



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/07.01.12.41-RPQ

## MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA DO TERRITÓRIO BRASILEIRO PARA USO EM MODELAGEM CLIMÁTICA E METEOROLÓGICA

Rita Marcia da Silva Pinto Vieira  
Regina Célia dos Santos Alvalá  
Ana Paula Martins do Amaral Cunha  
Marcelo Francisco Sestini  
Vitor Celso Carvalho  
Dalton de Morisson Valeriano  
João dos Santos Vila da Silva  
Myrian de Moura Abdon  
Flávio Jorge Ponzoni  
Vanessa Canavesi  
Edson Sano  
Luiz Alberto Dambrós  
Heinrich Hasenack  
Sebastião Ferraz Neto  
Alexandre Augusto Barbosa

Relatório de Pesquisa.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ECULQ5>>

INPE  
São José dos Campos  
2013

**PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

**CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):****Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

**Membros:**

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr<sup>a</sup> Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

**BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

**REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

**EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Luciana Manacero - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/07.01.12.41-RPQ

## MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA DO TERRITÓRIO BRASILEIRO PARA USO EM MODELAGEM CLIMÁTICA E METEOROLÓGICA

Rita Marcia da Silva Pinto Vieira  
Regina Célia dos Santos Alvalá  
Ana Paula Martins do Amaral Cunha  
Marcelo Francisco Sestini  
Vitor Celso Carvalho  
Dalton de Morisson Valeriano  
João dos Santos Vila da Silva  
Myrian de Moura Abdon  
Flávio Jorge Ponzoni  
Vanessa Canavesi  
Edson Sano  
Luiz Alberto Dambrós  
Heinrich Hasenack  
Sebastião Ferraz Neto  
Alexandre Augusto Barbosa

Relatório de Pesquisa.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ECULQ5>>

INPE  
São José dos Campos  
2013



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP-Ref. N° 03/00142-8), que financiou mapeamento da região Nordeste do Brasil (ProVeg-NEB).

## LISTA DE FIGURAS

	<b><u>Pág.</u></b>
Figura 1 - Área de estudo da região Nordeste.....	9
Figura 2- Localização das imagens utilizadas por órbita/ponto do Sistema Landsat de Referência Universal (WRS – Landsat Worldwide Reference System).....	10
Figura 3- Cenários geoambientais e ecossistemas da região Nordeste e norte de Minas Gerais.....	13
Figura 4 - Localização das imagens utilizadas por órbita/ponto do Sistema Landsat de Referência Universal (WRS – Landsat Worldwide ReferenceSystem).....	16
Figura 5 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da região da Amazônia Legal.....	19
Figura 6 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da região Nordeste do Brasil.....	20
Figura 7 - Mapa de Uso e Cobertura do Estado de São Paulo.....	23
Figura 8 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra do território brasileiro.....	25

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 - Tipos de cobertura considerados no esquema de superfície SSiB.....	6
Tabela 2 – Informações referentes aos mosaicos utilizados para o mapeamento da região nordeste.....	11
Tabela 3 – Compatibilização das classes de vegetação .....	14
Tabela 4 – Informações das imagens Landsat utilizadas para o mapeamento de uso/cobertura da terra do Estado de São Paulo .....	16
Tabela 5 – Compatibilização das classes de uso e cobertura da terra associadas ao modelo SSiB.....	18
Tabela 6 - Cálculo de área das classes consideradas no mapa do ProVeg- NEB.....	21
Tabela 7 - Porcentagem das classes mapeadas no ProVeg-NEB por Estado.....	22
Tabela 8 - Cálculo de área das classes mapeadas no Estado de São Paulo.....	23
Tabela 9 - Cálculo de área das classes contidas no mapa de usos e cobertura da terra do ProVeg Brasil.....	26

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CLM2	Community Land Model-2
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DEM	Modelo Digital de Elevação
DSR	Divisão de Sensoriamento Remoto
ESA-GLOBCOVER	European Space Agency Global Cover
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LCCS	Land Cover Classification System
LSM	Mosaic Land Surface Model
MCGA	Modelos de Circulação Geral da Atmosfera
MERIS	Medium Resolution Imaging Spectrometer Instrument
MR	Modelo Regional
OBT	Observação da Terra
PAL	Pathfinder Land
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
PROVEG	Projeto de Vegetação
PRODES	Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SSiB	Simplified Simple Biosphere
SIB-2	<i>Simple Biosphere Model-2</i>
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Geográficas
WRS	Landsat Worldwide Reference System
UMD	University of Maryland
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul



## SUMÁRIO

	<b><u>Pág.</u></b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Modelo de superfície SSiB.....	5
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
2.1 Área de Estudo.....	7
2.2 Métodos.....	7
2.2.1 Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Amazônia.....	8
2.2.2 Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Região Nordeste do Brasil.....	9
2.2.3 Mapa de Uso e Cobertura da terra do Estado de São Paulo.....	15
2.2.4 Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Território Brasileiro – Mosaico Final.....	18
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos com Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGAs) e Modelos Regionais (MR) considerando diferentes ecossistemas (CHARNEY et al., 1977; XUE ; SHUKLA 1993; CLARK et al., 2001; TAYLOR, 2002; OYAMA, 2002; XUE et al., 2004; SOUZA, 2006; OLIVEIRA, 2008; CUNHA, 2013) mostraram que a atmosfera é sensível às características físicas da vegetação e dos solos e que essas tem influência nas trocas de energia, água e momentum entre a superfície terrestre e a atmosfera. Outrossim, a representação inadequada ou insuficiente da superfície continental nos modelos meteorológicos pode ter um impacto negativo sobre a previsão do tempo e estudos climáticos (WILSON, 1985; HALL et al., 1995; SUD et al. 1996; DeFRIES et al., 1999; CHAMPEAUX et al., 2000; KANG et al., 2007).

Com o desenvolvimento e conseqüente complexidade dos modelos globais e regionais, tornou-se necessário incluir uma representação mais realista da superfície nos esquemas de interação biosfera-atmosfera acoplados aos modelos atmosféricos, de forma a contemplar melhorias nas simulações dos processos envolvidos. Em modelagem meteorológica, vários modelos de superfície foram desenvolvidos para serem utilizados no modo desacoplado ou acoplados a modelos atmosféricos, tais como o modelo Simplified Simple Biosphere - SSiB (XUE et al. 1991), o Simple Biosphere Model-2 - SIB-2 (SELLER et al. 1995a,b), o Mosaic Land Surface Model - LSM (KOSTER; SUAREZ, 1996), o modelo Land Ecosystem Atmosphere Feedback - Leaf-3, (WALKO et al., 2000), o Community Land Model-2 - CLM2 (BONAN et al. 2002), o modelo Noah (EK et al. 2003), entre outros.

Atualmente, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utiliza o modelo SSiB acoplado ao Modelo Global de Circulação Atmosférico (MCGA) para a geração de previsões de tempo e o esquema Noah acoplado ao Modelo Regional ETA para geração de previsões regionais de tempo para toda a América do Sul.

Nestes dois modelos de superfície, a vegetação é explicitamente representada e influencia diretamente a determinação dos balanços de energia e água na superfície. De modo geral, para aplicação em modelagem numérica é necessário dispor de uma classificação simplificada da superfície, que mostre a distribuição atualizada dos principais tipos de vegetação.

O mapa de vegetação atualmente utilizado no modelo SSiB considera informações da classificação global de cobertura vegetal efetuada pela “University of Maryland” (UMD), em que foi considerado o conjunto de dados “Pathfinder Land” (PAL) com resolução horizontal de 1 km (Correia, 2005). A cobertura do terreno sobre a qual o modelo SSiB opera segue a classificação introduzida por Dorman e Sellers (1989), a qual é determinada pela associação a parâmetros morfológicos, fisiológicos e físicos. Esse mapeamento foi elaborado utilizando-se dados de Sensoriamento Remoto, referentes ao período de 1981 a 1994 (De FRIES et al., 1999; HANSEN et al., 2000). Segundo Cândido (2002), a classificação do mapa de vegetação da UMD para as classes do modelo SSiB apresenta inconsistências para algumas regiões do território brasileiro. Por exemplo, o mapa apresentou a ocorrência de uma extensa área de caatinga sobre partes das regiões Central e Sudeste do Brasil, a qual não corresponde à realidade, o que gerou valores elevados de temperatura em simulações meteorológicas.

