

## **Aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral para monitoramento de planos de manejo e desmatamento progressivo, no município de Paragominas-PA, Brasil.**

Marcos Alexandre Bauch <sup>1</sup>  
Victor Bizerra Quaresma <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA  
Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Floresta - DBFLO  
SCEN Trecho 2, Bloco B - 70818-900 - Brasília - DF, Brasil  
marcos.bauch@ibama.gov.br

<sup>2</sup>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA  
Centro de Sensoriamento Remoto - CSR  
SCEN Trecho 2, Bloco F - 70818-900 - Brasília - DF, Brasil  
victor.quaresma@ibama.gov.br

**Abstract.** The significant growth of timber exploration, on the last 20 years, in the Amazon comes, partially, from the exhaustion of the Brazilian forests located on the south and southeast regions. Therefore, it is possible to predict that the timber exploration process, in the Amazon, shall increase even more in the long term. To prevent this process from affecting the forestall resources' maintenance, methods and techniques have been proposed, for a sustainable and more rational use of the forest. With the use of satellite images, it is possible to estimate the impact of a logging exploration through time, without the need of frequent field visits. Although it is more common to use these images to detect totally deforested areas, it is also possible to detect low intensity explorations. The objective of this study is to test the Linear Model for Spectral Mixture on CBERS (2 and 2B) satellite images, for the monitoring of areas with low intensity interventions from human exploration. This information will supply the law enforcement actions with precise data to fight against incipient deforestations. Seen that most of the monitoring and surveillance actions accomplished nowadays have as basis areas that are already deforested, this model may bring an important tool to prevent severe damages to the forest.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, spectral linear mixing model, selective cut, progressive deforestation, environmental monitoring, forest management, sensoriamento remoto, processamento de imagens, modelo de mistura espectral, corte seletivo, desmatamento progressivo, monitoramento ambiental, manejo florestal.

### **1. Introdução**

#### **A Problemática da Amazônia**

O Brasil possui a segunda maior cobertura florestal do mundo, atrás apenas da Rússia, sendo que, dos aproximadamente 886 milhões de hectares presentes no continente latino americano, 61% encontram-se no país. O Brasil se caracteriza por apresentar excelentes condições edafoclimáticas e avançado desenvolvimento tecnológico para a exploração de florestas e transformação industrial da madeira (Juvenal & Mattos, 2002) citado por (Matos, 2004).

Muito embora o valor dessa cobertura florestal em termos de biodiversidade e recursos genéticos seja inestimável, não há como proibir ou acabar com o uso desses bens, pois existe uma população que sobrevive e se sustenta com base nos produtos extraídos da floresta.

Para os países tropicais em desenvolvimento, as florestas e os terrenos arborizados são essenciais ao bem-estar econômico e social de seus povos (FAO, 1988).

Nesse sentido, a exploração florestal na Amazônia não é recente, mas é uma vocação natural da região. Porém, nos dias atuais, bem como no passado, a colonização da Amazônia é feita sem qualquer planejamento ou assistência governamental. A colonização por “ocupantes” talvez seja a característica mais marcante do processo de ocupação da fronteira amazônica. Um indício da expressividade dessa constatação é a precariedade do regime de posse da terra que ainda vigora na região.

Essa visão é compartilhada por Costa Filho & Ferreira (1993): “A primeira forma de ocupação da região foi madeireira, como atividade comercial isolada ou de beneficiamento artesanal. Essa primeira experiência trouxe diversos problemas no âmbito social, econômico e ambiental devido à falta de racionalização da exploração florestal”

Outro problema que atinge a floresta e que propicia a devastação de grandes áreas é o pouco valor que esta assume perante a demanda da sociedade por produtos provenientes da mesma.

Segundo Bator (1958), a definição da floresta como bem de consumo tem duas conseqüências importantes: em primeiro lugar, ela é um “bem público” - o consumo por um indivíduo não reduz a quantidade disponível a outro. Esse fato tem implicações para análise dos aspectos locativos e distributivos da utilização da floresta. Em segundo lugar, aplica-se à floresta a “lei de utilidade marginal decrescente”. Sendo ela abundante, é pequena sua “utilidade” e, portanto, seu valor.

