

UTILIZAÇÃO DE DADOS MSS-TM/LANDSAT PARA ESTUDO DA
OCUPAÇÃO DOS SOLOS NA ZONA DE MARÍLIA - SP

Mário Valério Filho
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

Joel Pellerin
Centre de Géomorphologie - Caen - França

~~Marc~~ Jean Pouget
ORSTOM - Bondy - França

Maria Aparecida Santana
Universidade de São Paulo - USP

Os trabalhos sobre a dinâmica do meio físico, devem levar em conta o acompanhamento do impacto causado pela ocupação do solo, principalmente em áreas sensíveis a processos erosivos. Para avaliar a evolução do meio físico, foram realizados levantamentos sistemáticos em áreas piloto na região de Marília, acompanhadas de estudos pedológicos e sobrevôo destas áreas. Posteriormente, através de sistemas de análise de imagens multiespectrais, foram processados os dados obtidos pelo sensor MSS/LANDSAT para as estações seca e chuvosa, através de um algoritmo de classificação por hipercubos. A classificação temática resultante demonstrou que algumas classes de uso do solo ficaram bem definidas, mesmo com a análise unitemporal, enquanto outras só foram individualizadas através de tratamento multitemporal. Os dados TM/LANDSAT analisados demonstraram que a melhor resolução espacial, contribuiu de forma decisiva para uma melhor classificação onde a parcelamento e relevo são muito diversificados. Através das composições coloridas é possível uma análise geomorfológica essencial à temática da pesquisa e à melhor interpretação e utilização dos dados obtidos pelo sensor TM/LANDSAT, através de um acompanhamento criterioso das condições de ocupação do solo.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 23 800

Cote : B

12.8.1987

SP ex 1
M°

UTILISATION DES DONNEES SPATIALES MSS ET TM POUR L'ETUDE DE
L'OCCUPATION DES SOLS DANS LA ZONE DE MARILIA, SP, BRESIL

Mario Valerio FILHO, I.N.P.E., Sao José dos Campos, SP, Brésil

Joël PELLERIN, CNRS, Centre de Géomorphologie, Caen, France

~~Marcel Jean~~ POUGET, O.R.S.T.O.M., Bondy, France

Maria Aparecida SANTANA, Univ. Sao Paulo, Géographie, SP, Brésil

Dans les recherches sur la dynamique du milieu physique que nous menons, la connaissance de l'impact des types d'occupation des sols est essentielle à suivre dans une région où l'érosion des sols a des proportions considérables. Or les modes d'occupation des sols changent depuis quelques années; ainsi, par exemple, après la régression du café, on assiste depuis 3 à 4 ans à l'intensification des pâturages par conversion de grandes surfaces en pâturages artificiels.

En vue de réactualiser d'abord les couvertures aériennes dont la dernière date de 1972 et surtout de suivre l'évolution des types d'occupation du sol, nous avons débuté, il y a trois ans, des travaux sur l'occupation des sols par utilisation de données MSS, seules disponibles à cette date. Des relevés systématiques de terrain dans trois zones tests d'environ 4 x 4 km, accompagnés de prises de vue aériennes ont été effectués en particulier sur des zones où sont poursuivies par ailleurs des études pédologiques. Des classifications selon les méthodes utilisables à l'ORSTOM (hypercubes) ont ensuite été effectuées, accompagnées de sorties graphiques sur une image de saison humide et une de saison sèche. Nous avons essayé de mettre en évidence une quinzaine de thèmes dont certains n'ont posé aucun problème même en mode monotemporel, tandis que d'autres ne peuvent être séparés que par des traitements multitemporels: l'expérience confirme les essais auxquels certains d'entre nous ont déjà été associés en zone tempérée humide.

Nous poursuivons actuellement l'expérience précédente sur des données TM (visible, IR proche et moyen) en explorant les améliorations apportées par la ^{visualisation} ~~visualisation~~ spatiale d'une part, par l'apport des canaux 5 et 7 d'autre part. Les résultats en cours sont les suivants: - l'apport de la résolution spatiale est capitale pour la région où parcellaire et relief sont assez contrastés. Cela permet d'abord, à partir de compositions colorées variées, une analyse géomorphologique essentielle à notre thématique de recherche. Les plus inté-

ressantes de ces compositions nous paraissent les suivantes avec, par ordre d'intérêt: 7-5-4 et 1-4-5 associées, 2-3-4, 1-2-3;

- l'accès à l'hétérogénéité des parcelles ou groupes de parcelles oblige à effectuer des classifications sur des zones réduites par masques avec un découpage en fonction des unités géomorphologiques;

- l'interprétation et l'utilisation complète des données ne peuvent être effectuées qu'avec une connaissance beaucoup plus approfondie du terrain qu'auparavant et exige donc la mise en place d'observatoires "permanents".

6

Dans le cadre général d'un projet d'étude de la couverture pédologique en vue de son aménagement à quelque titre que ce soit (agriculture, forêt, hydrologie, urbanisme, travaux publics, prospection géologique ou minière...), l'impact de l'occupation humaine sur les sols fait partie intégrante de leur histoire et de leur fonctionnement(1). Or les modalités de cette occupation peuvent varier très rapidement, aussi nous préoccuons-nous de la réalisation d'une carte d'occupation des sols aussi détaillée que possible. Dans la région de Mariliá (S.P.), un des problèmes est de savoir quel impact les modes d'occupation du sol ont sur le déclenchement et l'évolution des phénomènes d'érosion qui portent des préjudices financiers quasi-annuels à toutes les exploitations. Or les seules couvertures aériennes détaillées datent de 1962 et 1972, il est donc nécessaire de les remettre à jour, d'autant que l'on assiste depuis une dizaine d'années à des profondes modifications dans l'occupation du sol de la région :

- régression du café après les gels successifs depuis 1975, accompagnée de l'abandon des sections de versants les plus sensibles à l'érosion et donc trop contraignantes à entretenir,

- extension rapide depuis cinq ans des pâturages artificiels (en particulier du *Brachiaria*) laissant le sol à nu et mal couvert pendant quelques mois après le labour. Nous avons pu en noter les conséquences néfastes lors de fortes pluies de 1982-83, phénomène climatique fréquent dans la région (2).

