

# USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E INDICADORES AMBIENTAIS DE IMPACTOS NEGATIVOS: BAIXO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO, ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL

*Use and occupation of the land and environmental indicators of adverse impacts: lower course of the São Francisco river, state of Alagoas, Brazil*

**Fatima Veronica Pereira Vila Nova**<sup>\*</sup>  
**Maria Fernanda Abrantes Torres**<sup>\*\*</sup>  
**Mariana Pêsoa Coelho**<sup>\*\*\*</sup>

**\*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**  
**Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia**  
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cd. Universitária, Recife, PE - CEP 50.670-901  
veronica.vn@hotmail.com

**\*\*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**  
**Professora do Depto. Ciências Geográficas**  
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cd. Universitária, Recife, PE - CEP 50.670-901  
daetorres@hotmail.com

**\*\*\*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**  
**Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia**  
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cd. Universitária, Recife, PE - CEP 50.670-901  
maripc14@gmail.com

## RESUMO

Os indicadores ambientais podem avaliar tendências, prover informações de advertência e antecipar cenários de degradação. Parâmetros podem ser utilizados como formas de monitoramento: crescimento das áreas urbanas, diminuição das áreas verdes, assoreamento dos rios, entre outros. As transformações na bacia do rio São Francisco pela ação do homem são históricas e diversificadas devido à sua extensão em diferentes regiões percorridas. Assim, o trabalho objetivou realizar uma avaliação ambiental identificando os principais usos da terra e os indicadores ambientais de impactos negativos, utilizando geotecnologias e *checklists*. As áreas predominantemente naturais diminuíram em detrimento das áreas antropizadas, destacando-se o uso agrícola. Esta atividade tem relação direta com os indicadores negativos constatados, como o assoreamento e mudança na geometria dos canais. O índice geral de impacto negativo foi -200, considerado extremo, suscitado pelo não cumprimento da legislação ambiental vigente e planejamento e gestão territorial em desacordo com a dinâmica dos sistemas naturais.

**Palavras-chave:** Indicadores ambientais - Avaliação. Indicadores ambientais - Impactos Negativos. Geotecnologias. *Checklists*.

## ABSTRACT

Environmental indicators can assess trends, provide warning information and anticipate scenarios of degradation. Parameters can be used as forms of monitoring: growth of urban areas, reduction of green areas, siltation of rivers, among others. The transformations in the São Francisco River basin by the action of man are diverse and historic due to its length in different regions travelled. Thus, the work aimed to conduct an environmental assessment identifying the main land uses and environmental indicators of negative impacts, using Geotechnology and *checklists*. Predominantly natural areas decreased to the detriment of areas occupied by man, especially the agricultural use. This activity has a direct relation with the negative indicators established, such as silting and change in channel geometry. The General

index of negative impact was -200, considered extreme, sparked by the failure to comply with current environmental legislation and territorial planning and management at odds with the dynamics of natural systems.

**Keywords:** Environmental indicators - Evaluation. Environmental indicators - Negative Impacts. Geotechnologies. *Checklists.*

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de conversão dos sistemas naturais em sistemas humanos foi intensificado nas últimas décadas e a natureza dos impactos negativos se diversificando e se apresentando em amplas magnitudes. No contexto brasileiro, o uso e ocupação da terra se deram a partir da região litorânea e até os dias atuais as mais diversas atividades se concentram na mesma. Assim, ecossistemas costeiros, como estuários, restingas, manguezais e recifes, vêm sofrendo processos de destruição mais intensos. A susceptibilidade desses ambientes frágeis pela intervenção antrópica se dá principalmente pelo crescimento urbano, no entanto, há especificidades regionais que constituem a resposta espacial às mudanças econômicas que vêm ocorrendo (ANDRADE, 1973; BARROS, 1998).

As transformações na bacia do rio São Francisco pela ação do homem são históricas e diversificadas devido à sua extensão em diferentes regiões percorridas. Por possuir uma área de drenagem que permeia os Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco Sergipe e Alagoas, sua bacia é subdividida em quatro regiões geográficas: o Alto, Médio, Sub-Médio e o Baixo São Francisco (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2012).

Segundo Holanda et al. (2005, 2011), o São Francisco encontra-se em situação crítica no que se refere ao estado da cobertura vegetal de suas margens. Para os autores, estima-se que cerca de 96% de suas matas ciliares foram parcialmente ou totalmente retiradas. A referida ação antrópica tem colocado em risco o equilíbrio ambiental da bacia hidrográfica do referido rio, uma vez que este corpo hídrico já se encontra bastante assoreado, e os eventos de precipitação e enchentes têm seus resultados potencializados devido à falta de proteção das suas margens.

De acordo com Silva (1999), ainda é alvo dos interesses expansionistas das políticas brasileiras de desenvolvimento, responsáveis pelo acelerado processo de destruição socioambiental, por meio da construção de hidroelétricas e da implementação de projetos de irrigação, desconsiderando a necessária gestão sustentável dos recursos hídricos.

Os reflexos das alterações ocorridas em toda a Bacia, decorrentes de programas e ações governamentais, são efetivamente sentidos em seu baixo curso. Esse trecho, que abriga a sua região estuarina, é o mais afetado pela diminuição do volume de água no canal do rio causado pelo represamento das águas nas barragens, prejudicando as atividades econômicas tradicionais e degradando os recursos minerais (SILVA, 1999; HOLANDA et al., 2011).

Desta maneira, o uso de recursos instrumentais oferecidos pelo Sensoriamento Remoto (SR), com auxílio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e dos Sistemas de Posicionamento Global (GPS), vem adquirindo fundamental importância nos diversos diagnósticos ambientais, como o levantamento do uso e ocupação da terra, devido à velocidade das transformações, que exigem ferramentas que possibilitem a produção de conhecimento rápida, segura e que tenham relativamente baixo custo (AZEVEDO; MANGABEIRA, 2001).