### **Manejo Sustentável**

O crescimento significativo da exploração madeireira na Amazônia resulta, em parte, da exaustão das florestas do Sul e Sudeste do Brasil. Além disso, o esgotamento progressivo das florestas tropicais da Ásia, responsáveis por 70% do comércio internacional de madeira, contribui para um aumento na procura de madeiras da Floresta Amazônica. Portanto, é provável que se esteja apenas no início de um grande processo de exploração madeireira na Amazônia, e, para que esse processo não destrua definitivamente esse recurso, métodos e técnicas foram propostos para que se tenha um uso sustentável da floresta. Esses métodos e técnicas são chamados popularmente de “Manejo Florestal”

“Para os recursos renováveis, é fisicamente viável o *steady state* na produção. Desde que seja respeitada a taxa de regeneração natural, o fluxo de extração do recurso pode manter-se indefinidamente. Esse tipo de exploração, que mantém o equilíbrio do estoque do recurso, é conhecido como exploração racional ou exploração “sob manejo”. Em determinado sentido, não há dúvida de que a exploração “sob manejo” seja “ótima”: Ela possibilita que, ao mesmo tempo, se conserve e se coma o bolo.” (Cunha, 1992).

Segundo Carvalho *et al.* (1984), o manejo florestal envolve não só as atividades de produção e de tecnologias de madeiras como também o planejamento do uso dos recursos florestais. Manejo Sustentável é aquele que leva a uma produção contínua do recurso explorado, sem deterioração dos demais recursos e benefícios envolvidos. No manejo, o capital inicial é mantido, e, somente o “juro”, isto é, a produtividade florestal é utilizada.

Ou ainda “O manejo florestal em regime sustentado se baseia na hipótese de que a floresta é um recurso natural renovável. Assim, o objetivo do manejo florestal sustentado é ordenar a produção em cada unidade de manejo em um ciclo de corte compatível com a regeneração da floresta.” (Hosokawa *et al.*, 1998).

Portanto explorar uma floresta de forma manejada envolve muito planejamento, para que se tenha exata noção do que, como e quando explorar, envolve técnicas que minimizem o impacto da exploração nas áreas, para que esta possa ser explorada novamente depois de alguns anos e envolve muita conscientização de todos responsáveis pelo projeto, para que tenham exata noção do porquê estão manejando a área sem partir para a exploração convencional.

## **Monitoramento Ambiental**

Monitoramento é o estudo e o acompanhamento - contínuo e sistemático – de ações e eventos, cujas condições desejamos identificar, avaliar e comparar. Isso possibilita a formulação de cenários futuros com base nas condições presentes, ou seja, é possível o estudo temporal para o prognóstico para a tomada de ações corretivas e preventivas.

Segundo IBAMA (2000), o monitoramento ambiental pode ser definido como um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, visando identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo (variações temporais). As variáveis sociais, econômicas e institucionais também são incluídas, por exercerem influências sobre o meio ambiente.

O IBAMA como instituição responsável da proteção do meio ambiente, através de seus centros e diretorias, tem desenvolvido um monitoramento sistemático em parceria do INPE, através dos seguintes programas: DETER, PRODES e DETEX.

## **2. Objetivos Gerais**

O objetivo deste trabalho é testar a metodologia do Modelo Linear de Mistura Espectral em imagens CBERS (2 e 2B), para o monitoramento de áreas com intervenções antrópicas de baixa intensidade.

Visando ao bom uso da floresta, é possível, através de novas técnicas e estratégias, fornecer subsídios para o combate a ilícitos, com dados precisos, auxiliando as ações de combate aos desmatamentos incipientes. Uma vez que a maior parte do monitoramento e da fiscalização efetuados atualmente têm como base áreas que já se encontram desmatadas, existe a necessidade de formulação de ferramentas para que as ações sejam tomadas antes que o dano ambiental se torne irreversível.

## **3. Material e Método**

O local escolhido para o estudo é uma região ao sul do município de Paragominas – Pará. (figura 1). Localizado a uma latitude de 02°59'45" sul e uma longitude 47°21'10" oeste, o município possui uma área de 19.309,90 km<sup>2</sup>, com altitude média de 90m. A população é de 90.753 habitantes. O relevo é composto de tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas dissecadas, baixos tabuleiros, terraços e várzea. O clima é mesotérmico e úmido, com temperaturas médias de 25,5°C, a pluviometria fica em torno de 2.250mm a 2.500mm anuais, com chuvas regulares que se concentram 80% nos meses de janeiro a junho.

