



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

CARLOS EDUARDO GUEDES SILVA DE OLIVEIRA FABIN

**BALANÇO SEDIMENTAR DA BAÍA DE SUAPE/PE ENTRE OS ANOS DE 1994 E  
2007: consequências ambientais**

Recife  
2018

CARLOS EDUARDO GUEDES SILVA DE OLIVEIRA FABIN

**BALANÇO SEDIMENTAR DA BAÍA DE SUAPE/PE ENTRE OS ANOS DE 1994 E  
2007: consequências ambientais**

Dissertação que apresenta a Pós-graduação em Geociência da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

**Orientador:** Profº Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso

Recife

2018

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

F119b Fabin, Carlos Eduardo Guedes Silva de Oliveira.  
Balanço sedimentar da Baía de Suape/PE entre os anos de 1994 e 2007:  
consequências ambientais / Carlos Eduardo Guedes Silva de Oliveira Fabin - 2018.  
146 folhas, il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de  
Pós-Graduação em Geociências, 2018.  
Inclui Referências e Anexos.

1. Geociências. 2. Baía de Suape. 3. Balanço sedimentar. 4. Batimetria.  
I. Manso, Valdir do Amaral Vaz (Orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-409

CARLOS EDUARDO GUEDES SILVA DE OLIVEIRA FABIN

**BALANÇO SEDIMENTAR DA BAÍA DE SUAPE/PE ENTRE OS ANOS DE 1994 E  
2007: consequências ambientais**

Dissertação que apresenta a Pós-graduação em Geociência da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geociências:  
Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Aprovada em: 27/08/2018

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rochana Campos de Andrade Lima Santos (Examinadora Externa)  
Universidade Federal de Alagoas

## RESUMO

Este estudo tem como objetivo uma análise detalhada do balanço sedimentar na Baía de Suape, localizada no Estuário Ipojuca, litoral sul do estado de Pernambuco, próxima ao Complexo Industrial e Portuário de Suape, com intuito de definir a magnitude e a direção do transporte de sedimentos, localizar trechos onde ocorre erosão e deposição, e quantificá-los. Esta análise foi feita a partir de dados batimétricos obtidos em um intervalo de treze anos, entre 1994 e 2007. Esses dados possibilitam o mensuramento da profundidade para determinação da topografia do leito de fundo e a confecção de mapas temáticos, perfis batimétricos e cubagem, para o cálculo dos volumes de erosão e de sedimentação. A partir do processamento e análise dos dados, foi possível gerar a morfologia do relevo submerso da área de estudo e observar o rebaixamento das cotas batimétricas em várias áreas da Baía e sedimentação mais restrita, próximo à linha de recifes. A cubagem representa que a perda do volume sedimentos foi bem superior em relação ao volume de deposição. Foi erodido um volume de 1.331.236,46m<sup>3</sup> de sedimentos e apenas 192.481,27m<sup>3</sup> foram depositados, evidenciando que a Baía de Suape apresenta um balanço sedimentar negativo. Foram analisadas várias hipóteses na tentativa de explicar a causa desse impacto negativo que a baía vem passando e as principais evidências propostas são consequências das grandes modificações antrópicas ao longo dos anos, que modificaram as circulações das correntes internas do estuário e deriva litorânea, que estão principalmente relacionadas com a construção do Complexo Industrial Portuário de Suape.

**PALAVRAS-CHAVE:** Baía de Suape. Balanço sedimentar. Batimetria.

## **ABSTRACT**

This study aims at a more detailed analysis of the balance in the Bay of Suape, located in the State of Ipojuca, south coast of the state of Pernambuco, near the Industrial Complex and the Port of Suape, in order to define the magnitude and direction of transportation of sediments, locate places where erosion and deposition occurs, and quantify them. This analysis was made from a 13-year interval between 1994 and 2007. These data can be measured to determine the depth of a bottom bed and the confection of thematic maps, bathymetric profiles and cubing for the calculation of erosion and sedimentation volumes. From the data processing and analysis, it was possible to generate a morphology of the submerged relief in the area of study and visualization of the lowering of the bathymetric dimensions in several areas of the Bay and more restricted sedimentation, near the reef line. The cube represents the loss of sediment volume was much higher in relation to the deposition volume. It was a volume of 1,331,236.46m<sup>3</sup> of sediments and only 192,481,27m<sup>3</sup> were deposited, evidencing that the Bay of Suape presents a negative sedimentary balance. Issues such as the improvement in the probability of obtaining a moderate degree of growth and sometimes greater than the growth rate of the internal and subsequent options of the year, which are modified as those related to the construction of the Suape Port Industrial Complex.

**KEYWORDS:** Suape Bay. Sedimentary balance. Bathymetry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Esquema de funcionamento da batimetria em tempo real.....	22
Figura 2 –	Definições de Profundidades .....	25
Figura 3 –	Prismóide para o cálculo do volume.....	26
Figura 4 –	Mapa de localização área de estudo (em vermelho) na Baía de Suape.....	27
Figura 5 –	Baía de Suape, vista da linha de cais e terminal de contêiner do Porto de Suape. A área de estudo apresenta delimitada em vermelho.....	28
Figura 6 –	Beachrocks paralelos à linha de costa e delimitam a porção leste da área de estudo.....	28
Figura 7 –	Foz dos rios Massangana e Tatuoca. É possível observar que após a construção do canal de navegação do Porto Interno de Suape, as águas do rio Tatuoca deságuam tanto na área de estudo, como também na região portuária.....	29
Figura 8 –	Abertura natural (seta em vermelho) entre a linha de linha de beachrocks e o Promotório de Cabo de Santo Agostinho, por onde dá influência marinha diretamente na área de estudo.....	30
Figura 9 –	Abertura devido à derrocagem dos beachrocks (seta em vermelho) para dar acesso ao Porto de Interno de Suape.....	30
Figura 10 –	Vias de acesso para a área de estudos .....	31
Figura 11 –	Vista aera do Complexo industrial Portuário de Suape. É possível obervar o enroamento que delimita o Porto externo, o canal de navegação que delimita o Porto Interno e a faixa de construção e aterro, onde se localizam os cais, terminais de contêiners, etc .....	35
Figura 12 –	Costão rochoso da Praia de Santo Agostinho. É possível observar ruínas de um antigo forte e a ausência de construções recentes.....	36

Figura 13 –	Praia do Paraíso. Constituída por um costão rochoso e pouco ou nenhuma faixa de praia .....	37
Figura 14 –	Praia de Suape próximo a desembocadura do rio Massangana.....	37
Figura 15 –	Eco Resort do Cabo.....	38
Figura 16 –	Mapa de Isoietas do Cabo de Santo Agostinho e municípios vizinhos.....	40
Figura 17 –	Delimitação das principais Bacias Hidrográficas da área de estudo.....	46
Figura 18 –	Localização da Bacia de Pernambuco e bacias adjacentes, bacia da Paraíba e Plataforma de Natal, ambas ao norte e Bacia de Alagoas ao Sul.....	48
Figura 19 –	Mapa esquemático da Bacia de Pernambuco apresentando seus domínios estruturais.....	51
Figura 20 –	Modelo esquemático da evolução da Bacia de Pernambuco, ao sul da ZCPE e da Bacia da Paraíba ao norte. 1 - Rifte do Cupe, 2 - Zona de Cisalhamento de Patos, 3 - Zona de Cisalhamento de Pernambuco, 4 – Alto de Tamandaré, 5 – Graben de Olinda, 6 – Graben de Piedade, 7 – Granito do Cabo de Santo Agostinho, 8 – Graben do Cupe, 9 – Sub-Bacia de Canguaretama, 10 – Sub-Bacias Alhandra/Miriri, 11 – Sub-Bacia Olinda, 12 – Talude da Bacia da Paraíba, 13 – Alto de Mamanguape, 14 – Alto de Goiana.....	53
Figura 21 –	Mapa geológico da região de Suape.....	64
Figura 22 –	Mapa com as principais unidades geomorfológicas da região de Suape.....	66
Figura 23 –	Projeto executivo “Engordamento Emergencial da Praia de Suape” na imagem do Google Earth de 2016. As linhas correspondem as curvas de nível referentes as cotas batimétricas, a área em amarelo corresponde a delimitação do aterro hidráulico e as áreas em azul e	

	verde, a delimitação da jazida para a obra de engorda.....	69
Figura 24 –	Levantamento batimétrico de 2007 da Baía de Suape e nos rios Tatuoca, e Massangana. As linhas em preto indicam a rota da embarcação e sobre elas, foram registradas as profundidades.....	70
Figura 25 –	Gráfico demonstrando o prisma de maré das estações de Suape, Píer e casa Verde.....	71
Figura 26 –	Superfície batimétrica 2D da Baía de Suape no Google Earth, referente ao levantamento batimétrico realizado no ano de 1994. A escala gráfica de cores é representa a profundidade local, as cores quentes (vermelho a amarelo) correspondem às cotas mais rasas e as cores frias (verde a roxo) as cotas mais profundas.....	73
Figura 27 –	Modelagem 3D da superfície batimétrica de 1994 da Baía de Suape, vista de SSE para NNW.....	74
Figura 28 –	Modelagem 3D da superfície batimétrica de 1994 da Baía de Suape, vista de NW para SE.....	74
Figura 29 –	Superfície batimétrica 2D da Baía de Suape no Google Earth, referente ao levantamento batimétrico realizado no ano de 2007. A escala gráfica de cores é representa a profundidade local, as cores quentes (vermelho a amarelo) correspondem às cotas mais rasas e as cores frias (verde a roxo) as cotas mais profundas.....	75
Figura 30 –	Modelagem 3D da superfície batimétrica de 2007 da Baía de Suape, vista de SSE para NNW.....	76
Figura 31 –	Modelagem 3D da superfície batimétrica de 2007 da Baía de Suape, vista de NW para SE.....	76
Figura 32 –	Localização dos perfis batimétricos.....	77
Figura 33 –	Perfil batimétrico longitudinal 1 da batimetria feita em 1994.....	78
Figura 34 –	Perfil batimétrico longitudinal 2 da batimetria feita em 1994.....	78

Figura 35 –	Perfil batimétrico longitudinal 3 da batimetria feita em 1994.....	79
Figura 36 –	Perfil batimétrico transversal 4 da batimetria feita em 1994.....	79
Figura 37 –	Perfil batimétrico transversal 5 da batimetria feita em 1994.....	80
Figura 38 –	Perfil batimétrico longitudinal 1 da batimetria feita em 2007.....	80
Figura 39 –	Perfil batimétrico longitudinal 2 da batimetria feita em 2007.....	81
Figura 40 –	Perfil batimétrico longitudinal 3 da batimetria feita em 2007.....	81
Figura 41 –	Perfil batimétrico transversal 4 da batimetria feita em 2007.....	81
Figura 42 –	Perfil batimétrico transversal 4 da batimetria feita em 2007.....	81
Figura 43 –	Comparação entre os levantamentos batimétricos dos anos de 1994 e 2007. A seta em rosa indica os pontos usados na comparação entre as batimetria. As figuras de 44a) até 44d) mostram locais onde houve rebaixamento de leito (erosão) e a figura 44e) indica o local próximo aos bechrocks onde houve sedimentação.....	84
Figura 44–	Mapa de subtração dos valores de profundidade dos levantamentos batimétricos dos anos de 1994 e 2007.....	86
Figura 45 –	Perfil batimétrico longitudinal 1 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.....	87
Figura 46 –	Perfil batimétrico longitudinal 2 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.....	87
Figura 47 –	Perfil batimétrico longitudinal 3 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.....	88

Figura 48 –	Perfil batimétrico transversal 4 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.....	88
Figura 49 –	Perfil batimétrico transversal 5 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.....	89
Figura 50 –	Visualização do sólido do projeto em 3D.....	90
Figura 51 –	Seção transversal 00+00 do projeto.....	90
Figura 52 –	Seção transversal 00+00 do projeto até a 23+00.....	91
Figura 53 –	Localização das seções transversais no Google Earth.....	91
Figura 54 –	Seção transversal 09+00 utilizada no cálculo do volume...	93
Figura 55 –	Seção transversal 19+00 utilizada no cálculo do volume...	94
Figura 56 –	Enrocamento rochoso na praia de Suape.....	97
Figura 57 –	Estrutura de contenção por troncos de madeira nas adjacências do Eco Resort do Cabo.....	97
Figura 58 –	Baía de Suape, antes da construção do Complexo Portuário de Suape (modificado de Almeida, 2003).....	98
Figura 59 –	Estuário do Ipojuca no ano de 1968, antes da implantação do Porto de Suape.....	99
Figura 60 –	Porto de Suape impedindo a comunicação dos Rios Ipojuca e Merepe com a Baía de Suape.....	100
Figura 61 –	Estuário do Ipojuca atualmente, após da implantação do Porto de Suape.....	100
Figura 62 –	Principais modificações antrópicas no Estuário do Ipojuca, após da implantação do Porto de Suape e ocupação da faixa costeira das praias de Suape e Paraíso.....	102
Figura 63 –	Modelo de circulação das correntes da Baía de Suape antes da construção do Porto de Suape.....	103
Figura 64 –	Modelo de circulação das correntes da Baía de Suape após da construção do Porto de Suape.....	104
Figura 65 –	Foz dos rios Ipojuca e Merepe. A coloração amarronzada mostra uma grande quantidade de sedimentos	

	transportados por tração e suspensão.....	105
Figura 66 –	Possíveis causas que promovem o balanço sedimentar negativo na Baía de Suape. As setas em verde apontam a diminuição dos sedimentos transportados pelo rio Tatuoca para a Baía. As setas em vermelho indicam a entrada do aporte sedimentar dentro da zona portuária de Suape após as obras de dragagem do canal de navegação. As setas em laranja indicam interrupção da deriva litorânea e as setas em rosa indicam a interrupção de entrada de sedimentos após a construção do molhe externo. A área em verde indica o local onde houve dragagem e em amarelo os locais de ocupação irregular nas praias de Suape, Paraíso e Cabo de Santo Agostinho.....	106

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 –	Causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil.....	20
Tabela 2 –	Tabela informando as áreas em hectare das principais obras modificadoras do Estuário do Ipojuca.....	103

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>17</b>
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3</b>	<b>BALANÇO SEDIMENTAR.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>NÍVEIS DE REDUÇÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>MAPA DE CUBAGEM .....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>LOCALIZAÇÃO DA ÁREA .....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>ASPECTOS HISTÓRICOS DO PORTO (PLANO DIRETOR DE SUAPE-PDZ).....</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>ASPECTOS AMBIENTAIS DAS PRAIAS DE SUAPE, PARAÍSO E CABO DE SANTO AGOSTINHO.....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>ASPECTOS GERAIS DA ÁREA.....</b>	<b>39</b>
10.1	CLIMA.....	39
10.2	VENTOS.....	40
10.3	MARÉS.....	41
10.4	ONDAS.....	42
10.5	CORRENTES.....	43
10.6	SALINIDADE.....	44
10.7	REDE HIDROGRÁFICA.....	45
10.7.1	Bacia do Massangana.....	45
10.7.2	Baciado Ipojuca.....	45
10.7.3	Bacia do Merepe.....	46
10.8	MATERIAL EM SUSPENSÃO.....	47
<b>11</b>	<b>ORIGEM E EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA BACIA DE PERNAMBUCO.....</b>	<b>48</b>
11.1	ESTRATIGRAFICA DA BACIA DE PERNAMBUCO.....	54
11.1.1	Formação Cabo.....	54
11.1.2	Suíte Magmática Ipojuca (SMI).....	55
11.1.3	Formação Suape.....	55
11.1.4	Formação Paraíso.....	56

11.1.5	Formação Algodois.....	57
11.1.6	Formação Barreiras.....	58
11.2	ESTRATIGRAFICA DO QUATERNÁRIO DA ÁREA DE SUAPE.....	58
11.2.1	Terraços Marinheiros Pleistocênicos (QTP).....	59
11.2.2	Terraços Marinheiros Holocênicos (QTH).....	60
11.2.3	Depósitos Fluvio-Lagunares (QDF).....	61
11.2.4	Depósitos Praiais (QP).....	61
11.2.5	Recifes (Qap).....	62
<b>12</b>	<b>GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>65</b>
<b>13</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>67</b>
<b>14</b>	<b>BATIMETRIA.....</b>	<b>68</b>
14.1	BATIMETRIA DE 1994.....	68
14.2	BATIMETRIA DE 2007.....	69
<b>15</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>72</b>
15.1	BATIMETRIA.....	72
15.2	PERFIS BATIMÉTRICOS.....	78
15.2.1	Perfis Longitudinais da Batimetria de 1994.....	79
15.2.2	Perfis Transversais da Batimetria de 1994.....	80
15.2.3	Perfis Longitudinais da Batimetria de 2007.....	81
15.2.4	Perfis Transversais da Batimetria de 2007.....	82
15.3	COMPARAÇÃO ENTRE AS BATIMETRIAS.....	83
15.4	CUBAGEM.....	90
<b>16</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>94</b>
16.1	DIMINUIÇÃO DO APORTE SEDIMENTAR.....	100
16.2	DESEQUILÍBRIO BAÍA POR CONTA DAS OBRAS DE DRAGAGEM.....	103
16.3	OCUPAÇÃO IRREGULAR DAS PRAIAS DE SUAPE E PARAÍSO.....	103
16.4	PROPOSTAS PARA ATENUAR A EROÇÃO NA BAÍA DE SUAPE.....	104
<b>17</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>105</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXO A – MAPA DE CUBAGEM.....</b>	<b>114</b>
	<b>ANEXO B – SECÇÕES TRANSVERSAIS.....</b>	<b>121</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A linha de costa é um elemento geomorfológico que apresenta alta dinâmica espacial decorrente de respostas a processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências. Suas mudanças de posição são de natureza complexa, envolvendo diversos processos ligados à elevação do nível do mar (em curto e longo prazo), balanço de sedimentos, movimentos tectônicos e reológicos e antrópicos (Camfield&Morang, 1996).

Uma forma de quantificar a erosão costeira é a relação entre a quantidade de sedimentos que entra e a quantidade de sedimentos que sai de um mesmo sistema através do balanço sedimentar. Este é utilizado para quantificar os fenômenos erosivos, as taxas de transporte no litoral e compreender os processos costeiros (Bowen e Inman, 1966; Rosati, 2005).

Em áreas onde se verifica que o suprimento de sedimento é contínuo, o resultado é o avanço da posição da linha de costa. No caso contrário, quando o aporte de sedimentos à praia é menor que a migração, tanto para a plataforma interna adjacente, como lateralmente, caso particular das baías, é observado o recuo da referida linha, que caracteriza como o processo erosivo.

A zona Costeira de Pernambuco tem suportado um grande crescimento, acompanhado pela ocupação desordenada, devido a atividades agrícolas (principalmente plantio de cana-de-açúcar para produção de álcool e açúcar), industriais (Complexo Portuário de Suape com instalação da Refinaria Abreu e Lima, Estaleiro Atlântico Sul, Gerdau, CSN, entre outras) e turismo (principalmente o segmento de sol e praia, com construções de enormes resorts e luxuosos hotéis, além de restaurantes e lojas de artesanatos), estão conduzindo a descaracterização destas áreas.

Desse modo, vários pontos da costa pernambucana encontram-se em desequilíbrio, apresentando erosão marinha progressiva que varia de moderada a severa, para a qual ainda não se dispõe de um diagnóstico preciso, dada a inexistência de séries históricas de dados necessários ao entendimento das causas locais e regionais.

A Baía de Suape vem passando grandes intervenções, consequência direta da construção e ampliação do Complexo Portuário de Suape. Em virtude disso, são

de grande utilidade os estudos científicos com o objetivo de se conhecer as condições ambientais atuais e as variações da morfodinâmica praial, sedimentologia e morfologia de fundo da baía, as quais irão subsidiar futuras intervenções visando o equilíbrio ambiental da área.

## **2 OBJETIVO**

Este trabalho tem por objetivo a compreensão dos processos morfodinâmicos que ocorrem na Baía de Suape a partir de trabalhos de geologia. Analisar o balanço de sedimentar para se verificar os locais onde estão ocorrendo processos erosivos e/ou deposicionais na área de estudo

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reunir dados batimétricos antigos na Baía de Suape;
- Cubagem, para aferir se área de estudo apresenta balanço sedimentar positivo ou negativo e quantifica-lo;
- Utilização de imagens de satélite e fotografias aéreas para identificação das características morfológicas e as principais modificações antrópicas.

### 3 BALANÇO SEDIMENTAR

O conceito de balanço de sedimentos, aplicado às zonas costeiras, foi desenvolvido com o objetivo de definir a magnitude e a direção do transporte de sedimentos de uma determinada região de interesse como, por exemplo, os trechos de erosão e sedimentação ao longo de uma praia e também ajuda a prever possíveis cenários para sua posição.

Os processos erosivos ocorrem quando a quantidade de sedimentos que sai do sistema é superior à quantidade que entra, gerando um balanço sedimentar negativo e a situação contrária verifica-se um balanço sedimentar positivo (Rosati, 2005).

Segundo Davis (1997), em praias arenosas os processos de deposição e erosão são controlados por um equilíbrio dinâmico que envolve três componentes principais:

- I. A quantidade e tipo de sedimentos disponíveis
- II. Energia física ao longo da costa e
- III. Mudanças do nível do mar

Em escala de curto prazo (anos e décadas), sem influência das variações relativas do nível do mar, o estoque de sedimentos contidos em uma praia pode ser definido como o volume de sedimentos dentro da praia e aqueles que se movem através da praia, e num dado trecho da praia corresponde ao resultado do balanço entre adição e remoção dos sedimentos (Rosati, 2005).

O balanço de sedimentos flutua em um determinado intervalo de tempo, principalmente sob influência de tempestades. Enquanto que o estoque de sedimentos pode ser quantificado, a taxa de suprimento para um intervalo de tempo é muito difícil de ser calculada, principalmente pelas incertezas existentes no cálculo da deriva litorânea (transporte de sedimentos ao longo da costa), e deste modo a quantidade total de sedimentos envolvida no balanço sedimentar.

As planícies costeiras, mais especificamente, as faixas de praia são áreas altamente dinâmicas e vulneráveis a modificações na dinâmica natural e as diferentes formas de uso e ocupação desta área. De acordo com Muehe (2001), quando nestes ambientes o processo de transporte de sedimento é alterado por

destruição da vegetação ou construção de infraestrutura urbana, provocam-se alterações no balanço sedimentar e, por conseguinte, na estabilidade da linha de costa, ocasionando em perdas por erosão.

Segundo Schwartz e Taggart (1987), quando se constrói um condutor de correntes ou um molhe, estão criando uma barreira física para um elemento presente ao entorno dos mesmos. Basicamente os elementos que ficam sujeitos a esta barreira são os sedimentos arenosos transportados por um sistema de correntes: a deriva costeira. Dessa forma, como afirma Jacobsen e Schwartz (1981), a existência de uma barreira em uma região costeira arenosa provoca uma interrupção na deriva litorânea local provocando assim uma acumulação a montante da direção de deriva seguida de uma erosão de sedimentos arenosos a jusante. Em outras palavras há uma quebra no perfil de equilíbrio do balanço sedimentar nas praias adjacentes a esta construção.

A tabela a seguir mostra as principais causas naturais e antrópicas que geram erosão costeira no litoral brasileiro.

Tabela 1- Causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil.

Causas naturais			Causas antrópicas		
1	Dinâmica de circulação costeira: presença de zonas de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea em determinados locais mais ou menos fixos da linha de costa (efeito “foco estável”).	7	Inversões na deriva litorânea causadas por fenômenos climático-meteorológicos intensos: sistemas frontais, ciclones extratropicais e atuação intensa do “El Niño/ENSO”.	14	Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia.
2	Morfodinâmica praial: praias intermediárias têm maior mobilidade e suscetibilidade à erosão costeira, seguidas das reflexivas de alta energia, dissipativas de alta energia, reflexivas de baixa energia, dissipativas de baixa energia e ultradissipativas.	8	Elevações do nível relativo do mar de curto período devido a efeitos combinados da atuação de sistemas frontais e ciclones extratropicais, marés astronômicas de sizígia e elevações sazonais do NM, resultando nos mesmos processos da elevação de NM de longo período.	15	Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, piers, quebramares, muros, anteparos em pedra, etc., para “proteção costeira” ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais.
3	Aporte sedimentar atual naturalmente ineficiente ou ausência de fontes de areias.	9	Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século, em taxas de até 30 cm: forte erosão com retrogradação da linha de costa.	16	Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais, provocadas pela interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.
4	Fisiografia costeira: irregularidades na linha de costa (mudanças bruscas na orientação, promontórios rochosos e cabos inconsolidados) dispersando as correntes e sedimentos para o largo; praias que recebem maior impacto de ondas de maior energia.	10	Efeitos secundários da elevação de NM de longo período: Regra de Bruun e migração do perfil praial rumo ao continente.	17	Retirada de areia de praia por: mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia e/ou praias vizinhas.
5	Presença de amplas zonas de transporte ou trânsito de sedimentos (by-pass), contribuindo para a não-permanência dos sedimentos em certos segmentos da praia.	11	Evolução quaternária das planícies costeiras: balanço sedimentar de longo prazo negativo e dinâmica e circulação costeira atuante na época.	18	Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental; diminuição/perda das fontes de sedimentos para as praias.
6	Armadilhas de sedimentos e migração lateral: desembocaduras fluviais ou canais de maré; efeito “molhe hidráulico”; depósitos de sobrelavagem; obstáculos fora da praia (barras arenosas, ilhas, parciais, arenitos de praia e recifes).	12	Balanço sedimentar atual negativo originado por processos naturais individuais ou combinados.	19	Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).
		13	Fatores tectônicos: subsidências e soerguimentos da planície costeira.	20	Balanço sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.

Fonte: Souza et al ( 2005 e Souza 2009a,b).

## 4 LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO

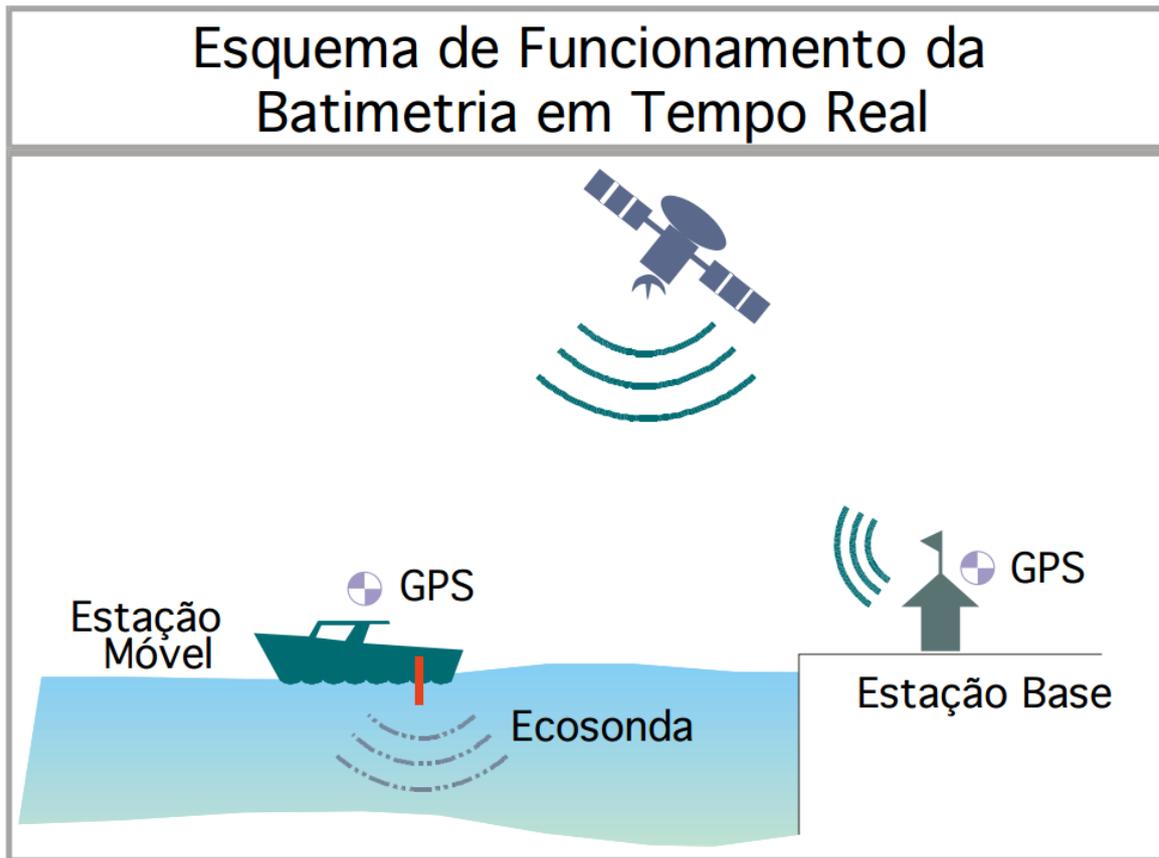
Levantamentos hidrográficos (LH) é um conjunto de estudos onde se procura reunir informações sobre batimetria, da natureza e configuração do fundo marinho, de direção e força das correntes, da altura e frequência da maré ou do nível das águas, e da localização de feições topográficas e objetos fixos que sirvam em auxílio à navegação (NORMAM-25, 2011).

Os levantamentos batimétricos têm por objetivo realizar as medições de profundidades associadas a uma posição da embarcação na superfície da água, necessárias em áreas marítimas, fluviais, em lagoas e em canais naturais ou artificiais, navegáveis ou não, visando à representação destas áreas em uma carta.

As profundidades são de extrema importância para que seja possível representar as linhas isobáticas, as quais permitirão a visualização da topografia submersa. As medições de profundidade podem ser realizadas de forma direta ou indireta. No primeiro caso, os equipamentos que podem ser empregados são, por exemplo, o prumo de mão, a máquina de sondar e as estádias. No segundo caso emprega-se, por exemplo, sensores acústicos (ecobatímetro mono-feixe ou multi-feixe), sensores eletromagnéticos espaciais ou aerotransportados. Atualmente são amplamente empregados os sensores acústicos (ecobatímetros).

Os LH são realizados a bordo de embarcações utilizando-se de ecobatímetros (equipamento acústico) para medição de profundidades numa alta taxa de amostragem e de um ou mais receptores GPS (Global Positioning System) para o posicionamento planimétrico diferencial (Fig-1). Estes levantamentos são relativamente de baixo custo, reduzido tempo de execução e com alto grau de eficiência (IHO, 2005).

Figura 1- Esquema de funcionamento da batimetria em tempo real.



Fonte: modificado de Dias ( 2010).

