



Magarotto, M., Costa M., Cavalcanti, J., Oliveira, B., 2020. Recife-Olinda the last frontier: importance of estuaries and mangroves in urban environments. *Revista Costas*, 2(2): 135-148. doi: 10.26359/costas.1302

Scientific Article / Artigo Científico / Artículo Científico

Recife-Olinda a Última Fronteira: A Importância de Estuários e Manguezais em Meios Urbanos

Recife-Olinda The Last Frontier: Importance of Estuaries and Mangroves in Urban Environments

Mateus Magarotto¹, Monica Costa¹, Jacqueline Cavalcanti², Brenda Oliveira¹

*e-mail: mateusmagarotto@gmail.com

¹ Departamento de Oceanografia Universidade Federal de Pernambuco.
Av. Arquitetura, s/n. Cidade Universitária - CEP: 50740-550, Recife - PE, Brasil
mateusmagarotto@gmail.com
monica.costa@ufpe.br

² Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco.
Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife - PE, Brasil
jacque_ss@hotmail.com

Keywords: Mangroves; Urban Ecosystems; Estuarine Pollution.

Abstract

Located on the administrative border between the cities of Olinda and Recife, the Beberibe River estuary receives constant anthropic influence and its mangrove is the target of growing real estate speculation. The aim of this manuscript is to analyse the decline of mangroves present the Beberibe estuary margins in resulting (access or restriction) in the period from 1974 to 2014. The analyses are made using Geographic Information Systems to assess pressure and urban expansion. The results indicate that there are 30% of mangroves in the study area and that urban growth caused great losses to the mangrove ecosystem that is visible in the representations in the period 1974 - 2014. In view of the emerging paradigms of urban growth, there are new possibilities for physical connection and conceptual between these two cities based on the con-

Submitted: August 2020

Accepted: December 2020

Associate Editor: Marínez Sherer

vergence between the historically linked population. This discussion took place recently in Recife, concerning the José Estelita Wharf, and is currently being repeated for this last frontier of disorderly urban growth.

Resumo

Localizado na fronteira administrativa entre as cidades de Olinda e Recife, o estuário do Beberibe recebe influência antrópica constante e seu manguezal é alvo da crescente especulação imobiliária. O objetivo deste manuscrito é analisar a diminuição dos manguezais presentes nas margens do estuário do Beberibe resultante da conservação (ou restrição de acesso) no período 1974 - 2014. As análises são feitas com o uso dos Sistemas de Informação Geográfica para avaliar a pressão e expansão urbana. Os resultados indicam que há 30% de manguezais na área de estudos e que o crescimento urbano causou perdas ao ecossistema manguezal visível nas representações no período 1974 – 2014. Em vista dos paradigmas emergentes de crescimento urbano há novas possibilidade de conexão física e conceitual entre estas duas cidades baseadas na convergência entre a população ligada historicamente. Essa discussão ocorreu recentemente, relativo ao Cais José Estelita, e atualmente se repete para essa última fronteira do crescimento urbano desordenado.

Palavras-chave. Manguezais; Ecossistemas Urbanos; Poluição Estuarina.

1. Introdução

A ocupação urbana ao longo das áreas costeiras afeta os ecossistemas presentes, principalmente, os manguezais que se desenvolvem nas latitudes ao sul do equador (Magarotto & Costa, 2018; Silva & De Souza Filho, 2011).

Os estuários são encontrados na transição dos ambientes terrestres e marinhos ao longo do litoral e são locais de sedimentação dinâmica e evoluem segundo as interações e processos fluviais, costeiros, marinho e de ação humana (Oliveira *et al.*, 2014; Silva Cavalcanti & Costa 2009). Os rios na planície litorânea na Região Metropolitana do Recife, berço de vários manguezais, chegam aos estuários sem tratamento, dispersando diversos poluentes que condicionam a qualidade da água e conseqüentemente aos manguezais (Boschken, 2012; Munari, De Assunção & De Menezes, 2018; Nascimento *et al.*, 2018; Scusiel and Sattler 2010). Os manguezais são de grande interesse aos serviços ecossistêmicos, antropológicos e socioeconômicos (Magarotto & Costa 2018; Munari *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2014; Xavier *et al.*, 2016), que influenciam diretamente o meio urbano sobre e as interações que ocorrem. Esta interação é um fator de preocupação constante que deve ser le-

vado em consideração para o planejamento urbano das cidades costeiras (Asmus *et al.*, 2018; Magarotto *et al.*, 2019).

Os serviços ecossistêmicos dos manguezal tem um papel importante na retenção de poluentes sólidos e líquidos que chegam pelos rios aos estuários (Friess 2017; Ruiz-Luna and Berlanga-Robles 2003; Xue, Hong, and Charles 2004). Portanto, os manguezais têm uma função de retenção e limpeza das águas para os oceanos (Alongi 2008; Ferreira & Lacerda 2016; Friess 2017).

Nesse contexto, a urbanização, planejada ou por invasão, causa grandes perdas aos manguezais ao longo dos estuários nas regiões intertropicais e subtropicais (Friess 2017; Munksgaard *et al.*, 2019). Sendo assim, há de levar em consideração o rápido crescimento populacional (Aproximadamente 1,2 bilhão de pessoas vivem a 100 km dos oceanos) esta população é uma das causas do significativo aumento da urbanização nas zonas costeiras (Alberico *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2020; Hu, You & Neumann 2003). Por outro lado, as áreas costeiras ainda serão palco das mudanças climáticas em curso que causará inúmeros problemas relativos a extinção de espécies terrestres

e aquáticas, derretimento das calotas polares causando o aumento do nível do mar, perdas imobiliárias construídas próximo à costa, entre outras (Hansen 2010; Schmidt *et al.*, 2012). Estas mudanças climáticas é de grande atenção acadêmica no intuito de estabelecer medidas de mitigação dos riscos para a sustentabilidade urbana (Almeida, Camara & Monteiro 2007; Hansen, 2010; Liu *et al.*, 2019).

As consequências da diminuição dos manguezais em áreas urbanas altera a qualidade dos estuários e causa perdas de inúmeras espécies aquáticas e/ou terrestres (Ab'Saber, 1989; Ferreira & Lacerda 2016; Magarotto *et al.*, 2019). A retirada dos manguezais para a ocupação urbana aumenta a poluição de resíduos sólidos e líquidos quando não existe saneamento básico, aumenta a velocidade e o fluxo das águas nos rios ou assoreamento do canal dos rios e reduz os habitats das espécies presentes nestes locais (Friess 2017; Nguyen *et al.*, 2018; Sobrinho & Andrade 2009). Dessa forma, os estudos ao longo dos últimos anos identificaram inúmeros efeitos da urbanização nas áreas costeiras, por exemplo: inundações, erosão da costa, retração dos manguezais e poluição dos canais dos rios e conseqüentemente dos estuários (Friess, 2017; Magarotto & Costa, 2018; Nguyen *et al.*, 2018). Há que destacar ainda que as áreas costeiras são palco das mudanças climáticas que conseqüentemente causaram a diminuição da capacidade de recuperação dos ecossistemas afetados (Batitucci *et al.*, 2019; Garcias & Bernardi, 2008; Magarotto & Costa, 2018).

