

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BRACATINGA NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE CURITIBA COM IMAGENS  
DE SATÉLITE LANDSAT**

**República Federativa do Brasil**

*Fernando Henrique Cardoso*

Presidente

**Ministério da Agricultura e do Abastecimento**

*Marcus Vinicius Pratini de Moraes*

Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**

*Márcio Fortes de Almeida*

Presidente

*Alberto Duque Portugal*

Vice-Presidente

*Dietrich Gerhard Quast*

*José Honório Accarini*

*Sérgio Fausto*

*Urbano Campos Ribeiral*

Membros

***Diretoria-Executiva da Embrapa***

*Alberto Duque Portugal*

Diretor-Presidente

*Dante Daniel Giacomelli Scolari*

*Elza ângela Battaglia Brito da Cunha*

*José Roberto Rodrigues Peres*

Diretores

***Embrapa Florestas***

Vitor Afonso Hoeflich

Chefe Geral

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Florestas  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BRACATINGA NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE CURITIBA COM IMAGENS  
DE SATÉLITE LANDSAT**

Carlos Alberto S. Mazza  
Amilton João Baggio  
Antônio Aparecido Carpanezi

Colombo/PR  
2000



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

*Embrapa Florestas*

Estrada da Ribeira km 111 - Caixa Postal 319

83411-000 - Colombo, PR Brasil

Fone: (0\*\*41) 666-1313

Fax: (0\*\*41) 666-1276

www.cnpf.embrapa.br

E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

**Comitê de Publicações:**

Américo Pereira de Carvalho, Antônio Carlos de S. Medeiros, Edilson Batista de Oliveira, Erich Gomes Schaitza, Honorino Roque Rodigheri, Jarbas Yukio Shimizu, José Alfredo Sturion, Moacir José Sales Medrado (Presidente), Patricia Póvoa de Mattos, Rivali Salvador Lourenço, Sérgio Ahrens, Susete do Rocio C. Penteado, Guiomar Moreira (secretária).

**Normalização:**

Lidia Woronkoff

**Diagramação e editoração eletrônica:**

Cleide da S.N.F. de Oliveira

**Capa:**

Cleide da S.N.F. de Oliveira

**Impressão:**

300 exemplares

---

MAZZA, C.A.S.; BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A. Distribuição espacial da bracatinga na região metropolitana de Curitiba com imagens de satélite Landsat. Colombo: Embrapa Florestas, 2000.  
p.22 (Embrapa Florestas. Circular técnica, 36).

ISSN 1517-5278

1. Bracatinga. 2. Distribuição espacial. 3. Imagem de satélite. I. Título. II. Série.

---

CDD: 778.35

© Embrapa

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| RESUMO .....   | 7  |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 8  |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....                                     | 9  |
| 2.1 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À DISCRIMINAÇÃO DE CLASSES ..... | 9  |
| 2.2. OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM BRACATINGA .....               | 12 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 17 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                    | 19 |
| 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....                                 | 21 |
| 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....                                  | 21 |



# DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BRACATINGA NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA COM IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT

Carlos Alberto S. Mazza<sup>1</sup>  
Amilton João Baggio<sup>2</sup>  
Antônio Aparecido Carpanezi<sup>3</sup>

## RESUMO

O sensoriamento remoto apresenta considerável potencial para a geração de informações sobre várias propriedades das florestas, possibilitando o conhecimento não somente da extensão das florestas, mas, também, a identificação das classes de florestas naturais para subsidiar a conservação da diversidade de espécies e o uso sustentado dos recursos. Grandes superfícies da área metropolitana de Curitiba estão reflorestadas com bracatinga, que forma densas associações, de importância social, econômica e ecológica na região. Este trabalho foi desenvolvido para estimar a distribuição espacial dos bracatingais na região metropolitana de Curitiba e avaliar o potencial de uso de dados TM, na discriminação das classes de bracatingais e capoeira. Foram coletadas 12 amostras, distribuídas entre as três classes analisadas: bracatinga jovem, bracatinga adulta e capoeira, localizadas com o sistema Navstar/GPS, para posterior treinamento e determinação da assinatura espectral no sistema de processamento digital de imagens do satélite Landsat. Estimou-se que a área ocupada pelos bracatingais, aumentou 62,14% nos últimos doze anos. Os resultados obtidos até o momento demonstram que é possível identificar, através de imagens Landsat, os bracatingais cultivados segundo o sistema tradicional, distinguindo-os das áreas de capoeira.