Com o auxílio das geotecnologias, indicadores ambientais podem ser identificados e monitorados. Os indicadores podem avaliar condições e tendências, prover informações de advertência e antecipar cenários de degradação. Diversos parâmetros indicadores podem ser observados e utilizados como formas de monitoramento, tais como: crescimento das áreas urbanas, densidade da vegetação, diminuição das áreas verdes, assoreamento dos rios, etc. (TOMMASI, 1994; SÁNCHEZ, 2008).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação ambiental no baixo

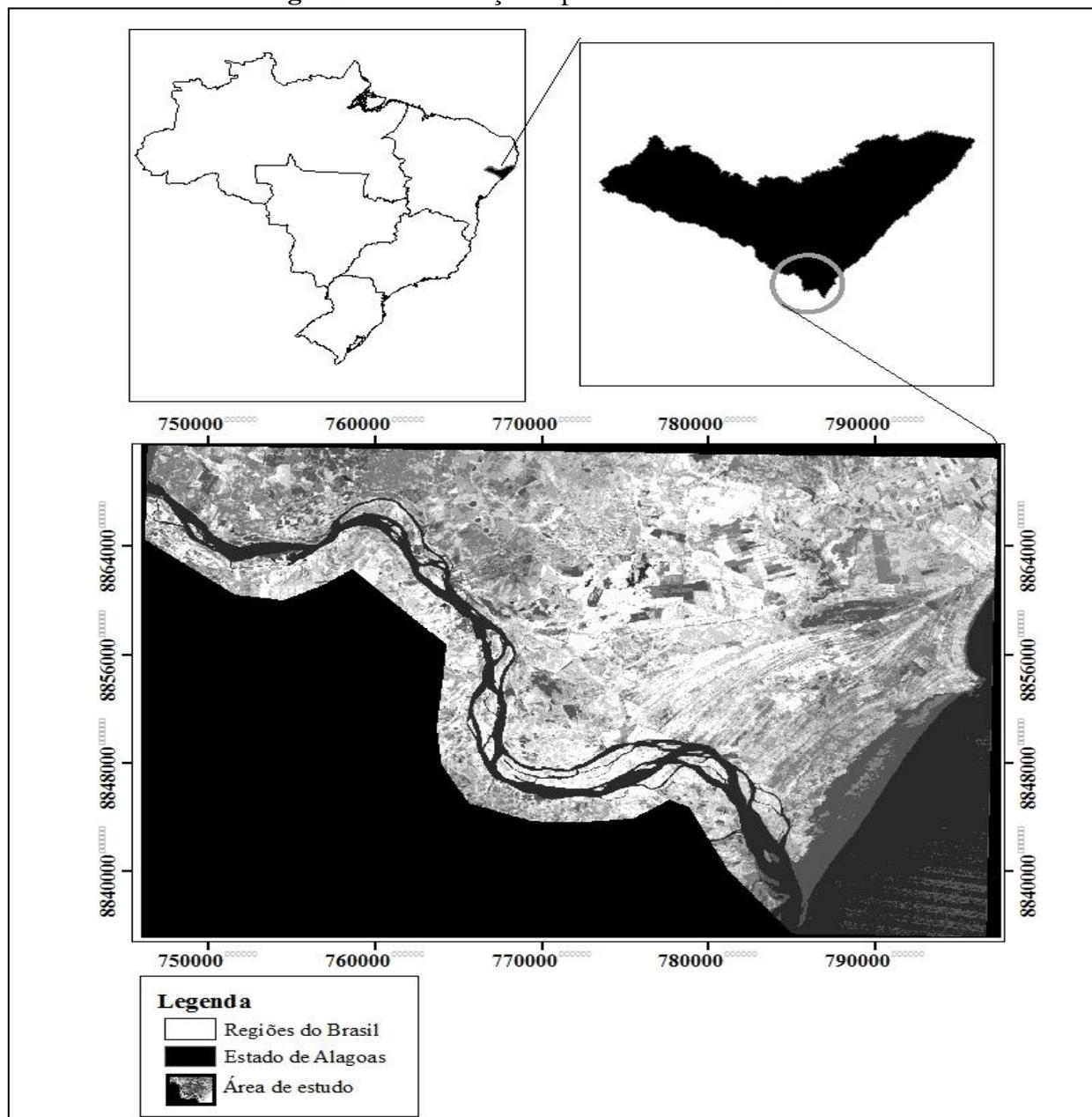
curso do rio São Francisco entre os municípios alagoanos de Penedo e Piaçabuçu, identificando os principais usos da terra e os indicadores ambientais de impactos negativos, de forma a fornecer informações que possam subsidiar ações de gestão e monitoramento na área.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 Área de Estudo

A área estudada está situada nos municípios alagoanos de Penedo e Piaçabuçu, juntos abrangem 929,26 km<sup>2</sup> na microrregião de Penedo, Estado de Alagoas, na porção oriental da região Nordeste do Brasil, localizada entre as coordenadas 24L / 745905-8871609 / 797565-8835099 (UTM) (Figura 1).

**Figura 1** – Localização espacial da área de estudo.



Fonte: Autores.

## 2.2 Mapeamento Multitemporal do Uso e Ocupação da Terra

O processo de levantamento e classificação da cobertura e uso da terra consistiu em: levantamento bibliográfico, observações e levantamento de campo, classificações, elaboração de mapas, análises e interpretações dos dados.

Para o mapeamento espaço temporal do baixo curso do rio São Francisco e seu entorno foram utilizadas imagens digitais multiespectrais dos anos de 1990 e 2011, do satélite LANDSAT 5, sensor TM, órbita 214, ponto 67 da faixa espectral do visível-infravermelho (VISIR, com resolução espacial de 30 metros), trabalhadas com o software ERDAS 9.3 e software ARCGIS 9.3, com licença do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE. As imagens foram adquiridas gratuitamente através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

### 2.2.1 Processamento Digital da Imagem (PDI)

No processamento das imagens utilizou-se o programa ERDAS 9.3, disponibilizado pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento / SERGEO do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE. As imagens foram georreferenciadas para o sistema Universal Transversal Mercator – UTM/SAD 69.

Para diminuir os efeitos da atmosfera nas imagens foi feita a calibração radiométrica, sendo realizados cálculos de radiância e reflectância a partir do *software* ERDAS 9.3.

