

UTILIZAÇÃO DE DADOS DE SIMULAÇÃO SPOT SOBRE A  
FLORESTA DA BOURGOGNE, FRANÇA

Armando Pacheco dos Santos

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho é mostrar a utilização dos dados de simulação SPOT para a cartografia de classes de vegetação florestal. Para a realização do trabalho foi escolhida a área situada em Auxois, entre as cidades de Vitteaux, Dampierre-en-Montagne e Villy-en-Auxois, na Côte D'Or. O material utilizado constou de imagens em preto e branco dos dados de simulação SPOT do módulo multiespectral (bandas espectrais de 0,50-0,59 $\mu$ m; 0,61-0,68 $\mu$ m; e 0,79-0,89 $\mu$ m), com resolução de 20 metros, e do módulo pancromático (banda espectral de 0,51-0,73 $\mu$ m), com resolução de 10 metros, na escala de 1:62.500. Para o módulo multi-espectral foram usadas fitas magnéticas (CCT). Foram utilizadas, também, transparências infravermelhas em falso-cor, na escala de 1:25.000, obtidas na mesma data dos dados de simulação SPOT, ou seja, 23 de julho de 1982. Todo este material é "copyright" do Institut Geographique National (IGN) e é fornecido pelo Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale (GDTA). A interpretação dos dados constou de análise visual, realizada através de métodos convencionais de interpretação de imagens, e de análise automática, realizada através do Sistema de Tratamento de Imagens da IBM. Os resultados mostram que é possível cartografar as diversas classes de vegetação florestal da França (*futaie, taillis, taillis sous futaie*, etc.), tanto através da análise visual quanto automática. Este trabalho foi feito durante um estágio realizado no Institut National Agronomique Paris-Grignon, Laboratoire de Botanique-Écologie Végétale, no período de 10 de abril a 10 de julho de 1984.

ABSTRACT

The objective of this study is to show the utilization of simulated SPOT data to map forest vegetation classes. The study area locates in Auxois, among the cities of Vitteaux, Dampierre-en-Montagne and Villy-en-Auxois, in the Côte D'Or. Black and White imagery of the multispectral mode (spectral bands: 0.50-0.59 $\mu$ m; 0.61-0.68 $\mu$ m; and 0.79-0.89 $\mu$ m), with ground

resolution of 20 meters, and the panchromatic mode (spectral band: 0.51-0.73 $\mu$ m) with ground resolution of 10 meters, at the scale of 1:62.500, were used. In addition, aerial color infrared transparencies, at the scale of 1:25.000, obtained in the same data as the simulated SPOT data (July 23, 1984), were also used for conventional visual analyses. All this material is copyright by the "Institut Geographic National" (IGN) and provided by the "Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale" (GDTA). CCT of multispectral mode were also available for digital analysis using the Image Analysis System of IBM. The results show that it is possible to map forest vegetation classes (*futaie*, *taillis*, *taillis sous futaie*, etc.) using visual and digital analyses. This work was carried out during a visiting program in the "Institut National Agronomique Paris-Grignon, Laboratoire de Botanique-Écologie Végétale", between the period of April, 10 to July, 10, 1984.

## 1. INTRODUÇÃO

A França, na área de atividades espaciais, deverá lançar em 1985 um satélite de observação de recursos naturais da Terra denominado SPOT (Satellite Probatoire d'Observation de la Terre). Este satélite, provido de sensores de alta resolução, deverá trazer novas perspectivas para o levantamento de recursos naturais.

O primeiro satélite a ser lançado permitirá obter informações em três bandas do espectro (duas no visível e uma no infravermelho próximo), com uma resolução da ordem de 20 metros, como também imagens pancromáticas com uma resolução de 10 metros.

Sua capacidade particular de visada lateral permitirá assegurar a observação de uma região qualquer da Terra com uma periodicidade que varia de um a alguns dias; o que torna possível o levantamento de fenômenos localizados com evolução relativamente rápida. Ele permitirá também a associação de tomadas sob diferentes ângulos.

Desde 1980 têm sido realizadas simulações como uma preparação para a manipulação dos dados reais. Apesar de reconhecer que para os dados simulados há menos fatores restritivos (como por exemplo, atenuação atmosférica), eles permitem ter uma idéia do produto que estará disponível a partir do lançamento do satélite SPOT.

Diversos trabalhos têm mostrado a potencialidade dos dados simulados SPOT para a caracterização dos cursos florestais, principalmente no que diz respeito à densidade, textura e estrutura dos povoamentos (Audet e Rochon, 1982; Riom et alii, 1982; Guyon et alii, 1982).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo mostrar a utilização de dados simulados SPOT para a caracterização de classes de vegetação florestal.