---

<sup>1</sup> Zootecnista, Mestre, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

<sup>2</sup> Eng. Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

<sup>3</sup> Eng. Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

## ABSTRACT

Remote sensing presents considerable potential for generation of information on several properties of the forests, enhancing the knowledge not only of the extension of the forests but, also, of the identification of the classes of natural forests to subsidize the conservation of species diversity and the sustained use of the resources. Great surfaces of the metropolitan area of Curitiba are reforested with bracatinga, which form dense associations of social, economic and ecological importance in the area. This work was undertaken to estimate the spacial distribution of bracatinga forests in the metropolitan area of Curitiba and to evaluate the potencial use of TM data to distinguish among classes of bracatinga stand and the "capoeira". Twelve samples were collected from each of the three analyzed classes: young bracatinga, adult bracatinga and capoeira. These were located with the use of the Navstar/GPS system, for later training and determination of the spectral signature in the digital processing system of Landsat images. It was estimated that the area occupied with bracatinga increased 62.14% in the last twelve years. The results obtained so far demonstrate that it is possible to distinguish bracatinga stands managed in the traditional system, from the capoeira areas, through the use of Landsat images.

## 1 INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto apresenta considerável potencial para a geração de informações sobre várias propriedades das florestas. Em zonas temperadas, dados de sensoriamento remoto têm sido usados para mapear e monitorar classes de florestas (Muchoney & Haack, 1994; Ranson & Sun, 1994), estimar propriedades bioquímicas e biofísicas das mesmas (Johnson et al., 1994) e para habilitar modelos de ecossistemas para serem aplicados sobre grandes áreas. Apesar da ampla variedade de florestas tropicais, muitas investigações com sensoriamento remoto têm tratado a floresta como uma classe única, tendendo a focalizar sobre a discriminação floresta/não floresta, fornecendo informações úteis sobre a extensão das florestas, com aplicação no mapeamento e monitoramento de desmatamentos (Malingreau et al., 1989; Green & Sussman, 1990). No Brasil, tem crescido o uso do sensoriamento remoto para monitorar a cobertura vegetal na Bacia Amazônica, principalmente para estimar as taxas de desmatamento (Skole & Tucker, 1993) mas, com limitada aplicação no monitoramento da dinâmica da cobertura florestal, devido à grande heterogeneidade da vegetação.

Foody & Hill (1996) ressaltaram a importância, não somente de se conhecer a extensão das florestas mas, também, de identificar as classes de florestas para subsidiar as ações de conservação da diversidade de espécies e o uso sustentado dos recursos. Classes de florestas podem diferir na composição de espécies e, portanto, diferem em valor econômico e ecológico, complicando o planejamento de estratégias de conservação e uso sustentado dos recursos (Phillips, 1993). Entretanto, poucos estudos têm sido enfocados sobre o papel do sensoriamento remoto na classificação das florestas sub-tropicais e temperadas brasileiras. Este trabalho foi desenvolvido para se estimar a distribuição espacial dos bracatingais na região metropolitana de Curitiba (RMC) e avaliar o potencial de uso de imagens temáticas na discriminação de classes de bracatingais e capoeira.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sensoriamento remoto aplicado à discriminação de classes de florestas tropicais

O processamento digital de imagens de sensoriamento remoto está ligado ao reconhecimento de feições e padrões registrados na imagem, através de programas computacionais, geralmente baseados em análise estatística (Richards, 1986). As imagens de sensoriamento remoto, provenientes de satélites como Landsat Multispectral Scanner, Thematic Mapper e Spot permitem mapear e monitorar grandes áreas da superfície terrestre.

O sensoriamento remoto pode ser definido, segundo Barret & Curtis (1992), como a ciência de observação à distância. Isto contrasta com o sensoriamento *in situ*, no qual, os objetos são medidos e observados no local onde ocorrem. Portanto, o sensoriamento remoto está relacionado à ausência de contato físico entre o sensor (câmera fotográfica, satélite) e o alvo (objeto). As imagens provenientes do sensoriamento remoto podem ser processadas por sistemas de processamento digital de imagens, com a finalidade de se obter o maior número de informações possíveis. Jensen (1986) denominou de processamento digital de imagens o conjunto de procedimentos relativo à manipulação e análise de imagens por meio do computador.

O método de análise digital engloba técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens digitais. Esses dados, normalmente, provêm de sistemas de varredura multiespectral, que permitem a saída de dados em meio magnético. Nada impede, no entanto, que produtos obtidos através de sensores fotográficos sejam digitalizados. O processo de transformação em dados digitais é conhecido por digitalização. Qualquer

informação pode, em princípio, ser digitalizada. Fotografias aéreas podem ser digitalizadas e processadas através de computadores. No caso das imagens de sensores remotos, é possível digitalizar o sinal em diversos níveis de cinza entre o preto e o branco. As imagens do Landsat-TM5, por exemplo, são digitalizadas em 256 níveis de cinza. Estes valores são codificados em 8 bits. Assim, para cada pixel da imagem, tem-se um valor de nível de cinza.

Para que as imagens digitais possam ser, numericamente, manipuladas e transformadas em informações sobre a cena em estudo, será necessário dispor de um sistema de Análise de Imagens Digitais (Novo, 1993). As imagens geradas pelos sensores remotos se desdobram em três parâmetros:

- 1) resolução espacial;
- 2) resolução espectral;
- 3) resolução radiométrica.