Por outro lado, as mudanças de uso e cobertura da terra estão ocorrendo de forma acelerada, principalmente em países em desenvolvimento, dificultando o mapeamento detalhado em tempo real das alterações ocorridas na superfície. A utilização de dados de Sensoriamento Remoto integrados em Sistema de Informações Geográficas (SIG's) possibilitou a geração de mapas temáticos de uso e cobertura da terra mais realistas e a análise das discrepâncias encontradas nos mapas anteriormente utilizados, bem como as diferenças entre a cobertura vegetal potencial e o uso e cobertura atual da terra.

Assim, a demanda por mapeamentos de uso e cobertura da terra em escalas globais e/ou regionais que atendam necessidades específicas são crescentes. Logo, vários mapas em escala regional estão sendo gerados e, devido à grande variedade de tipos de cobertura da terra presentes no globo terrestre, um dos grandes desafios é estabelecer uma legenda universal, criada a partir de um sistema hierárquico de classificação amplo e abrangente para atender aos vários propósitos de estudos. Eva et al. (2004), por exemplo, elaboraram um mapa de vegetação para toda a América do Sul com dados multi-sensor, com resolução espacial de 1 km. O mapa foi validado para algumas regiões do globo terrestre com imagens de alta resolução; no entanto, para o Brasil, o mapeamento referente às regiões de cerrado, caatinga e os pampas ainda precisa ser validado.

Em 2005, o Ministério do Meio Ambiente lançou, por meio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), os mapas de cobertura vegetal, ao ano base 2002, escala 1:250.000, referentes aos biomas brasileiros. Entretanto, face ao objetivo específico do projeto, que consistiu em mapear remanescentes dos principais tipos de vegetação do Brasil, os mapas foram elaborados por bioma, adotando-se uma legenda extensa; logo, gerar um mosaico final com as informações do PROBIO demandaria tempo, devido à necessidade de ajustes das bordas entre os biomas.

Na década passada, a European Space Agency - Global Cover (ESA-GLOBCOVER) propôs gerar mapas globais de uso e cobertura da terra a partir de dados multitemporais obtidos a partir do sensor MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer Instrument), com 300 metros de resolução espacial. Em 2008 foi disponibilizado o primeiro mapa global, referente ao ano base de 2005, sendo a legenda elaborada com base no sistema de classificação da FAO LCCS (Land Cover Classification System). Em 2009 o mapa foi atualizado com imagens referentes ao período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2009.

Considerando a extensão do território brasileiro e a complexidade dos tipos de vegetação presentes no país, bem como a demanda por mapas de uso e cobertura da terra mais atualizados para uso em modelagem meteorológica, o CPTEC/INPE, a partir de 2001, concentrou esforços para elaborar um mapa de uso e cobertura para todo o território brasileiro, compatível com as classes utilizadas pelo esquema de superfície SSiB acoplado aos modelos meteorológicos em uso no Centro. Para tanto, iniciou os trabalhos visando obter inicialmente um mapa de uso e cobertura da terra da região da Amazônia Legal e posteriormente mapeou a região Nordeste do Brasil, no âmbito do projeto denominado “Projeto de Vegetação – ProVeg” (Sestini et al., 2002; Alvalá, 2003; Vieira et al., 2013). Ainda no âmbito do ProVeg, elaborou-se mapa para o Estado de São Paulo e, finalmente, elaborou-se um mapa para todo o território brasileiro, sendo este detalhado no presente relatório. Neste contexto, os mapas de uso e cobertura da terra elaborados para as regiões mencionadas foram relevantes para subsidiar estudos envolvendo modelagem numérica de tempo e clima (Correia, 2005; Souza, 2006; Correia et al., 2007; Mourão, 2010, Cunha, 2013). Não obstante o mapa apresentar uma legenda contendo classes de usos e cobertura vegetal compatibilizada ao esquema de superfície SSiB, o mesmo pode ser adaptado para compatibilização com outros esquemas de superfície acoplados a outros modelos atmosféricos. Portanto, o mapeamento no escopo do ProVeg foi gerado em escala e resolução espacial finas e homogêneo para todo o território brasileiro sem a necessidade de ajustes entre as regiões que compõe a área de estudo, o que facilita e agiliza a utilização deste para outros fins. O mapeamento em escala e resolução mais fina permitiu, além de um maior detalhamento das classes interpretadas, evitando que as mesmas tenham que ser editadas (adequadas) aos objetivos de cada modelo, resolver as áreas de Tensão Ecológica (Contatos), em que ocorre a combinação de dois ou mais tipos de classes vegetacionais que se interpenetram. Áreas de Contato são muito comuns no Brasil, devido à variedade de tipos de vegetação e a transição entre as mesmas. Como “verdade terrestre”, no escopo do ProVeg considerou-se os mapas gerados

pelo projeto RADAMBRASIL e pelo IBGE, o que proporcionou uma melhor representação da realidade terrestre devido ao fato dos mapas elaborados terem sido gerados com validação em campo.

A seguir, apresenta-se informações sucintas sobre o modelo de superfície SSiB, por ser o modelo base considerado para a elaboração do mapa de vegetação de uso e cobertura da terra do território brasileiro. Em seguida são apresentadas a metodologia adotada para elaboração do mapa e outras informações relevantes.

### **1.1 Modelo de superfície SSiB**

O modelo de superfície SSiB é considerado, do ponto de vista biofísico, um modelo realista, por basear-se nos processos físicos de interação continente-atmosfera. Ele considera o papel interativo da vegetação e da umidade do solo ao modificar as trocas de radiação, momentum, energia e vapor d'água entre a superfície e a atmosfera, sendo apropriado tanto para aplicações globais quanto regionais. Em comparação com outros esquemas de superfície, o modelo SSiB é mais complexo no tratamento do albedo, da energia da superfície e da umidade do solo, necessitando de um conjunto de parâmetros morfológicos (índice de área foliar, fração de cobertura vegetal, profundidade de raízes, etc.), fisiológicos (fração de folhas verdes, controle de temperatura para funcionamento dos estômatos, etc.) e físicos (comprimento de rugosidade, altura de deslocamento, inclinação, etc.) para o cálculo das trocas entre a superfície e a atmosfera.

A superfície do terreno sobre a qual o modelo opera é representado por um mapa, em que cada classe de cobertura da superfície é representada por bioma segundo a classificação introduzida por Dorman e Sellers (1989), a qual é determinada em associação aos parâmetros morfológicos, fisiológicos e físicos. Muitos desses parâmetros são apresentados em Willmott e Klink (1986) e em Dorman e Sellers (1989). Alguns parâmetros que variam sazonalmente, como o Índice de Área Foliar, são descritos em Klink e Willmott (1985). O mapa

utilizado pelo modelo SSiB contempla 12 classes de cobertura do terreno, incluindo drenagem e solo exposto (Tabela 1).

Tabela 1 – Tipos de cobertura considerados no esquema de superfície SSiB.

Drenagem e oceano	0
	1 - árvores latifoliadas perenes (floresta tropicais)
	2 - árvores latifoliadas decíduas (floresta temperada)
	3 - árvores latifoliadas/aciculadas (floresta mista)
Vegetação de porte alto	4 - árvores aciculadas perenes (floresta conífera)
	5 - árvores aciculadas decíduas (floresta de lariços)
	6 - árvores latifoliadas com cobertura arbustiva/herbácea (savana - cerrado)
	7 - arbustos (campos extratropicais)
	8 - arbustos latifoliados com cobertura herbácea (caatinga)
Vegetação de porte baixo, áreas cultivadas e desertos	9 - arbustos latifoliados com solo exposto (semi-deserto)
	10 - árvores anãs e arbustos com cobertura herbácea (tundra)
	11 - solo exposto (deserto)
	12 - cultivos*

\* representa *winter wheat and broadleaf – deciduous trees* na classificação de Dorman e Sellers (1989).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de Estudo**

A área mapeada compreende todo o território brasileiro, apresentando uma extensão de aproximadamente 8.515.767 km<sup>2</sup>. Por ser uma área de grande extensão territorial, apresenta diferenciados regimes de precipitação e temperatura, com grande variedade de climas. No Norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. Na região Nordeste a estação chuvosa restringe-se á poucos meses, caracterizando um clima semiárido. As regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas. A região Sul do Brasil, devido à sua localização latitudinal, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, com os sistemas frontais sendo os principais causadores de chuvas durante o ano. Com relação às temperaturas, observam-se nas regiões Norte e Nordeste temperaturas elevadas, com pouca variabilidade durante o ano, caracterizando clima quente. Nas médias latitudes, a variação da temperatura no decorrer do ano é muito importante na definição do clima. No período de inverno há maior penetração de massas de ar frio de altas latitudes, o que contribui para a predominância de baixas temperaturas (QUADRO et al., 1996).