Para a realização desta pesquisa foi escolhida uma área na Côte d'Or, região da Bourgogne, França, pois para esta área existiam dados de sensores remotos disponíveis, tais como fotografias aéreas infravermelhas em falsa-cor, na forma de transparências, e dados simulados do SPOT.

Este trabalho faz parte de uma pesquisa mais ampla, desenvolvida durante o estágio realizado no Institut National Agronomique Paris-Grignon, no Laboratoire de Botanique-Écologie Végétale, no período de 10 de abril a 10 de julho de 1984.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para a realização do trabalho localiza-se na região da Bourgogne, na Côte d'Or, entre as cidades de Vitteaux, Dampierre-en-Montagne e Villy-en-Auxois, França, correspondendo a uma superfície de aproximadamente 100km<sup>2</sup>.

Um esquema geológico da área mostra a intercalação de níveis de calcários mais ou menos duros, com margas. Esta alternância de rochas de durezas diferentes resulta em um relevo característico, predominando os platôs calcários, seguidos por vales profundos (Lonchamp, 1977).

Em termos de ocupação do solo, a área estudada encontra-se em parte na zona de pastagens permanentes, que ocorrem principalmente no fundo e nos flancos dos vales paralelos, separadas por platôs onde estão localizadas as áreas agrícolas (Girard, 1984). As florestas localizam-se, geralmente, sobre os platôs e as vertentes dos vales.

As principais espécies florestais que ocorrem na área de estudo são: Chêne pédoncule (*Quercus pedunculata*); Chêne rouvre (*Quercus sessiliflora*); Frêne (*Fraxinus excelsior*); Tilleul (*Tilia platyphyllos*); Epicea (*Picea excelsa*). Como espécies principais do sub-bosque aparecem o Charme (*Carpinus betulus*) e o Erable (*Acer campestre*). As características principais destas espécies são apresentadas na Tabela 1.

Segundo o trabalho de Bugnon et alii (1981), a floresta na região de estudo pode ser classificada como uma *Chênaie-pédonculé-mésotrophe*, isto é, uma floresta onde o estrato superior é formado quase que exclusivamente pelo Chêne pédonculé (presença insignificante do Chêne sessile).

## 3. MATERIAL

### 3.1 - SISTEMA SPOT (SATELLITE PROBATOIRE D'OBSERVATION DE LA TERRE)

O sistema SPOT foi projetado pelo Centre National d'Études Spatiales (CNES) e realizado pela França, em associação com a Bélgica e a Suécia. Ele compreende um satélite de observação da Terra e estações terrestres de recepção de dados.

O primeiro satélite SPOT será lançado em 1985 e terá um tempo de vida previsto para dois anos; um satélite de reserva já está programado. Os satélites seguintes que assegurarão a continuidade do fornecimento de dados estão em estudo.

TABELA 1

## CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES FLORESTAIS DA REGIÃO DA BOURGOGNE

ESPECIES CARACTERÍSTICAS	CHÈNE PEDONCULÉ	CHÈNE ROUVRE	FRÈNE	TILLEUL	CHARME	ERABLE
Porte	Irregular (30 a 40 metros), fuste reto, galhos sinuosos.	Regular (30 a 40 metros), fuste reto, galhos sinuosos.	Regular até 30 metros, fuste reto.	Regular até 30 metros.	Regular até 20 metros, fuste reto.	Irregular (de 20 a 30 metros).
Folhagem	Repartida desigualmente entre os ramos, deixando clareiras.	Mais uniformemente repartida.	Galhos pouco numerosos, forma ovóide, arredondando-se posteriormente.	-	Cimo ovóide, numerosos galhos, longos e delgados.	-
Folha	Pecíolos muito curtos, limbo alongado, dois pecíolos lobulados em oreilhas na base.	Claramente peciolada, limbo alargado para o meio com base sem oreilhas.	Opostas, compostas penadas.	Caducas, alternas, em forma de coração.	Caducas.	Caducas, opostas, nervação palmada com cinco lóbulos.
Fruto	-	-	Sâmara alongada, persistindo longo tempo no inverno	Pequenos, globulosos e de casca dura.	-	Sâmara dupla.
Casca	Lisa, acinzentada, com fissuras longitudinais.	Castanho - escuro, com fissuras em escamas.	-	-	Lisa, canelada.	-

FONTE: ROL, 1962.

O satélite possui uma massa total de 1750kg e será lançado a uma altitude de 832km sobre uma órbita circular, quase-polar (inclinação igual a 98,7 graus), pelo lançador Ariane. O corpo do satélite possui as dimensões de 2 x 2 x 3,5 metros e o painel solar aberto possui uma largura de 15,60 metros.