A resolução espacial é definida pela capacidade do sistema sensor em “enxergar” objetos na superfície terrestre. Quanto menor o objeto possível de ser visto, maior a resolução espacial. A resolução espectral é um conceito inerente às imagens multiespectrais de sensoriamento remoto. Ela é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto de cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral do sensor.

A resolução radiométrica é dada pelo número de níveis digitais, representados pelos níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis, maior é a resolução radiométrica.

Os procedimentos para o processamento digital de imagens podem ser classificados em quatro conjuntos de técnicas:

- 1) pré-processamento (preparação de imagens);
- 2) realce;
- 3) retificação;
- 4) classificação.

As técnicas de pré-processamento referem-se ao conjunto de programas que permitem a transformação de dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente. A correção dos efeitos atmosféricos (remoção da bruma), bem como de ruídos gerados pelo sensor e/ou no processamento é uma operação típica do pré-processamento.

As técnicas de realce visam melhorar a qualidade “visual” da imagem. As imagens realçadas podem, posteriormente, ser submetidas à interpretação visual ou integrar um conjunto de canais a serem utilizados num processo de classificação.

Para que a imagem digital tenha propriedades cartográficas, é necessário que seja corrigida segundo um sistema de coordenadas pré-determinadas. O processo que possibilita que a imagem apresente escala e sistema de projeção denomina-se retificação ou correção geométrica (Antunes, 1996). Isto permite a transformação de coordenadas da imagem (x,y), linhas e colunas em coordenadas de mapa. É fundamental obter pontos de controle, com coordenadas conhecidas, que sejam facilmente reconhecíveis na imagem.

As técnicas de classificação visam ao reconhecimento automático de objetos da cena, a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza. Os objetos são classificados em diferentes categorias, em função de um critério previamente estabelecido. Esta técnica consiste na implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem (pixels) a uma determinada classe. A classificação digital tem o objetivo de tornar o processo de mapeamento ou reconhecimento de características da superfície terrestre menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subseqüentes (Novo, 1993).

Crósta (1993) definiu a classificação das imagens de sensoriamento remoto como a associação de cada pixel a uma informação qualitativa (atributo). O valor de cada nível de cinza (digital number - DN) para cada pixel pode ser associado à reflectância dos materiais que compõem o terreno. Desta forma, cada pixel ou um conjunto deles, estará associado a uma classe ou tema. Para classificar os tipos de vegetação numa imagem multiespectral, deve-se coletar amostras representativas de pixels, nas quais, os níveis de cinza variem dentro de um intervalo pré-determinado. Existem, essencialmente, duas abordagens na classificação de imagens multiespectrais: a primeira denomina-se classificação supervisionada, na qual o usuário identifica alguns pixels das classes desejadas e deixa ao computador a tarefa de localizar os demais pixels dessas classes, baseado em regras estatísticas pré-estabelecidas; a segunda abordagem é chamada de classificação não supervisionada. Nesta, o computador determina, com base em regras estatísticas, as classes a serem separadas e os pixels pertencentes a cada classe.

As técnicas de classificação supervisionada mais adotadas são a Maxver, Maxver ICM e Distância Euclidiana. O Maxver é considerado o método mais comum entre os classificadores pixel a pixel e estima a ponderação das distâncias entre médias de nível digital das classes, utilizando

parâmetros estatísticos. Para que a classificação por máxima verossimilhança seja precisa, é necessário um número elevado de pixels para cada conjunto treinado. Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição normal para cada classe. Estas distribuições representam a probabilidade de um pixel pertencer a uma ou outra classe, dependendo de sua posição em relação a esta distribuição. Existem situações em que duas classes, quando representadas em um diagrama, apresentam uma sobreposição de suas curvas, indicando que determinados pixels têm igual probabilidade de pertencer às duas classes. Nesta situação, estabelece-se um critério de decisão (limites de classificação) a partir da definição de limiares. Para diminuir o confundimento entre classes, deve-se proceder à aquisição de amostras significativas durante o processo de treinamento.

Enquanto o classificador Maxver associa classes, considerando pontos individuais da imagem, o classificador Maxver ICM (Modo Condicional Iterativo) considera, também, a dependência espacial na classificação. Numa primeira etapa, a imagem é classificada pelo algoritmo Maxver, atribuindo classes aos pixels. Na fase seguinte, leva-se em conta a informação contextual da imagem. A classe atribuída depende tanto do valor observado nesse pixel quanto das classes atribuídas aos seus vizinhos. O método de classificação por Distância Euclidiana é um procedimento de classificação supervisionada que utiliza esta distância para associar um pixel a uma determinada classe. O classificador compara a distância Euclidiana do pixel à média de cada agrupamento. O pixel será, então, incorporado ao agrupamento que apresentar a menor distância Euclidiana. Este procedimento é repetido até que toda a imagem seja classificada. Nesse procedimento, cada pixel será incorporado a um agrupamento, através da análise da medida de distância Euclidiana. A seleção do tipo de classificador mais adequado ficará na dependência da origem da imagem digital, bem como do tipo de objeto a ser classificado, além da finalidade para o qual a imagem será classificada.