1. DONNEES DE BASE

Calendrier du cycle végétatif régional (fig. 1) et cartes de quelques zones représentatives des types d'occupation du sol de la région (fig. 2) constituent les documents préalables indispensables à toute interprétation.

Les cartes des zones-tests établies à partir de la couverture aérienne de 1/25 000 de 1972 remise à jour par levés au sol et prises de vues aériennes à basse altitude faites en saison sèche et humide sont tenues à jour depuis 3 ans. Elles faisaient l'objet d'une actualisation annuelle pour les premiers traitements sur données MSS ; l'exploitation de données TM montre que l'accès à l'hétérogénéité des parcelles due

surtout à l'amélioration de résolution exige un suivi beaucoup plus fréquent : on s'achemine vers la nécessité d'avoir des observations permanentes de terrain afin d'optimiser l'utilisation des données disponibles.

Quatre zones ont été choisies comme représentatives :

- une zone de grande culture de canne (Usina Paredão près d'Oriente)
- une zone de plateau supérieur avec plantation de café (Padre Nobrega)
- une zone des plateaux inférieurs à grandes fazendas d'élevage (Corrego Barbosa)
- une zone mêlant élevage et petits exploitants pratiquant la polyculture (Avencas).

Sur l'ensemble de la région nous possédons par ailleurs des cartes de formation et géomorphologiques à 1/100 000 (3) ainsi que localement des cartes détaillées de sols en courbes d'isodifférenciation élaborées dans le cadre de notre programme de recherches en cours (4).

La morphologie est marquée par l'existence d'un escarpement gréseux très festonné haut de 100 à 150 mètres qui sépare un plateau doucement ondulé en larges interfluves (altitude 620 à 670 mètres) et un bas niveau dans lequel s'est enfoncé le réseau du Rio de Peixe et de ses affluents. Sur les différents niveaux les couvertures meubles présentent des profils à forte différenciation pédologique. Les falaises verticales de grès qui séparent les deux grands ensembles sont marquées par des ombres fortes sur tous les enregistrements satellitaires ; ailleurs les surfaces réellement planes ne sont jamais très étendues et l'exposition restera toujours un facteur à prendre en considération.

2. TRAITEMENTS NUMERIQUES DE DONNEES MSS : les problèmes régionaux posés à l'interprétation

Les premiers traitements d'images ont été faits sur données Landsat 2 : une image de saison sèche (11/08/78) et une de saison humide (14/01/82) disponibles ont été traitées complètement après des essais sommaires sur deux autres images. Les classifications réalisées soit à l'INPE (maximum de vraisemblance), soit à l'ORSTOM (analyse multivariable de type hypercube (5) (6)) donnent des résultats voisins :

(4)

a) CERTAINS THEMES NE POSENT PAS DE PROBLEMES PARTICULIERS :

- forêts, sols nus et surfaces urbanisées (noyau antérieur à 1972 et extension de la ville de Marilia qui a doublé de superficie en 10 ans) sont parfaitement différenciés en saison humide (vérification d'extension par sondages sur des superficies limitées) ; il en est de même d'une partie des bois d'eucalyptus adultes,

- les résultats sur la canne à sucre sont meilleurs en saison sèche qu'en saison humide où il y a de trop fortes confusions avec les graminées de grande hauteur qui envahissent tous les pâturages naturels des pieds de corniches,

- les végétations de fond de vallée donnent des réponses semblables aux deux saisons ; mais elles se confondent toujours avec les plantations d'orangers (peu importantes en superficie).

b) POUR TOUS LES AUTRES THEMES (café, pâturages naturels divers entretenus ou plus ou moins dégradés, pâturages artificiels, cultures annuelles) les résultats obtenus en traitement monotemporel s'ordonnent de façon classique dans un "continuum" allant des paysages avec de moins en moins de ligneux aux prairies naturelles et aux cultures annuelles plus ou moins "actives" et couvrantes. Dans cet ensemble, les résultats les moins bons concernent le café dont les parcelles se répartissent en diverses classes allant de la forêt aux cultures selon la hauteur des arbustes, leurs transparence au sol et les pratiques culturales saisonnières effectuées entre les rangées de plants (sols nus, cultures intercalaires de maïs, haricot, riz sec, herbe...) ; seules quelques plantations à grandes parcelles ayant des arbustes de taille moyenne (1,5 à 2,00 mètres de haut) sont localement bien identifiables. En saison humide prairies et cultures ont la même réponse spectrale ; on sépare mieux les classes de prairies en saison sèche.

La carte obtenue aussi finement que l'on puisse subdiviser les thèmes ne reste cependant qu'une carte radiométrique liée aux états de surface de la végétation et des sols à une date donnée ; elle est certes un élément important du fonctionnement du paysage, mais ce n'est qu'une première approche à la carte d'occupation du sol qui ne sera obtenue que par traitements multitemporels avec introduction éventuelle de données externes à l'image. Pour ce faire il y a nécessité d'utiliser des données multitemporelles d'un même cycle végétatif, mais avec des contraintes supérieures à celles que l'on rencontre en zone tempérée (7) (8) compte

tenu de la diversité et de la longueur de certains cycles végétatifs et du fait qu'une partie de la végétation reste active toute l'année. Etant donné le coût et les difficultés qu'il y a à superposer parfaitement plus de deux images MSS et l'inadéquation de ces données à toute une partie du parcellaire de la région de Marilia nous n'avons pas tenté de perfectionner les sorties graphiques, restant seulement à une comparaison visuelle des résultats obtenus en mode monotemporel. Cela se justifie d'autant que les données TM étaient disponibles à partir de 1985.