A carga útil do primeiro satélite SPOT é constituída de dois instrumentos HRV (Haute Résolution Visible), cujas características podem ser vistas na Tabela 2. Além disto, o satélite possui um conjunto de registro de dados em fitas magnéticas e de transmissão ao solo.

TABELA 2

CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES HRV

CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO HRV	MÓDULO MULTIESPECTRAL	MÓDULO PANCROMÁTICO
Bandas espectrais	0,50 - 0,59 $\mu\text{m}$ 0,61 - 0,68 $\mu\text{m}$ 0,79 - 0,89 $\mu\text{m}$	0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$
Campo de visada	4,13 graus	4,13 graus
Dimensão do "pixel" na visada vertical	20 x 20 m	10 x 10 m
Número de "pixels" na linha	3000	6000
Largura da linha na vertical	60km	60km
Codificação do "pixel"	3 x 8 bits	6 bits DPCM (*)
Débito da informação	25 Mbits/seg	25 Mbits/seg

(\*) DPCM é um modo de compressão dos dados que permite conservar 256 níveis de cinza.

Um espelho plano, colocado à entrada do instrumento, permite mudar o eixo de visada segundo um plano perpendicular à órbita. Esta mudança proporciona ângulos de visada "off-nadir" até  $\pm 27^\circ$ , através de 45 passos (steps) de  $0,6^\circ$ , o que permite que pontos numa faixa de  $\pm 475\text{km}$ , em relação ao plano da órbita, possam ser observados. O ângulo de visada máximo atinge  $33^\circ$ , quando se considera o efeito de curvatura da Terra.

O satélite realiza uma órbita heliossíncrona, conservando um ângulo constante com a direção do Sol ao longo do ano, o que resulta que qualquer área da Terra é observada sempre a mesma hora solar, dependendo da latitude. O movimento do satélite é sincronizado com a rotação da Terra, de modo que ele passe sobre o mesmo ponto após 26 dias.

Os dois instrumentos HRV são dispostos de tal maneira que pode-se observar na vertical do satélite uma faixa no terreno de 117km de largura, com um recobrimento de 3km entre as duas cenas imageadas pelos dois HRV. Duas órbitas adjacentes possuem uma distância de no máximo 108km.

Durante o período de 26 dias que separa duas passagens sucessivas do satélite na vertical de um mesmo ponto, e levando em conta a possibilidade de visada lateral, este mesmo ponto pode ser observado em 7 passagens, se ele estiver numa latitude de 0°, e em 11 se ele estiver numa latitude de 45°.

As visadas laterais permitem obter pares de imagens estereoscópicas de uma mesma cena, tomadas em ângulos diferentes, por ocasião das revoluções orbitais sucessivas do satélite.

Os dados recebidos pelas estações de recepção são divididos em pedaços, constituindo as cenas de 60km de largura (de 60 a 80km segundo o ângulo de visada), conforme uma grade predeterminada aplicada sobre a superfície terrestre. Os dados obtidos sofrerão correções radiométricas e geométricas preliminares. Todas as informações sobre o satélite SPOT foram obtidas do trabalho publicado pelo CNES (1982).

Os dados simulados SPOT utilizados neste trabalho foram obtidos em 23 de julho de 1982, na escala de 1:62.500, no módulo multiespectral (XS<sub>1</sub>, XS<sub>2</sub> e XS<sub>3</sub>) e no módulo pancromático (XP), abrangendo uma área de aproximadamente 108km<sup>2</sup>. Estes dados foram obtidos na vertical do satélite, não estando disponíveis visadas laterais.

### 3.2 - FOTOGRAFIAS AÉREAS INFRAVERMELHAS EM FALSA-COR

As fotografias aéreas infravermelhas em falsa-cor (na forma de transparências) foram utilizadas neste trabalho com o objetivo de servir de verdade terrestre para os dados da simulação SPOT. Elas foram obtidas juntamente com os dados simulados do SPOT (23/07/82), na escala original de 1:100.000. Para este trabalho, a escala utilizada foi de 1:25.000.

As transparências e as imagens da simulação SPOT são "copyright" do Institut Geographique National (IGN) e foram fornecidas ao autor pelo Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale (GDTA).

## 4. METODOLOGIA

A metodologia empregada para este trabalho constou de análise visual, trabalho de campo e análise digital dos dados simulados do SPOT.

As transparências coloridas em falsa-cor foram analisadas visualmente através dos critérios fotointerpretativos de tonalidade (cor) e textura fotográfica. A tonalidade variou do magenta (vegetação com alta densidade de massa foliar) ao amarelo (áreas de solo exposto). Tanto a tonalidade como a textura foram muito importantes para a caracterização das classes de vegetação florestal (densidade e estrutura dos povoamentos).

