

# O BIOMA PANAMAZÔNIA COM BASE EM SENSORIAMENTO REMOTO: UMA CONTRIBUIÇÃO.

Paulo Roberto Martini<sup>1</sup>, Valdete Duarte<sup>1</sup>, Egidio Arai<sup>1</sup>, Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Av. dos astronautas, 1758 - 12227-010, São José dos Campos - SP, Brasil  
{paulo.martini, valdete.duarte, egidio.arai, yosio.shimabukuro}@inpe.br

## RESUMO

O artigo propõe o Bioma Panamazônia com base nos atributos de Sensoriamento Remoto referentes aos bosques amazônicos da América do Sul. Os atributos que envolvem também as águas, queimadas e os desflorestamentos foram extraídos através da aplicação do MLME-Modelo Linear de Mistura Espectral em imagens MODIS. As análises seguem procedimentos digitais de foto-interpretação com base em aspectos radiométricos e espectrais da fração “sombra”. Os aspectos exclusivos dos bosques foram mapeados em imagens MODIS dotadas da acurácia cartográfica fornecida pelo Mosaico NASA-GEOCOVER. O mapeamento regional dos bosques permite então propor o Bioma Panamazônia bem como as áreas de distribuição em cada país. O conteúdo deste artigo agrega conhecimentos técnico-científicos carreados para o Projeto Panamazônia por investigadores transnacionais a partir de 1994. Estes pré-conhecimentos são descritos brevemente realçando-se o papel agregador da OTCA-Organização do Tratado Cooperação Amazônica.

**Palavras-chave** — Sensoriamento Remoto, Panamazônia, Bioma

## ABSTRACT

*The article proposes the Panamazonia Biome based on Remote Sensing attributes of South America Amazonian forestry. Other themes such as waters, burns and deforestation are also analyzed. Such themes were extracted through the use of MLME-Linear Spectral Mixture Model applied to MODIS frames. The images were improved to a better cartographic accuracy by means of GEOCOVER-NASA Mosaic. The digital analysis was done by photo-interpretation of radiometric and spectral aspects of the “shadow” fraction. The exclusive aspects of forestry were separated at regional level and so the Panamazonia Biome was designed and measured by every country. The article aggregates value-added scientific knowledge brought up to the Panamazonia Project since 1994 by trans-national investigators of South America. The assembled knowledge is here briefly attempted. The unique role to unify the regional agencies undertaken by the OTCA-Organization for the Amazonian Cooperation Treatment is emphasized as well.*

**Key words** — Remote Sensing, Panamazonia, Biome.

## 1. INTRODUÇÃO

O Projeto Panamazônia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem estudando a distribuição da cobertura tropical da América do Sul desde 1994. Esta iniciativa foi ampliada e sustentada pela adesão dos demais países seguindo o Tratado de Cooperação Amazônica regido pelos protocolos da Secretaria Executiva da Organização-OTCA. Os estudos foram baseados em imagens de Sensoriamento Remoto seguindo os atributos espectrais, temporais e espaciais registrados por sensores orbitais.

Inicialmente foram utilizados dados do LANDSAT-TM-5 sendo que posteriormente, a partir do ano 2000, o sensor MODIS se tornou o suporte principal.

A resolução mais fina da imagem TM permitiu que se estabelecessem os limites dos bosques tropicais em cada país amazônico a partir da interpretação feita pelos próprios pesquisadores de instituições de reconhecida tradição científica.

A maior espacialidade da imagem MODIS permitiu que o amplo território pudesse se abordado de uma forma integrada tanto em área como em atributos espectrais e radiométricos.

Neste sentido foi possível definir com precisão cartográfica superior as bordas da floresta panamazônica. Seguindo este desafio foi também possível mapear a Hidrologia natural e as áreas úmidas associadas. Destes quadros se derivaram retratos temporais das áreas queimadas de bosques nativos mostrando que suas distribuições também seguem um padrão transnacional.

Com estas bases de informação é possível se propor um novo domínio natural mais abrangente e regional da América do Sul: o Bioma Panamazônia.

