

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA- MCT
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-5609-PRE/1821

**PROPOSTA DE UM SISTEMA FLEXÍVEL DE
CLASSIFICAÇÃO FITOGEOGRÁFICA:
ÊNFASE NO USO DE
SENSORIAMENTO REMOTO MULTISTÁGIO
(1ª Versão)**

Vitor Celso de Carvalho

**Apresentado na Mesa Redonda: Sistemas de Classificação Fitogeográfica no Brasil,
do XLVI Congresso Nacional de Botânica realizado em Ribeirão Preto, 27/01/95.**

**INPE
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
Janeiro de 1995**

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 - Introdução.....	1
2 - A classificação da vegetação.....	2
3 - Uma Análise de Sistemas de Classificação da Vegetação.....	3
4 - Proposta de um Sistema Flexível de Classificação Fitogeográfica.....	6
5 - Considerações finais.....	37
6 - Referências bibliográficas.....	40

LISTA DE FIGURAS

Pág.

1 - Esquema do procedimento classificatório no 1º Estágio - Classe de Formações... 10a

2 - Esquema do procedimento classificatório no 2º Estágio - Classe de Formações... 15a

3 - Esquema do procedimento classificatório no 3º Estágio - Grupo de Formações... 18a

4 - Esquema do procedimento classificatório no 4º Estágio - Formações..... 26a

5 - Esquema do procedimento classificatório no 5º Estágio - Subformações..... 34a

1. Introdução.

Hoje é cada vez mais evidente a importância econômica e a ameaça de extinção de limitados recursos vegetais. Estas evidências somadas ao processo de conscientização ecológica verificado nas últimas décadas, tem levado a um aumento no esforço de pesquisa e desenvolvimento para o estudo e a proteção do pouco que resta da cobertura vegetal natural da Terra. Como base fundamental para orientar esses esforços, pode ser colocada a tarefa de classificar e mapear a vegetação.

O Brasil, de acordo com KÜCHLER (1982), apesar de esforços pioneiros, apresentava ainda um conhecimento vago e pontual da sua cobertura vegetal natural. No entanto, impulsos registrados nos últimos anos, permitiram ao autor mencionado, concluir que o mapeamento da vegetação no Brasil poderia se expandir rapidamente e trazer significativas contribuições para o desenvolvimento do país e conhecimento dos seus recursos vegetais.

Mapeamentos em escala continental (Mapa da Vegetação da América do Sul- UNESCO, 1981), nacional (Mapa de Vegetação do Brasil- IBGE/IBDF, 1988) e regional (Mapas de Vegetação das Folhas ao Milionésimo- Projeto RADAMBRASIL, 1973-1987), mostram o vigor desta retomada de esforço para conhecer a vegetação brasileira.

Apesar da longa tradição sobre o assunto, expressa por um volumoso conjunto de trabalhos científicos, como mencionado por KÜCHLER (1988), ainda não se dispõe de um sistema de classificação satisfatório para as necessidades gerais desta área de pesquisa. Grande parte deste esforço tem se caracterizado por levantamentos de dados *in situ*, voltados para a descrição das características mais importantes da vegetação. Além de demorados, esses trabalhos se caracterizam por seus elevados custos e limitações em termos de área e frequência de observações.

Com a evolução tecnológica, o sensoriamento remoto se apresenta hoje como uma ferramenta básica para a classificação, o mapeamento, a quantificação e o monitoramento da vegetação. A sua maior ou menor utilidade é função de uma série de variáveis, que começam a ser levantadas em nível mundial, na busca da combinação mais favorável do sistema sensor, do nível de detalhamento, os tipos de informações mais importantes e as sistemáticas de análise mais adequadas para determinados objetivos.

Sensível a esta tendência, a comunidade científica brasileira tem feito esforços no sentido de contribuir na busca deste ideal. Refletindo esse interesse, o tema “Sistemas de classificação fitogeográfica no Brasil” foi debatido numa mesa redonda, promovida pela Sociedade Brasileira de Botânica, no 46º Congresso Nacional de Botânica. Dentro desta temática foi apresentada a “Proposta de um sistema fitogeográfico flexível”.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é propor uma base teórica para a construção desse sistema de acordo com as seguintes orientações básicas:

- (1) congregar a experiência internacional e nacional já existente, tornando-o compatível com os sistemas correntes; (2) evitar o uso de nomes vernaculares e termos ecológicos, geográficos e florísticos;

- (3) empregar características vegetacionais simples, quantificáveis e hierarquizadas, que possam ser levantadas através de sensoriamento remoto (terrestre, aéreo e orbital);
- (4) permitir a produção de conhecimentos para usos múltiplos, por usuários de diferentes formações profissionais, sem a necessidade de especialização;
- (5) desenvolver um sistema de classificação aberto, de modo a permitir adaptações às necessidades específicas do usuário e aperfeiçoamentos no decorrer da evolução dos conhecimentos e aplicações específicas a determinados locais;
- (6) tornar o sistema compatível com os diferentes níveis de coleta de dados utilizados pelos diferentes tipos de levantamentos temáticos e graus de detalhamento da informação.

2. *A classificação da vegetação.*

Sem dúvida, existe um número muito grande de sistemas de classificação da vegetação. Apesar deste número elevado, ainda não se chegou a um acordo sobre o sistema que seria o mais apropriado para todas as situações em análise (KÜCHLER, 1988). No entanto, na maioria dos casos, eles estão voltados para trabalhos *in situ*, com ênfase nas espécies individuais, dados sociológicos, dimensões das plantas e aspectos fisionômicos vegetativos. Uma boa discussão sobre este assunto pode ser encontrada nos trabalhos de KUCHLER (1967), DESCOINGS (1976), MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG (1974a) e de WHITTAKER (1978).

Diversos autores têm insistido que a vegetação deve ser classificada por critérios estritamente intrínsecos (KÜCHLER, 1956). Neste sentido, AUBRÉVILLE (1965) já insistia sobre o fato de que, todos os fitogeógrafos estavam de acordo que a fisionomia é o critério básico e natural para a classificação da vegetação, como foi proposto pela primeira vez por A.F.W. Shimper em 1903 (HOWARD, 1986).

É, também quase unânime, o reconhecimento de que é necessário uniformizar a terminologia e os sistemas utilizados, conforme já foi mencionado por KÜCHLER (1951) e AUBRÉVILLE (1960), referindo-se também ao acordo de Yangambi estabelecido em 1955. As vantagens deste procedimento são claras. A uniformização permitiria uma troca rápida e compreensível de informação entre os diferentes autores. Além disso, a uniformização aumentaria muito a eficiência na coleta e na organização dos dados sobre as diferentes comunidades vegetais do globo (FOSBERG, 1961).

Muitos ensaios no sentido da padronização dos sistemas foram e estão sendo realizados. No entanto, para atingir esse propósito, muitas dificuldades precisam ser vencidas como aquelas apontadas por KÜCHLER (1973). Dentre elas pode-se destacar duas: os grandes vazios de conhecimento detalhado da vegetação, em grandes partes do globo, e os diferentes sistemas de classificação existentes, que refletem os interesses das diferentes escolas da ciência da vegetação.

A tendência atual dos sistemas de classificação da vegetação é enfatizar o aspecto fisionômico, mas apresentar um caráter misto, ou seja, de combinar os critérios fisionômicos, dinâmicos, ecológicos e florísticos. Uma outra tendência, ainda mais atual,

é a orientação desses sistemas para o emprego das técnicas de sensoriamento remoto. Esta escolha implica na seleção de critérios de classificação que sejam fácil e confiavelmente observáveis nos diversos produtos de sensoriamento remoto, de acordo com os diferentes níveis de observação.

Essas duas tendências vêm se refletir no trabalho da UNESCO/FAO (1977). Naquele trabalho foi proposto uma classificação hierárquica da vegetação lenhosa tropical africana, fundamentada naquela estabelecida em Yangambi em 1955 (divulgada por diversos autores, como p.e. AUBRÉVILLE, 1957 e TROCHAIN, 1957) e da UNESCO (1973). Aquela classificação é apropriada à observação e controle periódico da cobertura vegetal e se apoia no sensoriamento remoto. Mais tarde, aquele sistema foi aplicado na Ásia, na região de Palni (Índia) por BELLAN (1979) e, novamente na África, por BALTAKE (1980). HOWARD & SCHADE (1982) propuseram algumas modificações neste sistema, procurando uniformizá-lo mais ainda e dando maior ênfase nos aspectos relativos ao sensoriamento remoto.

Ao considerar a complexidade da cobertura vegetal natural, fica evidente que não é possível empregar todas as suas características num sistema único de classificação, como vem sendo observado desde KÜCHLER (1956). Quando se utiliza o sensoriamento remoto como uma ferramenta de base para a sua cartografia e como meio de controle, este número de variáveis é ainda mais reduzido, em função das limitações próprias aos sistemas de coleta de dados. O nível de limitação depende, entre outros fatores:

- (1) das características do sensor;
- (2) da escala pela qual os dados são obtidos;
- (3) da capacidade humana para os interpretar; e
- (4) da real disponibilidade de imagens nas diversas fenofases da vegetação.

Faz-se portanto necessário selecionar aqueles aspectos mais significativos e adequados a essas limitações e objetivos do trabalho.

3. *Uma Análise de Sistemas de Classificação da Vegetação.*

Em geral, pode-se dizer que um sistema de classificação é bom quando ele atinge ao objetivo estabelecido previamente e, se comparado com outros similares, ele se mostra mais rápido e mais objetivo. Quando ele identifica a descontinuidade natural de maneira mais consistente e precisa (KÜCHLER, 1956).

Existem uma série de aspectos que podem ser levados em conta na análise de sistemas de classificação da vegetação. Dentre eles destaca-se a sua natureza, hierarquia e homogeneidade. Além desses, de acordo com MATTEUCCI et alii (1982), os principais requisitos que devem ser apresentados por um sistema de classificação são: a robustez, a capacidade de previsão, a estabilidade e a objetividade.

Esses mesmos autores (MATTEUCCI et alii, 1982), estabeleceram também uma série de condições que devem cumprir as classificações para serem consideradas como eficazes. Dentre essas condições destaca-se:

- (1) o método deve permitir a classificação de dados vegetacionais heterogêneos;
- (2) as classes resultantes devem ser interpretáveis em termos ecológicos;
- (3) a classificação deve ser aberta para poder incluir novos indivíduos nas classes já formadas sem necessidade de voltar a realizar todos os cálculos; e
- (4) o método não deve induzir a erro na assinalação de indivíduos.

Com base nesses princípios, foram selecionados 20 sistemas ditos fisionômicos, que foram analisados sumariamente neste trabalho, permitindo estabelecer as seguintes considerações.

(a) **Natureza:**

Primeiramente, é necessário considerar qual é a característica dominante de cada sistema, ou seja, a sua **natureza**. Quanto a este aspecto, a diversidade encontrada foi além da esperada, mostrando claramente que cada autor adapta o sistema de base às suas necessidades e, por assim dizer, personalidade. A proposta de um novo sistema de classificação merece, portanto, bastante cuidado.

Dentre os comentários que poderiam ser realizados, cabe destacar que, dos vinte sistemas considerados, somente dois (FOSBERG, 1961 e DESCOINGS, 1976) são essencialmente fisionômicos no sentido aqui adotado. No extremo oposto, tem-se o caso de RUNNING et alii (1994), que chega a propor seis aspectos diferentes (Fisionômico-Ecológico-Ambiental-Florístico-Geográfico-Outros) no seu sistema de classificação da vegetação.

Cabe ainda destacar que o sistema mais adotado internacionalmente, o da UNESCO (1973), apresenta uma natureza mista (Fisionômico-Ecológico-Ambiental-Outros), fazendo apêlo a expressões relativas do tipo: com-sem, enraizado-não enraizado, principalmente-extremamente, comunidades relacionadas, etc; que dificultam a sua aplicação.

(b) **Hierarquia:**

Em segundo lugar, avaliando-se a **hierarquia** dos sistemas, pode-se observar que o número de estágios de percepção utilizados pelos diversos autores varia bastante. Grande parte desta variação deve-se ao fato de que alguns autores limitaram a sua análise a casos particulares, mostrando-se insuficientes para uma análise mais ampla, como é o caso dos sistemas de EITEN (1983), ANDERSON et alii (1976), AUBREVILLE (1957), FAO/UNESCO (1977), DESCOING (1976) e RUNNING et alii (1994). Por outro lado, outros sistemas, como o do IBGE (1992) e de KULHMANN (1983), foram muito detalhados dificultando a sua generalização.

O esquema utilizado neste trabalho foi a hierarquia fisionômica proposta pela UNESCO (1973), que adota cinco estágios assim discriminados: I. Classe de formações; II. Subclasses de formações; III. Grupo de formações; IV. Formação; V. Subformações. Este esquema hierárquico foi também utilizado por TROCHAIN (1957), VELOSO & GÓES-FILHO (1982) e HOWARD & SCHADE (1982). Esquemas semelhantes a esses foram empregados por UNESCO (1981), FOSBERG (1961), EITEN (1968), GRUNBLATT et alii (1989), NEUHAUSL

(1990), AUBRÉVILLE (1965), MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG (1974) e VELOSO et alii (1991).

(c) Homogeneidade:

Em seguida, pode-se verificar que um mesmo critério é utilizado em diferentes estágios hierárquicos num mesmo sistema, portanto, não se tem em geral, uma **homogeneidade** nas classificações analisadas. Há, também, uma variação no critério ou nos critérios que são utilizados para a definição de um estágio particular, ocorrendo estágio em que foram utilizadas até 22 características diferentes.

Assim, considerando-se apenas os cinco estágios de percepção e os critérios fisionômicos, pode-se dizer que para o estágio hierárquico:

- I. Classe de formações- quatorze critérios diferentes foram usados de forma isolada ou em conjunto e, destes, o critério mais utilizado foi a fisionomia (75% dos autores analisados);
- II. Subclasse de formações- foram empregados 18 critérios diferentes, dos quais o critério fisionômico mais utilizado foi a periodicidade (25% dos autores);
- III. Grupos de formações- empregaram-se 21 critérios diferentes, destacando-se a sinúsia e as formas de vida (35%);
- IV. Formações- 22 critérios, aparecendo novamente a periodicidade (35%) e as formas de vida , juntamente com a estrutura da folha (30%), como os mais utilizados; e.
- V. Subformação- 16 critérios, dos quais cabe mais uma vez destacar a periodicidade (15%) como a característica mais comum.

Portanto, pode-se dizer que, a utilização dos critérios para a definição do nível hierárquico varia bastante segundo os sistemas. Isto acontece principalmente nos sistemas da UNESCO (1973) e de MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG (1974), que acabam se constituindo mais numa lista organizada de tipos de vegetação, do que propriamente num sistema de classificação hierárquico, como já foi observado por DESCOINGS (1976).

(d) Simetria:

Quando se considera a escala de valores utilizada para cada critério, observa-se que ela varia também segundo os autores, revelando uma grande **assimetria**. Alguns deles usam apenas uma determinada categoria para um critério e outros chegam a usar até 17.

(e) Importância:

Enfim, pode-se considerar os critérios mais utilizados para a definição das unidades de classificação dos sistemas analisados:

- (1) a **fisionomia** foi utilizada pela quase totalidade dos autores (com exceção de NEUHAUSL, 1990) e, se não o único e o primeiro critério de um

determinado estágio, é normalmente utilizado no primeiro estágio de classificação;

- (2) a **periodicidade, sinúsia, critérios climáticos e cobertura**, foram usados por cerca de 80% dos autores, também nos primeiros níveis de classificação, dos primeiros estágios;
- (3) a **forma de vida, critérios ambientais, florísticos e pedológicos**, foram usados por quase 60% dos autores, em níveis intermediários de classificação;
- (4) a altura, aspectos especiais, forma e estrutura das folhas, critérios morfológicos, dinâmicos, geográficos e outros, foram utilizados por pelo menos cinco autores (de 25% a 50%), em níveis finais de classificação; e
- (5) o **tamanho da folha, formas periódicas, estratificação, padrão, tronco e copa**, foram usados por menos de 4 autores (de 10 a 20%), também nos níveis finais de classificação.

Desta análise pode-se destacar que, as características estruturais da vegetação foram pouco utilizadas pelos sistemas considerados, inclusive por aqueles que se dizem “estruturais”. Portanto, as características mais quantificáveis e generalizáveis da vegetação são, exatamente, as menos utilizadas na sua classificação.

Dos demais critérios fisionômicos, intrínsecos à vegetação, cabe destacar pelo seu uso generalizado a fisionomia no seu sentido restrito, a periodicidade, a cobertura e as formas de vida. Como esperado, pela seleção efetuada, os demais aspectos intrínsecos da vegetação (florísticos e dinâmicos) foram relativamente pouco utilizados. Os aspectos ecológicos foram relativamente bem utilizados, sobretudo os critérios climáticos e pedológicos. Muitos autores utilizaram concepções ambientais e geográficas para a classificação da vegetação.

Este resultado está relativamente de acordo com aqueles obtidos por KÜCHLER (1988) ao realizar uma avaliação semelhante, a partir de uma análise anterior feita por H. Ellenberg em 1956. Aquele autor identificou como critérios fisionômicos mais importantes a forma de vida (forma (s) de vida dominante e combinação de formas), estrutura (estratificação e densidade dentro dos estratos) e periodicidade sazonal.

