

Uso Atual e Quantificação de Áreas com Vegetação Degradada na Margem do Rio São Francisco em Municípios do Estado de Pernambuco



ISSN 1808-9992

Dezembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semiárido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 225

Uso Atual e Quantificação de Áreas com Vegetação Degradada na Margem do Rio São Francisco em Municípios do Estado de Pernambuco

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Iêdo Bezerra Sá

Tatiana Ayako Taura

Ivan André Alvarez

Vanderlise Giongo Petrere

Manoel Batista de Oliveira Neto

José Coelho de Araújo Filho

Maria Sônia Lopes da Silva

Andréa Maria Alves de Lucena

Wagner da Silva Oliveira

Embrapa Semiárido
Petrolina, PE
2009

Esta publicação está disponibilizada no endereço:
<http://www.cpatna.embrapa.br>

Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Semiárido

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina, PE

Fone: (87) 3862-1711 Fax: (87) 3862-1744

sac@cpatna.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Maria Auxiliadora Coelho de Lima

Secretário-Executivo: Josir Laine Aparecida Veschi

Membros: Daniel Terao

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Magna Soelma Bezerra de Moura

Lúcia Helena Piedade Kiill

Marcos Brandão Braga

Gislene Feitosa Brito Gama

Mizael Félix da Silva Neto

Supervisor editorial: Sidinei Anunciação Silva

Revisor de texto: Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Tratamento de ilustrações: Nivaldo Torres dos Santos

Foto(s) da capa: José Coelho de Araújo Filho

Edição eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição (2009): Formato 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 Semiárido

Uso atual e quantificação de áreas com vegetação degradada na margem do Rio São Francisco em municípios do Estado de Pernambuco; autores: Tony Jarbas Ferreira Cunha... [et al.]. – Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009.

40 p.: il. color. (Embrapa Semiárido. Documentos, 225).
ISSN 1808-9992.

1. Rio São Francisco. 2. Degradação ambiental. 3. Solo – uso agrícola. 4. Sensoriamento Remoto. I. Título. II. Tony Jarbas Ferreira Cunha.

CDD 333.9533

© Embrapa 2009

Autores

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, tony@cpatsa.embrapa.br

Iêdo Bezerra Sá

Engenheiro florestal, D.Sc. em Geoprocessamento, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, iedo@cpatsa.embrapa.br

Tatiana Ayako Taura

Engenheira cartógrafa, M.Sc. em Ciências Geodésicas, analista da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, tatiana.taura@cpatsa.embrapa.br

Ivan André Alvarez

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, ivan.alvarez@cpatsa.embrapa.br

Vanderlise Giongo Petreze

Engenheira agrônoma, D.Sc. em Ciências do Solo, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, vanderlise@cpatsa.embrapa.br

Manoel Batista de Oliveira Neto

Engenheiro agrônomo, M.Sc. em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Solos-UEP-Recife, neto@uep.cnps.embrapa.br

José Coelho de Araújo Filho

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Ciências Geoquímica e Geotectônica, pesquisador da Embrapa Solos-UEP Recife, coelho@uep.cnps.embrapa.br

Maria Sônia Lopes da Silva

Engenheira agrônoma, D.Sc. em Manejo de Solos, pesquisadora da Embrapa Solos-UEP Recife, sonia@uep.cnps.embrapa.br

Andréa Maria Alves de Lucena

Estagiária da Embrapa Semiárido.

Wagner da Silva Oliveira

Estagiário da Embrapa Semiárido

Apresentação

Um dos desafios para todos que desenvolvem atividades na área ambiental é o equacionamento da atividade produtiva com a geração de renda e o desenvolvimento sustentável, compatibilizando interesses ambientais, econômicos e sociais. A exploração econômica da terra, embora necessária, pode exercer pressão prejudicial e degenerativa sobre o ambiente, restringindo as possibilidades de utilizações futuras dos recursos naturais.

A exploração intensiva e extensiva das áreas de mata ciliar e a necessidade de recuperá-las trazem grandes desafios. Haja vista as dificuldades de conciliar a garantia do sustento das famílias ribeirinhas e de torná-las parte integrante do processo de reconstituição da mata ciliar.

O presente documento “Uso atual e quantificação de áreas com vegetação degradada na margem do Rio São Francisco em municípios do Estado de Pernambuco” avalia o uso atual das terras e quantifica as áreas degradadas, decorrentes do processo de ocupação da zona ripária do Rio São Francisco nos municípios pernambucanos de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista, com grande complexidade em virtude dos aspectos relativos aos sistemas de produção praticados e ao meio ambiente.

A abordagem, com uso integrado de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, permitiu subsidiar o planejamento do uso sustentável dos recursos disponíveis na área em questão, dada à possibilidade de dimensionar os espaços ocupados por diferentes coberturas vegetais e usos da terra, bem como sua distribuição geográfica com a perspectiva de atender uma demanda crescente sobre o comprometimento ambiental nas zonas ripárias e seu entorno, nesses municípios.

Natoniel Franklin de Melo
Chefe-Geral da Embrapa Semiárido

Sumário

Introdução	6
Caracterização da Área	11
Localização e Extensão Geográfica	11
Geologia e Material de Origem	12
Relevo	16
Clima	17
Vegetação	18
Solos	18
Metodologia	19
Resultados	23
Conclusões	33
Referências Bibliográficas	34
Anexos	36

Uso Atual e Quantificação de Áreas com Vegetação Degradada na Margem do Rio São Francisco em Municípios do Estado de Pernambuco

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Iêdo Bezerra Sá

Tatiana Ayako Taura

Ivan André Alvarez

Vanderlise Giongo Petrere

Manoel Batista de Oliveira Neto

José Coelho de Araújo Filho

Maria Sônia Lopes da Silva

Andréa Maria Alves de Lucena

Wagner da Silva Oliveira

Introdução

O estudo dos solos e ambientes que ocorrem na paisagem nordestina tem assumido indiscutível importância nestas últimas décadas. O acentuado progresso da ciência trouxe novos e fundamentais conhecimentos que permitiram, em poucos anos, entender e aprofundar extraordinariamente o estudo científico da pedologia, a partir dos conhecimentos sobre o meio ambiente.

Atualmente, o grande desafio é equacionar a atividade produtiva com a geração de renda e o desenvolvimento sustentável, compatibilizando interesses ambientais, econômicos e sociais. Para isso, o conhecimento dos recursos naturais é fundamental para qualquer etapa do planejamento e do desenvolvimento sustentável, já que proporciona informações referenciais que auxiliam na exploração racional destes recursos, principalmente do solo e da água (CALDERANO FILHO, 2003).

A paisagem do Submédio do Vale São Francisco tem, ao longo dos anos, passado por constantes alterações devido às atividades antrópicas, onde a vegetação original da Caatinga foi, gradativamente, eliminada pelo processo extrativista e parte convertida ao processo agrícola. Dessa maneira, muitas áreas sem aptidão ou de aptidão restrita para o uso agrícola são cultivadas, resultando em grande

risco de degradação pelo efeito da erosão atingindo inclusive a vegetação ciliar.

A exploração econômica da terra, embora necessária, pode exercer pressão prejudicial e degenerativa sobre o ambiente, restringindo as possibilidades de utilizações futuras dos recursos naturais. A degradação do recurso solo, na maioria das vezes, é provocada por ações humanas inadequadas sobre a base de recursos naturais. Em diversos locais da área de estudo, a permanência do solo desnudo (Figuras 1 e 2) por longos períodos favorece à erosão e o assoreamento do Rio São Francisco.

Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha



Figura 1. Área de solo desnudo; altamente degradada.

Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha



Figura 2. Área de vegetação ciliar completamente destruída e solos degradados.

A exploração agrícola e a pecuária inadequadas deixam marcas profundas na paisagem do Submédio do Vale São Francisco, onde o processo erosivo atinge grau avançado, ocasionando, em alguns locais, a remoção parcial da camada superficial do solo. Nas áreas de pastagens, muitas delas degradadas, observa-se atualmente vários focos de erosão (Figuras 3, 4 e 5).



Figura 3. Implantação inadequada de cultivos e pastagens às margens do Rio São Francisco, no Município de Petrolina, PE.



Figura 4. Implantação inadequada de pastagens às margens do Rio São Francisco, com completa retirada da mata ciliar, no Município de Lagoa Grande, PE.

Foto.: Tony Jarbas Ferreira Cunha



Figura 5. Processo erosivo, com a remoção parcial da camada superficial do solo, devido às atividades agrícola e pecuária inadequadas, às margens do Rio São Francisco, no Município de Santa Maria da Boa Vista, PE.

Além do mais, a reduzida cobertura vegetal da Caatinga e a utilização de práticas inadequadas de manejo do solo podem conduzir a região a uma situação bastante grave no que se refere à degradação ambiental com perda dos recursos solo, água e biodiversidade. Essas alterações na paisagem, em função de diferentes tipos e usos do solo, não foram acompanhadas de estudos que relatassem as mudanças provocadas ao longo do tempo na composição e estrutura dos elementos da paisagem.

O mau uso dos recursos solo, água e planta, de forma continuada, embora não tão visível, pode contribuir de forma expressiva, direta ou indiretamente, para a degradação ambiental. O manejo inadequado dos solos irrigado das várzeas do São Francisco, tem provocado a salinização de áreas importantes (Figura 6).



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 6. Área salinizada de Neossolo Flúvico pelo uso excessivo com o cultivo de cebola em sistema de bacias de inundação.

Os desmatamentos desordenados têm propiciado a erosão de terras podendo levar ao assoreamento de rios, riachos e reservatórios (SANTOS; ROMANO, 2005). A poluição do solo e/ou da água por fertilizantes e pesticidas pode afetar a fauna, flora e a saúde do homem. Indiretamente, também pode reduzir a fertilidade do solo, com consequências negativas sobre a produtividade das culturas e, por conseguinte, sobre a alimentação, saúde e renda dos trabalhadores.

A exploração intensiva e extensiva das áreas de mata ciliar e a necessidade de recuperá-las traz grandes desafios, haja vista as dificuldades de conciliar a garantia do sustento das famílias ribeirinhas e de torná-las parte integrante do processo de reconstituição da mata ciliar.

Assim sendo, o presente estudo teve como objetivo avaliar o uso atual das terras e quantificar as áreas degradadas, decorrentes do processo de ocupação da zona ripária do Rio São Francisco nos municípios pernambucanos de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista, com grande complexidade em virtude dos aspectos relativos aos sistemas de produção praticados e ao meio ambiente. A abordagem, com uso integrado de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e

geoprocessamento, permite subsidiar o planejamento do uso sustentável dos recursos disponíveis na área em questão, dada à possibilidade de dimensionar os espaços ocupados por diferentes coberturas vegetais e usos da terra, bem como sua distribuição geográfica. A perspectiva é atender uma demanda crescente sobre o comprometimento ambiental nas zonas ripárias e seu entorno, nesses municípios.

Caracterização da Área

Localização e extensão geográfica

A área de estudo possui, aproximadamente, 222.219,53 hectares de extensão e sua posição geográfica corresponde a $9^{\circ} 26' 35''$ e $8^{\circ} 34' 16''$ de latitude sul e $40^{\circ} 45' 06''$ e $39^{\circ} 37' 21''$ de longitude a oeste de Greenwich (Figura 7).

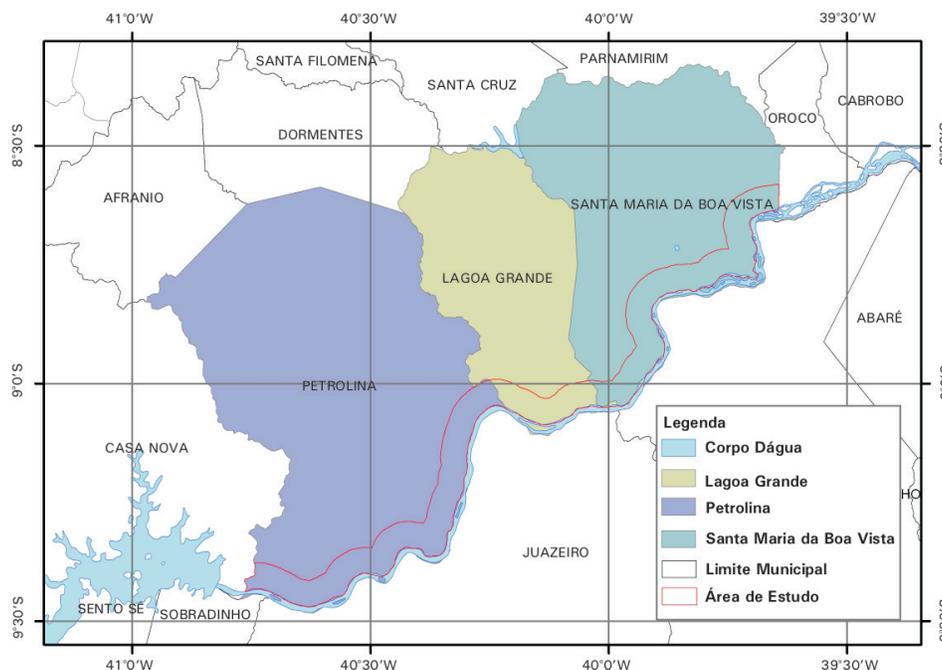


Figura 7. Área de estudo.

Os Municípios de Petrolina, PE, Lagoa Grande, PE e Santa Maria da Boa Vista, PE estão inseridos no Submédio do Vale São Francisco. A região é composta pelas sub-bacias dos rios Pontal, Garças, Brígida, Pajéu, Moxotó e Xingó, situados na margem esquerda (Figura 8). A população em toda região é de aproximadamente 2 milhões de habitantes (CODEVASF, 1999).

