

Avaliação do impacto antropogênico no litoral norte de São Paulo utilizando técnicas de geoprocessamento

Francisca Rocha de Souza Pereira¹

Dr. Milton Kampel¹

Raquel Dezidério Souto²

Dr. Marcus Polette³

¹ Departamento de Sensoriamento Remoto - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Av. dos Astronautas, 1758, São José dos Campos, SP, Brasil, Cep 12227-010
fran@dsr.inpe.br
milton@dsr.inpe.br

² Faculdade de Oceanografia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua S. Francisco Xavier, 524, 4018E, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 20550013
raquel.deziderio@gmail.com

³ Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar -Universidade do Vale do Itajaí –
Rua Uruguai 458 – Fazenda- c. postal 376, Itajai, SC, Brasil, Cep 88302-202
mpolette@univali.br

Abstract:

The following work aims to analyse and compare the sustainability of the four towns in the north coast of the state of São Paulo based on the indicators of sustainability and geoprocessing techniques. The towns analysed show some peculiar characteristics such as economic structure based on tourism, intense immovable property speculation, population growth, rich biodiversity provided by the biome Mata Atlântica, increase in environmental degradation, amongst others. The methodology and the indicators used were conceived by Souto (2005) for the analysis of coastal areas. There are indicators of sustainability based on the model pressure/state/response and on the six dimensions of sustainability - spatial, cultural, economic, social, ecological and political. The result is the classification of the towns as having a low, medium or high degree of anthropogenic impact and the indication of indexes of higher or lower impact in each town.

Key-words: coastal aerea; indicators of sustainability; geoprocessing; sustainable development.

Palavras-chave: zona costeira; indicadores de sustentabilidade; geoprocessamento; desenvolvimento sustentável.

1. Introdução

A zona costeira é definida no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro como sendo o espaço geográfico de interação do ar, da terra e do mar, abrangendo a faixa marítima e a faixa terrestre, incluindo seus recursos ambientais (MMA, PNGC, 1988). Caracteriza-se pela interdependência dos ecossistemas, do clima, da geomorfologia, da ocupação humana e de importantes processos da dinâmica física, química e biológica (CROSSLAND *et al*, 2005). A crescente ocupação e uso do solo de forma desordenada nestas regiões têm causado a degradação e destruição de muitos ambientes naturais e extinção de espécies. O gerenciamento costeiro visa o desenvolvimento sustentável nestas áreas e contribui para a prevenção da degradação dos ecossistemas. Para Sachs (2002) o conceito de desenvolvimento sustentável compreende várias dimensões, como a dimensão econômica, política, social, ecológica, espacial e cultural. Uma das ferramentas utilizadas para mensurar a sustentabilidade de um sistema é através de indicadores de sustentabilidade. Segundo Polette (2004), estes são úteis na avaliação do desenvolvimento de um sistema, podendo indicar o estado do meio ambiente, o desenvolvimento econômico e a dinâmica social. O modelo utilizado para estruturar os indicadores é baseado no modelo analítico Pressão-

Estado-Resposta, demonstrando a pressão ocasionada pelas atividades humanas sobre o meio, que afeta o seu estado e onde a sociedade responde com ações para prevenir ou mitigar os impactos negativos (WIENS e SILVA, 2006). Com base neste modelo analítico, Souto (2005) formulou e estruturou 41 indicadores de sustentabilidade para áreas costeiras, relacionados com as seis dimensões de sustentabilidade. Baseado nestes indicadores de sustentabilidade para áreas costeiras e utilizando a metodologia para o cálculo dos índices de Souto (2005) este trabalho tem a finalidade de analisar e comparar a sustentabilidade dos quatro municípios do litoral norte de São Paulo: Ubatuba, Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião.

