sobre a resposta espectral nas áreas amostradas.

Cavayas e Teillet (1985) simularam um modelo geométrico da reflectância do dossel de coníferas em função de alguns parâmetros da cobertura, geometria de iluminação solar e topografia. A simulação demonstrou claramente a confusão, atribuída ao efeito do sombreamento, que pode surgir entre valores de reflectância para várias combinações de ângulos solares, topografia e densidade do dossel.

Covre (1989) estudou a relação entre alguns parâmetros culturais (variedade, idade, percentagem de cobertura do terreno por árvores de citros, tipo de solo, orientação do declive, altura das árvores de citros, tipo e condição do substrato e uniformidade do talhão) de citros e a sua resposta espectral obtida a partir de dados do sensor TM/Landsat-5 (bandas 1 a 5 e 7). Quatro parâmetros mostraram influência predominante nas respostas espectrais TM dos citros, quais sejam: Percentagem de Cobertura do Terreno por Árvores de Citros, Altura das Árvores, Substrato (quando recoberto por ervas daninhas) e o Tipo de Solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram escolhidos três módulos de 15 km x 15 km, na região Sul de Minas Gerais, próximos às cidades de Alfenas e Campo do Meio. Esta área foi escolhida por atender algumas características desejáveis ao estudo, ou seja: sistemas de plantios, tratos culturais e cultivares representativos daqueles existentes atualmente no Brasil; variabilidade quanto à idade, à declividade e quanto à orientação de declive; tamanho de talhões compatível com a resolução do sistema sensor TM/Landsat-5; facilidade de acesso, entre outras.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen enquadra-se no tipo Cwb (mesotérmico com verões brandos e estação chuvosa no verão), com temperatura média anual em torno de 19 °C e precipitação média anual de aproximadamente 1200 mm (Nimer, 1977).

Os materiais utilizados constam basicamente de dados extraídos de imagens TM/Landsat-5 e dados coletados em campo. Foram utilizadas imagens digitais de 27/08/88, bandas 1 a 5 e 7 do TM, quadrante B da órbita/ponto 219/75. Para a coleta de dados de campo foram utilizados bússola, câmara fotográfica 35 mm, radiômetro portátil Kimoto modelo 2703 MP, trena e formulário de campo.

Foram utilizados ainda, o Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM-150) desenvolvido pelo INPE e o espectrorradiômetro Optronics 740A.

A seleção de talhões foi feita de maneira a se compor uma amostra representativa dos diversos parâmetros previamente selecionados para o estudo. Ao todo foram selecionados 145 talhões.

A coleta dos parâmetros culturais foi efetuada através do preenchimento de um formulário em campo, no período entre 29/08/88 e 06/09/88, próximo à data de passagem do satélite (27/08/88).

Em campo foram coletados 21 parâmetros:

ALTU - Altura Média das Árvores de Café;  
ANPO - Ano de Poda;  
COBE - Percentagem de Cobertura do Terreno por Árvores de Café;  
COLH - Colheita;  
CULT - Cultivar;  
DECL - Declividade;  
DENS - Densidade Populacional;  
ESPA - Esparramação;  
ESPC - Espaçamento Entre Covas;  
ESPL - Espaçamento Entre Linhas;  
GRAD - Gradeação;  
IDAD - Idade;  
ORDE - Orientação do Declive;  
ORFI - Orientação das Fileiras;  
RAIO - Raio da Planta;  
RCS - Solo;  
SUEE - Percentagem de Cobertura do Substrato com Ervas Daninhas Verdes;  
SUME - Percentagem de Cobertura do Substrato com Matéria Orgânica;  
SUSE - Percentagem de Solo Exposto;  
TIPO - Tipo de Poda;  
VIVE - Vigor Vegetativo.

Outras quatro variáveis calculadas em laboratório foram incluídas na análise, quais sejam:

COBR - Percentagem de Cobertura do Terreno por Árvores de Café;  
SUER - Percentagem de Cobertura do Substrato com Ervas Daninhas Verdes;  
SUMR - Percentagem de Cobertura do Substrato com Matéria Orgânica;  
SUSR - Percentagem de Solo Exposto no Substrato.