3. L'APPORT DES DONNEES TM DANS LA GAMME VISIBLE, IR PROCHE ET MOYEN

3.1. L'ETUDE DES COMPOSITIONS COLOREES

L'amélioration évidente est apportée par la résolution qui fait des données TM des documents utilisables même en interprétation visuelle comme tout document aérien à petite échelle. Nous en ferons usage dans notre programme de généralisation cartographique sur le milieu physique au même titre que les photographies Spacelab (9). Cette amélioration spatiale est inséparable de l'amélioration spectrale, ce que les nombreuses combinaisons possibles de canaux permettent de mettre en évidence ; la couverture radiométrique de chacun d'entre eux étant ainsi visualisée la préparation à l'analyse numérique en est d'autant facilitée et le coût de mobilisation des systèmes de traitement abaissé.

Dans toute la gamme de compositions colorées réalisables sur les 6 canaux utilisés nous avons pour cette étude sur l'occupation du sol en zone couverte de végétation travaillé surtout sur des compositions colorées comprenant le canal 4. Nous avons ainsi réalisé 10 types de composition dont les plus utiles nous paraissent être les suivantes (avec par ordre la coloration des canaux : 1er en bleu, 2ème en vert, 3ème en rouge) :

-1.2.3. : l'aspect "couleurs naturelles", malgré le flou du document dû à la diffusion permet d'éviter les erreurs d'interprétation possibles sur les compositions utilisant les seuls canaux infra-rouges. On peut améliorer la "netteté" visuelle de cette composition par l'utilisation des canaux 1-2-7, composition dans laquelle l'effet de diffusion atmosphérique est diminué ; le remplacement du 3 par le 7, les deux canaux étant

assez bien corrélés, se justifie dans la mesure où tous les thèmes sont ordonnés de la même façon (fig. 3). Enfin la dynamique du canal 7, est bien étalée dans les hautes valeurs correspondant aux sols nus (fig. 3) leurs divers états de surface sont ainsi bien mis en valeur : cette composition prendrait tout son intérêt dans des zones à surfaces dénudées importantes.

- 2-3-4 : la classique "standard fausses couleurs" ne sert que comme guide d'interprétation des différences d'activité chlorophyllienne de la végétation.

- 7-5-4 : l'intérêt de cette composition dépasse le strict cadre d'étude de l'occupation de sol, elle représente à notre avis une base de travail au même titre que la composition dite standard ; -les zones à Végétation active y restent d'ailleurs codées en rouge. Le parcellaire est perceptible. Jouant sur l'activité chlorophyllienne la teneur en eau des végétaux et le pourcentage des ligneux, la seule visualisation permet déjà de séparer végétation active et peu active : ainsi en saison sèche les prairies paraissent en vert et bleu vert, la canne à sucre en rouge...

Pour les études sur le milieu physique toutes les formes de relief sont très nettement visualisées par les effets d'ombre ; cependant dans les zones à ombres très fortes (ici corniches de grès verticales) on peut avoir intérêt à effectuer une combinaison 4-5-7 qui diminue ces effets d'ombre mais réduit visuellement les contrastes entre les végétations du même type (pâturages). La composition 5-7-4 donne un résultat quasi-équivalent à 7-5-4 ou 1-4-5 en rehaussant cependant les contrastes sur les extrêmes.

- 1-4-5 et 1-5-4 : constituent des documents complémentaires de 7-5-4 qui contient déjà la plus grande partie des informations dont quelques-unes sont ici mieux visualisées. Ce sont des documents utiles pour le dessin du parcellaire et plus généralement de toutes les formes linéaires et réseaux : cours d'eau, réseau urbain et routier, talus anti-érosifs construits dans les grandes plantations de canne. La composition 1-4-5 fait apparaître les cours d'eau en bleu foncé à partir d'une dizaine de mètres de large seulement ; une texture très nette des forêts et de tous les bosquets à partir de quelques arbres (groupes de manguiers)

permet de les séparer parfaitement des plantations arbustives dont la texture apparaît lisse (caféiers). La composition 1-4-5 permet de percevoir des détails dans les zones à végétation active, la 1-5-4 dans les zones à sols nus (exemple : les talus anti-érosifs des plantations de canne).

- une composition colorée plus complexe par **addition des canaux 1+2+3 en bleu, 5+7 en vert associée au 4 en rouge** constitue une synthèse des meilleures compositions ; les réseaux notés précédemment sont particulièrement nets, quelques grandes voçorocas perpendiculaires à l'éclairement solaire peuvent même être identifiées. Mais surtout des nuances multiples apparaissent sur les surfaces en végétation : la texture des forêts est conservée ; sur des zones étendues comme les pâturages du niveau inférieur le document peut constituer une base à la cartographie détaillée (en vue d'une utilisation agronomique par exemple), le zonage visualisé ne pouvant être interprété qu'à condition de posséder un suivi très complet de terrain permettant de comprendre la signification de toutes les hétérogénéités constatées.

On constatera que du point de vue des thématiciens, les meilleures compositions sont celles qui comprennent toujours un ou deux des nouveaux canaux TM ; nous retrouvons les conclusions de Ch. Sheffield (10) qui se basaient sur le contenu statistique des canaux de plusieurs images TM.

3.2. RESULTATS DE L'ANALYSE NUMERIQUE

Elle a été faite à l'ORSTOM sur l'image TM 221-75 C du 30/06/85 avec la même optique que précédemment : faire apparaître tous les thèmes d'occupation du sol et obtenir un résultat valable sur une zone de 30x40 km après avoir travaillé à partir des quatre zones connues de 256x256 pixels. Nous avons l'intention aussi de vérifier l'apport des nouveaux canaux 5 et 7 comme moyen d'arriver à une utilisation plus réduite du nombre nécessaire d'images : la totalité du programme n'est pas terminée mais nous donnons ci-après les premiers résultats obtenus.