Em muitos países, assim como no Brasil, a preocupação com o contínuo crescimento urbano sobre os ecossistemas costeiros desperta o interesse por muitos investigadores no sentido de buscar soluções para um planejamento eficaz do crescimento urbano (Alberico *et al.*, 2017; Magarotto *et al.*, 2019; Moura *et al.*, 2016). Sendo assim, nestas áreas de elevada sensibi-

lidade ambiental há de fazer um planejamento multidisciplinar o que não ocorre com frequência. Este é o caso da área costeira da Região Metropolitana do Recife (RMR) que possui grande expansão urbana, pouco planejamento e grande problemas ambientais (Costa *et al.*, 2008; Magarotto, *et al.*, 2019; Nascimento *et al.*, 2020).

Neste contexto, o estuário do Beberibe na RMR entre as cidades do Recife e Olinda vem perdendo espaço continuamente para a expansão urbana em suas margens. Há ainda algumas áreas confinadas de manguezal nos canais de maré e, principalmente junto à Escola de Aprendizes de Marinheiros de Pernambuco e dos bairros de Peixinhos e Salgadinho. Estes locais estão passando por um processo de contínua especulação imobiliária o que poderá causar a perda do restante dos manguezais às margens do estuário do Beberibe (Melo Filho, 2003; Moura *et al.*, 2016).

Sendo assim, a motivação deste artigo está no crescimento urbano sobre as áreas de manguezal que ocorrem na RMR com especial interesse no limite entre as Cidades de Olinda e Recife onde se encontra o Estuário do Beberibe. Nesta fronteira ocorreu um rápido crescimento urbano que causou mudanças significativas no uso do solo e contribuiu para a diminuição do ecossistema manguezal presente nesta área costeira.

O objetivo deste manuscrito é analisar a diminuição dos manguezais presentes as margens do estuário do Beberibe resultante da conservação (ou restrição de acesso) no período 1974-2014. O período de estudo é relativo aos dados coletados na Prefeitura Municipal de Olinda (PMO), Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) e na Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco – Condepe/Fidem que são parceiras neste estudo. Os dados mais atuais nestes órgãos públicos para esta análise referem-se ao ano de 2014. Observa-se que a restrição de acesso dado pela presença de áreas militares, especificamente, a Escola de Marinheiros, situada dentro da área

de estudo e as margens do estuário do Beberibe causaram uma inesperada preservação das áreas verdes, entre elas os manguezais. Leva-se em consideração que mesmo nos estuários urbanos das áreas costeiras, os manguezais conseguem se desenvolver em locais de confinamento, por exemplo: o Parque dos Manguezais na Cidade do Recife ou a reserva ecológica da Sapiranga em Fortaleza ou Manguezal urbano do Ita-

corubi, em Florianópolis. Contudo, no estuário do Beberibe, nos últimos 40 anos a proibição de acesso dificultou a ação dos serviços públicos de limpeza e ocorre acúmulo de lixo e invasão em áreas de manguezal, seja para a construção irregular de imóveis e/ou depósito de dejetos e rejeitos industriais e domésticos.

2. Área de estudo, materiais e métodos

Área de estudo

Localizado na fronteira administrativa entre as cidades de Olinda e Recife, o estuário do rio Beberibe recebe influência antrópica constante (desmatamento do manguezal, aterros, construções irregulares nas margens do estuário, despejo de resíduos sólidos e líquidos de origem doméstico/industrial sem tratamento). Os manguezais na Cidade do Recife e de Olinda são caracterizados por um grupo humano residente de pescadores (Melo Filho, 2003). O estuário do rio Beberibe serve como área de reprodução para mamíferos, pássaros, peixes e outros organismos (Oliveira *et al.*, 2014; Xavier *et al.*, 2016). O estuário está localizado em uma complexa área de urbanização (regular e irregular) com avenidas e rodovias intermunicipais, manchas de manguezal ao longo do estuário do Beberibe e de canais que drenam as áreas urbanizadas locais (figura 1) (Oliveira *et al.*, 2014; Xavier *et al.*, 2016).

Materiais e métodos

As coberturas fotográficas aéreas dos anos de 1974, 1981, 1996, Ortofotomapas 2008 e 2014 e dados de levantamentos do edificado e das áreas verdes, das praias, dunas vegetadas e do estuário do Beberibe foram utilizados neste estudo (tabela 1). Os indicadores de composição da paisagem correspondem à análise visual em formato raster e vetorial. Estes dados foram

fornecidos Condepe/Fidem e pelo Instituto da Cidade Pelópidas da Silveira – ICPS. O processamento foi realizado no programa Arcmap para a transformação em indicadores morfológicos urbanos.

Métodos

A metodologia desenvolvida neste estudo foi a análise espacial e sazonal das associações espaciais entre o uso do solo e os indicadores de paisagem. Neste contexto foram desenvolvidas três etapas principais: (i) Georreferenciação de coberturas aéreas e análise dos padrões espaciais correspondentes à modificação da paisagem urbana, (ii) Obtenção e classificação da paisagem urbana e os indicadores de morfologia urbana, respectivamente, a partir dos ortofotomapas e dos dados do edificado, (iii) Modelação das associações, o uso do solo e os indicadores de paisagem através da análise espacial para avaliar o comportamento dos modelos gerados e da evolução da paisagem, da variação sazonal e das associações espaciais modeladas em duas e três dimensões (Modelos SIG 2D/3D) (figura 2).