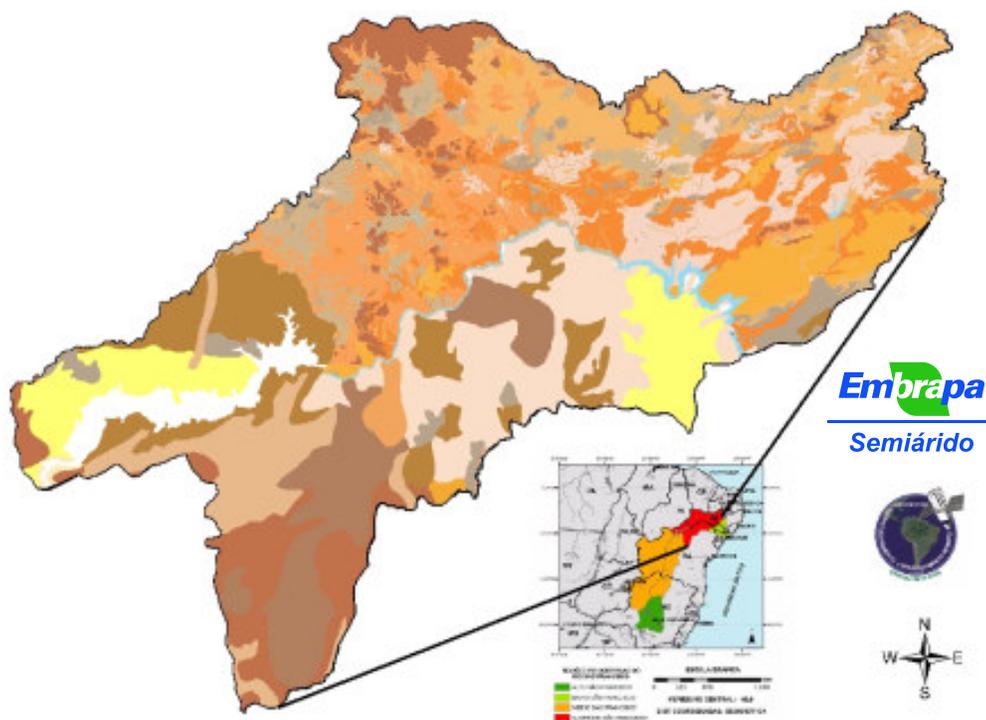


Figura 8. Mapa esquemático da localização do Submédio São Francisco.

Geologia e material de origem

Nos municípios estudados, a geologia e o material originário exercem papel de grande importância na formação dos solos em função da grande variação litológica da região. Segundo Brasil (1974), ocorrem áreas do cristalino com predomínio de gnaisses, granitos, migmatitos e xistos, e áreas do cristalino recoberto por materiais mais ou menos arenosos e áreas sedimentares recentes de depósitos fluviais quaternários (Figuras 9, 10, 11 e 12).



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 9. Rochas do cristalino (Granito/Gnaiss).



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 10. Área em ambiente de rochas do cristalino (Granito/Gnaiss).

Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha



Figura 11. Áreas do cristalino recoberto por materiais mais ou menos arenosos.

Foto: Iêdo Bezerra Sá



Figura 12. Áreas sedimentares recentes de depósitos fluviais.

Os xistos e gnaisses micáceos contêm intercalações de quartzitos e calcários cristalinos. Os xistos são compostos por muscovita-biotita-estaurolita-xistos granatíferos, quartzo-micaxisto, clorita-biotita-xistos granatíferos e sericita-clorita-xisto. Os gnaisses são placosos ou em bancos de cor que varia de cinza-claro a cinza-avermelhado, constituídos de quartzo, plagioclásio, muscovita e mais raramente biotita e granada (BURGOS; CAVALCANTI, 1990). Na área em estudo, ocorrem materiais relacionados ao Pré-Cambriano com cobertura pedimentar, constituída por materiais arenosos, areno-argilosos, argilo-arenosos e material macroclástico, principalmente concreções ferruginosas e seixos de quartzo.

É encontrada também, com certa frequência, pedregosidade superficial constituindo um “pavimento desértico” de calhaus e cascalhos de quartzo e quartzito, muitos já bastante ferruginizados, e concreções de ferro, onde ocorrem os Luvisolos Crômicos (Figura 13). São comuns os afloramentos de quartzo branco-leitoso e também afloramentos de micaxistos cinzento-oliváceo, porém, sem grande representatividade.



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 13. Pedregosidade superficial constituindo um “pavimento desértico” de calhaus e cascalhos de quartzo e quartzito.

Relevo

A região estudada caracteriza-se por apresentar relevo plano a ondulado com vales muito abertos (Figuras 14 e 15). Esta característica deve-se à menor resistência à erosão dos xistos, onde sobressaem formas abauladas esculpidas em rochas graníticas e gnáissica.



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 14. Vista da área com relevo plano e suave ondulado - Município de Petrolina, PE.



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 15. Vista da área com relevo ondulado à frente e plano e suave ondulado ao fundo - Município de Lagoa Grande, PE.

A maior parte da região estudada está inserida na Depressão Sertaneja, que constitui uma superfície de pediplanação - depressão periférica do São Francisco - na qual ocorrem cristas e outeiros residuais (JACOMINE et al., 1973). Não são observados grandes inselbergues, sendo as fases mais movimentadas do relevo observadas em encostas onde a formação geológica parece ser mais rica em quartzo e quartzito, mais resistentes à erosão (BURGOS; CAVALCANTI, 1990) (Figura 16).



Foto.: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 16. Vista da área com cristas residuais e solos com horizonte B plânico altamente degradado no sopé das encostas, Município de Santa Maria da Boa Vista, PE.

Clima

O clima predominante da região é o semiárido, com temperatura média anual de 27 °C, que na Classificação Climática de Köppen-geiger é do tipo BSw^h. Em função das características de clima e temperatura associadas a localização geográfica intertropical e a limpidez atmosférica na maior parte do ano, a evapotranspiração potencial é muito alta, sobretudo na parte norte do Vale, sendo da ordem de 3.000 mm anuais (BURGOS; CAVALCANTI, 1990). Também é alta a insolação e baixa a umidade relativa do ar. O período seco é predominante, com cerca de 6 a 8 meses, podendo atingir até 11 meses nas áreas de maior aridez. A precipitação pluviométrica média anual é da ordem de 400 mm a 650 mm (CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1989), que ocorre de forma irregular e concentrada em 2 a 3 meses do ano — novembro, dezembro e janeiro — podendo ocorrer chuvas intensas — 120 mm a 130 mm — num período de 24 horas.

Vegetação

A vegetação de Caatinga, predominante em toda a área de estudo, é constituída por formações xerófilas, lenhosas, decíduais, normalmente espinhosas, com presença de plantas suculentas, tanto com padrão arbóreo como arbustivo, pouco densa a densa e com estrato herbáceo estacional (ANDRADE-LIMA, 1992). O porte mais elevado é definido pelas braúnas (*Schinopsis brasiliensis*), que podem alcançar até 20 m de altura. Também podem ser encontradas espécies de porte significativo como a faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus*), imbirassu (*Psudobombax simplicifolium*), aroeira (*Astronium urundeuva*) e imburana-de-cambão (*Bursera leptophloeos*).

A espécie de maior predominância na região é a jurema-preta (*Mimosa hostilis*), seguida pelo caroá (*Neoglaziovia variegata*), quebra-faca (*Cróton* sp), mororó (*Bauhinia cheilantha*), pinhão brabo (*Jatropha pohliana*) (BURGOS; CAVALCANTI, 1990).

Entre as cactáceas são encontradas espécies como o xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), palmatória-de-espinho (*Opuntia palmadora*), coroa de frade (*Melocactus bahiensis*), rabo-de-raposa (*Arrojadoa rhodantha*), mandacarus (*Cereus jamacaru*), facheiros (*Pilosocereus pachycladus*) e quipás (*Opuntia inamoena*). Nos locais onde predomina o jericó (*Selaginella convoluta*), ocorrem solos sem pedregosidade superficial. Em áreas abaciadas e passíveis de alagamento em alguns meses do ano, relacionadas com os Vertissolos Hidromórficos onde a vegetação é menos densa, ocorrem espécies esparsas como o “alagadiço”, “jurema-preta” e “unha-de-gato”, ambas do gênero *Mimosa* (BURGOS; CAVALCANTI, 1990).