Os dados simulados do SPOT também foram analisados visualmente através da tonalidade (variação de tons de cinza) e textura fotográfica.

A análise digital dos dados simulados do SPOT foi realizada através do sistema de Tratamento de Imagens da IBM, para uma parte da área de estudo (la Forêt), utilizando o índice de vegetação, dado pela fórmula:

$$IV = \frac{XS_3 - XS_2}{XS_3 + XS_2},$$

onde:

$XS_2$  = resposta espectral na faixa do visível (vermelho),

$XS_3$  = resposta espectral na faixa do infravermelho próximo.

Este índice permite separar a vegetação clorofiliana do resto.

O mapa de classes de vegetação florestal, obtido a partir das transparências coloridas em falsa-cor, serviu como base para a localização das amostras de treinamento para a análise digital dos dados simulados do SPOT. Sobre uma composição colorida (canais  $XS_1$ ,  $XS_2$  e  $XS_3$ ) foram obtidas as características radiométricas (níveis de cinza) das classes analisadas.

O programa utilizado apresenta um histograma (correspondente a uma análise bidimensional sobre os canais  $XS_2$  e  $XS_3$ ), onde pode-se ver como as classes se comportam radiometricamente. Através da mudança dos limites do histograma pode-se modificar as características radiométricas de cada classe analisada.

O trabalho de campo permitiu identificar as espécies florestais, bem como classificar em termos de densidade e estrutura as classes de vegetação florestal da área de estudo. Foram feitos dois trabalhos de campo, um em abril e outro em junho de 1984.

## 5. RESULTADOS

A legenda das classes de vegetal florestal proposta para este trabalho foi definida em função da vegetação que ocorre na área de estudo e da escala do material utilizado (1:25.000 para as transparências coloridas em falsa-cor e 1:62.500 para os dados simulados do SPOT).

Deve ser ressaltado que, na França, as classes de vegetação florestal podem ser definidas pela densidade das copas das árvores adultas e pela idade e densidade do sub-bosque. Em vista disso, como não existem termos para definir estas classes, algumas delas permaneceram com o nome em francês.

As classes de vegetação florestal identificadas na área de estudo foram:

- 1) *Futaie*: caracterizada pelo conjunto de árvores de porte elevado (superior a 10 metros), de densidade variável (*futaie* densa ou esparsa), com cobertura vegetal que varia segundo a quantidade de luz que chega ao solo. Foram definidas três classes, segundo a densidade: *futaie 1*, *futaie 2* e *futaie 3*.

- 2) *Taillis*: Caracterizada pelo conjunto de arbustos de altura compreendida entre 3 e 10 metros, de densidade variável (*taillis* denso ou esparso), com algumas árvores bem esparsas e cobertura vegetal densa. Neste trabalho foi considerada apenas uma classe, o *taillis* adulto, pronto para ser explorado.
- 3) *Taillis sous futaie*: Caracterizada pela presença do *taillis* adulto, denso, sob *futaie* densa, onde as copas das árvores podem chegar a se tocarem, formando um conjunto que recobre totalmente o solo.
- 4) *Futaie com taillis jovem*: Caracterizada pela presença do *taillis* jovem sob a *futaie*, que pode variar a densidade das copas que formam o conjunto. De acordo com esta densidade foram definidas três classes: *futaie 1 com taillis jovem*, *futaie 2 com taillis jovem* e *futaie 3 com taillis jovem*.
- 5) *Mata de vertente*: Caracterizada pela floresta de encosta, ao redor dos platôs ocupados por áreas agrícolas. Possui as mesmas espécies que as classes *futaie* e *taillis*, servindo como uma floresta de proteção. É uma área não-explorada.
- 6) *Mata explorada*: Caracterizada por pequenos bosques que já foram explorados, restando pouco da vegetação original (*taillis* ou *futaie*).
- 7) *Resinosas*: Caracterizada pela ocorrência de espécies de resinosas como o *Pinus sylvestris*, *Pinus laricis* e *Picea excelsa*. Ocorrem em pequenas áreas ou dissimuladas dentro da *futaie* ou *taillis*.
- 8) *Áreas cortadas*: Caracterizada pela exploração (corte) do *taillis* e/ou da *futaie*, restando alguma vegetação herbácea ou de sub-bosque.
- 9) *Cerca-viva (sebe)*: Caracterizada por arbustos, com altura que varia até 3 metros, geralmente utilizada para a separação de pastagens ou como quebra-vento.

A caracterização dessas classes nas transparências coloridas em falsa-cor foi feita através da tonalidade (cor) e da textura fotográfica. A tonalidade estaria relacionada à maior ou menor densidade de massa foliar clorofiliana e a textura à densidade das espécies que compõem a *futaie* ou o *taillis*.