O princípio fundamental de um ecobatímetro consiste em que um feixe de ondas sonoras (frequência menor que 18 KHz) ou ultrassônicas (frequência maior que 18 KHz) seja transmitida verticalmente por um emissor instalado na embarcação, atravessando o meio líquido até atingir o fundo submerso e aí se reflete, retornando à superfície, onde é detectado por um receptor. O tempo decorrido entre a emissão do sinal e a recepção do eco refletido do fundo submerso é convertido em profundidade, visto que a velocidade do som na água é conhecida (+/-1500 m/s). Basicamente, os ecobatímetros compõem-se dos seguintes componentes: transmissor, receptor, amplificador, registros, transdutor e comando de transmissão. Os intervalos de tempos constantes, o comando de transmissão envia um pulso ao transmissor, que recebendo este sinal, envia um pulso de energia elétrica de potência muito maior que a recebida, ao transdutor. O transdutor de recepção transforma energia elétrica em sonora (pelo princípio da magnetostrição ou da piezo-eletricidade). O eco refletido pelo fundo submerso impressiona o transdutor de recepção, que transforma energia sonora em elétrica, que é, por sua vez, enviada

ao medidor de intervalo de tempo. Nele, é medido o intervalo entre a emissão do pulso e a recepção do eco, que é transformado diretamente em profundidade e apresentado, visualmente ou graficamente, no registrador (MIGUENS, 1996).

Conhecendo-se a velocidade de propagação do som na água é possível medir a profundidade. A profundidade medida é tecnicamente conhecida como 'sondagem' (IHO, 2005; Ribeiro, 2008).

## 5 NÍVEIS DE REDUÇÃO

As profundidades obtidas em levantamentos hidrográficos incluem a variação da maré no instante da medição. Esta variação pode ser de metros de uma região para outra, de acordo com as condições locais. Devido a isso, é adotado um plano de referência, denominado nível de redução, em relação ao qual todas as profundidades obtidas são referidas, eliminando assim os efeitos da maré. Isto garante ao navegante não encontrar, normalmente, profundidades menores que as representadas nas cartas náuticas, devendo encontrar profundidades maiores devido à maré no instante em que se encontra (Fig-2).

Em função das marés, são definidos os planos de referências de marés, entre eles (MIGUENS, 1996, p.232):

- Nível de redução (NR): nível ao qual são referidas as alturas das marés e as sondagens 2. Corresponde, nas cartas náuticas brasileiras, normalmente, ao nível médio das baixas–mares de sizígia (MLWS) do local. É um nível abaixo do qual o mar não desce, senão raramente;

- Nível Médio do Mar (NM): altura média da superfície do mar em todos os estágios de oscilação da maré, observados em um longo período de tempo (maior que 18,6 anos);

- Altura da maré – Cota vertical NR: nível do mar, em um determinado instante;

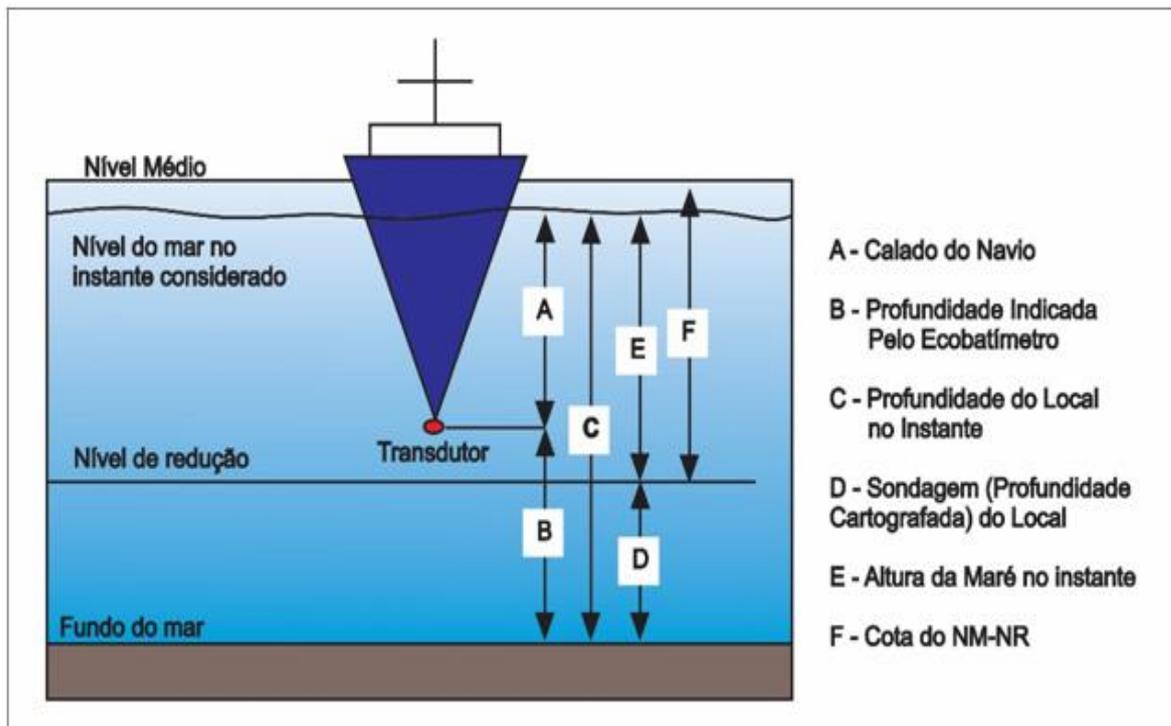
Sondagem ou profundidade cartografada: distância vertical do NR ao fundo do mar, em um determinado local;

- Profundidade real em um determinado instante (ou profundidade do local no instante considerado): soma da sondagem com a altura da maré no instante considerado;

- Altitude: Distância vertical entre o ponto considerado e o Nível Médio do mar

- Altura de um objeto: distância vertical entre o seu tope e a sua base (ou o terreno que a circunda).

Figura 2 - Definições de Profundidades.



Fonte: modificado de Mingues (1996, p.234).

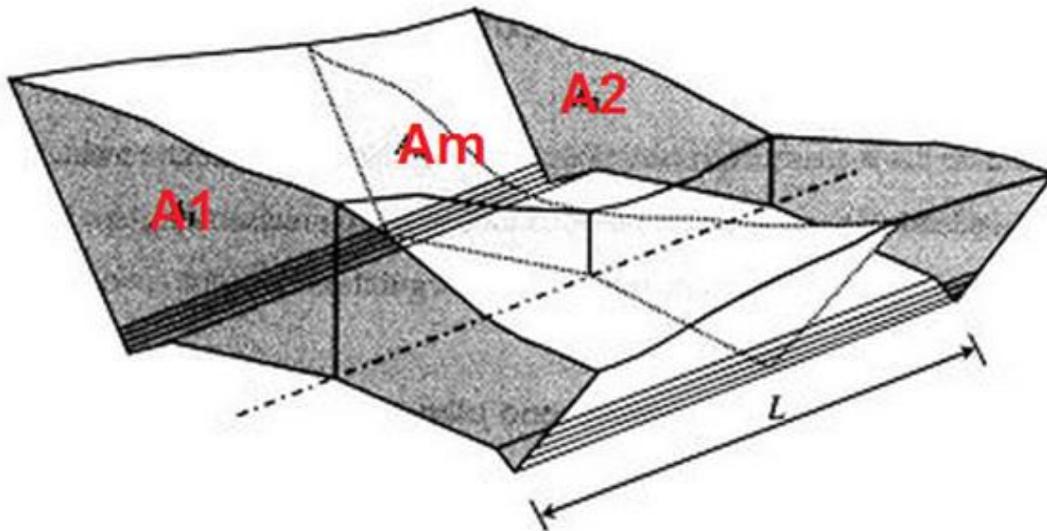
## 6 MAPA DE CUBAGEM

Para o cálculo dos volumes de erosão/sedimentação faz-se necessário supor que existe um determinado sólido geométrico, cujo volume será facilmente calculado (Fig-3). O método usual consiste em considerar o volume como proveniente de uma série de prismóides (sólidos geométricos limitados nos extremos por faces paralelas e lateralmente por superfícies planas).

No presente relatório o traçado para obtenção das seções transversais extremas foi realizado conforme indicado no capítulo que descreve as condições de contorno.

As linhas superior e inferior da seção transversal correspondem a diferentes superfícies do terreno.

Figura 3 - Prismóide para o cálculo do volume.



Fonte: Fontes Fiho (1998).

O volume do prismóide da Figura 1 pode ser calculado mediante a fórmula  $V_m = A_m \times L = (A_1 + A_2) \times L / 2$ .

Onde:

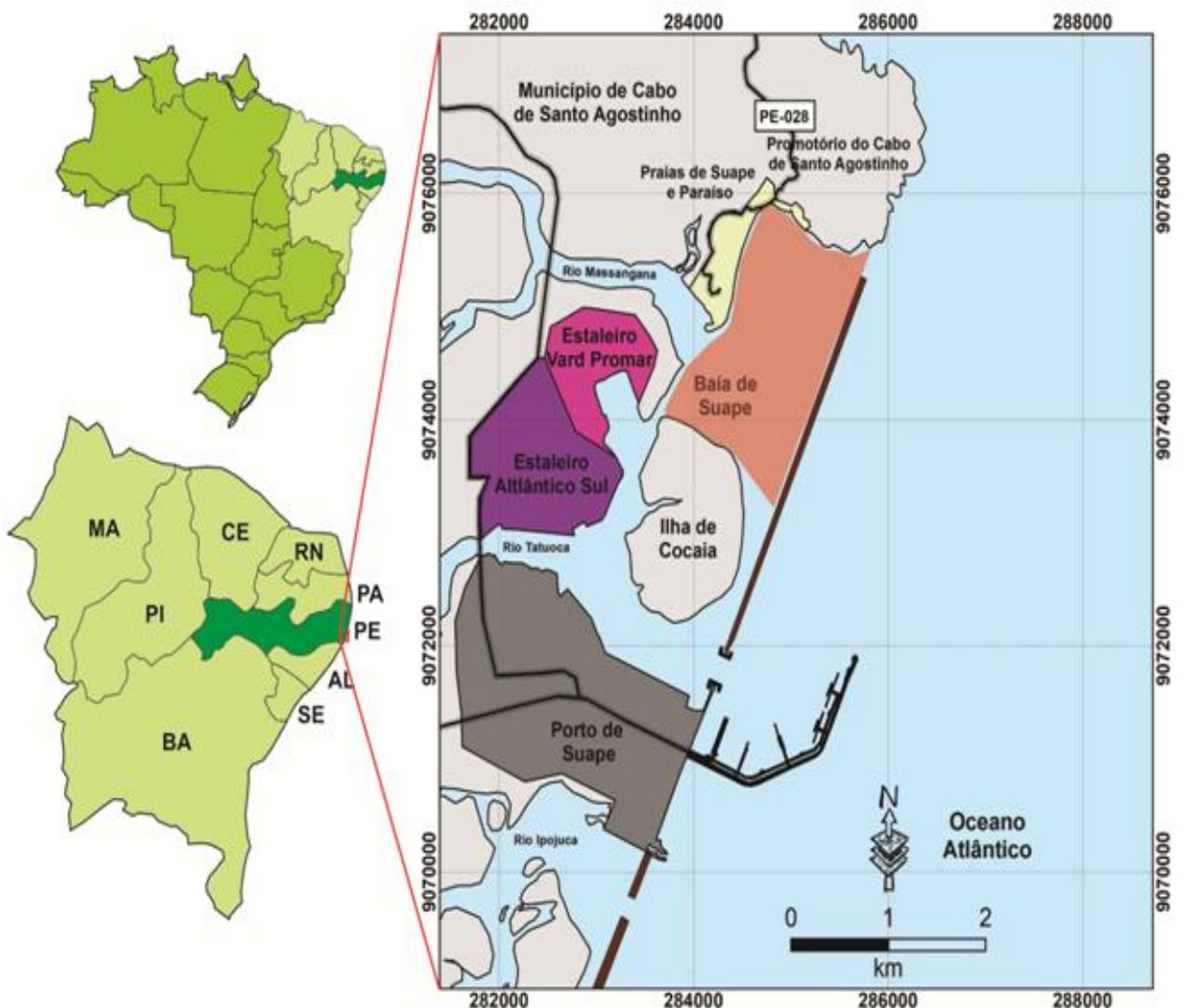
- A1 e A2 = áreas das seções transversais extremas;
- Am = área da seção transversal no ponto médio entre A1 e A2;
- L = distância entre as seções A1 e A2.

## 7 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada está localizada no litoral sul do Estado de Pernambuco, entre os municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, próxima ao Complexo Industrial e Portuário de Suape. Situada a 40 km ao Sul da cidade do Recife, entre os paralelos de 8° 21'30" e 8°24'30" de latitude Sul e 34°56'00" e 34°59'00" de longitude oeste (Fig-4).

A área de estudo localiza-se na porção norte da Baía de Suape (delimitada na cor vermelha na figura 4). É limitada ao norte pelo Promotório do Cabo de Santo Agostinho, ao sul pela Ilha de Cocaia, a oeste pela praia de Suape e pelo rio Massangana (Fig. 5) e a leste por uma linha de beachrocks paralela à costa (Fig-6).

Figura 4 - Mapa de localização área de estudo (em vermelho) na Baía de Suape.



Fonte: O autor, 2018.

**Figura 5 - Baía de Suape, vista da linha de cais e terminal de contêiner do Porto de Suape. A área de estudo apresenta delimitada em vermelho.**



Fonte: O autor, 2018.

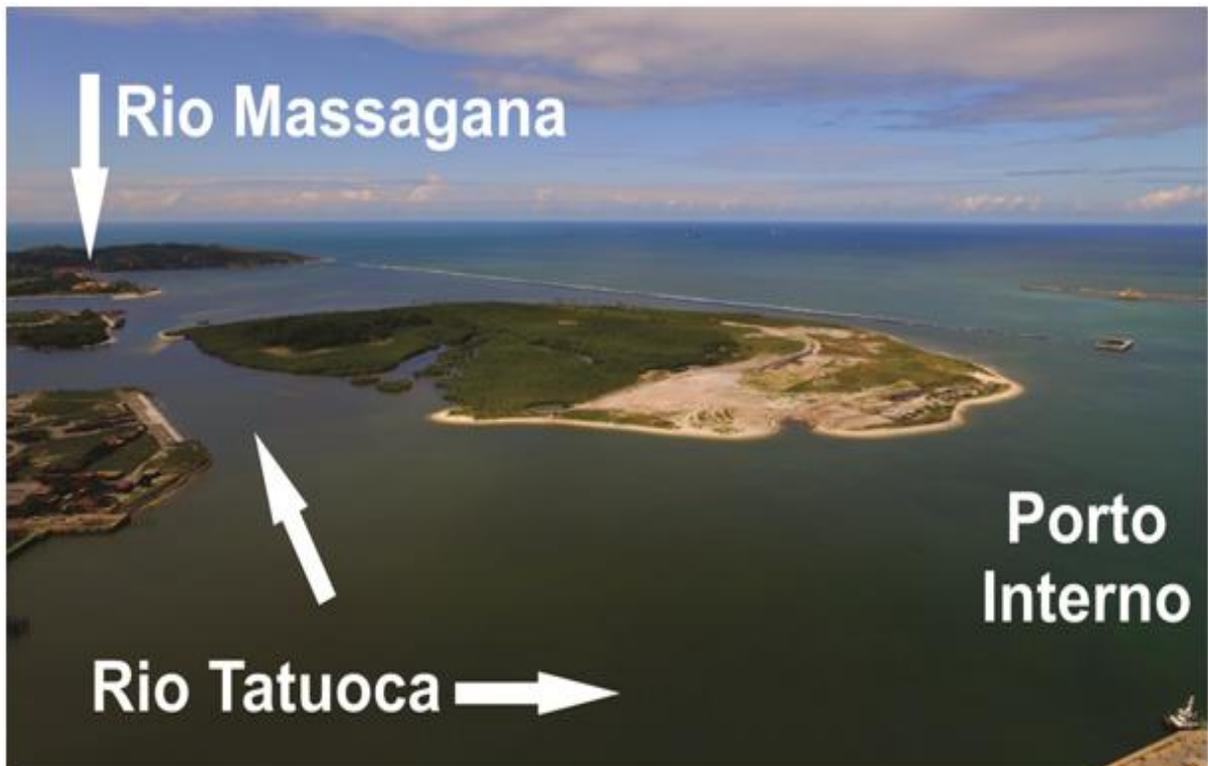
**Figura 6 - Beachrocks paralelos à linha de costa e delimitam a porção leste da área de estudo.**



Fonte: O autor, 2018.

A área Baía de Suape possui influência fluvial e marinha. A influência fluvial se dá pelo deságue dos rios Tatuoca e Massangana (Fig-7). O rio Tatuoca devido à construção do canal navegável do Porto Interno de Suape deságua suas águas tanto na área de estudo, como também a região portuária (Fig-7).

**Figura 7 - Foz dos rios Massangana e Tatuoca. É possível observar que após a construção do canal de navegação do Porto Interno de Suape, as águas do rio Tatuoca deságuam tanto na área de estudo, como também na região portuária.**



Fonte: O autor, 2018.

A influência marinha se dá de duas formas: a primeira no extremo nordeste da área de estudo, decorrente de uma abertura natural entre a linha de beachrocks e o promotório do Cabo de Santo Agostinho (Fig-8) e a segunda pela derrocagem dos beachrocks e posterior dragagem para o rebaixamento do leito, para dar acesso das embarcações ao Porto Interno de Suape (Fig-9).

**Figura 8 - Abertura natural (seta em vermelho) entre a linha de beachrocks e o Promotório de Cabo de Santo Agostinho, por onde dá influência marinha diretamente na área de estudo.**



Fonte: Cedida por Roberto Barcellos. Acervo pessoal.

**Figura 9 - Abertura devido à derrocagem dos beachrocks (seta em vermelho) para dar acesso ao Porto de Interno de Suape.**



Fonte: O autor, 2018.

Existem dois acessos principais a partir de Recife (Marco zero), capital do estado de Pernambuco. O primeiro se dá por Jaboatão dos Guararapes, seguindo sentido Candeias até o Pedágio Rota dos Coqueiros (Praia do Paiva), PE-009 e a PE-28 (linha azul na Fig-10). O segundo acesso é pela BR-101 Sul até a Cidade do

Cabo de Santo Agostinho, tomando-se em seguida a rodovia estadual PE-60 e PE-28 (linha cinza na Fig-10).

Figura 10 - Vias de acesso para a área de estudos.



Fonte: modificado do Google Maps (2018)

## **8 ASPECTOS HISTÓRICOS DO PORTO (PLANO DIRETOR DE SUAPE-PDZ)**

Passados 200 anos da promulgação da Carta Régia, que proporcionou a abertura dos portos brasileiros às nações amigas e a efetiva entrada do País nas rotas internacionais do comércio, o Porto de SUAPE vive, por assim dizer, um momento igualmente histórico. Ao mesmo tempo em que os números dos volumes de movimentação de cargas apresentam uma sucessão de recordes em crescimento, os investimentos na infraestrutura, os empreendimentos consolidados e o igualmente crescente interesse de empreendedores em instalarem-se em SUAPE fazem com que o porto esteja em destaque na mídia econômica nacional.

A atual configuração de SUAPE que alicerça todo este dinamismo tem origem há 36 anos, em 1973, quando a empresa Transcon iniciou a concepção do primeiro Plano Diretor, concluído dois anos mais tarde. Em 1977, SUAPE começou a tornar-se realidade, com o início do processo de desapropriação dos 13.500 hectares de terras que conformam o perímetro atual, incluindo a Zona Portuária-Industrial objeto deste Capítulo. Definido institucional e fisicamente, o porto passa no período de 1979 a 1982, pelo primeiro período de investimentos na construção de obras de grande importância como:

- Pavimentação do Tronco Sul (TDR-Sul) e da Avenida Portuária;
- Dragagem do istmo de Cocaia;
- Aterro entre o arrecife e o continente, com o bloqueio do rio Ipojuca, para construção do Parque de Tancagem;
- Construção do molhe externo e a instalação do píer de granéis líquidos e gasosos (PGL-1).

Em 1984, foi concluído um molhe em pedras para proteção da entrada do Porto Interno, aberta no cordão de arrecifes, sendo em abril daquele ano o início das operações com o primeiro embarque de álcool, através do PGL-1, arrendado à Petrobras (Fig-11).

Em 1987, o Governo do Estado transferiu para SUAPE o Parque de Tancagem de Derivados de Petróleo, até então localizado no Porto do Recife. No

mesmo ano, foi concluída a construção do Cais de Múltiplo Uso (CMU), cuja operação efetiva se deu a partir de 1991, com a movimentação de cargas gerais containerizadas (Fig-11). Ainda em 1991, SUAPE foi incluído pela Secretaria Nacional dos Transportes, através do documento "Diretrizes da Política Nacional dos Transportes", entre os 11 portos prioritários do Brasil para os quais a União deveria direcionar recursos para investimento em infraestrutura portuária.

Entre 1995 e 1998, SUAPE recebeu importantes investimentos em sua infraestrutura, como a dragagem do Porto Externo, a proteção e abertura do cordão de arrecifes, a primeira etapa da dragagem do Porto Interno e o início da construção do primeiro berço (Fig-11). A construção da primeira etapa do Porto Interno, com 935 m de cais, com profundidades de até 15,5 m, foi concluída em 1999, abrindo espaço para investimentos privados de indústrias e empresas de serviços portuários nas suas próprias instalações ao longo das margens do canal interno.

Em 2001, deu-se início à construção da segunda etapa do Porto Interno, estendendo o canal de navegação em mais 450 m, de forma a viabilizar a construção de mais 350 m de cais (Cais 4). No ano seguinte, com o adensamento da ocupação da zona portuária e o aumento significativo da movimentação de cargas, deu-se início à duplicação da Avenida Portuária, com extensão de 4,4 km e à construção do primeiro prédio para abrigar a Central de Operações Portuárias, centralizando todos os órgãos de operações portuárias.

Em 2003, SUAPE foi certificado pelo Food and Drug Administration (FDA), atestando a conformidade das operações portuárias em SUAPE às medidas da lei contra o bioterrorismo.

Os anos seguintes são marcados pela consolidação do Complexo. Em 2004, foi inaugurado o Centro de Treinamento - CETREINO, assinados protocolos de intenções com a construtora Camargo Corrêa para a instalação de um estaleiro no porto. Ainda na Zona Portuária tem início a operação da Usina Termoelétrica TermoPernambuco, do grupo Neenergia, que disponibiliza mais 523 megawatts de potência, num investimento da ordem de R\$ 600 milhões.

O ano de 2007 caracterizou-se como o de maior dinamismo desde o início das operações em SUAPE, tanto em relação à implantação de empreendimentos quanto no reforço da infra-estrutura. Em março foi inaugurado o canteiro de obras do maior e mais moderno moinho de trigo da América Latina, da Bunge Alimentos. Foi

assinado contrato de fornecimento entre a Transpetro, subsidiária da Petrobras e o Estaleiro Atlântico Sul, com a encomenda de dez navios de porte Suezmax. Em setembro foi concluída a obra do Cais 4 iniciada em 2001. Tiveram início, também, as seguintes obras:

Duplicação da avenida principal de acesso e do tronco rodoviário sul (TDR-Sul);

- Construção do novo acesso à Zona Industrial Portuária;
- Relocação das linhas de distribuição de energia elétrica e;
- Terraplanagem e o acesso à área do estaleiro.

Em 2008 o ritmo de crescimento manteve-se tão ou mais elevado que em 2007. O Governo do Estado colocou em prática o compromisso de reforçar a infraestrutura, dando seguimento às obras já iniciadas.

Em 2009 foram concluídas as obras de duplicação da TDR-Sul e de construção do Cais 5 e iniciadas a duplicação da TDR-Norte e as obras de recuperação do Cais de Múltiplo Uso, no Porto Externo. No final de 2009 foi proposta a criação de um “Cluster Naval” na parte norte da atual área portuária e sua exclusão da área do porto organizado.

O assunto foi submetido ao Conselho de Autoridade Portuária (CAP), que aprovou a exclusão do Cluster e uma nova proposta para a delimitação da área do porto organizado, conforme Deliberação CAP nº05/09 de 16 de dezembro de 2009.

**Figura 11 - Vista aera do Complexo industrial Portuário de Suape. É possível observar o enroamento que delimita o Porto externo, o canal de navegação que delimita o Porto Interno e a faixa de construção e aterro, onde se localizam os cais, terminais de contêiners, etc.**



Fonte: O autor, 2018.

## **9 ASPECTOS AMBIENTAIS DAS PRAIAS DE SUAPE, PARAÍSO E CABO DE SANTO AGOSTINHO.**

A praia de Santo Agostinho é um costão rochoso formado por afloramentos rochosos da Suíte Vulcânica de Ipojuca e está localizada entre as praias de Calhetas e Paraíso (Fig-12). Corresponde a um promontório de extensão aproximada de 2km e sua orla está totalmente exposta e sob regime das ondas.

**Figura 12 - Costão rochoso da Praia de Santo Agostinho. É possível observar ruínas de um antigo forte e a ausência de construções recentes.**



**Fonte: O autor, 2018.**

A praia do paraíso possui cerca de 1km de extensão e está localizada entre as praias de Santo Agostinho e de Suape (Fig-13). Sua orla está caracterizada por afloramento rochoso da Suíte Vulcânica de Ipojuca em toda a sua extensão. Sua ocupação é relativamente desordenada e caracterizada por imóveis de padrão variado, constituídos por uma mescla de residências permanentes (população local), para veraneio e irregulares sobre as rochas e algumas sobre o mar.

**Figura 13 - Praia do Paraíso. Constituída por um costão rochoso e pouco ou nenhuma faixa de praia.**



**Fonte: O autor, 2018.**

A praia de Suape corresponde a última zona costeira do Cabo e se estende por cerca de 1,3km (Fig-14). Apesar de estar protegida, registou-se sinais de erosão evidenciados por um conjunto de gabiões de enrocamento construídos e um trecho da praia e do calçadão em estado avançado de erosão. O trecho final da praia, próximo à desembocadura do rio Massangana, se dá pela existência do Eco Resort do Cabo (Fig-15) que ocupa uma grande área. O resto da ocupação é de imóveis de padrão variado usados como moradia e para veraneio.

**Figura 14 - Praia de Suape próximo a desembocadura do rio Massangana.**



**Fonte: O autor, 2018.**

**Figura 15- Eco Resort do Cabo.**



**Fonte: O autor, 2018.**

## 10 ASPECTOS GERAIS DA ÁREA

Abaixo serão abordados temas sobre os aspectos gerais da área, como clima, vento, maré, dentre outros.

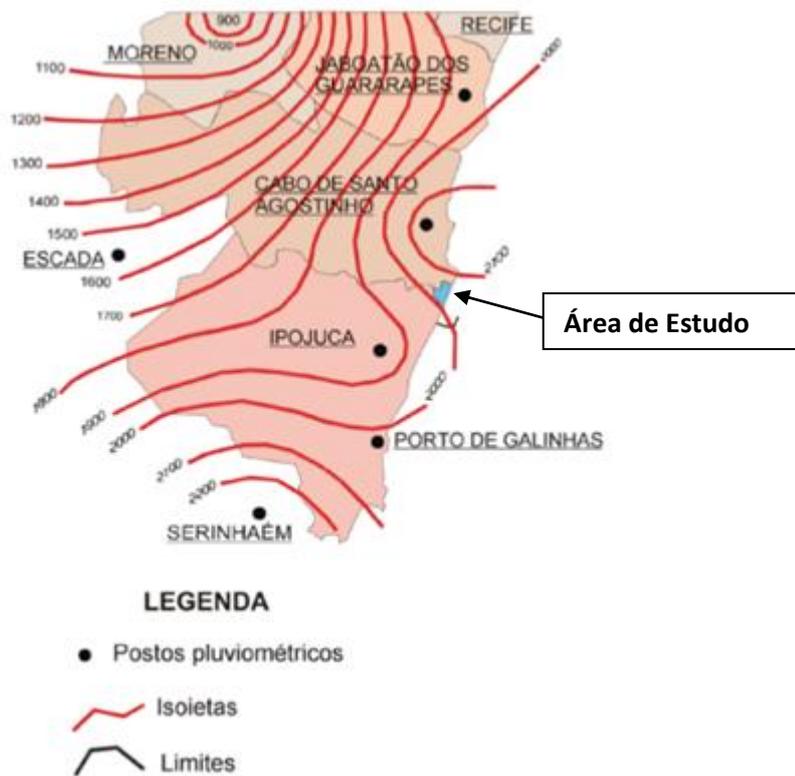
### 10.1 CLIMA

Considera-se a classificação de Koppen, o clima da área estudada é do tipo AS', isto é, tropical úmido, com chuvas de outono/inverno de características físicas bem definidas. Segundo Thornthwaite (1995), o clima é do tipo B1 e Aa (úmido megatérmico), no qual é bastante elevada, com oscilações em torno de 2.000mm em relação às chuvas de monção. A umidade relativa do ar possui média anual de 80%, havendo predomínio da precipitação sobre a evaporação.

A área está situada na região de maior pluviometria de todo o litoral nordestino segundo Mela (1958). Os dados de precipitação pluviométrica, fornecido pela estação de meteorologia da Usina Salgado (Ipojuca-PE), indicam uma média anual da ordem de 1.500 a 2.500 mm, distribuídos em todos os meses do ano, com predomínio nos meses de março a junho (Fig-16).

Um gradativo aumento de precipitação observa-se a partir de fevereiro, com valores variando entre 50 a 100 mm, março e abril com valores superiores à 200mm, atingindo a precipitação máxima, superior à 600 mm, no mês de junho. Neste mês, a região leste do Nordeste, encontra-se em plena estação chuvosa. A intensidade de chuvas nessa região, durante esta época do ano, está diretamente relacionada à posição e intensidade da Alta pressão do Atlântico Sul e à temperatura do Atlântico Sul, próximo à costa brasileira.

Figura 16 - Mapa de Isoietas do Cabo de Santo Agostinho e municípios vizinhos



Fonte: Alheiros (1998).

## 10.2 VENTOS

Dados estatísticos da área do Porto de Suape, relativos ao período de fevereiro/84 a janeiro/90, caracteriza como ventos dominantes o de direção SE. No regime de inverno, a incidência maior de direção permanece a de SE, com velocidades médias elevando-se para a faixa de 5,0 a 6,1m/s. No verão, a predominância é caracterizada pelos ventos alísios, ventos do quadrante E. As velocidades nestes quadrantes ficaram em torno de 5,2 m/s.

O regime de ventos em toda região costeira caracteriza-se por ser bastante regular, sazonal, soprando em 90% do tempo do setor E-SE com velocidades médias de 3 a 5 m/s.

Os ventos alísios de sudeste e as brisas marinhas exercem grande influência nas condições climáticas da área, minimizando os efeitos térmicos advindos da insolação.