Análises e criação dos modelos SIG 2D/3D

Georreferenciação de coberturas aéreas e análise dos padrões espaciais

A georreferenciação de imagens é o processo que transforma as coordenadas da imagem em coordena-

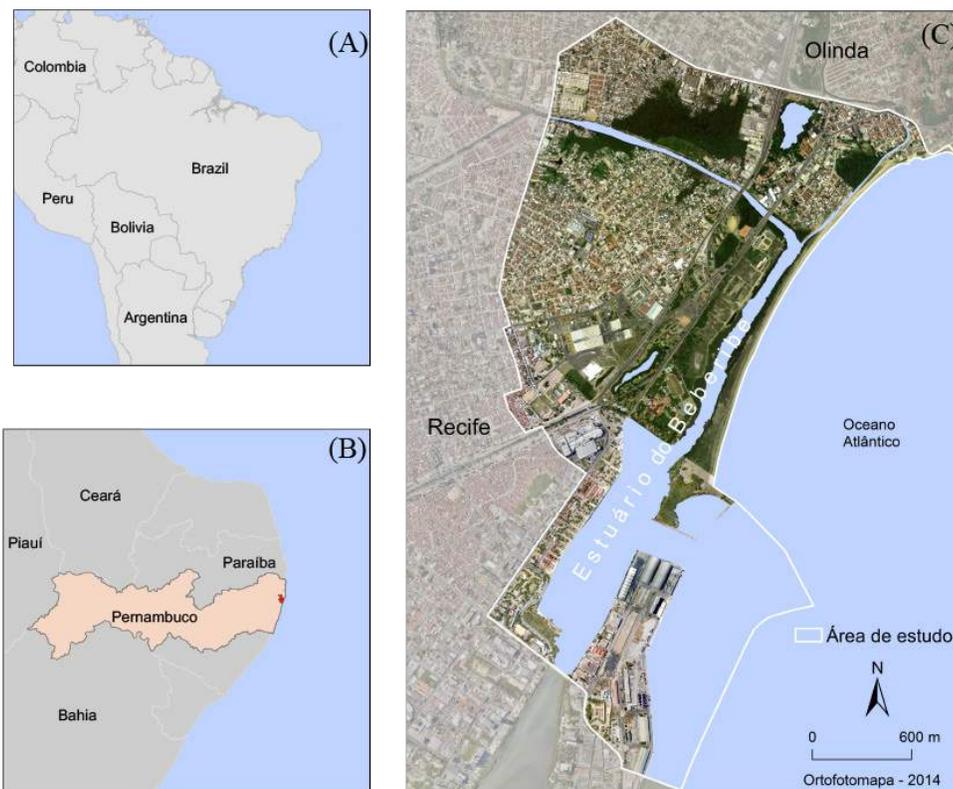


Figura 1. Área de estudo na fronteira entre Recife e Olinda. Na figura há um mapa do Brasil e parte da América do Sul (A). Parte do nordeste brasileiro destacando o estado de Pernambuco (B) e a área de estudo limitada pela linha branca (C).

Fonte: elaborado pelos autores.

Figure 1. Study area on the border between Recife and Olinda. The figure there a map of Brazil and South America (A). Part of northeast Brazil with highlighting state of Pernambuco (B) and the study area limited by white line (C).

Source: prepared by the authors.

Tabela 1. Base de dados geoespacial. Fornecido pelos parceiros deste projeto

Table 1. Geospatial database.

Dados	Anos	Escala	Tipo	Fonte
Base vetorial	2013/2014	1:1000	Vetorial	ICPS
Fotografias aéreas	1974 1981 1996	1:1000 1:5000 1:1000	Matricial	Condepe-Fidem Condepe-Fidem Condepe-Fidem
Ortofotomapa	2007	0,30cm	Matricial	ICPS
Ortofotomapa	2013/2014	0,30cm	Matricial	ICPS
Limites dos lotes	2014	1:1000	Vetorial	ICPS

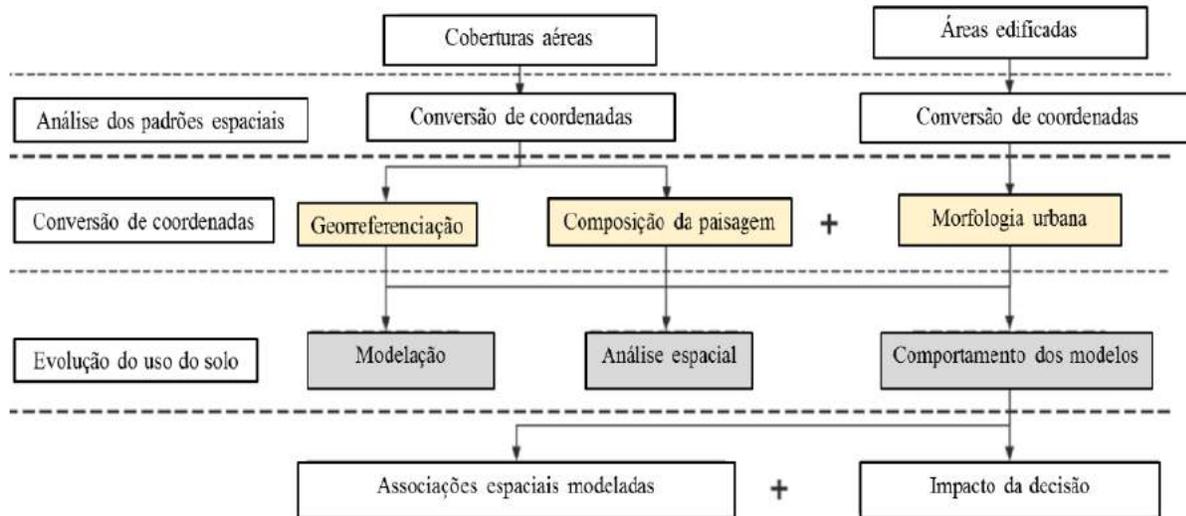


Figura 2. Modelo metodológico com todos os passos seguidos para a elaboração das representações.

Fonte: elaborado pelos autores.

Figure 2. Methodological model with all the steps followed for the elaboration of representations.

Source: prepared by the authors.

nadas do terreno (Linda & Hill 2006). A georreferenciação é concebida com a utilização de referências dados de campo, ou outros elementos georreferenciados, como cartas topográficas ou ortofotomapas (Camargo, 1998). Existem vários métodos de georreferenciação (ajustes polinomiais locais ou globais, estéreo restituição, orto-retificação, entre outros), a escolha depende do objetivo do trabalho (Linda & Hill 2006). A complexidade associada neste processo é dada a geomorfologia da área a ser georreferenciada.

Neste contexto o processo de georreferenciação utilizado neste trabalho, para a criação dos mosaicos, foi o polinomial, cujos coeficientes são estimados a partir de pontos de controle em ambiente SIG. A base cartográfica foi o ortofotomapas de 2014 na escala de 1:1000. Este procedimento é bastante usual em processamento digital de coberturas aéreas, cujos coeficientes são estimados a partir de pontos identificáveis na imagem. Quanto a análise dos padrões espaciais

foi definida pela valorização dos componentes urbanos e costeiros que definem a paisagem da área de estudo escolhida. Para tanto classificou-se os objetos espaciais em manguezal, edificado, dunas vegetadas, verde urbano, corpos d'água e vias. Esta classificação revela a evolução da paisagem no período 1974 - 2014.