Os dados referentes a Cultivar, Idade, Colheita, Ano de Poda e Tipo de Poda foram obtidos através de consulta aos registros e controles existentes nas propriedades e/ou entrevistadas com os administradores das fazendas.

Os dados de Espaçamento Entre Linhas e Entre Covas, Altura das Árvores de Café e Raio da Planta foram obtidos a partir da média de 15 medições por talhão. Orientação de Fileiras e Orientação do Declive foram obtidos através de uma bússola, enquanto que a Declividade foi obtida com um clinômetro.

Os parâmetros Percentagem de Cobertura do Terreno por Árvores de Café e Percentagem de Cobertura do Substrato por Matéria Orgânica, Ervas Daninhas Verdes e Solo Exposto foram obtidos a partir de estimativa visual em campo e também a partir de cálculos em laboratório (fotografias do substrato) e medidas de espaçamento e raio da planta). O parâmetro Vigor Vegetativo foi estimado visualmente em campo, em cinco classes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

O Solo é representado pelo parâmetro RCS (Reflectância Composta do Solo) obtido a partir da radiometria de laboratório das amostras coletadas em campo e da percentagem efetiva de solo exposto nas entrelinhas (SUSR).

Os valores de reflectância foram obtidos a partir da transformação dos valores digitais das imagens, conforme procedimento descrito por Epiphanyo e Formaggio (1988). Dos dados de reflectância foram eliminados os efeitos atmosféricos, segundo o método de Chavez (1988).

Os dados coletados em campo e os valores de reflectância para as seis bandas do TM/Landsat-5 referentes aos pontos amostrados em campo foram analisados estatisticamente em duas etapas: através da matriz de correlação entre os parâmetros culturais; e da matriz de correlação entre parâmetros culturais e a reflectância obtida para os pontos amostrados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente procedeu-se à análise das correlações entre os parâmetros culturais (matriz de correlação não mostrada, cujo objetivo foi o de eliminar parâmetros altamente correlacionados entre si e o de avaliar a relação entre parâmetros estimados visualmente em campo e calculados em laboratório.

Os parâmetros COBE e COBR apresentaram um coeficiente de correlação ( $r = 0,83$ ) relativamente alto, indicando boa aproximação entre valores estimados em campo e valores calculados. Para as variáveis estimadas em campo (SUEE, SUME e SUSE) e as variáveis calculadas em laboratório correspondentes (SUER, SUMR e SUSR), que compõem o parâmetro substrato, as correlações foram todas significativas ao nível de 95%, porém não muito altas. Isto se deve principalmente à baixa densidade de amostragem realizada dentro de cada talhão. Para ter valores confiáveis representativos de tais variáveis é necessário uma adequação entre a heterogeneidade da área e a quantidade de amostras.

A Figura 3.1 mostra a relação entre os parâmetros DENS e IDAD ( $r = -0,58$ ). Esta relação evidencia a tendência de mudança para um sistema de plantio mais adensado, à medida que é feita a renovação do plantio ou quando novas áreas são incorporadas às já existentes.

A variável COBR possui correlações relativamente altas com RAI0, ALTU, COLH e TIPO. A Figura 3.2 ilustra a relação entre COBR x ALTU, onde se verifica uma tendência de linearidade dos dados. Observam-se alguns pontos (A, B e C) totalmente fora desta

linearidade, justificados pela influência de outras variáveis como Densidade de Plantio (DENS) e Ano e Tipo de Poda (ANPO e TIPO).

Algumas variáveis foram eliminadas após uma criteriosa avaliação dos coeficientes de correlação — que indica o quanto uma determinada variável está indiretamente representada por uma outra. Os parâmetros representados indiretamente por outros parâmetros se deve à utilização de mais de um critério na representação da variável, como é o caso da COBE, SUME, SUEE e SUSE, as quais são correlacionadas com COBR ( $r = 0,83$ ), SUMR ( $r = 0,60$ ), SUER ( $r = 0,53$ ), SUSR ( $r = 0,70$ ), respectivamente; ou à interrelação natural existente entre as variáveis como, por exemplo: RAI0 x ALTU ( $r = 0,84$ ); SUMR x SUSR ( $r = -0,97$ ); ESPA x GRAD ( $r = 0,89$ ); ESPL x DENS ( $r = -0,60$ ); ESPC x DENS ( $r = 0,75$ ); COLH x COBR ( $r = 0,68$ ).