Solos

Na área de estudo foram observados solos pertencentes a diversas classes, podendo-se encontrar desde solos jovens — Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Regolíticos, Cambissolos, Luvisolos, Planossolos, Neossolos e Cambissolos Flúvicos e Vertissolos — a solos muito evoluídos — Latossolos, Argissolos, Plintossolos. A cobertura pedológica na área de estudo está intimamente relacionada com o clima, material de origem, vegetação e o relevo. Os Luvisolos, Planossolos e os Argissolos abrupto são altamente suscetíveis aos processos erosivos, principalmente quando manejados sem práticas conservacionistas.

Metodologia

Os classificadores por regiões foram divididos em fases, ou seja, segmentação, extração de regiões, classificação e mapeamento, conforme esquema apresentado na Figura 17.

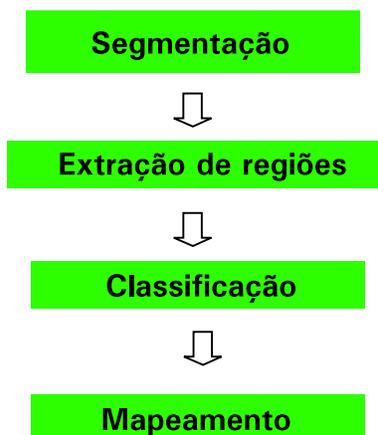


Figura 17. Esquema metodológico da classificação por regiões.

A segmentação é uma técnica em que somente as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas, segundo algum critério de similaridade (INPE, 2008). Para cada região, o segmentador calculou os seguintes atributos espectrais: média, variância e textura. Na etapa seguinte foi realizada a extração de regiões, conforme Bins et al. (1996), que consistiu em extrair alguns parâmetros de polígono, como posicionamento, média de níveis de cinza e matriz de covariância, parâmetros estes utilizados na classificação.

A classificação consistiu em identificar e rotular, como uma classe, os polígonos que apresentam mesma similaridade de níveis de cinza. Para cada classe, o algoritmo atribui uma cor específica. Utilizou-se o classificador Isoleg que se trata de um algoritmo de dados não supervisionado, aplicado sobre o conjunto de regiões que foram caracterizadas por seus atributos estatísticos — média e matriz de covariância — ou seja, a partir de uma medida de similaridade entre elas. A

medida de similaridade consistiu na distância de Mahalanobis — Equação 1 — que envolve informações da classe e regiões candidata a pertencê-la. O algoritmo resume-se em três etapas: definição de limiar, detecção das classes e competição entre classes. Ao término, todas as regiões foram associadas a uma classe definida pelo algoritmo. Por fim, as classes foram associadas aos temas definidos.

$$\text{Equação 1: } D = \frac{1}{2} (X - M_i)^T C_i^{-1} (X - M_j)$$

Onde T é a matriz transposta; C_i , matriz covariância; M_i , o vetor média da classe j e X, a região que está sendo analisada.

A técnica utilizada foi a classificação de imagens digitais que procura agrupar pixels com características espectrais similares em classes de uso da terra. Foi utilizada a classificação supervisionada e a não supervisionada. Ambas possuem regras de decisão para que o classificador associe determinado pixel a determinada classe ou regiões de similaridade de níveis radiométricos. Essas regiões são baseadas nas características espectrais do pixel — pixel a pixel — ou do pixel e seus vizinhos — classificação por região.

Optou-se por empregar a técnica de classificação por regiões que utiliza, além da informação espectral do pixel, utiliza também a informação espectral de seus vizinhos em um recorte da área de estudo, e verificar a viabilidade da metodologia para a construção do mapa de uso atual do solo. Os procedimentos utilizados na classificação supervisionada e não supervisionada basearam-se unicamente em seus atributos espectrais, além da subjetividade envolvida na etapa de testes que foi feita segundo critérios estabelecidos por Moreira (2007). A segmentação de imagem foi um procedimento adotado antes da fase de classificação para tentar solucionar a subjetividade na aquisição durante os testes.

Os testes com imagens foram realizados no SPRING 4.3.3 (Sistema de Processamento de Informações Geográficas) que possui o módulo de processamento de imagens com algoritmos de segmentação e integra formatos raster e vetorial no mesmo ambiente.

Foram utilizadas imagens do sensor Landsat 5 TM, referentes à órbita/ponto 217/65 e 217/66, com a data de passagem do dia 22 de janeiro de 2007. Realizou-se a composição colorida a partir das bandas 3, 4 e 5 para o experimento de classificação por regiões. A escala de trabalho utilizada foi de 1:100.000.

A técnica de crescimento de regiões é um processo de segmentação de imagens interativo pelo qual pixels vão sendo agrupados, formando regiões. Estas regiões podem crescer interativamente até que todos os pixels tenham sido processados (BINS et al., 1996). Para iniciar o processo, foram utilizados dois limiares: similaridade e área mínima. O limiar de similaridade foi estabelecido como o valor mínimo abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma única região. Se a diferença entre o valor do pixel e a média da região vizinha foi maior que o valor de similaridade definido, o pixel não foi agrupado àquela região. O limiar de área definiu o número mínimo de pixels necessários para que uma área fosse individualizada. Utilizou-se na classificação o limiar de similaridade 6 pixels e área de 20 pixels. Optou-se por estes limiares pela limitação computacional dada a quantidade de bandas espectrais selecionadas — três bandas, RGB 345 — para o processo de segmentação, que não permitiu um menor valor de limiar de similaridade, de forma que a segmentação não foi completada pelo sistema.

Já os limiares de valores mais altos não particionaram as classes espectrais semelhantes de forma adequada, pois algumas classes distintas foram englobadas em uma mesma região.

A definição das classes presentes na legenda dos mapas foi feita com base na interpretação visual das imagens e entrevista com especialistas em recuperação de áreas degradadas que informaram quais detalhes iriam compor o mapa. Foram classificadas em duas grandes classes: área degradada e área não degradada. As áreas não degradadas, compreendem neste estudo, os ambientes de vegetação natural preservados e sem interferência antrópica, principalmente com cultivos.

As áreas degradadas, compreendem os ambientes sob influência do homem, com retirada da vegetação original — seja a mata ciliar ou a caatinga — e exploradas com cultivos e pastagens, ocupadas com cidades e vilas, e áreas antropizadas.

Para todos os municípios estudados, nas classes de áreas não degradadas e degradadas, as subclasses são definidas conforme abaixo:

Áreas não degradadas

Caatinga arbustiva: refere-se à vegetação lenhosa de porte que varia entre 2 m a 3,5 m de altura.

Caatinga subarbustiva: refere-se à vegetação lenhosa de porte que varia entre 0,5 m a 2 m. As densidades dos indivíduos no espaço geográfico variam de densa ($> 80\%$), semidensa ($> 50 < 80\%$), aberta ($> 30 < 50\%$) e rala ($< 30\%$).

Corpo d'água: foram considerados, lagoas, represas e rios perenes ou perenizados.

Áreas degradadas

Áreas antropizadas: esta área, considerada a de maior importância para as questões relacionadas à degradação do Rio São Francisco, compreende ambientes relacionados à calha fluvial onde ocorrem os Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos e Vertissolos em áreas de lagoas. Também foram consideradas áreas irrigadas, que correspondem às áreas ocupadas em parte pelos perímetros de irrigação implantados pela Codevasf ou em propriedades privadas de maior porte, onde se pratica uma agricultura tecnicamente assistida e relativamente bem orientada. Também, neste ambiente, a vegetação ciliar em algumas propriedades ocorre associada à pequena irrigação, correspondendo à presença da vegetação ciliar consorciada com pequenas áreas irrigadas de culturas temporárias que utilizam como fonte hídrica a água contida nos aluviões dos leitos secos dos rios da região ou as águas superficiais neles represadas em pequenas lagoas ou represas.

