

## Séries temporais de imagens sub-orbitais e orbitais de alta resolução na avaliação da morfodinâmica praias no município do Cabo de Santo Agostinho – PE

Henrique José Lins Ferreira de Andrade<sup>1</sup>  
Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida<sup>1</sup>  
Carlos Alberto Borba Schuler<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária, 50740-530 - Recife - PE, Brasil  
henrique\_andradef@yahoo.com.br, henrique\_ravi@yahoo.com.br, cschuler@ufpe.br

**Abstract.** This article reports the research developed to assess the trend of beach morphodynamic, between 1975 and 2005 in the littoral strip of Cabo de Santo Agostinho, in Pernambuco state, about 14.51 km in length, between the UTM coordinates 9089000mN, 283300mE and 9077000mN, 289300mE, Zone 25, in reference system SAD 69. The evaluation of shoreline in temporal scale was based in the methodology investigation of cartography products of different epochs and high spacial resolution. Thus we used black and white orthophotocharts of 1975 and 1989 years and multispectral images of Quickbird satellite of 2005. Aiming to get more detailed results, the study area was divided into 6 beach sectors, from the vectorization of the shoreline in a commercial software (Arcview 9.2), it was observed that the dynamic coastal did not raise with the same intensity in all sectors during the observation period (1975-1989 and 1989-2005), showing the sector 6 erosive trend in both moments, while in the sectors 1 and 2 prevailed advances in the shoreline. Sectors 3, 4 and 5 showed alternations (forward / backward) in the shoreline. The results are of great importance for the city, providing subsidies for an assessment of possible impacts generated by disturbing factors of the dynamic coastal sediment.

**Palavras-chave:** ortophotocharts, beach erosion, ortofotocartas, erosão costeira.

### 1. Introdução

A linha de costa é sem dúvida uma das estruturas morfológicas mais dinâmicas do nosso planeta. Se do ponto de vista físico a linha de costa corresponde simplesmente à linha de interface entre a terra e o mar, a tentativa de delimitá-la torna-se bem mais complicado. A sua posição varia constantemente em várias escalas temporais: diárias, seculares e milenares, sendo afetada por inúmeros fatores, alguns de origem natural, como transporte de sedimentos, variações climáticas, variações do nível do mar e outros relacionados com a intervenção humana na zona costeira, como estradas, casas ou outro tipo de construções permanentes, bem como as interferências nos sistemas fluviais, fonte de sedimentos. Além disso, a extensão também sofre variação (cota e largura) devido a sua sensibilidade.

Como consequência destes fatores, o litoral pernambucano com aproximadamente 187 km de extensão, em geral, apresenta problemas erosivos, o que tem merecido atenção de alguns setores do poder público e da população atingida, que tem adotado medidas emergenciais e descontínuas, na maioria das vezes pouco eficazes. Em alguns trechos houve fortes intervenções públicas e particulares para controle e contenção da erosão marinha costeira, como nos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes, todos na Região Metropolitana do Recife.

Pesquisas técnico-científicas desenvolvidas no litoral do Estado mostram que existem muitos pontos de desequilíbrio, principalmente os relacionados ao balanço de sedimentos que é uma característica para que o perfil da costa seja mantido, e conseqüentemente, que não ocorram processos erosivos danosos e irreversíveis.

No caso particular deste estudo, dentre os vários métodos que podem ser utilizados para avaliar as tendências de comportamento da linha de costa em escalas temporal, adotou-se a análise seqüencial de ortofotocartas, pancromáticas, P & B, de dois anos distintos (1975 e

1989) e de imagens do satélite Quickbird do ano de 2005 para obter as taxas de variação da linha de costa ocorridas entre os anos de 1975 e 2005.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Localização e Delimitação da Área de Estudo

A área de estudo corresponde a faixa litorânea do Município do Cabo de Santo Agostinho-PE (Figura 1) com aproximadamente 14,51 km de extensão entre as coordenadas UTM 9089000mN, 283300mE e 9077000mN, 289300mE, Fuso 25, no sistema de referência SAD 69. Apresenta trechos cobertos com uma extensa faixa de coqueirais na praia do Paiva, passando por trechos com densidade de ocupações desordenadas e não dotadas de redes de infra-estrutura urbana nas praias de Itapuama, Enseada dos Corais e Gaibu, até a existência de sítio histórico composto por ruínas de edificações do século XVII no promontório do Cabo de Santo Agostinho, Bastos et al. (2003).