O valor correspondente à distância Terra-Sol junto com os valores de irradiância solar no topo da atmosfera e o cosseno do ângulo zenital da imagem podem ser obtidos via o cruzamento dos dados da imagem com uma planilha compatível ao software EXCEL disponível no site ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)) do Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE.

Após a calibração da imagem foi feito um recorte do entorno da foz do rio São Francisco, sendo o mesmo utilizado para todas as imagens, evitando contabilizar e analisar tamanhos de áreas distintos.

### 2.2.2 Classificação Não Supervisionada (CNS)

Classificação em Sensoriamento Remoto significa a associação de pontos/pixels de uma imagem a uma classe ou grupo de classes. Estas classes representam as feições e alvos terrestres tais como água, lavouras, área urbana, reflorestamento e cerrado. A classificação de imagens é um processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características similares (QUARTAROLI, 2006).

O processo de classificação utilizado foi o não supervisionado, no qual o algoritmo computacional é capaz de identificar automaticamente as classes dentro de um conjunto de dados, sem a participação do operador. Esse tipo de classificação é frequentemente realizado através de métodos de agrupamentos (*clustering*), como o K-MEDIA e ISODATA, em um determinado número de classes estipulados pelo usuário (JENSEN, 1996).

O método utilizado foi o (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique (ISODATA), pois apresenta melhor separabilidade dos alvos em grupos distintos, o qual utiliza a fórmula da distância mínima espectral para formar *clusters*. Nas análises foram estabelecidas seis classes: corpos hídricos, área urbana/solo exposto, vegetação esparsa (rasteira), vegetação de cultura (cocos), vegetação de transição, vegetação densa (restinga, manguezal) e, posteriormente, contabilizadas as suas respectivas áreas em hectares.

As classes usadas na classificação não supervisionada estão denominadas subfeições no sistema de classificação do uso e a ocupação da terra, descritos no Quadro 1.

Além das imagens dos sensores remotos foram realizados trabalhos de campo para verificação e coleta de pontos dos variados usos e ocupações da terra *in loco*, que foram

georreferenciados com o Sistema de Posicionamento Global (GPS) (Garmim e Trex).

**Quadro 1** – Sistema de classificação do uso e a ocupação da terra no baixo curso do rio São Francisco - AL, entre 1990 e 2011.

Cobertura	Feições	Classe na CNS	Subfeições	Uso/Ocupação
Terra	Áreas predominantemente antropizadas	Vegetação esparsa (rasteira)	Vegetação esparsa (rasteira)	Pecuária, aquicultura
		Vegetação de culturas (cocos)	Vegetação de culturas (cocos)	Agrícola comercial
		Área urbana/solo exposto	Área urbana/solo exposto	Cidades, vilas e portos
	Áreas predominantemente naturais	Vegetação de transição	Vegetação de transição	Sem uso identificado
		Vegetação densa (restinga/manguezal)	Vegetação densa (restinga/manguezal)	Exploração vegetal e animal (madeira, caranguejo, etc). Uso comercial (bares)
Água	Áreas predominantemente antropizadas	Corpos hídricos	Corpos hídricos	Receptor de efluentes domésticos, receptor de efluentes agrícolas, transporte de passageiro, transporte de carga, lazer, desporto, pesca extrativista artesanal.

Fonte: Os autores.

### 2.3 Indicadores Ambientais de Impactos Negativos

O levantamento dos indicadores ambientais de impactos negativos foi realizado a partir dos mapas multitemporais de cobertura e uso da terra, tendo sido contabilizados os seguintes aspectos: remanescentes de vegetação nativa (restinga e manguezal); aumento da urbanização (%); diminuição da restinga e dos manguezais (%); assoreamento dos canais (área); mudança na geometria dos canais.

Além dos indicadores supracitados foi realizado o levantamento das principais pressões decorrentes do uso e ocupação da terra com aplicação de “*checklists*” de indicadores conforme metodologia adaptada de Tommasi (1994) e Sánchez (2008), para áreas estuarinas. O método consiste na elaboração de uma tabela, a ser preenchida pelo pesquisador subjetivamente através da observação “*in loco*”, onde os principais impactos ambientais são apresentados em colunas e os seus efeitos, em filas.

Cada impacto pode apresentar peso 1 (pequeno), 3 (moderado) ou 5 (extremo), estabelecidos subjetivamente, de acordo com a sua importância em relação aos princípios da análise adotados. Foram considerados para análise os impactos extremos, que interferem de forma drástica ou global em cada ambiente e os impactos moderados, que são aqueles que mesmo sendo expressivos tinham características pontuais.

Os efeitos dos impactos foram também valorados, porém com notas negativas (-1, -3 e -5), dependendo de sua intensidade, ou com zero (0), quando ausentes. Os resultados da multiplicação dos pesos atribuídos aos impactos pelas notas dos seus efeitos permitiram classificar cada impacto nas seguintes categorias: pequeno (valores -1 a -3); moderado (valores -5 a -9) e extremo (valores -5

a -15). O somatório dos valores desta multiplicação fornece o índice geral de impacto no estuário estudado: de -1 a -100, pequeno; de -100 a -170, moderado e > -171 extremos.

O *checklist* foi aplicado na margem esquerda da foz do rio devido à acessibilidade. Foi utilizada uma lista de verificação nos municípios de Penedo e Piaçabuçu. O trecho entre Penedo e Piaçabuçu foi analisado pela rodovia e a avaliação entre Piaçabuçu e as dunas foi feita pelo rio, percurso no qual foi utilizado um barco. O levantamento foi realizado em abril de 2012.

### 3 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E DOS INDICADORES AMBIENTAIS DE IMPACTOS NEGATIVOS

O mapeamento decorrente da classificação retratou o comportamento dinâmico do uso e ocupação da terra entre 1990 e 2011. A composição da vegetação aponta que ocorreram alterações tanto nos remanescentes de vegetação nativa, como restinga e manguezal, como na configuração da área urbana e solo exposto.