Este artigo descreve as etapas do trabalho desenvolvido, o método e os dados utilizados, destacando ao final a abrangência do bioma proposto e a distribuição dele em cada país. O entendimento dos autores é de que se trata de uma contribuição. Uma contribuição, entretanto, sustentada pelo atento histórico científico do Projeto Panamazônia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Como já referido a base de dados foram imagens do TM-Mapeador Temático com resolução de 30 metros e aquelas do MODIS-Espectro-radiômetro de Resolução Moderada com pixel re-amostrado para 250 metros. As imagens

LANDSAT-5 orto-retificadas nos mosaicos ZULU-NASA foram o suporte principal para definir os limites nacionais dos bosques tropicais. Os mosaicos ZULU foram também peças-chaves para se corrigir geometricamente as imagens MODIS. Nestas situações as cenas foram dotadas de precisão horizontal geodésica, relativada pela dimensão do pixel utilizado.

Os mosaicos foram submetidos ao Modelo Linear de Mistura Espectral, um algoritmo formulado em [3]. Sua função agrega o conjunto de atributos espectrais e radiométricos das cenas em 3 segmentos. Estes segmentos são apresentados na forma de imagens com diferentes intervalos de níveis de cinzas. Cada intervalo correlacionável a temas como solo, água, queimadas e vegetação. Esta simplificação permite uma classificação rápida pelo computador e adianta o trabalho do foto-intérprete para uma edição de nível matricial, ou seja, separando temas em plano digital. Convencionou-se chamar este procedimento como “reconhecimento inteligente de padrões” (intelligent pattern-recognition) no decorrer do Projeto Panamazônia. Este tipo de mapeamento feito por: i) imagens corrigidas; ii) temas separados por computador e, iii) limites editados por um foto-intérprete, garantiu acurácias da ordem de 100%. Valores validados em amostragens de campo.

Assim foram separados com perfeição os bosques amazônicos nativos, as águas e as coberturas vegetais modificadas do bioma proposto. Estes temas foram então inseridos dentro dos limites correspondentes de cada país. O somatório resultou nos limites e na área sugeridos para o “Bioma Panamazônia”.

### 3. RESULTADOS

Os primeiros indicadores de que os bosques amazônicos poderiam ser englobados em um único conjunto geo-ambiental a partir de seus atributos radiométricos e espectrais extraídos de dados de Sensoriamento Remoto orbital estão apresentados na Figura 1 e na Tabela 1.

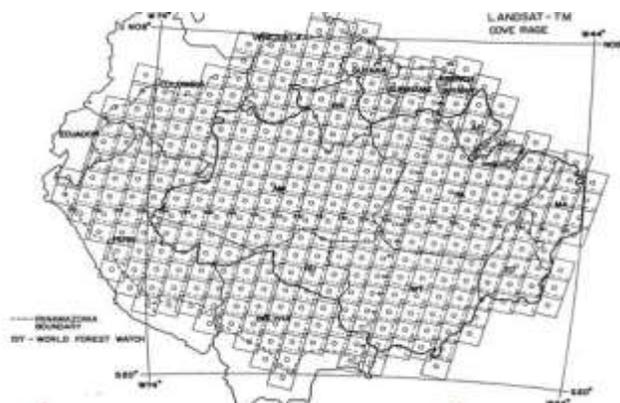


Figura 1. Conjunto de cenas LANDSAT\_TM5 cobrindo a área de estudo.

A Figura 1 mostra o conjunto de cenas LANDSAT-5 e os limites de estudos do ambiente panamazônico definidos por cientistas de cada país e protocolados junto à OTCA- Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. A interpretação das imagens feitas pelos próprios cientistas em cada país deu origem à uma avaliação preliminar da Tabela 1, onde estão dispostas as áreas cobertas por floresta amazônica dentro de cada país. Estes resultados foram apresentados em artigo pioneiro [1]. Estes resultados se mostraram limitados e superestimados muito em função da qualidade geométrica das imagens.