Quanto ao relevo, pode-se dizer de forma simplificada que são três as grandes estruturas que definem os macrocompartimentos encontrados no Brasil: plataformas ou crátons, cinturões orogênicos e grandes bacias sedimentares (ROSS, 1996).

### **2.2 Métodos**

Inicialmente foram criados bancos de dados geográficos para cada um dos Estados brasileiros. A vantagem em se trabalhar com bancos separadamente é que eles facilitam a manipulação das informações, além de proporcionar menos



tempo computacional de processamento, uma melhor visualização dos dados e arquivamento das informações processadas (LILLESAND; KIEFER, 1994; RICHARDS, 1995; CÂMARA, 1995; BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

O software utilizado para o processamento das informações foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Geográficas), que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais.

Conforme mencionado previamente, os mapas regionais foram elaborados em etapas distintas; portanto, apresentam-se a seguir os dados e materiais considerados para atualização do mapa da região da Amazônia, informações sobre o mapa da região Nordeste do Brasil e do mapa do Estado de São Paulo.

### **2.2.1 Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Amazônia**

O mapa de uso e cobertura da terra da região da Amazônia foi gerado a partir de informações contidas no mapa temático, ano base 2000, elaborado por Sestini et al. (2002), o qual, por sua vez, considerou como base o Mapa de Vegetação do IBGE, escala 1:5000.000, de 1993.

Para o mapa ora apresentado, foram inseridos os dados de desmatamento referentes ao incremento de 2002, obtidos do Banco de dados do Projeto de Desflorestamento elaborado pela Coordenação de Observação da Terra (OBT) do INPE - PRODES (<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>), no formato raster, projeção Lat/Long e Datum de referencia South American Datum 1969 (SAD69).

Também foram inseridos polígonos referentes à pastagem e vegetação secundária, estes gerados no escopo do mapeamento do ProBio. Apesar de na compatibilização das classes para o modelo SSiB essas classes serem inseridas as classes de agropecuária, no caso da pastagem e, floresta decídua

no caso da vegetação secundária, ambas foram separadas visando atender outros projetos.

## 2.2.2 Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Região Nordeste do Brasil

A área está localizada entre 1°39' S - 20°03' S, 48°45' W - 34°46' W, cobrindo os Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, bem como as porções norte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, em conformidade com a delimitação da região de abrangência da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), (Figura 1).

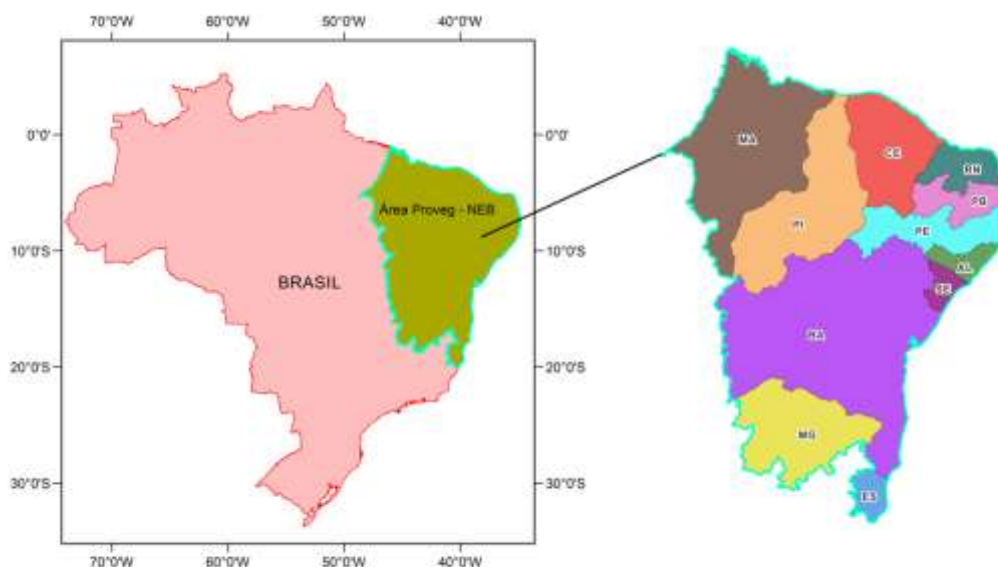


Figura 1 - Área de estudo da região Nordeste.

Para a elaboração do mapa temático da região Nordeste do Brasil foi utilizado mosaico composto por imagens, do período de 1999 a 2001, dos sensores ETM<sup>+</sup> e TM adquiridos da Empresa Intersat Soluções em Imagens de Satélites. As imagens foram georreferenciadas e corrigidas com pontos de controle de cartografia e com Modelo Digital de Elevação (DEM) visando evitar os possíveis deslocamentos ocasionados pela variação topográfica. Os mosaicos foram elaborados utilizando-se interpolador de vizinho mais próximo. A Figura

2 ilustra a localização das imagens por órbita/ponto do Sistema Landsat de Referência Universal (WRS – Landsat Worldwide Reference System).



Figura 2 – Localização das imagens utilizadas por órbita/ponto do Sistema Landsat de Referência Universal (WRS – Landsat Worldwide Reference System).

A Tabela 2 inclui informações mais detalhadas referentes aos mosaicos de imagens adquiridos para a realização do mapeamento.

Tabela 2 – Informações referentes aos mosaicos utilizados para o mapeamento da região Nordeste.

<b>Estado</b>	<b>Data</b>	<b>Cobertura de nuvem</b>	<b>Número imagens</b>	<b>Resolução Espacial</b>	<b>Projeção / datum</b>
Maranhão	2000	2%	22	60	Policônica
Piauí	1999 a 2000	5%	21	30	Policônica
Ceará	1999 a 2000	5%	11	30	Policônica
Rio Grande do Norte	2002	6%	7	15	Policônica
Paraíba	1999 a 2000	6%	6	30	Policônica
Pernambuco	1999 a 2000	5%	9	30	Policônica
Alagoas	1999 a 2000	5%	5	30	Policônica
Sergipe	1990 a 1999	3%	3	30	Policônica
Bahia	1999 a 2001	2%	36	30	Policônica
Minas Gerais	2001	0%	36	30	Policônica
Espírito Santo	2001	0%	6	30	Policônica

Observa-se, analisando a Tabela 2, que o mosaico do Estado do Rio Grande do Norte possui uma resolução mais fina (15m), esta obtida devido ao fusionamento (merge) de 3 bandas multiespectrais (bandas 3, 4 e 5) de resolução de 30m com a banda pancromática (banda 8), de resolução de 15m. Considerando a metodologia desenvolvida por Sestini et al. (2002), também foi utilizado o mapa do IBGE (1993) como base para o mapeamento da região Nordeste. Outrossim, nesta fase, além da utilização do mapa do IBGE (1993), utilizou-se também como fonte de consulta o mapa dos Grandes Cenários

Geoambientais e Ecossistemas do Nordeste, elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA), o qual é apresentado na Figura 3.