3.2.1. démarche suivie pour l'analyse multivariable

- étude de la dynamique des canaux et de leurs relations : histogrammes de fréquence et histogrammes bidimensionnels,

- analyse de la réponse spectrale de chacun des thèmes repérés sur les compositions colorées à partir de 98 polygones d'entraînement connus sur le terrain (fig. 4). Le tableau de valeurs minima, maxima, moyenne et variance ainsi établi pour les 6 canaux permet de voir quels sont les canaux les plus discriminants par rapport aux thèmes retenus. Pour l'image de saison sèche du 30/06/85 on a retenu les canaux 3-4-5-7 ; ces canaux ont fait alors d'objet d'un seuillage qui va permettre l'analyse du type hypercubes (le résumé des opérations est visualisé sur la figure 3). Quelques remarques valent la peine d'être notées :

. les canaux 1 et 2 très fortement corrélés ont une dynamique très faible,

. le canal 1 non retenu car doublant des informations plus complètes sur d'autres canaux permettrait de séparer les thèmes en 3 groupes : arbustif/non arbustif/sols nus,

. les canaux 3 et 7 ne sont pas complètement corrélés, mais les thèmes y sont ordonnés dans le même sens et la dynamique du canal 7 est supérieure à celle du canal 3,

. le canal 5 a la plus forte dynamique : on constatera qu'il intervient beaucoup dans les résultats de la classification,

. l'influence de l'exposition se marque le plus sur le canal 4 (tableau ci-dessous) :

Tableau 1 - Influence de l'ombre sur les moyennes des valeurs radiométriques des principaux thèmes de végétation :

		TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
Mata	a sombra	48	17	14	16	11	2
	ao sol	52	20	19	43	36	7
Pastagem	a sombra	57	25	24	37	75	22
	ao sol	59	27	35	46	85	28
Cana	a sombra	56	24	25	45	45	11
	ao sol	58	26	26	64	53	12

- réalisation de la classification, regroupement des lots à l'écran en mode interactif et tracé en couleur de la classification avec individualisation de 20 thèmes se regroupant selon les 9 grands ensembles du tableau 2,

- validation des résultats par sondages localisés : le résultat global sur les surfaces délimitées est nettement meilleur que ce qu'on obtenait avec les données MSS en monotemporel sauf en ce qui concerne les forêts. Le problème de l'individualisation de café n'est pas résolu.

3.2.2. La séparation forêt/café par un algorithme de texture

Radiométriquement on constate que le café est à un carrefour entre tous les thèmes (fig. 5). Si plusieurs d'entre eux (sols nus, canne, pâturage) peuvent être isolés par utilisation de données multitemporelles ce n'est pas le cas pour la forêt toujours active. Aussi a-t-on tenté avec succès d'utiliser un algorithme très simple (Lortic/Rakoto), test d'homogénéité local (11) qui consiste dans le calcul d'un indice qui est la moyenne des valeurs absolues des différences de quatre pixels contigus au pixel central ; un lissage pondéré (fonction du Pericolor 1000) et un seuillage en 3 classes terminent l'opération. Le résultat du test d'homogénéité est applicable aux lots café/forêt du résultat de la classification.

(10)

Tableau 2 - Commentaire de la légende de la classification
sur TM 281-75c du 30/06/85 (ORSTOM/ATOB/85)

Thèmes	Canaux ayant le plus de poids dans la discrimination	Validation
Eau	Canal 4 - Très faibles valeurs sur tous les canaux	Excellent - Aurait pu être subdivisé en 2 groupes (eaux turbides/eau claire). Thème ayant peu d'extension dans la zone
Végétation arborée et arbustive	Subdivision en 4 sous-groupes séparés selon les valeurs croissantes du canal 5 : eucalyptus/forêt-café très dense/forêt-café moins dense/diverses végétations arbustives	La forêt discriminée en toutes saisons sur MSS est ici mêlée à d'autres thèmes. Le problème du café n'est pas résolu (cf. plus loin)
Canne et caféier	Canal 4 (hautes valeurs)	Excellent. La canne est la principale culture "active" en saison sèche. Quelques confusions locales café/canne à l'ombre sur la classification finale regroupant toutes les zones
Fonds de vallée.. Pâturages à ombres fortes et très dégradés (voçorocas). Brûlis.	Zones à faible luminance sur tous les canaux subdivisées en 3 sous-groupes grâce à l'apport du canal 7	Classes mixtes à différencier en mode multitemporel (cependant problème de résolution insuffisante)
Pâturages naturels	Individualisation par le canal 5 et subdivisés en 3 groupes selon l'exposition (canal 5 : 1er et 2ème groupe) et le degré de couverture végétale à sol (canal 7 : 3ème groupe)	Classes les plus importantes en superficie. Les résultats excellents sur les états de surface des pâturages constituent l'apport principal des données TM
Pâturages artificiels (Brachiaria)	Séparés des pâturages naturels par les hautes valeurs sur le canal 3 (2 classes : ombre et soleil)	Id. Pâturages naturels. La distinction d'avec les pâturages naturels est en relation avec : la couleur (vert jaune de Brachiaria), et sans doute la "rugosité" plus faible de l'aspect de surface (augmentation de la brillance)
Jeunes cultures actives	Canal 4. Très hautes valeurs - subdivisées en 2 classes par apport du canal 7 (taux de couverture végétale au sol)	Excellent
Sols nus	Discriminés sur canaux 3 et 7. Des zones linéaires de sable blanc parfaitement identifiables par leur radiométrie élevées sur tous les canaux soulignent des zones d'alluvionnement dans les axes de drainage et les voçorocas les plus importants	Toujours bien individualisés. Les différenciations qui apparaissent ne sont liées qu'aux façons culturales en saison sèche : les sols sont en effet battants; en fin juin 1986, ils sont très secs et l'influence de la couleur et de l'humidité nettes en saison humide entre sols de plateau et sols de niveau inférieur a disparu.
Ville		Non étudiée spécifiquement dans la classification

CONCLUSION

Nous plaçant dans l'optique du thématicien, nous avons avec l'expérience sur données MSS essayé de voir quels étaient les apports des données TM à l'identification des thèmes d'occupation du sol, quels problèmes étaient résolus, quels nouveaux problèmes apparaîtraient. La démarche sera poursuivie afin de confirmer ou d'infirmer les estimations auxquelles nous arrivons.

a) COMPARAISON DES RESULTATS MSS/TM

L'apport capital est une conséquence de l'amélioration de la résolution spatiale qui permet d'aborder la cartographie à des échelles moyennes ; désormais il est intéressant d'essayer de pousser à fond les traitements dont les résultats peuvent être validés en permanence en chaque point parfaitement localisé. A l'inverse cependant l'accès à l'hétérogénéité des parcelles semble constituer une difficulté supplémentaire à la généralisation cartographique des résultats.