### 10.3 MARÉS

As marés para o litoral sul do Estado de Pernambuco são monitoradas através de poucas estações maregráficas. Atualmente, a DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação – Marinha do Brasil) realiza previsões regulares da altura das marés apenas dois pontos da costa: Porto do Recife e Porto de Suape.

A maré na região de Suape é do tipo semi-diurna, com período médio de 12 h e 30 min, apresentando duas preamares e duas baixa-mares por dia. Os valores representativos da altura da maré são: 2,40 m para sizígia máxima, 2,10 m para sizígia média, 1,10 m para maré intermediária e 0,70 m para quadratura.

Segundo Davies (1964) são mesomarés, com altura média desizígia de 2,0m e altura média de quadratura de 0,9m, podendo atingir alturas de 2,6m durante as sizíguas equinociais. Essas marés respondem principalmente ao forçante astronômico, sendo as contribuições das componentes não periódicas de origem meteóricas relativamente pequenas.

Em áreas estuarinas e costeiras as marés podem apresentar características distintas daquelas do oceano adjacente, uma vez que são grandemente modificadas pela descarga fluvial e pelas variações morfológicas locais (mudança na batimetria, estreitamento/alargamento de canais, etc). À medida que se propaga pelas baías e estuários, o sinal de maré pode sofrer redução de sua amplitude pelo efeito de fricção com as margens e/ou fundo, ou ampliação, pelo efeito de ressonância, bem como experimentar mudanças de fase ou de suas características pela modificação da proporção e fase relativa de seus componentes, a exemplo das marés ao longo do rio Ipojuca.

Com relação ao comportamento dos efeitos das marés no Porto de SUAPE é importante que sejam ressaltados os seguintes aspectos:

- Na entrada da barra, entre o molhe de proteção e a linha de arrecifes, a intensidade da corrente de maré chega a atingir cerca de 1,2 nós, por ocasião das marés de sizígia;
- A altura da amplitude de maré de sizígia chega a atingir valores de 2,4 m, acima do Nível de Redução – NR, e cerca de 0,70 nas marés de quadratura; e

- Na bacia de evolução do Porto Interno, durante as marés de sizígia, são observadas intensidades de corrente de enchente e de vazante de cerca de 1,0 a 1,2 nós, e de cerca de 0,4 nó de intensidade nas de quadratura.

#### 10.4 ONDAS

O clima de ondas de Suape caracteriza-se por duas estações anuais bem definidas: verão, entre os meses de dezembro a abril, e inverno, correspondendo aos meses de maio a novembro.

Os sistemas de ondas oceânicas que aportam às áreas costeiras do Estado de Pernambuco, em função da significativa constância na velocidade e direção do sistema de ventos, têm grande influência no transporte de sedimentos a praia. As ondas de direção E-SE, associadas a ventos de mesma direção, têm altura média de 1 a 1,5 m e períodos de 5 a 7 s, são dominantes durante todo ano (Hog-Ben & Lumb, 1967; U.S.Navy, 1978; in Dominguez et al., 1992).

Medidas de ondas efetuadas pela PORTOBRÁS, no Porto de Suape, nos períodos de março de 1977 a fevereiro de 1978 e de janeiro de 1979 a janeiro de 1984, usando ondógrafos instalados a aproximadamente 17m de profundidade, mostrou que as direções de ondas para condição de primavera (setembro a novembro), de verão (dezembro a fevereiro) e de outono (março a maio), existem uma predominância de ondas se propagando perpendicularmente a praia, sendo que, no outono e na primavera, ocorre uma leve tendência no sentido S-N e no verão assumem a direção N-S. Para as condições de inverno, a direção predominante é S-N.

Com relação às alturas das ondas, observa-se que no outono e primavera, há uma predominância de valores em torno de 1,0 m, no verão oscilam entre 0,85 e 1,0 m e no inverno, alcançam os maiores valores anuais, em torno de 1.25 m.

Os períodos das ondas mencionadas ficam em torno de 6.5 s, para as condições de outono, inverno, primavera, e 5,0 s, no verão.

A altura significativa média anual na área já referida atinge 1,11 m e período médio da ordem de 6,28 s.

Os valores extremos observados que são um dos parâmetros mais importantes para o cálculo de estruturas de proteção costeira ou outras obras (piers,

marinas). A altura máxima (Hmax) variou ao longo dos anos entre 3,7 e 4,1 metros, com o maior valor ocorrendo no ano de 1983. A maior altura significativa variou entre 1,88 e 2,26 m e o maior período médio entre 9,84 e 12,24 segundos. As direções extremas variaram bastante ao longo dos anos, com a direção mais ao norte 89° ocorrendo no ano de 1980 e a direção extrema mais ao sul 177° no ano de 1981.

Os dados de 2005 (CPTEC-INPE) apresentaram ondas com alturas significativas máximas nos meses de Julho, Agosto e Setembro, respectivamente, com 2,10m, 2,15m, 2,27m, mas o valor máximo médio de altura significativa mensal atingida foi de 1,83 metros, conforme mostra a tabela 1. E os maiores períodos médios, ocorrem nos meses de Maio e Julho, com o valor de 7,56 segundos.

Segundo Medeiros et al (1997), as áreas estuarinas dos sistemas Ipojuca/Merepe e Tatuoca/Massangana experimentam climas de ondas diferenciados, devido à presença de uma longa linha de arrecife que se estende desde o Cabo de Santo Agostinho até a Ponta do Cupe e separa aqueles ambientes da ação direta das ondas ao largo. Observações de curto período realizadas próximo ao Cabo de Santo Agostinho demonstram que as ondas de superfície apresentam amplitude significativa de 0,6m e período significativo de 4,4s. Porém, no interior da Baía de Suape, inexistem períodos de longa duração.

## 10.5 CORRENTES

As correntes responsáveis pela sedimentação e pelas conseqüentes modificações morfológicas na zona costeira são: as de marés, as fluviais e as litorâneas.

Desde o início da construção do Porto de Suape em 1979, uma série de modificações foram efetuadas na área, com implicações diretas em sua hidrodinâmica local. Entre elas destacamos a realização de aterro para a implantação de terminais, a construção de molhes e píeres, a remoção de áreas de mangue, abertura e rebaixamento no arrecife principal, a retificação de calhas de rios com abertura e dragagem de canais de navegação e a remoção de arrecifes submersos para o aprofundamento da área externa.

Na Baía de Suape, observa-se uma predominância da corrente de deriva no sentido norte, com velocidade máxima da ordem de 0,50m/s setor externo da linha

de beachrocks e 0,8m/s no interior da bacia durante maré extremamente elevada, decrescendo para 0,1m/s nas proximidades da praia. No setor interno a linha de recife, foram medidas as maiores correntes durante os estágios de marés enchente e vazante. As correntes medidas tiveram intensidade de 0,07-0,8m/s durante o período de estiagem e entre 0,26 e 1,44m/s durante o período chuvoso.

A circulação na área estuarina dos rios Massangana e Tatuoca atualmente é influenciada pelo fluxo e refluxo das marés. A abertura do beachrock realizada no outro extremo da Baía, para dar acesso ao Porto Interno, favoreceu a intrusão das águas marinhas dentro de toda área de estudo. Durante o período de estiagem, as correntes no baixo Massangana têm direção preferencial 65-260° Az e intensidade variável entre 0,14 e 0,54m/s. No baixo Tatuoca, as correntes estão preferencialmente direcionadas para a barra próxima ao Cabo de Santo Agostinho durante a vazante, quando atingem velocidade de 0,8m/s (Pires Advogados & Consultores, 2000).

Na região estudada as correntes de maré exercem uma substancial influência no modelamento costeiro, principalmente quando estão associados ao período dos mais intensos ventos que sopram de SE, e às vezes de sizígia. Esta associação produz intenso processo erosivo em toda zona litorânea.

## 10.6 SALINIDADE

A salinidade das águas da plataforma continental adjacente à zona costeira da área estudada demonstra de uma maneira geral um ciclo sazonal bastante definido.

A salinidade também apresenta um ciclo sazonal semelhante à temperatura. Valores mais elevados foram observados em períodos secos, máximo de 37,16 e valores mais baixos no período chuvoso, mínimo de 28,88. Esses valores, do mesmo modo que a temperatura apresenta flutuações próximas à costa, devido a influência do aporte dos rios costeiros.

## 10.7 REDE HIDROGRÁFICA

Abaixo serão abordados temas sobre os aspectos hidrográficos.

### 10.7.1 Bacia do Massangana

Esta bacia está localizada no extremo Sul desta é composta pelos Rios Tatuoca e Massangana (Fig-17). O Rio Tatuoca tem 10 km e sua bacia de drenagem possui 8,3 km<sup>2</sup>. Nasce próximo a Mercês no Cabo de Santo Agostinho e apresenta calha estreita e pouco profunda, além de baixo caudal. O Tatuoca é considerado na verdade como um braço de mar. Já o Rio Massangana divide os municípios do Cabo e Ipojuca e se origina dos rios Utinga de baixo e Tabatinga, recebendo ainda água do Riacho Algodoads e do Riacho da Ilhas das Canas. Os estudos individuais sobre o este rio em particular são escassos. Sua área de drenagem é estimada em 100 km<sup>2</sup> (CONDEPE & FIDEM, 1998) e sua extensão é de 6 km.

### 10.7.2 Bacia do Ipojuca

Com base em Condepe/Fidem (2008) a bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, segunda maior de Pernambuco e encontra-se totalmente restrita ao território pernambucano (Fig-17). Está situada entre os paralelos 8° 09" 50" e 8° 40" 20" de latitude Sul e os meridianos 34° 57" 52" e 37° 02" 48" de longitude Oeste de Greenwich.

De conformação alongada no sentido Oeste-Leste esta bacia serve de calha hídrica de ligação entre a Região Metropolitana do Recife (RMR) e o Sertão perpassando por diversas mesos e microrregiões do Estado: Sertão do Moxotó (Mesorregião do Sertão Pernambucano); Vale do Ipojuca e Brejo Pernambucano (Mesorregião do Agreste Pernambucano); Vitória de Santo Antão e Mata Meridional (Mesorregião da Mata Pernambucana); e Suape (Mesorregião Metropolitana do Recife).

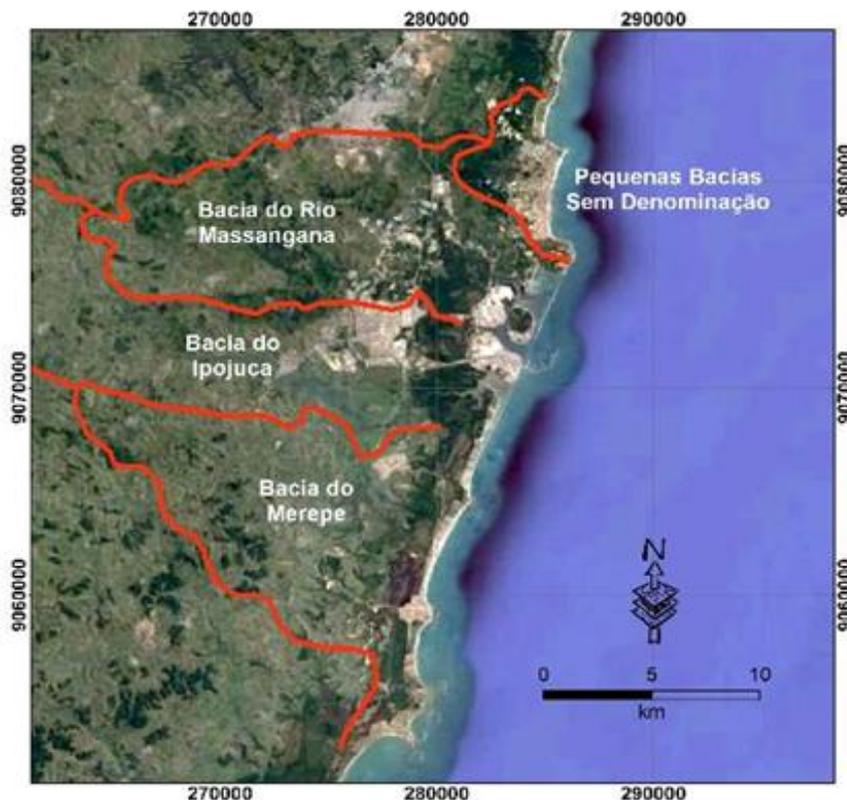
Sua área cobre uma superfície de 3.433,58 km<sup>2</sup>, correspondendo a 3,49% do total do Estado, sendo seu perímetro de 749,6 km. Cerca de 60% da bacia está inserida no chamado Polígono das Secas. Em sua área estão parcialmente inseridos

os espaços 76 territoriais de 24 municípios, dos quais apenas 12 possuem suas sedes nela incluídas, totalizando um pouco mais de 1,1 milhões de habitantes. Os quatro municípios com maiores áreas pertencentes a essa bacia hidrográfica são, em ordem decrescente: Pesqueira (606,79 km<sup>2</sup>), Caruaru (387,62 km<sup>2</sup>), São Caetano (262,37 km<sup>2</sup>) e Sanharó (235,45 km<sup>2</sup>).

### 10.7.3 Bacia do Merepe

O rio Merepe situa-se no grupo de bacias de pequenos rios litorâneos do Estado de Pernambuco (Fig-17). O grupo de pequenos rios litorâneos é constituído por rios e riachos perenes e tem como principal curso d'água o rio Merepe, com aproximadamente 18 km. O rio Merepe nasce na porção central do município de Ipojuca, com o nome de Arimbi, e segue a direção sudeste até a Planície Costeira onde toma a direção geral nordeste, passando a escoar paralelamente ao litoral até a desembocadura onde, após formar extenso manguezal, encontra-se com o rio Ipojuca, desaguando, juntos, ao sul do Porto de Suape.

**Figura 17 - Delimitação das principais Bacias Hidrográficas da área de estudo.**



Fonte: modificado de Moreira (CPRM, 2003).

## 10.8 MATERIAL EM SUSPENSÃO

As concentrações de material em suspensão nas águas da plataforma do Nordeste, são em geral muito baixas (inferiores a 0,5 mg/L), mesmo próximo a costa. Constituem-se exceções as áreas em frente a foz dos grandes rios, como por exemplo, a do Rio São Francisco, onde teores variam de 10 a 270 mg/L, com valor médio de 64 mg/L. A desagregação bioquímica dos depósitos de algas calcárias, representa uma fonte secundária de sedimentos (Coutinho, 1970).

Segundo Barreto & Summerhayes (1976) somente pequenas quantidades de grãos minerais alcançam o mar e mais da metade dos suspensóides próximo à costa, são geralmente de origem orgânica. Há um decréscimo das concentrações, tanto de origem orgânica como inorgânica, no sentido externo da costa.

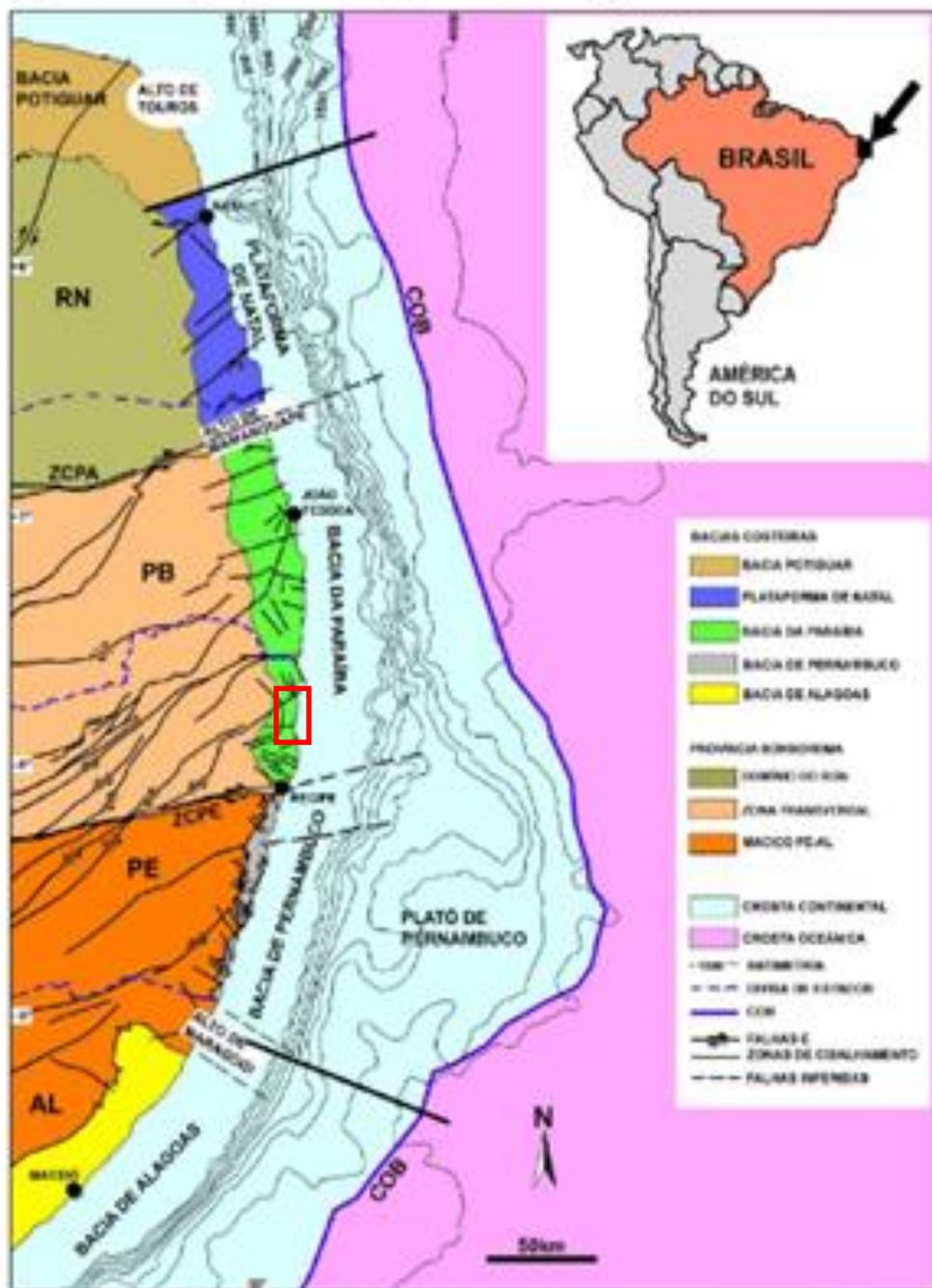
As baixas concentrações de material em suspensão, nas águas da plataforma, podem resultar da pouca produtividade do Atlântico Equatorial, da pouca produção de sedimentos em regiões semi-áridas ou, ainda, devido à retenção dos sedimentos finos pela vegetação costeira dos manguezais, fato comum na costa pernambucana.

O maior suprimento de material fino para a plataforma interna ocorre no período de inverno. Algumas determinações realizadas na plataforma interna adjacente à cidade do Recife apresentaram valores de até 4,5mg/l (Coutinho et al, 1994).

## 11 ORIGEM E EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA BACIA DE PERNAMBUCO

A área estudada localiza-se na Bacia Pernambuco (Lima Filho, 1998) e tem sua origem e evolução geológica semelhante às demais bacias da margem leste brasileira (Fig-18).

Figura 18 - Localização da Bacia de Pernambuco e bacias adjacentes, bacia da Paraíba e Plataforma de Natal, ambas ao norte e Bacia de Alagoas ao Sul.



Fonte: Barbosa & Lima Filho (2006).

Está diretamente associado à abertura do Oceano Atlântico Sul e por consequência, a formação das plataformas continentais da América do Sul e do Oeste da África. Vários autores descreveram modelos na tentativa de explicar a evolução do Atlântico Sul (Rabinowitz e Labrecque 1979; Szatmari et al 1987; Cainelli e Mohriak 1998; Karner&Driscoll 1999; Bueno 2004). Brito et al. (1991), com base em dados estruturais, sedimentológicos e geofísicos, identificaram fraturas e falhamentos que formavam dois lineamentos E-W, a sul e a Zona de Cisalhamento de Pernambuco (ZCPE) a norte, delimitando a Bacia de Pernambuco, e ainda dois conjuntos de falhas principais com trends N40W e N50E.

Essas falhas NW-SE foram provavelmente geradas pelo rifteamento, ocorrendo de forma a controlar a deposição da primeira unidade a ser depositada, a Formação Cabo, de idade aptiana. Sistemas de falhas com comportamento semelhante desenvolveram-se também, nas rochas do próprio Maciço PE/AL, influenciando a evolução da compartimentação e do arcabouço estrutural da Bacia de Pernambuco. Estas falhas controlariam inclusive os limites do posicionamento do Granito do Cabo de Santo Agostinho, que de acordo com os autores, funciona como elemento particionador da Bacia PE em duas porções: as Sub-Bacias Norte e Sul de Lima Filho (1998).

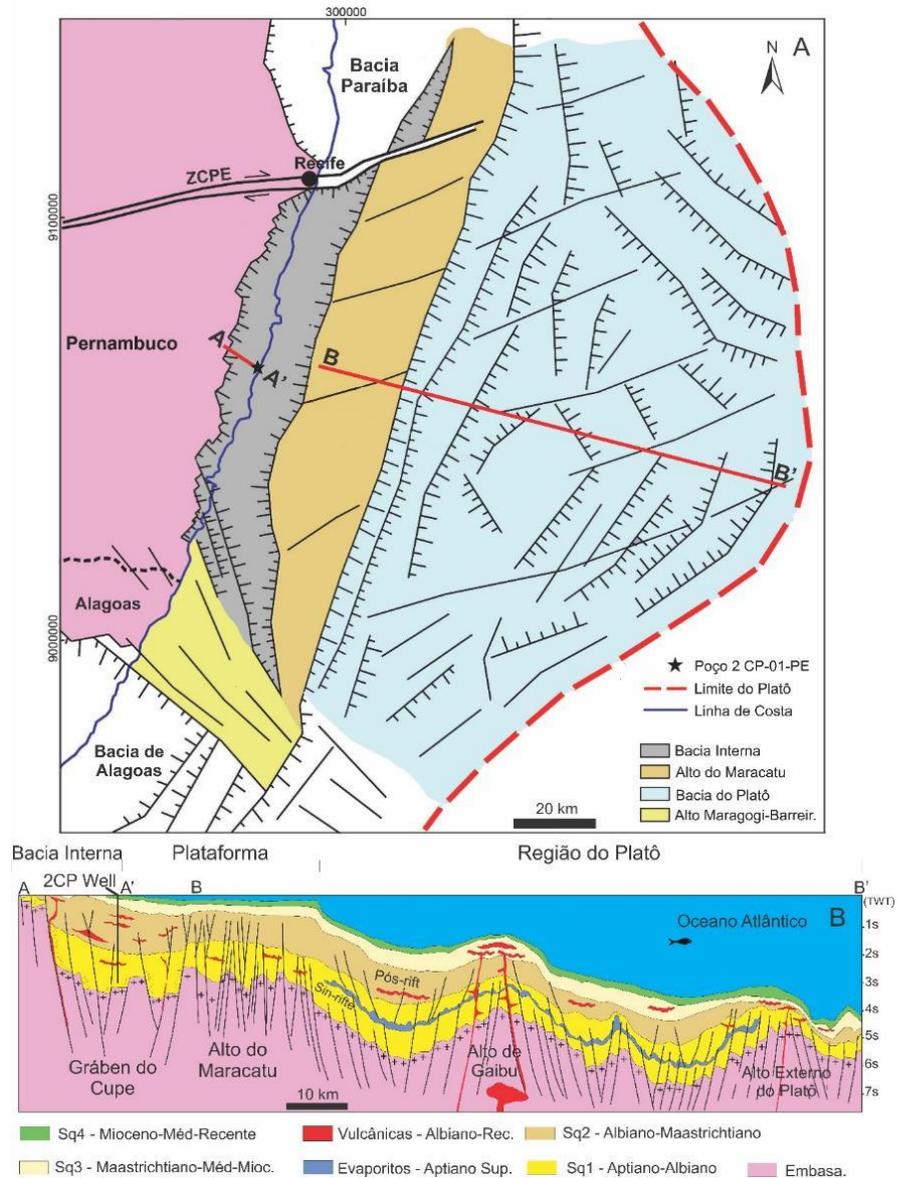
Desse modo Lima Filho (1998), a partir de dados geofísicos, estruturais e sedimentológicos a faixa costeira, porção emersa, da Bacia de Pernambuco foi subdividida em duas sub-bacias: 1) Sub-Bacia Norte (Piedade), confinada entre o Lineamento Pernambuco e o Alto estrutural do Cabo de Santo Agostinho, e 2) Sub-Bacia Sul (Cupê), desde o Alto de Santo Agostinho até o Alto Barreiros–Maragogi (Fig-19). Lima Filho (1998) mapeou as falhas de borda da Bacia de Pernambuco, verificando que a grande maioria apresenta direção NE com rejeitos normais, e que além destas, ocorre outro sistema que apresenta direção NW/NNW com rejeito direcional e são predominantemente dextrais, compatíveis assim com estruturas de transferência. Este autor concluiu que a borda da Bacia de Pernambuco possui uma direção NE coincidindo com a estruturação dúctil do embasamento e as falhas NW correspondem às falhas de transferência.

Lima Filho (1998) detalhou os eventos tectono-magmáticos relacionados à evolução tectônica da Bacia de Pernambuco, sendo eles:

- a) Evento tectônico inicial correspondente ao rifteamento que é marcado pela discordância na base da seção rifte;
- b) Evento tectonomagmático do Albiano;
- c) Evento que ocorreu no Cenomaniano-Turoniano;
- d) Evento que corresponde a discordância final do Turoniano, e que é correlacionado ao evento Pré-Calumbi na Bacia de Alagoas e;
- e) Evento do Turoniano Superior-Coniaciano que marca o início da fase drifte (Lima Filho et al. 2006).

A seção rifte encontrada na faixa costeira da Bacia de Pernambuco e que está encaixada na bacia interna desta, possivelmente alonga-se até a porção mais sul da plataforma da Bacia da Paraíba, porém nesta região a deposição da fase rifte de idade aptiana pode ser pouco representativa ou não estar presente (Lima Filho et al., 2005; Lima Filho et al., 2006; Barbosa & Lima Filho, 2006), conforme figura 19.

**Figura 19 - Mapa esquemático da Bacia de Pernambuco apresentando seus domínios estruturais.**



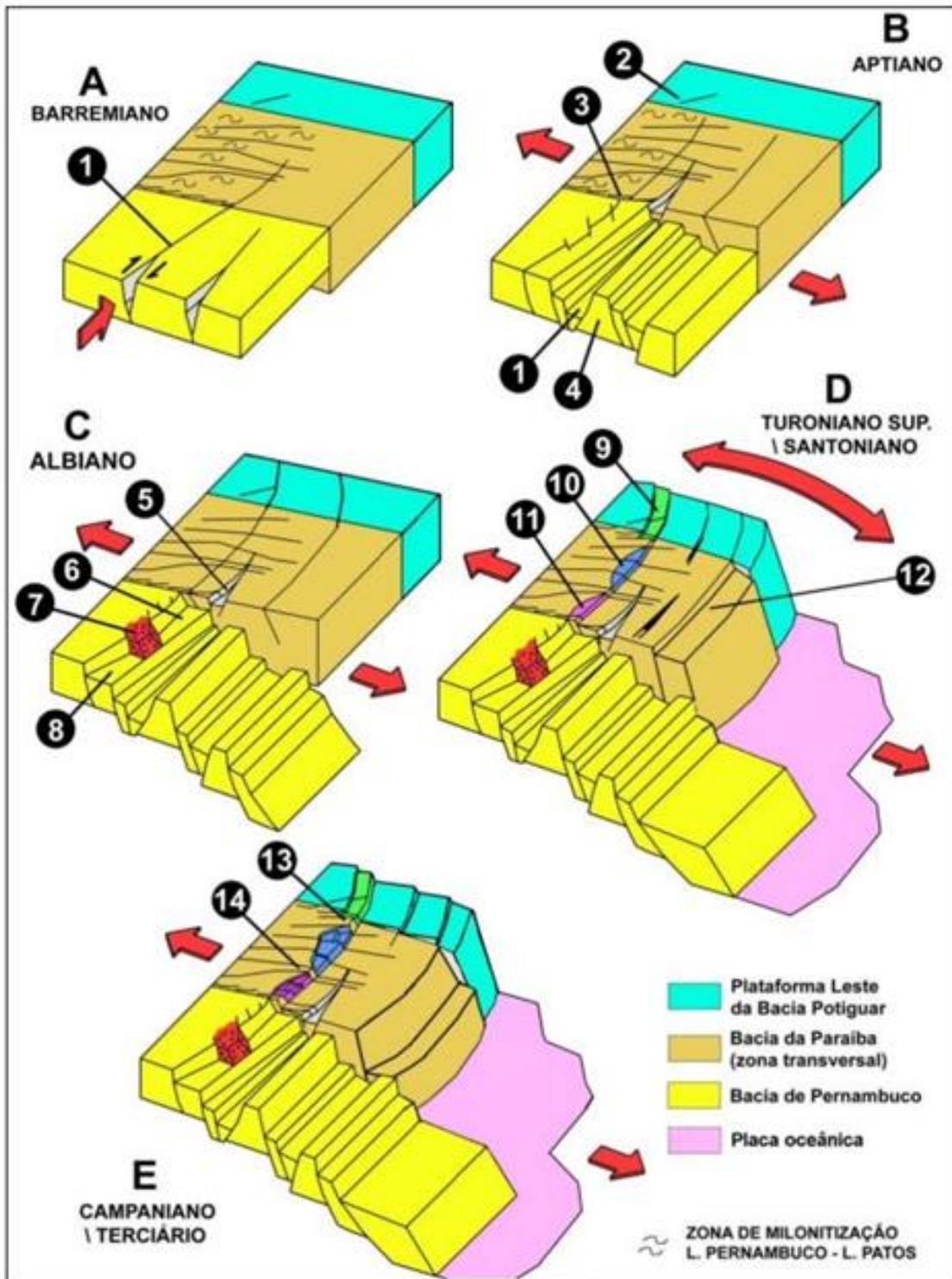
**Fonte: modificado de Buarque et al (2016).**

Lima Filho et al. (2005) propuseram uma sequência evolutiva comparativa para a geologia observada na faixa costeira das bacias de Pernambuco e da Paraíba (Fig-20):

- Na Bacia de Pernambuco o preenchimento na região da atual faixa costeira se deu num rifte estreito gerado por movimentos transcorrentes dextrais. Estes movimentos formaram um pequeno rombóide que se estendeu até a ZCPE.