O município de Paragominas apresenta um vasto histórico de intervenções antrópicas em suas áreas de floresta, estando inclusive entre os 36 municípios classificados pelo Ministério do Meio Ambiente, de acordo com a Portaria nº 28, de 24 de janeiro de 2007 (IBAMA, 2007), como os que apresentam as maiores taxas de desmatamento na amazônia brasileira. Nesse sentido, a região escolhida se mostra como um bom “campo de testes” para a metodologia apresentada neste trabalho, uma vez que é possível encontrar diversos tipos de uso do solo em áreas muito próximas.

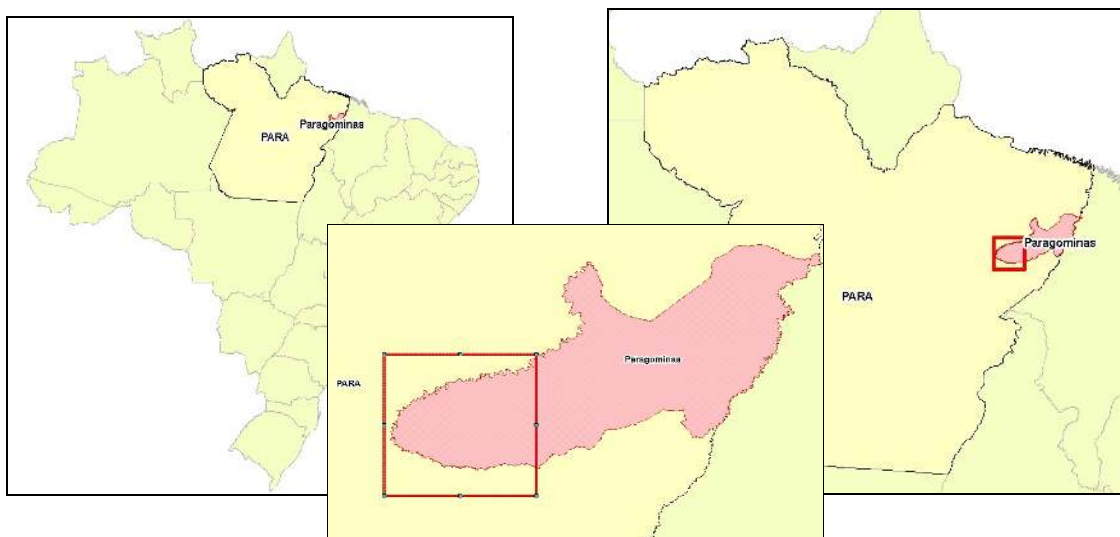


Figura 1. Mapas de localização da área em estudo.

Tendo em vista que o trabalho aqui relatado visa à utilização de uma massa de dados de grande volume e celeridade nas respostas, foi escolhido, portanto, o CBERS 2B/CCD como sensor apropriado para este fim, pela sua facilidade e rapidez na obtenção das imagens orbitais.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram usadas imagens CBERS 2B/CCD, orbita-ponto 161-104 com data de passagem 01/10/2008. A cena escolhida apresenta a cobertura vegetal típica de Floresta Ombrófila Densa, com altas taxas de intervenções antrópicas tanto no desmatamento a corte-raso quanto em intervenções de impacto menor, as quais seriam o manejo florestal sustentável e o desmatamento progressivo.

Com a utilização do *software* SPRING 5.0.2., foi aplicada inicialmente a restauração da imagem para *pixels* de 10m e, em seguida, foi feita uma filtragem linear com realce de imagem TM, o que resultou num aperfeiçoamento na resolução espacial das bandas (2, 3 e 4) da imagem bruta. Após a melhoria das bandas, foi aplicado o contraste utilizando-se da operação de Mínimo e Máximo, resultando assim na criação de uma imagem sintética.