Pour la région de Marilia sur une image de saison sèche l'apport du canal 5 est fondamental : nous avons pu séparer correctement pour la première fois les pâturages du reste de la végétation. Le canal 7 permet de discriminer finement les variations du taux de couverture végétale même en végétation très peu "active" ; il met en évidence de nombreuses variations des sols nus.

b) DU POINT DE VUE METHODOLOGIQUE :

Nous avons pu constater que :

- l'ensemble des données TM revalorise l'analyse visuelle des compositions colorées qu'il convient de ne pas négliger, certaines pouvant être déjà un zonage thématique très fiable,

- l'approche de l'exploitation complète des données TM exige la multiplication des informations de terrain : on s'achemine vers la nécessité d'avoir des observatoires permanents afin d'utiliser pleinement et de pouvoir interpréter ce que permet la précision cartographique ; celle-ci est telle que sur les ensembles homogènes (canne, pâturage) on peut mettre en évidence (et ainsi suivre sur plusieurs saisons...) de multiples nuances en relation avec la topographie, les sols, le taux de couverture végétale, les façons culturales,

- l'accès à la moyenne échelle permet d'envisager avec une complexité croissante la cartographie thématique de l'occupation du sol même dans des zones où le parcellaire est petit ; dès lors les traitements multitemporels doivent être systématiquement utilisés puisque leur efficacité n'est plus à démontrer (8). En ce qui concerne la région nous préconisons l'utilisation au maximum de trois dates qu'il convient de continuer à tester : début de saison humide/fin de saison humide/saison sèche; les deux premières dates servent en particulier à mettre en évidence les types de cultures annuelles (fig. 1),

- quelques problèmes peuvent être traités par des traitements particuliers parmi lesquels les tests de texture sont à développer (exemple séparation café/forêt).

REMERCIEMENTS

Le travail est réalisé dans le cadre d'un projet de recherches CNRS/CNPq et CAPES/COFECUB n° 35/80. Nous remercions les directeurs de l'INPE et de l'ORSTOM pour les facilités qu'ils nous ont accordées.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) QUEIROZ-NETO J.P., RUELLAN A. e PELLERIN J., 1986. Analise estrutural da cobertura pedologica : uma experiencia de ensino e pesquisa - *Bol. brasil. de Ciencia do Solo*, sous presse.
- (2) PELLERIN J., QUEIROZ-NETO J.P., HERZ R., 1975. Formations superficielles et érosion des sols dans la région de Marília (S.P.) lors des pluies exceptionnelles du 2 au 4 octobre 1972. Comm. Int. Symposium on the Quaternary (Southern Brazil, July, 15-31, 1975), *Bol. Paranaense de Geociencias*, n° 33, Curitiba, p. 37.
- (3) QUEIROZ-NETO J.P., JOURNAUX A. e al., 1978. Carta geomorfologica e carta de formações superficiais do vale do Rio do Peixe em Marília, S.P., 1/100 000. 2 cartas em cores e memoriais explicativos, *Sedimentologia e Pedologia*, n° 10 e 11, U.S.P., Geografia.
- (4) FERNANDES-BARROS O.N., 1985. Analise estrutural e cartografia detalhada de solos em Marília, S.P. : ensaio metodologico - Dissertação de mestrado de Geografia fisica, FFLCH-USP, 146 p.
- (5) ORSTOM, 1978. Analyse multivariable ; procédure "Loterie" ; applications à l'analyse multispectrale en Télédétection - I.D.T., n° 34, 42 p. ORSTOM éd.
- (6) POUGET M., LORTIC B., SANISSI A., ESCADAFAL R. e MUTIMET A., 1984. Contribution of Landsat data to mapping of land resources in arid regions ("Tatahouine" and "Zarzis" sheets of 1/200 000 Soil Maps of Tunisia). 18 th. Int. Symp. on Remote Sensing and Environment, Paris, France, oct. 1-5, 1984.
- (7) BRUNET P., DIONNET M.C., FOIN P., HELLUIN M., LAVOLLE M. et PELLERIN J., 1984. Deux ans de recherches sur l'utilisation de la télédétection pour l'étude de l'occupation du sol dans le Calvados - Bull. du Centre de Géomorphologie n° 28, p. 26-27, 2 pl. h.t., couleur.

- (8) IGN/SAN, 1986. Rapport sur l'action de recherche "Carte d'occupation" des sols du Calvados, France", sous presse.

- (9) HELLUIN M. et PELLERIN J., 1985. Interprétation morpho-structurale du Bocage normand à partir des photos IRC de la mission Space-lab 1 - *Bull. Soc. Fr. Photog. et Télédétection*, 1985-3, p. 27-33.

- (10) SHEFFIELD Ch., 1985. Selecting band combinations from multispectral data - *Photog. Engineering and Remote sensing*, vol. 51, n° 6, p. 681-687.

- (11) ORSTOM. Bibliothèque des programmes de l'Atelier de Télédétection de l'ORSTOM à Bondy (ATOB).