- Durante o Aptiano, possivelmente a ZCPE se movimentou na área afetada pelo rifteamento (Bacia de Pernambuco), e avançou um pouco além da ZCPE, sendo abortado na plataforma em frente à Sub-bacia de Olinda. Neste período, os esforços foram de direção NW (Matos, 1999).
- Durante o Albiano, os esforços extensionais continuaram na Bacia de Pernambuco, com a presença de um magmatismo cujo pulso principal tem sua idade Ar-Ar em torno de 100Ma (Lima Filho & Szatmari, 2002; Nascimento, 2003) este magmatismo não ultrapassou a ZCPE. No final do Albiano o rifte interno sofreu uma parada na sedimentação principalmente na sua porção norte, enquanto que no Graben do Cupe houve subsidência.
- Do final do Turoniano ao Santoniano, ocorreu uma subsidência ao norte alcançando a Bacia da Paraíba, devido à flexão da plataforma entre a ZCPE e o alto de Touros, provocada por um deslocamento distensional entre as placas sul-americana e africana. Na Bacia da Paraíba, as depressões provocadas pela subsidência de alguns blocos foram preenchidas por sedimentos clásticos, inclusive recobrando o graben de Olinda. A região ao norte do alto de Mamanguape, até Natal, começou a receber sedimentação transicional devido ao início da transgressão marinha provocada pela continuidade de flexão da rampa.
- No Campaniano, a transgressão se instala em toda Bacia da Paraíba, devido à rápida subsidência da rampa. Durante o Maastrichtiano, ocorre uma calma tectônica, sendo depositados na Bacia da Paraíba os carbonatos plataformais. Na Bacia de Pernambuco, a partir do Turoniano, houve levantamentos epirogenéticos que foram responsáveis pela erosão que atingiu os sedimentos da fase rifte e as rochas da Suíte Magmática de Ipojuca, juntamente com movimentos distensionais que causaram deposição da Formação Algodoads de idade ainda não definida (Fig-20).

Figura 20 - Modelo esquemático da evolução da Bacia de Pernambuco, ao sul da ZCPE e da Bacia da Paraíba ao norte. 1 - Rifte do Cupe, 2 - Zona de Cisalhamento de Patos, 3 - Zona de Cisalhamento de Pernambuco, 4 - Alto de Tamandaré, 5 - Graben de Olinda, 6 - Graben de Piedade, 7 - Granito do Cabo de Santo Agostinho, 8 - Graben do Cupe, 9 - Sub-Bacia de Canguaretama, 10 - Sub-Bacias Alhandra/Miriri, 11 - Sub-Bacia Olinda, 12 - Talude da Bacia da Paraíba, 13 - Alto de Mamanguape, 14 - Alto de Goiana.



Fonte: Barbosa & Lima Filho (2006) e Lima Filho et al (2005).

## 11.1 ESTRATIGRAFICA DA BACIA DE PERNAMBUCO

A presente descrição da sucessão estratigráfica da Bacia de Pernambuco, principalmente focada no registro de seu preenchimento na porção emersa, tem como base a recente revisão proposta (Barbosa et al., 2009; Maia, 2012; Barbosa et al., 2014). Neste contexto a bacia apresenta um número maior de formações geológicas do que o que foi proposto em trabalhos anteriores (Alheiros 1988; Lima Filho, 1998; Almeida, 2005).

### 11.1.1 Formação Cabo

A Formação Cabo corresponde ao intervalo Aptiano da Bacia de Pernambuco e apresenta feições que sugerem a dominância de sistemas de leques aluviais de grande porte (Maia 2012). Provavelmente, esses leques foram formados através do sistema de drenagem radial, responsável pelo preenchimento sedimentar da depressão formada pela bacia interna da Bacia de Pernambuco. Trabalhos recentes sugeriram que esta unidade apresenta em seu topo uma sedimentação relacionada a um ambiente mais árido. Esta unidade está relacionada à primeira fase de rifteamento registrada na bacia (Maia, 2012; Barbosa et al., 2014).

A Formação Cabo apresenta em seu topo um conjunto de feições que sugerem a instalação de sistemas de sabkhas continentais na região da bacia interna, o que possivelmente foi influenciado por condições climáticas e tectônicas dominantes no final dessa primeira fase rifte. As ocorrências de gipsita, anidrita, e de enriquecimento de bário, no final do Aptiano, sugerem que essa condição evaporítica, está associada à existência de playas continentais, já que não ocorre nestes intervalos indícios de influência marinha (Maia, 2012, Maia et al, 2012).

Da mesma forma, a ocorrência de depósitos carbonáticos intercalados aos depósitos conglomeráticos da Formação Cabo sugere a formação de lagos rasos que existiram no centro da bacia interna. Estes lagos recebiam a sedimentação das planícies aluviais durante o final dessa fase inicial do rifteamento. Além dos depósitos carbonáticos, algumas rochas da Formação Cabo apresentam formação de cimento calcítico e dolomítico de origem diagenética, que substituiu e preencheu

a porosidade formada pela dissolução de grãos e de matriz nestas rochas (Maia, 2012; Maia et al., 2012).

Maia (2012) propôs que os depósitos de conglomerados polimíticos e arenitos grossos arcoseanos da base da Formação Cabo poderiam ser tratados como um membro denominado Membro Tejipló, ao passo que o conjunto de estratos da porção superior, com intercalações carbonáticas e afinidade evaporítica poderiam ser tratados como um membro distinto, ao qual a autora denominou de Membro Afogados.

### 11.1.2 Suíte Magmática Ipojuca (SMI)

A Suíte Magmática Ipojuca apresenta um caráter bimodal (Sial 1976), e é composta por basaltos, traqui-andesitos, traquitos, riolitos, e por uma ocorrência conhecida de álcali-feldspato granito (conhecida como Granito do Cabo de Santo Agostinho). O pulso magmático ocorrido na bacia teve seu principal pulso datado em torno de 102-105 m.a. (Nascimento 2003). As rochas vulcânicas ocorrem de forma discordante (diques) na formação Cabo e de forma discordante e concordante (Soleiras) na Formação Suape.

Algumas teorias em relação à origem da SMI indicam que esta tenha sido gerada por alguma anomalia térmica, hot spot, ou pluma (Sial 1976; Nascimento 2003). Lima Filho (1998) sugeriu ainda que um vulcanismo, possivelmente terciário, afetou a bacia. Esse autor se baseou na existência de níveis alterados de material caulínico que ocorre em diversas localidades na bacia, capeando rochas albianas da Formação Suape.

### 11.1.3 Formação Suape

Recentemente foi proposta uma nova unidade estratigráfica para a Bacia de Pernambuco (Barbosa et al 2005), com base na divisão da Formação Cabo em duas formações distintas (Maia, 2012, Maia et al., 2012).

A Formação Suape, de idade eo a meso-Albiana, representa a segunda fase rifte da bacia, e apresenta características que sugerem um domínio de sistemas fluviais, influenciado por clima possivelmente mais úmido, do que o que se passou

para a Formação Cabo (Maia et al., 2012). A base da Formação Suape ainda guarda evidências de pulsos tectônicos marcados pela presença de conglomerados, que dominaram a sedimentação da primeira fase de rifteamento (Maia, 2012). Contudo, a formação apresenta tendência de granodecrescência ascendente, com a formação de depósitos de arenitos finos e folhelhos formados por sistemas fluvio-lacustres na porção superior. É possível que durante a deposição da Formação Suape, na bacia interior, a drenagem tenha sofrido uma modificação, passando de radial para axial, embora a influência dos leques aluviais e da drenagem radial ainda tenha permanecido (Maia, 2012). Durante a deposição da Formação Suape ocorreu o magmatismo que deu origem a Suíte Magmática Ipojuca, o que proporcionou a intercalação de rochas sedimentares, vulcânicas (derrames) e piroclásticas.

A análise da mineralogia desta unidade indica uma maior irregularidade na distribuição de terrígenos nos corpos litológicos, o que sugere uma variação vertical maior dos depósitos, criada por mudanças no sistema deposicional (Maia, 2012).

#### 11.1.4 Formação Paraíso

A Formação Paraíso, foi proposta por Maia (2012), com base na análise de linhas sísmicas e no registro do poço 2 CP (faixa costeira). Esta unidade teria idade neo-Albiana, e apresentaria dominância de depósitos continentais, terrígenos, mas a alteração na composição mineralógica, com diminuição na contribuição dos feldspatos, corroborada pela análise bioestratigráfica/paleoambiental, sugere que esta recebeu influência marinha restrita, anterior à formação dos depósitos carbonáticos de ambiente marinho raso que caracterizam a Formação Estiva. Vale ressaltar que esta unidade está separada da Formação Suape por discordância, e que esta representaria a primeira sequência da fase pós-rifte da bacia, conforme Maia (2012).

Contudo a correlação desses dados com os dados de superfície é complicada devido à possibilidade de que parte dos depósitos referentes a unidades Suape, e a unidade Paraíso, posicionada logo abaixo da Formação Estiva e acima da formação Suape, sejam subaflorantes (Barbosa et al., 2014). Além disso, o alto grau de alteração dos depósitos aflorantes dificulta a melhor interpretação, e distinção dos depósitos clásticos continentais.

#### 11.1.5 Formação Estiva

Amaral e Menor (1979), Lima Filho (1998), Lima Filho e Santos (2001) propuseram que os depósitos carbonáticos da faixa costeira da Bacia de Pernambuco representariam três pulsos transgressivos distintos e que, embora as fácies carbonáticas dominassem a deposição, ainda ocorriam associados níveis de folhelhos e arenitos calcíferos.

O primeiro pulso transgressivo seria caracterizado por calcários cinzentos esbranquiçados, de granulometria fina, sobrepostos a arcóseos e folhelhos possivelmente pertencentes à Formação Cabo, observados sobre as rochas da Suíte Magmática de Ipojuca (Granito do Cabo) na região do Porto de Suape.

O segundo ciclo é formado por carbonatos marinhos com forte influência terrígena em direção ao continente, passando de calcários margosos para calcários com siliciclastos.

O último ciclo é constituído por calcários subaflorantes sobre as rochas da Suíte Magmática de Ipojuca, sendo limitados no topo por uma superfície de erosão, designada como Pré-Barreiras por Amaral & Menor (1979) e Pré-Algodoais por Lima Filho (1998b) e Cruz (2002). A idade da Formação Estiva foi determinada por associações palinológicas que seriam relativas ao intervalo do Albiano ao Santoniano (Lima Filho e Santos 2001).

#### 11.1.6 - Formação Algodoais

Segundo Lima Filho (1998) a Formação Algodoais recobre de forma discordante os estratos das Formações Cabo Superior, da Suíte Magmática Ipojuca e da Formação Estiva, e é composta por arenitos e conglomerados mono a polimíticos com fragmentos de rochas vulcânicas retrabalhadas (Lima Filho, 1998).

Essa formação foi descrita por Rocha (1990) como sendo um membro da Formação Cabo, porém Lima Filho et al., (1994) elevaram a unidade a categoria de formação. Segundo Lima Filho (1998) os depósitos desta unidade podem ser divididos em duas unidades: uma conglomerática com fragmentos de rochas vulcânicas e tufos e a outra formada por arenitos arcoseanos. Esta formação engloba todos os materiais vulcânicos que foram afetados pela erosão pós-evento magmático, e que foram transportados por processos fluviais (Lima Filho, 1998).

Cruz et al. (2003) estudaram também esta unidade e ressaltaram a ocorrência de arenitos e argilitos, que constituem uma fácies de canal fluvial e planície de inundação. As idades dos depósitos que compõem a Formação Algodoads ainda é motivo de debate, e alguns trabalhos propõem idades diferentes com base nas relações estratigráficas. Segundo Lima Filho (1998) e Barbosa e Lima Filho (2006) estas devem ter possivelmente uma idade pós-turoniana, pois a mesma encontra-se sobre os calcários da Formação Estiva e seu limite superior deve chegar até o Neógeno (Lima Filho, 1998). A Formação Algodoads é capeada pela Formação Barreiras por uma discordância que é considerada por Lima Filho, (1998) como sendo um marco estratigráfico regional na faixa costeira.

Ainda de acordo com Lima Filho (1998) o topo da Formação Algodoads, unidade Tiriri, é marcado por um nível caulínico, que é associado por esse autor a um evento de vulcanismo tardio, possivelmente Paleógeno, porém de expressão menor do que o pulso que gerou a Suíte Ipojuca. Em alguns locais, a evidência desse vulcanismo é composta por corpos de riolito pórfiro, composto por feldspato e quartzo bipiramidal (Lima Filho 1998).

#### 11.1.7 - Formação Barreiras

A Formação Barreiras completa a coluna estratigráfica da bacia capeando os depósitos cretácicos de forma discordante. Esta unidade estratigráfica é caracterizada por depósitos areno-argilosos de idade Mioceno (Rossetti et al 2013). Ainda segundo Rossetti (2000; 2001) os sedimentos do barreias foram depositados em sistemas estuarinos de vales incisos durante a fase de mar transgressivo a alto.

### 11.2 ESTRATIGRAFICA DO QUATERNÁRIO DA ÁREA DE SUAPE

Desenvolvidas durante o Quaternário, a planícies costeiras constituem uma unidade geológico-geomorfológica de grande complexidade, levando-se em consideração o fato de serem ambientes de transição entre fenômenos marinhos e continentais, onde podem ser inseridos diversos compartimentos geomorfológicos.

O acúmulo de depósitos quaternário nas planícies resulta da interação de vários fatores, tais como: variação do nível do mar, mudanças climáticas e processos dinâmicos costeiros.

Estes depósitos são representados na área, pelos sedimentos dos terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, recifes, fluviais, mangues e areias de praia. Do ponto de vista fisiográfico, está localizada no Setor Sul da Planície Costeira de Pernambuco, conforme definido por Coutinho (1993), conforme figura 17.

Segundo Dominguez et al. (1992), o modelo de sedimentação dominante na planície costeira, durante os períodos de nível de mar alto, era o sistema de ilha barreira-laguna, onde os rios não alcançavam a plataforma e construíam deltas em ambientes protegidos. Ao contrário, durante o abaixamento do nível do mar, as lagunas e baías tornam-se emergentes, a planície costeira prograda através dos cordões litorâneos, os rios retrabalham os sedimentos da planície e da plataforma interna, favorecendo a progradação da linha de costa. Essas areias são incorporadas ao sistema de deriva litorânea e posteriormente acumulado em alguns locais ao longo da costa, como por exemplo, na desembocadura dos rios, recifes ou reentrâncias na linha de costa.

Terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos foram formados durante as regressões subsequentes a dois grandes eventos transgressivos, denominados por Bittencourt et al (1979) de (a) Penúltima Transgressão, que alcançou um máximo de 8 – 10 m acima do nível médio atual do mar, em torno de 120.000 anos A.P. e, (b) Última Transgressão, quando o nível do mar atingiu o máximo de 5 m acima do nível médio atual do mar por volta de 5.100 anos A.P.

Em função da sua importância no contexto evolutivo da planície costeira, as formações quaternárias que ocorrem na área serão descritas com maiores detalhes.

#### 11.2.1 Terraços Marinhos Pleistocênicos (QTP)

Ocorrendo geralmente nas porções mais internas da planície costeira, ora no sopé das formações mais antigas, ora isoladas na própria planície, têm-se os depósitos pleistocênicos (Fig-21). Estes se apresentam, no geral, descontínuos, de forma variável, com altitude máxima de 8m, paralelo em geral a linha de costa e com largura variando de 0.5 a 1.0 km.

Esses terraços não apresentam cordões litorâneos na superfície, como uma de suas características, como consequência direta do retrabalhamento parcial por ação eólica e/ou erosão causada pelos eventos flúvio-marinhos subsequentes à sua deposição.

São constituídos por areias média, quartzosas, inconsolidadas com grãos subangulosos, com moderada seleção e, em superfície, apresentam coloração branca. Na sua parte basal, tais depósitos podem exibir coloração marrom ou preta e certa coesão, aspectos atribuídos à presença de ácidos úricos e óxido de ferro resultante de processos pedogenéticos. A existência deste nível, associado a altitude e a ausência de cordões litorâneos na superfície, constitui um fator de grande importância para a identificação dos terraços pleistocênicos.

Posicionando-se paralelo a linha de costa, esta unidade é observada na porção central da área sob a forma de corpos alongados de direção geral N-S. Limita-se a oeste pelas unidades pré-quadernárias, a leste pelos depósitos flúvio-lagunares, algumas vezes pelos cordões holocênicos, bem como por depósitos de mangues. Esta faixa não contínua, de direção geral NE-SW, estende-se da Praia da Gamboa até a margem direita do Rio Massangana.

#### 11.2.2 Terraços Marinheiros Holocênicos (QTH)

Com largura média de 500 metros, estes depósitos apresentam-se sob a forma de corpos alongados, mais ou menos contínuos, paralelos a linha de costa. Raramente são retrabalhados pela ação eólica e podem conter conchas de moluscos em bom estado de conservação (Fig-21). Na superfície, geralmente ocorrem alinhamentos de cordões litorâneos (Bittencourt et al., 1983).

Nesta área, apresenta-se como uma faixa arenosa estreita ao longo das praias da Gamboa, Outeiro Alto e Suape. Estes sedimentos estão separados dos Terraços Marinheiros Pleistocênicos por regiões baixas com depósitos lagunares, acompanhando praticamente toda linha de costa.

Os sedimentos que constituem esta feição são classificados como areias médias a grossas, moderadamente a bem selecionadas, assimetria variando de muito negativa a muito positiva e platicúrticas, traduzindo flutuações do nível energético do agente de transporte (Dominguez et al, 1990).

Na Praia de Suape, norte da área ocorre “placers” de minerais pesados formados por uma associação mineralógica, compreendendo monazita, ilmenita, zircão, rutilo e limonita.

Os terraços marinhos holocênicos formam áreas susceptíveis à erosão marinha, na maioria das vezes, como resultado de uma ocupação urbana desordenada. Representa o grande estoque de areia necessário a manutenção do equilíbrio morfodinâmico das praias atuais, uma vez que funciona como um anteparo natural na dissipação da energia das ondas incidentes. Apresentam também a possibilidade de acumulação de água em subsuperfície, embora sujeito a contaminação por águas salgadas e poluídas.

#### 11.2.3 Depósitos Fluvio-Lagunares (QDF)

Geralmente limitados às áreas inferiores dos estuários, ocupam a maior parte da superfície da planície costeira, formando uma associação vegetal e faunística típicas, colonizando substrato constituído por vasas de coloração cinza escuro e preto (Fig-21). Servem de obstáculo à força das marés e ao fluxo de água doce, favorecendo a sedimentação de grandes quantidades de silte, argila e matéria orgânica, que vão formar as planícies de marés tão características desse ambiente. Os manguezais da área estudada, classificam-se segundo Coutinho & Morais (1986), como pertencentes ao tipo 1, isto é, “mangues de margens de rios”, submetidos ao fluxo lateral de água de baixa salinidade e são extremamente sensíveis as alterações no regime hidrológico. Ocupam toda área estuarina dos rios Merepe, Ipojuca, Tatuoca e Massangana.

Constituem ambientes altamente susceptíveis à alteração morfológicas, geralmente aquelas associadas a modificações na linha de costa como acontecem na área de Suape.

#### 11.2.4 Depósitos Praiais (QP)

Formam a estreita faixa da atual zona de praia, que, por sua vez, representa a porção mais externa da planície costeira. Estes sedimentos encontram-se depositados entre a linha de baixa-mar e os terraços holocênicos (Fig-21).

Apresentam-se em faixas estreitas, o que, dificulta sua representação cartográfica e está permanentemente submetida a ação combinada das ondas, correntes de deriva litorânea e das marés.

Na área ocorre com largura variando entre 25 a 125 m (Praia de Suape) e a sua composição mineralógica, considerando os três setores (pós-praia, praia e antepraia), apresenta-se essencialmente composta por grãos de quartzo, bioclásticos, concentrações de minerais pesados, formando os “placers” de minerais pesados (ilmenita, rutilo e zircão), além de uma significativa presença de fragmentos de rochas.

O quartzo apresenta-se subanguloso à subarredondado, esfericidade variando de baixa à média e com textura superficial do tipo polida predominantemente.

#### 11.2.5 Recifes (Qap)

Um dos traços morfológicos mais característicos do litoral do estado de Pernambuco é a presença de linhas de arenito paralelas à costa, servindo de substrato para o desenvolvimento de corais e de algas calcárias, além de desempenhar importante papel na morfologia recente da costa (Fig-21).

Na área de Suape os recifes desempenham papel fundamental na modelagem da morfologia costeira, sendo responsáveis pela formação e preservação do atual complexo lagunar. Sua geometria regula a penetração da energia das ondas e assegura o equilíbrio necessário ao desenvolvimento do sistema lagunar e dos depósitos associados. Como um grande dissipador de energia das ondas, sua preservação é fundamental para que a própria estrutura portuária seja preservada juntamente com as praias adjacentes. Por isso merece uma descrição mais detalhada.

O seu ambiente de formação vem sendo discutido, e as primeiras pesquisas que serviram de base para futuros trabalhos (Assis, 1990).

Segundo a definição náutica do termo, ocorrem vários tipos de recifes no litoral, expostos nas praias ou nas zonas mais ao largo. Os mais comuns são os arenitos de praia ou “beachrock” e os recifes orgânicos, formados por corais e/ou algas calcárias.

Os recifes ocorrem sob a forma de corpos lineares, descontínuos, dispostos em linhas aproximadamente paralelas entre si e à atual linha de costa. O número e variável, mas geralmente são visíveis, à baixa-mar, duas ou três exposições, sendo a primeira quase sempre emersa e próxima à praia e as demais parcialmente emersas. Os recifes mais próximos a praia são geralmente mais friáveis, sendo que alguns deles aparentemente, estão se formando atualmente. Na plataforma continental, várias linhas de recifes soterradas foram evidenciadas através de registros sísmicos, enquanto, na planície costeira, recifes recobertos por depósitos arenosos foram localizados por sondagens mecânicas realizadas pelo LGGM.

Os recifes são geralmente formados de areia de praia quartzosa cimentada com fragmentos orgânicos, podendo conter alguns seixos de quartzo arredondados.

Microscopicamente, a rocha de praia é predominantemente formada por arenito quartzoso com cimento calcário e, algumas vezes, um calcarenito com quartzo. Os recifes de arenito refletem a composição dos sedimentos das praias onde se formaram (Chaves, 1966)

Em geral, os recifes apresentam uma granulometria de média a grossa, às vezes, com elementos de maior calibre no topo, e alternância de níveis mais escuros com níveis mais claros, ricos em bioclóstos (Halimeda e fragmentos de conchas). Os grãos quartzosos são subangulosos e subarredondados, constituindo cerca de 70 a 80 % da rocha, cimentados pelo carbonato de cálcio.

Embora exista uma extensa literatura sobre a ocorrência de arenitos de praia em diferentes regiões, ainda não se conhece perfeitamente o processo de cimentação. Do ponto de vista geológico, é um processo rápido, e a litificação pode estar completa em torno de 10 anos, a julgar pelos objetos recentes encontrados nos recifes.

Os recifes de arenito ou rocha de praia são considerados, por vários autores, como testemunhos de nível do mar mais alto que o atual durante o Quaternário, conforme atestam os estudos de estruturas sedimentares e as determinações cronológicas que atribui uma idade holocênica para os recifes de arenito do litoral de Pernambuco (Chaves, 1996).

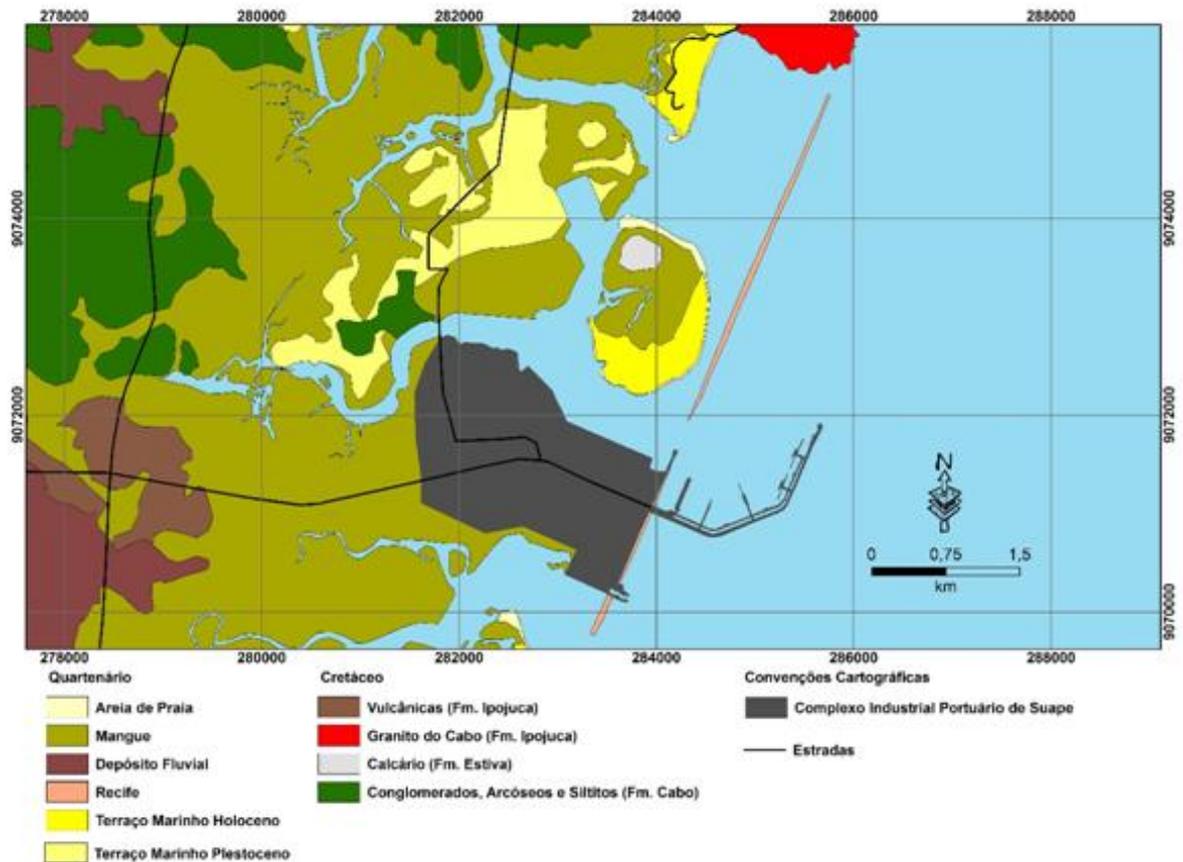
A localização e a morfologia dos recifes orgânicos sugerem uma estreita associação com os recifes de arenito, os quais servem de substrato para seu

desenvolvimento. Associado aos corais há um grande desenvolvimento de algas calcárias, especialmente do lado externo, onde a ação das ondas é mais forte.

Sobre as formações recifais, existem poucos grupos de organismos e os poucos corais encontrados estão mortos ou branqueados. As duas espécies de corais mais encontradas foram *Siderastrea stellata* e *Mussismilia hispida*, pertencentes a grupos endêmicos. Destas duas espécies citadas, a última está se desenvolvendo bem no molhe artificial do porto. A superfície do corpo recifal apresenta inúmeros testemunhos da presença de ouriços e de algas coralinas incrustantes.

O abaixamento do nível relativo do mar, que se seguiu à Última Transgressão, há 5.100 anos A.P., com a consequente diminuição da profundidade e o aumento da turbidez das águas, foram responsáveis pela grande mortandade de corais ou pelo seu pouco desenvolvimento.

**Figura 21 - Mapa geológico da região de Suape**



Fonte: modificado de Neumann (1991).

## 12 GEOMORFOLOGIA

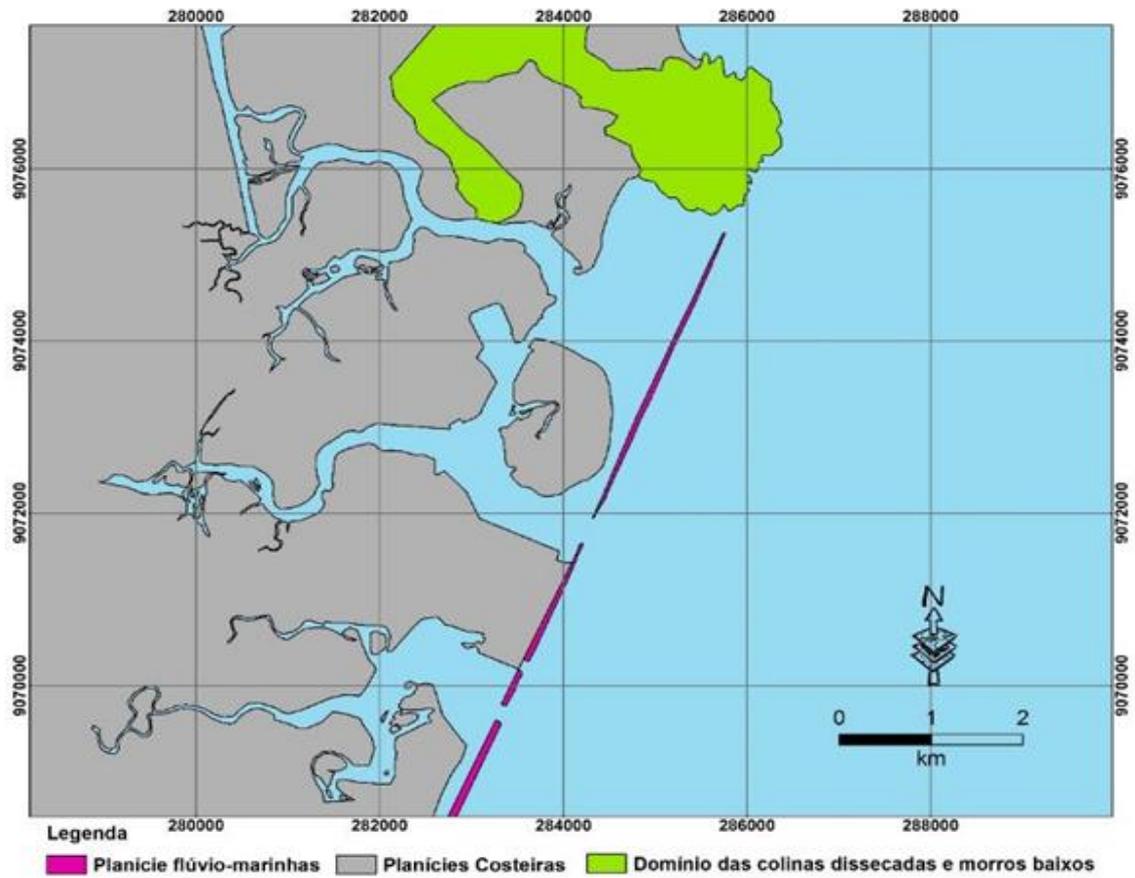
Segundo o trabalho de Neumann (1991), na descrição da compartimentação geomorfológica foram reconhecidos três compartimentos distintos: domínio colinoso, rampas de colúvio e planície costeira (Fig-22).