## 2.2 Os sistemas agroflorestais com bracatinga

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), espécie arbórea, heliófila, da família Mimosaceae, ocorre na região sul do Brasil, geralmente em solos com textura argilosa. Segundo Rotta & Oliveira (1981), sua área mais expressiva e contínua de ocorrência natural situa-se entre as latitudes 23° 50' e 29° 40'S e longitude de 48° 50'W até 53° 50' W, nos estados de Minas Gerais (sul), São Paulo (leste e sul), Paraná (sul e centro-sul), Santa Catarina (leste e sul) e Rio Grande do Sul (nordeste), preferencialmente, em altitudes de 400 m a 1800 m.

A bracatinga é uma espécie característica e exclusiva da vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista (Florestas com *Araucaria angustifolia*), nas formações Montana e Alto-Montana. Derrubando-se a floresta primitiva, já parcialmente devastada pela extração das madeiras de lei, e ateando-se fogo ao material seco, verifica-se, em geral, o surgimento de densos agrupamentos de bracatinga, que caracterizam grandes áreas de vegetação secundária. Espécie pioneira muito comum em capoeira e capoeirões, forma associações com alta densidade, conhecidas por “bracatingais”. Os densos e característicos capoeirões de bracatinga são comuns no primeiro e segundo planaltos do Paraná, bem como em quase todo o planalto do estado de Santa Catarina e na parte oriental do planalto do Rio Grande do Sul (Klein, 1963; Reitz & Klein, 1964; Klein, 1968). Contudo, a exuberância e a densidade dos agrupamentos de bracatinga se evidenciam, principalmente, nos planaltos dos estados do Paraná e de Santa Catarina, indicando, possivelmente, as áreas mais adequadas para o seu desenvolvimento (Klein, 1981).

Grandes superfícies da área metropolitana de Curitiba e outras, principalmente nos estados do Paraná e Santa Catarina, estão reflorestadas com bracatinga, que forma densas associações em que cerca de 61% corresponde à bracatinga e o restante engloba mais de 80 espécies (Baggio, 1994). Vistos de cima, os bracatingais parecem constituir agrupamentos puros, uma vez que, nas áreas de cultivo, o dossel é exclusivamente formado pelas copas da mesma (Carvalho, 1981).

O sistema tradicional de cultivo da bracatinga é adotado, principalmente em propriedades agrícolas com até 50 ha, evidenciando sua importância para esta faixa de produtores, pela facilidade de manejo. No entanto, a produção florestal não é a atividade principal na maioria das propriedades que subsistem da cultura agrícola. Em cada propriedade, a área total com bracatinga, normalmente, não ultrapassa 20 ha, em talhões de 2 a 4 ha. Este sistema vem sendo desenvolvido há mais de 80 anos. Neste contexto, estão inseridos cerca de 3.000 pequenos produtores rurais da Região Metropolitana de Curitiba, que dependem diretamente do sistema agrossilvicultural da bracatinga para sua sobrevivência e permanência no campo (Mazuchowski, 1990).

A bracatinga é considerada uma das espécies de crescimento inicial mais rápido no sul do Brasil. Árvore perenifólia, normalmente com 10 a 18 m de altura e 20 a 30 cm de DAP, pode atingir até 29 m de altura e 50 cm de DAP. O tronco pode ser alto e esbelto em maciços ou curto e ramificado, em árvore isolada. O fuste se desenvolve até 15 m de comprimento e o diâmetro da copa pode variar de 1,5 m, em povoamento, até 10 m em árvores isoladas (Rotta & Oliveira, 1981). Alguns povoamentos implantados por mudas têm alcançado produtividade de até 36 m<sup>3</sup>/ha.ano ou 55 m<sup>3</sup> st/ha.ano com casca, sob regeneração artificial (Ahrens, 1981; Carvalho, 1994).

A madeira da bracatinga, tradicionalmente, é usada como lenha e carvão em fornos caseiros rurais, em indústrias e no aquecimento de residências urbanas. Além disto, é utilizada nas propriedades rurais, como varas em olericultura, estacas em construções civis, madeira para pequenas construções rurais, laminados, tabuados e outros usos (Mazuchowski, 1990). Ao seu reconhecido potencial energético, alia-se o potencial silvicultural, por ser uma espécie rústica, de rápido crescimento que frutifica regularmente e em abundância. Esta característica favorece a produção de mudas. As sementes não apresentam problemas de germinação (Rotta & Oliveira, 1981).

A bracatinga é fundamental, também, na apicultura regional. Sua floração abundante, que ocorre de maio até setembro, é uma opção de alimento para as abelhas, permitindo o desenvolvimento contínuo da colmeia, (EMBRAPA, 1988).