Devido ao fato de cada cenário abrigar um ou mais ecossistema, o mapa mencionado forneceu subsídios para tomadas de decisão quanto a detalhamento referente às classes que estavam sendo mapeadas. Por exemplo, a baixada litorânea contém praias e dunas, mangues, alagados, lagoas e salinas. Por outro lado, as grandes chapadas apresentam alguns ecossistemas diferenciados, isto é, as chapadas do Maranhão e Piauí, de embasamento arenítico, apresentam, em grande parte, ecossistemas similares, dominados por uma vegetação de cerrado, enquanto na parte central do Piauí ocorrem ecossistemas em que se desenvolve uma vegetação de transição caatinga/cerrado. As chapadas areníticas de Ibiapaba (entre Piauí e Ceará) e do Araripe (entre Piauí, Ceará e Pernambuco) apresentam ecossistemas diversos relacionados com uma vegetação de floresta, na frente oriental; com uma vegetação de cerrado/caatinga, na parte central; e com vegetação de caatinga, na parte ocidental. O topo das chapadas da Diamantina (Bahia) e do Espinhaço (Minas Gerais), ambas de embasamento quartzítico, apresenta ecossistemas comparáveis relacionados com feições típicas de cerrados e campos de altitude (CAVALCANTI, 2003).



Figura 3 - Cenários geoambientais e ecossistemas da região Nordeste e norte de Minas Gerais.

Fonte: Cavalcanti (2003).

Após definir a base de dados, considerada como "verdade de campo", foi realizada a compatibilização das classes de vegetação contidas no mapa do IBGE com as do modelo de superfície SSiB, conforme ilustrado na Tabela 3. A compatibilização das classes, devida à sua complexidade, envolveu a participação de diversos especialistas em vegetação de mais de um centro de pesquisa, como o INPE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

(EMBRAPA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e também da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Tabela 3 – Compatibilização das classes de vegetação.

PROVEG BRASIL	IBGE	SSiB
Floresta Perene	D, Da, Db, Ds, Dm, Dl, A, Ab, As, Am, L, Ld	1. Árvores latifoliadas perenes (florestas tropicais)
Floresta Decídua	F, Fa, Fb, Fs, Fm, C, Ca, Cb, Cs, Cm, S, Sd, T, Td	2. Árvores latifoliadas decíduas (floresta temperada)
Caatinga	T, Ta, Tp, Tg	8 Arbustos latifoliados com cobertura herbáceas (caatinga)
Cerrado	S, Sa, Sp, Sg, L, La	6. Árvores latifoliadas com cobertura arbustiva/ herbácea (savana)
Campos extratropicais e tropicais	E, Ea, Ep, Eg, T, Tp, Tg, S, Sg, L, Lb, Lg	7. Arbustos/campos extratropicais e tropicais
Floresta Mista	M, Ma, Ms, Mm, Mi	3. Árvores latifoliadas/ aciculadas (floresta mista)
Área urbana	-	11. Solo exposto (deserto)
Agropecuária	-	12. Cultivos
Solo exposto	-	11. Solo exposto (deserto)
Água	-	13. Água e Gelo

Como o número de classes do modelo SSiB é restrito, foram necessárias adaptações para algumas das classes interpretadas. Desta forma, diferentes tipos de uso/cobertura da terra foram agrupados em uma única categoria, embora nem sempre tal agrupamento fosse o mais adequado para representar a variabilidade real da cobertura/uso da terra. A classe agropecuária, por exemplo, engloba pastagem natural e/ou plantada e cultivos agrícolas em diversos estágios de crescimento. A classe solo exposto inclui dunas de areia, afloramentos rochosos e áreas urbanas.

Na segunda etapa, definiu-se a metodologia para o mapeamento das classes de uso/cobertura da terra sobre as imagens de satélites. Assim, primeiramente foram feitos vários testes para definir os limiares de segmentação de imagem que melhor separasse as classes de interesse. Após definir os limiares de

segmentação, aplicou-se o classificador não supervisionado ISOSEG, por regiões. Conforme feito para a segmentação, também foram realizados vários testes para determinação do limiar de aceitação da classificação não supervisionada.

Finalmente, a classificação do uso/cobertura da terra, gerada de forma automática, foi conferida por um interprete, considerando-se uma escala de trabalho de 1:100.000, e auditada por um especialista da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Posteriormente, elaborou-se o mosaico dos Estados para um único Plano de Informação, o qual foi re-amostrado para a resolução de 1 km.

### **2.2.3 Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Estado de São Paulo**

Seguindo a metodologia adotada, criou-se um banco de dados no qual foram inseridas as imagens adquiridas pelo sensor TM a bordo do satélite Landsat-5. A Figura 4 ilustra a grade de localização (órbita/ponto) do satélite Landsat e a Tabela 4 contém informações referentes às datas das imagens utilizadas.





Figura 4 – Localização das imagens utilizadas por órbita/ponto do Sistema Landsat de Referência Universal (WRS – Landsat Worldwide Reference System).

Tabela 4 – Informações das imagens Landsat utilizadas para o mapeamento de uso/cobertura da terra do Estado de São Paulo.

<b>Órbita/Ponto</b>	<b>Data</b>	<b>Órbita/Ponto</b>	<b>Data</b>
<b>Sensor</b>	<b>TM</b>	<b>Sensor</b>	<b>TM</b>
218/76	03/08/05	221/75	18/04/05
219/75	20/04/05	221/76	01/03/05
219/76	20/04/05	221/77	01/03/05
219/77	20/04/05	222/74	09/04/05
220/74	11/04/05	222/75	09/04/05
220/75	11/04/05	222/76	09/04/05
220/75	11/04/05	223/74	16/04/05
220/76	11/04/05	223/75	16/04/05
220/77	22/02/05	223/76	16/04/05
221/74	02 e 18/04/05		

As imagens foram registradas com base no mosaico GeoCover obtido no site <http://www.dpi.inpe.br/cdteca/>.

Na segunda etapa da metodologia incluiu-se a inserção dos dados cedidos pela Fundação SOS Mata Atlântica e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, referentes ao Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica do ano de 2005. O Atlas é resultante da aplicação de várias técnicas de processamento e interpretação de imagens de satélite, com o objetivo de delimitar formações florestais e suas alterações (desflorestamentos) com até cinco hectares de dimensão (SOS MATA ATLÂNTICA, 2009).

Também foram inseridos no banco de dados os dados cedidos pelo Projeto Canasat, ano base de 2005, que por meio da interpretação de imagens de satélites CBERS e Landsat TM5, gera mapas temáticos com distribuição espacial de área cultivada com cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo (SUGAWARA et al., 2008), bem como os dados cedidos por Canavesi et al. (2012) referentes ao mapeamento de áreas cultivadas com eucalipto. Ressalta-se que o mapeamento de áreas de eucalipto baseou-se no trabalho de Kronka et al. (2002).

Em seguida, identificou-se as demais classes de uso/cobertura da terra, como agricultura, solo nu e pastagem. Estas classes foram mapeadas por meio de interpretação visual de imagens de satélite. O mapa final de uso e cobertura da terra para o Estado de São Paulo, na projeção Policônica/Sad 69, resolução de 30 m e escala 1:250.000, inclui as seguintes classes: floresta, restinga, mangue, áreas urbanas, solo nu, agricultura, eucalipto e cana de açúcar (Figura 5).

Devido ao fato do número de classes do modelo SSiB ser restrito, conforme mencionado anteriormente, algumas classes foram agrupadas, conforme apresentado na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Compatibilização das classes de uso e cobertura da terra associadas ao modelo SSiB.

<b>Classes Interpretadas</b>	<b>Classes compatibilizadas com o modelo SSiB</b>
Floresta Perene	Floresta Perene
Eucalipto	Floresta Perene
Restinga	Floresta Perene
Mangue	Floresta Perene
Cana-de-açúcar	Agropecuária
Agropecuária	Agropecuária
Área Urbana	Solo nu
Pastagem	Agropecuária
Água	Água

#### **2.2.4 Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Território Brasileiro – Mosaico Final**

As demais regiões do Brasil foram incluídas no mapa final considerando-se as informações resultantes do Projeto ProBio, ou seja, dos biomas Pantanal e Pampa e o restante do Cerrado, corresponde a área que estava fora do limite da região nordeste do Brasil.