2. Área de estudo

Os municípios do litoral norte de São Paulo, Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela estão inseridos na Região Administrativa de São José dos Campos e juntos compõem a região de Governo de Caraguatatuba (SMA, 2002), localizando-se entre a Serra do Mar e o Oceano Atlântico. Possuem algumas características peculiares como a predominância do bioma Mata Atlântica, que se compõe na região pela floresta ombrófila densa, restingas, manguezais, floresta de planície e ilhas oceânicas (São Paulo, 1996). O clima característico é o tropical úmido (PICINI *et al*, 2005). A economia dos municípios é baseada no turismo sazonal. São Sebastião possui o Porto de São Sebastião e a PETROBRÁS como fontes econômicas adicionais. Os municípios apresentam um alto índice de população flutuante, de residência temporária, utilizada nos fins de semana e temporada. Um dos fatores da degradação ambiental é a grande especulação imobiliária e o crescimento acelerado e desordenado causados pela procura turística. Os municípios não possuem infra-estrutura adequada para comportar a superpopulação em época de verão, nem para comportar a crescente população migrante que vem das regiões empobrecidas do Brasil em busca de emprego principalmente na construção civil e temporada de verão. Isto acarreta no aumento dos problemas sociais, ambientais e culturais (SÃO PAULO, 1996). A Figura 1 a seguir apresenta o mapa de localização dos quatro municípios do litoral norte de São Paulo, a partir de uma imagem do satélite Landsat.

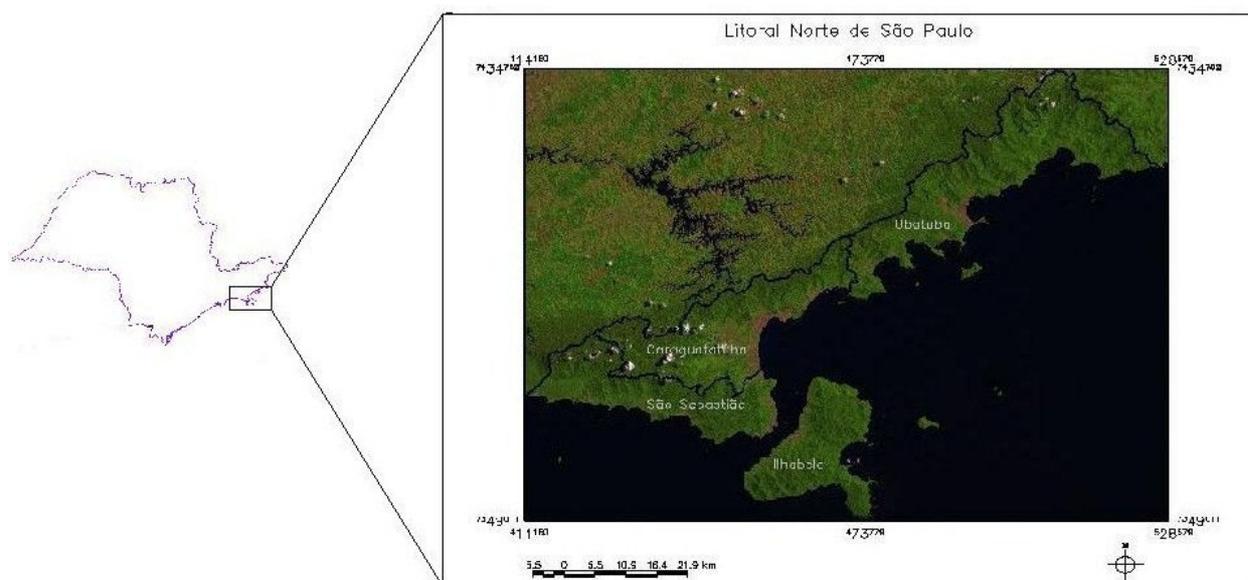


Figura 1 – Imagem Landsat/TM 3B4R5G de junho de 2006, adquirida sobre o Litoral Norte de São Paulo com as localizações dos municípios de Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela (Fonte: INPE).

Tabela 1. Informações referentes aos municípios do litoral norte de São Paulo: coordenadas geográficas, população (IBGE), área (IBGE), área urbanizada (SMA), impostos (IBGE), taxa de crescimento populacional (SEADE), IDH (IPEADATA).