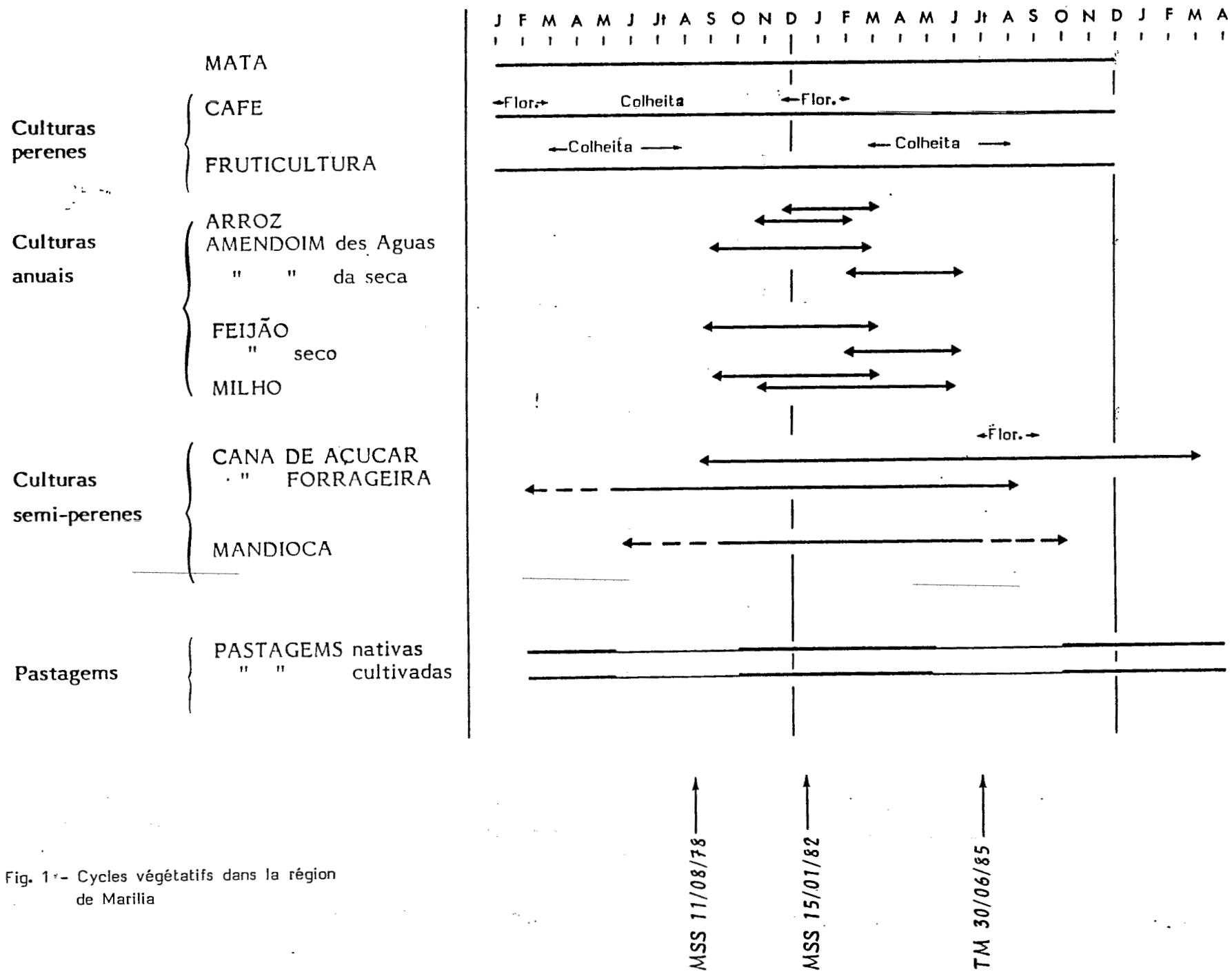
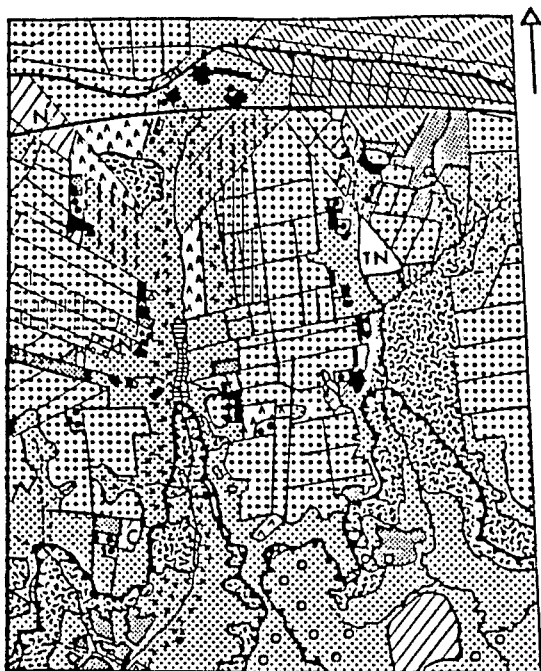


Fig. 1*- Cycles végétatifs dans la région de Marília



Area de Padre Nobrega



Area de Corrego do Barbosa



























1000m



Area de Avencas

Fig. 2 - Cartes d'occupation des sols (1984-1985)