A legenda das classes consideradas pelo Projeto ProBio foi compatibilizada com as do modelo SSiB, tarefa que foi feita com o auxílio dos especialistas coordenadores dos mapeamentos dos biomas mencionados.

Ressalta-se que o mosaico final para todo o território brasileiro foi reamostrado para a resolução de 1 km; no entanto, as informações contidas por Estado, estão com resolução de 30 e 60 metros e as classes originais (dunas de areia, afloramentos rochosos, cana de açúcar, eucalipto) permanecem preservadas e podem ser reinseridas caso sejam necessárias para outras finalidades.

### 3 RESULTADOS

A Figura 5 apresenta o mapa de uso e cobertura da terra da região da Amazônia Legal referente ao ano de 2002. Este mapa, além de ter sido atualizado em relação ao desenvolvido por Sestini et al. (2002), inclui as classes pastagem, vegetação secundária e áreas urbanas provenientes do Projeto ProBio.

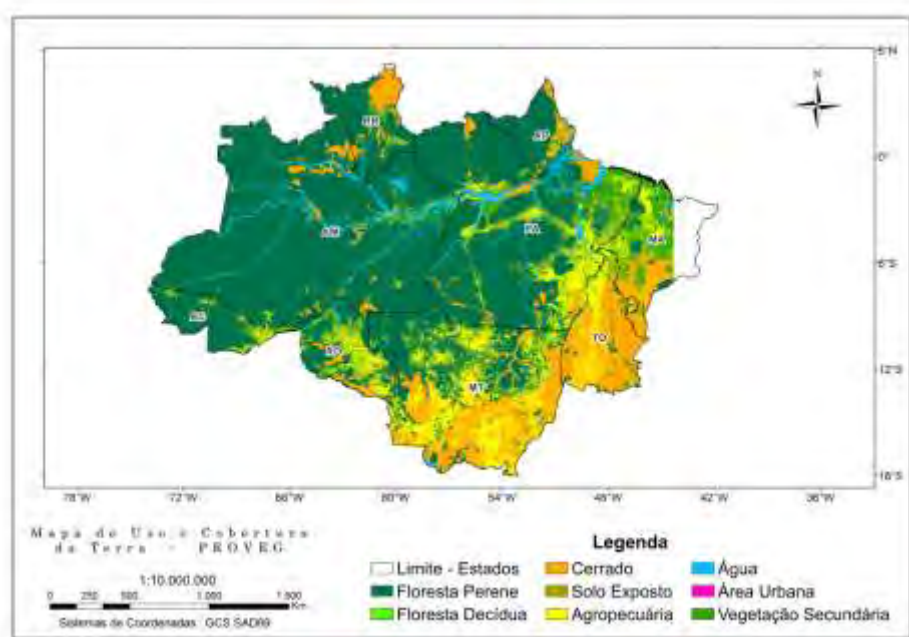


Figura 5 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra da região da Amazônia Legal.

A classificação contendo uma legenda com classes mais detalhadas só foi possível devido à disponibilização do mosaico de informações do Projeto ProBio, uma vez que a interpretação das classes pastagem e vegetação secundária torna-se difícil sem trabalho de campo e estudos multitemporais sobre imagens de satélite.

Após atualização do mapa da Amazônia, elaborou-se o mapa de uso e cobertura da terra da região Nordeste, denominado ProVeg-NEB, o qual é apresentado na Figura 6.

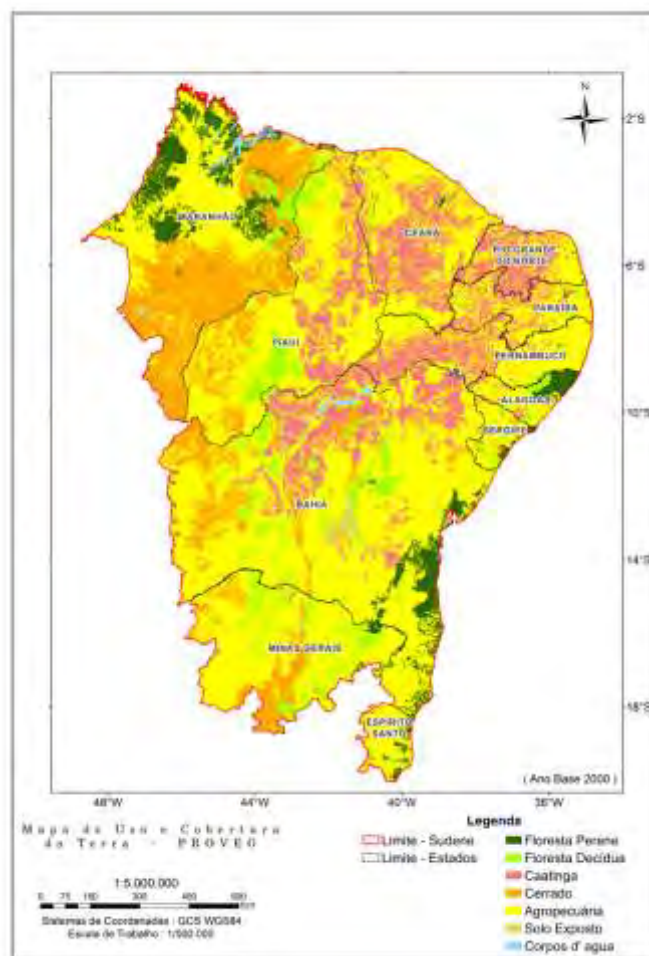


Figura 6 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra da região Nordeste do Brasil.

Para a elaboração deste mapa foram realizados vários testes, visando definir os melhores limiares de segmentação para extrair, das imagens, as informações de interesse. Os resultados indicam que, tanto para a região Nordeste como para as demais regiões mapeadas do Brasil, a utilização dos limiares 8 e 30 para a segmentação das imagens mostram-se como sendo os mais adequados. Da mesma forma, foram realizados testes para definir os limiares de aceitação para a classificação automática, sendo os de 90 e 95% os mais apropriados, por separar mais adequadamente os alvos analisados,

conforme apresentados em Vieira et al. (2013). A Tabela 6 apresenta o cálculo de área das classes consideradas no mapa do ProVeg-NEB.

Tabela 6 – Cálculo de área das classes consideradas no mapa do ProVeg-NEB.

Usos da terra considerados pelo projeto	Área das classes mapeadas pelo IBGE		Área das classes atualizadas e mapeadas pelo Proveg	
	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)
Floresta Perene	53,02	2,96	102,03	5,68
Floresta Decídua	45,60	2,54	114,79	6,39
Cerrado	310,05	17,30	241,04	13,42
Caatinga	352,36	19,65	273,59	15,23
Áreas de contato	221,57	12,36	Resolvidas	0,00
Solo exposto	0,00	0,00	23,19	1,29
Agropecuária	798,38	44,53	1.024,62	57,03
Água	11,92	0,66	17,50	0,97

FONTE: Vieira et al. (2013).

A partir dos dados da Tabela 6 pode-se constatar que muitas das classes de vegetação nativas consideradas no mapa do IBGE foram degradadas, com consequente diminuição de áreas. Por outro lado, as classes Florestas Perene (53,02 km<sup>2</sup> = 2,96%) e Decídua (45,60 km<sup>2</sup> = 2,54%) tiveram suas áreas aumentadas (102,03 km<sup>2</sup> = 5,68 % e 114,79 km<sup>2</sup> = 6,39%, respectivamente), devido, sobretudo, à interpretação fisionômica - estrutural das áreas de contato (221,57 km<sup>2</sup> = 12,36%) resolvidas no presente trabalho.