Informações / municípios	Ubatuba	Caraguatatuba	Ilhabela	São Sebastião
Coordenadas geográficas	23°26'02"S	23°37'13"S	23°46'41"S	23°45'36"S
	45°04'16"W	45°24'47"W	45°21'29"W	45°24'35"W
População 2007	75008	88815	23886	67348
Área – 2007	712 km ²	484 km ²	348 km ²	403 km ²
Área urbanizada - 2005	28,81 km ²	41,61 km ²	12,92 km ²	26,69 km ²
Impostos 2005 -	42.957 mil reais	56.466 mil reais	13.430 mil reais	450.578 mil reais
Taxa de crescimento populacional anual -2007	3,06%	3,31%	3,86%	4,66%
IDH - 2000	0,795	0,802	0,781	0,798

3. Metodologia de Trabalho

A metodologia do presente trabalho teve como base revisar os 41 indicadores de sustentabilidade formulados por Souto (2005) e calcular os respectivos índices.

O trabalho iniciou-se com a aquisição de 47 dados básicos para cada um dos quatro municípios do litoral norte de São Paulo. Estes foram adquiridos segundo as seguintes fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Companhia do Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Departamento de Informática do Sistema único de Saúde (DATASUS), Prefeituras municipais, Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca da Presidência da República (SEAP) e na Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA).

A partir dos 47 dados básicos, calcularam-se os 41 índices de sustentabilidade (Tabela 2). Para os cálculos destes utilizaram-se as razões entre os parâmetros básicos conforme o objetivo de cada coeficiente. Após os cálculos, normalizaram-se as unidades dos indicadores simples, (fórmula de referência em: <http://www.iisd.org/cgsdi/dashboard.asp>), sendo que estes constituíram a base para as realizações das análises dentro das seis dimensões: social, econômica, ecológica, cultural, política e espacial.

Os índices agregados e os índices de cada dimensão foram calculados por média aritmética simples dos índices que os compunham. O Índice Geral de Impacto Antropogênico (IGIA) foi calculado por média ponderada dos índices das dimensões: social, econômica e ecológica, com peso 2; espacial e política, com peso 1,5; e cultural, com peso 1, respectivamente.

A partir dos IGIA calculados, iniciaram-se as classificações em relação ao grau de impacto, baixo, médio ou alto, para cada município, de acordo com a condição de classificação. Esta se faz com os valores dos IGIA, relacionando os três intervalos (baixo, médio, alto) referentes aos valores resultantes da média dos IGIA subtraída (L1) e somada (L2) do valor do desvio padrão. Os dados alfanuméricos foram geoprocessados de forma manual. Foi utilizado o SPRING 4.33 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, <http://www.dpi.inpe.br/spring/>) na geração dos índices e dos mapas.

Tabela 2- Indicadores agregados e indicadores simples

Dimensão	Indicador agregado	Indicador simples (coeficiente)	Tipo DPSIR*
A-Espacial	A1- Urbanização	A1a- C. de Urbanização	Pressão
	A2- Áreas Preservadas	A2a- C. de Cobertura por Mata Atlântica	Estado

	A3- Uso do Solo	A3a- C. de Cobertura por Lavoura Permanente	Pressão	
B-Cultural	B1- Bens Histórico-culturais	B1a- C. de Bens Histórico-Culturais	Resposta	
C-Econômica	C1- Emprego e Renda	C1a- C. de IDH-M Renda	Estado	
		C1b- C. da População na PEA	Estado	
		C1c- C. de Intensidade de Pobreza- ¼ Salário	Estado	
		C1d- C. de Intensidade de pobreza- ½ Salário	Estado	
	C2- Produto Interno Bruto	C2a- C. do PIB	Estado	
		C2b- C. de Participação da Indústria na Economia municipal	Pressão	
	C3- Pesca	C3a- C. de Aqüicultores	Pressão	
		C3b- C. de Pescadores	Pressão	
	C4- Empresas	C4a- C. de Valor Adicionado ao Serviço	Força diretora/resposta	
		C4b- C. de Estabelecimentos hoteleiros	Pressão	
	D-Ecológica	D1- Modificação da Paisagem	D1a- C. de Vegetação Secundária	Estado
			D1b- C. de Cobertura por Campo/Pastagem	Estado
			D1c- C. de Solo Exposto	Estado
E-Social	E1- Saúde	E1a- C. de IDH-M Longevidade	Estado	
		E1b- C. de Esperança de Vida ao Nascer	Impacto	
		E1c- C. de Mortalidade por Doenças Transmissíveis	Impacto	
		E1d- C. de Mortalidade Infantil	Impacto	
	E2- Saneamento	E2a- C. de Eficiência do Esgotamento Sanitário	Resposta	
		E2b- C. de Cobertura de Abastecimento de Água	Resposta	
		E2c- C. de Eficiência da Coleta Domiciliar de Lixo	Resposta	
		E2d- C. de Cobertura das Estações de Tratamento de Água	Resposta	
		E2e- C. de Eficiência de Tratamento de Esgoto	Resposta	
		E2f- C. de Atendimento da Rede de Esgoto	Resposta	
	E3- Educação	E3a- C. de IDH-M Educação	Estado	
		E3b- C. de Inserção na Escola	Estado	
		E3c- C. de Suficiência de Docentes	Resposta	
		E3d- C. de Analfabetismo	Estado	
	E4- Habitação	E4a- C. de Densidade Demográfica	Força diretora/pressão	
		E4b- C. de População em Aglomerados Sub-normais	Impacto/pressão	
		E4c- C. de Aglomeração Sub-normal	Impacto/pressão	
		E4d- C. de Densidade Demográfica Flutuante	Força diretora/pressão	
	E5- Segurança	E5a- C. de Homicídios	Impacto	
	F-Política	F1- Administração Pública	F1a- C. de Despesa Capital Municipal Total	Resposta
			F1b- C. de despesa Corrente Municipal	Resposta
			F1c- C. de Despesa Municipal por Função de Educação e Cultura	Resposta
			F1d- C. de Despesa Municipal por Função de Saúde e Saneamento	Resposta
F1e- C. de Despesa Municipal por Função de Segurança Nacional e Defesa Pública			Resposta	