Em 1990, as terras com áreas predominantemente antropisadas abrangeram 37.658 ha e as áreas predominantemente naturais totalizaram 62.067 ha. Em 2011, as áreas predominantemente antropisadas ocupavam 50.798 ha e as áreas predominantemente naturais abrangeram uma área de 48.936 ha (Quadro 2).

No imageamento e classificação de 1990, as áreas predominantemente antropisadas apresentaram 8.028,10 ha de área urbana e solo exposto, 9.671,94 ha de vegetação esparsa (rasteira) e 19.957,54 ha de vegetação de cultura (cocos). Em 2011, 9.620,60 ha correspondiam à área urbana e solo exposto, 16.577,16 ha à vegetação esparsa (rasteira) e 24.600,64 ha de vegetação de cultura (cocos) (Quadro 2).

As áreas predominantemente naturais em 1990 eram constituídas de 32.320,17 ha de vegetação de transição e 29.747,10 ha de vegetação densa (restinga e manguezal). Em 2011, as subfeições representaram 28.112,29 ha de vegetação de transição e 20.824,35 ha de vegetação densa (restinga e manguezal) (Quadro 2).

**Quadro 2** – Variações espaço temporais das feições e subfeições em hectares no baixo curso do rio São Francisco - AL nos anos de 1990 e 2011.

Feições	Subfeições	1990 (ha)	2011 (ha)
Áreas Predominantemente Antropisadas	Vegetação esparsa (rasteira)	9.671,94	16.577,16
	Vegetação de cultura (cocos)	19.957,54	24.600,64
	Área urbana/solo exposto	8.028,10	9.620,60
<b>Total</b>		<b>37.657,58</b>	<b>50.798,40</b>
Áreas Predominantemente Naturais	Vegetação de transição	32.320,17	28.112,29
	Vegetação densa (restinga e manguezal)	29.747,10	20.824,35
<b>Total</b>		<b>62.067,27</b>	<b>48.936,64</b>

Fonte: Autores.

Como observado, a prevalência de uso nas áreas antropizadas foi de atividades agrícolas. Para melhor compreender a dominância de atividades agrícolas em qualquer uma das unidades federadas do Nordeste é preciso recuar no tempo para entender o presente. A ocupação do espaço nacional se deu no eixo litorâneo que comportou atividades produtivas cíclicas que se sucederam no país a partir da região Nordeste. Inicialmente, essa região era um espaço produtivo agroexportador com núcleos urbanos desvinculados que serviam de ponto de escoamento para o exterior, bem como de importações. Posteriormente, a colonização avançou em direção aos vales dos rios formando povoações que se ligavam aos portos para escoamento da produção, no entanto ainda não se desenvolvia uma articulação entre as áreas urbanas, processo que ocorreu em meados dos anos sessenta, com a consolidação da industrialização. Essas modificações seculares acarretaram em impactos drásticos nos ecossistemas (ANDRADE, 1979; FURTADO, 2007).

Atualmente, os grandes conglomerados urbanos e as maiores densidades demográficas nordestinas, como Recife e Salvador, situam-se no litoral, além dos canaviais que ocupam, até os dias atuais, grande parte do litoral oriental nordestino, que se estende desde o Rio Grande do Norte até o sul da Bahia. Outra monocultura presente é a de cocos, que ocupa as terras salinas impróprias à lavoura do açúcar, domínio potencial de manguezais e restingas, ecossistemas que serviram e continuam a servir de substrato para a fixação e as mais variadas atividades do homem (ANDRADE, 1973; AB'SABER, 2003).

Os manguezais são tidos como indicadores ecológicos mais significativos na zona costeira (ALVES, 2001). Eles recebem influência marinha constante através do regime de marés, apresentando margens com sedimento lamoso e águas abrigadas que permitem o surgimento de flora especializada, adaptada à flutuação de salinidade e fornecem serviços ecossistemáticos essenciais ao equilíbrio da zona costeira. Eles influenciam no controle dos processos erosivos, produzem e exportam matéria orgânica, são habitat temporário ou definitivo de espécies estuarinas, marinhas, fluviais e terrestres, além de atuar como filtro e imobilizador de substâncias químicas, incluindo metais pesados, alimentos, entre outros. Como são sistemas abertos, recebem, em geral, um importante fluxo de água doce, sedimento e nutrientes do ambiente terrestre e exportam matéria orgânica para o mar ou águas estuarinas, havendo, portanto, uma intrínseca relação entre as condições ambientais desse ecossistema com os sistemas adjacentes, seja natural ou artificial (KIENER, 1973; VANNUCCI, 1999).

Os principais usos da terra que afetam diretamente esse e outros ecossistemas da zona costeira são: atividade portuária, aquicultura, extração vegetal, pesca, turismo e recreação, e a urbanização. Mas, uma das maiores causas de impacto ambiental negativo existente nessa é, sem dúvida, a sua ocupação desordenada e a concentração populacional, ou no mínimo, a mais complexa de ser gerenciada. O intenso processo de pressão populacional é resultado do parcelamento urbano para fins de moradia e outras atividades, refletindo diretamente em uma contínua destruição do meio ambiente e da paisagem (DIEGUES, 1999).

A atividade agrícola predominante observada na área de estudo não é menos impactante do que as atividades onde há prevalência de urbanização de outros estuários. A monocultura da cana de açúcar (Formação Barreiras) e de cocos provoca, além da retirada da vegetação nativa de restinga e manguezal, a degradação do solo pela lixiviação e erosão, uma vez que esta cultura utiliza o solo até a proximidade de lagoas e várzeas típicas da região, como também a poluição das águas pelos agrotóxicos (ROSMAN; DIEGUES, 1998).

O uso indiscriminado de agrotóxico em práticas agrícolas, acrescido de queimadas e desmatamento, empobrece o solo. As chuvas, ao tocarem o solo desnudo, promovem o carreamento de sedimentos e dos agrotóxicos contaminando os cursos hídricos (ALVES, 2001).