A semente da bracatinga contém um composto denominado galactomanana, utilizado como espessante em diversos setores industriais (Ganter, 1991; Mazza, 1995). Estes e outros subprodutos gerados no sistema agroflorestal da bracatinga podem ser aproveitados, visando ao aumento da renda e conseqüente melhoria da qualidade de vida dos pequenos produtores. Nos sistemas tradicionais de cultivo da bracatinga, têm sido identificadas várias plantas associadas, com propriedades medicinais, (Mazza et al., 1998) e outras com características apropriadas para outros usos (Baggio, 1994) .

A importância da bracatinga, como fonte de matéria prima energética e para a proteção das florestas naturais, remonta ao início do século, quando se desencadeou um esforço para o fomento da espécie como produtora de lenha, estimulando um aumento gradativo da superfície ocupada pelos bracatingais. Em 1980, a área com bracatinga foi estimada em 41.180 ha (Tabela 1), correspondendo a 4,70% da área total dos municípios que compõem a RMC (COPEL, 1985). Atualmente, este cenário parece estar mudando, profundamente, em decorrência do uso de fontes energéticas alternativas, com conseqüências sócio-econômicas ainda pouco definidas para o cultivo da bracatinga.

**Tabela 1 Estoques florestais por tipologia da RMC em 1980**

| TIPOLOGIA          | ÁREA TOTAL |       |
|--------------------|------------|-------|
|                    | ha         | %     |
| Mata com Araucária | 16.600     | 1,89  |
| Mata natural       | 143.830    | 16,41 |
| Capoeiras          | 173.828    | 22,24 |
| Bracatinga         | 41.180     | 4,70  |
| Outros             | 500.862    | 54,76 |

Fonte: adaptado de COPEL (1985)

A evolução do consumo de lenha passou a ser acompanhada, de forma sistemática, após o segundo “choque do petróleo”, ocorrido no final da década de 70. A partir da superação do primeiro impacto da elevação dos preços do petróleo, a busca de fontes alternativas de energia passou a ser ditada por outros fatores. Entre eles, destacam-se os preços dos diferentes produtos alternativos, as questões relacionadas à facilidade operacional e, mais recentemente, as relacionadas ao meio ambiente. Neste contexto, o mercado de lenha da bracatinga foi o que mais sofreu impactos negativos. No que se refere à questão operacional, a lenha traz, embutida no seu manuseio, as maiores restrições, tanto devido à sua eficiência calorífica, quanto aos aspectos relacionados ao seu armazenamento e ao envolvimento de grande quantidade de mão de obra. A questão ambiental, em especial a partir do final da década de 80, tem suscitado uma pressão cada vez maior sobre os usuários de produtos que impliquem no abate de árvores (Conto et al., 1998). Além disso, o surgimento de produtos alternativos à lenha e o aprimoramento do processo tecnológico de queima de biomassa têm provocado mudanças no perfil da demanda de lenha (Tabela 2).

**Tabela 2 Consumo final de energia em 1000 tEP% por fonte no estado do Paraná. (tEP% tonelada de equivalente petróleo)**

| FONTE               | Anos |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 1980 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| LENHA               | 1566 | 1630 | 1641 | 1640 | 1598 | 1617 | 1665 | 1619 | 1496 | 1448 | 1262 |
| RESÍDUOS DE MADEIRA | 106  | 150  | 153  | 175  | 183  | 191  | 233  | 269  | 307  | 384  | 593  |
| ÓLEO DIESEL         | 1406 | 1766 | 1814 | 1782 | 1861 | 1891 | 2023 | 2180 | 2195 | 2343 | 2427 |
| ÓLEO COMBUSTÍVEL    | 716  | 606  | 580  | 598  | 591  | 653  | 719  | 718  | 786  | 904  | 1087 |
| GLP                 | 171  | 326  | 336  | 356  | 357  | 383  | 404  | 412  | 433  | 458  | 464  |
| QUEROSENE           | 42   | 59   | 61   | 63   | 60   | 58   | 60   | 65   | 71   | 60   | 79   |
| ELETRICIDADE        | 1565 | 2874 | 2990 | 3095 | 3214 | 3360 | 594  | 3746 | 4054 | 4307 | 4526 |
| CARVÃO VEGETAL      | 57   | 85   | 81   | 81   | 47   | 49   | 50   | 52   | 56   | 56   | 56   |

Fonte: adaptado de COPEL (1998)

A substituição da lenha não ocorreu somente através do aumento do consumo de GLP (gás liquefeito de petróleo) mas, também, através do consumo de eletricidade. É válido supor que a troca da lenha pela energia elétrica ocorreu na substituição do fogão na função de estufa e mesmo de lareiras por aquecedores com resistência elétrica, bem como na readequação dos fornos no caso das indústrias. Tal circunstância tem acarretado em queda acentuada no preço da lenha pago aos produtores (Tabela 3), levando a categoria à situação crítica.