Assim sendo, eliminaram-se algumas variáveis com o intuito de simplificar a análise posterior. Dada a correlação verificada entre valores estimados visualmente e calculados em laboratório, optou-se pela avaliação das variáveis calculadas em laboratório. As variáveis eliminadas são: COBE, SUME, SUEE, SUSE, RAI0, SUMR, ESPL, ESPC, ESPA, COLH, restando portanto um conjunto de 15 parâmetros.

Quanto ao relacionamento entre variáveis biofísicas e resposta espectral, a cultura do café apresenta-se relativamente atípica quando comparada a florestas, culturas agrícolas, e mesmo a outras culturas agrícolas perenes. A fenologia do café, acrescida da variabilidade de tratos culturais torna esta cultura "sui generis" do ponto de vista do entendimento de sua resposta espectral.

Os resultados da correlação entre parâmetros culturais e resposta espectral do dossel cafeeiro (Tabela 3.1), evidenciam que, de modo geral, quatro parâmetros apresentam-se notadamente correlacionados com reflectância, em todas as bandas. Estes parâmetros são: ALTU, ANPO, IDAD e COBR, exceto para a banda TM4, para a qual os parâmetros mais bem correlacionados são VIVE e GRAD.

Ao contrário do esperado, o parâmetro COBR, não é a variável mais bem correlacionada com os valores de reflectância nas bandas TM1, TM2, TM3, TM5 e TM7, como encontrado por Covre (1989) num estudo com a cultura de citros. Teoricamente dois fatores básicos influenciam a reflectância nestas bandas, que são fitomassa verde e sombreamento. Para alguns tipos de cultura e reflorestamento o parâmetro Percentagem de Cobertura do Terreno por Árvores representa a fitomassa e parcialmente o sombreamento, sendo o mais bem correlacionado com reflectância. O mesmo não acontece com a cultura do café, visto que a prática da poda e a fenologia da cultura atuam mascarando a influência da Percentagem de Cobertura (COBR). Observa-se que o parâmetro ALTU e, para algumas bandas, ANPO são os parâmetros que melhor agregam as características dos fatores fitomassa e sombreamento, sendo os mais bem correlacionados com reflectância nas bandas TM1, TM2, TM3, TM5 e TM7.

TABELA 3.1

**Coefficientes de correlação significativos ao nível de 95% entre parâmetros culturais e reflectância do dossel cafeeiro**

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
DENS	0,28	0,31	0,33	-	0,40	-
CULT	-	-	-	-	-	-
IDAD	-0,40	-0,48	-0,50	-	-0,50	-0,45
COBR	-0,39	-0,47	-0,58	-	-0,34	-0,44
ORFI	-	-	-	-	-	-
VIVE	-	-0,17	-0,20	0,52	-0,32	-0,31
ANPO	0,52	0,55	0,59	-	0,53	0,51
TIPO	-0,34	-0,41	-0,54	-	-0,37	-0,42
DECL	0,32	0,25	0,22	-	-	-
ORDE	-	-	-	-	-0,22	-0,17
GRAD	-	-	-	-0,28	-	-
ALTU	-0,47	-0,58	-0,64	-	-0,50	-0,57
SUER	-	-	-	-	-	-
SUSR	-	-	-	-0,24	-	-
RCS	-	0,35	0,42	-0,24	-	-

Observa-se um aumento no coeficiente de correlação para as variáveis DENS, IDAD, COBR, VIVE, ANPO, TIPO, ALTU e RCS, à medida que aumenta o comprimento de onda na faixa do visível. Isso se deve provavelmente à elevada absorção nas regiões de menores comprimentos de onda, o que causa uma variabilidade estreita da reflectância, com conseqüente homogeneização de respostas espectrais.