PAÍS	ÁREA DE ESTUDO (Km <sup>2</sup> )	ÁREA DO PAÍS (Km <sup>2</sup> )	AE/AP (%)
BOLÍVIA	567.303	1.098.581	51,63
COLOMBIA	380.000	1.138.891	33,36
EQUADOR	76.761	270.670	28,35
GUYANA FRANCESA	91.000	91.000	100,00
GUYANA	214.960	214.960	100,00
PERU	755.605	1.285.220	58,79
SURINAME	142.800	142.800	100,00
VENEZUELA	391.296	912.050	42,00
TOTAL	2.619.725	5.154.172	50,82
BRASIL	4.906.784	8.511.965	57,64
TOTAL GERAL	7.526.509	13.666.137	55,07

Tabela 1. Áreas de estudo que englobam os bosques amazônicos da América do Sul.

As imagens LANDSAT em papel usadas nesta primeira abordagem eram corrigidas por sistemas mas não por Pontos de Controle no Terreno (GCP) e mesmo por Modelos Digitais de Elevação (DEM). Isto obrigou os pesquisadores a buscar imagens digitais dotadas de melhor qualidade cartográficas. Neste contexto foram recuperados os mosaicos ZULU-GEOCOVER orto-retificados (Figura 2), e a partir destes, um novo nível de precisão de posicionamento cartográfico foi obtido. Além disto novos temas foram inseridos neste novo limiar em função principalmente do advento das imagens MODIS (Figura 3)..

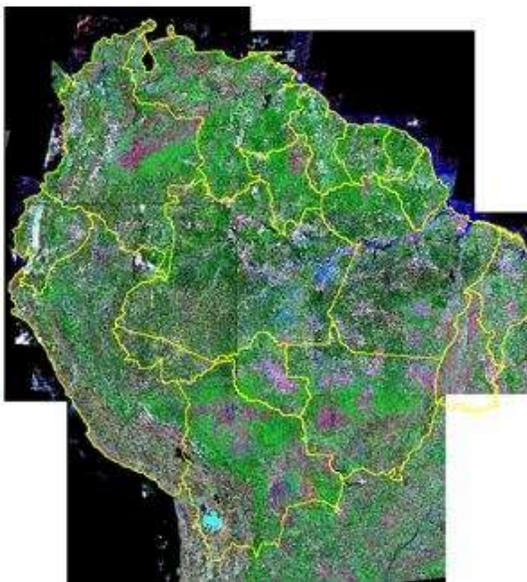


Figura 2. Mosaico ZULU-GEOCOVER-NASA orto-retificado, mostrando a abrangência da área de estudo.

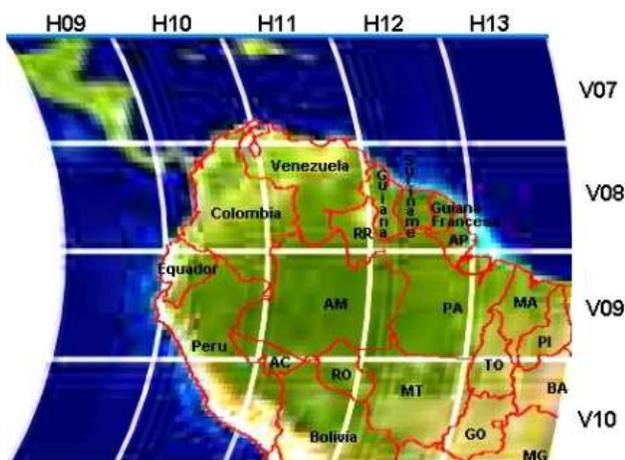
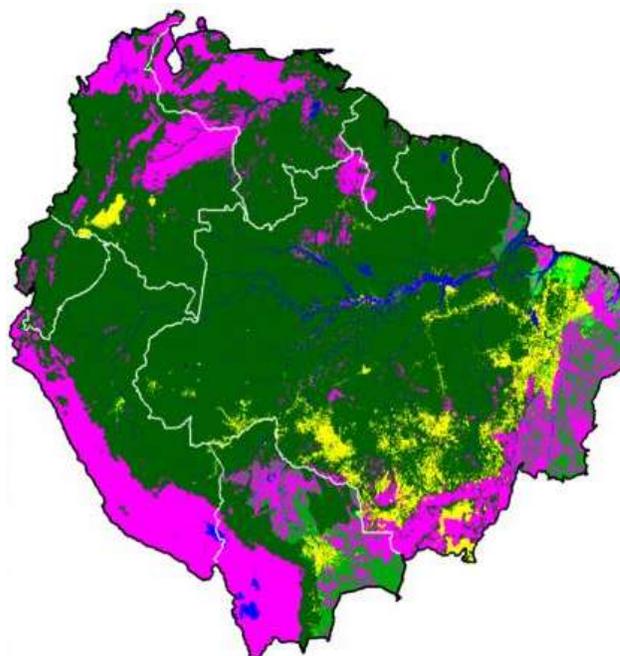