Classificação da paisagem urbana

Os seis indicadores da paisagem, previamente selecionados, segundo sua diferenciação no período de análise ilustrar a dinâmica da paisagem urbana. Os indicadores da paisagem são derivados da análise visual das coberturas aéreas com base no Ortofotomapa de 2014. Todos os indicadores da paisagem foram identificados e mensurados pela área. A vegetação foi dividida em dois parâmetros (Manguezal e Verde Urbano) exaustivamente examinada para ter uma acurácia elevada.

Após o procedimento anterior foi criado o Modelo Digital que se caracteriza pela representação na tela do computador de um fenômeno espacial que ocorre em uma determinada área (Câmara *et al.* 2002). Portanto, o importante é explorar a associação espacial entre os elementos da paisagem e o uso do solo e as correspondentes variações. Neste caso, o período relativo aos dados para esta análise estabeleceu entre os anos de 1974-2014. Os indicadores elaborados neste trabalho foram correlacionados para demonstrar o crescimento das áreas associadas e a mudança da paisagem. Considerando este crescimento em área pode-se mostrar as perdas das áreas verdes em detrimento do edificado e dos outros objetos espaciais que transformam a paisagem urbana. A intenção é revelar as alterações espaciais da paisagem urbana segundo Modelos SIG 2D/3D criados dentro do ambiente SIG.

Classificação dos indicadores

Manguezal - Áreas de manguezal, predominantemente planícies inundadas sob influência das marés;

3. Resultados

A análise e o mapeamento da área de estudo revelam as mudanças dos padrões espaciais da paisagem urbana e ambiental que podem ser observadas na Figura 3 e nos gráficos da Figura 4. Estas representações, da dinâmica do crescimento urbano, mostram a diminuição das áreas verdes, dos manguezais e das dunas vegetadas em cerca de 66%. Se for comparado com o crescimento das áreas urbanas, 76%. Esses dados mostram uma profunda mudança espacial na área de estudo. Nota-se que as outras classes do uso do solo classificadas neste trabalho (estuário e praias) também perdem espaço ou são redesenhadas seguindo o modelo urbano como se vê na figura 4.

Dunas Vegetadas - Areia que sustenta o crescimento da cidade e do mangue;

Edificado - Casas, lojas, edifícios, palafitas (favelas);

Verde Urbano - Áreas cobertas predominantemente de verde ou arbustos;

Estuário - Rio, lagos, estuário, lagoas costeiras, oceano;

Praia - Praia e recifes e estruturas de fixas na área de estudo.

Modelo das associações e do uso do solo

Os indicadores da modificação da paisagem foram calculados a partir de dados das pesquisas no período 1974 – 2014, dentro da área de estudos (figura 1). Para tanto foi usada a análise visual que indica diretamente o impacto das associações nos modelos SIG 2D/3D. Em estudos anteriores nota-se que esta metodologia é aplicável e identifica todo o conjunto da paisagem e as inter-relações existentes (Magarotto *et al.*, 2017; Magarotto *et al.*, 2019).

A representação do uso do solo indica que as moradias dentro da área de estudo são suscetíveis aos eventos de inundação por se encontrarem próximas ao leito do canal do estuário. O bairro de Peixinhos sofre inundações no período de maior precipitação (entre os meses de março a agosto). O avanço das moradias em direção ao manguezal existente, nesta área, é marcadamente entre as décadas de 1990 e 2000. O crescimento urbano como referido anteriormente de aproximadamente de 75% revela uma tendência de moradias de baixa renda com um ou dois andares.

Neste contexto de degradação ambiental observa-se que o principal ecossistema do estuário do Be-

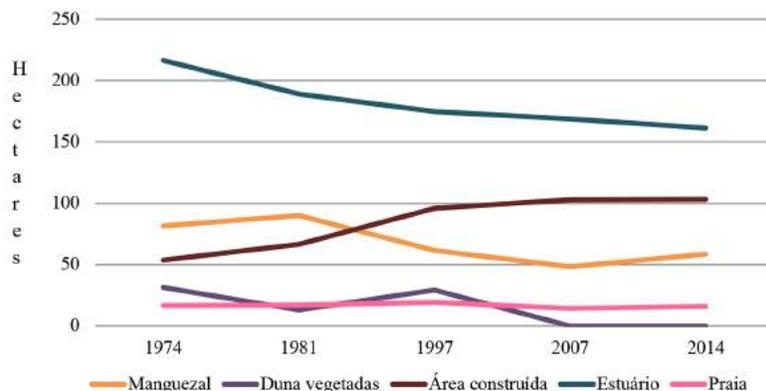


Figura 3. Mudança das classes espaciais e evolução 1974 – 2014. (Fonte: elaborado pelos autores)
Figure 3. Change of space classes and evolution 1974 - 2014. (Source: prepared by the authors)

beribe, o manguezal, que em 1974 cobria uma área aproximada de 60% o em 2014. Essa área passa a ser de 30% e com a fragmentação do bosque de mangue nas margens do estuário do Beberibe. Estas perdas de mais de 30% de manguezal são devidas ao crescimento urbano dos bairros de Salgadinho e Peixinhos

como pode ser observado na figura 4. Em uma outra área de ocorrência de manguezais, próximo a Escola de Aprendizes de Marinheiros e o Parque dos Coqueirais, o manguezal teve uma tendência de crescimento (cerca de 10% de expansão) devido à restrição de acesso e uso destas áreas.

4. Discussão

O crescimento urbano desordenado é um dos difíceis problemas enfrentados nas metrópoles costeiras a nível mundial e se agrava nos países em desenvolvimento como o Brasil, por exemplo: Recife, PE; Fortaleza, CE; Florianópolis, SC; Salvador, BA; entre outros (Ho, 2018; Magarotto *et al.*, 2019; Strano *et al.*, 2012)17). Adiciona-se a este problema, os frágeis ecossistemas presentes nestas áreas que muitas vezes sofrem grandes perdas com este crescimento urbano (Costa, Costa & Barletta, 2019; Mota & Sato, 2019). As associações espaciais entre os indicadores da paisagem, através das variações da mudança do solo resultam em um indicador fiável para análise dos processos de mudança da paisagem. Portanto, obser-

va-se que o método usado neste trabalho para diagnosticar a mudança espacial da paisagem e o crescimento urbano foi eficaz na interpretação da paisagem urbana no período 1974-2014. Desta forma, pode-se apontar os problemas causados pelo rápido e contínuo crescimento urbano desordenado, através da interpretação visual e estatística das diferentes classes adotadas para este estudo. Os problemas apontados vêm de encontro a falta de planejamento urbano nas grandes cidades, principalmente nas Áreas Metropolitanas no Brasil (Antonucci *et al.*, 2007; Araújo *et al.*, 2020; Magarotto *et al.*, 2019; Mendes 2014; Moura *et al.*, 2016; Silva & De Souza Filho, 2011). A pesquisa revelou que o índice de vegetação e a transição do meio ambiente para o meio urbano foi rápida