O Domínio da Planície Costeira - compreende um conjunto de ambientes deposicionais de origens fluvial e marinha, cujos padrões de relevo são as planícies flúvio-marinhas, apresentando extensos manguezais em estuários afogados formando rias, as planícies costeiras propriamente ditas, formadas pelas praias arenosas e terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, e os recifes de arenito de praia ou, subordinadamente, coralinos, que são uma característica marcante do litoral Pernambucano. Na planície costeira identificam-se vários ambientes deposicionais, dos quais os mais importantes são representados pelos depósitos fluviais, depósitos de mangue e os depósitos marinhos.

O Domínio de Planícies Lagunares ou Flúvio-Lagunares, com vegetação de brejos, ou de ambientes de planícies intermarés, contêm a vegetação de mangues. Esta vegetação tem grande importância para a bioestabilização da planície flúvio-marinha e na deposição de sedimentos fluviais nas margens da mesma. Funcionam como área de amortecimento dos impactos provocados pelas inundações fluviais e avanços do mar. Além disso, os manguezais têm uma grande importância ecológica, por se tratar de um berçário para reprodução de várias espécies de crustáceos e peixes.

O Domínio dos Patamares Orientais da Borborema, seguindo denominação proposta por IBGE (1995), também denominado de depressão pré-litorânea, estão associados a rochas ígnea-metamórficas da Província Borborema de idades Paleoproterozóica a Neoproterozóica. Neste domínio o padrão de relevo predominante é o de colinas dissecadas, que nessa área apresentam feições convexas (mamelonares), com declividades entre 5° e 15°. Contudo vale salientar que muitas dessas colinas também são formadas por rochas sedimentares e ígneas da Bacia de Pernambuco de idade Cretácea.

Figura 22 - Mapa com as principais unidades geomorfológicas da região de Suape.



Fonte: modificado de Neumann (1991).

### **13 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo serão apresentadas todas as etapas desta pesquisa, detalhando os trabalhos de escritório e campo.

Serão mostrados os subitens e subdivisões referentes à: batimetria, equipamentos utilizados, processamento e interpretação dos dados, perfis batimétricos, geração de mapas batimétricos, coleta de sedimentos, fácies e migração de sedimentares.

## 14 BATIMETRIA

Para o cálculo do balanço de sedimentar da baía de Suape foram utilizadas duas batimetrias antigas, a primeira referente a um levantamento hidrográfico realizado no ano de 1994 e a segunda do ano de 2007.

### 14.1 BATIMETRIA DE 1994

O levantamento batimétrico mais antigo encontrado por esta pesquisa da Baía de Suape foi de novembro de 1994.

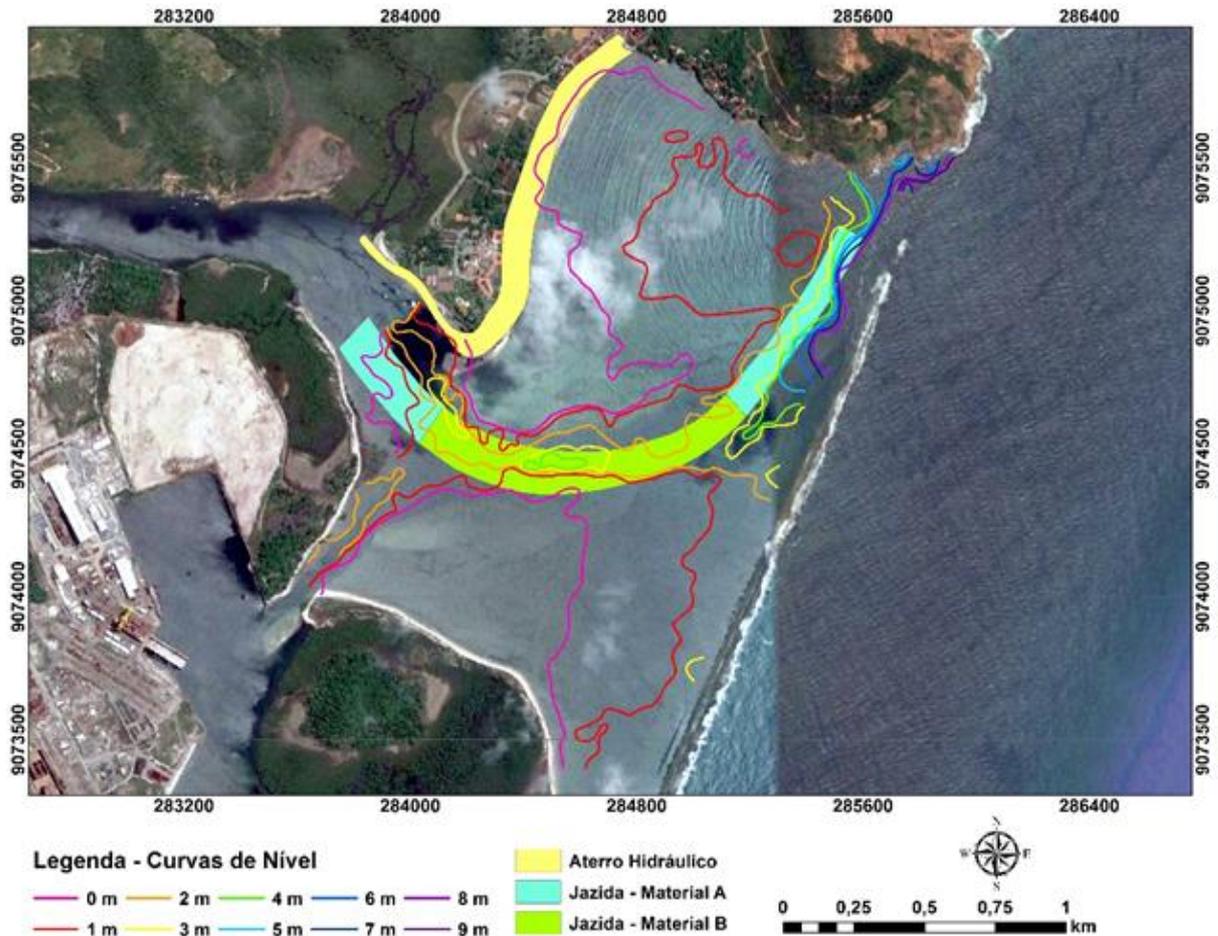
Corresponde ao projeto executivo “Engordamento Emergencial da Praia de Suape”. Este projeto corresponde a construção de um aterro hidráulico, para a reconstituição da faixa de praia, desde Riacho Gamboa do Barbosa, localizado no final rio Massangana, próximo a sua foz, passando pela praia de Suape até a praia de Paraíso (Fig-23).

É possível observar que o problema de erosão neste local do litoral pernambucano é bastante antigo e perdura até o momento, sofreu por várias tentativas, sem sucesso, de reconstituição e engordamento da faixa de praia.

Foram utilizados dois tipos de materiais com propriedades físicas diferentes, para a construção do aterro. O material classificado como "A" foi utilizado para a construção da faixa de praia e o material "B" para a construção do talude. A jazida de areia está localizada dentro da própria baía, evidenciando que nesta época, já existia uma variação de fácies granulométricas da baía.

Os dados batimétricos foram extraídos a partir das curvas de nível existente na planta do projeto. A partir dos coordenadas e profundidades de cada curva de nível, foi gerando o arquivo xyz e a partir deste, criadas as superfícies batimétricas por meio da interpolação dos dados, conforme figura 23.

Figura 23 - Projeto executivo “Engordamento Emergencial da Praia de Suape” na imagem do Google Earth de 2016. As linhas correspondem as curvas de nível referentes as cotas batimétricas, a área em amarelo corresponde a delimitação do aterro hidráulico e as áreas em azul e verde, a delimitação da jazida para a obra de engorda.



Fonte: O autor, 2018.

## 14.2 BATIMETRIA DE 2007

Cintrão (2009) realizou um levantamento batimétrico na Baía de Suape, estuário do rio Massangana e nos riachos da Ilha da Cana e Algoduais e no Canal Retificado em novembro de 2007, com a finalidade de caracterizar com precisão, as cotas batimétricas e morfologia de fundo da área estudada (Fig-24).

**Figura 24 - Levantamento batimétrico de 2007 da Baía de Suape e nos rios Tatuoca, e Massangana. As linhas em preto indicam a rota da embarcação e sobre elas, foram registradas as profundidades.**



. Fonte: Cintrão (2009).

O equipamento utilizado para a coleta dos dados em tempo real foi uma ecossonda, intervalo de 2 segundos com o sistema de posicionamento integrado GARMIN GPSMAP 185 SOUNDER.

Os valores de profundidade foram corrigidos com base na Tábua de Mares do Porto de Suape, elaborado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2007).

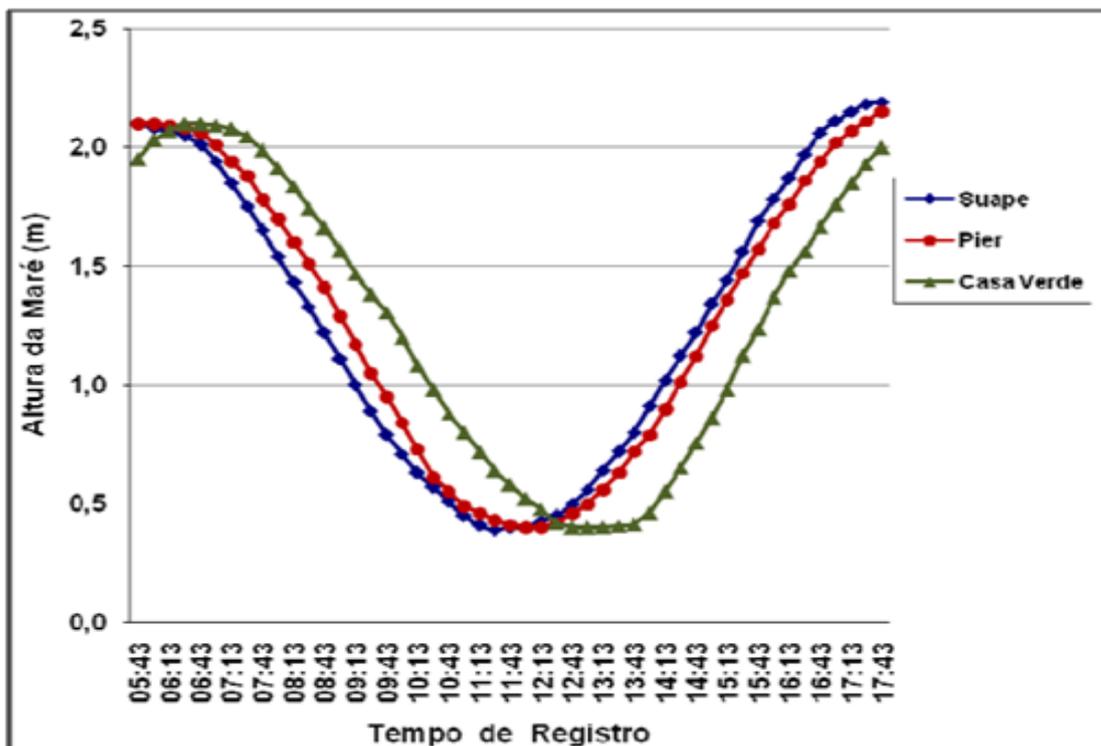
Este autor realizou um estudo de zoneamento da maré, a partir de três estações linigráficas (Suape, Píer e Casa Verde). Segundo a Norma de Autoridade

Marítima para Levantamentos Hidrográficos (NORMAM-25/DHN REV.1, 2014), o zoneamento baseia-se nas comparações entre as alturas observadas ou previstas, realizadas simultaneamente em duas estações, servindo para determinar diferenças (ex.: fase, amplitude, nível médio e forma das curvas) das marés. A divisão de zonas de marés ocorre sempre que for verificada diferença acima de 10 cm de alturas instantâneas ou diferenças de fase que acarretem desnível de 10 cm de amplitude. O zoneamento permite distribuir os desníveis de nível de redução (NR) entre as estações.

Pode-se observar na figura 25, que não existem desníveis de fase e amplitude acima 10cm, entre os dados de marés medidos no Porto do Suape e no Píer na foz do rio Massangana.

A partir do zoneamento feito por Cintrão (2009) conclui se que não há a necessidade da instalação de uma estação maregráfica (marégrafo ou régua de leitura) para a medição da variação da maré em levantamentos batimétricos na Baía de Suape, podendo-se utilizar os dados fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Porto de Suape.

**Figura 25 - Gráfico demonstrando o prisma de maré das estações de Suape, Píer e casa Verde.**



Fonte: Cintrão (2009).

## 15 RESULTADOS

A seguir segue as informações detalhados dos dados.

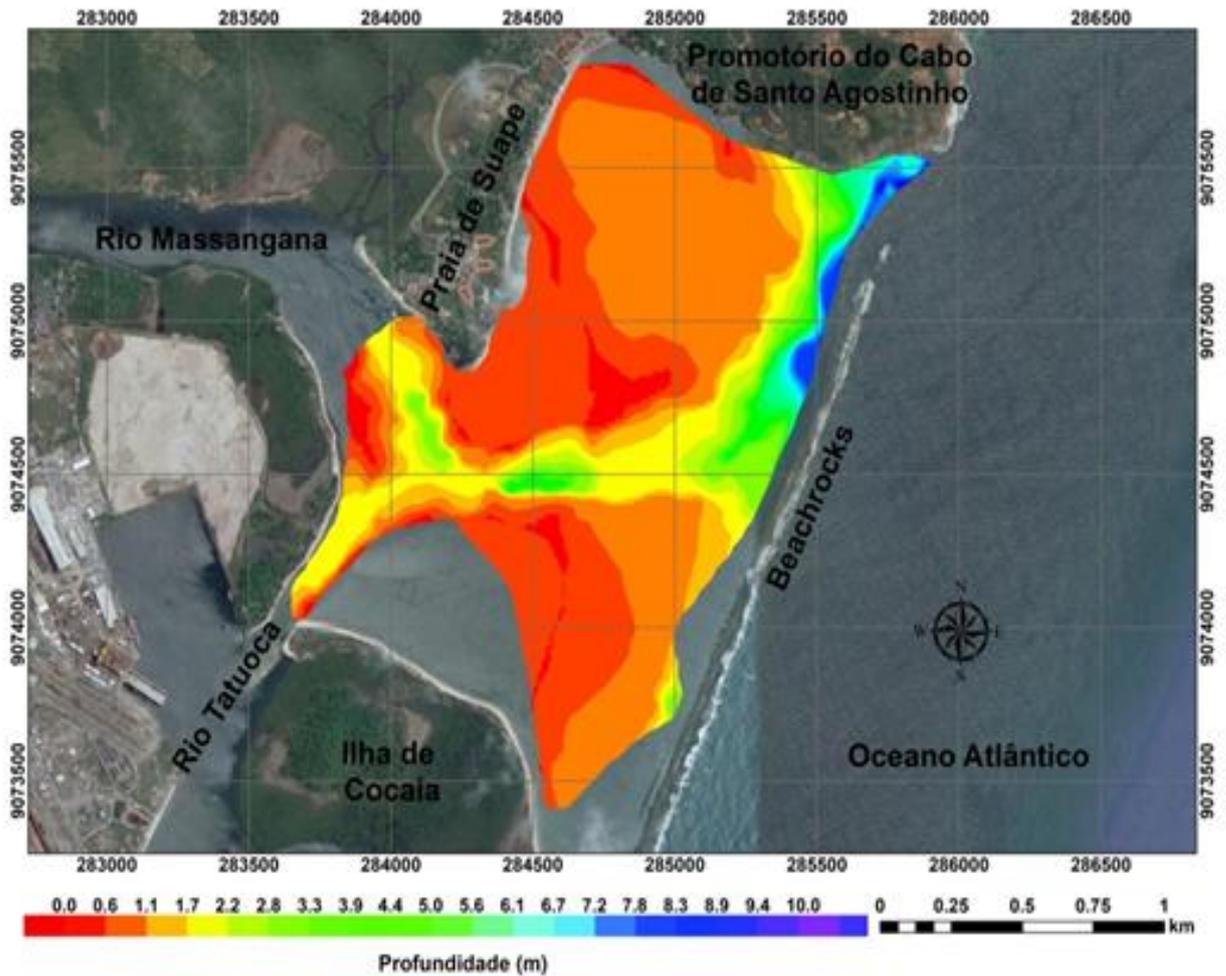
### 15.1 BATIMETRIA

A partir do modelo digital de terreno da batimetria do ano de 1994, pode-se observar que até a profundidade 1.7m, as isóbatas possuem um trend paralelo à linha de costa e apresentando uma baixa gradiente de declividade, tanto as praias de Suape e Paraíso, como a Ilha de Cocaia (Fig-26).

Após essas áreas de porções mais planas, ocorre um aumento das profundidades, no sentido NE, na direção da abertura dos recifes com o granito do cabo, formando um talude que apresenta um aumento no gradiente de declividade, passando rapidamente das cotas de 2m profundidade para as cotas de 7m, voltando a apresentar uma forma mais ou menos planta até a cota de 10m, próximo à abertura entre os beackrochs e o promotório do Cabo de Santo Agostinho, onde se tem uma maior influência marinha.

Na saída da foz do rio Massangana existe o prolongamento da calha do rio adentra na Baía de Suape, rebaixamento do leito e formando um canal natural de direção aproximadamente E-O.

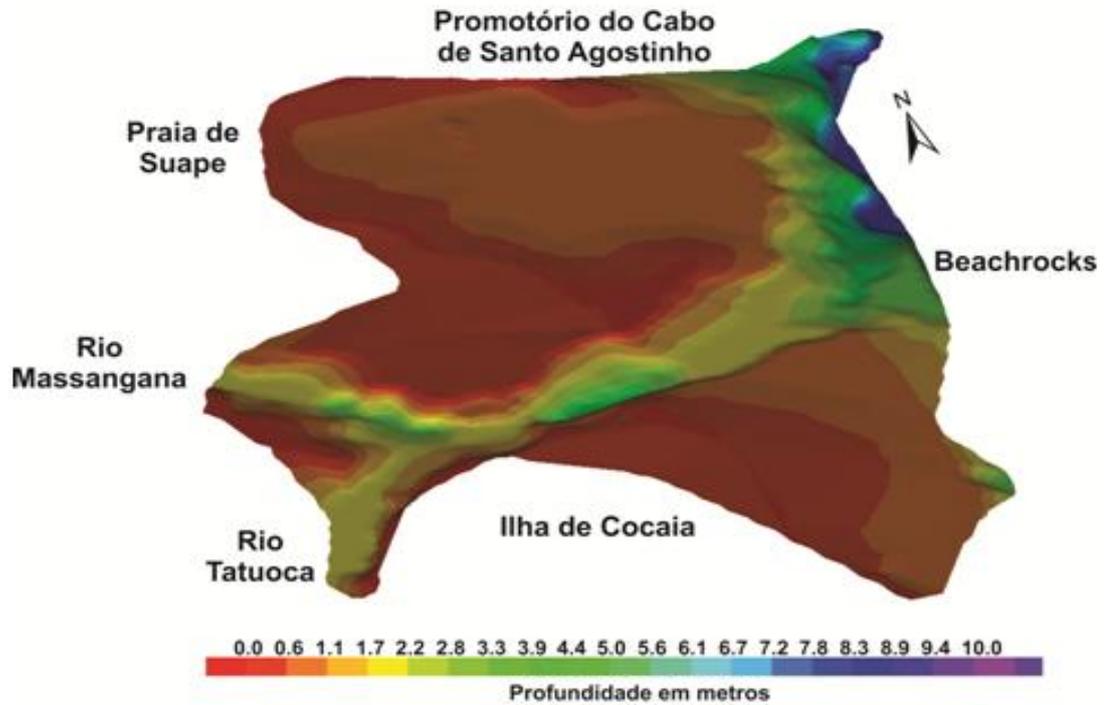
Figura 26 - Superfície batimétrica 2D da Baía de Suape no Google Earth, referente ao levantamento batimétrico realizado no ano de 1994. A escala gráfica de cores é representa a profundidade local, as cores quentes (vermelho a amarelo) correspondem às cotas mais rasas e as cores frias (verde a roxo) as cotas mais profundas.



Fonte: O autor, 2018.

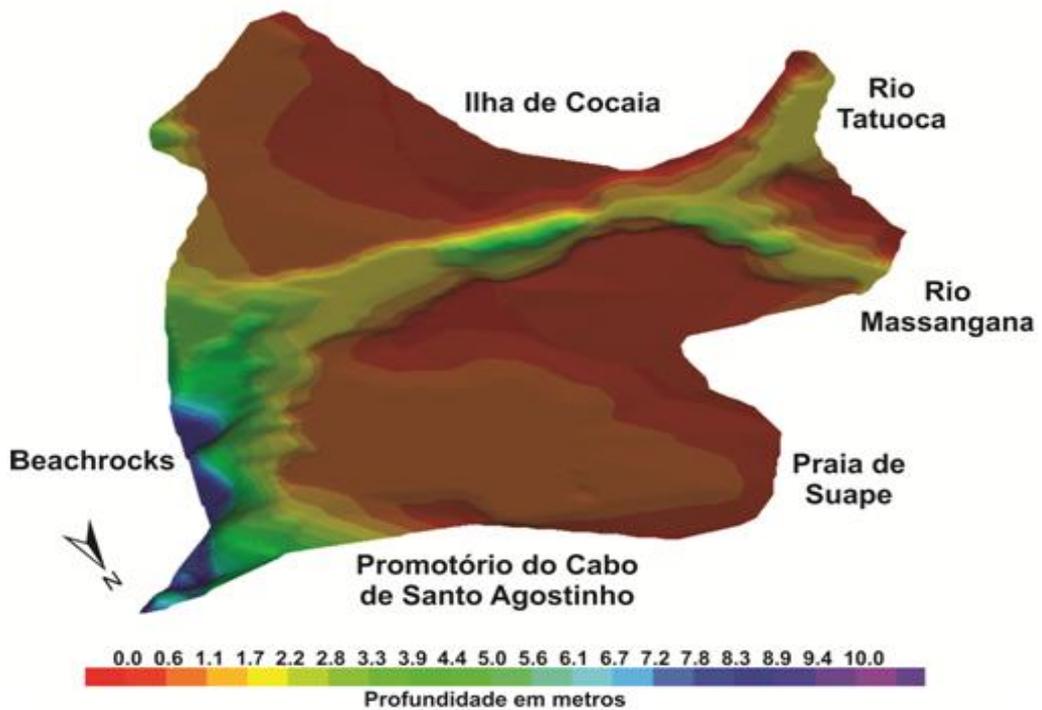
A partir da superfície batimétrica, foi realizada a modelagem 3D da batimetria de 1994, onde é possível observar a morfologia de fundo da baía, conforme figuras 27 e 28.

Figura 27 - Modelagem 3D da superfície batimétrica de 1994 da Baía de Suape, vista de SSE para NNW.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 28 - Modelagem 3D da superfície batimétrica de 1994 da Baía de Suape, vista de NW para SE.



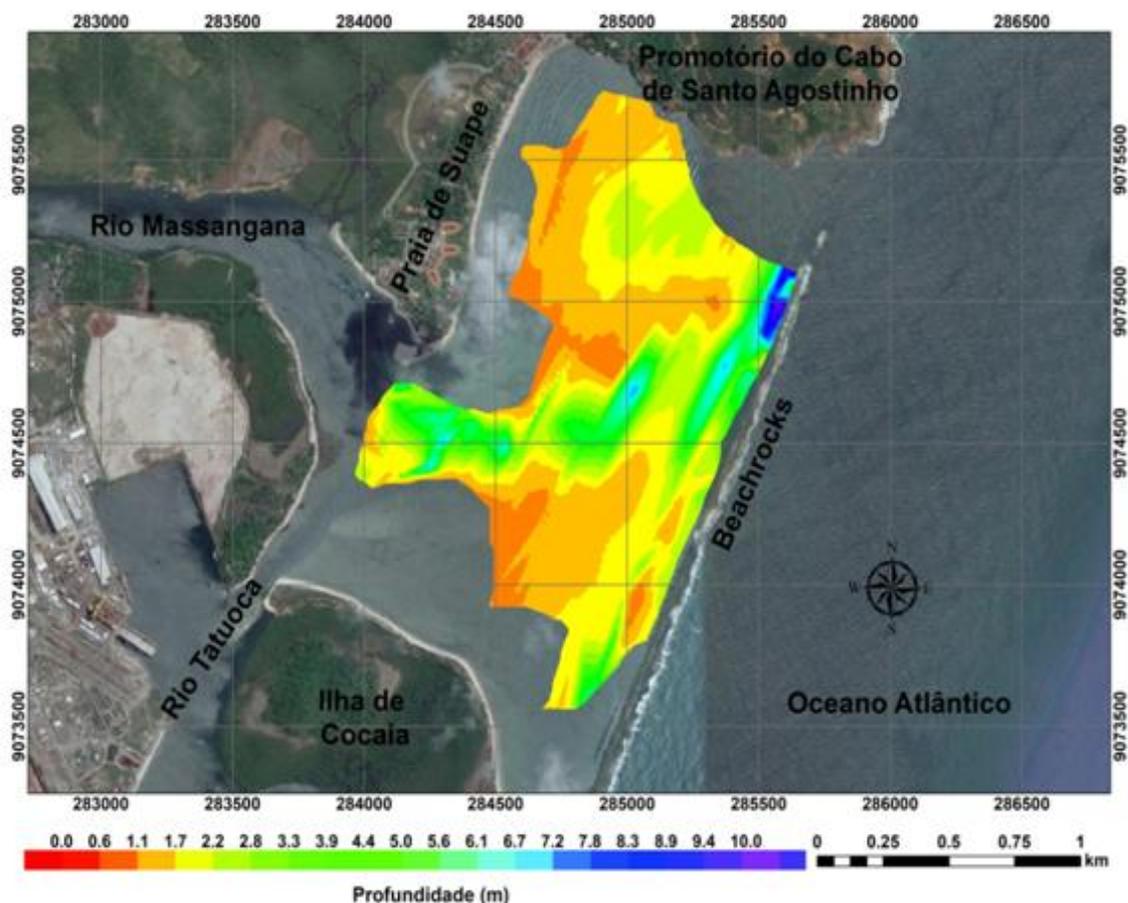
Fonte: O autor, 2018.

Também foi realizado o modelo digital de terreno para batimetria do ano de 2007 (Fig-29), onde se pode observar que a morfologia de fundo da Baía de Suape permaneceu com as mesmas características do ano de 1994.

Foi possível observar as regiões mais rasas e planas próximas à faixa de praia e bordejando a Ilha de Cocaia. A existência do canal na foz dos rios Massangana e Tatuoca, e as maiores cotas próximo aos beachrocks, onde tem maior influência marinha (Fig-29).

A interpolação dos dados foi feita a partir do método de triangulação. Devido à distância entre os dados próximos a faixa de praia de Suape e o intervalo com vazio de dados a norte da Ilha de Cocaia (Fig-29), os dados não ficaram satisfatórios nesses locais, sendo preferido retirar essas informações da superfície batimétrica.

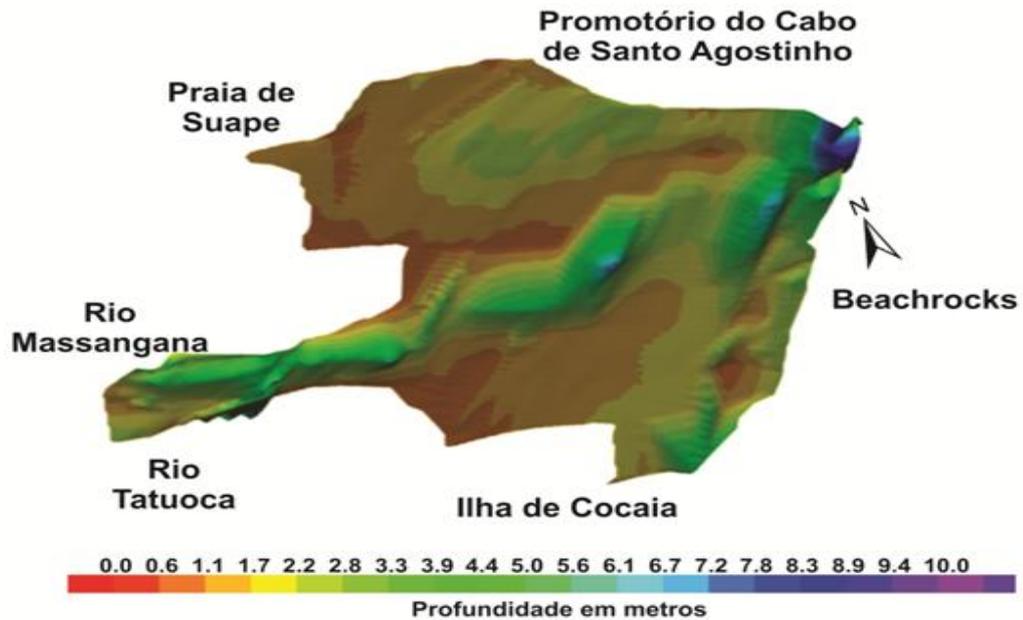
**Figura 29 - Superfície batimétrica 2D da Baía de Suape no Google Earth, referente ao levantamento batimétrico realizado no ano de 2007. A escala gráfica de cores é representa a profundidade local, as cores quentes (vermelho a amarelo) correspondem às cotas mais rasas e as cores frias (verde a roxo) as cotas mais profundas.**



Fonte: O autor, 2018.

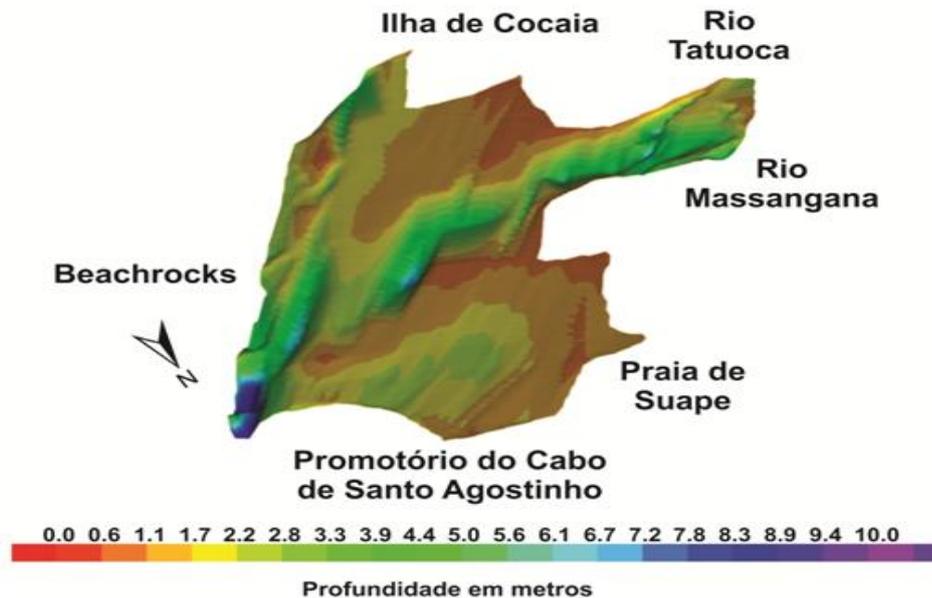
A partir da superfície batimétrica, foi realizada a modelagem 3D da batimetria de 2007, onde é possível observar a morfologia de fundo da baía, conforme figuras 30 e 31.

