

**Dinâmica da Paisagem no  
Submédio do Rio São Francisco**





ISSN 1806-3322  
Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Monitoramento por Satélite  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*** 23

## **Dinâmica da Paisagem no Submédio do Rio São Francisco**

Ivan André Alvarez  
Tatiana Ayako Taura  
Lúcio Alberto Pereira  
Ricardo Guimarães Andrade

Embrapa Monitoramento por Satélite  
Campinas, SP  
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Telefone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cnpm.embrapa.br

**Comitê Local de Publicações**

Presidente: *Cristina Criscuolo*

Secretária-Executiva: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio, Graziella Galinari, Luciane Dourado e Vera Viana dos Santos*

Supervisor editorial: *Cristina Criscuolo*

Revisor de texto: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Normalização bibliográfica: *Vera Viana dos Santos*

Diagramação eletrônica: *Shirley Soares da Silva*

**1ª edição**

1ª impressão (2011): versão digital.

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Monitoramento por Satélite

---

Alvarez, Ivan André

Dinâmica da paisagem no submédio do Rio São Francisco / Ivan André Alvarez, Tatiana Ayako Taura, Lúcio Alberto Pereira, Ricardo Guimarães Andrade. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

16 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23). ISSN 1806-3322.

1. Caatinga. 2. Geoprocessamento. 3. Mata ripária. 4. Semiárido. 5. Uso da terra. I. Taura, Tatiana Ayako. II. Pereira, Lúcio Alberto. III. Andrade, Ricardo Guimarães. IV. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). V. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (Petrolina, PE). VI. Título. VII. Série.

---

CDD 621.367

© Embrapa, 2011

# Sumário

Resumo .....	4
Abstract .....	5
Introdução.....	6
Material e Métodos.....	7
Resultados e Discussão .....	10
Conclusões.....	14
Referências .....	15

# Dinâmica da Paisagem no Submédio do Rio São Francisco

---

*Ivan André Alvarez*<sup>1</sup>

*Tatiana Ayako Taura*<sup>2</sup>

*Lúcio Alberto Pereira*<sup>3</sup>

*Ricardo Guimarães Andrade*<sup>4</sup>

## Resumo

O uso e a cobertura das terras nas margens do Rio São Francisco foram muito alterados ao longo do tempo, o que modificou a sua fitofisionomia original. Assim, neste trabalho objetivou-se estudar a dinâmica da paisagem na região do Submédio do Rio São Francisco por meio de imagens Landsat 5 – TM dos anos de 1987 a 2008 da Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina, PE, e Juazeiro, BA. Para a classificação, as imagens foram segmentadas e interpretadas em conjunto com informações complementares do PROBIO, NDVI, imagens de alta resolução espacial e visitas a campo. Os resultados mostraram que 9,7% (2.900 km<sup>2</sup>) da área de Caatinga foi convertida em pastagem, agricultura irrigada e expansão urbana em 21 anos. A diminuição da conectividade entre fragmentos de vegetação é marcante na região. Grande parte das chácaras ribeirinhas não preserva suas margens e utiliza intensamente suas terras, principalmente para agricultura irrigada. Entre os municípios da RIDE, Curaçá, BA, foi o que manteve a maior porcentagem de área.

**Termos para indexação:** Caatinga, geoprocessamento, mata ripária, semiárido, uso da terra.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor Fitotecnia, Pesquisador na Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, alvarez@cnpn.embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheira Cartógrafa, Mestre em Ciências Geodésicas, Analista da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, tatiana.taura@cpatsa.embrapa.br

<sup>3</sup> Ecólogo, Doutor em Geociências e Meio Ambiente, Pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, lucio.ap@cpatsa.embrapa.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola, Doutor em Meteorologia Agrícola, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, ricardo@cnpn.embrapa.br