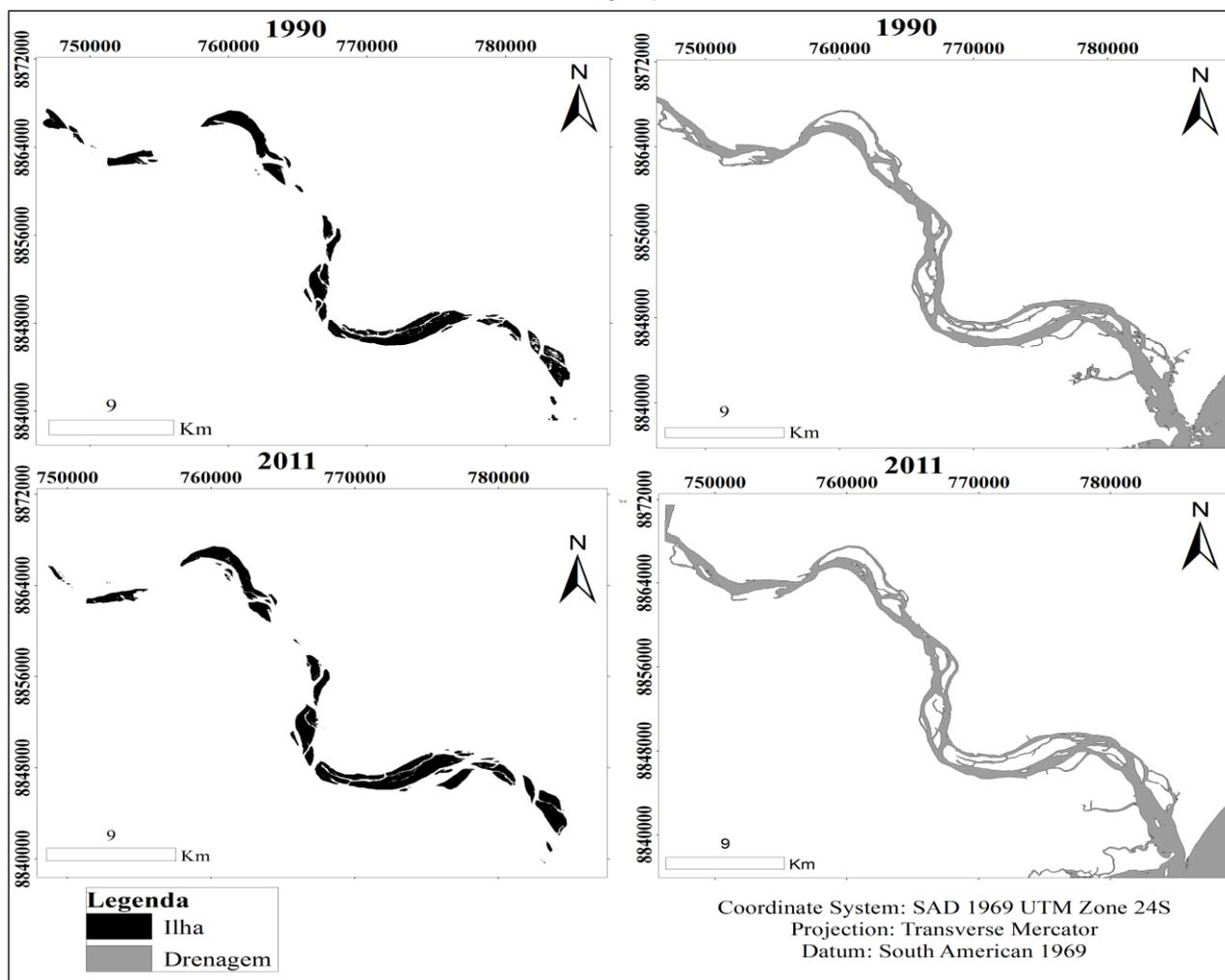
Além de impactos no solo e água, a atividade monocultora pode afetar a biodiversidade de várias maneiras nas áreas de atuação e no seu entorno, como alterações nas interações das espécies, a diminuição da diversidade de flora e fauna, modificações nos padrões de comportamento e distribuição dos organismos, erosão, além de consequências em longo prazo ainda desconhecidas

(BHAVNA; GEETA, 2011), a exemplo das implicações socioeconômicas.

Aburto-Oropeza et al. (2008) postulam que a produtividade da zona costeira está diretamente relacionada com a área dos manguezais. A redução de biomassa altera a biodiversidade, a diversidade genética, as características físico-químicas do solo, a dinâmica dos nutrientes, o ciclo da água, afetando a disponibilidade do estoque pesqueiro e as comunidades que dependem direta ou indiretamente dele.

Outro indicador de impacto ambiental negativo foi o assoreamento dos canais, evidenciado pela ampliação na extensão de ilhas, que em 1990 totalizaram 3.625,26 ha e em 2011, 4.141,14 ha, um indício dos processos erosivos resultantes da diminuição da vegetação nativa de restinga e manguezal em 8.922,75 ha durante o período de estudo, em detrimento das práticas agrícolas que expõem os solos, assim como o aumento da urbanização no município de Penedo e Piaçabuçu, que impermeabiliza os solos. Foram observadas modificações na geometria dos canais de drenagem, principalmente nos pequenos (Figura 2).