4. Proposta de um Sistema Flexível de Classificação Fitogeográfica

Propõe-se um sistema de classificação da vegetação, que permite o uso integrado de produtos de sensoriamento remoto e trabalhos *in situ*. Por utilizar apenas aquelas características fisionômicas da vegetação que podem ser observadas diretamente com o uso de uma abordagem multiestágios, espera-se que este sistema seja suficientemente simples e objetivo. Trata-se de uma base de apoio para estudos mais pormenorizados (p.e. florísticos, dinâmicos e ecológicos), capazes de explicar a organização da paisagem fisionômica atual.

As diretrizes básicas desta proposta foram estabelecidas no trabalho de CARVALHO (1986), que avaliou o uso de dados de sensoriamento remoto para o estudo da estrutura e da dinâmica do complexo da Caatinga (Estepe). Segue a linha de raciocínio proposta por ANDERSON et alii (1976) para a classificação do uso do solo e cobertura da terra,

e de GODRON et alii (1968), visando a padronização do levantamento da cobertura vegetal.

Procurou-se, tanto quanto possível, torná-lo compatível com os sistemas existentes, sobretudo aqueles utilizados como base de apoio, ou seja, os sistemas ditos universais mais modernos como o da UNESCO (1973), UNESCO/FAO (1977) e HOWARD & SCHADE (1982), bem como, aquele de uso nacional mais atual, como o do IBGE (1992).

Outros trabalhos nesta linha de pesquisa foram consultados e auxiliaram na definição desse sistema, destacando-se além dos já mencionados no item anterior, os de VELOSO & GÓES-FILHO (1982), EITEN (1983), KULHMAN (1983), WALKER (1983), GRUNBLATT et alii (1989), NEUHÄUSL (1990), VELOSO et alii (1991), RUNNING et alii (1994).

Certamente esta proposição irá enfrentar uma série de dificuldades intrínsecas e extrínsecas ao sistema. Dentre elas pode-se destacar a resistência devida aos hábitos já estabelecidos no uso dos sistemas anteriores e a terminologia consagrada.

4.1. Características Fundamentais

As principais características do sistema aqui proposto são:

(a) Sistema Essencialmente Fisionômico:

- coloca em evidência as características próprias da vegetação (intrínsecas), que podem ser quantificadas e utilizadas pelos diferentes métodos de análise de dados de sensoriamento remoto e validados *in situ*. A fisionomia *lato sensu* é apontada por diversos autores como a mais importante das feições a ser definida na descrição de uma comunidade vegetal e o suporte básico para subseqüentes considerações vegetacionais. O seu uso evita raciocínios do tipo circular (comum com o uso de critérios ecológicos) e permite estabelecer a vegetação atual e não a potencial (como é normalmente o caso).

(b) Sistema Potencialmente Dinâmico:

- Os aspectos fisionômicos podem variar no decorrer do tempo em função principalmente das atividades antrópicas. Essas mudanças vão se refletir particularmente na sua estrutura. O levantamento desses aspectos por sensoriamento remoto permite acompanhar a evolução da cobertura vegetal espontânea sem entrar em considerações singenéticas, que necessitam de estudos mais específicos. Abrange, portanto, tanto a vegetação natural como a induzida e a cultivada, em seus diferentes estados ou série de desenvolvimento. O agrupamento das classes definidas poderá ser feito numa etapa consecutiva usando outros critérios de natureza dinâmica.

(c) Sistema Universal:

- ele se aplica a toda a vegetação terrestre e, para isto, se fundamenta num sistema de classificação considerado como universal e três sistemas decorrentes, dois voltados para o monitoramento contínuo da vegetação com o auxílio de dados de

sensoriamento remoto e outro, para as condições brasileiras; como as denominações locais foram eliminadas do sistema, ele permite comparações numa escala global, independentemente do clima e de outros aspectos florísticos, ecológicos e dinâmicos da vegetação.

(d) Sistema Hierárquico:

- ele começa nos níveis mais altos de generalização (classes de formações) e termina nos níveis mais altos de especialização (subformação), partindo dos aspectos mais gerais da vegetação para os mais específicos, seguindo uma sequência estritamente sistemática, formando nomes de classes que são ao mesmo tempo curtos, significativos, objetivos e por si só descritivos, conferindo a ele grande objetividade e aplicabilidade para situações desconhecidas.

(e) Sistema Aberto:

- apresenta cinco estágios hierárquicos compatíveis com as diferentes escalas e resoluções dos dados de sensoriamento remoto (multiestágio), que podem ser complementados e enriquecidos, proporcionando a ele grande robustez e capacidade de previsão;

(f) Sistema Flexível:

- o número de combinações possíveis é muito grande e o grau de descrição fisionômica da vegetação é bastante preciso, sendo um instrumento importante para avaliar os indicadores de respostas ecológicas para perturbações ambientais, servir de base para estudos de sucessão vegetal e estabelecer dados correlativos para adição de atributos ambientais e florísticos. As variáveis observadas podem ser transformadas diretamente em outras propriedades físico-químicas da vegetação, que podem ser utilizadas em modelos biogeoquímicos e de mudança global do clima.

(g) Sistema Artificial:

- intrinsecamente todo sistema de classificação é artificial; mas, neste sistema, este aspecto é acentuado por ele permitir fazer todas as combinações possíveis entre as variáveis consideradas ou a serem consideradas, nem sempre expressas em condições naturais; abre assim a possibilidade de considerar todos os estágios evolutivos de uma formação vegetal, dando a ele grande estabilidade.

(h) Sistema Alfa-Numérico:

- cada nível hierárquico é identificado por um código numérico, o que permite o tratamento por sistemas digitais de dados, facilitando a organização e recuperação das informações.

4.2. Procedimento Classificatório.

O sistema de classificação proposto restringe-se à vegetação terrestre, por limitações de conhecimento do autor. A vegetação aquática merece um estudo cuidadoso quanto à sistemática aqui adotada, que está restrita aos aspectos fisionômicos, portanto, sem considerações ecológicas ou ambientais.

O esquema hierárquico foi dividido em cinco estágios de percepção e subdividido em níveis e subníveis na medida do necessário. A apresentação dos itens de cada nível está organizada numa ordem crescente em termos de fitomassa aérea e do mais simples para o mais complexo. Cada categoria recebe um código numérico arábico (no caso de categorias simples) ou alfabético (para os casos de combinação de duas ou mais categorias simples). O número zero (0) é reservado para os casos de indefinição no nível considerado.

A apresentação de cada categoria, no texto, é precedida por uma letra entre parênteses, quando ela não vai ser considerada no sistema de nomenclatura, e um número, também entre parêntese, no caso contrário. Neste último caso, esta indicação numérica irá aparecer também nas figuras mencionadas, permitindo uma rápida relação texto/figura.

A fórmula alfa-numérica geral pode ser representada por:

a/b-c/d/e-f/g, onde

a = código do 1º Estágio;

b-c = “ “ 2º “ ;

d = “ “ 3º “ ;

e-f = “ “ 4º “ ;

g = “ “ 5º “ .

Ele foi concebido com o objetivo de maximizar os resultados com o mínimo de tempo e custos e, assim, otimizar os benefícios do procedimento e a organização das idéias. Para isso se adotou como base de apoio a abordagem de LONG (1969), que consiste de um modelo piramidal de percepção integrada da vegetação e do seu ambiente. No entanto, procura não restringir a liberdade de escolha do produto ou da classe utilizada, em conformidade com a observação neste sentido de ANDERSON et alii (1976).

4.2.1 Primeiro Estágio: Global.

Neste primeiro estágio de percepção a unidade concreta de classificação é a **classe de formações**, como definido nos sistemas da UNESCO (1973) e IBGE (1992). Nos outros sistemas, utilizados como referência para esta proposta, esta unidade corresponde às *zonas ecológicas*, *biogeográficas ou de vegetação* (LONG, 1969), *domínios fisiográficos* (UNESCO-FAO, 1977) e *zonas climáticas* (HOWARD & SCHADE, 1982).

Trata-se de uma **escala global ou continental**, com valores iguais ou menores do que 1:10.000.000, onde as variáveis ecológicas que controlam o aspecto da vegetação são a latitude, longitude (a posição relativa das massas continentais e marinhas) e a altitude (posição relativa nos grandes maciços montanhosos). Dentre as variáveis climáticas, os parâmetros que atuam mais diretamente sobre a vegetação, estão incluídas: a radiação solar, a temperatura do ar e a precipitação.

A característica fundamental da vegetação que se expressa nos produtos de sensoriamento remoto orbital, sobretudo de satélites ambientais (ex. Nimbus-METEOSAT ou NOAA), é a **morfologia do conjunto** ou **fisionomia** no *sentido restrito*. Conforme mencionado por diversos autores, é uma característica muito susceptível de confusão na sua definição.

(a) Chave de classificação no 1º Estágio:

Propõe-se a seguinte chave de classificação:

NÍVEL 1.1 FISIONOMIA

CÓDIGO CATEGORIAS

- 0 Indefinida
- 1 Deserta
- 2 Tundra
- 3 Campo
- 4 Fruticeta
- 5 Floresta
- 6 Complexa
- x Mosaico

(b) Procedimento de classificação no 1º Estágio.

O procedimento de classificação está esquematizado na Figura 1. Propõe-se um nível de classificação dividido em dois subníveis, conforme descrito a seguir:

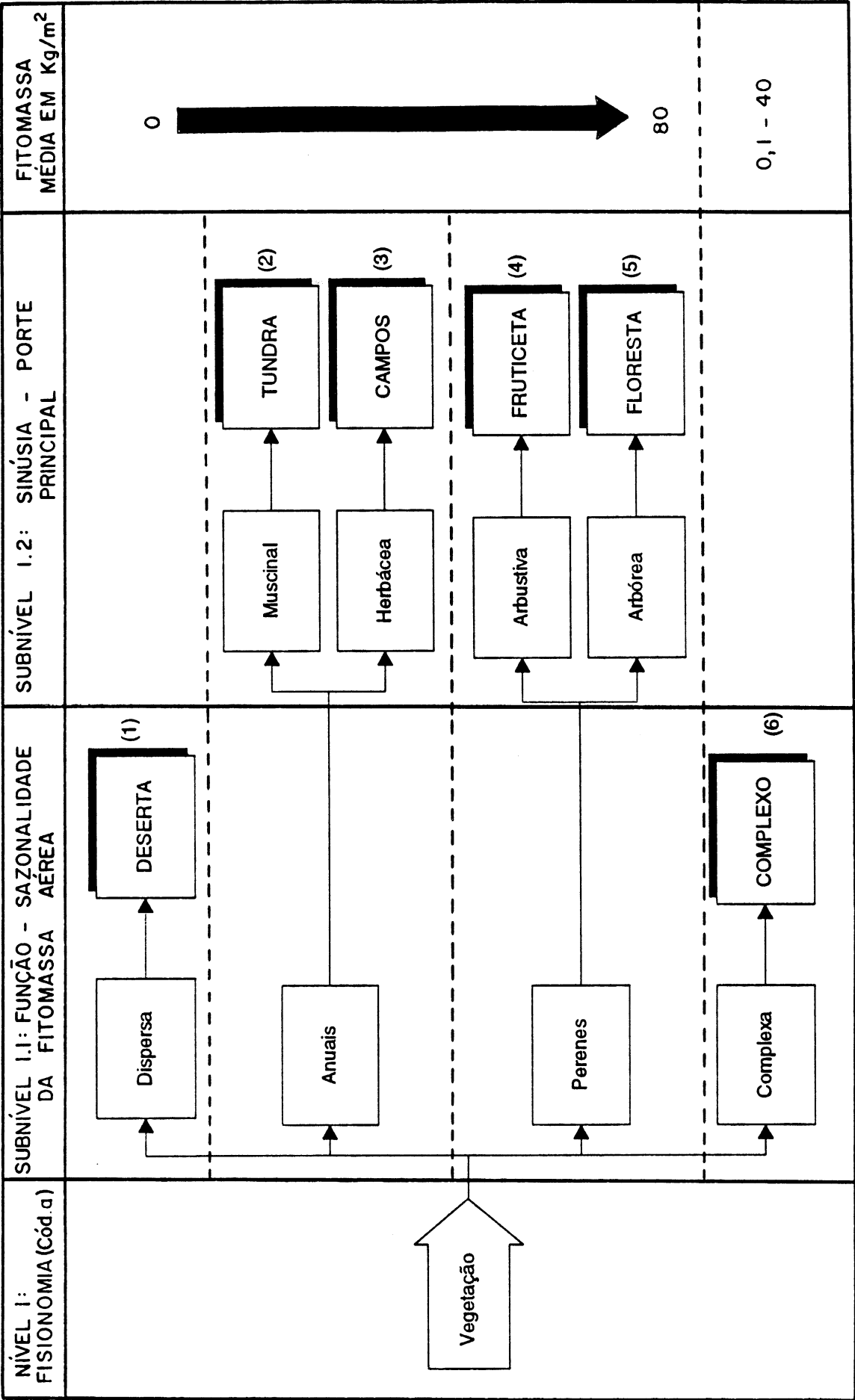
Nível 1.1 FISIONOMIA *STRICTU SENSU* (Cód. a)

Subnível 1.1.1 FUNÇÃO: sazonalidade da fitomassa aérea.

Seguindo, em parte, a idéia expressa por RUNNING et alii (1994), no primeiro subnível de classificação deste estágio, que serve apenas de apoio para a classificação, é utilizada a característica funcional da cobertura vegetal definida pela fitomassa aérea permanente na superfície do solo (“above ground biomass”).

A distinção a ser feita nos produtos de sensoriamento remoto multitemporal será meramente informar a presença ou ausência significativa da cobertura vegetal durante os períodos desfavoráveis do ano (seca, frio). Neste subnível de classificação, as classes de formações não são ainda definidas em termos de terminologia, apenas se discriminam grandes conjuntos de coberturas vegetais, como:

Fig. 1: Esquema do Procedimento Classificatório no 1o. Estágio - Classe de Formações (Cod. a)



- (a) **Dispersa**: grande classe de formações em que a cobertura vegetal, quando presente, pode ser constituída por plantas anuais ou perenes, mas que cobre menos de 10% da superfície do solo (ausente, rara ou esparsa);
- (b) **Anuais**: grande classe de formações constituída por plantas anuais, ou seja, que perdem significativamente as suas estruturas vegetais nos períodos desfavoráveis do ano; esta classe é constituída pelas formas periódicas do tipo terófitas, criptófitas e, em grande parte, pelas hemicriptófitas;
- (c) **Perenes**: grande classe de formações constituída por aquelas plantas que mantêm a maior parte da sua estrutura vegetal durante todo o período do ano; tratam-se de coberturas vegetais onde predominam as formas periódicas: fanerófitas e caméfitas;
- (d) **Complexo**: grande classe de formações complexas, constituída por uma mistura variável de plantas perenes e anuais;
- (e) **Mosaico**: mistura de categorias anteriores que podem ser identificadas mas que não podem ser discriminadas devido a escala de trabalho ou apresentação.

Subnível 1.1.2 ARQUITETURA: Porte principal.

Seguindo a orientação da grande maioria dos autores fitogeográficos, dividem-se as coberturas vegetais no segundo subnível do primeiro estágio da classificação pelos **portes** ou **formas de vida** principais e preponderantes na paisagem vegetal. Define-se como preponderante, aquela **sinúsia** vegetal que apresenta significativamente a maior quantidade de fitomassa aérea e que caracteriza a vegetação.

Como um caso à parte, pode-se considerar a classe de formações:

- (1) **Deserta** (Cód. 1): definida como dispersa (a) no subnível anterior, esta classe de formações pode ser constituída predominantemente por plantas efêmeras ou episódicas, do tipo terófitas, que deixam a maior parte do tempo a superfície da terra totalmente desprotegida ou nua;

No conjunto de plantas anuais (b) definidas no subnível anterior deverão ser identificadas duas classes:

- (2) **Tundra** (Cód. 2): classe de formações constituída predominantemente por plantas de porte muscinal (talófitas), que permanecem a maior parte do tempo soterradas por neves ou mortas;
- (3) **Campos** (Cód. 3): classe de formações onde predominam as plantas herbáceas, do tipo terófitas, criptófitas e hemicriptófitas.

No conjunto de plantas perenes © também definidas no subnível anterior, deverão ser separados nos produtos de sensoriamento remoto duas classes de formações:

- (4) **Fruticeta** (Cód. 4): classe de formações onde predominam os arbustos (porte arbustivo), formada principalmente de nanofanerófitas e caméfitas;
- (5) **Floresta** (Cód. 5): classe de formações com a preponderância de árvores (porte arbóreo), formada essencialmente de macrofanerófitas, mesofanerófitas e microfanerófitas, que formam os maiores volumes de fitomassa.

Para os casos em que a cobertura vegetal é constituída por uma mistura (d) de plantas perenes e anuais (complexos vegetacionais) e que, neste subnível, também são constituídas por uma mistura de portes principais, denomina-se a classe de formações como:

- (6) **Complexa** (Cód. 6): classe de formações complexas, constituída por uma mistura variável de plantas perenes e anuais, com portes arbóreos, arbustivos e herbáceos, em diferentes proporções segundo a fisionomia predominante, definidas por GODRON et alii (1968) e em conformidade com a observação de RUNNING et alii (1994).

Para aqueles casos em que a escala não permite a separação das classes identificadas, como no subnível anterior, reserva-se a seguinte designação:

- (7) **Mosaico** (Cód. x): mistura de classes de formações identificadas mas que não podem ser discriminadas, devido à escala de trabalho ou apresentação.

- (c) Situação do Sensoriamento Remoto no 1º Estágio:

Desde o final da década de 70 tem sido possível obter uma cobertura completa e diária com imagens orbitais de toda a superfície da terra. Essas imagens são obtidas por sistemas sensores colocados a bordo de satélites ambientais, voltados originalmente para interesses meteorológicos. No início da década de 80 tornou-se evidente a utilidade desses dados para o levantamento da cobertura vegetal do planeta.