Os resultados mostram que uma grande área de Cerrado, presente na região Nordeste, foi devastada de 1993 (310,05 km<sup>2</sup> = 17%) para 2000 (241,04 km<sup>2</sup> = 13%), o que significa que cerca de 20% da área considerada como base foi suprimida. O mesmo se pode dizer com relação à Caatinga, que em 1993 ocupava 352,36 km<sup>2</sup> (20% da área de estudo) e em 2000 ocupava apenas 273,59 km<sup>2</sup> (15%). Com relação à classe agropecuária, esta teve um aumento considerável em 2000 (1.024,62 km<sup>2</sup> = 57%) em relação ao mapa do IBGE (798,38km<sup>2</sup> = 44%). Essa classe pode estar superestimada, uma vez que nela

foram englobadas áreas de agricultura em diversos estágios de crescimento, áreas de pastagens e áreas em processo de desertificação ou já desertificadas, que podem ser confundidas com áreas de vegetação nativa de caatinga e cerrado nas suas formas mais abertas (herbáceo-arbustivas). No que concerne às áreas de solo nu, essas não foram incluídas no mapa do IBGE; no entanto, no presente projeto elas foram interpretadas e ocupam uma área de aproximadamente 23,19 km<sup>2</sup>, o que corresponde a mais de 1% da área total. Quanto aos corpos d'água, apesar de terem sido mapeados apenas aqueles com tamanhos significativos, ou seja, somente rios, lagos e lagoas com no mínimo 500 metros de largura, obteve-se uma área de 17,500 Km<sup>2</sup> (0,97%), o que implica em uma diferença aproximada de 5.000 Km<sup>2</sup> em relação aos corpos d'água mapeados pelo IBGE (11,920 Km<sup>2</sup> = 0,66%).

A Tabela 7 apresenta a porcentagem de cada uma das classes mapeadas pelo ProVeg-NEB por Estado.

Tabela 7 – Porcentagem das classes mapeadas no ProVeg-NEB por Estado

Estados	Área (km <sup>2</sup> )	Classes (%)						
		<i>Floresta Perene</i>	<i>Floresta Decídua</i>	<i>Caatinga</i>	<i>Cerrado</i>	<i>Agropecuária</i>	<i>Solo Nu</i>	<i>Água</i>
MA	335.021	16	3	0	42	36	1	2
PI	255.422	0	8	17	11	64	0	0
CE	150.156	4	2	36	0	56	1	1
RN	53.706	1	0	52	0	45	1	1
PB	57.163	1	3	33	0	62	1	0
PE	100.03	0	1	35	0	63	0	1
AL	28.412	28	12	9	0	50	0	1
SE	22.468	8	15	4	7	62	2	2
BA	581.821	5	7	15	7	63	2	1
MG	184.963	1	17	0	16	65	1	0
ES	28.213	14	1	0	0	82	2	1

Da análise dos resultados apresentados acima, pode-se constatar que a parte norte do Estado do Espírito Santo, seguida da parte norte do Estado de Minas

Gerais são as que apresentam maior porcentagem de uso da terra (classe agropecuária).

Na etapa seguinte, efetuou-se o cálculo das áreas das classes mapeadas para o Estado de São Paulo, cujos resultados são apresentados na Tabela 7. A Figura 7 ilustra o mapa final obtido para este Estado.

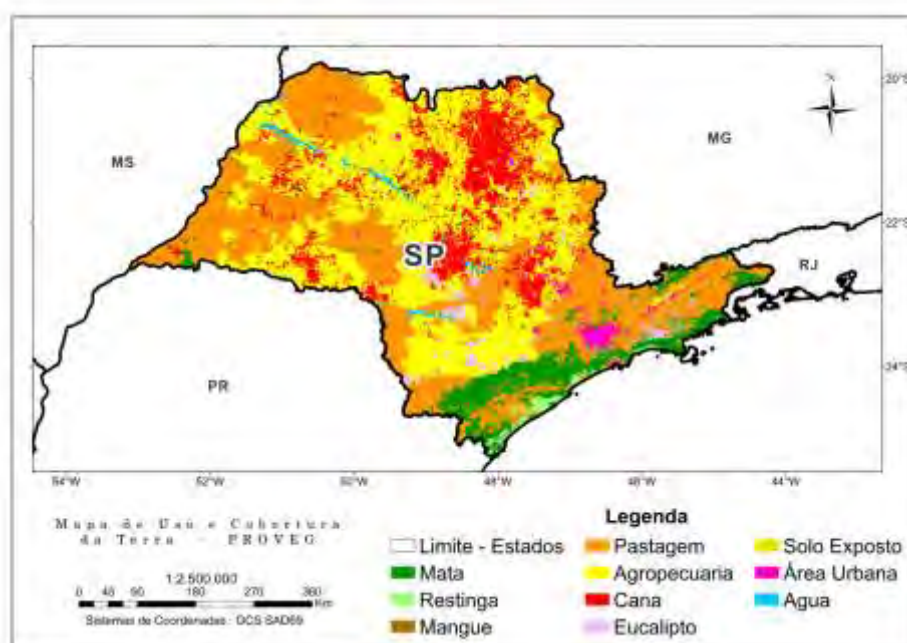


Figura 7 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Estado de São Paulo.

Tabela 8 – Cálculo de área das classes mapeadas no Estado de São Paulo.

Uso do Solo	Área (Km <sup>2</sup> )	%
Floresta Perene	26.540,21	10,69
Restinga	2.080,12	0,84
Mangue	241,63	0,10
Area_urbana	5.086,17	2,01
Água	4.305,35	1,71
Solo_Nu	15,78	0,01
Agropecuaria	88.767,39	35,47
Eucalipto	6.840,87	2,80
Cana-de-açúcar	33.427,46	13,43
Pastagem	81.606,75	32,94



Das informações apresentadas na Tabela acima, conclui-se que aproximadamente 70% do Estado são ocupados por atividades relacionadas à agropecuária, restando apenas 11% de floresta nativa. Uma das atividades agrícolas que mais cresceu na região foi o plantio de cana-de-açúcar que, segundo Sugawara et al. (2008), ocupa uma área de aproximadamente 3,36 milhões de há. O Estado também é o segundo maior produtor nacional de eucalipto, atrás apenas de Minas Gerais. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas, a área plantada de eucalipto saltou de 747 mil ha em 2004 para mais de 1 milhão de ha em 2010.

Finalmente, com a liberação dos dados do Projeto ProBio pelo Ministério do Meio Ambiente, completou-se o mapeamento das demais regiões do Brasil, ou seja, incluiu-se no ProVeg-Brasil as classes de uso e cobertura da terra referentes aos biomas Pantanal, Cerrado e Pampa (Figura 8).