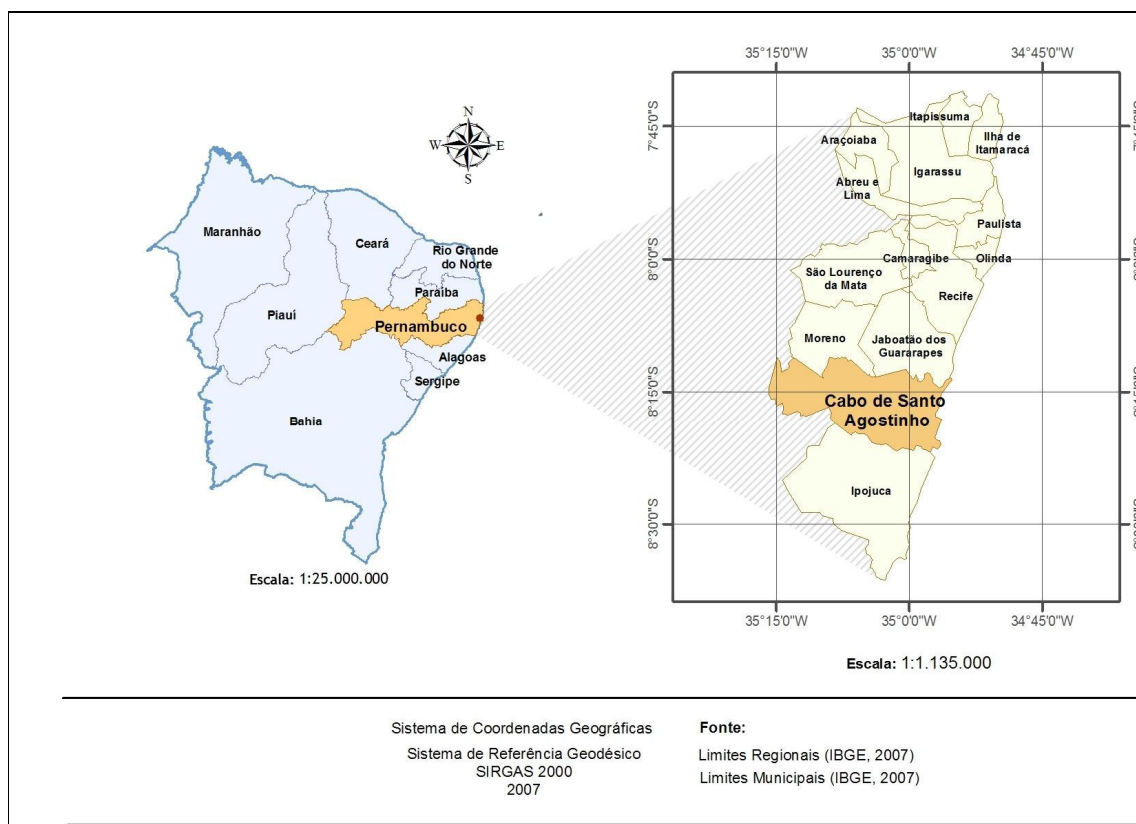


Figura 1. Mapa de Localização do Município do Cabo de Santo Agostinho.

Fonte: IBGE, 2007

### 2.2 Coleta de Dados

O início da coleta de dados para o trabalho baseou-se na metodologia de investigação de inventários de ciclos erosivos, que segundo Morais apud Duarte (2002) consiste na coleta histórica de materiais cartográficos temporais disponíveis que contemplem a área de estudo. A Tabela 1 apresenta os dados levantados.

Tabela 1. Dados coletados para execução do trabalho.

Materiais Coletados	Ano	Escala	Quantidade	Fonte
Ortofotocartas	1975	1:10.000	4	CONDEPE/FIDEM <sup>1</sup>
	1989	1:10.000	4	
	2006	1:5.000	9	COPERGÁS <sup>2</sup>
Mosaico de imagens do satélite Quickbird	2005	1:5.000	1	GEOSERE/UFRPE <sup>3</sup>
Fotografias Aéreas	1974	1:6.000	34	CONDEPE/FIDEM
	1986	1:6.000	26	
	1997	1:6.000	32	
Carta de Nucleação	2003	1:20.000	1	
Base Cartográfica	2002	1:2.000	1	SPU <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco.