Dentre os sistemas que podem ser utilizados com esse propósito, pode-se mencionar, primeiramente, o sistema sensor “Electrically Scanning Microwave Radiometer - ESMR”, colocado a bordo do satélite Nimbus-5 (frequência de microondas de 19,4 GHz) e Nimbus-6 (37 GHz). Este sensor vem fazendo observações contínuas de praticamente toda a superfície do globo desde 1972 (CHOUDHURY, 1989).

A partir de 1978, quando foi lançado o Nimbus-7 (955km de altitude) equipado com o sensor “Scanning Multichannel Microwave Radiometer - SMMR”, observações globais em diversas frequências de microondas, e em particular na frequência de 37 GHz, com resolução de 25Km, estão disponíveis em média a cada 6 dias (maiores informações sobre o sistema pode ser obtido, segundo aquele autor, no trabalho de Gloersen et alii, 1984).

De acordo ainda com CHOUDHURY (1989), esses dados têm sido pouco explorados, apesar do seu potencial para a observação da densidade da vegetação e rugosidade da superfície da terra (citando Schmugge et alii, 1986 e outros autores). Eles vêm sendo avaliados sistematicamente por CHOUDHURY & TUCKER (1987), CHOUDHURY et alii (1987), GIDDINGS & CHOUDHURY (1989), PRINCE & CHOUDHURY (1989), JUSTICE et alii (1989), revelando um bom desempenho na identificação da fisionomia da vegetação, neste nível de observação. Estes resultados necessitam de maior avaliação para confirmação deste potencial discriminatório, com o apoio de estudos de campo.

Outro sistema sensor que pode ser indicado neste estágio, mas que vem sendo mais utilizado no estágio seguinte de percepção, é o “Advanced Very High Resolution Radiometer Sensor - AVHRRS”, colocado a bordo do satélite ambiental “National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA”. Os dados desse sistema, de acordo com Kidwell (1986) apud LLOYD (1989) estão disponíveis desde Junho de 1979. Porém, só recentemente, estão disponíveis séries completas dessas imagens, sobretudo daquelas com resolução máxima.

Os dados AVHRR/NOAA são considerados como essenciais para fornecer um medida realística da cobertura vegetal global atual do planeta (TOWNSHEND et alii, 1991). Isto decorre da interessante combinação oferecida por esses produtos em termos de resolução radiométrica (atualmente com 6 canais espectrais), espacial (um pixel no nadir cobre uma área de 1,1km²) e temporal (podem ser obtidas até 4 coberturas completas por dia - com o uso de dois satélites e passagens noturnas).

Permite, desta forma, uma cobertura sinótica do planeta (cada passagem cobre uma faixa de 2.700km de largura, numa altitude de 833km), num curto período de tempo, a um custo relativamente barato comparado com outros sistemas similares, como o LANDSAT. Mostram-se assim, também especialmente úteis para o mapeamento de fenômenos que mudam muito rapidamente sobre uma grande área (ROLLER & COLWELL, 1986).

O potencial para o uso desses produtos, para a finalidade aqui proposta, ou seja, identificação de tipos fisionômicos ou classes de formações vegetais, pode ser percebido nos trabalhos de MYERS (1983), JUSTICE et alii (1985) e TUCKER et alii (1985). Porém, o uso desta ferramenta de forma operacional, produzindo resultados precisos e obtidos de forma eficiente, encontra-se ainda em desenvolvimento, conforme destacaram RUNNING et alii (1994).

Essa dificuldade decorre em grande parte, conforme mencionado por LLOYD (1989), porque diferentes tipos de cobertura vegetal ocupam uma mesma área unitária do sensor AVHRRS/NOAA, produzindo uma grande quantidade de pixels contendo informações misturadas. Como também porque essas classes podem apresentar comportamentos semelhantes no espaço de feições multi-dimensional e multi-temporal desses dados. Além disso, deve-se mencionar também o ângulo de visada e as condições atmosféricas, como fatores bastante limitantes à aplicação do AVHRR para estudos da vegetação.

Outras aplicações são possíveis, conforme demonstrado por diversos outros estudos, devido ao fato fundamental de que existe uma alta correlação entre os dados de sensoriamento remoto orbital com a produtividade primária e a área foliar-verde da cobertura vegetal natural (NORWINE & GREGOR, 1983). Esta informação mostra-se útil para identificação e classificação da vegetação neste estágio, como também foi percebido por TOWNSHEND et alii (1987).

A informação precisa e repetitiva da distribuição da vegetação na superfície da Terra é um requisito fundamental para a compreensão de diversos fenômenos dinâmicos globais. As mudanças que ocorrem nesta cobertura vegetal podem afetar fenômenos tão diversos como a concentração de CO₂ na atmosfera, produtividade biológica primária, o ciclo hidrológico, o balanço de energia na interface superfície-atmosfera (TUCKER et alii,

1985). O controle dessa informação, apesar de sua inegável importância, ainda permanece num estágio exploratório em nível global.

4.2.2 *Segundo Estágio: Regional.*

No segundo estágio de percepção a unidade concreta de classificação é a **subclasse de formações**, conforme definido nos sistemas da UNESCO (1973) e IBGE (1992). Nos demais sistemas de referência, esta unidade corresponde às *regiões ecológicas ou grandes formações vegetais climáticas ou fisionômicas* (LONG, 1969), *zonas eco-florísticas* (UNESCO-FAO, 1977) e *formações vegetais* (HOWARD & SCHADE, 1982).

Trata-se de uma **escala regional**, com valores maiores do que 1:10.000.000 e menores ou igual a 1:1.000.000. Nesta escala, as variáveis ecológicas que controlam o aspecto da vegetação são: o relevo geral; o clima geral (macroclima); as unidades geomorfológicas maiores; e o homem (apropriação geral do solo).

Duas características da vegetação se expressam fundamentalmente nos produtos de sensoriamento remoto orbital, sobretudo de satélites meteorológicos ou de recursos da terra de órbita polar. A primeira é uma característica arquitetural, ou seja, a **forma da folha**, e a outra é a sua função, ou mais especificamente, o seu **comportamento fenológico**.

(a) Chave de classificação no 2º Estágio:

Propõe-se a seguinte chave de classificação para este estágio:

NÍVEL 2.1 ARQUITETURA: Forma das folhas (Cód. b).

CÓDIGO CATEGORIAS

- 0 Indeterminada
- 1 Estritofoliada
- 2 Latofoliada
- 3 Estritolatofoliada
- 4 Mosaico

NÍVEL 2.2 FUNÇÃO: Periodicidade (Cód. c).

CÓDIGO CATEGORIAS

- 0 Indeterminada
- 1 Caducifolia
- 2 Perenifolia
- 3 Subcaducifolia
- 4 Mosaico

(b) Procedimento de classificação no 2º Estágio:

O procedimento classificatório é muito simples, constituído por dois níveis (b-c), conforme esquematizado no subitem anterior e na Figura 2, e descritos a seguir.

Nível 2.1 ARQUITETURA: forma das folhas (Cód. b).

Seguindo o procedimento adotado nos diferentes sistemas de classificação consultados e as limitações impostas pela escala e os produtos de sensoriamento remoto disponíveis, procurou-se simplificar ao máximo as categorias empregadas. Primeiramente deve-se considerar aquelas situações em que não é possível determinar a forma das folhas preponderantes, classificando-as como:

- (1) **Indeterminada** (Cód. 0): por exemplo a classe de formação Deserta definida no estágio anterior não poderá ser classificada neste estágio permanecendo a sua denominação inalterada, acrescentando-se o código 00 para indicar indeterminação neste nível e no seguinte;

As demais classes de formações são divididas, em seguida, pela forma preponderante das suas folhas em três categorias:

- (2) **Estritofoliada** (Cód. 1): sinúsia principal formada por plantas de folhas estreitas ou acículas, numa proporção superior a 90%; exemplo:
5/1 - Floresta Estritofoliada
- (3) **Latofoliada** (Cód. 2): sinúsia principal formada por plantas de folhas largas, numa proporção superior a 90%; exemplo:
5/2 - Floresta Latofoliada
- (4) **Estritolatofoliada** (Cód. 3): sinúsia principal marcada pela mistura de plantas com folhas estreitas e largas, em proporções que variam de 10 a 90%; exemplo:
5/3 - Floresta Estritolatofoliada

Nível 2.2 FUNÇÃO: periodicidade (Cód. c).

Podem ser discriminados aqui três categorias:

- (1) **Caducifolia** (Cód. 1): a maioria (>90%) das plantas que formam a sinúsia principal perdem as suas folhas ou morrem (plantas anuais) durante o período desfavorável do ano; ex.
5/2-1 - Floresta Latofoliada-Caducifolia
- (2) **Perenifolia** (Cód. 2): a maioria (>90%) das plantas que formam a sinúsia principal mantêm as suas folhas durante todo o ano; ex.
5/2-2 - Floresta Latofoliada-Perenifolia
- (3) **Subcaducifolia** (Cód. 3): sinúsia principal marcada pela mistura de plantas caducifolias e perenifolias, em proporções que variam de 10 a 90%; ex.:
5/2-3 - Floresta Latofoliada-Subcaducifolia

(c) Situação do Sensoriamento Remoto no 2º Estágio:

Como observado no estágio anterior, o maior potencial de aplicação dos dados AVHRR/NOAA para estudos da vegetação está neste nível de percepção. Eles são especialmente úteis para o monitoramento de variações intra- e inter-anual da cobertura vegetal (JUSTICE et alii, 1985). Para isto, toma-se como base, a forte e quase linear relação que existe entre os índices de vegetação de curtos comprimentos de onda e a quantidade de irradiância solar absorvida pelos pigmentos das folhas.

Por exemplo, o comportamento fenológico já era apontado por MORAIN (1974) e VINOGRADOV (1977) como um poderoso recurso para a identificação da vegetação por sensoriamento remoto. Os primeiros estudos práticos neste sentido, com o uso dos dados AVHRR/NOAA, ocorreram no início da década de 80 por intermédio dos trabalhos de TOWNSHEND & TUCKER (1981) e NORWINE & GREGOR (1983). Após estes estudos pioneiros, muitos outros foram realizados podendo-se destacar, o de PERRY & LAUTENSCHLAGER (1984), MALINGREAU (1986), TOWNSHEND et alii (1986), JUSTICE et alii (1989), LACAZE (1989), LLOYD (1990), JUSTICE et alii (1991).

De acordo com RUNNING et alii (1994), a longevidade e a forma da folha também podem ser interpretadas usando apenas dados de sensoriamento remoto. Resultados obtidos com imagens LANDSAT, mostram-se bastante animadoras neste sentido. No entanto, cabe aqui destacar que para as condições tropicais, com cobertura de nuvens constante e ampla, a disponibilidade de imagens de boa qualidade é muito limitada.

Por exemplo, HARDISKY et alii (1986), baseados nas características gerais de reflectância de coberturas vegetais heterogêneas, puderam identificar três distintas arquiteturas de dosséis de acordo com a forma da folha: latifoliada ("broadleaf"- muitas superfícies foliares reflectivas no plano horizontal), estritofoliada ("gramineous"- uma distribuição mais aleatória de superfícies reflectivas entre os planos horizontal e vertical) e afilofoliada ("leafless"- muitas superfícies reflectivas no plano vertical).

Dificuldades para a observação desses parâmetros vegetais foram, no entanto, observadas por RUNNING et alii (1994). Apesar delas, esses autores desenvolveram um procedimento lógico para obter bons resultados com dados AVHRRS/NOAA. Reconheceram, todavia, que novos estudos tornam-se necessários. Esta observação também é particularmente válida para o segundo nível de discriminação, ou seja, a separação entre vegetação decídua e perenifólia (LOVELAND et alii, 1991).

Os dados orbitais multitemporais abrem novas possibilidades na conceituação da periodicidade da cobertura vegetal total e são indispensáveis para o estudo da dinâmica da vegetação. Por exemplo, TUCKER et alii (1985) já mostravam que os dados AVHRR/NOAA eram capazes de observar variações sazonais mesmo em florestas úmidas tropicais africanas.

Neste sentido, os dados de sensoriamento remoto também podem ser utilizados para medir ou estimar outros aspectos vegetacionais relacionados com a eficiência dos processos fotossintéticos, como por exemplo: produção primária, índice de área foliar do dossel, variações de matéria seca, razão de assimilação bruta. A operacionalização da

medida desses ou de algum desses aspectos poderia ser importante para incrementar este sistema de classificação, acrescentando outros níveis de informação.

A metodologia para a melhor utilização desses índices na classificação da vegetação e a quantificação desses valores, vem sendo alvo de intensas pesquisas e desenvolvimento, mas ainda permanece em aberto (LLOYD, 1990). Porém, em todos os casos, o conhecimento do comportamento fenológico da vegetação no nível proposto neste trabalho, é um parâmetro básico para estudos mais aprofundados e especializados. Para finalizar, estes produtos são apontados por BENEDETTI et alii (1994) como a melhor ferramenta disponível no momento para o monitoramento ambiental através do sensoriamento remoto.

4.2.3 Terceiro Estágio: Setorial.

No terceiro estágio de percepção a unidade concreta de classificação é o **grupo de formações**, conforme definido nos sistemas da UNESCO (1973) e IBGE (1992). Nos outros sistemas de referência esta unidade corresponde aos *setores ecológicos ou principais formações vegetais* (LONG, 1969), *formações* (UNESCO-FAO, 1977) e *subformações* (HOWARD & SCHADE, 1982).

Trata-se de uma **escala setorial ou média**, com valores maiores do que 1:1.000.000 e menores ou igual a 1:50.000. Nesta escala, as variáveis ecológicas que controlam o aspecto da vegetação são a posição topográfica, o clima local, o tipo de substrato, o tipo de formação superficial e a condição de exploração dos recursos biológicos.

A característica fundamental da vegetação que se expressa nos produtos de sensoriamento remoto orbital, sobretudo de satélites de recursos da terra de órbita polar, é a sua **estrutura**. Mais particularmente, considera-se aqui os aspectos estruturais de **estratificação e cobertura**, que são intrinsecamente associados.

(a) Chave de classificação no 3º Estágio:

A chave de classificação proposta é a seguinte:

NÍVEL 3.1 ESTRUTURA	
CÓDIGO	CATEGORIAS
00	Indeterminada
01	Deserta
02	Aberta
03	Clara
04	Contínua
05	Muscinal-Aberta
06	Herbáceo-Aberta
07	Muscinal-Contínua

08	Herbáceo-Contínua
09	Arbustivo-Contínua
10	Arbóreo-Contínua
11	Aberta-Herbácea
12	Aberta-Arbustiva
13	Arbustivo-Clara
14	Arbustivo-Herbácea
15	Arbóreo-Clara
16	Arbóreo-Herbácea
17	Arbóreo-Arbustiva
18	Mosaico

(b) Procedimento de classificação no 3º Estágio:

A estratégia da classificação foi definida com um único nível, subdividido em cinco subníveis, conforme apresentado na Figura 3 e descrito a seguir. Considerando que a nomenclatura utilizada neste estágio é a que suscita maior novidade terminológica e dificuldade de apreensão, sugere-se que a leitura seja feita concomitantemente com a da figura que, como nos demais casos, está dividida em blocos para facilitar a sua compreensão.

Nível 3.1 ESTRUTURA: Cobertura e estratificação (Cód. d).

Utiliza-se a cobertura vegetal da sinúsia dominante, codominante ou dominada, como critério de discriminação dos grupos de formações. Como auxílio para o estabelecimento da nomenclatura utiliza-se a característica arquitetural, porte ou forma de vida principal.

Subnível 3.1.1 Cobertura Geral.

As subclasses de formações, discriminadas no estágio anterior, serão caracterizadas segundo a cobertura geral, resultante da combinação das diversas formas de vida presentes. Esta característica, de uma certa forma, já foi definida no primeiro estágio (Classe de Formações), separando-se as formações simples das complexas.

Caso o produto de sensoriamento remoto não permitir a discriminação proposta, o grupo de formação é dito **Indeterminado** (Cód.00). Assim, considerando-se a classe Deserta como um caso à parte, definem-se sem efeito terminológico:

(a) a classe **Deserta** (1) continua inalterada, porque os produtos de sensoriamento remoto neste nível de observação ainda não permitem a identificação de indivíduos dispersos;

(b) **Simples**: engloba aquelas formações onde predominam uma única forma de vida principal (talófito, erva, arbusto ou árvore); e

(c) **Complexa**: ao contrário da anterior, aqui não é possível definir uma forma de vida principal predominante, ocorrendo uma mistura variável dessas formas na paisagem vegetal, como no caso das Estepes (Caatinga) e Savanas (Cerrado).

Subnível 3.1.2 Cobertura da Sinússia Dominante.

Como neste estágio os produtos de sensoriamento remoto também não são capazes de fazerem a diferença entre o grau de cobertura denso (40-90%) do fechado (>90%), essas categorias foram abrangidas numa única classe denominada Contínua, que poderá ser separada no futuro com o uso de novas metodologias. Tanto as formações simples (Floresta, Fruticeta, Campos e Tundra) como as complexas (Savana, Estepe) poderão ser classificadas em:

(a) **Aberta**: o grau de cobertura da sinússia dominante varia de 10 a 40%; ou

(b) **Contínua**: o grau de cobertura da sinússia dominante é fechada ou densa (conforme foi dito acima);

Para o caso das formações simples com cobertura contínua, as sinússias codominante ou dominada não exercem influências significativas na resposta espectral da vegetação. Assim, para essas formações o processo classificatório neste estágio de percepção chega ao seu fim, denominando-se os grupos de formações como:

(2) **Contínua** (Cód. 04): grupo de formações simples com sinússia dominante contínua; ex.:

5/22/04 : Floresta Latofoliada-Perenifólia Contínua

Para as demais formações o processo continua.