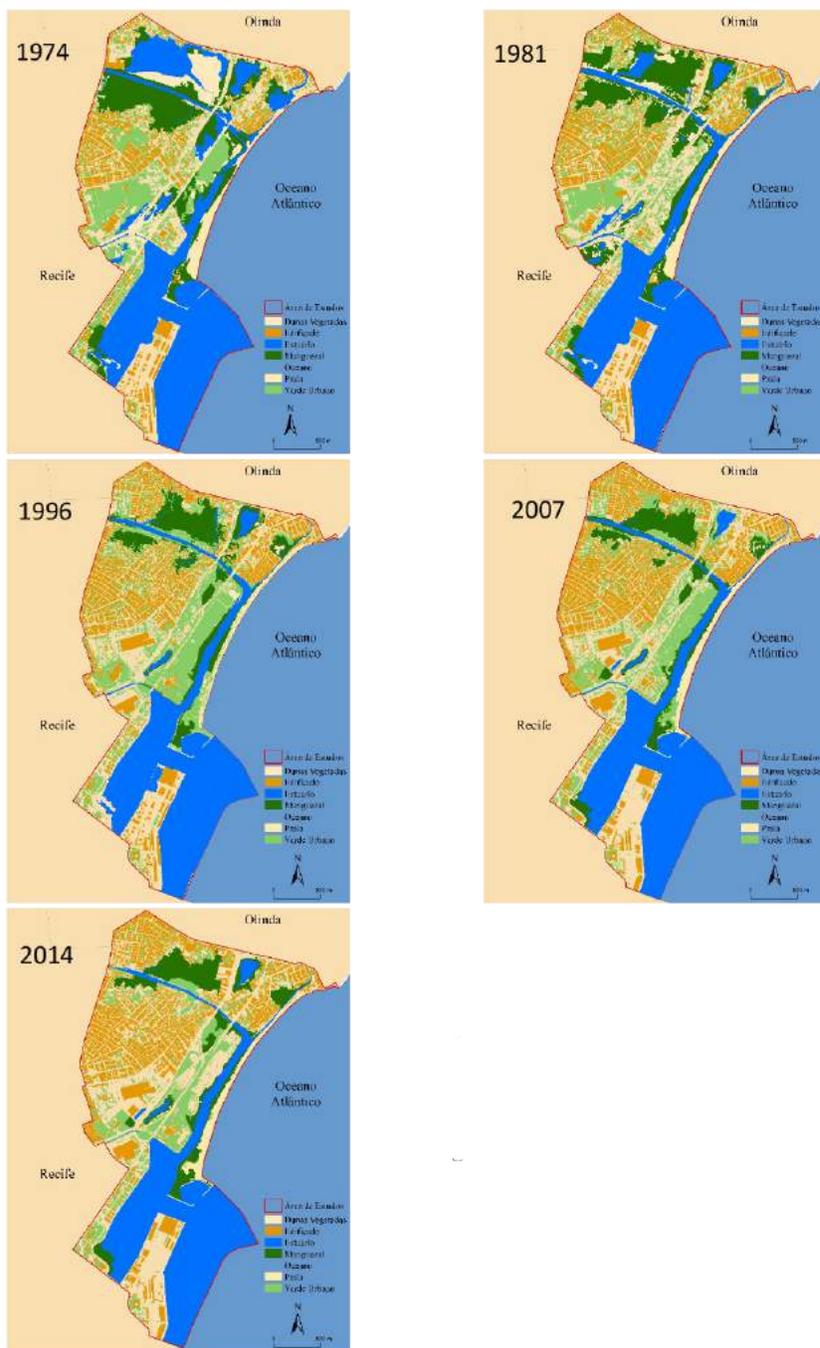


Figura 4. Mudanças dos padrões espaciais dos indicadores da paisagem entre 1974 – 2014. Fonte: elaborado pelos autores.
Figure 4. Changes in spatial patterns of landscape indicators between 1974 - 2014. Source: prepared by the authors.

e com perdas para o ecossistema manguezal (figura 3 e 4). Neste caso, o efeito negativo observado poderiam ser melhor administrado com um planejamento urbano adequado (Domingues *et al.*, 2018; Kurakula & Kuffer 2008; Lindal & Hartig 2013; Rayner, Jolly & Gouldman, 2019; Vargas *et al.*, 2017). Por exemplo, as áreas verdes fornecem benefícios a uma fauna diversificada e reduz os efeitos da exposição do solo e problemas relacionados com o escoamento de água das chuvas ou da maré (Pereira *et al.*, 2007; Sobrinho & Andrade, 2009).

As implicações do crescimento urbano acelerado e com pouco planejamento sobre uma área ambiental de grande interesse, neste caso, nas cidades de Olinda e Recife, poderá ser amenizado com o auxílio dos Modelos SIG 2D/3D. Como observado nos mapas resultantes, a escala local pode-se confrontar às áreas mais afetadas pelo crescimento urbano e criar e/ou incentivar outras práticas para a conservação ambiental. Portanto, destaca-se que apesar do crescimento urbano ser expansivo e sem planejamento, o meio ambiente promove a sua própria resiliência (Folke *et al.*, 2005). Sendo assim, medidas de desenvolvimento sustentável poderiam ser aplicadas às áreas mais degradadas com o intuito para um planejamento urbano, apoiado à pesquisa científica, através da inovação tecnológica e integração entre o estudo ambiental e o planejamento urbano eficaz (Andrés *et al.*, 2020; Mota & Sato 2019; Seto, Fragkias & Gu, 2011). Ainda cabe destacar que, em muitos países, o discurso está voltado para a “cidade sustentável” que seria a introdução de novas ideias para um planejamento costeiro integrado e relacionado ao meio ambiente e às políticas públicas de desenvolvimen-

to sustentável (Cantasano, Pellicone & Ietto, 2017; Magarotto, Madureira & Costa, 2019). Portanto, os novos projetos de desenvolvimento para as cidades costeiras devem vir ao encontro deste novo paradigma com um viés ecológico baseados na abordagem da forma urbana sustentável (Andrés & Barragán, 2015; Madureira, Andresen & Monteiro, 2011; Ren *et al.*, 2013).

No entanto, esta abordagem não leva em consideração a crescente ameaça do aumento do nível do mar e os novos desafios para a gestão costeira em áreas altamente urbanizadas como o Estuário do Beberibe. Portanto, as discussões a este respeito ainda estão sendo debatidas e requerem continuidade para o aprimoramento das pesquisas e aplicação. Assim como, esse estudo no Estuário do Beberibe deveria ser estendido para toda a bacia do rio, até a Área de Proteção Ambiental (APA) Aldeia-Beberibe, que atualmente sofre das mesmas pressões antrópicas que o estuário.