<sup>2</sup> Companhia Pernambucana de Gás.

<sup>3</sup> Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

<sup>4</sup> Secretaria do Patrimônio da União.

### 2.3 Registro e Georreferenciamento das Imagens

Uma vez selecionadas as ortofotocartas e as imagens de satélite, tornou-se, então, necessário realizar o registro e o georreferenciamento das ortofotocartas dos anos de 1975 e 1989, pois imagens produzidas por sensores remotos ou escanizadas sem o necessário rigor geométrico para trabalhos fotogramétricos, sejam elas ortofotocartas, imagens de satélite e/ou fotografias aéreas, apresentam uma série de distorções espaciais, não possuindo, portanto, precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nelas representados. Os georreferenciamentos e os recortes das oito ortofotocartas foram realizados através do software comercial Arcview 9.2.

### 2.4 Mosaicagem das Imagens

Após o georreferenciamento das oito imagens (ortofotocartas), montaram-se dois mosaicos, um para o ano de 1975 e outro para o ano 1989, utilizando o software Arcview 9.2, a fim de obter uma única imagem da área de estudo.

Ao tratar da imagem do satélite Quickbird, não houve a necessidade de mosaicar a mesma, pois esta foi disponibilizada pela GEOSERE/UFRPE em uma única imagem (mosaico) georreferenciada que recobre toda área de estudo.

## 2.5 Divisão da Área em Setores Praiais e Vetorização das Linhas de Costa

Obtidos os mosaicos e a imagem do satélite Quickbird da área de estudo para os anos de 1975, 1989 e 2005, respectivamente, dividiu-se a faixa litorânea do município do Cabo de Santo Agostinho em seis sub-áreas (setores), delimitadas através de retângulos equivalentes e representados por suas respectivas coordenadas geodésicas (Figura 2). Esta divisão em setores baseou-se no trabalho de Madruga Filho (2004), que entre outros fatores, levou em consideração a presença ou não de recifes, erosão costeira e a ocupação da linha de costa. A Tabela 2 apresenta os setores, suas coordenadas UTM e geográficas, localizadas no fuso 25, meridiano central 33°W no Datum Sul-Americano SAD 69.