**Tabela 3 Preços médios (US\$/barril equivalente de petróleo – BEP) constantes de diferentes fontes de energia no Paraná no período de 1990 a 1996**

| FONTES                   | Anos  |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          | 90    | 91    | 92    | 93    | 94    | 95    | 96    |
| ÓLEO DIESEL              | 93,7  | 86,8  | 108,9 | 85,0  | 80,3  | 69,7  | 64,3  |
| ÓLEO COMBUSTÍVEL         | 48,1  | 48,6  | 41,8  | 37,6  | 34,3  | 30,7  | 30,4  |
| GASOLINA                 | 210,7 | 187,3 | 184,4 | 130,2 | 127,6 | 112,5 | 120,3 |
| ÁLCOOL                   | 245,9 | 218,1 | 224,9 | 169,4 | 160,2 | 141,4 | 153,8 |
| GLP                      | 65,1  | 71,9  | 86,2  | 68,4  | 66,0  | 56,4  | 73,1  |
| GÁS NATURAL COMBUSTÍVEL  | 48,8  | 43,6  | 38,8  | 35,3  | 34,9  | 25,3  | 23,4  |
| ELETRICIDADE INDUSTRIAL  | 188,0 | 168,0 | 167,5 | 125,2 | 126,6 | 127,9 | 123,6 |
| ELETRICIDADE RESIDENCIAL | 248,8 | 290,0 | 277,6 | 199,9 | 206,0 | 229,7 | 300,2 |
| CARVÃO MINERAL           | 18,0  | 18,4  | 19,4  | 17,1  | 21,0  | 21,0  | 20,4  |
| CARVÃO VEGETAL           | 34,0  | 36,4  | 26,2  | 22,2  | 22,4  | 20,0  | 18,4  |
| LENHA REFLORESTAMENTO    | 30,3  | 28,7  | 23,7  | 17,1  | 18,3  | 19,5  | 18,5  |

Fonte: adaptado de COPEL (1998)

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Adotou-se, como área de estudo, o quadrilátero limitado entre as coordenadas: latitude S 24° 51'19'', longitude W 49° 32'22'' e latitude S 25° 40'25', longitude W 48° 38'58'', compreendendo os municípios que compõem a região metropolitana de Curitiba (RMC): Bocaiúva do Sul, Colombo, Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul, Campo Largo, Campina Grande do Sul, Piraquara, São José dos Pinhais, Quatro Barras, Araucária, Contenda, Balsa Nova e Mandirituba. Escolheu-se a RMC como alvo deste estudo, em função do grande número de propriedades que, tradicionalmente, fornecem lenha de bracinga para as indústrias, comércio e residências da região. Em função da característica de cultivo da bracinga, que se encontra disperso em pequenas áreas, dificultando a identificação em imagens orbitais, optou-se pela localização e coleta de amostras, através do uso do sistema Navstar/GPS, para posterior treinamento e determinação da assinatura espectral no sistema de processamento digital de imagens satelitárias.

Para a determinação da assinatura espectral, grau de separabilidade entre os alvos estudados e área ocupada pelos bracatingais, utilizou-se de imagens geradas pelos sensores orbitais do satélite Landsat TM5, bandas 3, 4 e 5, órbita 220 e ponto 78, com data de passagem em 18 de julho de 1994. A escolha da imagem baseou-se na data de passagem do satélite que coincidissem com a época de floração da bracatinga e evitando a ocorrência de cobertura de nuvens.

As imagens foram processadas usando o software PCI Easi-Pace, versão 6.22, instalado em estação de trabalho Unix, Sun/Sparcstation 5, sistema operacional Solaris versão 2.4. As imagens selecionadas foram georeferenciadas a partir de cartas topográficas na escala 1:50.000. A correção geométrica foi efetuada, tomando-se diferentes pontos de controle nas cartas topográficas e relacionando-os com as feições correspondentes na imagem.

Foram definidas como classes a serem analisadas quanto ao grau de separabilidade e área ocupada, bracatingais jovens com idade variando de 1 a 5 anos; bracatingais adultos com idades de 6 a 10 anos; e capoeiras. Foram coletadas 12 amostras, distribuídas eqüitativamente entre as três classes. A amostragem foi efetuada em propriedades com plantios controlados, nos municípios de Colombo, Bocaiúva do Sul, Rio Branco do Sul, Tunas e Quatro Barras, com o auxílio de GPS, Garmin Survey II, sistema diferencial pos-processado. Os pontos tomados foram dispostos de modo a formar um polígono em torno do alvo, visando facilitar sua identificação quando sobrepostos à imagem e facilitar o treinamento quanto ao reconhecimento de cada classe.

Adotou-se, na classificação supervisionada, o método de Maxver, de modo a gerar uma tabela contendo valores percentuais de ocupação de cada classe estudada. Antes de proceder à classificação supervisionada, verificou-se o grau de confundimento entre as classes estudadas, através da medida de separabilidade fornecida pela "Distância de Bhattacharya" (Richards, 1986).