Figura 3. Mosaico de segmentos (tiles) de imagens MODIS baixados a partir do GSFC-NASA.

A Figura 4 mostra os novos temas inseridos bem como a distribuição deles no condomínio da Amazônia Sul-americana.



Figura 4. Os temas analisados e o mapeamento deles no domínio panamazônico.

Os limites da área de distribuição da cobertura vegetal panamazônica de 1994 foram revistos, sendo neste artigo apresentados na forma vetorizada e orto-retificada de acordo com o mapa da Figura 4. Para efeitos de se propor os limites do Bioma Panamazônia foram retirados deste mapa apenas os temas Cerrado (savana) e Hidrografia. A distribuição deste bioma por país se encontra na Tabela 2.

PAÍSES DA AMÉRICA DO SUL	BIOMA PANAMAZÔNIA EM 2010 (KM <sup>2</sup> )
BOLÍVIA	353.698
COLÔMBIA	834.780
EQUADOR	246.196
GUYANA FRANCESA	82.335
GUYANA	139.818
PERU	843.160
SURINAME	196.654
VENEZUELA	579.327
<b>TOTAL</b>	<b>3.275.968</b>
<b>BRASIL</b>	<b>3.459.177</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>6.654.212</b>

Tabela 2. Distribuição espacial do Bioma Panamazônia

Todo o conjunto de informações referentes à origem e evolução do Projeto Panamazônia está editado em amplo e procedente relatório externo do INPE [2].

## 6. ASPECTOS CONCLUSIVOS

Atributos de Sensoriamento Remoto aqui discutidos e os temas extraídos sustentam a definição de um bioma amazônico sul-americano aqui denominado como Bioma Panamazônico. O “core” deste domínio é a área ocupada pela floresta tropical úmida. Esta distribuição, de acordo com os dados aqui analisados, engloba parcialmente países como a Venezuela, a Colômbia, o Equador, o Peru, a Bolívia e Brasil e, praticamente, todo o território da Guiana, Suriname e Guiana Francesa.

A área total que circunscreve o domínio (buffer) compreende 7.526.509 quilômetros quadrados. O Bioma em si se distribui por uma área de 6.654.312 quilômetros quadrados. Esta é a dimensão proposta por este artigo para a distribuição espacial do Bioma Panamazônia na América do Sul.

Torna-se de todo recomendável que esta macro região seja estudada de uma forma integrada tanto no que se trata de monitoramento/exploração de recursos terrestres quanto na busca do equilíbrio sócio-ambiental.

## 7. REFERÊNCIAS

[1] P. R. Martini. Panamazon Project to Monitor South America Tropical Forest. VI Latin America Remote Sensing Symposium of SELPER-Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota. Cartagena de Indias, Colombia, 1994.

[2] V. Duarte. Memória: história do monitoramento da Floresta Amazônica-Projetos PRODES, DETER e Panamazônia, 2020. RTE-INPE. Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34R/3SUE6ME>

[3] Y. E., Shimabukuro; J. A. Smith. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, 29(1), 16-20, 1991.