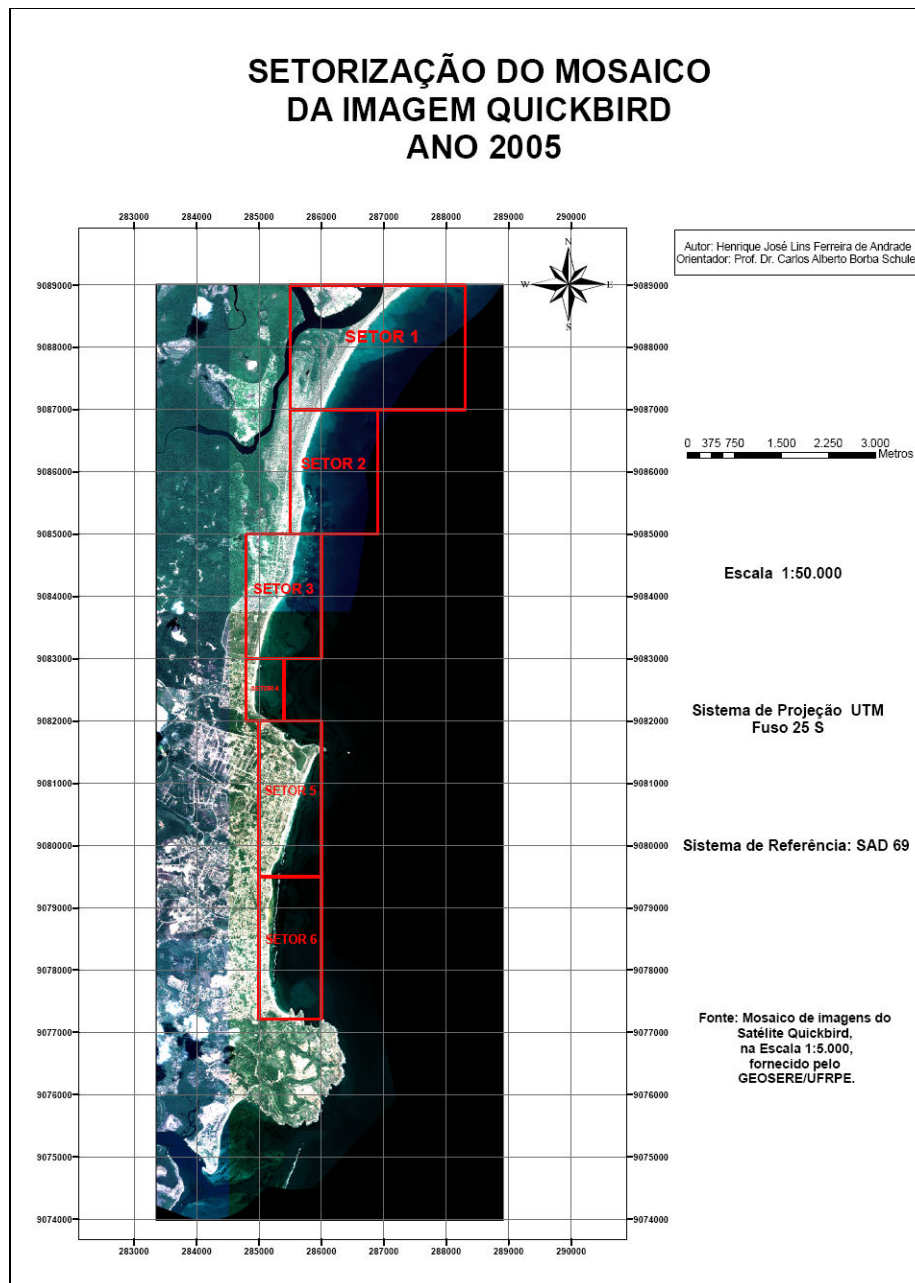


Figura 2. Setorização do Mosaico da Imagem Quickbird do ano de 2005.

Tabela 2. Divisão do litoral do Cabo de Santo Agostinho em setores.

Setor	Área Equivalente	Coordenadas UTM	Coordenadas Geográficas
1	Praia de Barra de Jangada e do Paiva	9089000mN, 285500mE a 9087000mN, 285500mE	$\phi$ :-08°14'12,88411" e $\lambda$ :-34°55' 12,08249" a $\phi$ :-08°15'17,50099" e $\lambda$ :-34°56' 50,40633"
2	Praia do Paiva	9087000mN, 286900mE a 9085000mN, 285500mE	$\phi$ :-08°15'17,72269" e $\lambda$ :-34°56' 04,66868" a $\phi$ :-08°16'22,59006" e $\lambda$ :-34°56' 50,72566"
3	Praia do Paiva	9085000mN, 286000mE a 9083000mN, 284800mE	$\phi$ :-08°16' 22,66958" e $\lambda$ :-34°56' 34,39008" a $\phi$ :-08°17' 27,56717" e $\lambda$ :-34°57' 13,91648"
4	Praia de Itapuama	9083000mN, 285400mE a 9082000mN, 284800mE	$\phi$ :-08°17' 27,66310" e $\lambda$ :-34°56' 54,31297" a $\phi$ :-08°18' 00,11153" e $\lambda$ :-34°57' 14,07730"
5	Praia de Itapuama e Enseada dos Corais	9082000mN, 286000mE a 9079500mN, 285000mE	$\phi$ :-08°18' 00,30332" e $\lambda$ :-34°56' 34,86931" a $\phi$ :-08° 19' 21,50447" e $\lambda$ :-34°57' 07,94512"
6	Praia de Gaibu	9079500mN, 286000mE a 9077212mN, 285001mE	$\phi$ :-08°19' 21,66467" e $\lambda$ :-34°56' 35,26991" a $\phi$ :-08°20' 35,96605" e $\lambda$ :-34° 57' 08,28178"

Para a análise evolutiva das linhas de costa de cada série temporal em formato vetorial, utilizou-se também o software Arcview 9.2, devido aos seus recursos existentes para vetorização e facilidades em trabalhar com imagens georreferenciadas. Após análise das imagens, em função da qualidade destas e da morfologia da área, determinou-se a linha de vegetação (Figura 3) como referencial para a vetorização da posição temporal da linha de costa.