O parâmetro DECL apresentou correlações baixas para as bandas do visível, enquanto que o parâmetro ORDE apresentou correlações baixas para as bandas do infravermelho médio. Estes resultados evidenciam pouca influência destes parâmetros na resposta espectral das bandas TM, fato também observado por HallKonyves (1987) e Karaska et al. (1986). Estes resultados pouco expressivos em termos de correlação com a reflectância parecem estar associados à pouca magnitude de variação do relevo da área estudada.

O parâmetro IDAD, assim como o parâmetro ALTU, apresenta correlações negativas com reflectância para as bandas TM1, TM2, TM3, TM5 e TM7, indicando que o aumento de idade da lavoura implica na redução de reflectância nestas bandas, devido ao aumento da fitomassa e altura da planta (com conseqüente aumento de sombreamento). A Figura 3.3 mostra o relacionamento entre reflectância na banda TM3 e os parâmetros ALTU e ANPO. Observa-se uma dispersão dos dados em relação à reta de ajuste, provocada pela influência de outros parâmetros sobre a reflectância. O parâmetro CULT (Cultivar) e ORFI (Orientação de Fileiras) não apresentaram correlações significativas com reflectância.

Os parâmetros relacionados ao substrato: GRAD (Gradeação); SUSR (Percentagem de Solo Exposto nas Entrelinhas), mostraram-se correlacionados negativamente com reflectância apenas na banda TM4, enquanto que SUER (Percentagem de Cobertura do Substrato com Ervas Daninhas Verdes) não apresentou correlação significativa com nenhuma banda. Este fato pode estar associado à pouca concentração de ervas daninhas verdes encontradas nas áreas amostradas. Quanto ao parâmetro RCS (Reflectância Composta do Solo), foi avaliada a sua relação apenas para as bandas TM1, TM2, TM3 e TM4. Verificam-se correlações positivas com as bandas TM2 e TM3, e negativa com a banda TM4. Estes resultados indicam a contribuição da reflectância do solo, aumentando a reflectância do dossel para as bandas TM2 e TM3, e diminuindo para a banda TM4.

O parâmetro VIVE (Vigor Vegetativo) apresenta correlações negativas com as bandas TM2, TM3, TM5 e TM7, e positiva com a banda TM4. Para a banda TM4, o parâmetro VIVE apresentou-se como principal parâmetro influenciador na reflectância, porém verifica-se grande dispersão dos dados (Figura 3.4), indicando certa fragilidade desta relação para o café.

## CONCLUSÕES

A cultura do café constitui um alvo de resposta espectral complexa do ponto de vista do sensoriamento remoto orbital. Observou-se grande variabilidade na resposta espectral do café, a qual está relacionada aos parâmetros culturais.

Ocorre grande intercorrelacionamento entre os parâmetros culturais do café, especialmente entre ALTU e RAI0, DENS e ESPC, COBR e COLH, COBR e ALTU, ANPO e ALTU, GRAD e ESPA.

Os parâmetros ANPO e ALTU mostram-se os mais bem correlacionados com a reflectância nas bandas TM1, TM2, TM3, TM5 e TM7, variando apenas a ordem de importância entre bandas. Estes parâmetros são mais bem correlacionados por agregarem informações relacionadas à fitomassa e ao sombreamento do cafezal.

O parâmetro COBR não se mostra o mais bem correlacionado com reflectância. Este fato parece estar associado à sua pouca representatividade da fitomassa, visto o baixo vigor vegetativo apresentado pelo cafezal no período de estudo e os efeitos de poda. O parâmetro Solo apresenta correlação positiva com reflectância nas bandas TM2 e TM3 e negativa na banda TM4. Os resultados indicam maior influência deste parâmetro para a banda TM3.

Quanto à banda TM4, poucos parâmetros apresentam correlações significativas, sendo o vigor vegetativo (VIVE) o mais bem correlacionado. Porém, verifica-se pouca consistência nesta correlação, ou seja, ocorre uma significativa dispersão dos dados.