Subnível 3.1.3 Porte Principal Característico.

As formações simples abertas com porte principal característico briófito e erva, quando discriminadas podem ser classificadas diretamente em:

(3) **Aberta** (Cód. 02): grupo de formações simples com sinússia dominante muscinal ou herbácea aberta; ex.:

1/1-1/02 : Tundra Estritofoliada-Caducifólia Aberta

2/1-1/02 : Campo Estritofoliado-Caducifólio Aberto

No caso das formações complexas (mistura de formas de vida principais) com sinússia predominante muscinal ou herbácea abertas podem ser classificadas como:

(4) **Muscinal-Aberta** (Cód. 05): grupo de formações complexas com sinúcia predominante muscinal aberta; ex.:

6/1-1/05 : Complexo Estritofoliado-Caducifólio
Muscinal-Aberto

(5) **Herbácea-Aberta** (Cód. 06): grupo de formações complexas com sinúcia predominante herbácea aberta; ex.:

6/1-1/06 : Complexo Estritofoliado-Caducifólio
Herbáceo-Aberto

Nos casos das formações simples e complexas abertas onde predominam os portes arbustivo e arbóreo, a influência das sinúcias codominante e dominada pode exercer um papel determinante na resposta espectral da vegetação nos produtos de sensoriamento remoto e, por isso, as suas coberturas vão ser consideradas conforme definido nos próximos subníveis.

As formações complexas contínuas, em função do porte principal característico, vão ser classificadas em:

(6) **Muscinal-Contínuo** (Cód. 07): grupo de formações complexas com sinúcia muscinal contínua; ex.:

6/1-1/07 : Complexo Estritofoliado-Caducifólio
Muscinal-Contínuo

(7) **Herbáceo-Contínuo** (Cód. 08): grupo de formações complexas com sinúcia herbácea contínua; ex.:

6/1-1/08 : Complexo Estritofoliado-Caducifólio
Herbáceo-Contínuo

(8) **Arbustivo-Contínuo** (Cód. 09): grupo de formações complexas com sinúcia arbustiva contínua; ex.:

6/3-1/09 : Complexo Estritolatofoliado-Caducifólio
Arbustivo-Contínuo

(9) **Arbóreo-Contínuo** (Cód. 10): grupo de formações complexas com sinúcia arbórea contínua; ex.:

6/3-1/10 : Complexo Estritolatofoliado-Caducifólio
Arbóreo-Contínuo

Subnível 3.1.4 Cobertura da Sinúcia Codominante.

Neste estágio de percepção a cobertura da sinúcia codominante vai ser enquadrada em duas classes: contínua (conforme já foi definido); e descontínua

(significando uma cobertura igual ou menor que 40%). As formações simples abertas serão então classificadas em função do porte arbustivo ou arbóreo em:

(10) **Clara** (Cód. 03): grupo de formações simples com sinúsia dominante arbustiva aberta e com sinúsia codominante herbácea descontínua; ex.:

4/2-2/03 : Fruticeta Latofoliada-Perenifolia Clara

(11) **Aberta-Herbácea** (Cód. 11): grupo de formações simples com sinúsia dominante arbustiva aberta e com sinúsia codominante herbácea contínua; ex.:

4/2-2/11 : Fruticeta Latofoliada-Perenifolia

Aberta-Herbácea

(12) **Aberta-Arbustiva** (Cód. 12): grupo de formações simples com sinúsia dominante arbórea aberta e com sinúsia codominante arbustiva contínua; ex.:

5/2-2/12 : Floresta Latofoliada-Perenifolia

Aberta-Arbustiva

Para as formações simples com sinúsia dominante arbórea aberta e sinúsia codominante arbustiva descontínua, os grupos de formações serão definidos no subnível seguinte.

As formações complexas abertas seguem um procedimento semelhante, variando a denominação empregada, ou seja:

(13) **Arbustivo-Clara** (Cód. 13): grupo de formações complexas com sinúsia dominante arbustiva aberta e sinúsia codominante herbácea descontínua; ex.:

6/2-1/13 : Complexo Latofoliado-Caducifólio

Arbustivo-Claro

(14) **Arbustivo-Herbácea** (Cód. 14): grupo de formações complexas com sinúsia dominante arbustiva aberta e sinúsia codominante herbácea contínua; ex.:

6/2-1/14 : Complexo Latofoliado-Caducifólio

Arbustivo-Herbáceo

(15) **Arbóreo-Arbustiva** (Cód. 17): grupo de formações complexas com sinúsia dominante arbórea aberta e sinúsia codominante arbustiva contínua; ex.:

6/2-1/17 : Complexo Latofoliado-Caducifólio

Arbóreo-Arbustivo

Da mesma forma como foi feito para as formações simples, as formações complexas com sinúsia dominante arbórea aberta e sinúsia codominante arbustiva descontínua, serão agrupadas no subnível seguinte.

Subnível 3.1.5 Cobertura da Sinúsia Dominada.

A influência da sinúsia dominada vai se manifestar nos produtos de sensoriamento remoto nos casos em que as sinúsias dominante e codominante são descontínuas. Neste caso para as formações simples têm-se:

(16) **Clara** (Cód. 03): grupo de formações simples com sinúsia dominante arbórea aberta e sinúsia codominante arbustiva e dominada herbácea descontínuas; ex.:

5/2-2/03 : Floresta Latofoliada-Perenifólia Clara

(17) **Aberta-Herbácea** (Cód. 11): grupo de formações simples com sinúsia dominante arbórea aberta, sinúsia codominante arbustiva descontínua e sinúsia dominada herbácea contínua; ex.:

5/2-2/11 : Floresta Latofoliada-Perenifólia
Aberta-Herbácea

Para os casos das formações complexas, têm-se:

(18) **Arbóreo-Clara** (Cód. 15): grupo de formações complexas com sinúsia dominante arbórea aberta e sinúsia codominante arbustiva e dominada herbácea descontínuas; ex.:

6/2-2/15 : Complexo Latofoliado-Perenifólio Arbóreo-Claro

(19) **Arbóreo-Herbácea** (Cód. 16): grupo de formações complexas com sinúsia dominante arbórea aberta, sinúsia codominante arbustiva descontínua e dominada herbácea contínua; ex.:

6/2-2/16 : Complexo Latofoliado-Perenifólio
Arbóreo-Herbáceo

(c) Situação do Sensoriamento Remoto no 3º Estágio.

O sensoriamento remoto em escala setorial (3º estágio de observação) teve um grande impulso no ano de 1972, com o lançamento do primeiro satélite da série Landsat. Os primeiros satélites desta série eram equipados com um sensor "Multispectral Scanner Subsystem - MSS" de quatro canais espectrais e resolução espacial de cerca de 80m. Na década de 80, esses satélites foram equipados com um sensor "Thematic Mapper- TM", funcionando com sete canais espectrais e com uma resolução nominal de 30m e 120m (termal). A resolução espacial continuou a melhorar na segunda metade da década de 80 com o lançamento do primeiro satélite francês da série SPOT, equipados com o sensor "Haute Resolution Visible- HRV", que vem obtendo imagens com a resolução de 20m (modo multiespectral) e 10m (modo pancromático).

O espectro eletromagnético observado também vem se ampliando consideravelmente. Ultrapassou os limites do visível e do infravermelho próximo dos primeiros Landsat's e SPOT's, com a adição de um canal no infravermelho termal nos últimos satélites da série Landsat. Atingiu as faixas de frequências de radar nos satélites da série "European Remote Sensing Satellite - ERS" e "Japanese Earth Resources

Satellite- JERS" lançados no início da década de 90. A resolução espectral também vem melhorando, permitindo a observação de faixas espectrais cada vez mais estreitas.

Apesar desses avanços, a principal vantagem do sensoriamento remoto orbital sobre as fotografias aéreas de pequena escala, está na sua cobertura sinótica e repetitiva. Os parâmetros orbitais permitem aos satélites Landsat a obtenção de uma imagem de 185 x 185km a cada 16 dias e imagens de 60 x 60km (cena normal) a cada 26 dias (visão normal) para os satélites SPOT. Imagens essas obtidas em poucos segundos com o mesmo ângulo de iluminação solar. Apresentadas na forma digital, elas permitem o rápido tratamento dos dados por sistemas computacionais e a sobreposição direta dos dados em sistemas geográficos de informações (BEAUBIEN, 1986). Apesar do alto potencial de repetitividade desses dados orbitais, eles ainda estão limitados pela cobertura de nuvens, que em condições tropicais são bastante severas.

Nesse estágio de observação, o elemento de resolução das imagens orbitais ou fotografias aéreas de pequena escala, ainda não é capaz de observar indivíduos isolados, mas sim conjuntos de plantas. Assim pode-se afirmar que a vegetação neste estágio de percepção corresponde a uma mistura de diferentes componentes. Por exemplo, as árvores são misturas de folhas, galhos e flores, e as formações complexas são misturas de árvores, arbustos, ervas, solo, etc (HUETE, 1989). Além disso, o efeito de sombreamento do relevo e dos indivíduos arbóreos dominantes, sobre as camadas inferiores, interfere de forma marcante nesta resposta (p.e. PECH & DAVIS, 1987; JASINSKI, 1990). Portanto, a resposta espectral medida, corresponde, na maioria dos casos, a uma mistura de informação proveniente de diferentes alvos, que varia muito em função da resolução do sensor (p.e. LACAZE et alii, 1983; JUPP et alii, 1989).

De acordo com WILSON (1960), HOWARD (1986) e WALKER et alii (1986), a cobertura vegetal é um dos critérios mais indicados para a classificação da vegetação com o uso de sensoriamento remoto nessa escala. Medidas independentes de cobertura para os estratos dominante e subdominante são frequentemente possíveis. Os aspectos interpretativos mais evidentes nesta escala são a tonalidade e a cor, que refletem as características espectrais dos alvos e o grau de recobrimento do solo pela vegetação. Pela análise do seu comportamento ("sob condições propícias") pode-se determinar parcialmente a estrutura, a composição florística e as condições do solo (WILSON, 1960).

O sensor observa principalmente as características do estrato superior da vegetação (TREITZ et alii, 1992). Assim, quando a cobertura da sinúcia dominante (arbórea ou arbustiva) é contínua (densa ou fechada), a resposta espectral é insensível à estrutura da vegetação (JUPP et alii, 1986). Caso contrário, cobertura dominante descontínua (aberta a ausente), a influência da porcentagem de cobertura da sinúcia dominada (arbustiva ou herbácea), da camada de liteira e de solo nu, podem influenciar marcadamente na resposta espectral da paisagem vegetal (FRANKLIN & STRAHLER, 1988). Neste caso, a influência do grau de iluminação é máxima e a estrutura da vegetação pode ser percebida mais efetivamente, sobretudo quando o ângulo de inclinação da fonte de iluminação é menor, provocando maior sombreamento.

No entanto, é importante lembrar que esses valores podem variar espacial e temporalmente, em decorrência de mudanças tanto na composição da mistura dos elementos que compõem a vegetação, como também, nas propriedades desses componentes. As variações temporais podem ser diárias, estacionais e anuais. Elas também podem ser provocadas por aspectos externos relacionados às condições atmosféricas, bem como a outros fatores como a coleta e o processamento dos dados.

Apesar desses últimos aspectos terem sido relativamente controlados, com o desenvolvimento do sensoriamento remoto orbital, ainda assim, a consideração do aspecto temporal dos dados orbitais, continua a ser extremamente importante na sua interpretação, como ficou demonstrado em diversos trabalhos, dentre os quais pode-se mencionar os de ALDRICH (1979) e GAMMON & CARTER (1979). A principal limitação para a exploração da capacidade multitemporal dos dados orbitais, sobretudo em condições tropicais, continua a ser a cobertura de nuvens frequente e severa na maioria dos casos, que impossibilita a obtenção de imagens, sobretudo nos períodos chuvosos (BEAUBIEN, 1986).

A maior ou menor utilidade das imagens orbitais varia principalmente em função do tipo de vegetação a ser classificada e das abordagens ou análises utilizadas. Maiores facilidades de discriminação de formações vegetais ocorre nos casos de classes de formações simples, com pouca variação de espécies e comportamento espectrais (TREITZ et alii, 1992). Quanto mais complexa a vegetação, maior a dificuldade de discriminá-la. Apesar disso, os resultados encontrados por GRAETZ et alii (1982), HADDISKY et alii (1986), USTIN et alii (1986), HOBBS et alii (1989) e SMITH et alii (1990), entre outros, trabalhando com complexos vegetacionais, mostram-se promissores.

Numerosos estudos foram realizados para avaliar a capacidade dos dados obtidos por este intermédio para a caracterização da cobertura vegetal da Terra. Neste sentido, nos últimos 10 anos, pode-se mencionar os trabalhos de NELSON et alii (1984), ADENIYI (1985), PETERSON et alii (1986), AHERN & LECKIE (1987), LOUGEAY et alii (1987), CRAIGHEAD et alii (1988), HOPKINS et alii (1988), TALBOT & MARKON (1988). Os resultados mostraram-se animadores, porém, muitas pesquisas e desenvolvimentos metodológicos ainda se fazem necessários para aplicações operacionais generalizadas (BEAUBIEN, 1986). Limitações importantes têm sido observadas, como no caso daquelas apontadas por HOFFER (1982), MILLANO (1982) e FELIX & BINNEY (1989).

Nos últimos anos, muitos esforços vêm sendo desenvolvidos no sentido de melhor compreender o processo de interação energia-alvo, de forma a aumentar a capacidade de discriminação dos diferentes tipos de coberturas vegetais. Modelos matemáticos estão sendo empregados e desenvolvidos de modo a explicar o comportamento espectral desses alvos complexos. Dentre os trabalhos direcionados neste sentido pode-se mencionar VERHOEF (1984), LI & STRAHLER (1985), PECH & DAVIS (1987), FRANKLIN et alii (1991), PRICE (1992) e ROSEMA (1992).

Novas conquistas tecnológicas e aperfeiçoamentos de sistemas sensores, têm permitido a ampliação constante do espectro eletromagnético observado remotamente, aumentando a capacidade de levantamento de dados referentes à cobertura vegetal da terra, como pode ser observado com a análise dos trabalhos de MORAIN & SIMONETT (1967), GREEN (1986), SADER (1987) e LECKIE (1990), entre muitos outros.

Paralelamente, sistemas e procedimentos de tratamento de dados para otimizar o processo de classificação de imagens estão sendo desenvolvidos, como aqueles de LATHROP et alii (1991) e TREITZ et alii (1992). O uso de sistemas de informação geográfica permite a combinação de dados de diferentes origens e temas, permitindo a inclusão de variáveis ecológicas para a melhor discriminação das formações vegetais, como demonstrado por MARTINS (1985), HEGYI & QUENET (1986) e DEMERS (1991).

4.2.4 Quarto Estágio: Local.

No quarto estágio de percepção a unidade concreta de classificação é a **formação**, conforme definido no sistema da UNESCO (1973). Nos demais sistemas de referência esta unidade corresponde às *parcelas ecológicas ou formações vegetais* (LONG, 1974), *não identificada* (UNESCO-FAO, 1977), *outros fatores classificatórios ao nível de subdivisões de subformações* (HOWARD & SCHADE, 1982) e *subgrupos de formações* (IBGE, 1992).

Trata-se de uma **escala local**, com valores maiores do que 1:50.000 e menores ou igual a 1:5.000. Nesta escala, as variáveis ecológicas que controlam o aspecto da vegetação são o micro-relevo, variáveis edáficas e ação do homem e dos animais. Mais especificamente, de acordo com Austin (1978) apud NELDNER & HOWITT (1991), o tipo de rocha, o aspecto e a posição topográfica têm uma forte influência sobre a composição florística da vegetação.

Dentre os critérios fisionômicos da vegetação que podem ser observados nos produtos de **sensoriamento remoto aéreo**, sobretudo de fotografias aéreas, destaca-se ainda a sua **estrutura** e aspectos **arquiteturais**. Propõe-se aqui, com base na experiência da literatura, como característica arquitetural discriminatória a **altura do dossel** e, como característica estrutural, o **padrão**.