Na definição desta área foram considerados os ambientes onde a vegetação ciliar foi retirada completamente das margens do rio e os solos encontram-se altamente degradados e salinizados pelo uso agrícola. Foi também considerada a presença de chácaras, muitas das quais não preservaram a mata ciliar. Neste ambiente, a irrigação, em geral, está associada a áreas pouco produtivas devido ao manejo inadequado dos

solos, caracterizando-se, de modo geral, pela irrigação praticada por pequenos agricultores em extensas áreas descontínuas ao longo das margens do Rio São Francisco. Nelas, ocorre com grande frequência a presença de solos degradados por salinização, ocasionada sobretudo pela ausência de sistemas adequados de drenagem das águas. Devido à ausência de um cadastro de imóveis rurais da região que fosse capaz de identificar as exceções dessa classe, também foram incluídas algumas empresas rurais que praticam uma irrigação de alta tecnologia e que não puderam ser individualizadas por estarem inseridas numa mesma região geográfica. Em muitas destas, a vegetação ciliar foi completamente retirada para cultivos de videira e mangueira. Consideraram-se, também, áreas de solo exposto que correspondem as áreas degradadas, improdutivas, não caracterizadas como desmatamentos ou solo em pousio.

Área de influência urbana: foram consideradas áreas onde estão localizadas as cidades, complexos industriais, aeroportos e vilarejos mais importantes da região.

Cultivos: áreas utilizadas com lavouras, tanto em condições de sequeiro como irrigada, com os mais diversos tipos de cultivos. Áreas relacionadas principalmente a assentamentos rurais. Também foram consideradas áreas de exploração agrícola, não caracterizada pelo uso intensivo da irrigação, que pode ser eventualmente utilizada.

Pastagem natural: refere-se à vegetação de porte baixo, até 0,5 m de altura, em que predomina o extrato herbáceo, formado por gramíneas nativas do Semiárido, a exemplo do capim-panasco, algumas leguminosas e também mandioca (Euphorbiaceas).

Após definição dos parâmetros de classificação, utilizou-se o software Spring, o qual possui o módulo de segmentação que realiza automaticamente essas etapas.

Resultados

Para os três municípios na classe de áreas não degradadas foram identificados dois tipos de vegetação: a Caatinga Arbustiva e a Caatinga Subarbustiva. Segundo Morán et al. (1994) e Watrin et al. (1996), a

individualização das classes de cobertura vegetal é proporcionada pelo sombreamento interno promovido por suas diferenças estruturais, tais como a formação de estratos e altura do dossel. Tal comportamento permite que haja individualização da Caatinga Arbustiva e Subarbustiva, desde que apresentem, também, uma taxa de sombreamento diferenciado.

Na Tabela 1 pode-se observar a distribuição das áreas para o Município de Petrolina, PE.

Tabela 1. Classes e quantificação de áreas degradadas e não degradadas na área de estudo no Município de Petrolina, PE.

Classe	Área (ha)	% da Área Estudada
Áreas não degradadas		
Caatinga Arbustiva	72.844,38	49,76
Caatinga Subarbustiva	10.732,69	7,33
Corpo d'Água	19.657,11	13,42
Total 1	103.234,18	70,51
Áreas degradadas		
Área Antropizada	17.479,39	11,94
Área de Influência Urbana	4.797,92	3,28
Cultivos	19.366,51	13,23
Pastagem Natural	1.520,22	1,04
Total 2	33.164,55	29,49
Total geral (1 + 2)	136.398,73	100

Em relação às áreas não degradadas, a Caatinga Arbustiva apresenta a maior área, perfazendo 49,76% da área total estudada. Por outro lado, a Caatinga Subarbustiva perfaz 7,33% da área total.

No que diz respeito às áreas degradadas, a maior parte está dominada pela exploração agrícola, com cultivos diversos. Nesta subclasse, a vegetação original foi completamente retirada, sendo substituída por cultivos de videira, mangueira, coqueiro, bananeira, goiabeira, aceroleira e hortaliças diversas, perfazendo 13,23% da área de estudo. Já a área sob influência

antrópica, a de maior importância para as questões relacionadas à degradação da mata ciliar, compreende 11,94% da área total do estudo. Nesta subclasse, foram observados solos altamente degradados - salinizados, decapitados e grandes ambientes abandonados, pois já não são adequados ao uso. Observou-se que toda a vegetação ciliar foi praticamente retirada para dar lugar a áreas de cultivos e de pastagem - exploração animal. Em muitas destas áreas, a vegetação formada de algaroba tem sido a mais resistente para suportar a salinização dos Neossolos e Cambissolos flúvicos que margeiam todo o rio ao longo do Município de Petrolina, PE.

As áreas de influência urbana relacionadas às cidades, vilas, indústrias, chácaras, etc., perfazem 3,28% da área de estudo. Já a pastagem natural, áreas de campos nativos perfaz 1,04% da área. A área de corpo d'água representa 13,42% da área total estudada para o Município de Petrolina, que perfaz um total de 136.398,73 ha.

Nas Figuras 18, 19 e 20, pode-se observar o aspecto de degradação da mata ciliar e solos salinizados no Município de Petrolina, PE.



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 18. Ambiente de Neossolos e Cambissolos Flúvicos altamente degradados pelo uso agrícola. Solos altamente salinizados.



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 19. Ambiente de Neossolos Flúvicos altamente degradado pela retirada da vegetação ciliar. Observam-se os desbarrancamentos que contribuem para o aumento do assoreamento do rio.



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 20. Ambiente de Neossolos Flúvicos altamente degradados pela retirada da vegetação ciliar e salinizado pelo cultivo. Observa-se a exploração agrícola em área prevista pela legislação ambiental para manutenção da mata ciliar.

Na Tabela 2, pode-se observar a distribuição das áreas para o Município de Lagoa Grande, PE.

Tabela 2. Classes e quantificação de áreas degradadas e não degradadas na área de estudo no Município de Lagoa Grande, PE.

Classe	Área (ha)	% da Área Estudada
Áreas não degradadas		
Caatinga Arbustiva	8.681,06	45,66
Caatinga Subarbustiva	937,85	7,33
Corpo d'Água	2.845,03	15,29
Total 1	12.463,94	68,28
Áreas degradadas		
Área Antropizada	3.182,14	16,74
Área de Influência Urbana	53,76	0,28
Cultivos	3.035,08	13,23
Pastagem Natural	278,66	1,47
Total 2	6.549,64	31,72
Total geral (1 + 2)	19.013,58	100

Para o Município de Lagoa Grande, PE, no que diz respeito às áreas não degradadas, a Caatinga Arbustiva apresenta a maior área, perfazendo 45,66% da área total estudada neste município, onde a Caatinga Subarbustiva perfaz 7,33% da área total estudada.

No que diz respeito às áreas degradadas, a maior parte é de área sob influência antrópica, a de maior importância para as questões relacionadas à degradação da mata ciliar, compreendendo 16,74% da área total do estudo. Nesta subclasse, foram observados solos altamente degradados - salinizados, decapitados e grandes ambientes abandonados, pois já não mais se prestam ao uso. Observou-se que a vegetação ciliar foi praticamente retirada, e substituída por cultivos e áreas de exploração animal. Áreas de plantios antigos de cebola foram abandonadas devido à salinização e, em muitas destas áreas, a vegetação de algaroba tem sido a mais resistente para suportar a salinização dos Neossolos e Cambissolos Flúvicos que margeiam todo o rio ao longo do município.