Segundo esta medida, valores próximos a "0" indicam que duas assinaturas são estatisticamente semelhantes, enquanto que valores próximos de "2" são estatisticamente diferentes, podendo acarretar em resultados satisfatórios na classificação da imagem estudada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na matriz a que se refere a Tabela 4, constata-se que a classe “bracatinga jovem” poderá apresentar confundimento quando comparada com a classe “capoeira” em função do baixo valor de separabilidade apresentado.

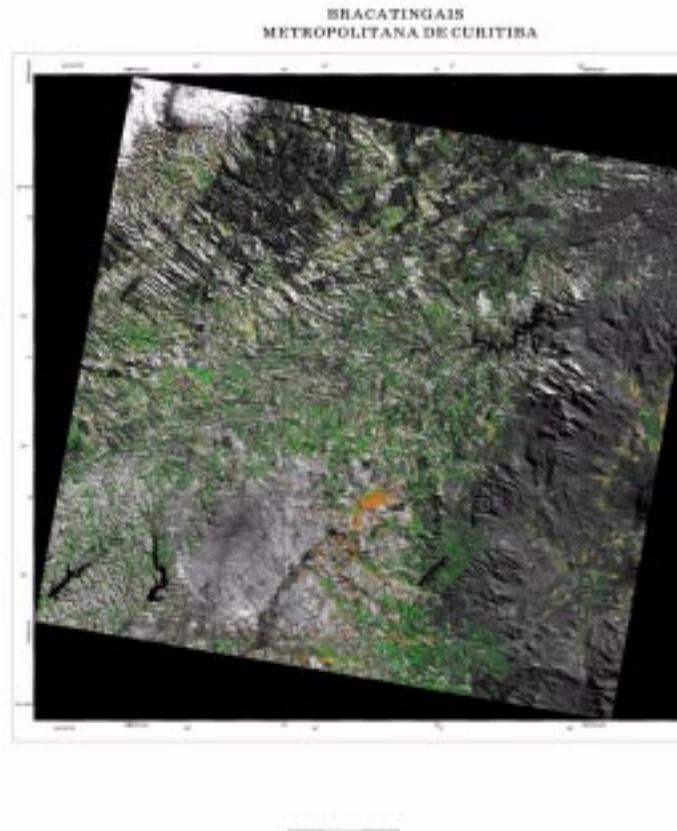
**Tabela 4 Medida de separabilidade “Distância de Bhattacharrya” nos bracatingais da RMC**

|                   | bracatinga jovem | bracatinga madura |
|-------------------|------------------|-------------------|
| bracatinga madura | 0.808893         | -                 |
| Capoeira          | 0.413790         | 0.873918          |

As estimativas das áreas ocupadas pelos bracatingais (Tabela 5) e a imagem classificada mostram que houve um acréscimo de 62,14% na área ocupada pelos bracatingais, nos últimos doze anos, quando comparadas com os dados da COPEL (COPEL, 1985).

**Tabela 5 Estimativas de áreas ocupadas pelos bracatingais e por outras coberturas e seus respectivos percentuais na imagem.**

| Classes           | pixels (n°) | hectares   | imagem (%) |
|-------------------|-------------|------------|------------|
| bracatinga jovem  | 177.330     | 21.441,24  | 2,63       |
| bracatinga adulta | 374.877     | 45.326,96  | 5,55       |
| Capoeira          | 197.749     | 23.910,14  | 2,93       |
| Outras            | 6.004.994   | 726.073,12 | 88,90      |
| imagem total      | 6.754.950   | 816.751,45 | 100,00     |



Portanto, as distâncias de Bhattacharya entre os tipos de cobertura florestal (Tabela 4) poderão estar influenciando nos resultados da classificação (Tabela 5), em maior grau para a distância entre capoeira e bracatinga jovem. Estes valores podem ter sido decorrentes da característica do cultivo da bracatinga em áreas dispersas em pequenos talhões, do pequeno número de amostras de plantios controlados, de modo a identificar a idade dos talhões, bem como da possível proximidade das assinaturas espectrais dos alvos estudados.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

É possível identificar, através de imagens Landsat, os bracatingais cultivados segundo o sistema tradicional, distinguindo-os das áreas de capoeiras, ainda que com algum confundimento entre as classes estudadas. Devido ao reduzido tamanho e a pouca informação a respeito da idade dos talhões de bracatinga, será pouco provável conseguir aumentar a precisão através do aumento do número e tamanho das amostras. Recomenda-se o uso dos algoritmos de segmentação da imagem por regiões como alternativa para o aumento da discriminação das classes envolvidas

## 6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AHRENS, S. Um modelo matemático para volumetria comercial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. **Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: anais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.77-90. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).

ANTUNES, A.F.B. **Análise do uso do processamento digital de imagens na segmentação de tipologias vegetais da APA de Guaraqueçaba - PR**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Escola de Florestas, 1996. 109p. Tese Mestrado.

BAGGIO, A.J. Estudio sobre el sistema agroforestal tradicional de la bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) en Brasil: productividad, manejo de residuos y elaboracion de compost. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 1994. 242p. Tese Doutorado.