# Landscape Dynamics at the Submiddle São Francisco River

---

## Abstract

*The land use and land cover along the margins of the San Francisco River along time have caused changes to the original phytophysiology. This work aimed to study the landscape dynamics of the Submiddle São Francisco River using Landsat 5 - TM scenes of the Integrated Region of Development (RIDE) Poles of Petrolina, Pernambuco, and Juazeiro, Bahia, Brazil, obtained from 1987 to 2008. For classification purposes, the scenes were segmented and interpreted along with complimentary information from PROBIO, NDVI, high-resolution spatial images and field visits. The results indicate that 9.7% (2,900 km<sup>2</sup>) of Caatinga was converted into pasture, irrigated agriculture and urban expansion along 21 years. The decrease in connectivity between vegetation fragments is remarkable in this region. Many of the riverside farms do not preserve their margins and intensely use their land, primarily for irrigated agriculture. Among the studied RIDE counties, Curaçá, Bahia, was the one with the greatest percentage of preserved lands.*

*Index terms: Caatinga, geoprocessing, riparian forest, semiarid, land use.*

## Introdução

A paisagem das margens do Rio São Francisco tem sido afetada por vários fatores, tais como a construção de barragens e a retirada da vegetação natural para prática da agricultura e utilização de lenha e de carvão. O conhecimento da alteração na estrutura da paisagem é fundamental para o manejo sustentável na Bacia do Rio São Francisco.

Considerado um dos principais rios do Brasil, o São Francisco tem 2.756 km de extensão (GUIMARÃES et al., 2011) e bacia hidrográfica de aproximadamente 640.000 km<sup>2</sup> (BRASIL, 2011a). O uso agrícola das terras nessa bacia hidrográfica é acentuado e poucas são as áreas em que a sua cobertura natural está preservada. Parte das mudanças ocorridas é caracterizadas pela intensa presença do homem nas margens do rio (CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA, 2004).

Na região submédica da Bacia do Rio São Francisco, predomina o Bioma Caatinga, bioma exclusivo do território brasileiro e que abrange a maior parte do semiárido da região Nordeste do País. Sua heterogeneidade inclui diversas paisagens únicas (ALMEIDA et al., 2009). Os fatores ambientais são determinantes das características de heterogeneidade vegetal desse bioma. De forma geral, a vegetação de Caatinga é composta de espécies de folhas decíduas, pequenas e finas, raízes tuberosas e superficiais e com presença de cactáceas, cujas folhas são transformadas em espinhos para reduzir ao máximo a perda de líquido pela transpiração (SILVA, 2010).

Nos últimos anos, a taxa de desmatamento da Caatinga teve forte crescimento. Estimativas apontam que o desmatamento é responsável por 80% da demanda de lenha e carvão da região Nordeste do Brasil (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010).

A conversão de paisagens intactas da Caatinga em áreas de uso intensivo inicia-se com desmatamentos em fragmentos para pequena agricultura de subsistência e culmina em uma paisagem dominada por



sistemas intensivos, com áreas distintas de terras recreativas e irrigadas. Na região de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, essa sequência de eventos tem ocorrido há menos de 20 anos.

Este trabalho objetivou estudar a dinâmica da paisagem no Submédio São Francisco, mais especificamente na região de abrangência da rede de desenvolvimento integrado do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA, por meio do uso de imagens de satélite em três épocas diferentes (1987/1989, 1997 e 2005/2008).

## Material e Métodos

O presente estudo foi realizado na Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina, PE, e Juazeiro, BA (Figura 1), localizados no Submédio do Rio São Francisco, onde vivem 610 mil habitantes numa área de 34 mil km<sup>2</sup> que abrange quatro municípios de Pernambuco – Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Orocó – e quatro da Bahia – Juazeiro, Casa Nova, Sobradinho e Curaçá.



**Figura 1.** Mosaico de imagens Landsat 5 – TM na composição R5G4B3 da Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, em 2009.

A região da RIDE tem altitude que varia de 200 m a 800 m e caracteriza-se por uma topografia ondulada com vales muito abertos. Quanto à vegetação, a fisionomia de Caatinga predomina em quase toda a área. A precipitação ocorre em períodos concentrados com média anual de 350 mm e são evapotranspirados cerca de 3.000 mm anuais. A temperatura média anual é de 27 °C.

Neste trabalho, foram utilizadas imagens Landsat 5 – TM, bandas 3, 4 e 5 com resolução espacial de 30 m, disponíveis gratuitamente para download no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), relacionadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Órbita/ponto e datas das imagens empregadas.