As áreas de exploração agrícola, com cultivos diversos vêm em seguida, representando 13,23% da área de estudo. Nesta subclasse, a vegetação original foi completamente retirada dando lugar a cultivos de videira, mangueira, coqueiro, bananeira, goiabeira, aceroleira, hortaliças diversas, entre outras. A área de influência urbana relacionada à cidade, vilas, indústrias, chácaras, etc., perfaz 0,28% da área de estudo. Já a pastagem natural - áreas de campos nativos - perfaz 1,47% da área. A área de corpo d'água representa 15,29% da área total estudada que foi para o Município de Lagoa Grande, PE de 19.013,58 ha.

Nas Figuras 21 e 22, podem-se observar o aspecto de degradação da mata ciliar e solos salinizados no Município de Lagoa Grande, PE.



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 21. Ambiente de Neossolos Flúvicos altamente degradados pela retirada da vegetação.



Foto.: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 22. Ambiente de Neossolos Flúvicos altamente degradado pela retirada da vegetação.

Na Tabela 3, pode-se observar a distribuição das áreas no Município de Santa Maria da Boa Vista, PE.

Tabela 3. Classes e quantificação de áreas degradadas e não degradadas na área de estudo no Município de Santa Maria da Boa Vista, PE.

Classe	Área (ha)	% da Área Estudada
Áreas não degradadas		
Caatinga Arbustiva	30.620,19	53,90
Caatinga Subarbustiva	4.369,28	7,69
Corpo d' Água	6.400,38	11,27
Total 1	41.389,85	72,86
Áreas degradadas		
Área Antropizada	8.886,30	15,64
Área de Influência Urbana	192,36	0,34
Cultivos	6.335,54	11,15
Pastagem Natural	3,66	0,01
Total 2	15.417,86	27,14
Total geral (1 + 2)	56.807,71	100

Para o Município de Santa Maria da Boa Vista, PE, no que diz respeito às áreas não degradadas, a Caatinga Arbustiva apresenta a maior área, perfazendo 53,90% da área total estudada. Neste município, a Caatinga Subarbustiva perfaz 7,69% da área total estudada.

No que diz respeito às áreas degradadas, a maior parte é formada por áreas antropizadas e bastante degradada, com cultivos diversos. Nesta subclasse, a vegetação original foi completamente retirada dando lugar a cultivos de videira, mangueira, coqueiro, bananeira, goiabeira, aceroleira, hortaliças diversas, chácaras, etc., perfazendo 15,64% da área de estudo. Já a área sob influência de cultivos – projetos de irrigação, assentamentos, etc. – compreende 11,15% da área total do estudo. Observou-se que toda a vegetação ciliar foi praticamente retirada para dar lugar a áreas de cultivos e de exploração animal. Em muitas destas áreas, a vegetação de algaroba tem sido a mais resistente para suportar a salinização dos Neossolos e Cambissolos Flúvicos que margeiam todo o rio ao longo do município. O Município de Santa Maria da Boa Vista, PE, destacou-se dos demais como o que apresenta o maior estado de degradação dos solos e da mata ciliar. Neste município, foi verificada a presença de solos altamente degradados, truncados, onde o horizonte superficial foi completamente removido por processos erosivos. Estes solos foram observados margeando o Rio São Francisco, de forma que a contribuição destas áreas para o assoreamento do referido rio é bastante significativa.

Nas Figuras 23, 24 e 25 pode-se observar o aspecto de degradação da mata ciliar e solos salinizados no Município de Santa Maria da Boa Vista, PE.



Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha

Figura 23. Ambiente de Neossolos Flúvicos altamente degradados pela retirada da vegetação e exploração irracional do solo.

Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha



Figura 24. Ambiente de Neossolos Flúvicos altamente degradados pela retirada da vegetação. Observa-se o rio ao fundo.

Foto: Tony Jarbas Ferreira Cunha



Figura 25. Ambiente de Neossolos Flúvicos altamente degradados pela retirada da vegetação e mau uso do solo.

A área de influência urbana relacionada às cidades, vilas, indústrias, chácaras, etc., perfaz 0,34% da área de estudo. Já a pastagem natural – áreas de campos nativos – perfaz 0,01% da área estudada. Área de corpo d'água representa 11,27% da área total estudada que foi para o Município de Santa Maria da Boa Vista, PE, de 56.807,71 ha.

Verificou-se neste estudo, proporcionalmente à área total estudada em cada município, que o percentual de áreas degradadas no Município de Lagoa Grande, PE foi o mais elevado com 31,72%, seguido pelo Município de Petrolina, PE, com 29,49% e Santa Maria da Boa Vista, PE com 27,14%. Nos municípios de Petrolina e Lagoa Grande a área sob cultivo apresentou proporções semelhantes, 13,23% em relação à área total estudada. Já no Município de Santa Maria da Boa Vista as áreas com cultivos representaram 11,15%. Provavelmente, este comportamento esteja ligado à maior presença de empresas agrícolas ligadas à produção de uvas, muito ocorrente nos dois municípios.

Em relação à área antropizada, a de maior importância neste estudo para as questões relacionadas à degradação da mata ciliar, observou-se que o Município de Petrolina, PE apresentou a menor proporção (11,94%), seguido pelo Município de Santa Maria da Boa Vista, PE (15,64%) e Lagoa Grande, PE (16,74%). A presença de chácaras, assentamentos e empresas agrícolas em Petrolina e Lagoa Grande, provavelmente sejam os responsáveis por este comportamento.

De modo geral, pode-se dizer que nos três municípios, praticamente toda a vegetação ciliar foi retirada, e que a grande maioria dos solos relacionados aos sedimentos fluviais encontra-se com elevado grau de salinização e degradação. Muitos já estão improdutivos e devido ao elevado nível de salinização, as espécies nativas não conseguem se regenerar, cedendo lugar a plantas invasoras com é o caso da algaroba. As áreas que por normas legais não poderiam ter sido desmatadas – toda a área de vegetação ciliar e áreas impróprias para a agricultura, etc. – devem ser recuperadas por meio da regeneração natural ou de incentivos de políticas públicas.

A degradação ambiental da zona ripária do Rio São Francisco nos municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista, em Pernambuco, não deixa dúvidas de que a falta de conhecimento por parte dos ribeirinhos de práticas de manejo conservacionistas, baixo controle e fiscalização dos órgãos competentes, são fatores decisivos no aumento

dos desmatamentos e queimadas da vegetação ciliar, cujo ritmo se modifica claramente em função dos processos de ocupação — sejam em assentamentos ou projetos agrícolas — e organização de atividades, respaldados por políticas públicas e projetos governamentais. Compreender a situação atual destes processos de ocupação espacial tem enorme valor, que se amplia ao fornecer bases sólidas para atender uma demanda crescente sobre o comportamento ambiental na zona ripária e áreas adjacentes nos municípios estudados.