Figura 30 - Modelagem 3D da superfície batimétrica de 2007 da Baía de Suape, vista de SSE para NNW.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 31 - Modelagem 3D da superfície batimétrica de 2007 da Baía de Suape, vista de NW para SE.



Fonte: O autor, 2018.

## 15.2 PERFIS BATIMÉTRICOS

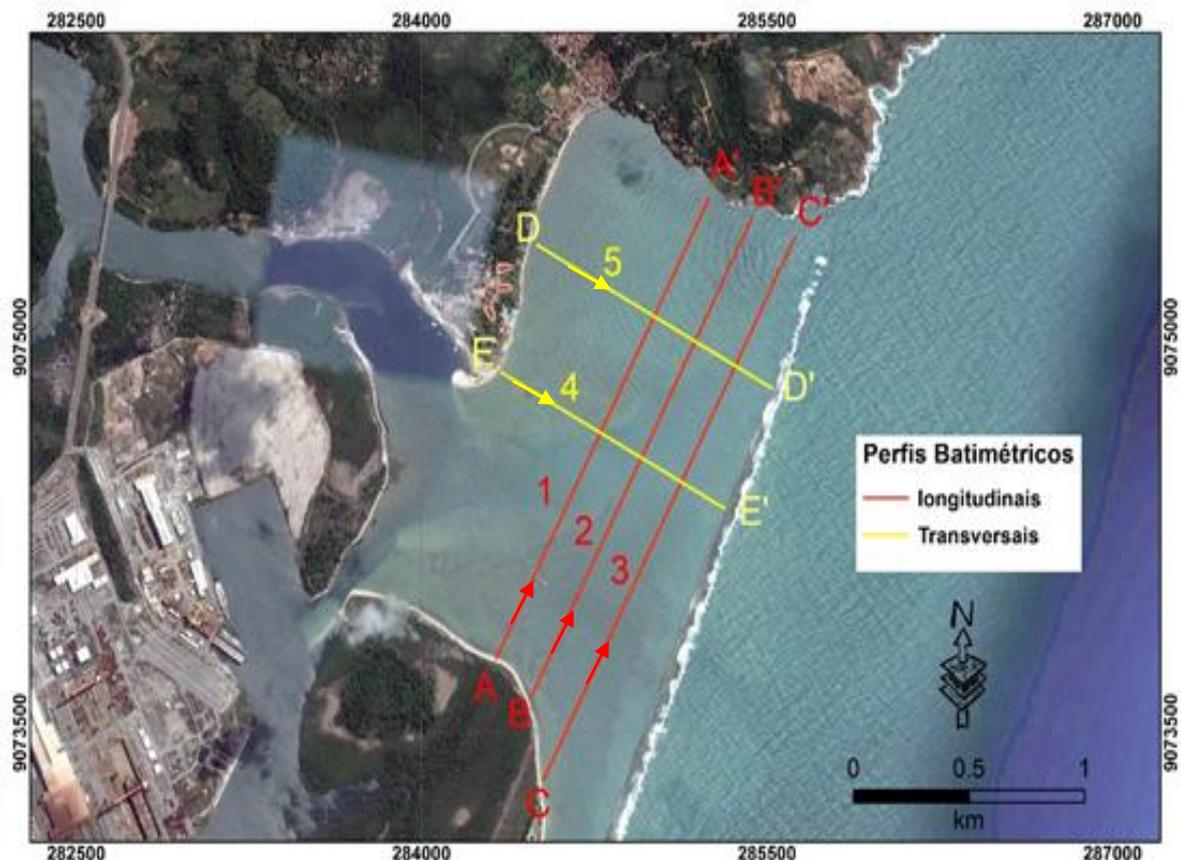
A partir das superfícies batimétricas, foram gerados perfis batimétricos posicionados ao longo da Baía de Suape, os quais possibilitam a visualização do comportamento da morfologia de fundo, permitindo assim uma análise mais detalhada do balanço sedimentar ao longo dos anos.

Foram feitos cinco perfis batimétricos, os quais foram descritos em dois grupos (Fig-32):

- 3 perfis longitudinais a linha de costa, com direção sudoeste-nordeste e sentido 57Az: perfis 1 a 3.
- 2 perfis Transversais a linha de costa, direção noroeste-sudeste e sentido 118Az: Perfis 4 e 5.

Os perfis transversais foram feitos um pouco afastados da linha praia por não ter registros batimétricos do ano de 2007 na faixa próxima as praias de Suape e Paraíso.

**Figura 32 - Localização dos perfis batimétricos.**

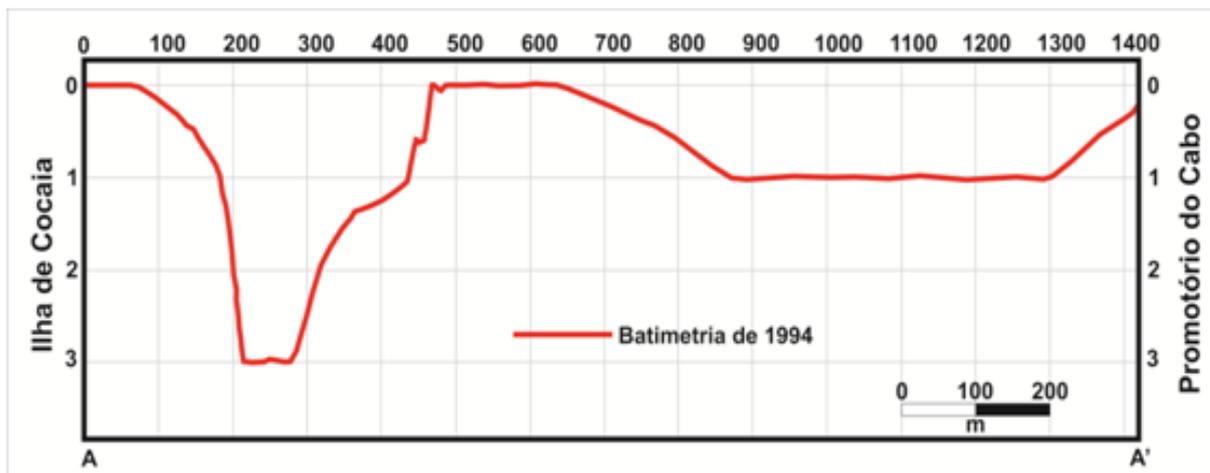


Fonte: O autor, 2018.

### 15.2.1 Perfis Longitudinais da Batimetria de 1994

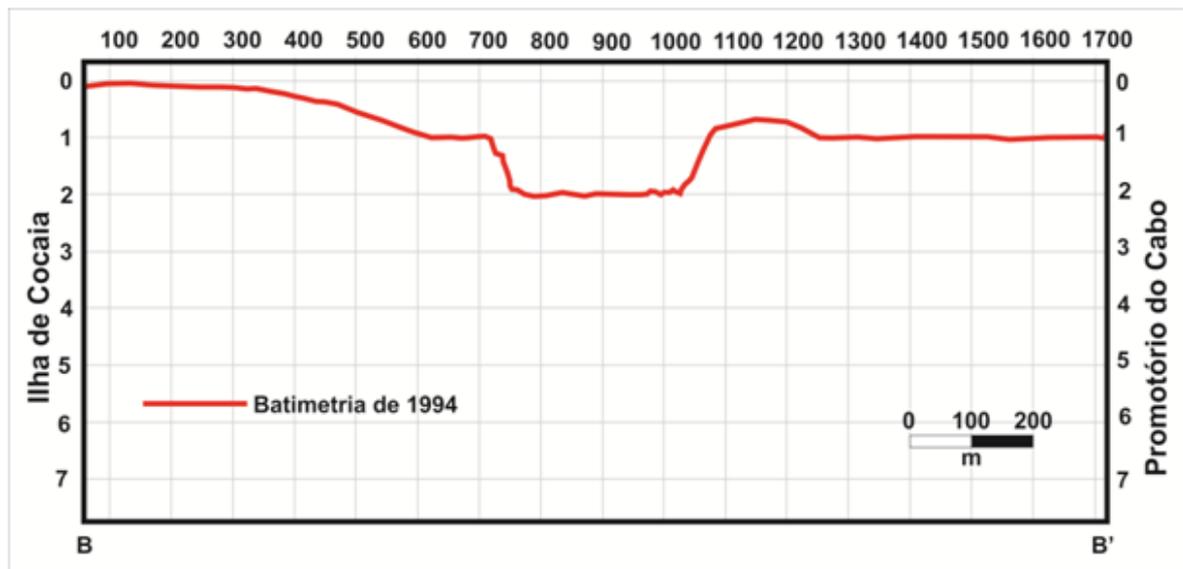
A partir das análises dos perfis longitudinais é possível observar uma morfologia mais ou menos plana nas proximidades da ilha de Cocaia e das praias de Suape e Paraíso. Apresenta um canal bem desenvolvido e atinge a cota máxima de três (3,00) metros nas proximidades da foz do rio Massangana, este canal se torna mais largo e menos profundo ao se afastar da foz do rio. Nas proximidades da conexão com o mar é possível observar um aumento gradativo da profundidade onde alcança as maiores cotas batimétricas (Figuras 33, 34 e 35).

Figura 33 - Perfil batimétrico longitudinal 1 da batimetria feita em 1994.



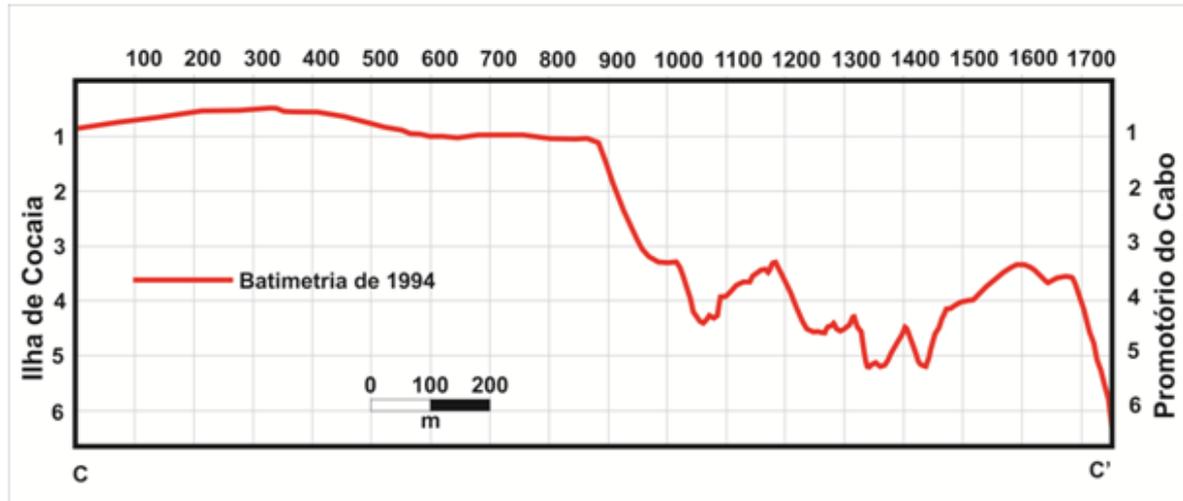
Fonte: O autor, 2018.

Figura 34 - Perfil batimétrico longitudinal 2 da batimetria feita em 1994.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 35 - Perfil batimétrico longitudinal 3 da batimetria feita em 1994.

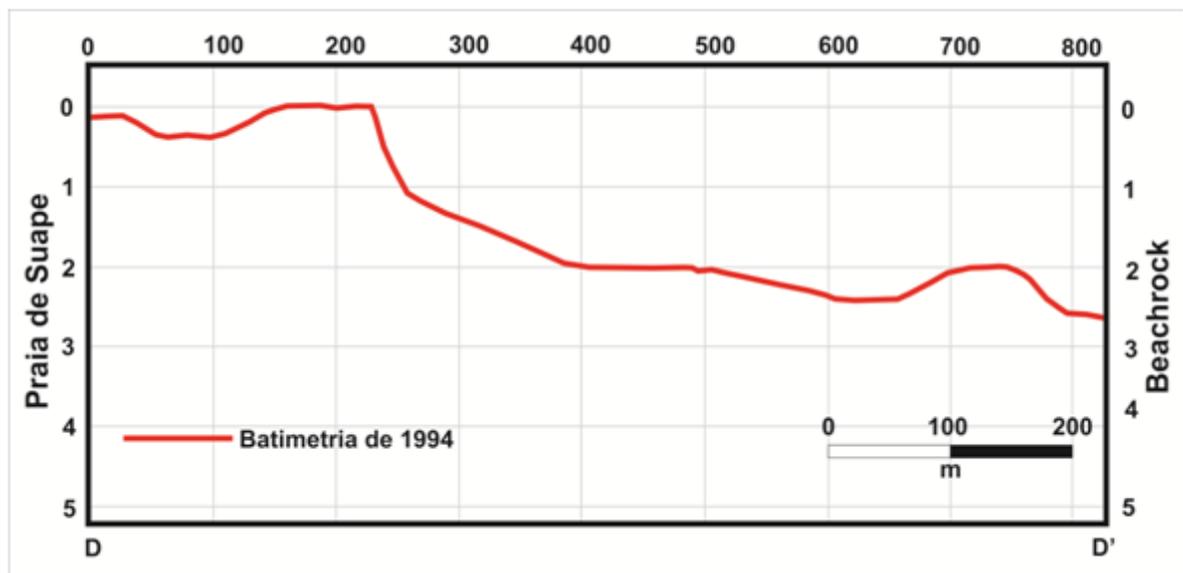


Fonte: O autor, 2018.

#### 15.2.2 Perfis Transversais da Batimetria de 1994

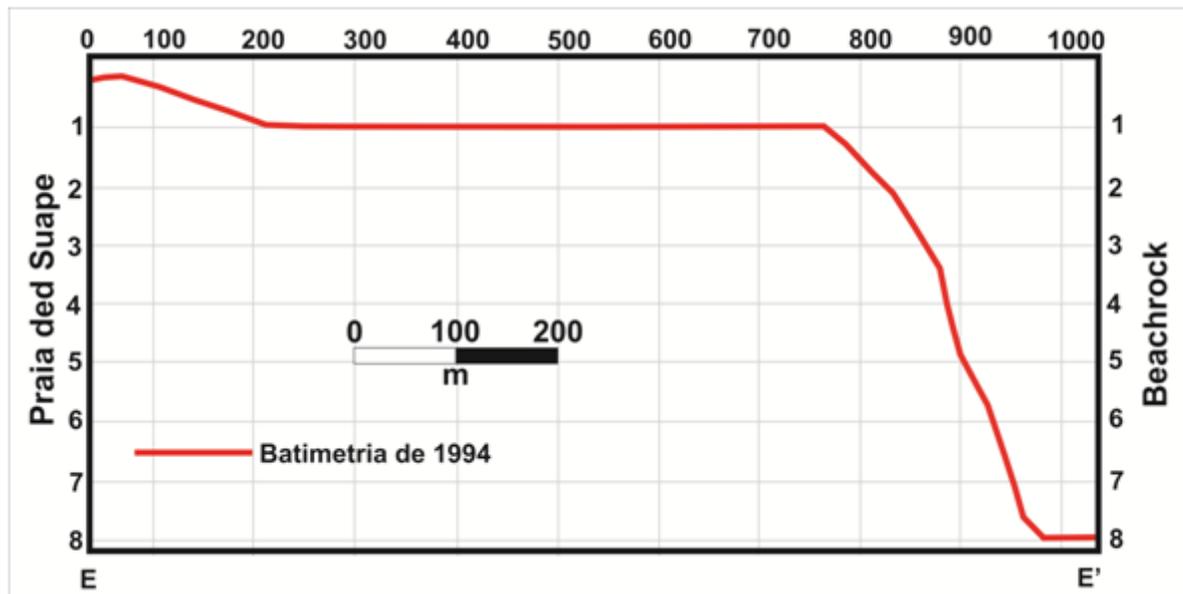
Analisando os perfis longitudinais é possível observar que as maiores cotas batimétricas estão próximas a praias de Suape e Paraíso, com eventuais formações de barras arenosas. Nas proximidades da foz do rio Massangana ocorrer o rebaixamento gradativo do perfil até as proximidades dos recifes naturais e ao se afastar da foz, o perfil é bastante plano tendo que queda abrupta da profundidade nas proximidades dos recifes naturais (Figuras 36 e 37).

Figura 36 - Perfil batimétrico transversal 4 da batimetria feita em 1994.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 37 - Perfil batimétrico transversal 5 da batimetria feita em 1994.

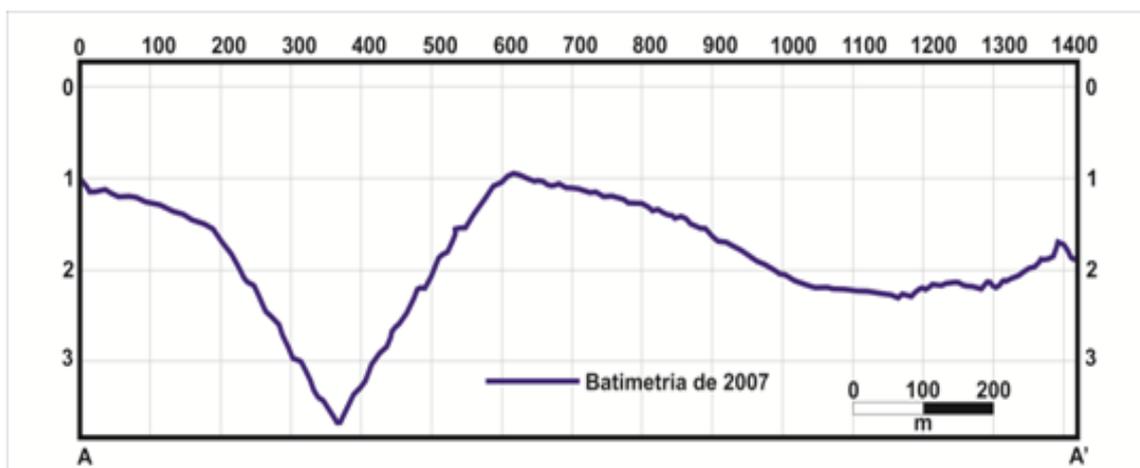


Fonte: O autor, 2018.

### 15.2.3 Perfis Longitudinais da Batimetria de 2007

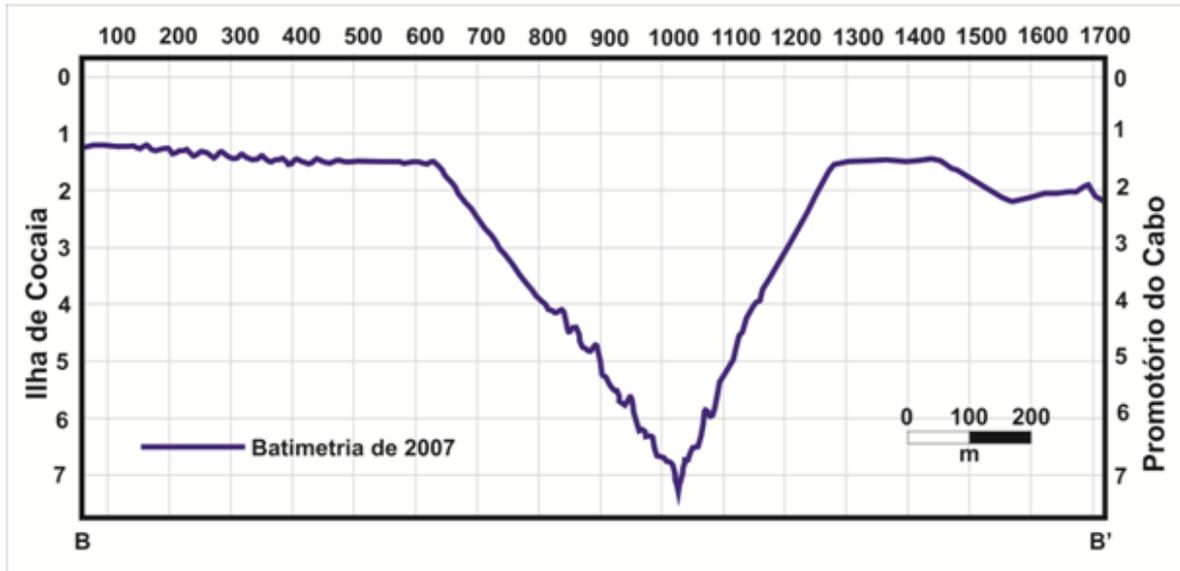
Ao analisar os perfis batimétricos transversais da batimetria feita no ano de 2007, é possível observar uma morfologia ondulada do fundo da Baía de Suape e principal feição é o canal em forma de V na foz do rio massangana que atinge a cota máxima de sete (7,00) metros de profundidade. Ao se afastar da linha de costa o perfil batimétrico se torna mais ou menos plano (Figuras 38, 39 e 40).

Figura 38 - Perfil batimétrico longitudinal 1 da batimetria feita em 2007.



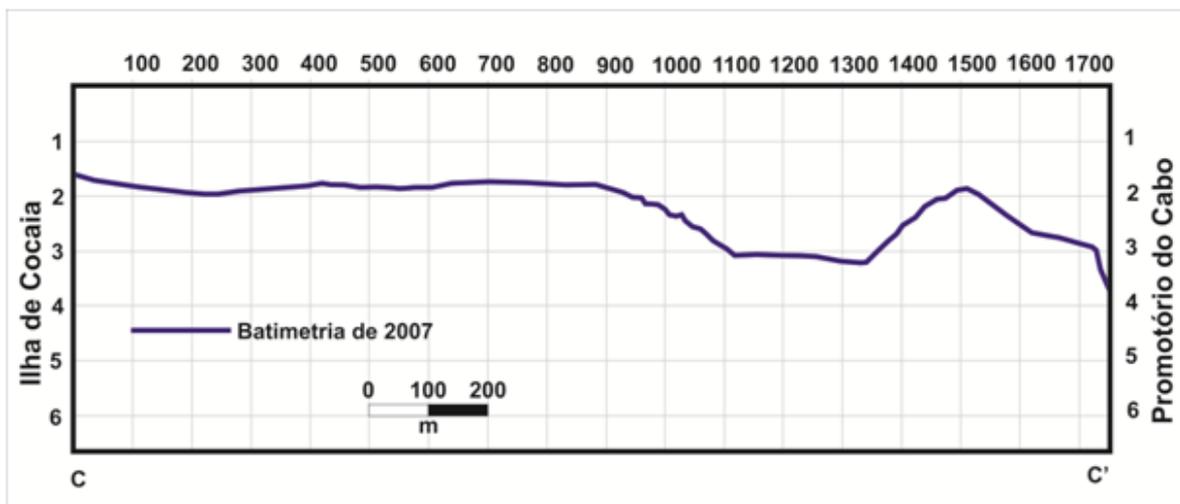
Fonte: O autor, 2018.

Figura 39 - Perfil batimétrico longitudinal 2 da batimetria feita em 2007.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 40 - Perfil batimétrico longitudinal 3 da batimetria feita em 2007.

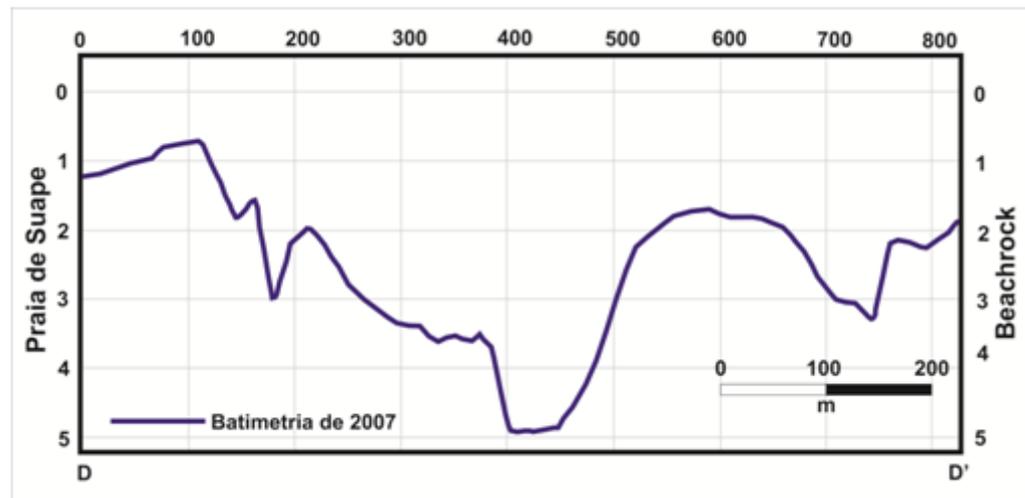


Fonte: O autor, 2018.

#### 15.2.4 Perfis Transversais da Batimetria de 2007

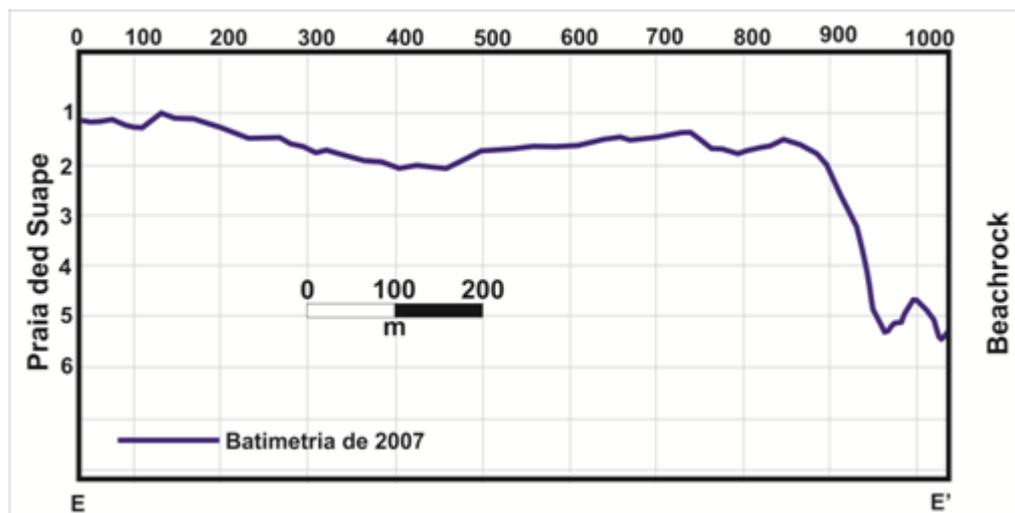
Nas proximidades da foz do rio Massaganda o perfil batimétrico é bastante conturbado e ondulado, ao se afastar em direção ao granito do Cabo, o perfil é mais plano com uma quebra abrupta e aumento da profundidade próximo a conexão com o mar (Figuras 41 e 42).

Figura 41 - Perfil batimétrico transversal 4 da batimetria feita em 2007.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 42 - Perfil batimétrico transversal 4 da batimetria feita em 2007.



Fonte: O autor, 2018.

### 15.3 COMPARAÇÕES ENTRE AS BATIMETRIAS

Para uma melhor compreensão das variações batimétricas e morfológicas que ocorreram na Baía de Suape foram feito uma comparação entre as superfícies batimétricas dos anos de 1994 e 2007.

A partir das análises dos dados foram observados os locais onde tiveram aumento ou redução de profundidade, avanço ou recuo da erosão em relação à

linha de praia, migração de bancos de areias submersos e cubagem, onde foi calculado o volume de material que foi erodido ou depositado.

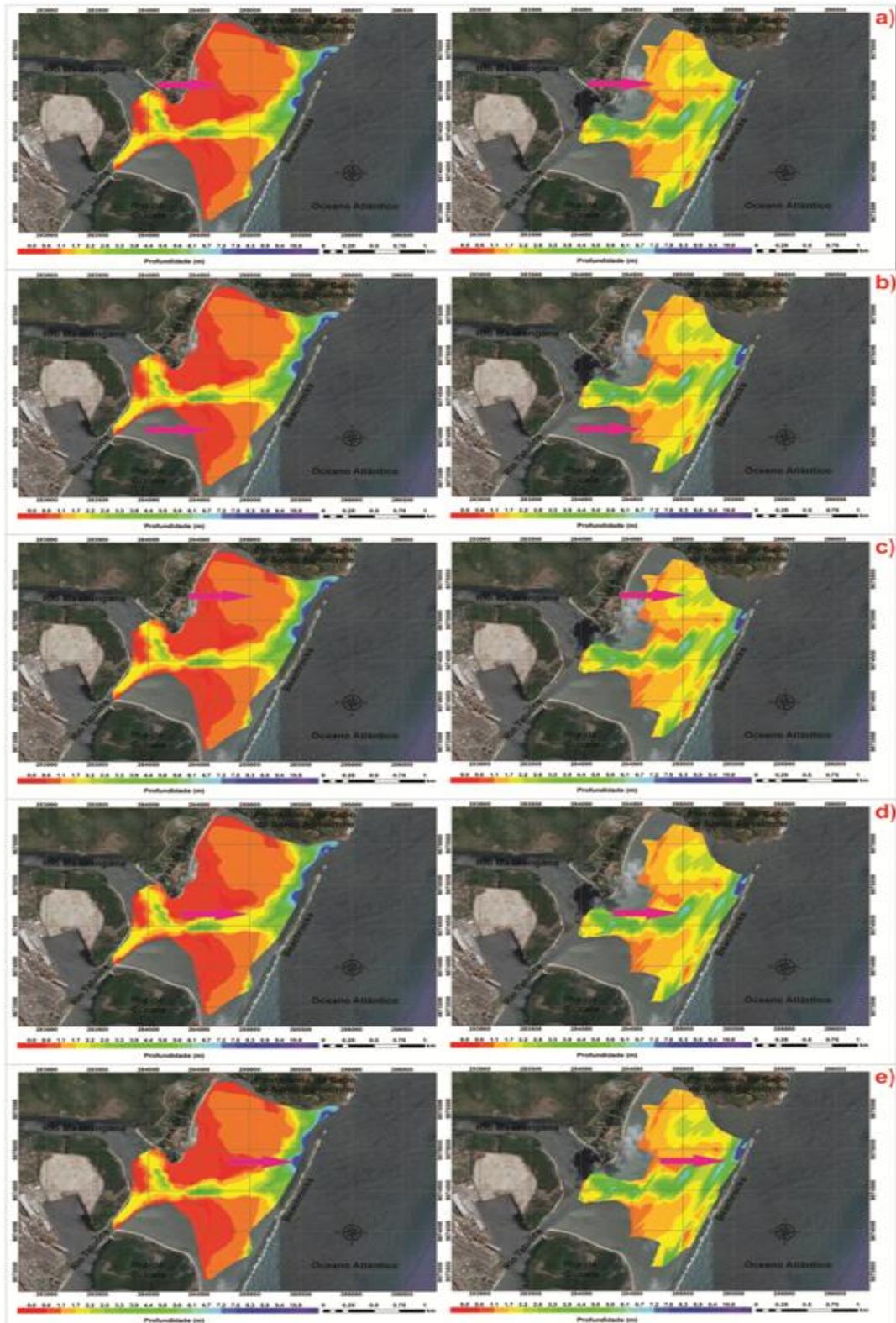
Fazendo um comparativo entre as superfícies batimétricas dos anos de 1994 e 2007 é possível notar um rebaixamento do leito de fundo de aproximadamente 1,0m a 1,1m de profundidade, próximo à faixa das praias de Suape e Paraíso, que passaram das cotas aproximadas de 0.6m (tons avermelhados) para as cotas de 1.7m (tons alaranjados) (Fig-43a). Os sedimentos mais próximos a faixa de praia foram erodidos e mobilizados para regiões mais afastadas da praia, formando uma barra arenosa. Este mesmo padrão também ocorre na porção mais ao sul da área, próximo às margens da Ilha de Cocaia (Fig-43b).