Os parâmetros culturais referentes às características da planta (ALTU, COBR, ANPO, IDAD, TIPO e VIVE) são mais bem correlacionados com a reflectância do cafezal,

quando comparados aos parâmetros relacionados ao substrato (GRAD, SUSR, RCS, e SUER) ou aos parâmetros relacionados à geometria (ORFI, ORDE e DECL). De maneira geral, os parâmetros mostram aumento do coeficiente de correlação à medida que se aumenta o comprimento de onda na faixa do visível do espectro eletromagnético.

Novos estudos se fazem necessários ao aprimoramento dos resultados obtidos neste trabalho. Particularmente porque os dados discutidos aqui representam uma só época do ano. Para uma maior compreensão do comportamento espectral dos cafezais é necessária uma avaliação multitemporal. Tais estudos devem ser preferencialmente acompanhados de radiometria de campo, onde se possa manter maior controle sobre os diversos componentes da cena. Outro aspecto a ser melhor equacionado em trabalhos futuros é o que se refere à amostragem de algumas variáveis, como por exemplo, a percentagem de cobertura do solo por diferentes tipos de substratos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVAYAS, F.; TEILLET, P.M. Geometric model simulations of conifer canopy reflectance. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON SPECTRAL SIGNATURES OF OBJECTS IN REMOTE SENSING, Les Arcs, France, 1985. *Proceedings*, Montfavet(FR), INRA, p. 183-190, 1985.
- CHAVEZ, P.S. An improved dark - object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, 24(3): 459-479, 1988.
- COVRE, M. *Influência de parâmetros culturais de citrus sobre os dados TM/Landsat*. São José dos Campos, INPE, 1989. 241P. (INPE - 4856 - TDL/367).
- DANSON, F.M. Preliminary of the relationships between SPOT-1 HRV data and forest stand parameters. *International Journal of Remote Sensing*, 8(10): 1571-1575, 1987.
- EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R. Abordagens de uso de nível de cinza e de reflectância em sensoriamento remoto com dados de satélites. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, Natal, 1988. *Anais*, São José dos Campos, INPE, 1988. p. 400-405.
- HALL-KONYVES, K. The topographic effect on Landsat data in gently undulating terrain in southern Sweden. *International Journal of Remote Sensing*, 8(2): 157-168, 1987.
- KARASKA, M.A.; WALSH, S.J.; BUTLER, D.R. Impact of environmental variables on spectral signatures acquired by the LANDSAT Thematic Mapper. *International Journal of Remote Sensing*, 7(12): 1653-1667, 1986.
- MATIELLO, J.B. et al. *Importância econômica do café do Brasil*, Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 4. ed., 1981. (Instruções técnicas sobre a cultura de café no Brasil, 1). p. 1-24.

- NIMER, E. Clima. In: *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, V.3. 1977. p. 51-89.
- TARDIN, A.T.; SANTOS, A.P.; BATISTA, G.T.; OHARA, T.; SANTOS, J.R.; HERNANDEZ FILHO, P.; NOVAES, R.A.; CHEN, S.C.; SHIMABUKURO, Y.E. *Uso de sensoriamento remoto para avaliação de danos causados pela geada no Noroeste do Paraná*. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE - 745 - NTE/026).
- VELLOSO, M.H.; MCNEILL, H.W. *Programa de aplicações de sensoriamento remoto do Instituto Brasileiro do Café*. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1971. 19p. (Aplicações de sensoriamento remoto na cafeicultura-F/PSR.003)
- VELLOSO, M.H. *Coffee inventory through orbital imagery*. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1974. 20p. (SR 525)
- VELLOSO, M.H.; SOUZA, D.D. *Sistema automático de inventário cafeeiro*. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1976. 8p.
- VELLOSO, M.H.; SOUZA, D.D. *Trabalho experimental de inventariação automática de cafezais utilizando imagens orbitais e o equipamento "Image-100"*. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1978. 2p.
- WALSH, S.J. Variability of Landsat MSS spectral responses of forests in relation to stand and site characteristics. *International Journal of Remote Sensing*, 8(9):1289-1299, 1987.