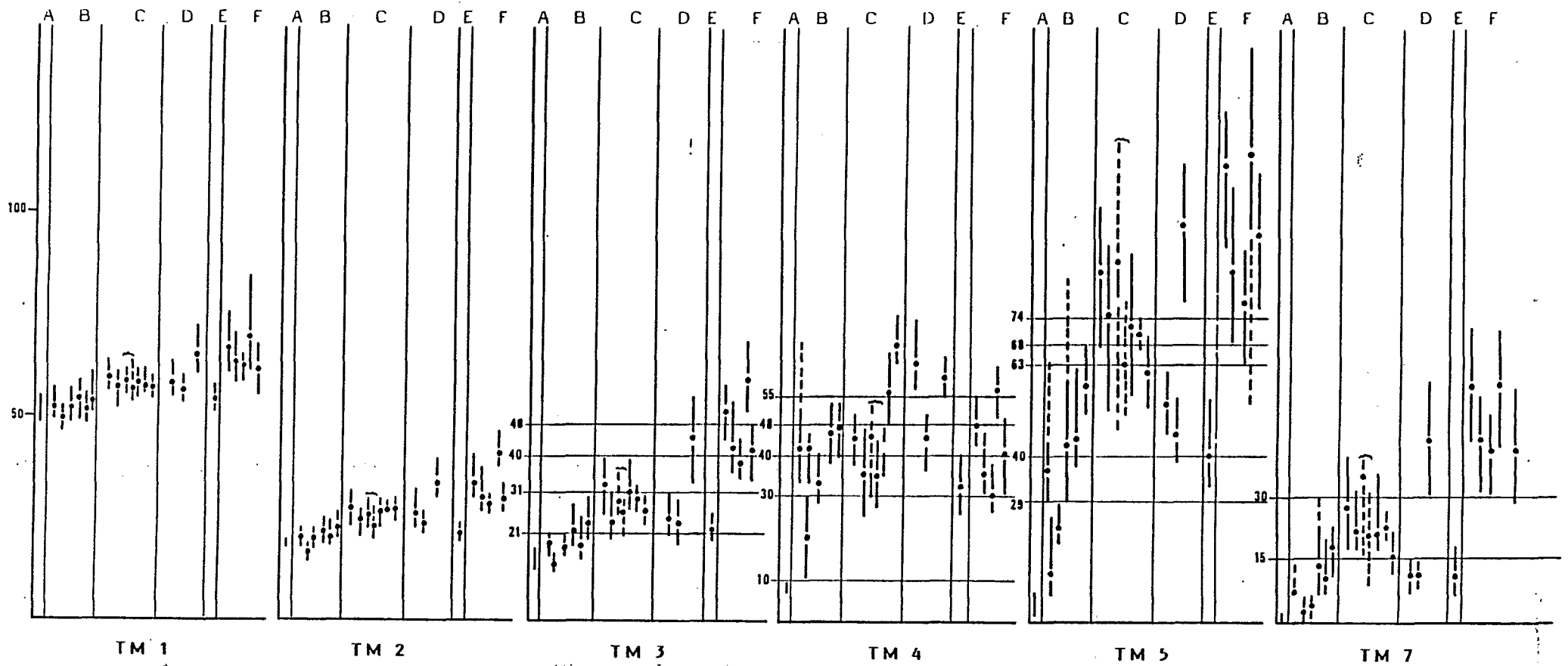
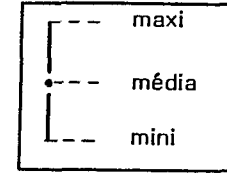
LEGENDA

-  Curso d'água permanente
-  Curso d'água temporário
-  Área urbana
-  Sítios em construção
-  Habitat
-  Rodovia e estrada secundária
-  Ferrovia
-  Escarpa
-  Café
-  Cultura anual
-  Pomar
-  Capim-braquiária
-  Gramma-batatais
-  Capim-colonião
-  Gramma-maço grosso
-  Cana-de-açucar
-  Capim-elefante ou napier
-  Terreno não cultivado temporariamente
-  Pastagem nativa
-  Eucalipto
-  Mata
-  Árvores esparsas
-  Vegetação de área úmida
-  Cultura abandonada
-  Vegetação invasora
-  Terra nua

} Pastagem cultivada

} Capineira ou plantas forrageiras

- | | | | | | |
|----------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------|--|--|
| A | B | C | D | E | F |
| 1 - Água | Form. arbustivas e lenhosas | Pastagens nativas e cultivadas | Cana | 17 - Veg. de varzeas com ou sem arbustos | Solos nus |
| | 2 - Mata ao sol | 8 - ao sol | 14 - ao sol | | 18 - muito claros |
| | 3 - Mata a sombra | 9 - a sombra | 15 - a sombra | | 19 - ao sol |
| | 4 - Eucaliptos | 10 - degradada { a. ao sol | 16 = menos de 3 meses | | 20 - a sombra |
| | 5 - Fruticultura | 11 - Brachiaria { b. a sombra | | | 21 - areia branca |
| | 6 = Café alto | 12 - recém plantadas | | | 22 - solo nu com veg. espontânea (invasoras) |
| | 7 - Café médio | 13 - Napier | | | |