Conclusões

- O Município de Lagoa Grande, PE apresentou maior proporção percentual de áreas degradadas (31,72%), seguido pelo Município de Petrolina, PE com 29,49% e Santa Maria da Boa Vista com 27,14%.
- Nos municípios de Petrolina, PE e Lagoa Grande, PE a área sob cultivo apresentou proporções semelhantes, 13,23% em relação à área total estudada. No Município de Santa Maria da Boa Vista, PE as áreas sob cultivos representaram 11,15%.
- Em relação à área antropizada o Município de Petrolina, PE apresentou a menor proporção (11,94%), seguido pelo Município de Santa Maria da Boa Vista, PE (15,64%) e Lagoa Grande, PE (16,74%).
- O uso atual das terras, nos três municípios, está relacionado à presença de áreas antropizadas, áreas de influência urbana, áreas sob cultivos e áreas sob pastagem natural.
- Na sua maioria, todas as áreas de sedimentos aluvionares ocupadas com sistemas agropecuários, nos três municípios estudados — áreas antropizadas — evidenciam sérios problemas de salinização e perda da camada superficial do solo, sendo o Município de Santa Maria da Boa Vista, PE o que apresentou os maiores problemas ambientais. Os desmatamentos e as práticas inadequadas de uso dos recursos florestais da mata ciliar nos municípios estudados, retratam o modo de ocupação caracterizado pela contínua incorporação de recursos naturais.

- O conhecimento do uso da terra nos municípios estudados permitiu detectar a existência de forte pressão sobre as áreas de vegetação ciliar, bem como em áreas de vegetação primária, para a implantação de projetos agrícolas, assentamentos rurais e implantação de chácaras, estimulando a degradação dos solos e vegetação, cujo fenômeno está ligado à ausência de um manejo adequado e respeito à legislação ambiental. A conversão de áreas ocupadas com sistemas agropecuários para áreas de vegetação ciliar exige a implementação de políticas públicas direcionadas para a recuperação das áreas ribeirinhas degradadas, incluindo a preocupação com a relocação de produtores e/ou empresas agrícolas ou incentivos à mudança no uso das terras que margeiam o Rio São Francisco.

Referências

ANDRADE- LIMA, D. O. **O domínio das caatingas**. Recife: UFRPE, 1992. 48 p.

BINS, L. S.; FONSECA, L. M. G.; ERTHAL, G. J.; MITSUO II, F. Satellite imagery segmentation: region Growing approach. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério do Interior. **Mapa geológico**. Brasília, DF: Sudene - Divisão de Solos, 1974. 1 mapa. Escala 1:25.000.000.

BURGOS, N.; CALVACANTI, A. C. **Levantamento detalhado de solos da área de sequeiro do CPATSA, Petrolina-PE**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS; Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1990. 145 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 38).

CALDERANO FILHO, B. **Visão sistêmica como subsídios para o planejamento ambiental da microbacia do Córrego Fonseca**. 2003. 240 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro.

CODEVASF. **Inventário de projetos**. 3. ed. rev. atual. Brasília, DF, 1999. 223 p.

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 22., 1989, Recife. **Guia de excursão...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: EMBRAPA-SNLCS-Frente Regional Nordeste, 1989. 72 p.

INPE. **SPRING**: manual do usuário: 1996. Disponível em: <www.inpe.br/spring>. Acesso em: 15 set. 2008.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.;
SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do Estado
de Pernambuco. Recife: SUDENE-DRN, 1973. (SUDENE. Pedologia, 14; DNPEA.
Boletim Técnico, 26).

MORÁN, E. F.; BRONDÍZIO, E. S.; MAUSEL, P. Secondary succession. **Research &
Exploration, Kingwood**, v. 10, n. 4, p. 458-476, 1994.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de
aplicação**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2007.

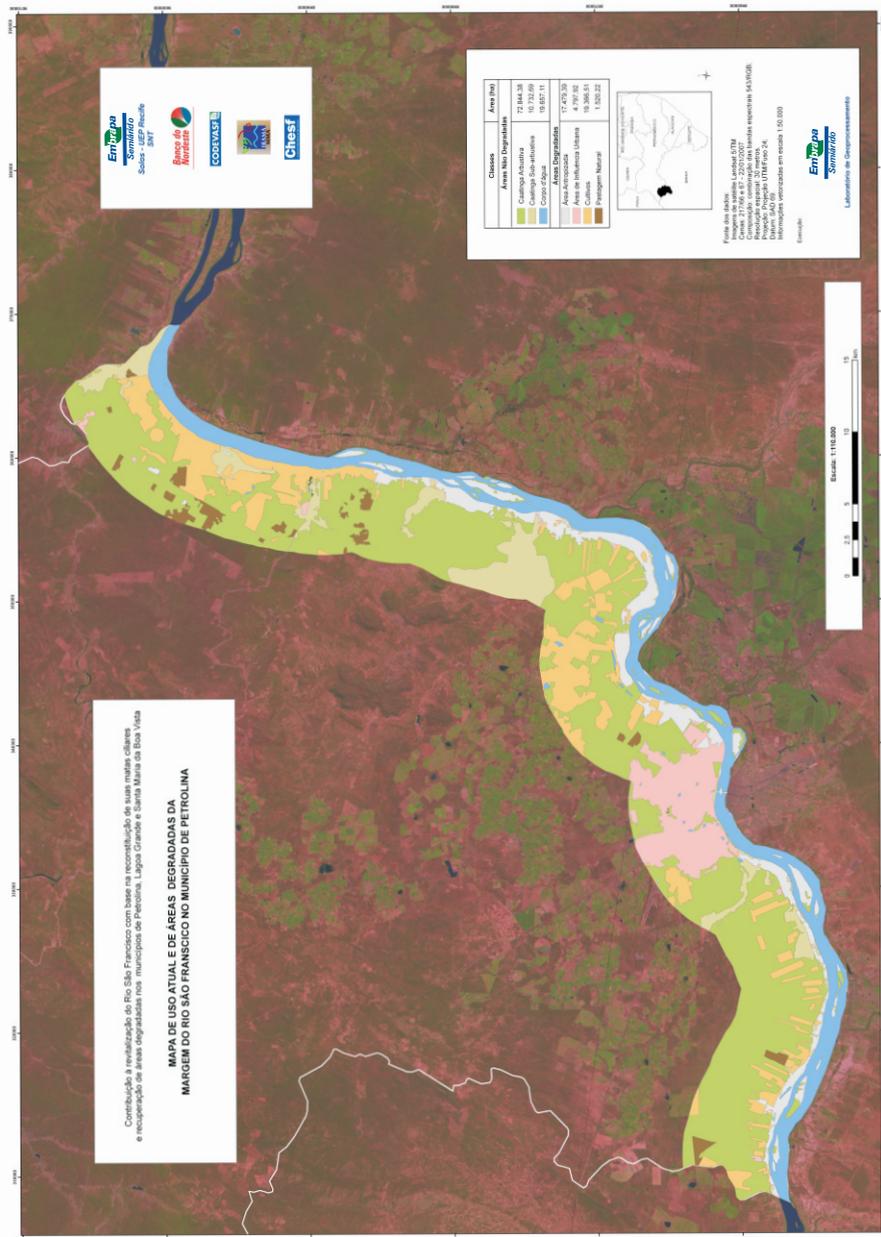
SANTOS, D. G. dos; ROMANO, P. A.. Conservação da água e do solo e gestão
integrada dos recursos hídricos. **Revista Política Agrícola**, Brasília, DF, n. 2, abr./
mai./jun., p. 51, 2005.

WATRIN, O. dos S.; SANTOS, J. R.; VALÉRIO FILHO, M. Análise da dinâmica na
paisagem do Nordeste paraense através de técnicas de geoprocessamento. In:
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...**
São José dos Campos: INPE, 1996. 1 CD-ROM.