* DPSIR: *driven-forces, pressure, state, impact and response*. (força diretora, pressão, estado, impacto e resposta).

4. Resultados e discussão

De acordo com a condição de classificação os limites entre classes de impacto calculados foram: $L1=0,32$ e $L2=0,57$, respectivamente. Assim, foi obtida a classificação relativa para os quatro municípios do litoral norte de São Paulo, ilustrada na Figura 2. Caraguatatuba foi classificado em alto grau de impacto antropogênico com IGIA de 0,63 Ubatuba, São Sebastião e Ilhabela foram classificados em médio grau de impacto antropogênico, sendo que os dois

primeiros com IGIA de 0,40 e Ilhabela com IGIA de 0,35. A comparação entre o IGIA dos municípios está exposta na Figura 3a.

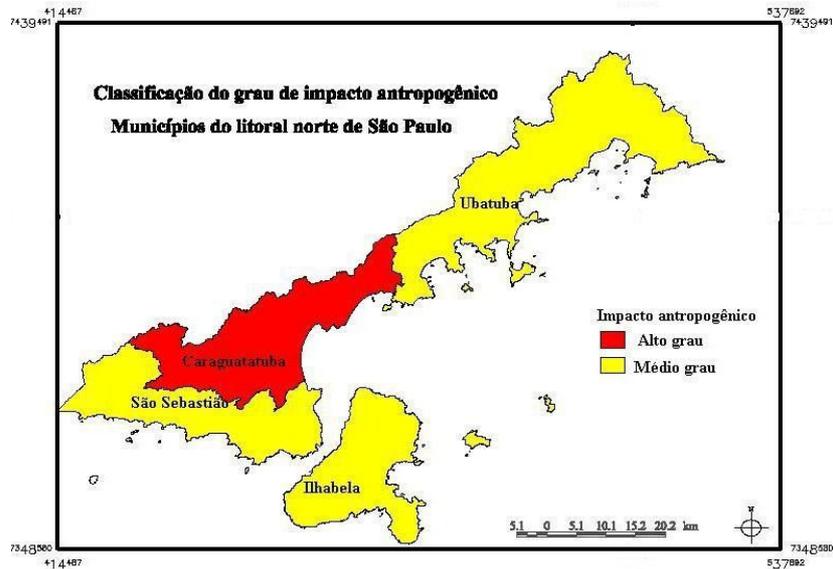


Figura 2- Mapa de classificação do grau de impacto antropogênico dos municípios do litoral norte de São Paulo.