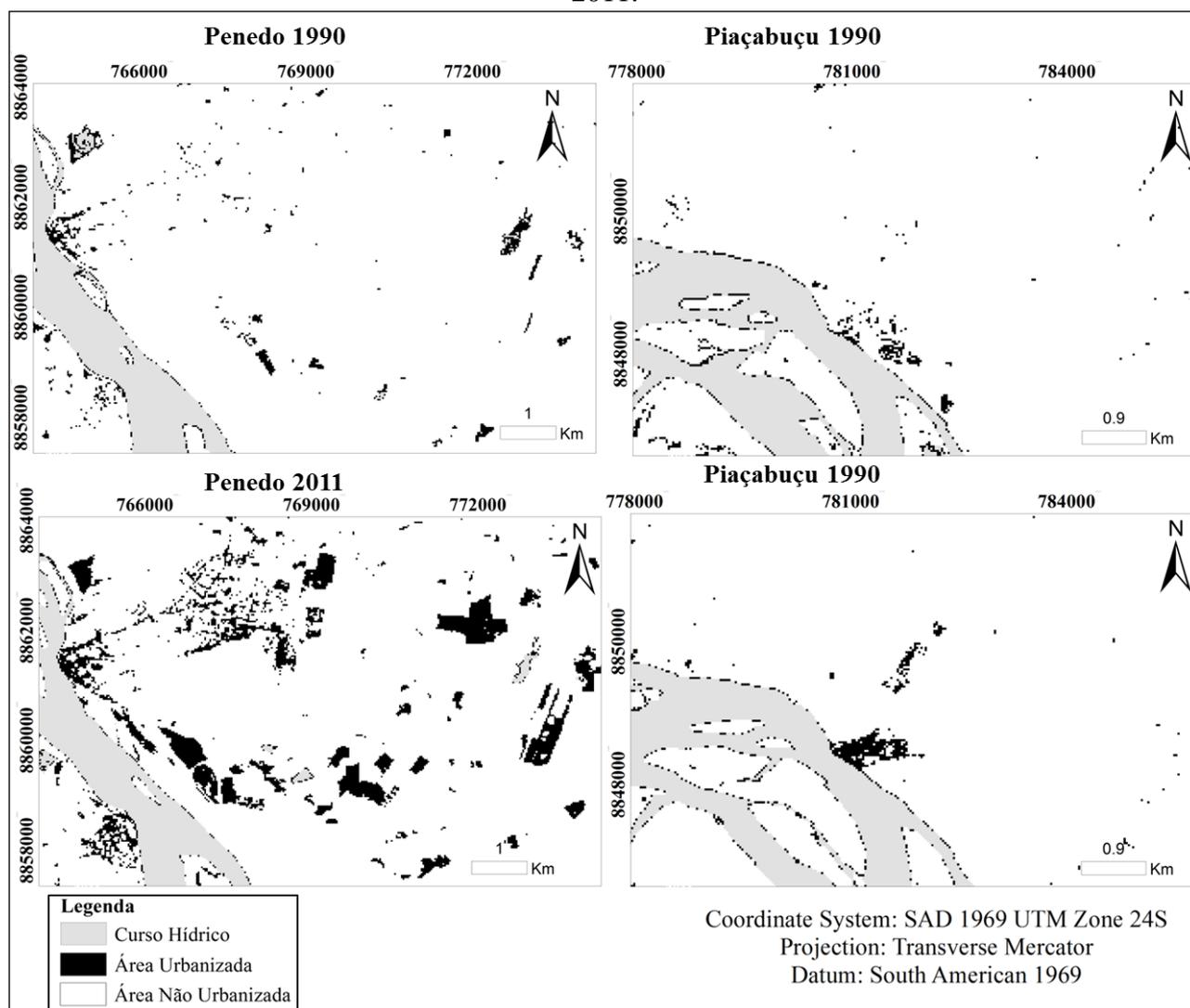
**Figura 2** – Modificações nas ilhas e drenagem no baixo curso do rio São Francisco entre 1990 e 2011.



Fonte: Os Autores.

O aumento da tessitura urbana nos municípios de Penedo e Piaçabuçu foi comprovado pelas transformações entre 1990 e 2011. O processo de urbanização foi mais expressivo no município de Penedo do que em Piaçabuçu, como observado no destaque das setas em preto (Figura 3).

**Figura 3** – Aumento da urbanização nos municípios de Penedo e Piaçabuçu - AL entre 1990 e 2011.



Fonte: Autores.

O manguezal atua como estabilizador da costa e margens dos rios, visto que contribui diretamente para o processo geomorfológico de progradação, fornecendo um mecanismo adicional de retenção e fixação de sedimentos, pois as raízes dos manguezais fixam as terras atuando como armadilhas para o sedimento e servindo, também, como proteção à remoção pelo ataque das ondas e ação das marés.

O aumento de 14,23 % na área de ilhas e as modificações na geometria dos canais refletem as intensas modificações no rio São Francisco decorrentes dos variados usos, como a construção de hidrelétricas à montante, que diminuiu o aporte de água em sua foz, bem como a retirada da vegetação nativa, a exemplo dos manguezais, que potencializa o assoreamento (TUCCI, 2007; BATISTA; SOUZA; SILVEIRA, 2009).

Outros indicadores ambientais de impactos negativos foram constatados *in loco* com a aplicação do *checklist*, tais como: agricultura extensiva, expansão urbana, processos erosivos, queimadas na vegetação de restinga, deposição de resíduos sólidos em locais impróprios, invasão de Áreas de Preservação Permanente, emissão de efluentes domésticos e a aquicultura. Assim, o índice geral de impacto na área de estudo foi de -200, considerado extremo (Tabela 1, Figura 4)

O aumento da tessitura urbana nos municípios de Penedo e Piaçabuçu, constatado no mapeamento e na aplicação do *checklist*, associado à ampliação da monocultura e, mais

recentemente, da aquicultura, é um agravante à sustentabilidade local, principalmente pela ausência de serviços de esgoto na microrregião de Penedo (ALAGOAS, 2011).

Segundo Archela et al. (2003), historicamente, os centros urbanos sempre foram os principais focos poluidores e contaminadores dos recursos hídricos. Esses mesmos recursos que possibilitam a vida nas comunidades transformam-se, a jusante, nos receptores de toda a espécie de descarte das atividades humanas.

A emissão de efluentes domésticos e a deposição de resíduos sólidos em locais impróprios, como a margem do rio, são indícios de saneamento básico ausente e precário. A ausência desse serviço ocasiona problemas pontuais e difusos, como a poluição e contaminação das águas estuarinas e costeiras, a disseminação de doenças, como hepatite, diarreia, o que reflete diretamente no nível de saúde da população acarretando em mais consequências socioeconômicas e desequilíbrio ambiental (THE WORLD BANK, 2009).

De acordo com Benetti e Bidone (2000), os esgotos domésticos são constituídos primeiramente por matéria orgânica biodegradável, micro-organismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais.