Assim, as classes de *futaie* apresentaram tonalidade magenta-escura, e através da densidade das copas foi possível separar as três classes de *futaie*. A classe *taillis* foi caracterizada pela cor magenta com textura lisa, e a *taillis sous futaie* pela textura pouco rugosa. As classes com *taillis jovem* foram identificadas pela cor magenta-clara (alta reflexão no infravermelho próximo) e pela textura de acordo com a densidade da *futaie*. A classe *resinosas* foi facilmente identificada pela tonalidade escura, o que indica a baixa reflectância no infravermelho próximo. A classe *mata explorada* apresentou tonalidade magenta, mosqueada de amarelo, azul e branco, correspondendo à maior ou menor reflexão da energia eletromagnética pelo solo. A classe *área cortada* foi caracterizada pela textura lisa e tonalidade que variou do magenta (vegetação clorofiliana) ao amarelo (solo exposto).

A Figura 1 apresenta o mapa das classes de vegetação florestal, obtido da interpretação das transparências coloridas em falsa-cor.



MAPA DA COBERTURA FLORESTAL DA REGIÃO DE VITTEAUX, FRANÇA — FOTOGRAFIAS AÉREAS INFRAVERMELHO FALSA-COR

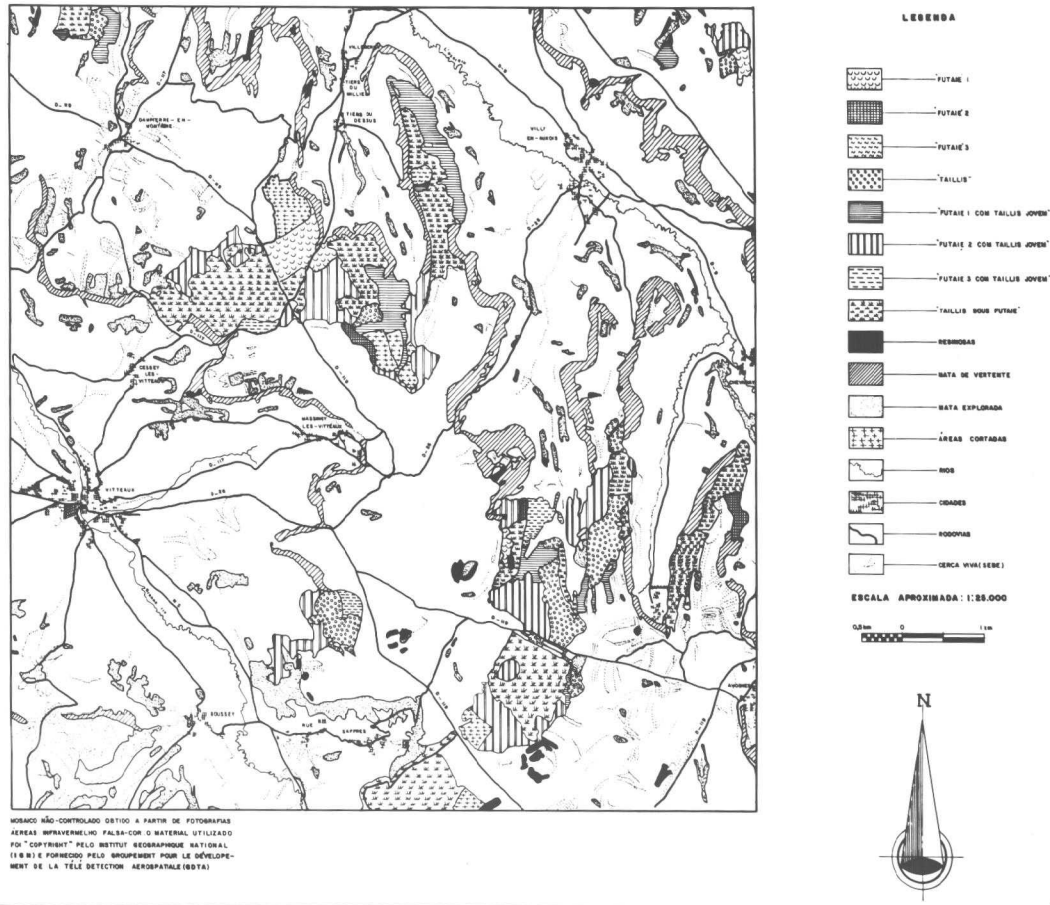


Fig. 1 - Mapa de cobertura florestal da região de Vitteaux, França, obtido a partir de transparências coloridas em falsa-cor.