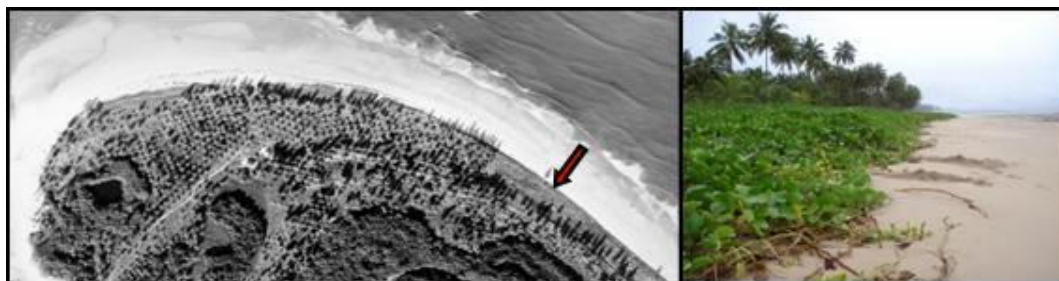


Figura 3. Representação da linha de vegetação, Cabo de Santo Agostinho (recorte), fotografia aérea de 1997.  
Fonte: CONDEPE/FIDEM.

Numa segunda etapa, abrem-se os mosaicos (ortofotocartas e imagem Quickbird) subdivididos em setores e vetoriza-se a linha de vegetação para cada série histórica.

## 2.6 Confecção de Mapas de Variação da Linha de Costa e Obtenção das Taxas de Variação de Linha de Costa (TVLC)

Através da superposição das imagens vetorizadas, verificaram-se as tendências evolutivas para a faixa litorânea da área de estudo, por setor, entre os anos de 1975 e 1989; 1989 e 2005; e 1975 e 2005. As áreas erodidas e acrescidas entre as linhas de costa foram vetorizadas e calculadas no Arcview 9.2, pela construção de polígonos equivalentes à área existente entre a posição da linha de costa no ano de referência (1975) e os anos de comparação (1989 e 2005) (Figura 4).

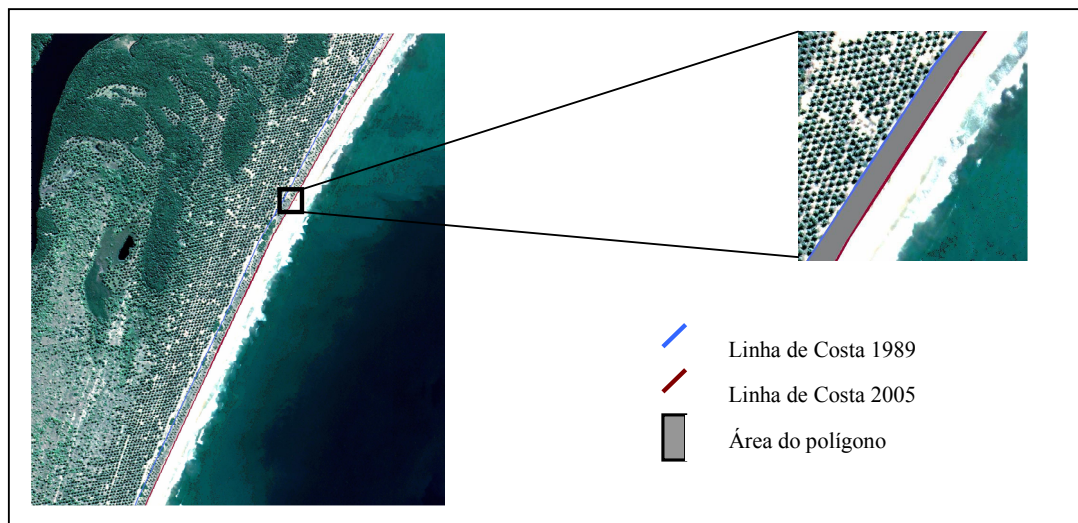


Figura 4. Exemplo do cálculo da área existente entre a posição da linha de costa entre os anos de 1989 e 2005.