## FIGURAS

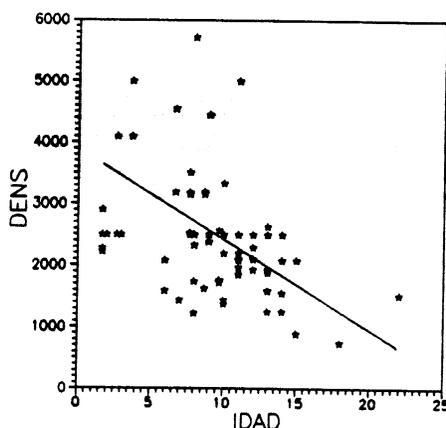


Figura 3.1 - Relação entre os parâmetros Densidade (plantas/ha) e Idade (anos).

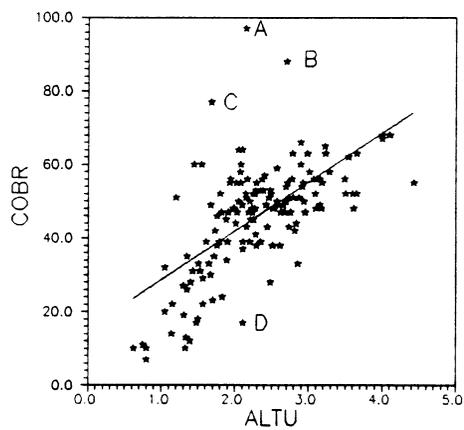


Figura 3.2 - Relação entre os parâmetros Cobertura (%) e Altura (metros).

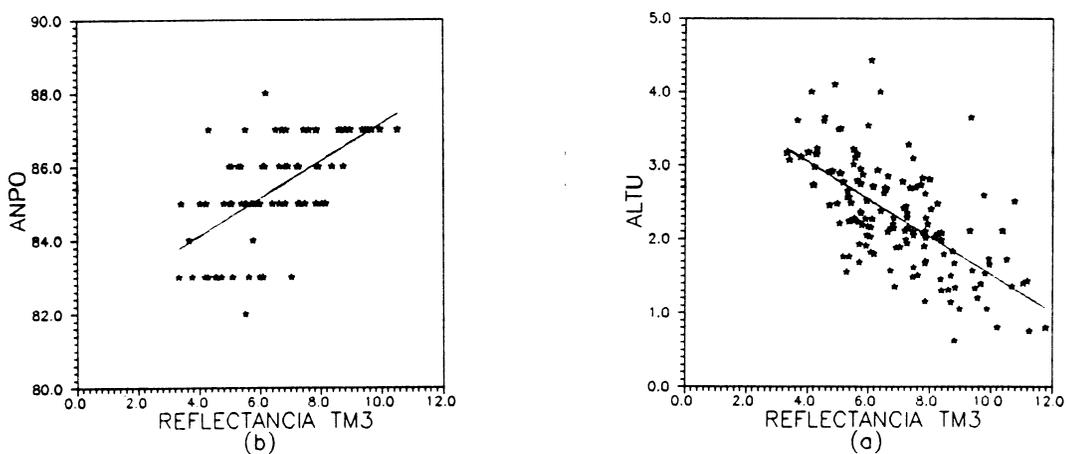


Figura 3.3 - Relação entre Reflectância na banda TM3 (%) e os parâmetros Altura (metros) e Ano de Poda (anos).

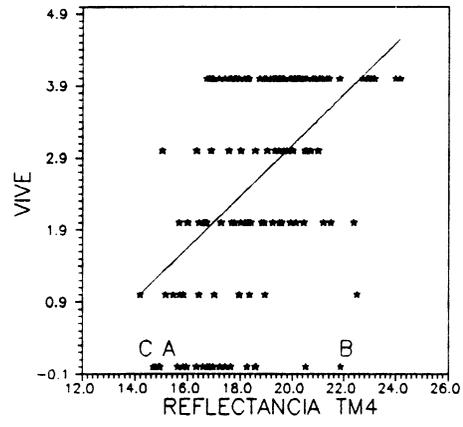


Figura 3.4 - Relação entre Reflectância na banda TM4 (%) e o parâmetro Vigor Vegetativo.