(a) Chave de classificação no 4º Estágio:

A chave de classificação é dividida em dois níveis, que por sua vez podem ser subdivididos de acordo com a necessidade, conforme proposto a seguir:

NÍVEL 4.1 ARQUITETURA: Altura do dossel
CÓDIGO CATEGORIAS

- 00 Indeterminada
- 01 muscinal < ou =0,25m = muscinal
- 02 herbáceo <0,25m = Anão
- 03 herbáceo >0,25 a 0,50m = Baixo
- 04 herbáceo >0,50 a 1m = Elevado
- 05 herbáceo >1 a 2m = Alto
- 06 herbáceo >2m = Gigante
- 07 arbustivo <0,50m = Anão
- 08 arbustivo >0,50 a 1m = Baixo
- 09 arbustivo >1 a 2m = Elevado
- 10 arbustivo >2 a 4m = Alto
- 11 arbustivo >4m = Gigante
- 12 arbóreo <4m = Anão
- 13 arbóreo >4 a 8m = Baixo
- 14 arbóreo >8 a 16m = Elevado
- 15 arbóreo >16 a 32m = Alto
- 16 arbóreo > 32m = Gigante
- 17 Mosaico

NÍVEL 4.2 ESTRUTURA: Padrão
CÓDIGO CATEGORIAS

- 0 Indeterminado
- 1 Deserta
- 2 Cultivada
- 3 Espontânea
- 4 Cultivada-Clareirada
- 5 Espontânea-Clareirada
- 6 Cultivada-Agrupada
- 7 Espontânea-Agrupada
- 8 Mosaico

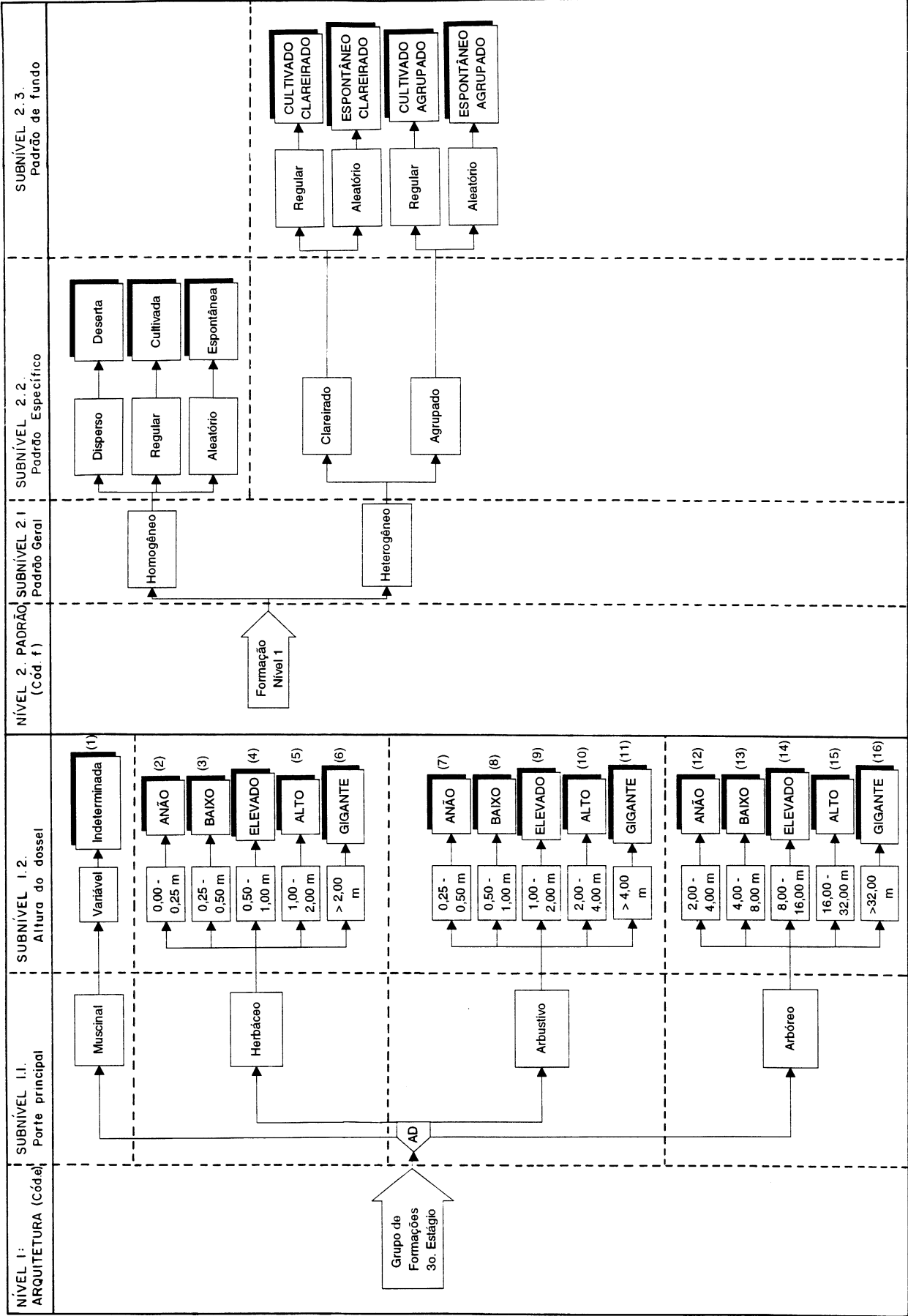
(b) Procedimento de Classificação no 4º Estágio.

O procedimento classificatório é bastante simples, constituído por dois níveis, sendo o primeiro também subdividido em dois subníveis e o segundo em três subníveis, conforme esquematizado no subitem anterior e na Figura 4, e descrito a seguir:

Nível 4.1 ARQUITETURA (Cód. e).

Tendo como base o sistema de estratificação proposto por GODRON et alii (1968) e a experiência internacional disponível, procurou-se simplificar ao máximo este procedimento da seguinte forma:

Fig. 4 - Esquema do Procedimento Classificatório no 4o. Estágio - Formação (Cód. c - f)



Subnível 4.1.1 Porte principal.

Os Grupos de Formações definidos no estágio anterior serão classificados primeiramente em função dos portes principais preponderantes em quatro categorias, conforme já definido para as Classes de Formações no primeiro estágio. Essas categorias não serão consideradas em termos de nomenclatura mas, apenas, como um subnível de apoio para a classificação:

- (a) briófitos
- (b) erva
- (c) arbusto
- (d) árvore

Subnível 4.1.2 Altura do dossel.

A formação vegetal com predominância de talófitas, não será subdivida em função da altura do seu dossel, por falta de informações a respeito e desconhecimento do autor sobre este tipo de cobertura vegetal, ficando portanto indeterminada neste nível (Cód.00).

A formação vegetal caracterizada pela presença marcante de ervas, será classificada segundo as seguintes categorias de altura:

(1) **Anã** (Cód. 02) : formação vegetal com um dossel herbáceo de altura variando de 0 a 0,25m; ex.:

3/1-1/04/02 : Campo Estritofoliado-Caducifólio
Contínuo Anão

(2) **Baixa** (Cód. 03) : formação vegetal com um dossel herbáceo de altura variando de mais de 0,25 a 0,50 m; ex.:

3/1-1/04/03 : Campo Estritofoliado-Caducifólio
Contínuo Baixo

(3) **Elevada** (Cód. 04) : mesma situação com altura variando de mais de 0,50 a 1,00 m; ex.:

3/1-1/04/04 : Campo Estritofoliado-Caducifólio
Contínuo Elevado

(4) **Alta** (Cód. 05) : ídem, com altura variando de mais de 1 a 2m; ex.:

3/1-1/04/05 : Campo Estritofoliado-Caducifólio
Contínuo Alto

(5) **Gigante** (Cód. 06) : ídem, com altura de mais de 2m; ex.:

3/1-1/04/06 : Campo Estritofoliado-Caducifólio
Contínuo Gigante

De forma semelhante à anterior, as formações vegetais caracterizadas pela presença marcante de uma sinúsia arbustiva, será classificado também em cinco categorias em função da altura do seu dossel, da seguinte forma:

(6) **Anã** (Cód. 07) : formação vegetal com um dossel arbustivo de altura menor do que 0,50m; ex.:

3/2-2/11/07 : Fruticeta Latofoliada-Perenifólia
Aberta-Herbácea Anã

(7) **Baixa** (Cód. 08) : formação vegetal com um dossel arbustivo de altura variando de mais de 0,50 a 1m; ex.:

3/2-2/11/08 : Fruticeta Latofoliada-Perenifólia
Aberta-Herbácea Baixa

(8) **Elevada** (Cód. 09) : mesma situação, com altura variando de mais de 1 a 2 m; ex.:

3/2-2/11/09 : Fruticeta Latofoliada-Perenifólia
Aberta-Herbácea Elevada

(9) **Alta** (Cód. 10) : ídem, com altura variando de mais de 2 a 4m; ex.:

3/2-2/11/10 : Fruticeta Latofoliada-Perenifólia
Aberta-Herbácea Alta

(10) **Gigante** (Cód. 11) : ídem, com altura de mais de 4m; ex.:

3/2-2/11/11 : Fruticeta Latofoliada-Perenifólia
Aberta-Herbácea Gigante

Como nos casos anteriores, as formações vegetais caracterizadas pela presença marcante de árvores, serão caracterizadas em função da altura do seu dossel em:

(11) **Anã** (Cód. 12) : formação vegetal com preponderância de um dossel arbóreo com altura menor do que 4m; ex.:

5/2-2/04/12 : Floresta Latofoliada-Perenifólia
Contínua Anã

(12) **Baixa** (Cód. 13) : formação vegetal com a preponderância de um dossel arbóreo com altura variando de mais de 4 a 8m; ex.:

5/2-2/04/13 : Floresta Latofoliada-Perenifólia
Contínua Baixa

(13) **Elevada** (Cód. 14) : mesma situação, com altura variando de mais de 8 a 16m; ex.:

5/2-2/04/14 : Floresta Latofoliada-Perenifólia
Contínua Elevada

(14) **Alta** (Cód. 15) : ídem, com altura variando de mais de 16 a 32m; ex.:

5/2-2/04/15 : Floresta Latofoliada-Perenifólia
Contínua Alta

(15) **Gigante** (Cód.16) : ídem, com altura de mais de 32m; ex.:
5/2-2/04/16 : Floresta Latofoliada-Perenifólia
Continua Gigante

Nível 4.2 ESTRUTURA: Padrão.

Neste segundo nível de decisão as formações serão caracterizadas pelo padrão de distribuição das plantas no espaço horizontal. Para isto, este nível é subdividido em três subníveis de classificação, conforme apresentado a seguir:

Subnível 4.2.1: Padrão Geral.

As formações definidas no estágio anterior são inicialmente subdivididas em três categorias pelo padrão geral da cobertura vegetal, assim identificadas:

- (a) **Indeterminada**: usada no caso do produto de sensoriamento remoto utilizado não permitir essa discriminação, encerrando a classificação neste estágio de percepção (Cód. 0);
- (b) **Homogênea**: no terreno, corresponde a uma cobertura vegetal com dossel contínuo e uniforme, e nos produtos de sensoriamento remoto, a uma mancha uniforme onde a variação de tons de cinza ou números digitais não é significativa, ou seja, ela apresenta um padrão uniforme, normalmente, ainda não identificado em termos de nomenclatura; e
- (c) **Heterogênea**: no terreno corresponde a uma situação contrária a anterior, e nos produtos de sensoriamento remoto, a mancha delimitada apresenta variações significativas de tons de cinza, que não devem ou não podem ser isoladas neste nível de percepção, também normalmente não identificado em termos de nomenclatura.

Subnível 4.2.2: Padrão Específico.

Neste subnível o Padrão Geral pode ser subdividido em função do que se denominou de padrão específico. Assim, o padrão geral homogêneo pode ser subdividido em três categorias (disperso, regular e aleatório), conforme o seguinte procedimento:

- (1) **Disperso**: neste estágio de observação e no patamar atual de aplicação do sensoriamento remoto, ainda não é possível separar os padrões ausente, raro e esparsos (cobrindo menos de 10% da superfície do solo), que são agrupados numa única categoria (Cód. 1), identificando a classe Deserta que permanece inalterada, ou seja, da mesma forma que na categoria de subclasse e grupo de formações, também não haverá formações na **Classe Deserta**.

As duas próximas subdivisões (padrão regular e aleatório) podem ser separadas em duas grandes categorias de formações:

(2) **Cultivada** (Cód. 2): abrange nesta categoria todas as coberturas vegetais induzidas pelo homem através de manejo ou cultivadas, usando normalmente espaçamento determinado entre linhas e indivíduos, mesma época de plantio e variedade, e apresentando certas práticas culturais marcantes (p.e.: reflorestamentos, pomares e culturas anuais); são constituídos geralmente por um só tipo de planta, um único estrato, com estrutura horizontal e vertical regular (padrão regular); cabe observar que, existe a possibilidade deste padrão ocorrer espontaneamente na natureza, o que não foi aqui considerado; ex:

3/1-1/04/05-2 : Campo Estritofoliado-Caducifólio
Contínuo Alto-Cultivado

(3) **Espontânea** (Cód. 3): por outro lado, têm-se as coberturas vegetais espontâneas onde os indivíduos estão distribuídos aleatoriamente no terreno ; ex.:

5/2-2/04/14-3 : Floresta Latofoliada-Perenifólia
Contínua Elevada-Espontânea

O Padrão Geral Heterogêneo, pode ser caracterizado pelos padrões agrupado e clareirado, que se superpõem aos dois anteriores (regular e aleatório), dos quais constituem casos especiais, constituindo as categorias abaixo, ainda não consideradas em termos de nomenclatura:

(a) **Clareirada** : formações com padrão geral heterogêneo, que apresenta descontinuidades ou clareiras, onde o solo nu aparece cobrindo mais de 10% da superfície observada (padrão clareirado), típico de áreas alteradas, degradadas ou semi-áridas;

(b) **Agrupada** : formações com padrão geral heterogêneo, que apresentam um ajuntamento de plantas de maior porte ou massa vegetal em manchas características do terreno (padrão agrupado), típicos de descontinuidades ambientais (morfológicas, pedológicas, hídricas);

Subnível 4.2.3 Padrão de Fundo.

Define-se como padrão de fundo aquele que fica subjacente ao padrão específico, ou seja, a forma de distribuição das plantas que estão localizadas fora dos agrupamentos ou das clareiras. Em função do tipo de padrão de fundo, as categorias clareirada e agrupada podem ser subdivididas em duas grandes categorias cada uma:

(4) **Cultivado-Clareirado** (Cód. 4): formação com padrão geral heterogêneo clareirado que se superpõe ao padrão de fundo regular; ex.:

5/2-2/04/14-4 : Floresta Latofoliada-Perenifólia
Contínua Elevada-Cultivada-Clareirada;

(5) **Espontâneo-Clareirado** (Cód. 5): formação heterogênea com padrão específico clareirado que se superpõe ao padrão de fundo aleatório; ex.:

5/2-2/04/14-5 : Floresta Latofoliada-Perenifólia

Continua Elevada-Espontânea-Clareirada:

6/2-1/17/14-5 : Complexo Latofoliado-Decíduo

Arbóreo-Arbustivo Elevado-Espontâneo-Clareirado.

(6) **Cultivado-Agrupado** (Cód. 6): formação com padrão heterogêneo agrupado que se superpõe ao padrão de fundo regular; ex.:

5/2-2/04/14-6 : Floresta Latofoliada-Perenifólia

Continúa Elevada-Cultivada-Agrupada.

(7) **Espontâneo-Agrupado** (Cód. 7): formação com padrão heterogêneo agrupado que se superpõe ao padrão de fundo aleatório; ex.:

5/2-2/04/14-7 : Floresta Latofoliada-Perenifólia

Contínua Elevada-Espontânea-Agrupada;

6/2-1/17/14-7 : Complexo Latofoliado-Decíduo

Arbóreo-Arbustivo Elevado-Espontâneo-Agrupado.

(c) Situação do Sensoriamento Remoto no 4º Estágio:

O desenvolvimento tecnológico verificado na metade final da década de 80 e no início desta década, tem permitido o uso de sensoriamento remoto orbital neste estágio de percepção. No entanto, o grande domínio de aplicação ainda está ligado aos levantamentos aéreos de uso já consagrado. A história é antiga mas, pode-se dizer que o uso de fotografias aéreas pancromáticas, para estudos da cobertura vegetal da terra, recebeu um grande impulso no final da década de 40. Este impulso é devido, em grande parte, à experiência adquirida no decorrer da 2ª Guerra Mundial. No final dos anos 60 foram introduzidos os produtos coloridos, que aumentaram ainda mais o emprego dessas ferramentas para o levantamento desses recursos (HOSTROP & KAWAGUCHI, 1971).

A maioria dessas aplicações estavam voltadas para estudos florestais, preocupadas principalmente com a identificação de essências, em áreas de climas frios ou temperados. O que pode ser atribuído, em grande parte, aos altos custos envolvidos no processo de aquisição e tratamento dos dados aerofotográficos. Os investidores exigiam altos retornos econômicos para justificar as aplicações desses elevados recursos. Esses custos limitavam também a área a ser coberta pelos aerolevantamentos, como mencionado, por exemplo, por NORTHROP & JOHNSON (1970).

Apesar disso, de acordo com MEYER (1963), até meados da década de 50, poucos trabalhos foram publicados avaliando de forma quantitativa os parâmetros florestais medidos indiretamente por fotografias aéreas pancromáticas (YOUNG, 1955). Até a publicação deste último trabalho, esse número de aplicações aumentou

expressivamente, tanto em extensão como em grau de sofisticação, mas ainda permaneciam limitados em termos de resultados quantitativos e confiáveis.

O potencial desses produtos de sensoriamento remoto para avaliação de outros tipos de vegetação, somente vem sendo explorado nas últimas décadas. Dentre os primeiros exemplos para essas aplicações, pode-se mencionar os trabalhos de HOWARD (1965), que estudou complexos vegetacionais africanos, e MORAIN & SIMONETT (1967), que destoando do contexto do uso de fotografias aéreas, identificaram vários tipos de cobertura vegetal com produtos gerados por um sensor de microondas atuando na faixa-K.

A variação de escala das fotografias aéreas utilizadas para esses estudos é muito grande. Para o manejo florestal, MARSHALL & MEYER (1978) recomendaram o uso da escala em torno de 1:20.000, por permitir uma maior adequação em termos de quantidade de informações necessárias, o custo e o tempo de aquisição e análise dos dados. A textura e a forma das copas podem ser percebidas, possibilitando a discriminação de coberturas vegetais, como feito por exemplo por HUDSON (1991). Neste trabalho, os limites de escala utilizados para este estágio de percepção da cobertura vegetal, variam de 1:50.000 a 1:5.000.