Órbita/Ponto	216/66			216/67		
Datas	7/10/1987	16/9/1997	1/11/2008	7/10/1987	16/9/1997	1/11/2008
Órbita/Ponto	217/66			217/67		
Datas	17/9/1989	23/9/1997	5/9/2008	16/6/1990	23/9/1997	16/11/2005
Órbita/Ponto	218/66			218/67		
Datas	5/10/1987	30/9/1997	26/9/2007	5/10/1987	30/9/1997	26/9/2007

A escolha das cenas foi realizada considerando-se o mesmo período climático, condições de iluminação semelhantes e cobertura de nuvens não superior a 10% da área de cada município. Contudo, devido à indisponibilidade de imagens sem grande presença de nuvens, foram selecionadas aquelas que mais aproximavam-se das condições de iluminação, em datas semelhantes.

Posteriormente, as cenas foram georreferenciadas a partir de pontos de controle coletados em campo com o equipamento GPS 60 CSX da Garmin, complementados com pontos de apoio da base cartográfica do IBGE (2011). Nessa etapa, foi utilizada a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), datum WGS84, fuso 24L Sul. Obteve-se um mosaico que posteriormente foi delimitado pelos municípios.

Na sequência, as imagens foram segmentadas por meio do algoritmo que indicava regiões homogêneas. Para tanto, utilizou-se o software Spring, versão 5.0, no qual o algoritmo de segmentação por crescimento de regiões apresenta os parâmetros de similaridade, limiar sob o qual duas regiões são consideradas similares – e, portanto, agrupadas –, representando a distância euclidiana entre as médias das duas regiões e de área mínima a ser considerada como uma região. A determinação dos limiares a serem empregados foi estipulada em função da complexidade da imagem e do objetivo visado. Neste caso, foram empregados os limiares de similaridade 13 e de área mínima 70. Paralelamente, para cada cena, foram calculados os índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI), permitindo a discriminação dos diferentes tipos de vegetação. Os valores de NDVI mais alto indicam presença de vegetação densa em pleno vigor de crescimento (LIU, 2007).

Os segmentos gerados foram analisados em conjunto com o NDVI e associados a uma classe definida com base no conhecimento prévio da área de estudo, em bases cartográficas do IBGE, em imagens de alta resolução espacial (Ikonos de 2008 e Geoeye de 2009) e no mapa de uso e cobertura das terras do projeto PROBIO (BRASIL, 2011b).

Os protocolos utilizados na classificação foram aplicados a todas as imagens trabalhadas para determinar a dinâmica nos diferentes anos. Assim, a classe definida como cobertura vegetal nativa é composta de quatro tipos de vegetação, devido a diferentes respostas espectrais apresentadas: (i) florestada – cobertura vegetal densa com porte alto nos topos de morros; (ii) arbustiva – cobertura vegetal densa com porte médio e presença de clarões entre os indivíduos; (iii) subarbustiva – cobertura vegetal menos densa com porte baixo e textura gramínea; (iv) rasa – cobertura vegetal menos densa que as anteriores e com indivíduos bastante espaçados.

A partir da classificação da área de abrangência da RIDE obteve-se a porcentagem de área das classes: pastagem mais agricultura de sequeiro, agricultura irrigada, área urbana, dunas, nuvens mais sombra e cobertura vegetal nos anos de 1987/1997, 1987/1990 e 2005/2008 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Variação do uso e da cobertura das terras na Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, entre os anos de 1987 a 2008.