Para as seis dimensões de sustentabilidade foram obtidos resultados médios referentes ao grau de impacto de cada dimensão. Na Figura 3b as dimensões são apresentadas de forma comparativa em relação aos valores médios de impacto. Seguindo a ordem decrescente de impacto tem-se a dimensão cultural (0,64) seguida da social (0,48), econômica (0,47), política (0,45), ecológica (0,39) e espacial (0,32), sucessivamente.

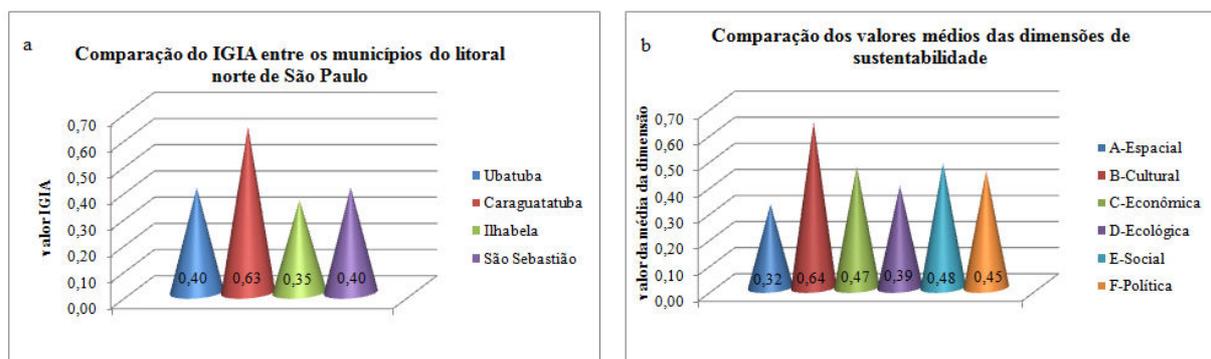


Figura 3a – Comparação do IGIA entre os quatro municípios do litoral norte de São Paulo. Figura 3b- Comparação entre os valores médios de impacto de cada uma das seis dimensões de sustentabilidade.

4.1 Índices simples de maiores impactos

A seguir são descritos os índices simples de maiores impactos entre os quatro municípios do litoral norte de São Paulo:

-Caraguatatuba: Urbanização, cobertura por Mata Atlântica, cobertura por lavoura permanente, bens histórico-culturais, População Economicamente Ativa, intensidade de pobreza $\frac{1}{4}$ do salário, participação da indústria na economia municipal, cobertura por campo/pastagem,

solo exposto, mortalidade por doenças transmissíveis, densidade demográfica, densidade demográfica flutuante, índice de homicídios, inserção na escola, suficiência de docentes.

-**São Sebastião:** PIB, valor adicionado ao serviço, IDH-M longevidade, esperança de vida ao nascer, cobertura de abastecimento de água e cobertura das estações de tratamento de água, suficiência de docentes, Despesa Capital Municipal Total, Despesa Corrente Municipal, Despesa Municipal por Função de Educação e Cultura e Despesa Municipal por Função de Saúde e Saneamento.

- **Ubatuba:** bens histórico-culturais, IDH-M renda, intensidade de pobreza linha ½ salário, número de aqüicultores e número de pescadores, vegetação secundária, mortalidade infantil, analfabetismo.

- **Ilhabela:** bens histórico-culturais, número de estabelecimentos hoteleiros, IDH-M longevidade, esperança de vida ao nascer, eficiência do esgotamento sanitário, eficiência da coleta de lixo domiciliar, atendimento da rede de esgoto, IDH-M educação, cobertura das estações de tratamento de água, mortalidade infantil, população em aglomerados sub-normais aglomeração sub-normal, Despesa Municipal por Função de Segurança Nacional e Defesa Pública.

A Figura 4 relaciona comparativamente os valores de impacto das seis dimensões de sustentabilidade para cada município do litoral norte de São Paulo, ilustrando de forma ampla os itens 4.1, 4.2 e 4.3.