As classes de vegetação florestal, obtidas a partir da interpretação visual dos dados simulados do SPOT, foram praticamente as mesmas, quando comparadas com as classes obtidas a partir de transparências coloridas em falsa-cor. Apenas as classes *futaie 1 com taillis jovem* e *futaie 2 com taillis jovem* foram agrupadas numa só classe.

Antes de comentar as classes definidas através dos dados simulados do SPOT, deve ser ressaltado que os dados utilizados não possuíam correção geométrica nem radiométrica. Em vista disto, as imagens apresentaram distorções no sentido N-S e a faixa à direita apresentou-se mais escura que à esquerda.

A interpretação visual dos dados simulados do SPOT foi baseada nas diferenças tonais e texturais dos alvos apresentados no módulo multiespectral ( $XS_1$ ,  $XS_2$  e  $XS_3$ ) e pancromático (XP).

Os canais  $XS_1$  (verde) e  $XS_2$  (vermelho), em termos de tonalidade, apresentaram praticamente a mesma resposta para a vegetação. Entretanto, o canal  $XS_2$  apresentou um maior contraste de tonalidade entre as classes de vegetação florestal, áreas agrícolas, pastagens e solo exposto. Para as classes de vegetação florestal, o canal  $XS_1$  mostrou maiores diferenças com relação ao canal  $XS_2$ .

A escala trabalhada (1:62.500) apresentou problemas de definição, pois nesta escala os "pixels" foram praticamente individualizados. Isto é válido para o módulo multiespectral (resolução de 20 metros), mas não para o pancromático (resolução de 10 metros).

O canal  $XS_3$  (infravermelho próximo) apresentou maiores diferenças tonais para a vegetação. Além disto, as diferenças de densidade da *futaie* ou do *taillis* foram melhor caracterizadas neste canal.

O canal XP (visível) mostrou-se excelente em termos de resolução espacial; mas como não possui o caráter espectral, sua utilização ficou limitada para a definição das classes de vegetação florestal. Apesar disto, os limites entre as classes de uso do solo foram bem definidos.

Alguns comentários sobre a resolução espacial e espectral devem ser feitos. Comparando as bandas espectrais, pode-se ver que as do SPOT são mais estreitas que as do MSS/LANDSAT; portanto com uma resolução espectral melhor. Para o canal XP (0,51-0,73 $\mu$ m) tem-se uma resolução espacial melhor (10 metros), mas com resolução espectral pior. Assim, deve-se questionar até que ponto a resolução espacial deve comprometer a resolução espectral e radiométrica. Neste trabalho, onde o objetivo era caracterizar a vegetação florestal, o caráter espectral foi muito mais importante que o espacial.

Como foi mencionado anteriormente, o número de classes obtido com os dados simulados do SPOT foi praticamente o mesmo com relação às transparências coloridas em falsa-cor. O que realmente modificou foram os limites entre as classes ou agrupamentos de classes.

Nos dados simulados do SPOT a classe *taillis sous futaie* englobou a maior parte da classe *taillis*, quando comparada com a interpretação das transparências coloridas em falsa-cor. Isto talvez seja explicado pela resposta espectral apresentada por esta classe nos dados simulados do SPOT, ou seja, tonalidade bem clara e textura lisa no canal  $XS_3$ , confundindo-se com a resposta da classe *taillis*. Outra explicação seria o problema de radiometria dos dados simulados do SPOT, explicado anteriormente.

As classes *futaie 1*, *2* e *3* apresentaram respostas espectrais diferentes nos dados simulados do SPOT, sendo que a *futaie 3* apresentou tonalidade mais escura e a *futaie 1* mais clara no canal  $XS_3$ . Esta diferença de tonalidade foi dada pela densidade das copas, permitindo uma maior penetração de luz. Estas classes também puderam ser separadas através da textura (rugosidade das copas) no canal  $XS_3$ .

A classe *futaie com taillis jovem* pôde ser separada em duas, em função da densidade da *futaie*: *futaie 1* mais densa (englobando *futaie 1* e *2*) e uma *futaie 2*, mais esparsa (*futaie 3*). A separação pôde ser feita no canal  $XS_3$ , onde a classe *futaie 2 com taillis jovem* apresentou tonalidade mais escura.

A classe *resinosas* foi a mais facilmente identificada, pois apresentou tonalidade escura, tanto no XS<sub>2</sub>, como no XS<sub>3</sub>. Comparando a interpretação dos dados do SPOT com a interpretação das transparências coloridas em falsa-cor, todas as áreas puderam ser caracterizadas.