A escala de 1:50.000 mostra-se como um divisor prático do uso de aspectos fisionômicos individuais da vegetação para a fotointerpretação. SEDYKH & SIDOROVA (1986) observaram que, a partir desta escala, não é mais possível identificar indivíduos arbóreos isoladamente, mas sim a localização de grupos de diferentes espécies florestais que formam a comunidade vegetal.

Uma nova abordagem com o uso do sensor APR ("Laser Airborne Profile Recorder"), proposta por ARP et alii (1982), permite o levantamento de um perfil altimétrico de um dossel florestal tropical com um mínimo de controle de campo e em escalas menores do que 1:5.000.

De acordo com Gunn et al. (1988) apud NELDNER & HOWITT (1991), mudanças na tonalidade e textura dos padrões fotográficos são causadas principalmente por variações nas propriedades de reflectância das diferentes espécies vegetais, a densidade e altura de árvores e arbustos, a cor e a densidade de folhas, a estrutura do dossel, a proporção da cobertura do solo exposto e os efeitos de sombreamento.

Pode-se considerar que a combinação da textura com o padrão fotográfico auxiliam o fotointérprete a determinar a estrutura de uma cobertura vegetal (WILSON, 1960). Porém, poucos autores têm-se preocupado com o uso dos produtos de sensoriamento remoto para a discriminação dos diferentes tipos de padrões estruturais da vegetação. Destes, pode-se mencionar por exemplo os de CARVALHO (1986), FRANKLIN (1986) e SPANNER et alii (1990), que mostraram a sua potencialidade para este tipo de discriminação.

No entanto, é importante mencionar que a sinúsia arbórea é o principal fator biótico na determinação do fotopadrão. Ela continua a fornecer os elementos

básicos para a fotointerpretação e o resultante mapa de vegetação. Quando a sua cobertura é densa, contagens precisas e medidas de distância, altura e diâmetro de árvores não podem ser feitas sobre fotografias aéreas (WILSON, 1960).

A estratificação ou altura dominante da cobertura vegetal também se destaca como um dos mais eficazes critérios para a classificação da vegetação, por intermédio do sensoriamento remoto, neste estágio de percepção, conforme observado por MEYER & ERICKSON (1964), BRENAC (1965) e PRATT & GWYNE (1977). A visão estereoscópica é fundamental para a observação dessa característica, bem como, para a identificação de outras características morfológicas da vegetação/planta. Porém a medida da altura de plantas ou estratos é muito sujeita a erros, conforme mencionado por WILSON (1960), citando como exemplo os trabalhos de LOSEE (1953) e WORLEY & LANDIS (1954), e por HOWARD (1970). No entanto, o desempenho classificatório pode ser melhorado com a utilização de fotografias aéreas de alta resolução e combinando parcialmente a textura e a tonalidade, segundo HOWARD & SCHADE (1982).

O advento do sensoriamento remoto orbital na década de setenta, permitindo novas abordagens, levou a um certo abandono dos produtos aerofotográficos por diversas razões, inclusive aquelas anteriormente expostas. O interesse de se trabalhar neste estágio de percepção vem retornando nos últimos anos, com o desenvolvimento de novas aplicações, produtos, técnicas e metodologias. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de LINDERS & McCOLL (1993), que apresenta um novo sensor multiespectral ("Multispectral Electro-optical Imaging System - MEIS"), adequado para estudos da vegetação.

Estas novas técnicas se propõem a solucionar muitos problemas de mapeamento da vegetação que ainda não foram superados. Permitem também o uso de sistemas automáticos de tratamento e análise desses dados, que acoplados com novos sistemas de informações geográficas ("System of Geographic Information - SIG") e de posicionamento no solo ("Global Positioning System - GPS"), otimizam os resultados alcançados, com custos menores, maior velocidade na aquisição e processamento, além de facilitar o armazenamento e o manuseio desses dados.

4.2.5 Quinto Estágio: Estacional.

No quinto estágio de percepção a unidade concreta de classificação é a **subformação**, conforme definido no sistema da UNESCO (1973). Nos demais sistemas de referência esta unidade corresponde às *estações ecológicas ou elementos de vegetação* (LONG, 1974), *não identificada* (UNESCO-FAO, 1977), *unidades florísticas, edáficas ou econômicas* (HOWARD & SCHADE, 1982) e *formações* (IBGE, 1992).

Trata-se de uma **escala de estação**, com valores maiores do que 1:5.000, onde as variáveis ecológicas que controlam o aspecto da vegetação são as condições micro-climáticas, micro-edáficas e bióticas (do homem aos microorganismos).

A característica a ser observada neste estágio pode variar de acordo com o interesse do levantamento e o tipo de produto de sensoriamento remoto empregado. Tomando como base a experiência avaliada, pode-se adotar como critério discriminatório a característica arquitetural **forma de vida (porte) especial**. Assim as formações vegetais poderiam ser subdivididas de acordo com a presença de plantas com porte especial característico numa determinada área, constituindo uma subformação típica.

Dentre diversos outros aspectos fisionômicos que poderiam ser utilizados para a classificação da vegetação neste estágio, pode-se ainda mencionar algumas características especiais do sub-bosque e a presença de espécies características e outras. Outros aspectos de natureza quantitativa (área-basal, fitomassa, tamanho característico das folhas, etc.) ou qualitativa (consistência das folhas características, forma e consistência da copa, forma e consistência do tronco, etc.), também poderiam ser utilizadas neste estágio de observação. Esses aspectos, no entanto, foram pouco utilizados pelos sistemas de classificação avaliados, e por isso não foram empregados nesta primeira aproximação.

(a) Chave de classificação no 5º Estágio:

Devido à ampla variedade de formas de vida especiais que podem ocorrer na natureza, não foi possível aqui considerá-las todas. Propõe-se como guia para a classificação as seguintes categorias, que podem ser ampliadas para cada caso especial, aprimorando esse sistema, com a ajuda de outros pesquisadores.

NÍVEL 5.1. ARQUITETURA: Formas de vida especiais

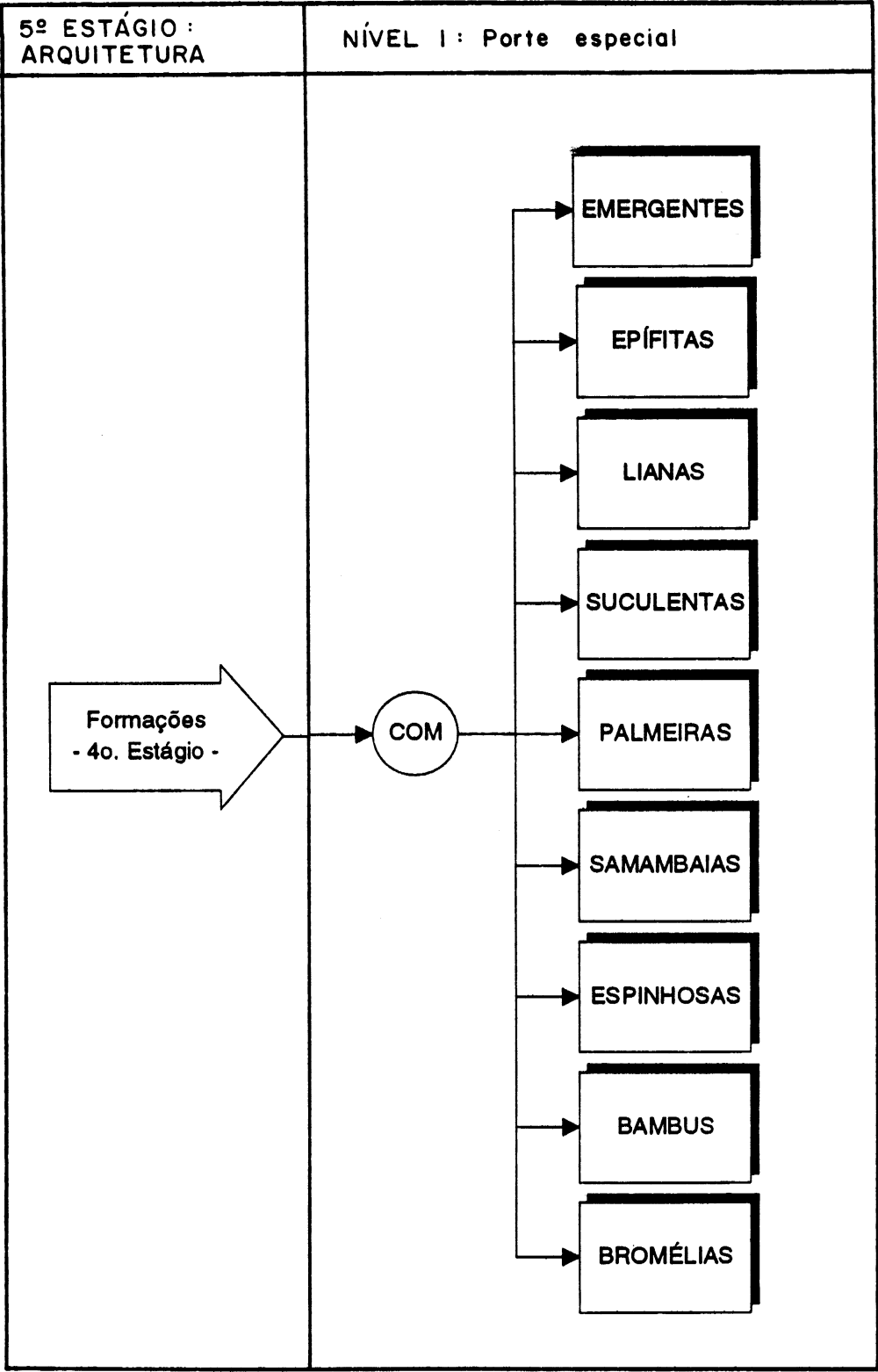
CÓDIGO CATEGORIAS

- 0 Não identificado
- 1 emergente
- 2 epífitas
- 3 lianas
- 4 suculentas
- 5 palmeiras
- 6 samambaias
- 7 espinhosas
- 8 bambu
- 9 bromélias

(b) Procedimento de Classificação no 5º Estágio.

A chave de classificação é bastante simples, com um único nível de percepção conforme apresentado na Figura 5, ou seja:

Fig. 5 - Esquema do Procedimento Classificatório no 5o. Estágio
Subformações (Cod. g)



Nível 5.1 ARQUITETURA: Forma de vida especial.

Neste nível será identificado um porte ou forma de vida especial, que caracterize de forma marcante a fisionomia vegetal, identificando a subformação em consideração. Apresenta-se aqui as formas mais comumente citadas nos sistemas de classificação analisados, devendo ser acrescentadas novas formas, na medida do necessário.

Como nos demais casos, reserva-se o código 0 para aquelas situações em que não é possível identificar uma forma de vida especial. Como ponto de partida foram propostas as seguintes categorias:

(1) **Emergente** (Cód. 1): a formação vegetal apresenta plantas emergentes que se destacam do dossel médio; ex.:

5/2-2/04/15-3/1 : Floresta Latofoliada-Perenifólia

Continua Alta-Espontânea com emergentes

(2) **Epífitas** (Cód. 2): formação com presença abundante ou discriminatória de plantas que vivem sobre outras utilizando-as como suporte, sem ser parasita; ex.:

5/2-2/04/15-3/2 : Floresta Latofoliada-Perenifólia

Continua Alta-Espontânea com epífitas

(3) **Lianas** (Cód. 3): formação com presença marcante de plantas lenhosas ou herbáceas que necessitam de um suporte, ou seja, plantas trepadeiras; ex.:

5/2-2/04/15-3/3 : Floresta Latofoliada-Perenifólia

Continua Alta-Espontânea com lianas

(4) **Suculentas** (Cód. 4): formação com presença marcante de plantas suculentas, como cactos, eufórbias, etc.; ex.:

6/2-1/17/14-5/4 : Complexo Latofoliado-Decíduo

Arbóreo-Arbustivo Elevado-Expontâneo-Clareirado com suculentas.

(5) **Palmeiras** (Cód. 5): formação com presença marcante de plantas com folhas em tufo no alto de uma estipe, típicas das palmáceas; ex.:

5/2-2/04/15-3/5 : Floresta Latofoliada-Perenifólia

Continua Alta-Espontânea com palmeiras

(6) **Samambaias** (Cód. 6): formação com presença marcante de plantas do tipo das samambaias, avencas, etc.; ex.:

5/2-2/04/14-5/6 : Floresta Latofoliada-Perenifólia

Continua Elevada-Espontânea-Clareirada com samambaias

(7) **Espinhosas** (Cód. 7): formação com presença marcante de plantas com espinhos;

6/2-1/17/14-5/7 : Complexo Latofoliado-Decíduo

Arbóreo-Arbustivo Elevado-Expontâneo-Clareirado com espinhosas

(8) **Bambu** (Cód. 8): formação com presença marcante de plantas herbáceas normalmente gigantes, com colmos formados de nós e entre-nós e folhas de forma estritofoliada; ex.:

5/2-2/04/15-3/8 : Floresta Latofoliada-Perenifolia

Continua Alta-Espontânea com bambu

(9) **Bromélias** (Cód. 9): formação com presença marcante de plantas do tipo das bromeliáceas; ex.:

6/2-1/17/14-5/9 : Complexo Latofoliado-Decíduo

Arbóreo-Arbustivo Elevado-Expontâneo-Clareirado com bromélias

(c) Situação do Sensoriamento Remoto no 5º Estágio.

De acordo com ALDRICH (1966), Losee com seu trabalho publicado em 1953, foi um dos pioneiros no uso de fotografias aéreas em grande escala para estudos florestais. O grande desenvolvimento desta técnica veio a ocorrer na década de 60 com a publicação de numerosos trabalhos, dentre os quais pode-se citar o de AVERY (1958), WILSON (1960), SAYN-WITTGENSTEIN (1960), KIPPEN & SAYN-WITTGENSTEIN (1964), LYONS (1967), SAYN-WITTGENSTEIN & ALDRED (1967), GERRARD (1969) e PARRY et alii (1969).

A década de 70 marca significativamente o início dos trabalhos mais detalhados ainda, com o uso de fotografias aéreas coloridas normais e infravermelhas, para a identificação de espécies em coberturas vegetais espontâneas. Consolida-se assim a tendência já observada na década anterior, de se enfatizar neste estágio de percepção, a identificação de espécies vegetais, como por exemplo os trabalhos de PARRY et alii (1969), MEYER (1976), MYER & BENSON (1981) e ARVANITIS & NEWBURNE (1984).

De uma maneira geral, esses trabalhos e mais recentemente os de CLÉMENT & GUELLEC (1974), SAYN-WITTGENSTEIN et alii (1978), HAGAN & SMITH (1986) e HOWARD (1986), mostram o potencial desses produtos para o inventário e o manejo florestal. Dentre os parâmetros florestais observados, pode-se mencionar: a forma, a altura, a qualidade e o volume das árvores; a forma, o diâmetro, a textura, a estrutura, a tonalidade ou a cor das copas das árvores; determinação de espécies; a distribuição de tamanho e hábitos de ramificação de árvores. Porém, de acordo com WARREN & DUNFORD (1986), as medidas quantitativas da vegetação para aplicações não-florestais têm recebido relativamente pouca atenção.

Na década atual, em oposição à tendência majoritária do uso de imagens orbitais em pequenas escalas para levantamento de grandes áreas, uma nova linha de estudos vem sendo implementada com o uso de aeronaves de baixa altitude, gerando produtos em grande escala e para aplicações locais, como aquela apresentada por HINCKLEY & WALKER (1993).

Evidências tiradas do trabalho de NORTHROP & JOHNSON (1970) parecem mostrar que o limite escalar de 1:5.000 corresponde ao ponto final da capacidade para discernir componentes individuais de árvores dominantes, como tronco, ramificações, etc., sobre fotografias aéreas de grande escala. No entanto, estudos mais recentes, como o de WARREN & DUNFORD (1986), mostram a dificuldade que existe para a discriminação de arbustos, em fotos tiradas em escalas próximas a esse limite.

Conforme mencionado por HOWARD (1986) a identificação de espécies dominantes pode ser feita a partir desta escala com mais segurança. Salvo no caso de florestas tropicais, onde este objetivo é dificilmente atingido, devido a sua grande diversidade florística. Nesses casos, a emergência das árvores e a presença de copas com formas especiais, facilmente distinguíveis, são aspectos fundamentais para a identificação de algumas espécies dessas florestas.

A partir dos efeitos grosseiros do tamanho geral das folhas das plantas sobre os valores de radiância ou assinatura espectral das imagens, este aspecto da cobertura vegetal também pode ser discriminado em fotografias aéreas em grande escala, segundo HOWARD & SCHADE (1982). Um exemplo marcante do uso deste critério vegetacional para a classificação de florestas úmidas da Austrália é aquele oferecido por WEBB (1959). No entanto, cabe lembrar que este aspecto é difícil de ser observado ou medido precisamente, mesmo no terreno, como foi destacado por EITEN (1968) e KÜCHLER (1988).

Além dos aspectos já mencionados, outros podem ser observados diretamente sobre as fotografias aéreas em grande escala. Como exemplo ainda, podem ser citados a distância entre as árvores, o recobrimento e a altura dos estratos sub-dominantes (HOWARD & SCHADE, 1982). Ampliando ainda mais esse espectro aplicativo, MYERS (1975) recomendou o uso de fotos coloridas para localizar afloramentos rochosos sob cobertura florestal de eucalipto.