A imagem sintética foi tratada através do modelo linear de mistura espectral, pois o resultado de cada pixel é uma combinação da resposta espectral dos componentes existentes na mistura. Através do modelo linear de mistura espectral, é possível estimar a proporção dos componentes para cada pixel (Shimabukuro e Smith, 1991).

Foram utilizados para o modelo de mistura espectral um ganho de 90 e um *offset* de 50. De acordo com os elementos presentes na imagem, foram selecionados alvos que apresentem uma melhor representatividade dos *pixels*, sendo que o solo foi selecionado em um cruzamento de vias, para a vegetação foi selecionada uma área de cultura homogênea (pasto), e as áreas de sombra foram obtidas a partir de um trecho profundo de rio.

O modelo de mistura foi apresentado pela aplicação de Operação Aritmética, onde:

$$C = \text{ganho} * (A/B + \text{Offset})$$

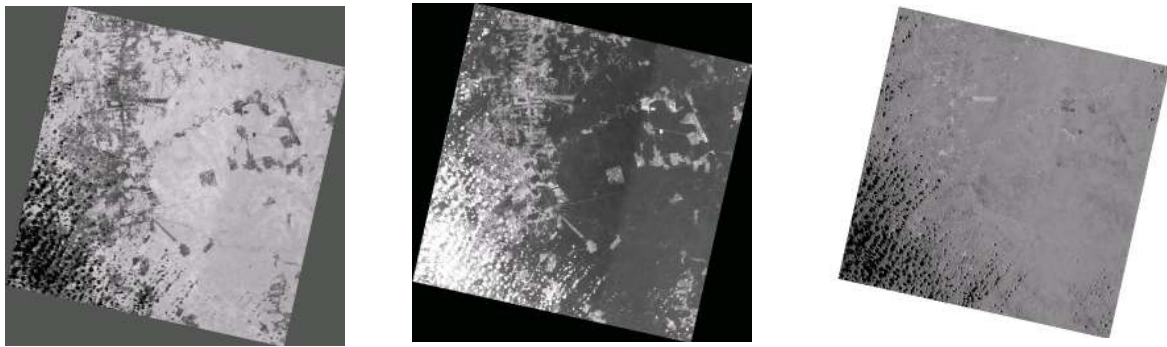


Figura 2. A. vegetação

B. solos

C. sobras

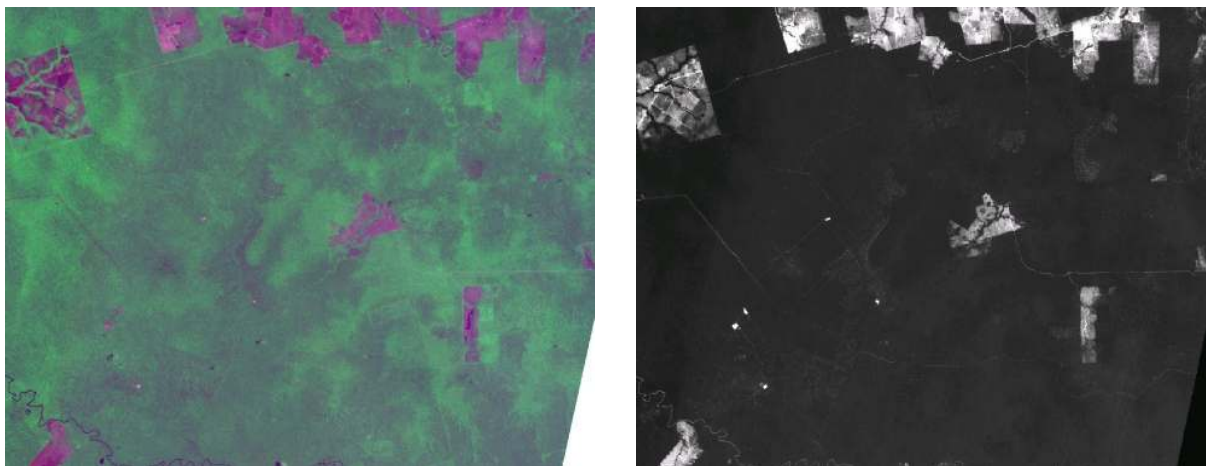
A imagem resultante foi georreferenciada a partir do mosaico da base Mosaic - ZULU-S-22-00 <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mosaic/>>, utilizando o software Arcgis 9.1.