A classe *mata de vertente* também pôde ser facilmente caracterizada, apresentando resposta espectral que variou do cinza-escuro nos canais XS<sub>2</sub> e XP, ao cinza-médio, mosqueado, no canal XS<sub>3</sub>. O elemento de interpretação-localização também ajudou na delimitação desta classe, pois ela ocorre nas bordas dos platôs.

A classe *áreas cortadas* apresentou tonalidade cinza-claro no canal XS<sub>2</sub> e cinza-médio no canal XS<sub>3</sub>. Algumas áreas apresentaram tonalidade cinza-médio no canal visível, talvez por já apresentarem vegetação clorofiliana, resultante do crescimento da vegetação herbácea.

A Figura 2 apresenta o mapa das classes de vegetação florestal da área de estudo, obtido a partir da interpretação visual dos dados simulados do SPOT.

Além da análise visual, os dados simulados do SPOT (módulo multi-espectral) foram submetidos a um teste de análise digital, utilizando o Sistema de Interpretação de Imagens da IBM. Foi utilizada apenas uma parte da área estudada (la Forêt), pois não houve condições de trabalhar toda a cena.

Utilizando o índice de vegetação, que permite a separação de classes de vegetação clorofiliana das outras classes de uso, foi possível a separação das classes de vegetação florestal.

Sobre uma composição colorida dos dados simulados do SPOT (canais XS<sub>1</sub>, XS<sub>2</sub> e XS<sub>3</sub>) e com base nas classes obtidas a partir das transparências coloridas em falsa-cor, foram coletadas amostras de treinamento, através de um cursor, para a análise digital.

Devido principalmente ao problema de radiometria apresentado pelos dados simulados do SPOT, os resultados obtidos foram apenas satisfatórios. Considerando que na área analisada (la Forêt) existiam seis classes de vegetação florestal, ocorreu superposição entre elas na classificação final. Apenas as classes *taillis sous futaie* e *resinosas* foram realmente bem classificadas, pois são duas classes espectralmente definidas.

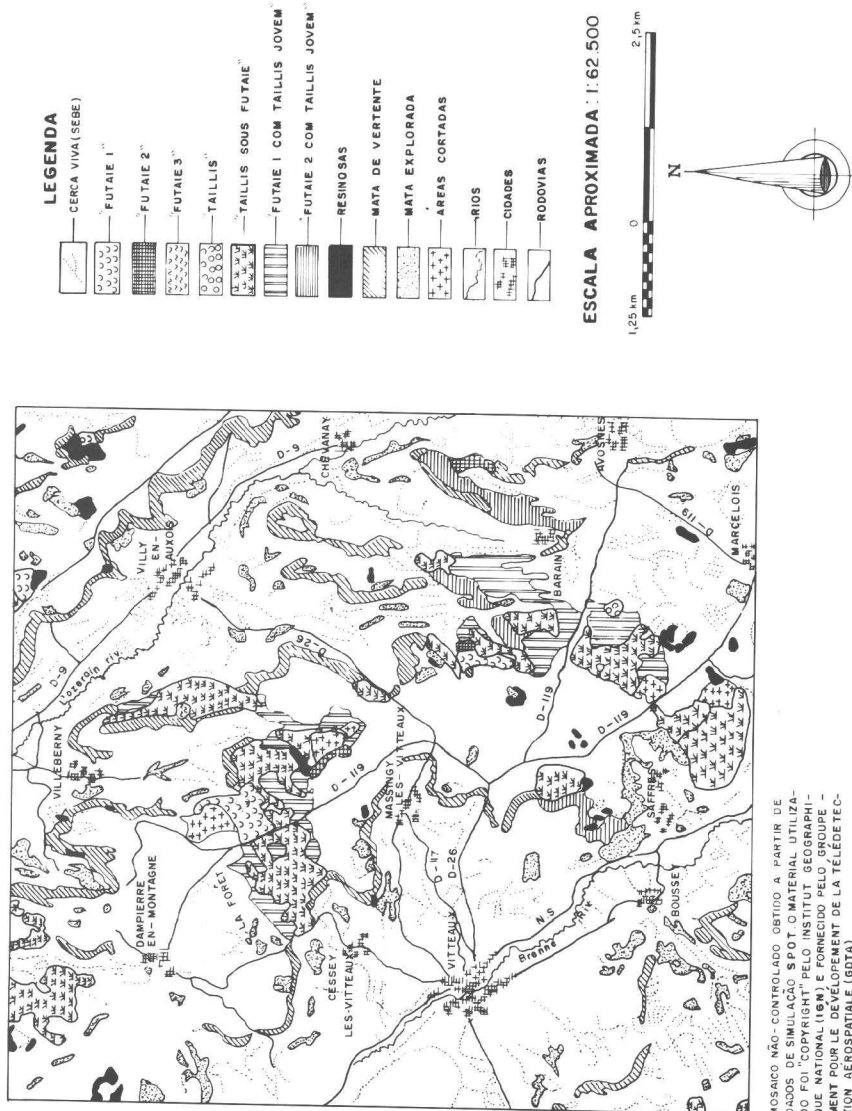
Para as outras classes, como são compostas de *taillis* e *futaie* as quais variam apenas a densidade, não foi possível obter uma boa definição. Talvez se tivesse havido mais tempo para a análise digital, um refinamento das amostras de treinamento, ou mesmo uma análise mais profunda dos histogramas (características radiométricas das classes), poderia ter melhorado a classificação.