Em síntese, pode-se concordar com NORTHROP & JOHNSON (1970), de que muito esforço ainda deve se feito para aumentar a efetividade do uso dos produtos em grande escala de forma operacional. Da mesma forma, pode ser dito que, muitas informações a respeito da cobertura vegetal espontânea ainda devem se exploradas, em face do potencial disponível neste estágio de percepção da vegetação. Portanto, a medida quantitativa de aspectos da vegetação, como a cobertura e a densidade de plantas individuais ou mesmo estratos definidos, necessária para o seu controle e manejo, ainda apresenta muitos desafios metodológicos.

5. Considerações Finais.

O manejo sustentado da vegetação se impõe como uma necessidade impostergável da sociedade humana, para a preservação desses recursos e a manutenção das condições ambientais favoráveis à vida vegetal, animal e humana no planeta. Esta tarefa depende de um amplo, profundo e contínuo conhecimento da cobertura vegetal da Terra. Como uma etapa básica e preliminar para atingir esta meta, torna-se cada vez mais

evidente que é imprescindível aperfeiçoar e acelerar o processo de classificação e cartografia desta cobertura vegetal e acompanhar a sua evolução no tempo.

Apesar dos consideráveis esforços dispendidos na sistematização dos procedimentos de classificação, sobretudo nesta segunda metade do século XX, ainda não se dispõe de um sistema aceito de forma incontestável. Uma análise das principais e mais recentes propostas neste sentido mostra uma grande diversidade, heterogeneidade e assimetria nos sistemas de classificação considerados.

Grande parte da dificuldade em se estabelecer essa classificação, pode ser atribuída às tentativas de se harmonizar, num único sistema, os interesses variados, amplos e, em muitos casos, conflitivos de áreas de conhecimento tão diversas como a botânica, geografia, floresta, ecologia, climatologia, etc.

É necessário encontrar uma linguagem comum capaz de satisfazer as necessidades básicas de cada uma dessas áreas de conhecimento. A solução desse problema converge sensivelmente para o estabelecimento de um sistema essencialmente fisionômico.

Levando em conta essas considerações, a demanda premente da comunidade científica e os cuidados que se deve ter para apresentação de um novo sistema de classificação, diante da diversidade já existente, fez-se neste trabalho mais uma tentativa no sentido de se encontrar uma solução satisfatória.

Trata-se de um sistema potencialmente dinâmico e flexível, capaz de abarcar toda a cobertura vegetal terrestre. No seu desenvolvimento, procurou-se deixar em aberto a possibilidade de combinar levantamentos "in situ" e por sensoriamento remoto multiestágio, tornando-o capaz de ser empregado com diferentes propósitos, níveis de detalhamento e disponibilidade de recursos. Porém, cabe destacar que em todos os estágios de percepção, os sistemas de sensoriamento remoto disponíveis ainda necessitam de aperfeiçoamentos tecnológicos e metodológicos, para o seu uso operacional.

Por ser estritamente fisionômico permite o uso por toda a comunidade científica interessada, sem necessidade de especialização e levantamentos exaustivos e demorados da vegetação. Espera-se, também, que ele sirva de base para estudos mais específicos nas mais variadas escalas de observação, desde os mais locais até os mais globais.

Pretende ser um sistema rigorosamente hierárquico e aberto de modo a poder ser utilizado de forma sistemática e por toda a comunidade interessada, bastando adicionar os conhecimentos específicos a cada área de conhecimento, sem ser necessário alterar substancialmente a sua estrutura básica. E, que também possa ser utilizado para orientar os trabalhos de amostragem, levantamento, interpretação e expressão de resultados.

A representação alfa-numérica das categorias de classificação permite o armazenamento, o tratamento e a pronta recuperação das informações através de tratamento automático de dados.

A percepção da vegetação é feita através de um procedimento hierárquico em cinco estágios, que permite aproximações sucessivas e crescentes em nível de informação. Reservou-se, em cada estágio, duas categorias para identificar os casos de indeterminação e impossibilidade de discriminação de áreas, a que se deu o nome de indeterminada e mosaico, respectivamente. A título de síntese, é apresentado a seguir as principais características de cada estágio:

1º Estágio: permite uma percepção global ou continental da cobertura vegetal do planeta, através de sistemas de sensoriamento remoto orbital com satélites ambientais de altas altitudes e baixas resoluções; as unidades de classificação e mapeamento correspondem às classes de formações que podem ser expressas em escalas de apresentação menores do que 1:10.000.000; pela sistemática adotada foram identificadas 6 classes de formações -- deserta, tundra, campos, fruticeta, floresta e complexa -- caracterizadas pela sua fisionomia *sensu strictu*;

2º Estágio: oferece uma perspectiva regional da cobertura vegetal dos continentes, através de dados obtidos por sistemas de sensoriamento remoto orbital com satélites meteorológicos e de recursos da terra, de elevadas altitudes e baixas resoluções; as unidades de classificação e mapeamento correspondem às subclasses de formações, que podem ser expressas em escalas de apresentação variando de menos do que 1:10.000.000 a mais de 1:1.000.000; o procedimento classificatório proposto permite a identificação de 9 subclasses de formações, resultantes de todas as combinações possíveis entre três formas de folhas (estreita, larga e mista), com três tipos de periodicidade (caducas, perenes e mista);

3º Estágio: empregado para a classificação da cobertura vegetal em setores homogêneos de uma região terrestre, com o apoio de sensoriamento remoto orbital (satélites de recursos da terra) e aéreo (aeronaves) de médias altitudes e resoluções; as formações vegetais são reunidas ao nível de grupos, caracterizados pela cobertura vegetal das sinúsias dominante, codominante e dominada, expressas em mapas na escala de apresentação variando de mais do que 1:1.000.000 e menos do que 1:50.000; sendo identificados 15 grupos de formações;

4º Estágio: permite a divisão de um setor em áreas homogêneas em termos de cobertura vegetal, com o apoio de sensoriamento remoto aéreo de baixa altitude e elevada resolução; a cobertura vegetal dessas áreas constituem as unidades básicas do sistema de classificação fisionômico, que são as formações vegetais, caracterizadas pela altura do seu dossel e pelo padrão de distribuição espacial das suas plantas no terreno, expressas em mapas nas escalas de mais do que 1:50.000 até 1:5.000; pela sistemática adotada podem ser identificadas teoricamente 90 formações vegetais, correspondentes a todas as combinações possíveis entre 5 categorias de altura (anã, baixa, elevada, alta e gigante), três portes principais (árvore, arbusto e erva) e 6 categorias de padrões

(regular, aleatório, regular-clareirado, aleatório-clareirado, regular-agrupado e aleatório-agrupado);

5º Estágio: resulta da subdivisão das áreas homogêneas em sub-unidades vegetacionais, com o apoio de sensoriamento remoto aéreo ou terrestre de muito baixa altitude e alta resolução; neste estágio são identificadas as subformações vegetais, caracterizadas pela presença de formas de vida especiais características, que podem ser expressas em escalas maiores do que 1:5.000; de modo a permitir a representação da mais ampla escala de variação possível, o esquema de classificação neste estágio permaneceu em aberto, citando-se como exemplos os 8 casos mais encontrados na literatura disponível.

Esse sistema é limitado à vegetação terrestre e apresenta termos polêmicos que necessitam ser melhor discutidos para uma efetiva padronização. Em especial, a análise das Classes de Formações Deserta e Tundra ficou prejudicada por limitações do autor, conseqüentemente demandam maiores atenções.

Proposto como uma base de referência para análise e reflexão por parte da comunidade científica interessada, a sua validação exige testes em condições as mais variadas possíveis. Porque, como o afirmou KÜCHLER (1973:515), o desenvolvimento de uma classificação perfeitamente objetiva e aplicável para todos os tipos de vegetação do mundo é uma tarefa bastante difícil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENIYI, Peter O. (1985). Digital analysis of multitemporal Landsat data for land-use/land-cover classification in a semi-arid area of Nigeria. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 51(11):1761-1774.
- AHERN, F.J. & D.G. LECKIE (1987). Digital remote sensing for forestry: requirements and capabilities, today and tomorrow. **Geocarto International**, 2(3):43-52.
- ALDRICH, R.C. (1966). Forestry applications of 70mm color. **Photogrammetric Engineering**, 32(5):802-810.
- ALDRICH, R.C. (1979). **Remote sensing of wildland resources: a state-of-the art review**. U.S. Department of Agriculture and Forestry. Service General of Technologies. 56 p. (Rep. RM-71).
- ANDERSON, J. R.; E.E. HARDY; J.T. OACH; R.E. WITMER (1976). **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data**. Washington: US Government Printing Office. 28 p. (Geological Survey Professional Paper, 964).

- ARP, H.; J.C. GRIESBACH; J.P. BURNS (1982). Mapping in tropical forests: a new approach using the Laser APR. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 48(1):91-100.
- ARVANITIS, L.G. & R. NEWBURNE (1984). Detecting melaleuca trees and stands in south Florida. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 50(1):95-98.
- AUBRÉVILLE, A. (1957). Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. **Bois et Forêts des Tropiques**, 51:23-27.
- AUBRÉVILLE, A. (1960). De la nécessité de fixer une nomenclature synthétique des formations végétales tropicales avant d'entreprendre la cartographie de la végétation tropicale. In: H. GAUSSEN. ed.. **Méthodes de la cartographie de la végétation**. Toulouse: CNRS- 97e Colloque International, p. 37-47.
- AUBRÉVILLE, A. (1965). Principes d'une systématique des formations végétales tropicales. **Adansonia**, 5(2):153-196.
- AVERY, T. (1958). Helicopter stereo-photography of forest plots. **Photogrammetric Engineering**, 24(6):617-625.
- BALTAXE, R. (1980). **Pilot project on tropical forest cover monitoring**. Project implementation: methodology, results and conclusions. Rome:FAO. 99 p. (UN 326, 1102-75-005 Project report, 4).
- BATISTA, T. B.; Y. E. SHIMABUKURO; W. T. LAWRENCE (1993). Monitoramento da cobertura florestal através de índices de vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, Curitiba, 10-14 maio 1993. **Anais**. São José dos Campos-SP: INPE. V.2:30-37.
- BELLAN, Marie France (1979). **Cartographie de la végétation à l'aide de l'image satellite**. Exemple en Inde: Carte de la végétation des Palni. Thèse 3ème cycle, Université Paul Sabatier. Toulouse, 84p.
- BENEDETTI, R.; P. ROSSINI; R. TADDEI (1994). Vegetation classification in the Middle Mediterranean area by satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, 15(3):583-596.
- BRENAC, L. (1965). La photographie aérienne et l'inventaire des forêts françaises. In: R. CHEVALLIER. ed.. **Photographie aérienne: panorama intertechnique**. Paris:Gauthier-Villars. Cap.8:73-79.
- BROWN, J.F.; T.R. LOVELAND, J.W. MERCHANT; B.C. REED; D.O. OHLEN (1993). Using multisource data in global land cover characterization: concepts, requirements and methods. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 59(6):977-987.

- CARVALHO, V.C. (1986). **Structure et dynamique de la végétation en milieu tropical semi-aride. La Caatinga de Quixaba (Pernambouc-Brésil). Du terrain à l'analyse des données MSS/LANDSAT.** Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse - Le Mirail. Toulouse. 332 p.
- CHOUDHURY, B.J. (1989). Monitoring global land surface using Nimbus-7 37 GHz data. Theory and examples. **International Journal of Remote Sensing**, 10(10):1579-1605.
- CHOUDHURY, B.J. & C.J. TUCKER (1987). Monitoring global vegetation using Nimbus-7 37 GHz data. Some empirical relations. **International Journal of Remote Sensing**, 8(7):1085-1090.
- CHOUDHURY, B.J.; C.J. TUCKER; R.E. GOLUS; W.W. NEWCOMB (1987). Monitoring vegetation using Nimbus-7 scanning multichannel microwave radiometer's data. **International Journal of Remote Sensing**, 8(3):533-538.
- CLÉMENT, J. & J. GUELLEC (1974). Utilisation des photographies aériennes au 1/5000 en couleur pour la détection de l'okoumé dans la forêt dense du Gabon. **Bois et Forêts Tropiques**, 153:3-22.
- CRAIGHEAD, J.J.; F.L. CRAIGHEAD; D.J. CRAIGHEAD; R.L. REDMOND (1988). Mapping arctic vegetation in northwest Alaska using Landsat MSS imagery. **National Geographical Research**, 4(4):496-527.
- DEMERS, Michael N. (1991). Classification and purpose in automated vegetation maps. **Geographical Review**, 81(3):267-280.
- DESCOINGS, Bernard-Marie (1976). Définition, classification et nomenclature des formations herbeuses. In: **Approche des formations herbeuses tropicales par la structure de la végétation.** Thèse de Doctorat d'État Sciences Naturelles, Académie de Montpellier, Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc, 1976. Montpellier. Cap.2:44-81.
- EITEN, G. (1968). Vegetation forms. **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, 4:1-88, dezembro.
- EITEN, George (1983). **Classificação da vegetação do Brasil.** Brasília: CNPq. 305 p.
- FELIX, N.A. & D.L. BINNEY (1989). Accuracy assessment of a Landsat-assisted vegetation map of the coastal plain of the Arctic National Wildlife Refuge. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 55(4):475-478.
- FORSBERG, F.R. (1961). A classification of vegetation for general purposes. **Tropical Ecology**, 2:1-28.

- FRANKLIN, J. (1986). Thematic Mapper analysis of coniferous forest structure and composition. **International Journal of Remote Sensing**, 7(10):1287-1301.
- FRANKLIN, J. & A.H. STRAHLER (1988). Invertible canopy reflectance modeling of vegetation structure in semiarid savanna. **IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing GE**, 26:809-825.
- FRANKLIN, J.; F.W. DAVIS; P. LEFEBVRE (1991). Thematic mapper analysis of tree cover in semiarid woodlands using a model of canopy shadowing. **Remote Sensing of Environment**, 36(3):189-202.
- GAMMON, P.T. & V. CARTER (1979). Vegetation mapping with seasonal color infrared photographs. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 45(1):87-97.
- GERRARD, Douglas J. (1969). Error propagation in estimating tree size. **Photogrammetric Engineering**, 35(4):355-362.
- GIDDINGS, L. & B.J. CHOUDHURY (1989). Observation of hydrological features with Nimbus-7 37 GHz data, applied to South America. **International Journal of Remote Sensing**, 10(10):1673-1686.
- GODRON, M.; P. DAGET; G. LONG; C. SAUVAGE; L. EMBERGER; E. LE FLOCH; J-P. WACQUANT; J. POISSONET (1968). **Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu**. Paris:CNRS. 292 p.
- GRAETZ, R.D.; M.R. GENTLE; R.P. PECH; J.F. O'CALLAGHAN (1982). The development of a land image-based resource information system (LIBRIS) and its application to the assessment and monitoring of Australian arid rangelands. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, THEMATIC CONFERENCE:"REMOTE SENSING OF ARID AND SEMI-ARID LANDS", 1., Cairo, Egypt, Jan. 19-25, 1982. **Proceedings**. Ann Arbor, Michigan, ERIM. V.1:257-275.
- GREEN, Glen M. (1986). Use of SIR-A and Landsat MSS data in mapping shrub and intershrub vegetation at Koonamore, south Australia. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 52(5):659-670.
- GRUNBLATT, J.; W.K. OTTICHILO; R.K. SINANGE (1989). A hierarchical approach to vegetation classification in Kenya. **African Journal of Ecology**, 27:45-51.
- HADDISKY, M.A; M.F.GROSS; V. KLEMAS (1986). Remote sensing of coastal wetlands. **Bioscience**, 36(7):453-460.

- HAGAN, Gary F. & James L. SMITH (1986). Predicting tree ground line diameter from crown measurements made on 35mm aerial photography. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 52(5):687-690.
- HEGYI, F. & R.V. QUENET (1986). Applications of satellite image data for regional resource management: British Columbia experience. **Remote Sensing Reviews**, 2(1):145-164.
- HINCKLEY, Thomas K. & James W. WALKER (1993). Obtaining and using low-altitude/large-scale imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 59(3):310-318.
- HOBBS, R.J.; J.F. WALLACE; N.A. CAMPBELL (1989). Classification of vegetation in the Western Australian wheatbelt using Landsat MSS data. **Vegetatio**, 80(2):91-105.
- HOFFER, R.M. (1982). Determining the kind of remote sensing data to use. In: **In-place Resources Inventories: principles and practices**. Proceedings. Bethesda:SAF. p.242-249.
- HOPKINS, P.F.; A.L. MACLEAN; T.M. LILLESAND (1988). Assessment of Thematic Mapper imagery for forestry applications under Lake States conditions. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 54(1):61-68.
- HOSTROP, Bernard W. & Tad KAWAGUCHI (1971). Aerial color in forestry. **Photogrammetric Engineering**, 37(6):555-563.
- HOWARD, John A. (1965). Small scale photographs and land resources in Nyamwezi land, East Africa. **Photogrammetric Engineering**, 31(2):287-293.
- HOWARD, John A. (1970). Stereoscopic profiling and the photogrammetric description of woody vegetation. **Australian Geographer**, 11(3):359-372.
- HOWARD, John A. (1986). Vegetation classification using remote sensing data. In: **FAO. Training Course on Application of Remote Sensing to Monitoring Forest Lands**. Report of tenth UN/FAO International Training Course, Rome, May 6-31, 1985. p.61-67. (RSC series, 40).
- HOWARD, J.A. & J. SCHADE (1982). **Towards a standardized hierarchical classification of vegetation for remote sensing**. Rome:FAO. 30 p. (Remote Sensing Centre Series, 11).
- HUDSON, William D. (1991). Photo interpretation of Montane Forests in the Dominican Republic. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 57(1):79-84.