Acerca do desequilíbrio ambiental resultante do lançamento indevido desses efluentes urbanos, Archela et al. (2003) postulam que quanto maior o volume de esgoto lançado em um corpo aquático, maior será a concentração de matéria orgânica, a proliferação bacteriana, a atividade total de respiração e, por conseguinte, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), resultando na redução da concentração de oxigênio a um nível incompatível às necessidades respiratórias dos peixes que lá habitam.

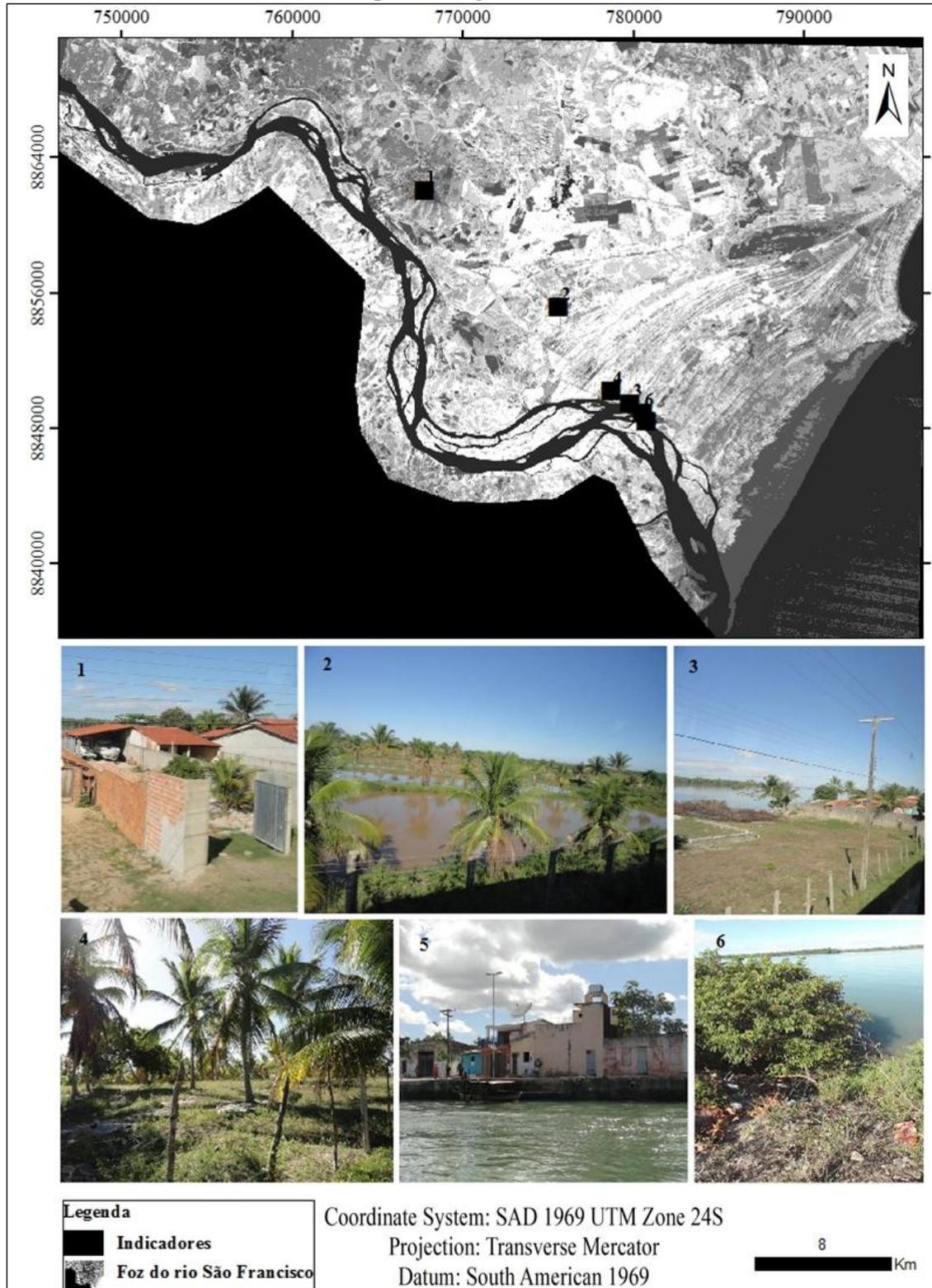
Outro fator de insustentabilidade ambiental é a presença da aquicultura, atividade econômica mais recente que pode potencialmente poluir as águas e salinizar as terras pelos efluentes dos tanques de engorda, produzindo ainda mais conflitos pelo acesso aos recursos hídricos, além de poder levar, no futuro, à extinção de espécies nativas decorrente da maior competição com as espécies exóticas que escapam dos tanques de cultivo para o ambiente natural (BOYD, 2003).

Assim, deve-se reconhecer que, em longo prazo, qualquer produção econômica baseada no uso dos recursos naturais indiscriminado será insustentável se não for observada a capacidade de suporte dos ecossistemas locais.

**Tabela 1** – Checklist dos principais indicadores ambientais de impacto negativo no baixo curso do rio São Francisco entre os municípios de Penedo e Piaçabuçu - AL, 2012.

INDICADORES	PESO	EFEITO	CLASSE
Expansão urbana	5	-5	-25
Queimadas na vegetação de restinga	5	-5	-25
Processos erosivos	5	-5	-25
Deposição de resíduos sólidos	5	-5	-25
Agricultura extensiva	5	-5	-25
Aquicultura	5	-5	-25
Invasão das Áreas de Preservação Permanente	5	-5	-25
Emissão de efluentes domésticos (foz)	5	-5	-25
<b>Total</b>			<b>-200</b>

Fonte: Os Autores.

**Figura 4** – Indicadores ambientais de impactos negativos no baixo curso do rio São Francisco - AL.

Fonte: Fonte: Os Autores.