Deve ser ressaltado que, os dados simulados SPOT colocam em evidência as diferenças de densidade e estrutura da vegetação e que visualmente estas diferenças podem ser caracterizadas. Na análise digital a textura fotográfica não é levada em conta; por isto, considerando apenas as características espectrais como critério de separação de classes, espera-se que as classes de vegetação florestal, bem como seus limites, sejam diferentes daquelas obtidas através de análise visual.



CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO  
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

MAPA DA COBERTURA FLORESTAL DA REGIÃO DE VITTEAUX, FRANÇA — DADOS DE SIMULAÇÃO SPOT.



SET/84

Fig. 2 - Mapa de cobertura florestal da região de Vitteaux, França, obtido através dos dados simulados do SPOT.

## 6. CONCLUSÕES

Apesar de ter usado neste trabalho apenas dados simulados do SPOT monotemporais e tomados na vertical, e ainda apresentando problemas radio métricos e geométricos, pôde-se chegar a algumas conclusões durante a sua utilização na caracterização da vegetação florestal, para a região estuda da.

Em termos de resolução espacial e espectral, os dados simulados do SPOT são extremamente interessantes para a solução deste problema, sobretu do quando se utiliza a textura para a caracterização dos povoamentos) flo restais.

Os dados simulados do SPOT colocam em evidência, na floresta, as diferenças de densidade e estrutura dos povoamentos. Estas diferenças de vem ser estudadas (tendo em conta a heterogeneidade dos povoamentos segun do uma análise textural, levando em conta as vizinhanças de cada "pixel".

Estudos mais aprofundados sobre a textura das imagens, radiometria e mesmo sobre a estereoradiometria deverão ser realizados para mostrar se é possível melhorar a caracterização das classes de vegetação florestal.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDET, R.; ROCHON, G. Cartographie écologique à l'aide de données SPOT simulées. In: ROCHON, G.; CHABREUIL, A., ed. *Colloque sur le système SPOT d'observation de la terre*; Comptes rendus du colloque réalisé à Montréal, Québec, Canada, du 12 au 14 mai, 1982. Association Québécoise de Télédétection e Societé Française de Photogrammétrie et de Télédétection, 1982, p. 125-131.
- BUGNON, F.; RAMEAU, J.C.; BRUNAUD, A. Études sur les séries de végétation en Bourgogne: les types forestiers correspondant aux feuilles 34 (Dijon) et 41 (Autun) de la Carte de Végétation. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 128(3-4):7-20, 1981. (Actual. bot.).
- CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES (CNES). *SPOT Système de télédétection par satellite*. Toulouse, França, Sept. 1982.
- GIRARD, C.M. Aide apporté par la télédétection à la cartographie des prairies permanentes. *Agronomie*, 4(3):231-243, 1984.
- GUYON, D.; RIOM, J.; SELLERON, G. Simulations SPOT sur la forêt landaise. In: ROCHON, G.; CHABREUIL, A., ed. *Colloque sur le système SPOT d'observation de la terre*; Comptes rendus du colloque réalisé à Montréal, Québec, Canada, du 12 au 14 mai, 1982. Association Québécoise de Télédétection e Societé Française de Photogrammétrie et de Télédétection, 1982, p. 205-213.
- LONCHAMP, L.P. *Étude phytoécologique et essai de typologie des prairies permanentes de l'Auxois*. Thèse de Docteur en Sciences Biologiques (Mention Biologie Végétale). Université de Franche-Comté, Besançon, França, 1977. 123 p.

RIOM, J.; MOUHOT, P.; TORRES, C. Simulations SPOT: le dépérissement du Chêne en forêt de Tronçais. In: ROCHON, G.; CHABREUIL, A., ed. *Colloque sur le système SPOT d'observation de la terre*; Comptes rendus du colloque réalisé à Montréal, Québec, Canada, du 12 au 14 mai, 1982. Association Québécoise de Télédétection e Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection, 1982, p. 275-279.

ROL, R. *Flore des arbres, arbustes et arbrisseaux: plaine et collines*. Paris, La Maison Rustique, 1962.