Anexos

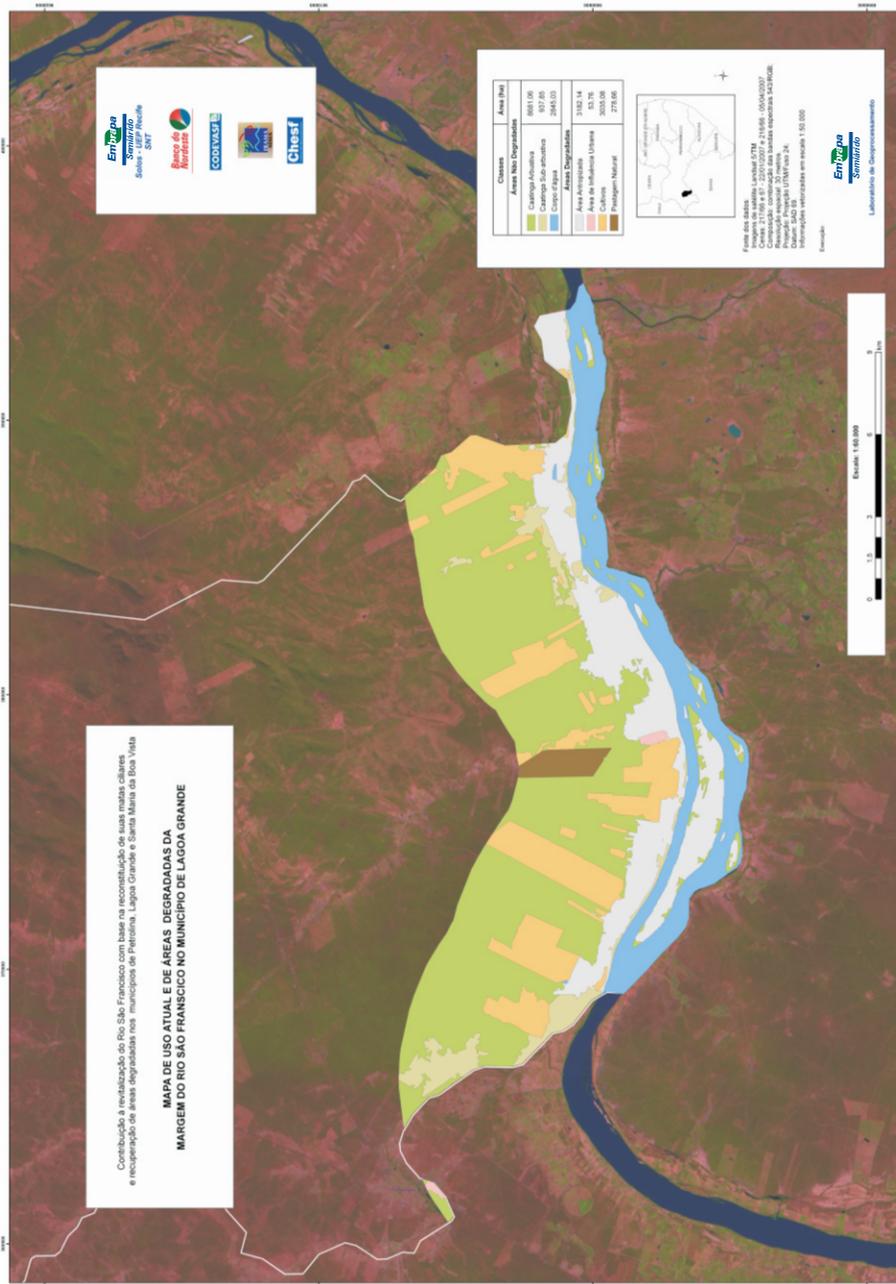
Anexo A

Mapa de uso atual e quantificação das áreas degradadas do Município de Petrolina (1:310.000).



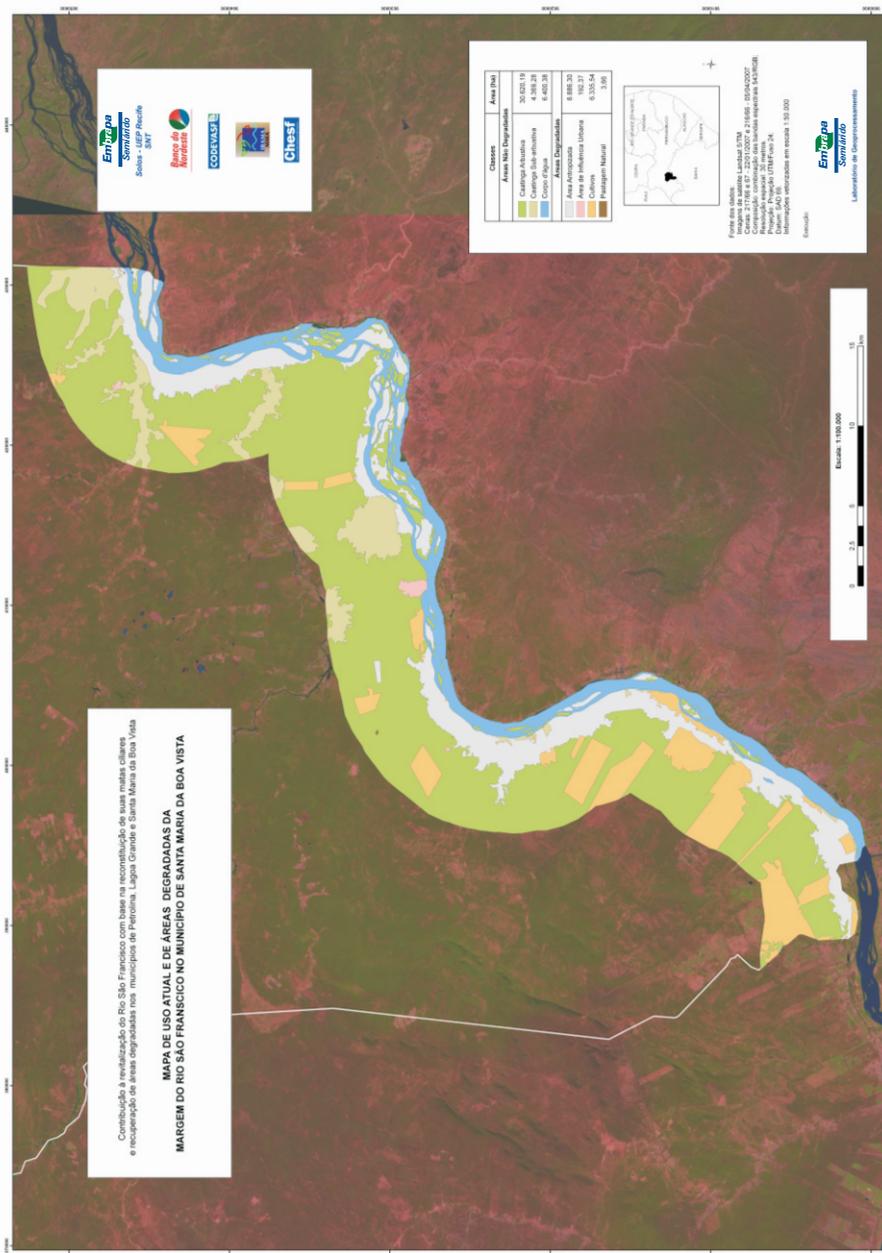
Anexo B

Mapa de uso atual e quantificação das áreas degradadas do Município de Lagoa Grande (1:160.000).



Anexo C

Mapa de uso atual e quantificação das áreas degradadas do Município de Santa Maria da Boa Vista (1:290.000).





Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



CGPE 8451