### 3. Resultados e discussões

Neste estudo, foi proposta uma nova abordagem para monitorar as intervenções que não podem ser detectadas a partir de imagens sem aplicação de modelos (Planos de Manejo Florestal Sustentável ou desmatamentos progressivos), que possam ser implantados nos órgãos governamentais de forma a auxiliar as políticas públicas no que diz respeito ao meio ambiente.

Testes foram realizados com imagem de moderada resolução espacial do sensor CCD /CBERS 2B, onde três alvos de referência estavam presentes: vegetação, solo e sombra (figura 3.)

O modelo se mostrou adequado para a detecção das áreas que possuem práticas de manejo florestal assim como de desmatamento progressivo (figura 4.)



A

B

Figura 3. A- imagem sem a aplicação do modelo digital de mistura. B- imagem com aplicação do modelo.

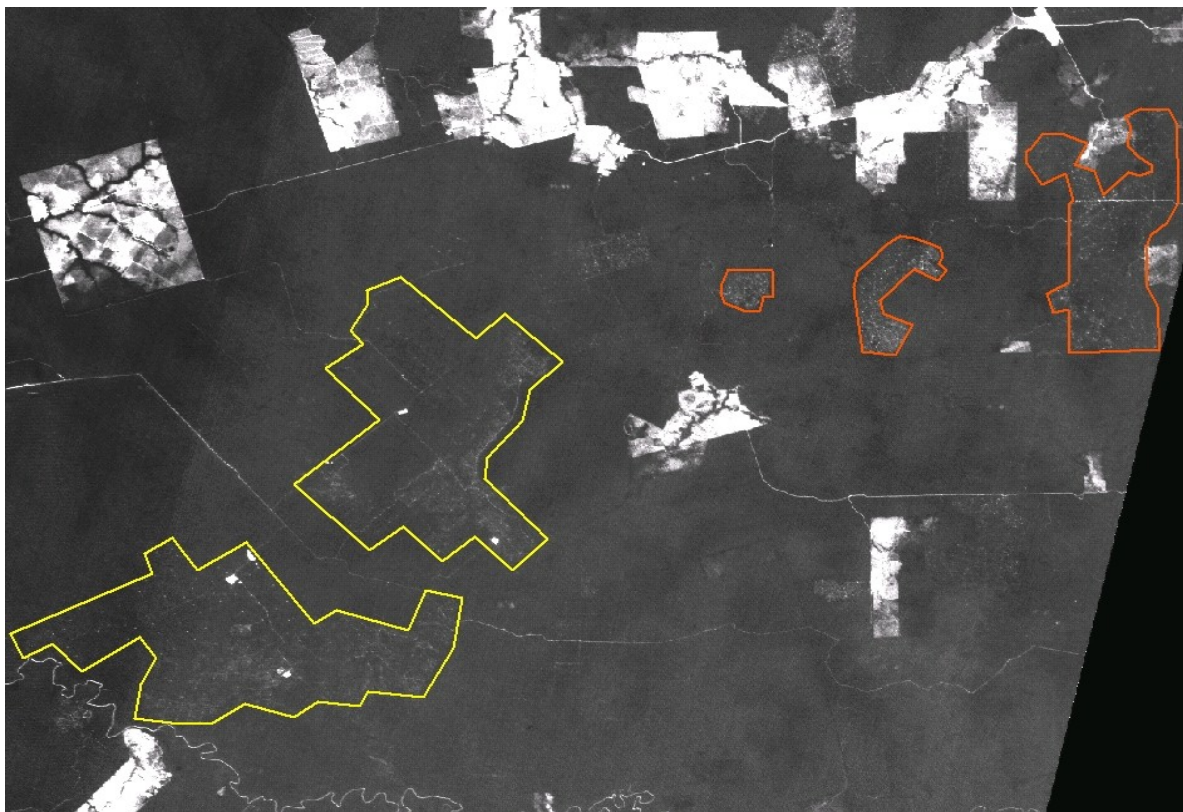


Figura 4. Áreas em amarelo: manejo florestal. Áreas em laranja: desmatamento progressivo.