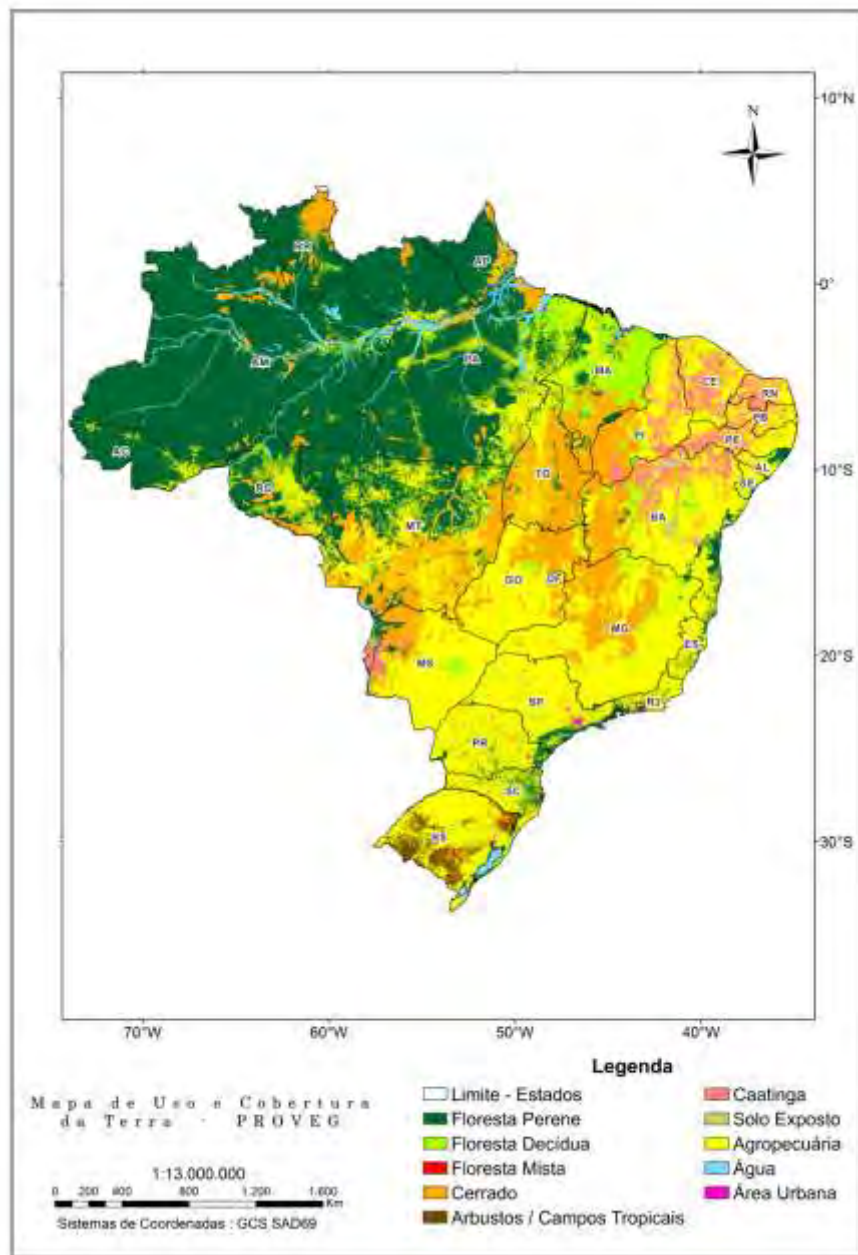


Figura 8 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra do território brasileiro.

Vale destacar que o mapa de uso e cobertura da terra apresentado na Figura 8 inclui dois outros tipos de uso da terra, ou seja, agropecuária e áreas urbanas, os quais não são incluídos na classificação de Dorman e Sellers (1989). Além disso, neste mapa, a classe tipo 12 de Dorman e Sellers (1989), denominada “cultivos”, foi substituída pela classe agropecuária. Esta substituição foi

adotada considerando-se que a classe cultivos é uma representação genérica apenas para áreas de plantio agrícola, sendo definida no modelo SSiB como trigo. Desse modo, para melhor representar as áreas de mudanças antrópicas, de substituição da cobertura vegetal nativa através da exploração pela agricultura e pecuária, inseriu-se a classe agropecuária, que abrange áreas com cultivos agrícolas em vários estágios de crescimento e pastagens. A Tabela 9 apresenta o cálculo de área das classes mapeadas pelo ProVeg-Brasil.

Tabela 9 – Cálculo de área das classes contidas no mapa de usos e cobertura da terra do ProVeg -Brasil.

<b>Classes mapeadas</b>	<b>Área mapeada (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem das áreas mapeadas (%)</b>
Floresta Perene	3.428.570	38,86
Floresta Decídua	195.604	5,33
Caatinga	299.073	3,46
Cerrado	1.161.220	14,37
Campos Tropicais/Extratropicais	75.086	0,85
Floresta Mista	6.332	0,07
Área Urbana	20.323	0,27
Agropecuária	3.355.322	33,98
Solo Exposto	37.954	0,35
Água	218.265	2,45

Da Tabela 9 pode-se concluir que aproximadamente 34% das áreas mapeadas correspondem à agropecuária.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As melhorias na representação da variabilidade espacial da vegetação, certamente serão úteis não somente em estudos climáticos, mas também em estudos de mudanças globais, em modelagem de agrossistemas em larga escala, assim como em trabalhos relacionados às mudanças de usos da terra. Por exemplo, Canavesi et al. (2012) utilizaram o mapa gerado para o Estado de São Paulo para mapear as áreas de conflitos de uso com as áreas de preservação permanente. Os resultados indicam que 544.250,92 ha da área contendo os diferentes usos da terra devem ser recuperados, pois não atendem a legislação florestal vigente.

No escopo da modelagem meteorológica, Souza (2006) considerou o mapa parcialmente atualizado da Região NEB juntamente com o mapa atualizado da região da Amazônia Legal com a finalidade de avaliar os impactos sazonais das alterações no clima regional decorrentes da atualização da cobertura de vegetação. Como resultado, verificou impactos significativos nos climas sazonais das estações de verão e outono austrais, representativos do trimestre mais chuvoso da AMZ e do semiárido do NEB, respectivamente. Na região desflorestada observaram-se, em ambas as estações, anomalias negativas de precipitação ao longo da região costeira e anomalias positivas em direção ao continente, seguindo a região desflorestada. No NEB, foram verificadas anomalias positivas de precipitação sobre as regiões em que a vegetação de caatinga foi substituída por cultivos agrícolas. De modo geral, ressaltou que as mudanças no padrão do clima sazonal foram decorrentes de efeitos locais sobre as regiões com vegetação modificada. Outros dois estudos considerando modelagem meteorológica sobre diferenças regiões do Brasil também utilizaram partes do mapa de vegetação apresentado no presente estudo, isto é, os trabalhos de Mourão (2010) e de Cunha (2013).

Considerando-se outras demandas, destaca-se a necessidade de considerar atualizações periódicas do mapa de usos e cobertura da terra do território

brasileiro, bem como a identificação dos diferentes tipos de cultivos agrícolas presentes no país, de modo que o mapa possa ser útil para inserção em modelos de agroecossistemas e estudos de modelagem considerando diferentes culturas agrícolas. Finalmente, ressalta-se que o esforço para melhorar a representação da vegetação dos ecossistemas brasileiros para inserção em modelos de interação solo-vegetação-atmosfera é uma demanda premente, em especial para inserção ao modelo de superfície que será utilizado no Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global (MBSCG), o qual está sendo desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), projeto este patrocinado pelo Programa Fapesp de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG), Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-MC), os dois últimos sediados no INPE. Ressalta-se que o modelo MBSCG será a contribuição brasileira para o próximo relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR-5).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVALÁ, R.C.S.; NOBRE, C.A.; CHOU, S.C.; VALERIANO, D.M.; MELLO, E.K.; CORREIA, F.W.S.; TOMASELLA, J.; CÂNDIDO, L.A.; SESTINI, M.F.; CARVALHO, V.C. **Melhorias da descrição de parâmetros de superfície e de vegetação da região Nordeste do Brasil para utilização em modelos meteorológicos e hidrológicos**. São José dos Campos: Inpe, 2006. Projeto de Pesquisa financiado pela FAPESP (Processo 03/000142-8). Relatório de Pesquisa.

BONAN, G.B. **Ecological climatology: concepts and applications**. Cambridge: University Press. 2002.

BURROUHG, P.A. MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333p.

CÂMERA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) INPE, São José dos Campos, 1995. 281p.

CANDIDO, L. A. **Impacto da condição inicial de água no solo na previsão de verão da América do Sul**. 2002. 224 p. (INPE-10477-TDI/931). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002. Disponível em: <<http://urlib.net/6qtX3pFwXQZ3P8SECKy/BPBuQ>>. Acesso em: 02 jul. 2013..

CANASAT. **Mapeamento das áreas de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/mapdsr>>. 2009.

CANAVESI, V.; VIEIRA, R. M. S. P.; CUNHA, A. P. M. A.; ALVALA, R. C. S.; SESTINI, M. F. Mapeamento do uso do solo para o estado de SP e conflitos de uso nas áreas de preservação permanente / Land-use mapping to the state of SP and conflicts of use in permanent preservation areas. In: SENGEF, 10., 2012, Curitiba. **Anais...** 2012. v. 1, p. 734-742. DVD. Disponível em: <<http://www.10seminarioflorestal.com.br/publicacoes/>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

CAVALCANTI, A. C. **Cenários geoambientais e ecossistemas da região nordeste: demandas de modelos diferenciados de gestão de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2003. 72 p.

CORREIA, F. W. S.; ALVALÁ, R. C. S.; MANZI, A. O.; GIELOW, R.; KUBOTA, P. Y. Calibração do "simplified simple biosphere model - SSiB" para áreas de pastagem e floresta na Amazônia com dados do LBA. **Acta Amaz.**, v.35, p.273-288, 2005.