Em seguida, com o objetivo de conhecer quais áreas estão sofrendo maior variação e as que merecem uma atenção prioritária em relação a outras, foram gerados dois mapas de variação de linha de costa para os períodos estudados 1975-1989 e 1989-2005.

A determinação das Taxas de Variação de Linha de Costa (TVLC) em cada setor para cada período foi calculada dividindo-se o saldo obtido (SD) entre a área acrescida (AC) e erodida (AE), pela extensão da linha de costa (ELC) vetorizada para o setor estudado (Equação 1).

$$TVLC = \frac{AC - AE}{ELC} \quad (1)$$

### 3. Resultados e Discussão

A partir dos resultados das áreas acrescidas e erodidas em todos os setores para cada período analisado, as TVLC da área considerada são apresentadas e discutidas a seguir:

**Período 1 (1975 a 1989)** – Os resultados obtidos para os 6 setores analisados (Tabela 3) apresentaram um total de área erodida de aproximadamente 64.028,00 m<sup>2</sup> (53,82%) enquanto que 54.948,00 m<sup>2</sup> (46,18%) marcaram as áreas de acreção ao litoral. A TVLC apresentou recuo da linha de costa com maior intensidade no trecho da praia do Paiva (setor 3), cerca de 9,83 m, correspondendo a uma área erodida de 22.916,00 m<sup>2</sup> (19,26%). O maior avanço foi encontrado ainda na praia de Barra de Jangada e do Paiva (setor 1) com 7,95 m e área acrescida à costa de 19.723,00 m<sup>2</sup> (16,58%). O trecho da praia de Itapuama e Enseada dos Corais (setor 5) registrou a menor variação (2,58 m).

Tabela 3. Resultados para as TVLC durante o período de 1975 e 1989. Recuo assinalado com sinal negativo e avanço representado pelo sinal positivo.

SETOR	ACRESCÃO		EROSÃO		SALDO (SD) (m <sup>2</sup> )	EXTENSÃO (ELC) (m)	TVLC (m)
	(m <sup>2</sup> )	46,18%	(m <sup>2</sup> )	53,82%			
Setor 1	19.723,00	16,58	0,00	0,00	19.723,00	2.479,92	+7,95
Setor 2	18.074,00	15,19	3.719,00	3,13	14.355,00	2.083,40	+6,89
Setor 3	489,00	0,41	22.916,00	19,26	-22.427,00	2.282,33	-9,83
Setor 4	7.789,00	6,55	3.666,00	3,08	4.123,00	1.539,18	+2,68
Setor 5	4.664,00	3,92	14.219,00	11,95	-9.555,00	3.700,21	-2,58
Setor 6	4.209,00	3,54	19.508,00	16,40	-15.299,00	2.427,10	-6,30

**Período 2 (1989 a 2005)** – Durante o intervalo estudado (Tabela 4), as áreas acrescidas ao litoral apresentaram um total de 116.000,00 m<sup>2</sup> (77,86 %), enquanto que as áreas erodidas marcaram 32.982,00 m<sup>2</sup> (22,14 %) da linha de costa. A análise dos dados históricos permite concluir que existe uma tendência progratante em 4 dos 6 setores estudados, sendo o setor 1 (praia do de Barra de Jangada e do Paiva), o que apresentou a maior TVLC, em torno de 21,06 m, correspondendo a uma acresção do litoral em cerca de 52.224,00 m<sup>2</sup> (35,05 %). O recuo mais significativo neste período está compreendido no setor 4 (praia de Itapuama), atingindo 3,40 m, caracterizando um processo erosivo de aproximadamente 6.223,00 m<sup>2</sup> (4,18 %) de área mobilizada. A menor variação sedimentológica foi registrada no setor 3 (praia do Paiva), apresentando avanço da linha de costa próximo de 1,49 m, correspondendo a uma área acrescida ao litoral de 9.803,00 m<sup>2</sup> (6,58 %).

Tabela 4. Resultados para as TVLC durante o período de 1989 e 2005. Recuo assinalado com sinal negativo e avanço representado pelo sinal positivo.