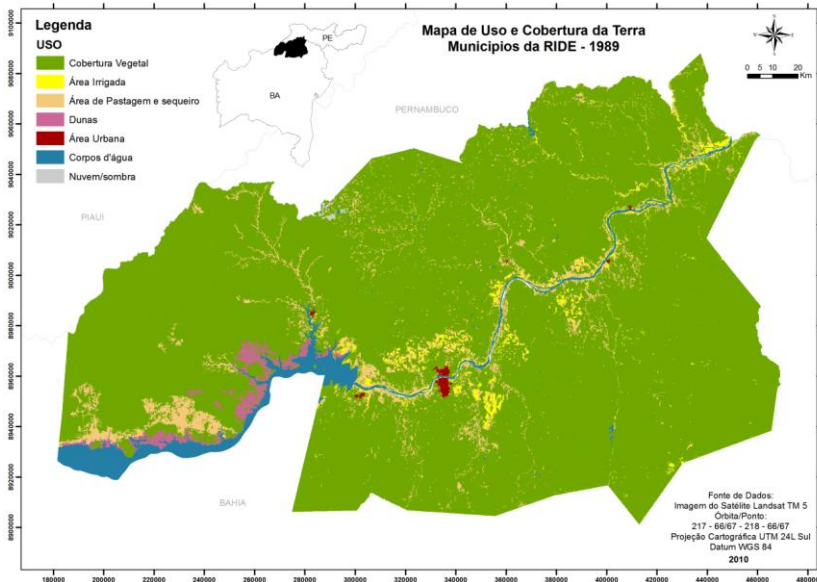
Anos	Porcentagens de área das classes estabelecidas para a região da RIDE							Total
	Cobertura vegetal natural	Pastagem e agricultura de sequeiro	Agricultura irrigada	Área urbana	Corpo d'água	Duna	Nuvem ou sombra	
1987/1990	88,80	5,19	1,35	0,17	3,30	1,12	0,07	100
1997	83,88	8,38	2,14	0,23	4,29	0,57	0,50	100
2005/2008	80,21	10,48	3,14	0,31	3,64	0,81	1,42	100

## Resultados e Discussão

Ao longo de 21 anos, a RIDE apresentou mudanças na paisagem pelo aumento de áreas degradadas que surgiu em torno do Rio São Francisco, com perda da cobertura vegetal natural de aproximadamente 9,7% (2.900 km<sup>2</sup>), além da duplicação da extensão das áreas destinadas a pastagem e agricultura de sequeiro e agricultura irrigada.

Na RIDE, as áreas classificadas como pastagem e agricultura de sequeiro tiveram crescimento de 102% (1.787 km<sup>2</sup>) entre os anos de 1987 e 2008, em detrimento de áreas de cobertura natural. Já a área classificada como agricultura irrigada teve expansão de 132% ou 602 km<sup>2</sup>. Vale ressaltar que, na classificação 2005/2008, 480 km<sup>2</sup> foram identificados como nuvem/sombra, o que pode ter influenciado as estimativas das áreas das demais classes, pois não havia imagens de datas semelhantes. No entanto, os resultados aqui encontrados são consistentes com os dados observados em campo.

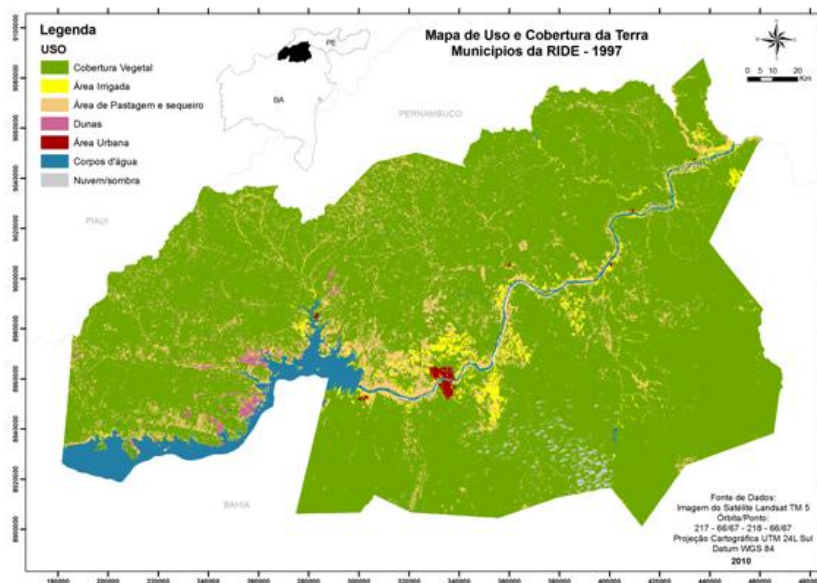
Ao analisar o mapa de uso de uso e cobertura das terras da RIDE, classificado em 1987/1989 (Figura 2), nota-se que próximo aos cursos d'água predomina agricultura irrigada, e que conforme aumenta a distância do canal principal do rio, onde antes existia Caatinga original, aumentam as áreas de pastagem e agricultura de sequeiro. Nos últimos 20 anos, áreas destinadas a pastagem, agricultura irrigada e de sequeiro estão em expansão em alguns municípios.