CORREIA, F. W. S., ALVALÁ, R. C. S., MANZI, A. O. Modeling the Impacts of land cover change in Amazonian: a Regional Climate Model (RCM) simulation study. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, p. 225-244, 2007.

COSTA, M. H.; FOLEY, J. A. Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations on the climate of Amazonia. **J. Clim.**, v.13, p. 35–58, 2000.

CHAMPEAUX, J. L., ARCOS, D., BAZILE, E., GIARD, D., GOUTORBE, J. P., HABETS, F., NOILHAN, J., ROUJEAN, J. L. AVHRR-derived vegetation mapping over Western Europe for use in numerical weather prediction models. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, p. 1183-1199, 2000.

CHARNEY, J. G.; QUIRK, W.J.; CHOW, S.H.; KORNFIELD, J.A. A comparative study of the effects of albedo change on drought in semi-arid regions. **Journal of Atmospheric Sciences**, v.34, n.9, p.1366-1385, 1977.

CLARK, D.B.; XUE, Y.; HARDING, R.J.; VALDES; P.J. Modeling the impact of land surface degradation on the climate of Tropical North Africa. **J. Climate**, v.14, p. 1809–1822, 2001.

CUNHA, A. P. M. A. **Avaliação dos impactos das mudanças dos usos e cobertura da terra no clima da região semiárida do Brasil**. 2013. 206 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/04.15.17.53-TDI). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013.

DEFRIES, R. S.; FIELD, C. B.; FUNG, J.; COLLATZ, G. J.; BOUNOUA, L. Combining satellite data and biogeochemical to estimate global effects of human-induced land cover change on carbon emissions and primary productivity. **Global Biogem. Cycles**, v. 13, p. 803-815, 1999.

DORMAN, J. L., SELLERS, P.J.A. Global climatology of albedo, roughness length and stomatal resistance for atmospheric general circulation models as represented by the Simple Biosphere Model (SiB). **Journal of Applied Meteorology**, v. 28, p. 833-855, 1989.

EK, M. B.; MITCHELL, K.E.; LIN, Y.; ROGERS, E.; GRUNMANN, P.; KOREN, V.; GAYNO, G.; TARPLEY, J.D. Implementation of Noah land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational mesoscale Eta model. **J. Geophys. Res.**, v.108, p. 8851, 2003. doi:10.1029/2002JD003296.

EVA, H.D.; BELWARD, A.S.; MIRANDA, E.; DI BELLA, C.M.; GONDŞ, V.; HUBER, O.; JONES, S.; SGRENZAROLI, M.; FRITZ, S. A land cover map of South America. **Global Change Biology**, v.10, p. 731-744, 2004.

HALL, F.G., TOWSHEND, J.R., ENGMAN, E.T. Status of remote sensing algorithms for estimation of land surface state parameters. *Remote Sensing of Environment*, v.51, p.138-156, 1995.

HANSEN, M.C.; DEFRIES, R.S.; TOWNSHEND J.R.G.; SOHLBERG R Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. **International Journal of Remote Sensing**, v.21, p.1331–1364, 2000.

KANG, H. S.; XUE, Y.; COLLATZ, G. J. Impact assessment of satellite-derived leaf area index datasets using a general circulation model. **Journal of climate**, v. 20, p. 993-1015, 2007.

KLINK, K.; WILLMOTT, C. J. **Notes on a global vegetation data set for use in GCMs**. Delaware, Newark:, Univ. of Delaware, Dept. of Geography, 1985.

KOSTER, R. D.; SUAREZ, M. J. **Energy and water balance calculations in the MOSAIC LSM**. Washington DC: NASA, 1996. NASA Tech Memo. 104606, v.9.

KRONKA, F.J.N. et al. **Inventário florestal das áreas reflorestadas do estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de estado de Meio Ambiente: Instituto Florestal, 2002.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote Sensing and image interpretation**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 750 p.

MOURÃO, C. E. F. **Estudo numérico da produção de chuvas intensas na região da Serra do Mar Paulista**. 2010. 119 p. (sid.inpe.br/mtc-m18@80/2010/04.15.22.03-TDI). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/37BBDR2>>. Acesso em: 14 fev. 2013.

RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. New York: Springer-Verlag, 1995.

SUD, Y. C.; YANG, R.; WALKER, G. K. Impact of in situ deforestation in Amazon on the regional climate: general circulation model simulation study. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, p. 7095-7109, 1996.

OLIVEIRA, G. S. **Consequências climáticas da substituição gradual da floresta tropical amazônica por pastagem degradada ou por plantação de soja: um estudo de modelagem**. 2008. 417 p. (INPE-15263-TDI/1346). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.



OYAMA, M. D. **Consequências climáticas da mudança de vegetação no nordeste brasileiro**: um estudo de modelagem. 2002. 220 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002.

QUADRO, M. F. L.; MACHADO, L. H. R.; CALBETE, S.; BATISTA, N. M.; OLIVEIRA, G. S. Climatologia de precipitação e temperatura. **Climanálise Especial**. MCT/INPE/CPTEC, Cach. Paulista, SP, 1996.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. 1a ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1996.

SELLERS, P.J.; LOS, S.O.; TUCKER, C.J.; JUSTICE, C.O.; DAZLICH, D.A.; COLLATZ, G.J.; RANDALL, D.A. A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part 2: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data. **Journal of Climate**, v. 9, p. 706-737, 1995b.

SESTINI, M. F.; ALVALÁ, R. C. S.; MELLO, E. M. K. et al. **Elaboração de mapas de vegetação para utilização em modelos meteorológicos e hidrológicos**. São José dos Campos: INPE, 2002.

SOUZA, S. S.; ALVALÁ, R. C. S. Anomalias de precipitação devido à mudança de vegetação no semiárido do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 29 ago.-03 set., 2004, Forlatelza. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2004. Sessão oral. CD-ROM. Publicado como INPE-12496-PRE/7798.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. 2005. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>. Acesso: 23 maio 2009.

SUGAWARA, L. M.; RUDORFF, B. F. T.; VIEIRA, R. M. S. P.; AFONSO, A. G.; AULICINO, T. L. I. N.; CARVALHO, M. A.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V.; SILVA, W. F.; AGUIAR, D. A. **Imagens de satélites nas estimativas de área plantada com cana na safra 2005/2006** - região centro-sul. São José dos Campos: INPE, 2008. 75 p. (INPE-15254-RPQ/815). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.10.19.59>>. Acesso em: 02 fev. 2010.

TAYLOR, C.M.; LAMBIN, E.F.; STEPHENNE, N. HARDING, R.J.; ESSERY, R.L.H. The Influence of Land Use Change on Climate in the Sahel. **J. Climate**, v.15, p.3615–3629, 2002.

VIEIRA, R. M. S. P.; CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; CARVALHO, V. C. FERRAZ NETO, S.; SESTINI, M. F. Land use and land cover map of a semiarid Region of Brazil for meteorological and climatic models. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2013. (Aceito para publicação em dezembro de 2012).

WILLMOTT, C. J.; KLINK, K. A representation of the terrestrial for use in global climate studies. In: INTERNATIONAL SATELLITE LAND SURFACE CLIMATOLOGY PROJECT (ISLSCP), 1986, Rome, Italy. **Proceedings...** Rome: European Space Agency, 1986. P. 109-112.

WILSON, M. F.; HENDERSON SELLERS, A. A. Global archive of land cover and soils data for use in general circulation climate models. **Journal of Climate**, v. 5, p. 119-143, 1985.

XUE, Y.; SELLERS, P. J.; KINTER, J. L.; SHUKLA, J. A simplified biosphere model for global climate studies. **Journal of Climate**, v. 4, n.3, p. 345-36, 1991.

XUE, Y.; SHUKLA, J. The influence of land surface properties on Sahel climate. Part I: Desertification. **Journal of Climate**, v.6, n.12, p.2232-2245, 1993.

XUE, Y.; JUANG, H.-M.H.; LI, W.-P.; PRINCE, S.; DEFRIES, R.; JIAO, Y.; VASIC, R. Role of land surface processes in monsoon development: East Asia and West Africa. **J. Geophys. Res.**, v.109, n. D03105, 2004, doi:10.1029/2003JD003556.