Tendo como base a aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral, foi possível a detecção de padrões de escoamento como estradas, carregadores, pátios (esplanadas), além de diferenciação entre as práticas de manejo florestal adequado e as de desmatamento progressivos, ou seja, foi possível, através da aplicação do modelo, detectar usos e explorações de baixa intensidade na floresta, o que demonstra que a metodologia apresentada neste trabalho pode vir a ser uma ferramenta muito importante no monitoramento de intervenções incipientes ou de uso racional dos recursos florestais.

#### 4. Próximas etapas

Uma vez que a metodologia se mostrou eficiente ao que se propôs, há a necessidade da criação de rotinas para agilizar o processo de obtenção da imagem processada pelo modelo. Outra etapa a ser implantada é a integração com a área de fiscalização para observar a aplicação dos dados em campo, visto que a idéia por detrás desta tecnologia é o embasamento das ações de combate aos ilícitos, o que significa ações efetivas para a fiscalização e o monitoramento das áreas que possuem manejo florestal e desmatamento progressivo.

#### 5. Referências Bibliográficas

Florenzano, T. G. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

Juvenal, T.L.; Mattos, R.L.G., **Painéis de Madeira Reconstituída**. Brasília: BNDES, 2002. 21P.

Prefeitura Municipal de Paragominas. **Município de Paragominas - Pará**. Disponível em: <[www.paragominas.pa.gov.br](http://www.paragominas.pa.gov.br)>. Acesso em 15. nov. 2008.

IBAMA, **Manual de Apoio ao Gerenciamento de Unidades de Conservação - 2000**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/guiadechefe/java.htm>> . Acesso em: 30.out.2008.

IBAMA, **Portaria nº 28, de 24 de janeiro de 2007 - Dispõe sobre os Municípios Situados no Bioma Amazônia onde Incidirão Ações Prioritárias de Prevenção, Monitoramento e Controle do Desmatamento Ilegal.** 2008. <[http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema\\_texto/MMA/PT0028-240107.PDF](http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema_texto/MMA/PT0028-240107.PDF)>. Acesso em: 25 set. 2008

Novo E.M.L.M. Comportamento Espectral da Água. In P. R. Meneses & L. F. M. Netto (eds.) **Sensoriamento Remoto - Reflectância dos Alvos Naturais.** Brasília, Embrapa/UnB, 203-222. 2002.

INPE. **Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres-CBERS,** INPE. <<http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/cbbers2b.htm>>. Acesso em: 25. out. 2008.

Shimabukuro, Y.E.; Novo, Evelyn Moraes; Ponzoni, Flávio Jorge. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v33, Número Especial, p. 1729-1737, out., 1998.

Shimabukuro, Y.E.; Smith, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,** 1991, pp.16-20.

Juvenal, T.L.; Mattos, R.L.G. **O Setor Florestal no Brasil e a Importância do Reflorestamento.** BNDES Setorial, n, 16, p. 3 – 30, set 2002.

Matos, R. B. de; **Indicadores de Desempenho Para o Beneficiamento de Madeira Serrada em Empresa de Pequeno Porte: um Estudo de Caso.** Tese de Mestrado, Piracicaba ESALQ, 2004.

Costa Filho P.P.; Ferreira, C.A.P. **Custos de Exploração e Transporte de Madeira em Empreendimentos Florestais na Amazônia.** In: 1º Congresso Florestal Panamericano e 7º Congresso Florestal Brasileiro; anais. Curitiba, 1993.

Hosokawa, R.T.; Moura, J.B. de; Cunha, U.S. da. **Introdução ao Manejo e Economia de Florestas.** Curitiba: UFPR, 1998.

Carvalho, J. O. P. ; Silva, J. N. M. ; Lopes, J. C. A. ; Costa, H. B. **Manejo de Florestas Naturais do Trópico Úmido com Referência Especial à Floresta Nacional do Tapajós no Estado do Pará.** Belém: Embrapa-CPATU, 1984 (Documentos, 26).

Bator, F.M. **The Anatomy of Market Failure.** The Quartely Journal of Economics, volume 72, Issue 3, pages 351-379, 1958

FAO, <[www.fao.org/corp/publications/en](http://www.fao.org/corp/publications/en)>, Acesso em: 25. out. 2008.