- HUETE, A.R. (1989). Soil influences in remotely sensed vegetation-canopy spectra. In: G. ASRAR. ed.. **Theory and Application of Optical Remote Sensing**. New York: Wiley. p.107-141.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE/ INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. (1988). **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro:IBGE.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (1992). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE. 92 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1).
- JASINSKI, M.F. (1990). Functional relation among subpixel canopy cover, ground shadow, and illuminated ground at large sampling scales. In: **Remote Sensing of the Biosphere**. Bellingham-WA:SPIE. p. 48-58. (SPIE Proceeding, V. 1300).
- JUPP, D.L.B.; J. WALKER; L.K. PENRIDGE (1986). Interpretation of vegetation structure in Landsat MSS imagery: a case study in disturbed semi-arid eucalypt woodlands. Part 2. Model-based analysis. **Journal of Environmental Management**, 23(1):35-57.
- JUPP, D.L.B.; A.H. STRAHLER; C.E. WOODCOCK (1989). Autocorrelation and regularization in digital images. II. Simple image models. **IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing**, 27(3):247-256.
- JUSTICE, C.O; G. DUGDALE; J.R.G. TOWNSHEND; A.S. NARRACOTT; M. KUMAR (1991). Synergism between NOAA-AVHRR and Meteosat data for studying vegetation development in semi-arid West Africa. **International Journal of Remote Sensing**, 12(6):1349-1368.
- JUSTICE, C.O; J.R.G. TOWNSHEND; B.J. CHOUDHRY (1989). Comparison of AVHRR and SMMR data for monitoring vegetation phenology on a continental scale. **International Journal of Remote Sensing**, 10(10):1607-1632.
- JUSTICE, C.O; J.R.G. TOWNSHEND; B.N. HOLBEN; C.J. TUCKER (1985). Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. **International Journal Remote Sensing**, 6(8):1271-1318.
- KIPPEN, F.W. & L. SAYN-WITTGENSTEIN (1964). **Tree measurements on large-scale vertical, 70mm air photographs**. Canada Department of Forestry Publication, N. 1053. 16 p.
- KÜCHLER, A.W. (1951). The relation between classifying and mapping vegetation. **Ecology**, 32(2):275-283.

- KÜCHLER, A.W. (1956). Classification and purpose in vegetation maps. **Geographical Review**, 46:155-167.
- KÜCHLER, A.W. (1967). Classification of vegetation. In: _____. **Vegetation Mapping**. New York: Ronald Press. V.1, Cap.3:30-38.
- KÜCHLER, A.W. (1973). Problems in classifying and mapping vegetation for ecological regionalization. **Ecology**, 54(3):512-523.
- KÜCHLER, A.W. (1982). Brazilian vegetation on maps. **Vegetatio**, 49(1):29-34.
- KÜCHLER, A.W. (1988). The classification of vegetation. In: _____ & I.S. ZONNEVELD, **Vegetation mapping**. Dordrecht: Kluwer. V.6:67-80. (Handbook of Vegetation Science, 10).
- KUHLMANN, Edgar (1983). **Proposta de uma classificação da vegetação do Brasil. ABELHA**, 2(3):1-21. (Boletim Informativo, SUPREN/IBGE).
- LACAZE, B. (1989). The relationships between remotely sensed vegetation indices and plant canopy properties. In: E.C. Barret, C. H. Power and A. Micallef. ed.. **Satellite Remote Sensing for the Hydrology and Water Management of Mediterranean Coasts and Islands**,. Amsterdam: Gordon and Breach. p. 137-151.
- LACAZE, B.; G. DEBUSSCHE; J. JARDEL (1983). Spatial variability of mediterranean woodlands as deduced from Landsat and ground measurements. **Proceedings IGARRS**, 83:4.1-4.5.
- LATHROP-JR, R.G. & L.L. PIERCE (1991). Ground-based canopy transmittance and satellite remotely sensed measurements for estimation of coniferous forest canopy structure. **Remote Sensing of Environment**, 36(3):179-188.
- LECKIE, D.G. (1990). Synergism of synthetic aperture radar and visible/infrared data for forest type discrimination. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 56(9):1237-1246.
- LI, X. & A.H. STRAHLER (1985). Geometric-optical modeling of a conifer forest canopy. **IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing**, GE-23:705-721.
- LINDERS, James & Wallace D. McCOLL (1993). Large scale mapping: the multispectral airborne solution. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 59(2):169-175.
- LLOYD, Daniel (1989). A phenological description of Iberian vegetation using short wave vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 10(4-5):827-833.

- LLOYD, Daniel (1990). A phenological classification of terrestrial vegetation cover using shortwave vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 11(12):2269-2279.
- LONG, Gilbert (1969). Conceptions générales sur la cartographie biogéographique intégrée de la végétation et son écologie. **Annales de Géographie**, 427:257-285.
- LOSEE, S.T.B. (1953). Timber estimates from large-scale photographs. **Photogrammetric Engineering**, 19(5):752-762.
- LOVELAND, T.; J. MERCHANT; D. OHLEN; J. BROWN (1991). Development of a land-cover characteristics data base for the conterminous US. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 57(11):1453-1463.
- LOUGEAY, R. ; A.J. BRAZEL; T.A. MILLER (1987). Monitoring changing desert biomass through video digitization of Landsat MSS data: an application to dust storm generation. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 53(9):1251-1254.
- LYONS, E.H. (1967). Forest sampling with 70mm air-base photography from helicopters. **Photogrammetria**, 27:213-231.
- MALINGREAU, Jean P. (1986). Global vegetation dynamics: satellite observations over Asia. **International Journal of Remote Sensing**, 7(9):1121-1146.
- MARSHALL, J.R. & M.P. MEYER (1978). Field evaluation of small-scale forest resource aerial photography. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 44(1):37-42.
- MARTIN, Fred C. (1985). Using a Geographic Information System for forest land mapping and management. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 51(11):1753-1759.
- MATTEUCCI, S.D.; A. COLMA; F. MIRANDA (1982). Classificacion. In: _____. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: OEA. Cap.6:83-125.
- MILAZZO, V.A. (1982). Considerations in planning a land use and land cover resources inventory update program. In: **In-place Resources Inventories: Principles and Practices**. Proceeding. Bethesda:SAF. pp.135-143.
- MORAIN, S.A. & D.S. SIMONETT (1967). K-band radar in vegetation mapping. **Photogrammetric Engineering**, 33(7):730-740.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & H. ELLENBERG (1974a). Vegetation structure, classification units and systems. In: _____. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New York: John Wiley. V. 3, Cap. 8:139-176.

- MUELLER-DOMBOIS, D. & H. ELLENBERG (1974b). Tentative physiognomic-ecological classification of plant formations of the Earth (revised from ELLENBERG and MUELLER-DOMBOIS, 1967a). In: _____. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New York: John Wiley. Appendix B:466-488.
- MEYER, Merle P. (1963). The quantitative method in forest aerial photo interpretation research -- Approaches and limitations. **Photogrammetric Engineering**, 29(6):937-941.
- MEYER, Merle P. (1976). Tree species identification on aerial photographs: the state of the art. **Australian Forestry**, 39:180-192.
- MEYER, M.P. & V.G. ERICKSON (1964). Relationship of aerial photo measurements to the stand diameter classes of a Minnesota hardwood forest. **Photogrammetric Engineering**, 30(1):142-144.
- MORAIN, S.A. (1974). Phenology and remote sensing. In: F. Bourlier. ed.. **Phenology and Seasonality Modeling**. New York: Springer-Verlag. p. 55-75.
- MYERS, Brian J. (1975). Rock outcrops beneath trees. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 41(4):515-521.
- MYERS, B.J. & M.L. BENSON (1981). Rainforest species on large-scale color photos. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 47(4):505-513.
- MYERS, V.I (1983). ed. Remote sensing applications in agriculture. In: R.N. Colwell. ed.. **Manual of Remote Sensing**, 2 ed. Falls Church: ASP. Chap.33:2111-2228.
- NELDNER, V.J. & C.J. HOWITT (1991). Comparison of an intuitive mapping classification and numerical classifications of vegetation in south-east Queensland, Australia. **Vegetatio**, 94(2):141-152.
- NELSON, F.F.; R.S. LATTY; G. MOTT (1984). Classifying northern forests using Thematic Mapper Simulator data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 50(5):607-617.
- NEUHÄUSL, Robert (1990). Unified classification of European natural forests: the approach of the vegetation map of Europe. **Vegetatio**, 89(2):173-181.
- NORTHROP, K.G. & E.W. JOHNSON (1970). Forest cover type identification. **Photogrammetric Engineering**, 36(5):483-490.
- NORWINE, J. & D.H. GREGOR. (1983). Vegetation classification based on Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) satellite imagery. **Remote Sensing of Environment**, 13(1):69-87.

- PARRY, J.T.; W.R. COWAN; J.A. HEGINBOTTOM (1969). Color for coniferous forest species. **Photogrammetric Engineering**, 35(7):669-678.
- PECH, R.P. & A.W. DAVIS (1987). Reflectance modeling of semiarid woodlands. **Remote Sensing of Environment**, 30:365-377.
- PERRY, C.R. & L.F. LAUTENSCHLAGER (1984). Functional equivalence of spectral vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, 14(1-3):169-182.
- PETERSON, D.L.; W.E. WESTMAN; N.J. STEPHENSEN; V.G. AMBROSIA; J.A. BRASS; M.A. SPANNER (1986). Analysis of forest structure using Thematic Mapper Simulator data. **IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing**, GE-24(1):113-120.
- PRICE, John C. (1992). Estimating vegetation amount from visible and near infrared reflectances. **Remote Sensing of Environment**, 41(1):29-34.
- PRINCE, S.D. & B.J. CHOUDHURY (1989). Interpretation of Nimbus-7 37 GHz microwave brightness temperature data in semi-arid southern Africa. **International Journal of Remote Sensing**, 10(10):1643-1661.
- Projeto RADAMBRASIL (1973-1987). **Vegetação**. Rio de Janeiro:IBGE. (Levantamento de Recursos Naturais, V.1-34).
- ROLLER, N.E.G. & J.E. COLWELL (1986). Coarse-resolution satellite data for ecological surveys. **Bioscience**, 36(7):468-475.
- ROSEMA, A.; W. VERHOEF; H. NOORBERGEN; J.J. BORGESIU (1992). A new forest light interaction model in support of forest monitoring. **Remote Sensing of Environment**, 42(1):23-41.
- RUNNING, S.W.; T.R. LOVELAND; L.L. PIERCE (1994). A vegetation classification logic based on remote sensing for use in global biogeochemical models. **AMBIO**, 23(1):77-81.
- SADER, Steven A. (1987). Forest biomass, canopy structure, and species composition relationships with multipolarization L-band Synthetic Aperture Radar data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 53(2):193-202.
- SAYN-WITTGENSTEIN, L. (1960). **Recognition of tree species on air photographs by crown characteristics**. Canadian Forest Research Division. (Technical Note, 95).
- SAYN-WITTGENSTEIN, L. & A.H. ALDRED (1967). Tree volumes from large-scale photos. **Photogrammetric Engineering**, 33(1):69-73.

- SAYN-WITTGENSTEIN, L.; R. de MIRDE; C.J. INGLIS (1978). **Identification of tropical trees on aerial photographs**. Canada Forest Management Institute. 33 p. (Information Report FMR-X-113).
- SCHNEIDER, S.R.; S.R. MCGINNIS-JR; J.A. GATLIN (1981). Use of NOAA/AVHRR visible and near-infrared data for land remote sensing. Washington: NOAA. (NOAA Tech. Rep. NESS, 84).
- SEDYKH, V.N. & V.S. SIDOROVA (1986). Texture of forest communities on aerial photographs. **Mapping Sciences and Remote Sensing**, 23(2):140-145.
- SMITH, M.O.; S.L. USTIN; J.B. ADAMS; A.R. GILLESPIE (1990). Vegetation in deserts: I. A regional measure of abundance from multispectral images. **Remote Sensing of Environment**, 31(1):1-26.
- SPANNER, M.A.; L.L. PIERCE; D.L. PETERSON; S.W. RUNNING (1990). Remote sensing of temperate coniferous forest leaf area index: the influence of canopy closure, understory vegetation and background reflectance. **International Journal of Remote Sensing**, 11(1):95-111.
- TALBOT, S.S. & C.J. MARKON (1988). Intermediate-scale vegetation mapping of Innoko National Wildlife Refuge, Alaska using Landsat MSS digital data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 54(3):377-383.
- TOWNSHEND, J.R.G. & C.J. TUCKER (1981). Utility of AVHRR of NOAA 6 and 7 for vegetation mapping. In: **Matching Remote Sensing Technologies and their applications Proceedings**. Reading: Remote Sensing Society. p. 97-110.
- TOWNSHEND, J.R.G.; C.O.JUSTICE; B.J. CHOUDHURY; C.J. TUCKER; V.T. KALB; T.E GOFF (1989). A comparison of SMMR and AVHRR for continental land cover characterization. **International Journal of Remote Sensing**, 10(10):1633-1642.
- TOWNSHEND, J.R.G.; C.O.JUSTICE; C.J. TUCKER (1986). Techniques for continental land cover classification using remotely sensed satellite data. In: **Mapping from Modern Imagery**. Nottingham: Remote Sensing Society. p. 34-44.
- TOWNSHEND, J.R.G.; C.O.JUSTICE; V.T. KALB (1987). Characterization and classification of South American land cover types using satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, 8(8):1189-1207.
- TOWNSHEND, J.R.G. ; C.O. JUSTICE; W. LI; C. GURNEY; J. McMANUS (1991). Global land cover classification by remote sensing: Present capabilities and future possibilities. **Remote Sensing of Environment**, 35(3):243-255.

- TREITZ, P.M.; P.J.HOWARTH; R.C. SUFFLING; P. SMITH (1992). Application of detailed ground information to vegetation mapping with high spatial resolution digital imagery. **Remote Sensing of Environment**, 42(1):65-82.
- TROCHAIN, Jean-L. (1957). Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique Tropicale. **Bulletin Institut d'Etudes Centrafricaines**, Nouvelle Série, Brazzaville, (13-14):55-93.
- TUCKER, C. J.; J. R. G. TOWSHEND; T. E. GOFF (1985). African land-cover classification using satellite data. **Science**, 227(4685):369-375.
- UNESCO (1973). **International classification and mapping of vegetation**. Paris: UNESCO. 35 p. (Ecology and conservation, 6)
- UNESCO (1981). **Vegetation map of South America: explanatory notes**. Paris:UNESCO. 183 p. (Natural Resources Research, 17).
- UNESCO/FAO (1977). **Projet pilote pour la surveillance continue de la couverture forestière tropicale**. Paris:UNEP. 95 p. (Projet SC/UNEP, 258.132).
- USTIN, S.L.; J.B. ADAMS; C.D. ELVIDGE; M. REJMÁNEK; B.N. ROCK; M.O. SMITH; R.W. THOMAS; R.A. WOODWARD. (1986). Thematic mapper studies of semiarid shrub communities. **BioScience**, 36(7):446-452.
- VELOSO, H.P. & L. GÓES-FILHO (1982). **Fitogeografia brasileira, classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical**. Salvador:IBGE, 80 p. (Boletim Téc.Projeto RADAMBRASIL, Série Vegetação, 1).
- VELOSO, H.P.; A.L.R. RANGEL-FILHO; J.C. ALVES-LIMA (1991). **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro:IBGE/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 124 p.
- VERHOEF, W. (1984). Light scattering by leaf layers with application to canopy reflectance modeling: the SAIL model. **Remote Sensing of Environment**, 16(2):125-141.
- VINOGRADOV, B.V. (1977). Remote sensing in ecological botany. **Remote Sensing of Environment**, 6(2):83-94.
- WALKER, D.A. (1983). A hierarchical tundra vegetation classification especially designed for mapping in Northern Alaska. In: **Permafrost: International Conference**, 4., University of Fairbanks, 17-22 Jul., 1983. Proceedings. Washington: National Academy.

- WALKER, J.; D.L.B. JUPP; L. K. PENRIDGE; G. TIAN. (1986). Interpretation of vegetation structure in Landsat MSS imagery: a case study in disturbed semi-arid eucalypt woodlands. Part 1. Field data analysis. **Journal of Environmental Management**, 23(1):19-33.
- WARREN, P.L. & C. DUNFORD (1986). Sampling semi-arid vegetation with large-scale aerial photography. **ITC Journal**, (4):273-279.
- WEBB, L.J. (1959). A physiognomic classification of Australian rain forests. **Journal of Ecology**, 47(3):551-570.
- WEBB, L.J. (1978). A general classification of Australian rainforests. **Australian Pl.**, 9:349-363.
- WHITTAKER, Robert H. (1978) ed. Approaches to classifying vegetation In: ----. **Classification of plant communities**. Hague: Dr. W. Junk. Cap. 12:1-31.
- WILSON, Richard (1960). ed. Photo interpretation in Forestry. In: American Society of Photogrammetry. **Manual of Photographic Interpretation**. Washington:ASP. Cap.7:457-520.
- WORLEY, D.P. & G.H. LANDIS (1954). The accuracy of height measurements with parallax instruments on 1:12.000 photograph. **Photogrammetric Engineering**, 20(5):823-829.
- YOUNG, H.E. (1955). The need for quantitative evaluation of the photo interpretation system. **Photogrammetric Engineering**, 21(5):71-714.