**Figura 2.** Mapa de uso e cobertura da terra referente dos municípios da Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, aos anos de 1987 a 1989.

No Município de Petrolina, PE, a área de agricultura de sequeiro e pastagem passou de 6,8% em 1987/1989 para 16,7% da área total do município no ano de 2005/2008 (crescimento de 144% ou 449,45 km<sup>2</sup>). Nesse mesmo período, a área de agricultura irrigada obteve crescimento de 169% e a cobertura vegetal natural no município teve redução de 20% ou 808,68 km<sup>2</sup> (Figuras 2 a 4). Além disso, a área urbana de Petrolina, PE, teve expansão de 195% (29 km<sup>2</sup>) em 20 anos.

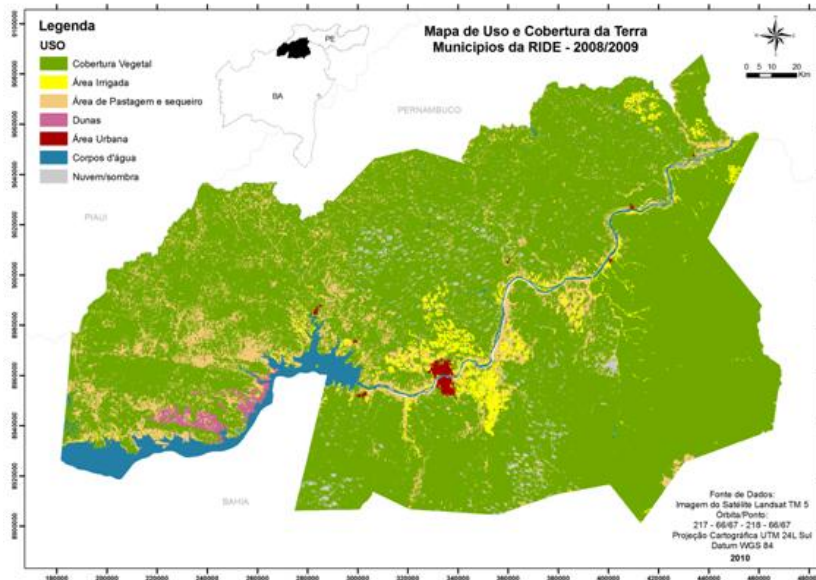
No Município de Lagoa Grande, PE, a retirada da cobertura vegetal natural foi menor (cerca de 5% ou 81 km<sup>2</sup>), mas a agricultura irrigada mais que duplicou num período de 20 anos (aumento de 24,8 km<sup>2</sup>). Nesse período, em Casa Nova, BA, a cobertura vegetal natural foi suprimida em 15% ou 1.206 km<sup>2</sup>. A maior parte da área aberta foi destinada para a agricultura de sequeiro e para pastagens, que tiveram crescimento de 186% (1.157 km<sup>2</sup>). Em relação às áreas de agricultura irrigada, o crescimento foi de 218% (63 km<sup>2</sup>).



**Figura 3.** Mapa de uso e cobertura da terra referente ao ano de 1997 e que abrange os municípios da Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.