Afastando-se da faixa das praias de Suape e Paraíso é possível observar que as cotas referentes às profundidades de 1.1m a 1.7m (tons alaranjados) ano de 1994, passaram para a profundidade entre 2m a 4m (tons de amarelo e verde) em 2007 (Fig-43c).

Também ocorre um rebaixamento da calha do canal natural do rio Massangana, que tinha das cotas de 2m a 4m (tons de amarelo e verde) em 1994, no ano de 2007 apresentou cotas que passam os 7m (tons azulados) (Fig-43d).

Diferentemente do contexto geral de rebaixamento do leito da Baía de Suape, é possível observar aumento das cotas batimétricas próximo da abertura e consequentemente conexão com o mar, entre o final da linha de arrecifes naturais e do promontório (granito) do cabo. Nesta área as profundidades passaram de 8m a 9m (tons azulados) para 3m a 5m (tons de amarelo e verde) (Fig-43e).

Figura 43 - Comparação entre os levantamentos batimétricos dos anos de 1994 e 2007. A seta em rosa indica os pontos usados na comparação entre as batimetrias. As figuras de 44a) até 44d) mostram locais onde houve rebaixamento de leito (erosão) e a figura 44e) indica o local próximo aos bechrocks onde houve sedimentação.



Fonte: O autor, 2018.

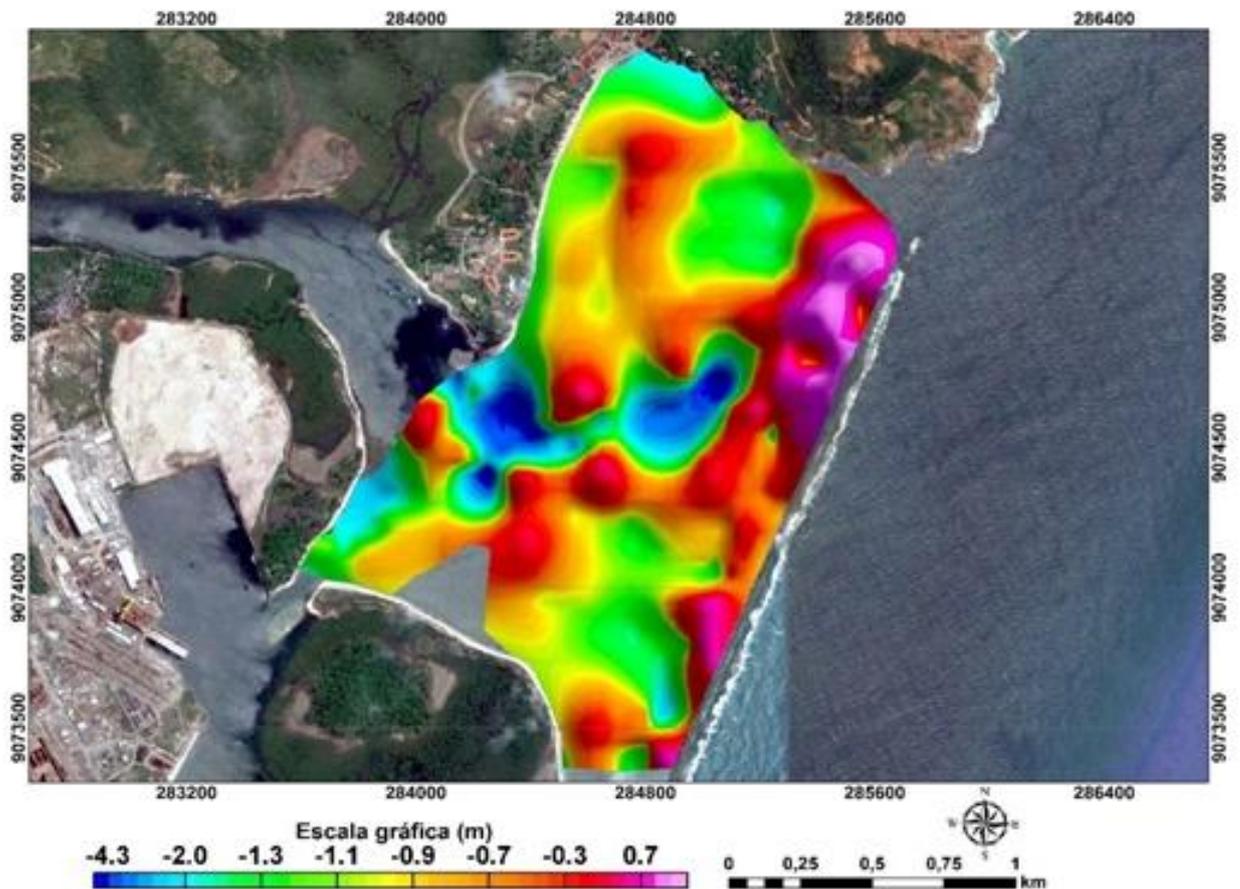
Estas feições ficam bem evidenciadas na Figura 44, que corresponde ao mapa subtração que contém informações da diferença das cotas batimétricas dos anos de 1994 e 2007.

Os valores negativos representam os locais onde ocorreu erosão (Fig-44), quanto mais negativo o valor, maior foi o rebaixamento do leito na Baía de Suape. As cores mais frias no mapa, nas tonalidades em azul, são locais que apresentaram maior rebaixamento do leito marinho (de 2m até acima de 4,3m de profundidade) e conseqüentemente maior perda de sedimentos, as tonalidades de verde a amarelo apresentam rebaixamentos menores do leito (entre 1m e 2m) e as cores em tons de vermelho fora as quais sofreram menor rebaixamento (de 1cm até 50cm).

Em contrapartida, os valores positivos representam os locais onde ocorreram sedimentação/assoreamento (Fig-44), que apresenta tonalidade rosa.

É possível observar a área de estudo apresentou erosão em quase toda a totalidade, sendo na calha na foz do rio Massangana e Tatuoca onde ocorreram os maiores rebaixamentos dentro da Baía de Suape e os pontos onde teve sedimentação/assoreamento, foram próximo à abertura da conexão com o mar e junto à linha de recifes naturais, na parte abrigada (Fig-44).

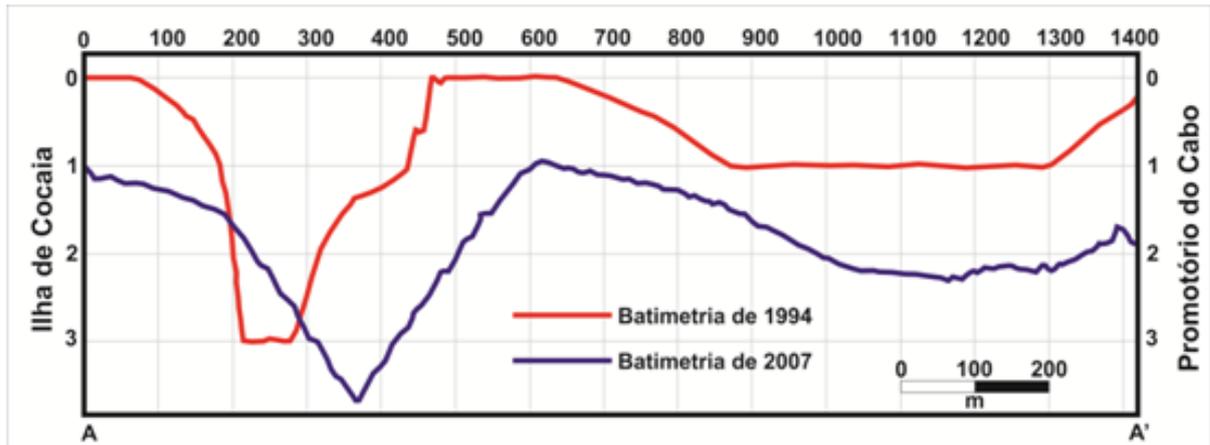
Figura 44 - Mapa de subtração dos valores de profundidade dos levantamentos batimétricos dos anos de 1994 e 2007.



Fonte: O autor, 2018.

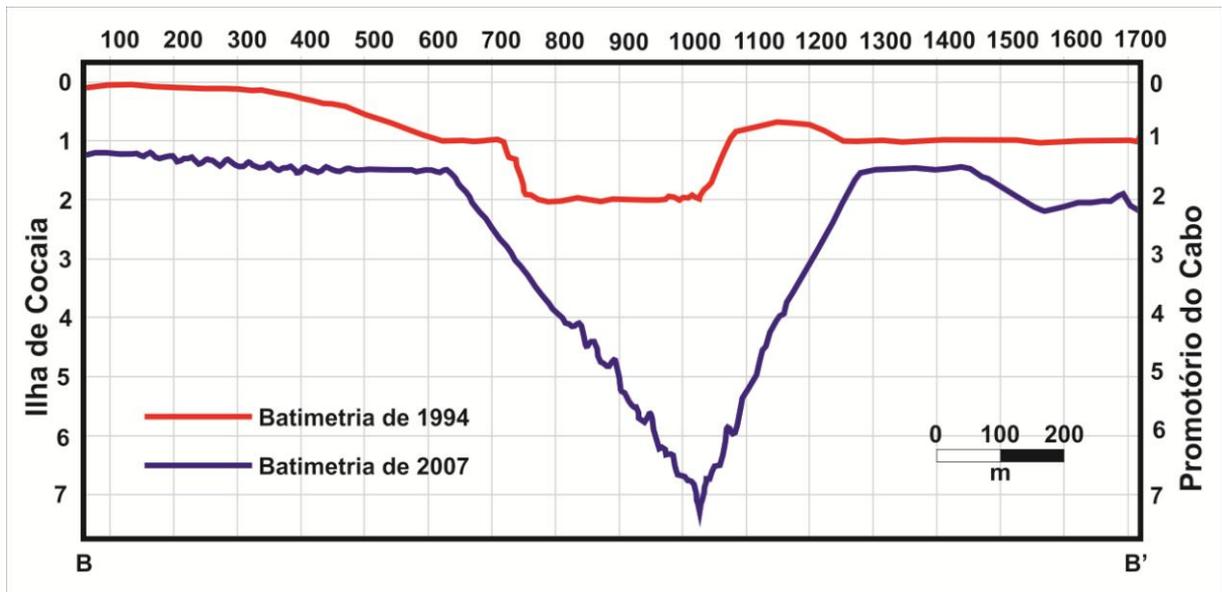
Finalizando a comparação entre as duas batimetrias, também foi realizado um comparativo entre os perfis batimétricos e foi possível observar que o rebaixamento das cotas foi mais expressivo nas regiões mais rasas próximas a faixa de praia de Suape, Paraíso e de Santo Agostinho, e da Ilha de Cocaia. Também é possível observar o aprofundamento do canal da foz do rio Massaganga, que em 1994 tinha formato aproximado de “U” e em 2007 tinha formato aproximado de “V” (Figuras 45 e 46).

Figura 45 - Perfil batimétrico longitudinal 1 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.



Fonte: O autor, 2018.

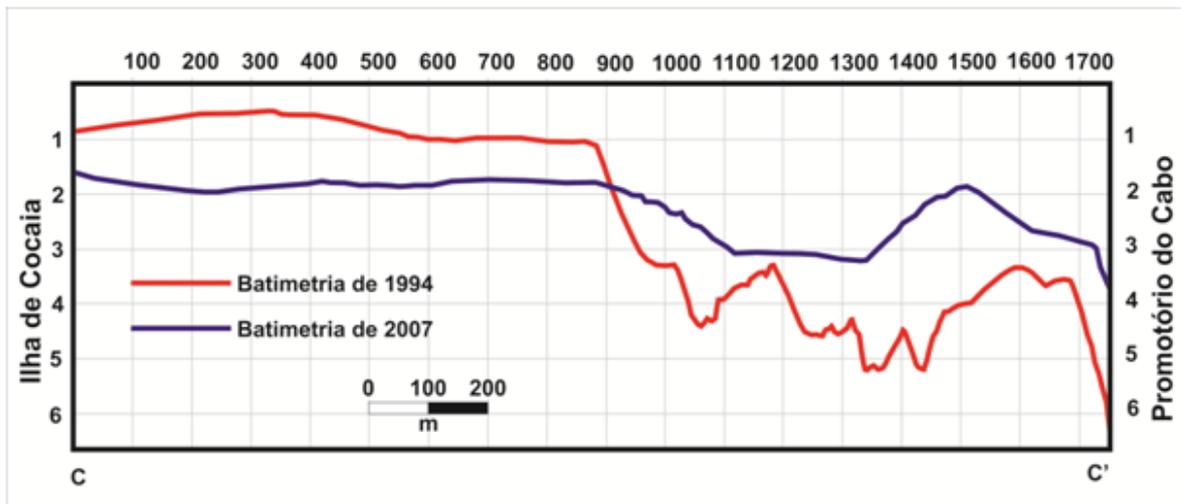
Figura 46 - Perfil batimétrico longitudinal 2 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.



Fonte: O autor, 2018.

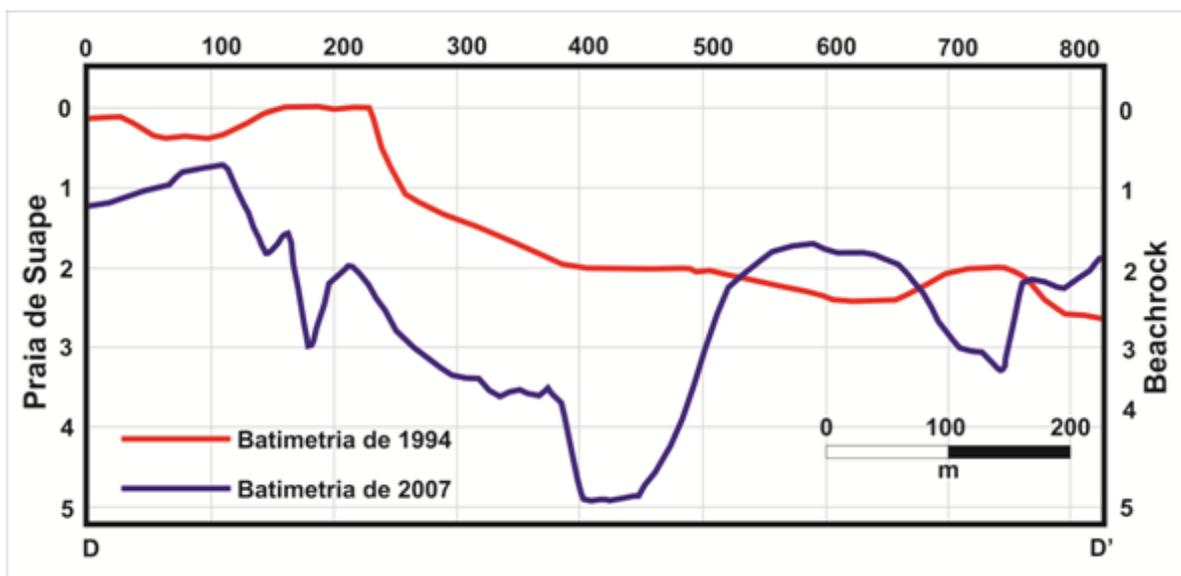
Diferentemente desses trechos que em ocorre erosão, nos locais próximos à linha de beachrocks e de onde ocorre influência marinha, na abertura entre os recifes e o granito do Cabo é possível observar um comportamento contrário, ou seja, está ocorrendo sedimentação e consequente diminuição das cotas batimétricas (Figuras 47, 48 e 49).

Figura 47 - Perfil batimétrico longitudinal 3 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.



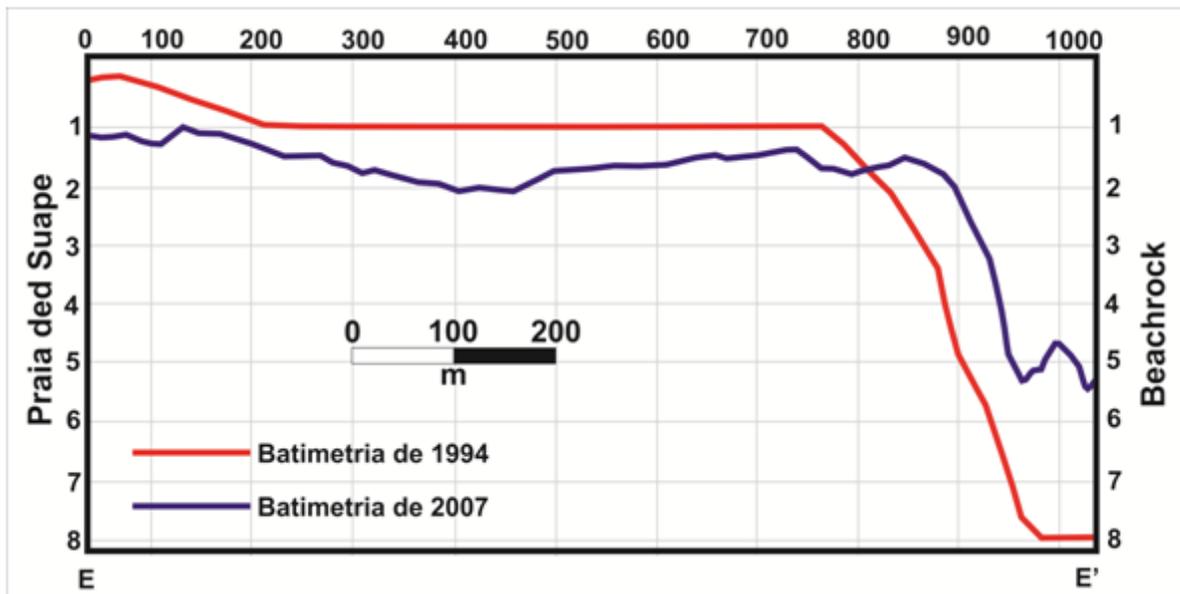
Fonte: O autor, 2018.

Figura 48 - Perfil batimétrico transversal 4 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 49 - Perfil batimétrico transversal 5 comparando as batimetrias de 1994 e 2007.



Fonte: O autor, 2018.

#### 15.4 CUBAGEM

Para realizar o cálculo de volume de área de estudo foi gerado um sólido, com formato aproximado de uma caixa (Fig-50).

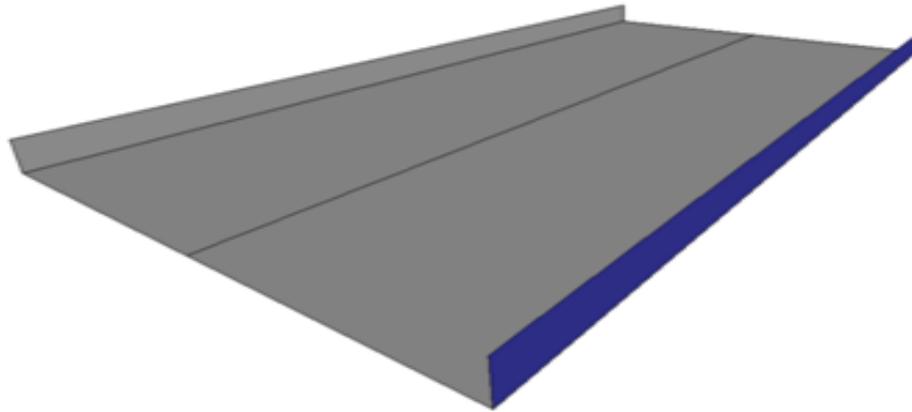
Este sólido apresenta de seção retangular (Fig-51), ou seja, seus taludes são verticalizados em facetas retas (90°).

Foram feitas 24 seções transversais, do estaqueamento 00+00 até o 23+00, com espaçamento entre seções de 100 metros (figuras 52 e 53).

Foi fixada a cota do projeto em 10 metros de profundidade, que corresponde a uma cota maior do que as registradas pela cota mais profunda das batimetrias de 1994 e 2007.

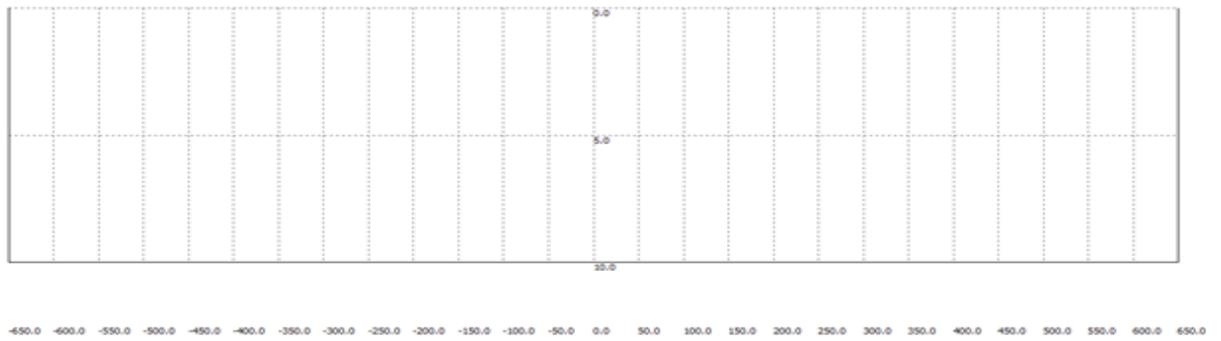
Todo cálculo de volume foi realizado em existe sobreposição entre as batimetrias, nos locais onde essa sobreposição não existir, o software não realiza não tipo de cálculo.

**Figura 50 - Visualização do sólido do projeto em 3D.**



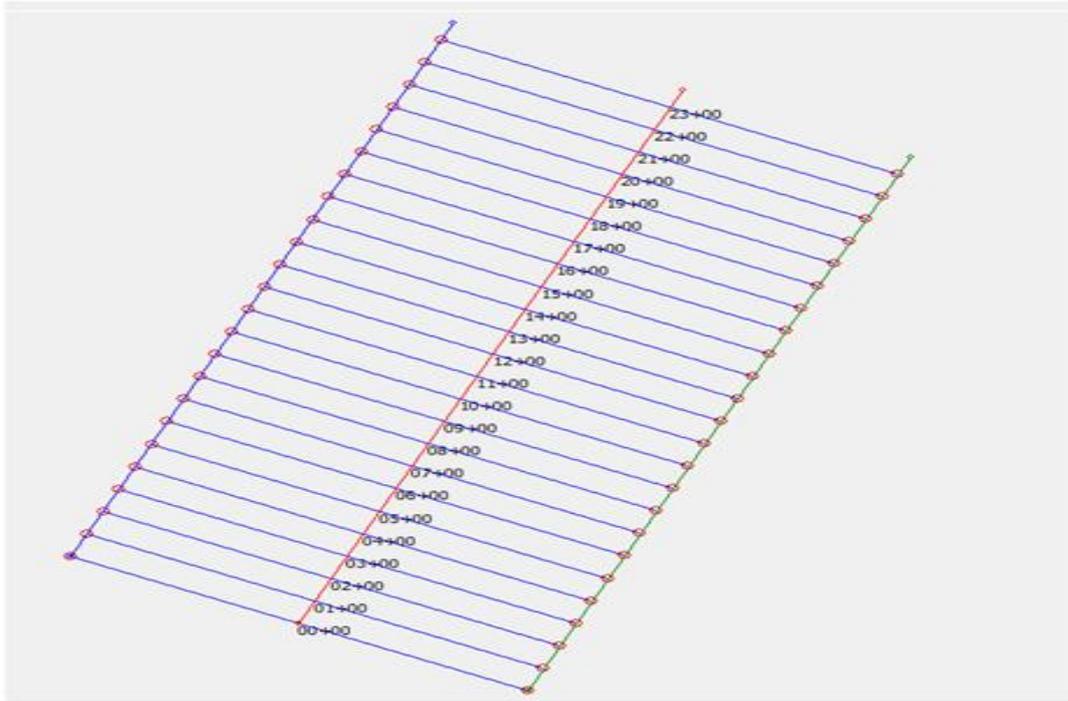
**Fonte: O autor, 2018.**

**Figura 51 - Seção transversal 00+00 do projeto.**



**Fonte: O autor, 2018.**

Figura 52 - Seção transversal 00+00 do projeto até a 23+00.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 53 - Localização das seções transversais no Google Earth.



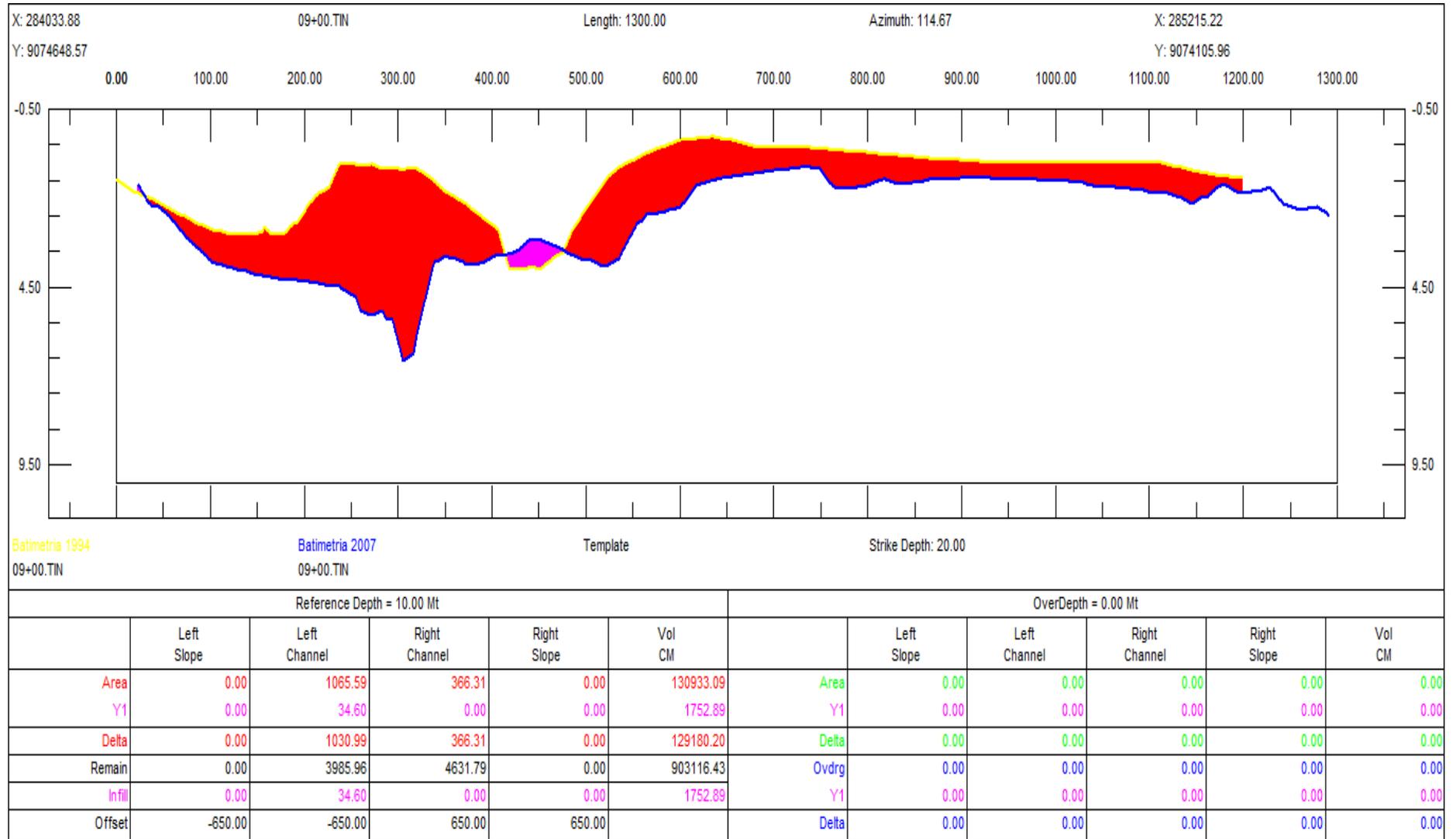
Fonte: O autor, 2018.

O mapa de cubagem (resumo dos cálculos-anexo 18.1) mostrou que houve uma perda de sedimentos (erosão) muito maior em relação ao ganho de sedimento (sedimentação).

As imagens abaixo (Figuras 54 e 55) mostram duas seções transversais utilizadas no cálculo do volume (09+00 e 19+00). A linha em amarelo corresponde a batimetria feita no ano de 1994 e a linha em azul corresponde a batimetria levantada no ano de 2007.