Estas iniciativas ajudam a mudança na forma de explorar serviços ambientais relativos à defesa contra impactos aos ecossistemas costeiros, neste caso, os manguezais presentes ao longo do Estuário do Beberibe. Destaca-se ainda, que o manguezal é um ecossistema que faz parte da cultura local. Neste sentido, sugere-se que a fronteira entre Olinda e Recife seja usada para a convergência de seus cidadãos. Neste contexto, existem várias limitações e discussões que ainda podem vir enaltecer esta temática entre a necessidade do crescimento urbano e preservação ambiental e os desafios das mudanças climáticas inerentes ao meio urbano.

5. Conclusões

Este estudo procurou criar, através do Modelos SIG 2D/3D, representações em ambiente computacional, assim como, selecionar e manipular dados para geração de novas representações de visualização para identificar padrões de crescimento urbano. Como foi demonstrado nos resultados deste estudo na Fronteira entre Recife e Olinda há pouco planejamento urbano e grandes perdas ao meio ambiente local, principalmente dos manguezais. Neste sentido há condições para que se possam criar ações para a melhoria na qualidade de vida da população local de forma sustentável.

O planejamento urbano eficaz poderá proporcionar melhorias na infraestrutura e gestão do espaço urbano e natural, como por exemplo: rede de saneamento básico, tratamento dos efluentes com a instalação de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais e políticas de integração para a população local. Outra medida que deve ser levada em consideração é

a preservação das áreas verdes e em especial os manguezais ao longo do estuário do Beberibe que passa por uma constante degradação.

Contudo, este núcleo de crescimento urbano com uma gestão eficiente, otimização de recursos e um desenvolvimento integrado com as melhores ações para a resolução dos problemas enunciados neste trabalho (impermeabilização do solo, falta de saneamento básico, arborização das ruas e praças, proteção ambiental das áreas consideradas como unidades de preservação ambiental). Desta forma, as sugestões aqui apresentadas sugerem uma maior integração e eficiência da gestão pública que poderia ir mais além e até mesmo criar um aplicativo que permita aos servidores públicos localizar os principais focos de risco ambiental, assim como de problemas urbanos para uma ação imediata e eficiente, sanado assim os apelos da sociedade que vive em condições precárias.

6. Referências

- Ab'Saber, Aziz. 1989. "Zoneamento Ecológico e Econômico Da Amazônia: Questões de Escala e Método." *Estudos Avançados* 3(5). doi: 10.1590/S0103-40141989000100002.
- Alberico, Ines, R. Iavarone, A. C. Angrisani, A. Castiello, R. Incarnato, and R. Barra. 2017. "The Potential Vulnerability Indices as Tools for Natural Risk Reduction. The Volturno Coastal Plain Case Study." *Journal of Coastal Conservation* 21(6):743–58. doi: 10.1007/s11852-017-0534-4.
- Almeida, Cláudia Maria de, Gilberto Camara, and Antonio Miguel V. Monteiro. 2007. "Geoinformação Em Urbanismo: Cidade Real x Cidade Virtual" edited by C. M. de Almeida, G. Câmara, and A. M. V. Monteiro. 368.
- Alongi, Daniel M. 2008. "Mangrove Forests: Resilience, Protection from Tsunamis, and Responses to Global Climate Change." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76(1):1–13. doi: 10.1016/j.ecss.2007.08.024.
- Andrés, María de, Juan Manuel Barragán, Pedro Arenas Granados, Javier García Sanabria, and Javier García Onetti. 2020. "Gestión de Las Zonas Costeras y Marinas En España." *Costas* 1(January):117–32. doi: 10.26359/costas.e106.
- Andrés, María de, and Juan Manuel Muñoz Barragán. 2015. "Development of Coastal Cities and Agglomerations: Pressure and Impacts on Coastal and Marine Ecosystems." *Coastal Cities and Their Sustainable Future* 148:63–71. doi: 10.2495/CC150061.
- Antonucci, D., LGM Ackel, TN Silva, and R. Schweigert. 2007. "Verticalização, Habitação Social e Multifuncionalidade. Edifícios Dos IAPS Em São Paulo." Pp. 1–15 in *III Fórum de Pesquisa FAU*.