BARRET, E.C.; CURTIS, L. **Introduction to environmental remote sensing**. Londres: Chapman & Hall, 1992.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640p.

CARVALHO, P.E.R. Composição e crescimento de um povoamento natural de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. **Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: anais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 67-75. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).

COPEL (Curitiba, PR). **Estudo da biomassa e do mercado de energéticos de produtos florestais no sudeste paranaense**. Curitiba: 1985. 425p. Convênio COPEL/ITCF/FUPEF/COMEC.

- COPEL. (Curitiba, PR) **Sinopse do balanço energético do Paraná 1980-1997**. Curitiba, 1998. 39p.
- CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1993. 170p.
- CONTO, A.J. de; HOEFLICH, V.A.; BITENCOURT, S.M.; WOESL, J.H. **O segmento consumidor na cadeia produtiva da lenha, no estado do Paraná**. Curitiba: Embrapa-CNPQ, 1998. (Série Documentos). no prelo.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Florestas. (Curitiba, PR). **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. Curitiba: 1988. 70p. (EMBRAPA-CNPQ, Documentos, 20).
- FOODY, G.M.; HILL, R.A. Classification of tropical forest classes from Landsat TM data. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.12, p.2353-2367, 1996.
- GANTER, J.L.M.S. Estudos dos carboidratos de sementes de ***Mimosa scabrella*** (Bracatinga). Análise estrutural dos oligossacarídeos e propriedades reológicas da galactomanana. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Bioquímica 1991. 130p. Tese Doutorado.
- GREEN, G.M.; SUSSMAN, R. Deforestation history of the eastern rainforests of Madagascar from satellite images. **Science**, v.248, p.212-215, 1990.
- JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing**. New Jersey: Prentice Hall, 1986.
- JOHNSON, L.F.; HLAVKA, C.A.; PETERSON, D.L. Multivariate analysis of AVIRIS data for canopy biochemical estimation along the Oregon transect. **Remote Sensing of Environment**, v.47, p.216-230, 1994.
- KLEIN, R.M. Observações e considerações sobre a vegetação do planalto nordeste catarinense. **Sellowia**, Itajaí, v.14, n.15, p.39-56, 1963.
- KLEIN, R.M. Árvores nativas da mata pluvial da costa atlântica de Santa Catarina. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1968, Curitiba. **Anais**. Curitiba: FIEP, 1968. p.65-103.
- KLEIN, R.M. Aspectos fitossociológicos da bracatinga (*Mimosa scabrella*). ). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. **Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: anais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.145-148. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- MALINGREAU, J.P., TUCKER, C.; LAPORTE, N. AVHRR for monitoring global tropical deforestation. **International Journal of Remote Sensing**, v.10, p.855-867, 1989.

MAZZA, M.C.M. Análise de *Mimosa flocculosa* Burkart e *Mimosa taimbensis* Burkart (MIMOSACEAE) visando a produção de galactomanana. Curitiba: PUC/UFPR, 1995. 42p. Especialização em Processos Biotecnológicos, monografia.

MAZZA, M.C.M.; ZILLER, S.R.; NAKASHIMA, T.; RODIGHIERI, H.; MAZZA, C.A.S.; CURCIO, G.R.; RACHWAL, M.G.; BAGGIO, A.J.; MAIA, C.M.B.F.; CONTO, A.J. de. In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FOREST, 5; CONGRESSO E EXPOSICAO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 5., 1999, Curitiba. **Forest 99**. Rio de Janeiro: BIOSFERA, 1999. 1 CD ROM.

MAZUCHOWSKI, J.Z. **Organização da reposição florestal**. Curitiba: PROJETO FAO-GCP / BRA / 025 / FRA., 1990. 126p. (Série Subsídios Florestais, 2).

MUCHONEY, D.M.; HAACK, B.N. Changing detection for monitoring forest defoliation. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.60, p.1243-1251, 1994.

NOVO, E.M.L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2.ed. São Paulo: E. Blucher, 1993. p. 207-277.

PHILLIPS, O. The potential for harvesting fruits in tropical rainforests: new data from amazonian Peru. **Biodiversity and Conservation**, v.2, p.18-38, 1993.

RANSON, K.J. ; SUN, G. Northern forest classification using multifrequency and multipolarization SAR images. **Remote Sensing of environment**, v.47, p.142-153, 1994.

REITZ, R.; KLEIN, R.M. O reino vegetal de Rio do Sul. **Sellowia**, Itajaí, v.16, n.16, p.9-118, 1964.

RICHARDS, J.A. **Remote sensing digital image analysis**. Berlim: Springer-Verlag. 1986. p.206-225.

ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y.M.M. Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa scabrella*). SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. **Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: anais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.117-122. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).

SKOLE, D.; TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v.260, p.1905-1910, 1993.

Impressão e acabamento  
Gráfica Radial  
Telefone: (41) 333-9593  
Curitiba/PR  
2000