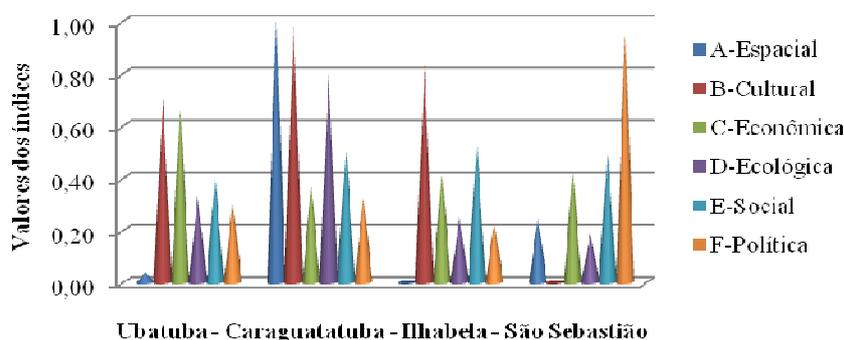


Figura 4– Gráfico ilustrativo e comparativo dos valores de impacto das seis dimensões de sustentabilidade para cada município do litoral norte de São Paulo.

4.2 Índices simples de menores impactos

Seqüencialmente são apresentados os índices simples de menores impactos entre os municípios do litoral norte de São Paulo:

- **Caraguatatuba:** Número de pescadores, número de estabelecimentos hoteleiros, IDH-M longevidade, esperança de vida ao nascer, eficiência do esgotamento sanitário, cobertura por abastecimento de água, cobertura das estações de tratamento de esgoto, eficiência do tratamento de esgoto, IDH-M educação, índice de analfabetismo, população em aglomerados sub-normais, índice de aglomeração sub-normal, Despesa por Função de Educação e Cultura.

-**São Sebastião:** Cobertura por Mata Atlântica, bens histórico-culturais, IDH-M renda, intensidade de pobreza linha ¼ do salário, intensidade de pobreza linha ½ salário, participação da indústria na economia municipal, vegetação secundária e cobertura por campo/pastagem, mortalidade por doenças transmissíveis e mortalidade infantil, eficiência do esgotamento sanitário, coleta domiciliar de lixo, eficiência de tratamento de esgoto e atendimento da rede de esgoto.

-Ubatuba: Cobertura por Mata Atlântica, urbanização, cobertura por lavoura permanente, PIB, valor adicionado ao serviço, cobertura por campo/pastagem e solo exposto, IDH-M longevidade, esperança de vida ao nascer, eficiência de tratamento de esgoto, inserção na escola e suficiência de docentes, coleta de lixo domiciliar, aglomeração sub-normal, Despesa Municipal por Função de Educação e Cultura, Despesa Municipal por Função de Segurança Nacional e Defesa Pública.

-Ilhabela: Urbanização, cobertura por Mata Atlântica, cobertura por lavoura permanente, População Economicamente Ativa, PIB, número de aqüicultores, participação da indústria na economia municipal, cobertura campo/pastagem, eficiência de tratamento de esgoto, densidade demográfica, densidade demográfica flutuante, coeficiente de homicídios, Despesa Capital Municipal Total, Despesa Corrente Municipal, Despesa Municipal por Função de Saúde e Saneamento.

Na dimensão espacial, o índice simples referente à Mata Atlântica apresentou índices altos, indicando uma boa cobertura florestal de Mata Atlântica para os municípios, visto que estes municípios possuem uma vasta legislação ambiental vigente. Ainda assim tem ocorrido muita ocupação irregular.

A dimensão cultural, que apresentou o maior índice de impacto, foi baseada em dados referentes ao número de bens-históricos tombados, número de bibliotecas, de cinemas, de teatros e de museus. Verificou-se a necessidade de mais investimentos no setor cultural dos municípios, mais incentivos culturais à população, aumentando o número de bibliotecas, incentivo à leitura, à música e às artes em geral.

Na dimensão econômica, os dados estão relacionados com o suporte empresarial dos municípios. Quando de forma positiva, com a geração de empregos e renda para a população e quando de forma negativa, indicando um impacto para o município, caso exista, de forma desordenada, um excesso de empreendimentos.

A dimensão social apresentou muito impacto para os quatro municípios. Os problemas podem estar relacionados com a crescente migração de populações das regiões empobrecidas do Brasil, que buscam empregos temporários e acabam se fixando nos municípios. Este crescimento sem planejamento urbano tem agravado os problemas sociais. Outro fator relevante é a densidade flutuante, que, na época de alta temporada, promove o aumento da densidade demográfica nos municípios. Este aumento da população, algumas vezes, acima do que os municípios comportam, acarreta em consumo dos recursos naturais e desgaste da infra-estrutura urbana, que não está planejada para atender uma superpopulação.