- Araújo, Maria Christina Barbosa, Monica Ferreira Costa, Jacqueline Santos Silva-Cavalcanti, and Mateus Georganes Magarotto. 2020. "Did Boa Viagem Beach Environmental Quality Change after 10 Years? Did Boa Viagem Beach Environmental Quality Change after 10." *Journal of Coastal Research* 95(1):748–52. doi: 10.2112/S195-146.1.
- Asmus, Milton Lafourcade, João Nicolodi, Marinez Eymael Garcia Scherer, Kahuam Gianuca, Julliet Correa Costa, Lorena Goersch, Gabriel Hallal, Kamila Debian Victor, Washington L. S. Ferreira, Julia N. A. Ribeiro, Clara Da Rosa Pereira, Bruna T. Barreto, Luciano Figueiredo Torma, Bruno Bauer G. Souza, Marcela Mascarello, and Allan Villwock. 2018. "Simple to Be Useful: Ecosystem Base for Coastal Management." *Desenvolvimento e Meio Ambiente* 44:4–19. doi: 10.5380/dma.v44i0.54971.
- Batitucci, Thayza de Oliveira, Erika Cortines, Fábio Souto Almeida, and Ângela Alves de Almeida. 2019. "Agriculture in Urban Ecosystems: A Step To Cities Sustainability?" *Ambiente & Sociedade* 22:0–3. doi: 10.1590/1809-4422asoc0277r3vu1914ao.
- Boschken, H. L. 2012. "Global Cities Are Coastal Cities Too: Paradox in Sustainability?" *Urban Studies* 50(9):1760–78. doi: 10.1177/0042098012462612.
- Câmara, Gilberto, Antônio Miguel Monteiro, Suzana Druck Fucks, and Marília Sá Carvalho. 2002. "Análise Espacial e Geoprocessamento." P. 27 in *Análise espacial de Dados Geográficos*, edited by G. Câmara, A. M. Monteiro, S. D. Fucks, and M. S. Carvalho. São José dos Campos, SP, Brazil: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Camargo, Eduardo Celso Gerbi. 1998. "Geoestatística: Fundamentos e Aplicações." P. 36 in *Geoprocessamento em projetos ambientais*.
- Cantasano, Nicola, Gaetano Pellicone, and Fabio Ietto. 2017. "Integrated Coastal Zone Management in Italy: A Gap between Science and Policy." *Journal of Coastal Conservation* 21(3):317–25. doi: 10.1007/s11852-016-0479-z.
- Costa, C. R., M. F. Costa, and M. Barletta. 2019. "Análise Integrada Da Qualidade Da Água Na Bacia e No Complexo Estuarino Do Rio Goiana, Pernambuco, Brasil." *Costas* 1(1):133–46. doi: 10.26359/costas.0107.
- Costa, Monica Ferreira, Maria Christina Barbosa Araújo, Stella Souza, and Jacqueline Santos Silva-Cavalcanti. 2008. "Verticalização Da Praia Da Boa Viagem (Recife, Pernambuco) e Suas Consequências Socioambientais." *Revista Da Gestão Costeira Integrada* 8(2):233–45.
- Domingues, Rita B., Márcio C. Santos, Saul Neves de Jesus, and Óscar Ferreira. 2018. "How a Coastal Community Looks at Coastal Hazards and Risks in a Vulnerable Barrier Island System (Faro Beach, Southern Portugal)." *Ocean and Coastal Management* 157(November 2017):248–56. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2018.03.015.
- Ferreira, Alexander Cesar, and Luiz Drude Lacerda. 2016. "Degradation and Conservation of Brazilian Mangroves, Status and Perspectives." *Ocean and Coastal Management* 125:38–46. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2016.03.011.
- Folke, Carl, Thomas Hahn, Per Olsson, and Jon Norberg. 2005. "Adaptive Governance of Social-Ecological Systems." *Annual Review of Environment and Resources* 30(1):441–73. doi: 10.1146/annurev.energy.30.050504.144511.
- Friess, Daniel A. 2017. "Mangrove Rehabilitation along Urban Coastlines: A Singapore Case Study." *Regional Studies in Marine Science* 16:279–89. doi: 10.1016/j.rsma.2017.09.013.
- Garcias, Carlos Mello, and Jorge Luiz Bernardi. 2008. "As Funções Sociais Da Cidade." *Revista Direitos Fundamentais & Democracia* 4.
- Hansen, Henning Sten. 2010. "Modelling the Future Coastal Zone Urban Development as Implied by the IPCC SRES and Assessing the Impact from Sea Level Rise." *Landscape and Urban Planning* 98(3–4):141–49. doi: 10.1016/j.landurbplan.2010.08.018.
- Ho, Peter. 2018. "Institutional Function versus Form: The Evolutionary Credibility of Land, Housing and Natural Resources." *Land Use Policy* 75(71473286):642–50. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.02.001.
- Hu, Jinhui, Suya You, and Ulrich Neumann. 2003. "Approaches to Large-Scale Urban." (December):62–69.
- Kurakula, Vinay Kumar, and Monika Kuffer. 2008. "3D Noise Modeling for Urban Environmental Planning and Management." Pp. 517–23 in *Real Corp 008*. Vol. 2, edited by M. Schrenk, V. V Popovich, D. Engelke, and P. Elisei. Vienna: REAL CORP 008 Proceedings / Tagungsband.

- Linda, By, and L. Hill. 2006. *Georeferencing The Geographic Associations of Information*. MIT Press. edited by MIT Press. Boston, USA: MIT Press.
- Lindal, Pall J., and Terry Hartig. 2013. "Architectural Variation, Building Height, and the Restorative Quality of Urban Residential Streetscapes." *Journal of Environmental Psychology* 33:26–36. doi: 10.1016/j.jenvp.2012.09.003.
- Liu, Huimin, Qingming Zhan, Sihang Gao, and Chen Yang. 2019. "Seasonal Variation of the Spatially Non-Stationary Association between Land Surface Temperature and Urban Landscape." *Remote Sensing* 11(9):1–20. doi: 10.3390/rs11091016.
- Madureira, Helena, Teresa Andresen, and Ana Monteiro. 2011. "Green Structure and Planning Evolution in Porto." *Urban Forestry and Urban Greening* 10(2):141–49. doi: 10.1016/j.ufug.2010.12.004.
- Magarotto, Mateus Georgenes, and Monica Ferreira Costa. 2018. "A Fragilidade Dos Ecossistemas Manguezais Com Vistas Ao Modelo de Crescimento Urbano Na Cidade Do Recife." Pp. 423–32 in *CIALP - Conferência Internacional de Ambiente em Língua Portuguesa*, edited by P. R. Ana Isabel Miranda, Myriam Lopes, Luís Tarelho, Filomena Martins and J. L. Margarida Coelho. Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro.
- Magarotto, Mateus Georgenes, Raquel Faria-de-deus, Monica Ferreira Costa, and Érika Masanet. 2017. "Green Areas in Coastal Cities – Conflicts of Interests or Stakeholders' Perspectives?" *International Journal of Sustainable Development and Planning* 12(8):1260–71. doi: 10.2495/SDP-V12-N8-1260-1271.
- Magarotto, Mateus Georgenes, Helena Madureira, and Mónica Costa. 2019. "Fragmentação e Diminuição Dos Espaços Naturais Nas Cidades: Tendências Gerais e Especificidades Locais." Pp. 1074–82 in *XVI Colóquio Ibérico de Geografia*. Vol. 1. Lisboa, Portugal: Associação Portuguesa de Geógrafos.
- Magarotto, Mateus Georgenes, José António Tenedório, Monica Ferreira Costa, Inês Calor, and Carlos Pereira da Silva. 2019. "Analysis of Urban Growth in Coastal Areas Supported by 2D/2.5D GIS Data. A Comparative Study of Boa Viagem Beach (Brazil) and Rocha Beach (Portugal)." *Journal of Coastal Conservation* 17(2):1–11. doi: 10.1007/s11852-019-00715-w.
- Melo Filho, Djalma Agripino de. 2003. "Mangue, Homens e Caranguejos Em Josué de Castro: Significados e Ressonâncias." *História, Ciências, Saúde Mangueiros* 10(2):505–24.
- Mendes, Luís. 2014. "Gentrificação e Políticas de Reabilitação Urbana Em Portugal: Uma Análise Crítica à Luz Da Tese Rent Gap de Neil Smith." *Cadernos Metrópole* 16(32):51–72. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2014-3209>.
- Mota, Gabriel Santos, and Simone Emiko Sato. 2019. "Risco e Capacidade de Enfrentamento No Contexto Transfronteiriço Brasil-Uruguai : Análise Espaço-Temporal Comparada Da Vulnerabilidade Nos Balneários Aguas Dulces e Hermenegildo." *Costas* 1(1):107–32. doi: 10.26359/costas.0106.
- Moura, Nina Simone Vilaverde, Emilio Federico Moran, Tielle Soares Dias, Giselle Paris, and Fabiana Ferreira Borges. 2016. "Expansão Urbana Sobre Compartimentos de Relevo Suscetíveis à Inundação: Zona Sul Do Município de Porto Alegre, Rio Grande Do Sul." *Pesquisas Em Geociências* 43(3):299–310.
- Munari, Amanda Bellettini, Viviane Kraieski De Assunção, and Carlyle Torres Bezerra De Menezes. 2018. "Socio-Environmental Problems Arising from Urbanization and Tourism: Lagoa Das Capivaras, Garopaba (Sc), Brazil Case Study." *Desenvolvimento e Meio Ambiente* 44:243–66. doi: 10.5380/dma.v44i0.54977.
- Munksgaard, Niels C., Lindsay B. Hutley, Kristin N. Metcalfe, Anna C. Padovan, Carol Palmer, and Karen S. Gibb. 2019. "Environmental Challenges in a Near-Pristine Mangrove Estuary Facing Rapid Urban and Industrial Development : Darwin Harbour , Northern Australia." *Regional Studies in Marine Science* 25:100438. doi: 10.1016/j.rsma.2018.11.001.
- Nascimento, Regina Célia Macêdo do, Cibele Rodrigues Costa, Mateus G. Magarotto, Jacqueline Santos Silva-Cavalcanti, and Monica Ferreira Costa. 2020. "Qualidade Da Água de Três Estuários Tropicais Expostos a Diferentes Níveis de Urbanização." *Revista de Gestão Costeira Integrada* 20(3):169–78. doi: 10.5894/rgci-n284.
- Nascimento, Regina Célia Macêdo do, Betânia Cristina Guilherme, Maria Christina Barbosa Araújo, Mateus Georgenes Magarotto, and Jacqueline Santos Silva-Cavalcanti. 2018. "Uso de Indicadores Ambientais Em Áreas Costeiras: Uma Revisão Bibliográfica." *Revista Brasileira de Meio Ambiente* 1:52–69.