Em Sobradinho, BA, as áreas de pastagem e agricultura de sequeiro perderam espaço para a agricultura irrigada (aumento de 12% ou 1,65 km<sup>2</sup>). No entanto, a cobertura de nuvens/sombra sobre o município foi elevada (4,36% ou 55,86 km<sup>2</sup>) no ano de 2005/2008 e pode ter influenciado os valores de área estimados. Já no Município de Juazeiro, BA, houve supressão de 10% da cobertura vegetal natural (600 km<sup>2</sup>). A área de pastagem e agricultura de sequeiro teve 42%

(155 km<sup>2</sup>) de expansão, enquanto as áreas destinadas à agricultura irrigada tiveram a sua extensão praticamente triplicada, passando de 120 km<sup>2</sup> em 1987/1989 para 358 km<sup>2</sup> no ano de 2005/2008. Porém, no ano de 2005/2008, a cobertura de nuvens/sombra classificada sobre a área do município foi de 3,19% (203,72 km<sup>2</sup>) e pode ter influenciado os valores de área estimados para as demais classes.



**Figura 4.** Mapa de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2005 a 2008 e que abrange os municípios da Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.

No Município de Curaçá, BA, a área de cobertura vegetal natural manteve-se praticamente constante ao longo das duas últimas décadas. Contudo, houve supressão das áreas de pastagem e de agricultura de sequeiro (diminuição de 49% ou 55,35 km<sup>2</sup>) e expansão das áreas de agricultura irrigada (crescimento de 76% ou 51,48 km<sup>2</sup>).

Em relação às alterações de uso e cobertura das terras no Município de Santa Maria da Boa Vista, PE, verifica-se que entre os anos de 1987 e 2008 a cobertura vegetal natural foi suprimida em apenas 3,5%

(94 km<sup>2</sup>), o que proporcionou crescimento de 12% (16,25 km<sup>2</sup>) das áreas de pastagem e agricultura de sequeiro e também uma expansão de 47% (27,95 km<sup>2</sup>) da área com agricultura irrigada. No que diz respeito ao Município de Orocó, PE, nota-se supressão de 15% (66,8 km<sup>2</sup>) da cobertura vegetal natural. Nesse município, a agricultura irrigada teve expansão de 65% em área (33,1 km<sup>2</sup>), enquanto as áreas de pastagem e agricultura de sequeiro obtiveram crescimento de 66% (35,1 km<sup>2</sup>). No ano de 1987/1989, 25% da área total do município era de uso antrópico, e no ano de 2005/2008, esse tipo de uso passou para 37% ou 205,35 km<sup>2</sup>.

## Conclusões

1. Existe, de maneira geral, ao longo das datas estudadas, uma substituição da cobertura vegetal natural por áreas de projetos de agricultura irrigada.
2. O Município de Curaçá foi o que apresentou menor índice de degradação de suas terras, mantendo cerca de 90% da cobertura vegetal natural de Caatinga.
3. Na área da RIDE, 9,7% (2.900 km<sup>2</sup>) da Caatinga foi convertida em pastagem, agricultura irrigada e expansão urbana durante o período avaliado.
4. A heterogeneidade da paisagem e a diminuição da conectividade entre fragmentos de vegetação são marcantes na região.



## Referências

ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação da mata ciliar em nascentes**. 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, 2004.

ALMEIDA, S. A. S.; FRANÇA, R. S.; CUELLAR, M. Z. Uso e ocupação do solo no bioma Caatinga do Estado do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14., 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBSR/INPE, 2009. p. 5555-5561. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.19.05.29/doc/5555-5561.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto de Monitoramento da Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - MSFRAN**. Brasília, DF: Centro de Sensoriamento Remoto – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), 2011a. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/msfran/>>. Acesso em: 03 nov. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade (PROBIO). Brasília, DF: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2011b. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>>. Acesso em: 03 nov. 2011.

CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA. **Cenários para o Bioma Caatinga**. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 2004. 283 p.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; BARROS, C. A. Uso do Google Earth para a estimativa da extensão do Rio São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBSR/INPE, 2011. p. 1185-1191. Disponível em: <[www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1079.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1079.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>>. Acesso em: 01 nov. 2011.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. Uniderp, 2007. 908 p.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. A questão energética e o manejo florestal da Caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 65-75.

SILVA, F. F. **Avaliação temática de imagens ALOS/PALSAR no mapeamento do uso e cobertura da terra na região semi-árida brasileira**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. Disponível em: <[urlib.net/8JMKD3MGP7W/385J7C5](http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/385J7C5)> . Acesso em: 03 nov. 2011.



---

*Monitoramento por Satélite*

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