- 1 – Expansão urbana (Coord.: Zona 24L - UTM - 767746/8862030);
- 2 – Aqüicultura (Coord.: Zona 24L - UTM - 775627/8855118);
- 3 – Invasão das Áreas de Preservação Permanente (Coord.: Zona 24L - UTM - 779811/8849407);
- 4 – Agricultura extensiva (Coord.: Zona 24L - UTM - 778681/8850209);
- 5 – Emissão de efluentes domésticos (Coord.: Zona 24L - UTM - 780728/8848371);
- 6 – Deposição de resíduos sólidos (Coord.: Zona 24L - UTM - 780529/8848872).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das geotecnologias e *check lists* permitiram evidenciar as diversas condições de uso e identificar os indicadores ambientais de impactos negativos no baixo curso do rio São Francisco, que tem sofrido, particularmente nos últimos 21 anos, um processo de degradação acentuado, representado pelo incremento da tessitura urbana e dominância da atividade monocultora.

Os processos erosivos e assoreamento dos canais foram potencializados pela retirada da vegetação nativa, como os manguezais, que são estabilizadores da costa, e pelos usos e ocupações da terra em locais impróprios e legalmente protegidos, como as margens do rio.

O índice geral de impacto na área de estudo foi extremo, suscitado pelo não cumprimento da legislação ambiental vigente e pelo planejamento e gestão territorial em desacordo com a dinâmica dos sistemas naturais. A metodologia proposta possibilita a celeridade do diagnóstico, fundamental à gestão e ao monitoramento da área.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudos em Biogeografia e Meio Ambiente (BIOMA), ao Grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO), ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (PPGEO – UFPE) e à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

#### REFERÊNCIAS

AB’SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003.

ABURTO-OROPEZA, O.; EZCURRA, E.; DANEMANN, G.; VALDEZ, V.; MURRAY, J.; SALA, E. Mangroves in the Gulf of Califórnia increase fisher yields. **Política Nacional de Assistência Social**, Brasília, DF, v. 105, no. 30, p. 10456–10459, July 2008.

ALAGOAS. Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico **Anuário Estatístico do Estado de Alagoas**, Maceió, ano 2010, n. 17, 2011. Disponível em: <<http://dados.al.gov.br/dataset/4510081e-80b9-4b1e-9d93-9c6a775587fd/resource/fecd4a9a-903d-4f11-b085-12d504d56860/download>>. Acesso em: 12 jun. 2014.

ALVES, J. R. P. (Org.). **Manguezais: educar para proteger**. Rio de Janeiro: Femar, 2001.

ANDRADE, M. C. de. **A terra e o homem no nordeste**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1973.

ANDRADE, M. C. de. **O processo de ocupação do espaço regional do Nordeste**. Recife: Sudene, 1979.

ARCHELA, E.; CARRARO, A.; FERNANDES, F.; BARROS, O. N. F.; ARCHELA, R. S. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. **Geografia**, Londrina, v. 12, n. 1, p. 517-525, jan./jun. 2003.

AZEVEDO, E. C. de; MANGABEIRA, J. A. de C. **Mapeamento de uso das terras utilizando processamento digital de imagem de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001. Comunicado Técnico 7.

BARROS, N. C. C. de. **Manual de geografia do turismo: meio ambiente cultura e paisagens**. Recife: Ed. da Universitária de UFPE, 1998.

BATISTA, E. M.; SOUZA, W. M.; SILVEIRA, O. F. M. S. Avaliação de Áreas de posicionais e erosivas em cabos lamosos da Zona Costeira Amazônica através da análise multi temporal de imagens de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009. Suplemento.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In. TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2000. p. 651-658.

BHAVNA, B.; GEETA, P. Avian Community Structure and diversity in two intensively monocultivated agricultural fields. **Biodiversity**, Hamburg, v. 12, no. 1, p. 28–37, Mar. 2011.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, London, no. 226, p. 101-112, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio ambiente. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Projeto Planágua Semads: GTZ de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha**. Brasília, DF, 2001.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Regiões Hidrográficas. 2012. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/bacia-hidrografica-do-rio-sao-francisco/regioes-hidrograficas/>>. Acesso em: 18 maio 2012.

DIEGUES, A. C. S. Human populations and coastal wetlands: conservation and management in Brazil. **Ocean and Coastal Management**, Amsterdam, no. 42, p. 187-210, 1999.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 34. ed. São Paulo: Companhia de Letras, 2007.

HOLANDA, F. S. R.; SANTOS, L. C. G.; ARAÚJO FILHO, R. N.; PEDROTTI, A.; GOMES, L. J.; SANTOS, T. O.; CCONCEIÇÃO, F. G. Percepção dos ribeirinhos sobre a erosão marginal e a retirada da mata ciliar do Rio São Francisco no seu baixo curso. **RA'E GA**, Curitiba, v. 22, p. 219-237, 2011.

HOLANDA, F. S. R.; SANTOS, L. C. G.; SANTOS, C. M.; CASADO, A. P. B.; PEDROTTI, A.; RIBEIRO, G. T. Riparian vegetation affected by bank erosion in the lower São Francisco river, Northeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 327-336, 2005.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

KIENER, A. Les mangroves du globe: aspects écologiques, biocénétiques et physiologiques particulaires, mise au jour. **Bulletin de Muséum National d'histoire Naturelle**, Paris, n.164, maio/jun. 1973.

QUARTAROLI, C. F. **Classificação de imagens de sensoriamento remoto: tutorial básico**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006.

ROSMAN, P. C. C.; DIEGUES, A. C. **Caracterização dos ativos ambientais em áreas selecionadas da zona costeira brasileira**. 1. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: PNUD, 1998.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SILVA, T. E. M. **Impactos sócio-ambientais e o futuro da pesca artesanal no Baixo São Francisco**. Aracaju: Candeeiro, 1999. v. 2.

TOMMASI, L. R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB: Terragraph, Artes e Informática, 1994.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2007.

VANNUCCI, M. **Os Manguezais e nós**: uma síntese de percepções. São Paulo: Edusp, 1999.

WATER AND SANITATION PROGRAM. **Economic impacts of Sanitation in Lao PDR**: a five-country study conducted in Cambodia, Indonesia, Lao PDR, the Philippines, and Vietnam under the Economics of Sanitation Initiative (ESI). Jakarta: The World Bank, 2009.

**Data de submissão**: 04.11.2013

**Data de aceite**: 27.08.2014

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.