- Nguyen, Luong Viet, Tu To Trong, Hong Trinh Xuan, and Thu Thuy Hoang Luu. 2018. "The Analysis of Mangrove Forest Changes Period of 20 Years in Can Gio Biosphere Reserve, Viet Nam Using Remote Sensing and GIS Technology." *SF Journal of Environmental and Earth Science* 1:1–7.
- Oliveira, Thaís Santana, Roberto Lima Barcellos, Carlos Augusto França Schettini, and Plínio Barbosa de Camargo. 2014. "Processo Sedimentar Atual e Distribuição Da Matéria Orgânica Em Um Complexo Estuarino Tropical, Recife, PE, Brasil." *Revista de Gestão Costeira Integrada* 14(3):399–411. doi: 10.5894/rgci470.
- Pereira, Luci Cajueiro Carneiro, José António Jiménez, Carmen Medeiros, and Rauquírio Marinho da Costa. 2007. "Use and Occupation of Olinda Littoral (NE, Brazil): Guidelines for an Integrated Coastal Management." *Environmental Management* 40(2):210–18. doi: 10.1007/s00267-005-0281-4.
- Rayner, Ralph, Claire Jolly, and Carl Gouldman. 2019. "Ocean Observing and the Blue Economy." *Frontiers in Marine Science* 6(JUN):1–6. doi: 10.3389/fmars.2019.00330.
- Ren, Chao, Ka Lun Lau, Kam Po Yiu, and Edward Ng. 2013. "The Application of Urban Climatic Mapping to the Urban Planning of High-Density Cities: The Case of Kaohsiung, Taiwan." *Cities* 31:1–16. doi: 10.1016/j.cities.2012.12.005.
- Ruiz-Luna, Arturo, and César A. Berlanga-Robles. 2003. "Land Use, Land Cover Changes and Coastal Lagoon Surface Reduction Associated with Urban Growth in Northwest Mexico." *Landscape Ecology* 18(2):159–71. doi: 10.1023/A:1024461215456.
- Schmidt, Luísa, A. Delicado, S. Guerreiro, and C. Gomes. 2012. "Mudanças Climáticas e Económicas Na Costa Portuguesa: Percepções Das Comunidades, Justiça Social e Democratização. VII Congresso Português de Sociologia." Pp. 2–19 in *Sociedade Crise e REconfigurações*.
- Scussel, Maria Conceição Barletta, and Miguel Aloysio Sattler. 2010. "Cidades Em (Trans) Formação: Impacto Da Verticalização e Densificação Na Qualidade Do Espaço Residencial." *Ambiente Construído* 3:10:137–50.
- Seto, Karen C., Michail Fragkias, and Burak Gu. 2011. "A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion." 6(8). doi: 10.1371/Citation.
- Silva Cavalcanti, Jacqueline Santos, and Monica Ferreira Costa. 2009. "Fisheries in Protected and Non-Protected Areas: Is It Different? The Case of Anomalocardia Brasiliana at Tropical Estuaries of Northeast Brazil." *Journal of Coastal Research* 2009(56):1454–58.
- Silva, Iracema Reimão, and José Rodrigues De Souza Filho. 2011. "Sensibilidade Ambiental de Praias: Um Exemplo de Análise Para a Península de Maraú, Sul Do Estado Da Bahia, Brasil." *Pesquisas Em Geociências* 38(2):147. doi: 10.22456/1807-9806.26380.
- Sobrinho, M. A. da Motta, and Aline Clemente De Andrade. 2009. "O Desafio Da Conservação de Manguezais Em Áreas Urbanas: Identificação e Análise de Conflitos Socioambientais No Manguezal Do Pina-Recife-PE-Brasil." *Unimontes Científica* 11(1/2):9–16.
- Strano, Emanuele, Vincenzo Nicosia, Vito Latora, Sergio Porta, and Marc Barthélemy. 2012. "Elementary Processes Governing the Evolution of Road Networks." *Scientific Reports* 2:296. doi: 10.1038/srep00296.
- Vargas, Reinaldo Romero, João José Samarão Gonçalves, Fabrício Bau Dalmas, Antonio Roberto Saad, Regina De Oliveira Moraes Arruda, and Anderson Targino da Silva Ferreira. 2017. "The Contribution of the Guarulhos Municipality (São Paulo State) to the Water Quality of the Alto Tietê System." *Pesquisas Em Geociências* 44(1):109. doi: 10.22456/1807-9806.78255.
- Xavier, Diego De Arruda, Roberto Lima Barcellos, Rubens César Lopes Figueira, and Carlos Augusto França Schettini. 2016. "Evolução Sedimentar Do Estuário Do Rio Capibaribe (Recife-PE) Nos Últimos 200 Anos e Suas Relações Com a Atividade Antrópica e Processo de Urbanização." *Tropical Oceanography* 44(2):74–88. doi: 10.5914/2016.0126.
- Xue, Xiongzi, Huasheng Hong, and Anthony T. Charles. 2004. "Cumulative Environmental Impacts and Integrated Coastal Management: The Case of Xiamen, China." *Journal of Environmental Management* 71(3):271–83. doi: 10.1016/j.jenvman.2004.03.006.