SETOR	ACRESCÃO		EROSÃO		SALDO (SD) (m <sup>2</sup> )	EXTENSÃO (ELC) (m)	TVLC (m)
	(m <sup>2</sup> )	77,86%	(m <sup>2</sup> )	22,14%			
Setor 1	52.224,00	35,05	0,00	0,00	52.224,00	2.479,92	+21,06
Setor 2	26.247,00	17,62	907,00	0,61	25.340,00	2.083,40	+12,16
Setor 3	9.803,00	6,58	6.405,00	4,30	3.398,00	2.282,33	+1,49
Setor 4	993,00	0,67	6.223,00	4,18	-5.230,00	1.539,18	-3,40
Setor 5	21.136,00	14,19	6.140,00	4,12	14.996,00	3.700,21	+4,05
Setor 6	5.597,00	3,76	13.307,00	8,93	-7.710,00	2.427,10	-3,18

A determinação dos valores erosivos dos recuos e avanços médios em cada setor (Tabela 5) corresponde à divisão do total de área erodida e acrescida neste pela extensão da linha de costa no trecho analisado.



Tabela 5. Comportamento (recoo e avanço) da Linha de Costa entre os anos de 1975 e 2005.

Setor	EXTENSÃO (ELC)	EROSÃO		ACRESÇAÇÃO		RECOO MÉDIO (RM)		AVANÇO MÉDIO (AM)	
		1975/1989 (m <sup>2</sup> )	1989/2005 (m <sup>2</sup> )	1975/1989 (m <sup>2</sup> )	1989/2005 (m <sup>2</sup> )	1975/1989 (m)	1989/2005 (m)	1975/1989 (m)	1989/2005 (m)
1	2.479,92	0,00	0,00	19.723,00	52.224,00	0,00	0,00	7,95	21,06
2	2.083,40	3.719,00	907,00	18.074,00	26.247,00	1,79	0,44	8,68	12,60
3	2.282,33	22.916,00	6.405,00	489,00	9.803,00	10,04	2,81	0,21	4,30
4	1.539,18	3.666,00	6.223,00	7.789,00	993,00	2,38	4,04	5,06	0,65
5	3.700,21	14.219,00	6.140,00	4.664,00	21.136,00	3,84	1,66	1,26	5,71
6	2.427,10	19.508,00	13.307,00	4.209,00	5.597,00	8,04	5,48	1,73	2,31

#### 4. Conclusões

As dinâmicas costeiras não se manifestaram com a mesma intensidade ao longo de todos os setores nos períodos observados (1975-1989 e 1989-2005), apresentando, o setor 6 tendência erosiva nos dois momentos, enquanto que os setores 1 e 2 prevaleceu avanços da linha de costa. Os setores 3, 4 e 5 indicaram alternâncias (avanços/recoos) da linha de costa. Os resultados obtidos são de grande importância para determinação das tendências evolutivas no litoral do Município do Cabo de Santo Agostinho, fornecendo subsídios para uma avaliação de possíveis impactos gerados por fatores perturbadores da dinâmica sedimentar costeira, como também auxiliar com outros estudos de evolução da linha de costa para a região litorânea, provendo dados históricos à órgãos e entidades de planejamento urbano, auxiliando no ordenamento racional da faixa litorânea.

#### Agradecimentos

Os autores do artigo agradecem ao GEOSERE/UFPE pela cessão da imagem Quickbird e a empresa IMAGEM pelo fornecimento de uma licença de um ano do software ArcGIS 9.2, bases para elaboração deste trabalho. E ao PIBIC – CNPq/UFPE pela concessão de uma bolsa de Iniciação Científica ao discente Henrique José Lins Ferreira de Andrade.

#### Referências Bibliográficas

- Bastos, E.; Olinto, A.; Gondim, D. O.; Lins, M. V. B.; Falcão, D. B.; Abu-Adiya, S. N.; Albuquerque, V. **Projeto Orla: Perfil Socioeconômico e Ambiental (Cabo de Santo Agostinho)**. Pernambuco, 2003. 158 p.
- Duarte, R. X. **Caracterização Morfo-Sedimentológica e Evolução de Curto e Médio Prazo das Praias do Pina, Boa Viagem e Piedade, Recife/Jaboatão dos Guararapes – PE**. 2002. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2002.
- Madruga Filho, J. D. **Aspectos Geoambientais entre as praias do Paiva e Gaibu, Município do Cabo de Santo Agostinho (Litoral Sul de Pernambuco)**. 2004. 252 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2004.