40 ————— Cortes utilizados para classificação da imagem TM sobre canais 3 a 7

Fig. 3. Amplitude dos valores radiométricos

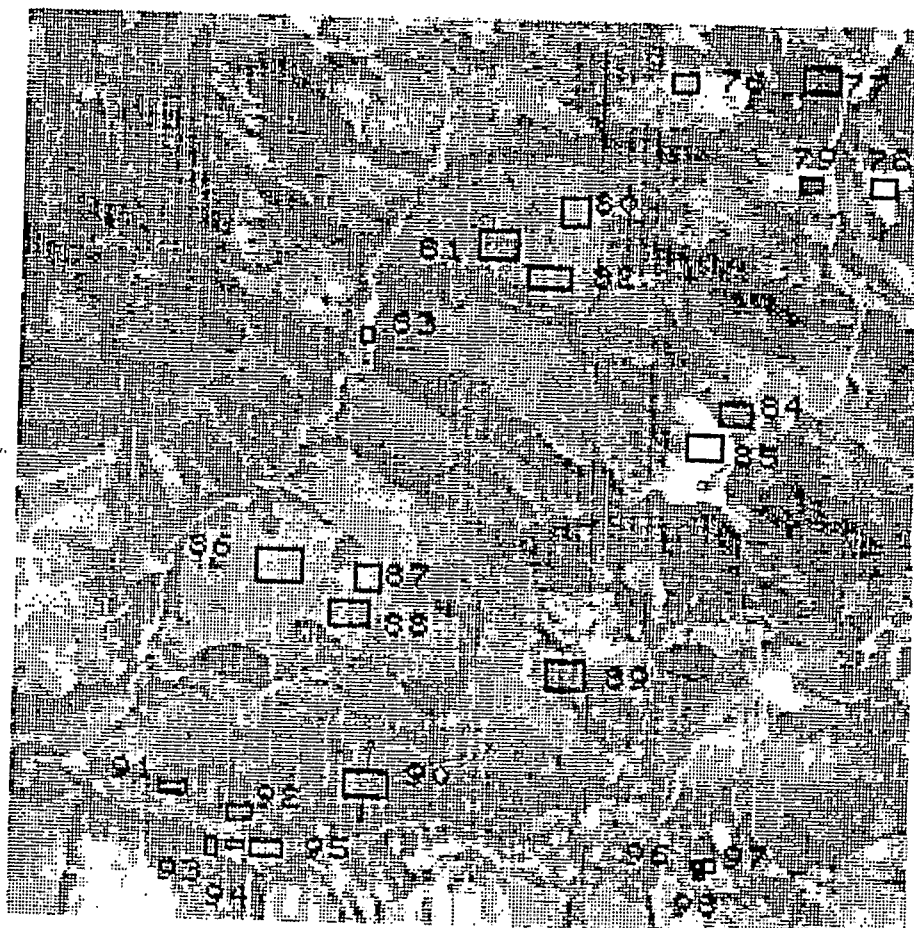
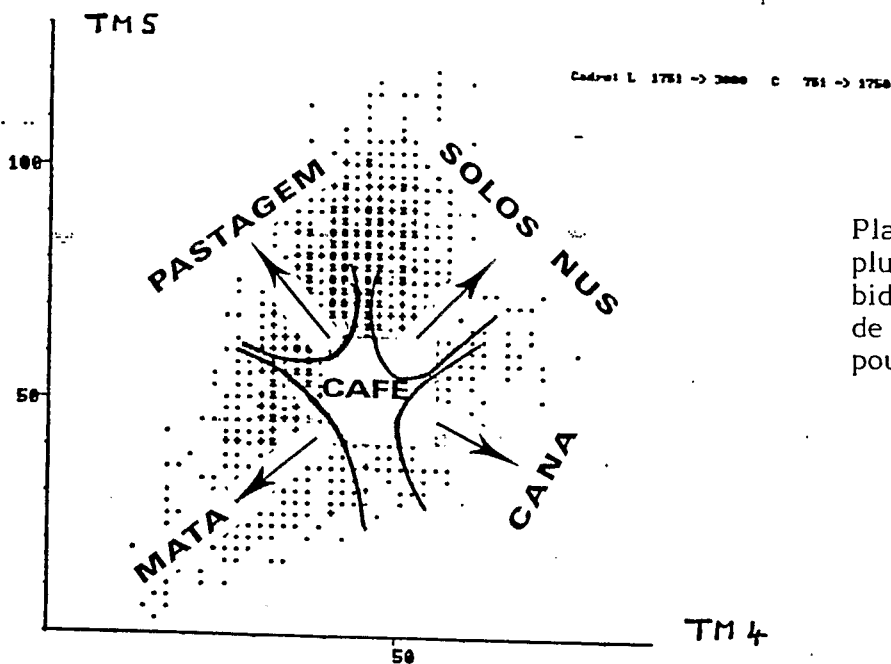





Fig. 4 - Area de Barbosa -

Localisation des zones de pointage radiométrique correspondant aux principaux thèmes d'occupation du sol



Place du café au carrefour de plusieurs thématiques dans l'histogramme bidimensionnel 4/5 : les informations de luminance ne sont pas suffisantes pour l'isoler

Test d'homogénéité local sur la zone de Padre Nobrega (seuillage en 3 classes)

-  très homogène
-  homogène
-  hétérogène

ex. 1 - café
 2 - forêt { primitivement
 mélangés dans
 la classification

Notez aussi l'individualisation très nette des trois grands ensembles du paysage: plateau supérieur, escarpement, niveaux inférieurs

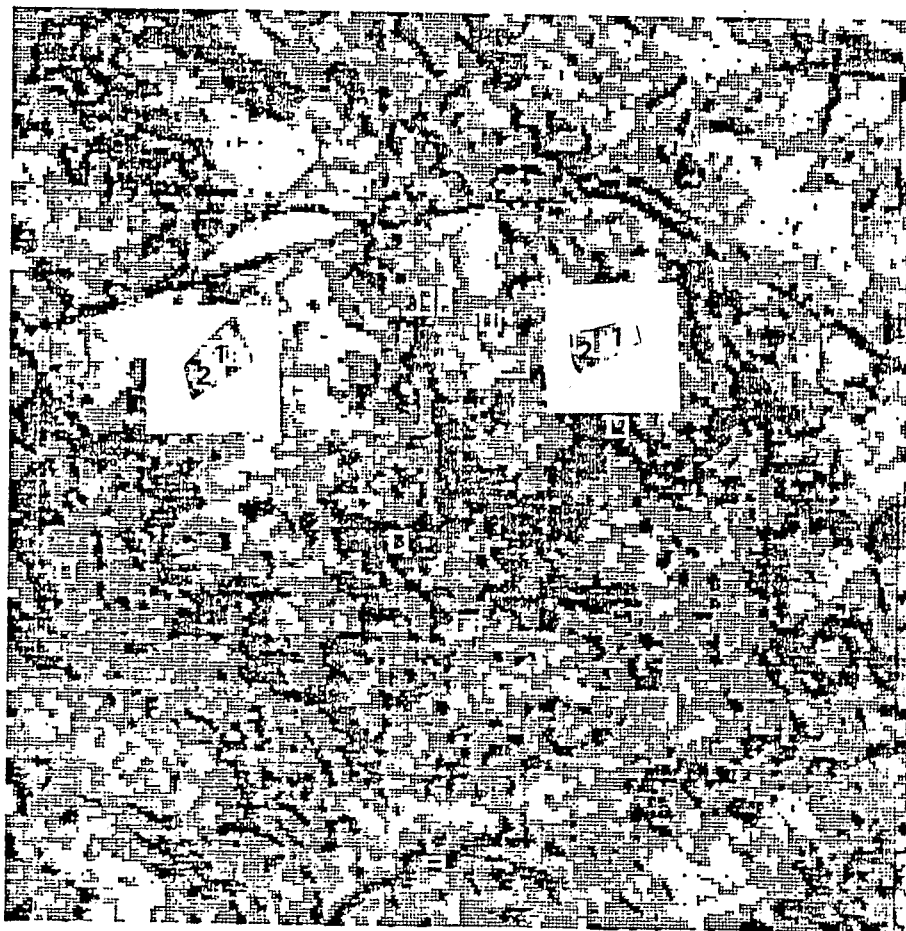


Fig. 5 - Utilisation de la texture pour séparer café et forêt