A dimensão política apresentou índice relativamente baixo de impacto, com exceção de São Sebastião que apresentou um índice muito elevado de impacto. Esta discrepância de valor é o resultado da razão entre a arrecadação de impostos e as despesas municipais com a população, visto que este município possui importantes fontes econômicas como o Porto de São Sebastião e a Petrobrás.

5. Conclusões

Os indicadores de sustentabilidade, baseados no modelo pressão-estado-resposta, que foram a base para as análises realizadas neste trabalho, proporcionou uma notável constatação da realidade social, econômica, cultural, política, espacial e ecológica dos municípios, demonstrando que a aplicação e avaliação destes indicadores é uma ferramenta útil às análises das atuais condições municipais ao aperfeiçoamento das políticas públicas atuais e futuras.

A partir dos valores do índice geral de impacto antropogenico para cada município do litoral norte de São Paulo pode-se averiguar, comparativamente entre os municípios, que Caraguatatuba,

o que apresentou maior valor do IGIA, igual a 0,63 foi classificado em alto grau de impacto antropogênico, Ubatuba e São Sebastião ambos com valor do IGIA igual a 0,40 e Ilhabela com valores do IGIA igual a 0,35, foram classificados em médio grau de impacto antropogênico.

As dimensões que apresentaram maiores impactos na região foram a cultural, social, econômica e política e as de menores valores de impacto foram a espacial e ecológica. Este parecer relaciona-se com os problemas apresentados pelos municípios, como a falta de infraestrutura destes para receber uma superpopulação durante a época de verão e população residente crescente, que vem de outros estados do Brasil a procura de melhores condições de vida e acabam se fixando na região. Este crescimento sem planejamento e gestão adequada contribui para que se agravem os problemas sociais, culturais e ambientais. Por isso, estudos que visem promover o desenvolvimento sustentável nas regiões costeiras são de grande importância e podem ser um auxílio no gerenciamento destas.

Agradecimentos

Agradeço ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, e às instituições que forneceram os dados e as informações úteis à realização deste trabalho, como: IBGE, IPEA, SABESP, DATASUS, SEAP, SMA, Prefeituras Municipais de Ubatuba, de Caraguatatuba, de São Sebastião e de Ilhabela.

Referências bibliográficas

CROSSLAND, C.L. at al. The Coastal Zone - A Domain of Global Interactions , in: CROSSLAND, C.L. at al. **Costal Fluxes in the Anthropocene: The Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Project of the International Geosphere-Biosphere Programme**. Springer, Berlin, NY, 2005. Cap 1, p.1-17.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. PNGC, **O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Lei 7661/88**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/sqa/projeto/gerco/capa/index.html>> acesso em 15/05/2008.

POLETTE, M. Turismo e Indicadores Ambientais: uma Chance para Alcançar a Sustentabilidade. In: **IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Socio-economicos do Pantanal**. Corumbá/MS, p.4, 2004.

PICINI, A.G.; VALERIANO, M.M.;NETO, F.L.; ZULLO J., J. Ajuste dos Simuladores de dados meteorológicos do Modelo EPIC para diferentes locais do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v9, n2, p239-246, Campina Grande, PB: DEAg/UFCG. 2005. Disponível em < <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401912/2005/10.07.10.57/doc/ajuste%20simuladores.pdf>> acesso em 20/05/2008.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Organização: Paula Yone Stroh. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 95p.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente. **Macro-zoneamento do Litoral Norte: plano de gerenciamento costeiro**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2 ed, 1996. 201p.

SMA, Secretaria do Meio Ambiente. **Subsídios para Elaboração do Plano de Ação e Gestão para o Desenvolvimento Sustentável do Litoral Norte**. São Paulo, 2002. 92p.

SOUTO, R.D. **Avaliação do Impacto Antropogênico na Zona Costeira do Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. 2005. 180 p. Monografia (graduação em Oceanografia). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2005.

WIENS, S. ; SILVA, C. L. . Indicadores de Qualidade Ambiental: uma análise comparativa. In: **I Seminário sobre Sustentabilidade**. Curitiba: UNIFAE. v1, p.11, 2006.