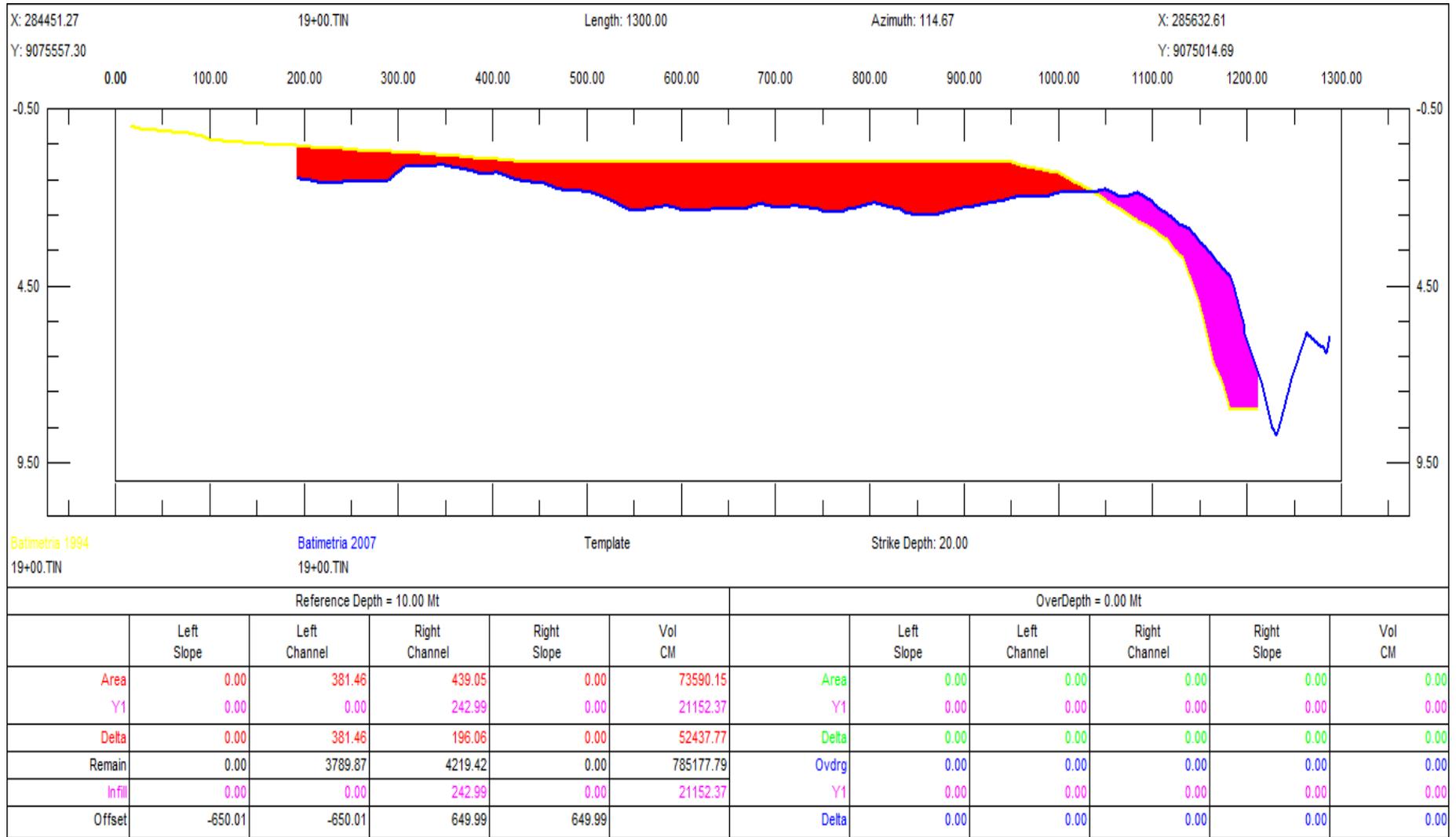
O preenchimento em vermelho é referente às áreas onde houve rebaixamento do leito da Baía de Suape e consequente erosão e o preenchimento em rosa corresponde às áreas em onde houve deposição e consequente sedimentação.

Figura 54- Seção transversal 09+00 utilizada no cálculo do volume.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 55 - Seção transversal 19+00 utilizada no cálculo do volume



Fonte: O autor, 2018.



**Figura 56 - Enrocamento rochoso na praia de Suape.**



**Fonte: O autor, 2018.**

**Figura 57 - Estrutura de contenção por troncos de madeira nas adjacências do Eco Resort do Cabo.**



**Fonte: O autor, 2018.**

## 16 DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos, este estudo buscou a partir de imagens aéreas e imagens de satélite, observar as principais modificações que ocorreram na área e as possíveis causas do balanço sedimentar negativo.

No estuário do Ipojuca, desaguavam quatro rios nas proximidades da Baía de Suape entre o Cabo de Santo Agostinho e o Pontal do Cupe: Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe (Fig-58).

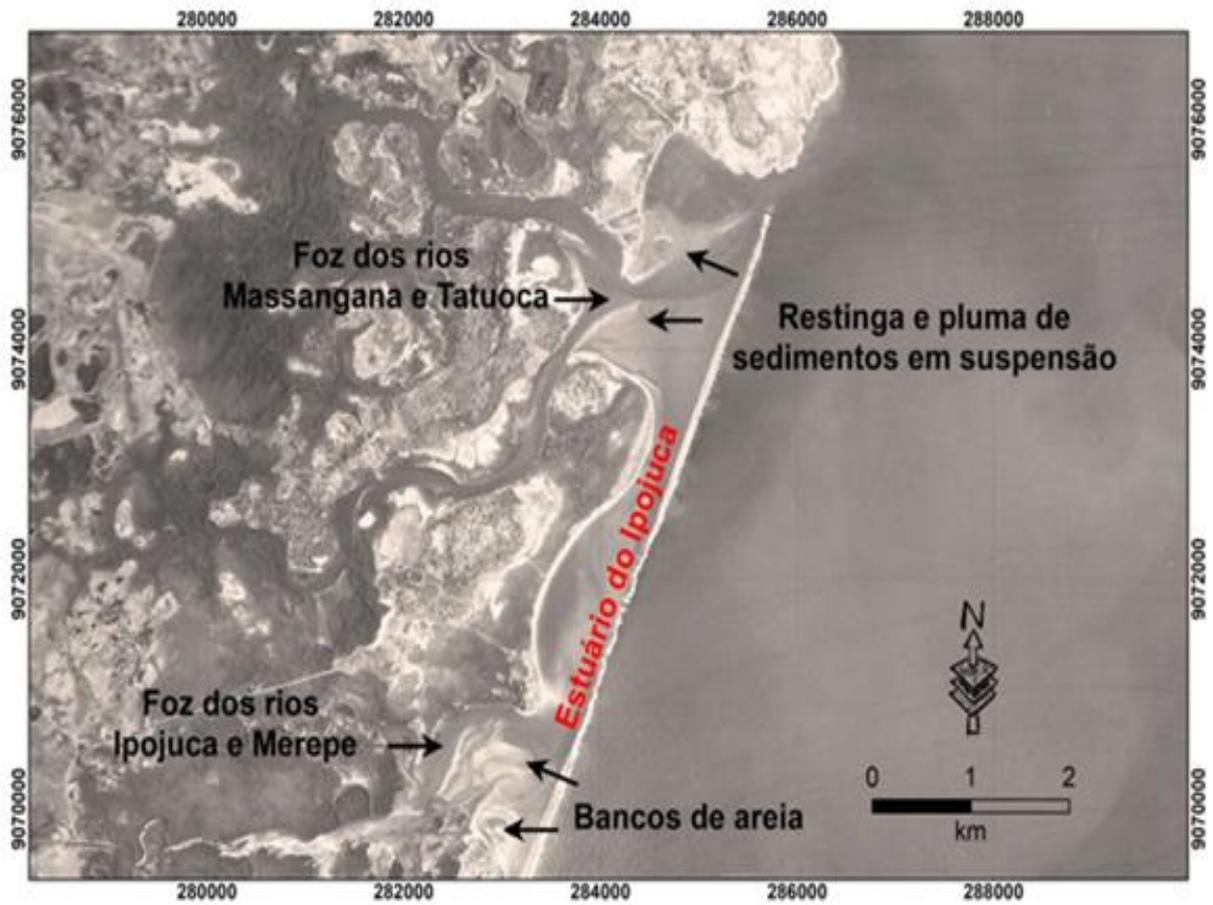
**Figura 58 - Baía de Suape, antes da construção do Complexo Portuário de Suape (modificado de Almeida, 2003).**



Fonte: O autor, 2018.

Nesse estuário antes da construção do Complexo industrial Portuário de Suape, é possível observar uma grande quantidade de sedimentos em suspensão, principalmente próximo à foz dos rios, com a criação de restingas e bancos de areia (Fig-59).

Figura 59 - Estuário do Ipojuca no ano de 1968, antes da implantação do Porto de Suape.



Fonte: O autor, 2018.

Com o aterro para a construção do Porto de Suape e do terminal de tacagem, foi cortada a ligação dos rios Ipojuca e Merepe com a baía de Suape por onde se comunicavam com o mar (Fig-60).

**Figura 60 - Porto de Suape impedindo a comunicação dos Rios Ipojuca e Merepe com a Baía de Suape.**



Fonte: O autor, 2018.

Como pode ser observado pela imagem atual de satélite no Google Earth (Fig-61), que após a construção do Porto de Suape, na Baía de Suape só deságuam os rios Massangana e Tatuoca.

**Figura 61 - Estuário do Ipojuca atualmente, após da implantação do Porto de Suape.**



Fonte: O autor, 2018.

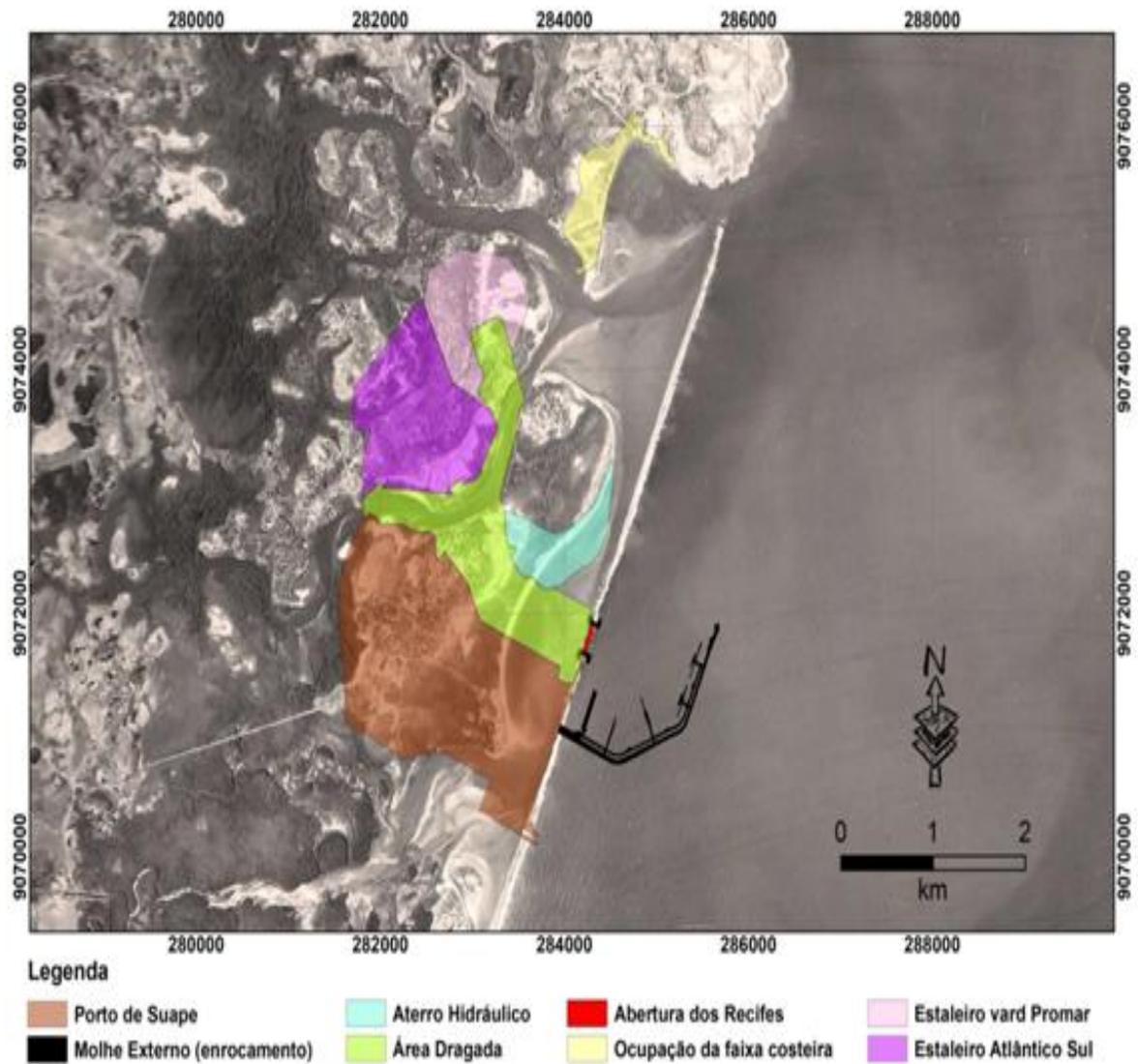
Ao comparar as figuras 59 e 62 podemos observar uma grande modificação antrópica na área, principalmente relacionadas com a construção do Complexo Industrial Portuário de Suape. Na configuração atual, não se observa mais uma grande quantidade de sedimentos em suspensão, restingas e bancos de areia, quando comparado com a figura 59, a qual mostra o Estuário do Ipojuca no ano de 1968.

As principais modificações antrópicas no Estuário do Ipojuca foram o aterro para a construção do Porto de Suape, construção de um enrocamento rochoso externo ao porto (molhe externo), abertura do beachrocks para dar acesso aos navios ao Porto Interno, construção dos Estaleiros Atlântico Sul e Vard Promar, onde necessitou de aterro, supressão de mangue e dragagem (Fig-62).

Uma grande área de dragagem para a construção do canal navegável ao porto e ao Estaleiro Vard Promar, onde se pode verificar que a Ilha de Cocaia não existia, ela foi criada a partir destas obras. Uma parte do material dragado do porto foi colocada na nessa ilha e a outra parte é jogada no bota-fora oceânico (Fig-62).

E a ocupação, as vezes de forma irregular da faixa das praias de Suape e paraíso. Antes a construção do porto, é possível observar que praticamente não existia ocupação humana das praias de Suape e Paraíso.

Figura 62 - Principais modificações antrópicas no Estuário do Ipojuca, após da implantação do Porto de Suape e ocupação da faixa costeira das praias de Suape e Paraíso.



Fonte: O autor, 2018.

Para se estimar a área total de modificação antrópica no Estuário do Ipojuca, foram calculadas as áreas de aterro para a construção do porto e do aterro hidráulico na Ilha de Cocaia, da área dragada, da abertura na linha de beachrock, das áreas de aterro e supressão de mangue para construção dos Estaleiros Atlântico Sul e Vard Promar, e da área de ocupação da faixa de praia. Estas informações estão descritas na tabela a seguir:

**Tabela 2: Tabela informando as áreas em hectare das principais obras modificadoras do Estuário do Ipojuca**

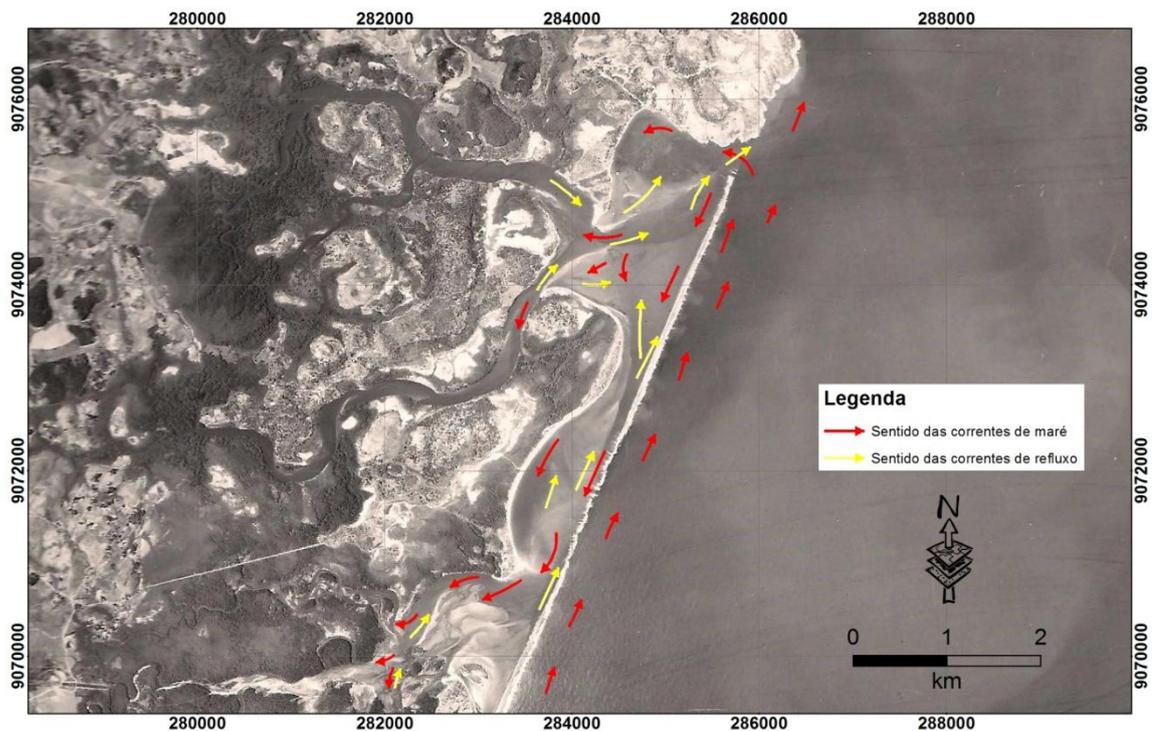
<b>Obra</b>	<b>Área (ha)</b>
Porto de Suape	372.44
Área Dragada	188.66
Aterro Hidráulico	51.31
Estaleiro Vard Promar	81.44
Estaleiro Atlântico Sul	153.04
Abertura do Beachrock	1.03
Ocupação da Faixa Costeira	43.69
<b>Total</b>	<b>891.59</b>

Fonte: O autor, 2018.

Antes da construção do porto, o Estuário do Ipojuca tinha uma livre circulação das correntes e os sedimentos trazidos pelos rios Ipojuca, Merepe, Tatuoca e Massangana eram depositados e retrabalhados ao longo estuário (Fig-63).

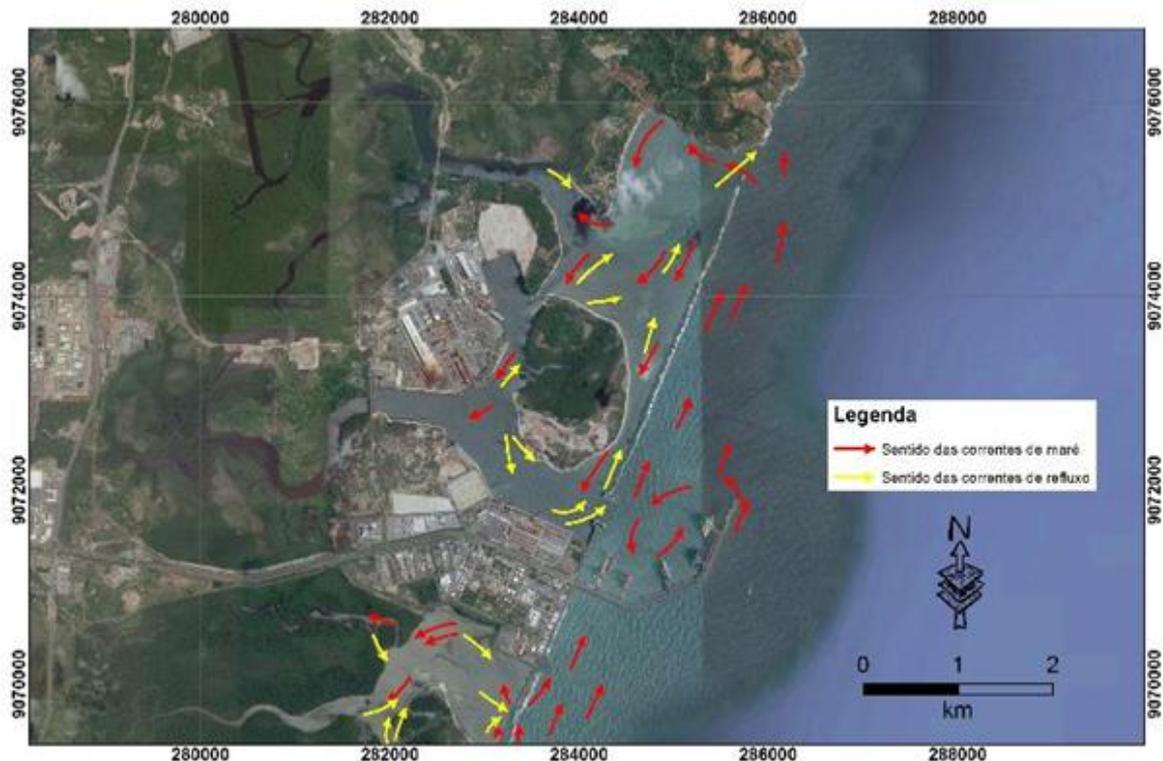
Após a construção do Porto de Suape, observa-se que existem duas circulações restritas. Uma ao sul do porto, na foz dos rios Ipojuca e Merepe e outra a norte na Baía de Suape (Fig-64).

**Figura 63 - Modelo de circulação das correntes da Baía de Suape antes da construção do Porto de Suape.**



Fonte: Modificado de Pires Advogados & Consultores (2000).

**Figura 64 - Modelo de circulação das correntes da Baía de Suape após da construção do Porto de Suape.**



**Fonte: Modificado de Pires Advogados & Consultores (2000).**

Ao analisar os resultados e as principais modificações antrópicas no Estuário do Ipojuca, principalmente as correlacionadas com a construção do porto de Suape, esta pesquisa interpreta três possíveis causas que estão relacionadas à erosão do leito de fundo da área em estudo:

- Diminuição do aporte sedimentar;
- Desequilíbrio Baía por conta das obras de dragagem e;
- Ocupação irregular da faixa de praia.

### 16.1 DIMINUIÇÃO DO APORTE SEDIMENTAR

Na área de estudo, se destacam três grandes bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica de Ipojuca, Bacia Hidrográfica do Rio Merepe e bacia Hidrográfica de Massangana.

Os rios Massangana, Tatuoca e Merepe possuem suas nascentes localizadas no município de Ipojuca e devem transportar por tração e suspensão baixa quantidades de sedimentos.

Por outro lado, o Rio Ipojuca possui nascentes localizadas Sertão do Moxotó (Mesorregião do Sertão Pernambucano). Devido a grande extensão e cortar grandes faixas de rochas cristalinas é possível que ela tenha energia para erodir e transportar grande quantidade de sedimentos e que seja o principal alimentador de sedimentos, conforme pode ser visto na figura 65.

**Figura 65 - Foz dos rios Ipojuca e Merepe. A coloração amarronzada mostra uma grande quantidade de sedimentos transportados por tração e suspensão.**



**Fonte: O autor, 2018.**

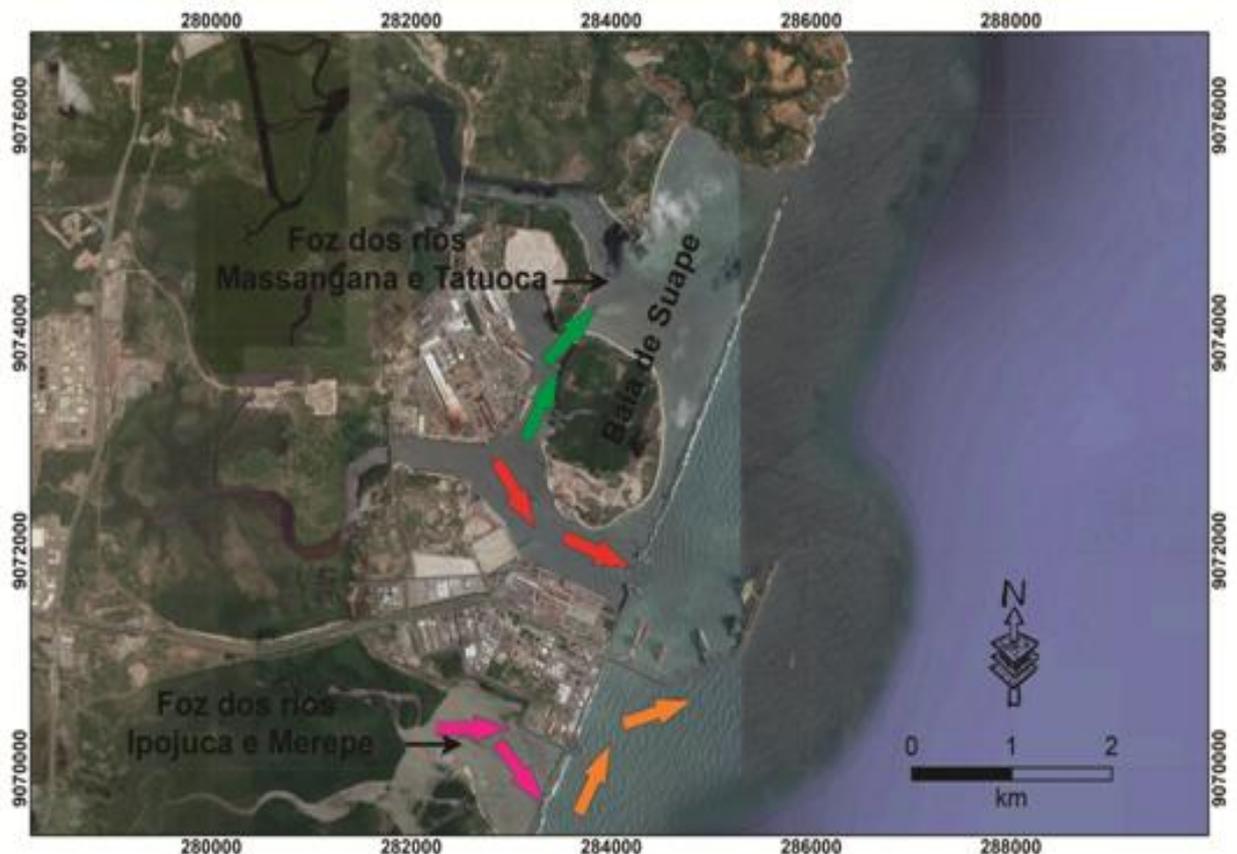
Com a construção do porto houve a obstrução dos os sedimentos transportados pelo Rio Ipojuca que não alimentam mais as Baía de Suape e cosequente diminuição do aporte sedimentar dentro da área de estudo (Fig-66).

Também antes da construção do porto, o rio Tatuoca desaguava suas águas e sedimentos diretamente na área objeto deste estudo. Após obras de dragagens do canal de navegação do porto, houve uma alteração do percurso natural do rio, que

gerando uma bifurcação próxima a foz do rio. Em consequência desta obra, o Rio Tatuoca começou depositar seus sedimentos no leito de fundo do Porto Suape. Alguns destes sedimentos podem ser transportados diretamente para o oceano, devido à conexão com o mar após abertura nos beachrocks (Fig-66).

Também se observou que após a construção do molhe externo, houve uma interrupção da deriva litorânea, permitindo acumulação de sedimentos a barlar e promovendo erosão a sotamar da estrutura, contribuindo assim para a consequentemente diminuição do aporte sedimentar, podendo assim, esta agravando do problema de erosão ao longo dos anos da área estudada (Fig-66).

**Figura 66 - Póssíveis causas que promovem o balanço sedimentar negativo na Baía de Suape. As setas em verde apontam a diminuição dos sedimentos transportados pelo rio Tatuoca para a Baía. As setas em vermelho indicam a entrada do aporte sedimentar dentro da zona portuária de Suape após as obras de dragagem do canal de navegação. As setas em laranja indicam interrupção da deriva litorânea e as setas em rosa indicam a interrupção de entrada de sedimentos após a construção do molhe externo. A área em verde indica o local onde houve dragagem e em amarelo os locais de ocupação irregular nas praias de Suape, Paraíso e Cabo de Santo Agostinho.**



Fonte: O autor, 2018.

## 16.2 DESEQUILÍBRIO BAÍA POR CONTA DAS OBRAS DE DRAGAGEM

Uns dos efeitos provenientes da dragagem do porto correspondem à alteração das condições hidráulicas e sedimentológicas, com possível alteração dos padrões de circulação e mistura da água, salinidade, turbidez, transporte e tipo de sedimentos, entre outros.

Por alterar o equilíbrio do sistema, o canal navegável do Porto de Suape possivelmente funciona como local de captura de sedimentos, estando assim sujeito ao processo de assoreamento.

Devido ao déficit de sedimentos na região dragada, esta área pode reter para si sedimentos de áreas vizinhas, que podem resultar em tendências de erosão e sedimentação destas regiões adjacentes, causando assim o seu desequilíbrio.

Alem de que obras de dragagem devem provocar, também, mudanças nas características dos sedimentos de fundo. O aprofundamento do canal deve exumar depósitos sedimentares antigos que podem ter características diferentes dos sedimentos de fundo.

## 16.2 OCUPAÇÃO IRREGULAR DAS PRAIAS DE SUAPE E PARAÍSO

Os processos de alterações dos ecossistemas praias são intensificados pelas constantes intervenções humanas. Isso ocorre devido à ocupação desordenada da pós-praia, obras de engenharia para o controle da erosão, represamento de rios, dragagem e, sobretudo, pela ausência de uma política adequada para o manejo dessas áreas costeiras.

A urbanização faixa costeira e a forte vocação dessa área para turismo e lazer motivaram a proliferação, em alguns trechos da orla, de múltiplas atividades.

Dentre os problemas identificados no presente diagnóstico sobressaem:

Aumento da ocupação desordenada do solo (ocupação de áreas de propriedade e de uso público, obstrução parcial ou total dos acessos à praia e avanço de construções na faixa de praia), tanto nos trechos com forte predominância de atividades comerciais e de serviços de apoio ao turismo, a exemplo da praia de Gaibu, como nos segmentos litorâneos com predominância de residências de veraneio e, até mesmo, naqueles ainda em fase de ocupação;

Erosão acentuada, em vários trechos das praias do município, inclusive naqueles em fase de ocupação; degradação dos ecossistemas litorâneos (arrecifes, manguezais, maceiós, dunas e matas de restinga);

Poluição das praias e estuários por esgoto doméstico e industrial;

Devastação dos remanescentes da Mata Atlântica, inclusive das unidades de conservação.

#### 16.4 PROPOSTAS PARA ATENUAR A EROSÃO NA BAÍA DE SUAPE

Este estudo propõe um estudo de viabilidade na utilização de sedimentos de futuras obras de dragagem no Porto de Suape, aproveitado para serem colocados em regiões vizinhas ao porto que estão sofrendo pelo processo de erosão costeira. Estes sedimentos podem ser utilizados para recompor e engordar a faixa de praias ou serem colocados na Baía de Suape, de forma que sejam redistribuídos e espalhados naturalmente pelas correntes locais.

Também é importante o estudo mais para o dimensionamento de estruturas fixas (enrocamentos), próximos à foz do rio massangana e/ou na praia de paraíso, para tentar conter correntes que provocam erosão próxima à faixa das praias de Cabo de Santo Agostinho, Paraíso e Suape. Sendo necessária a realização de um pré-dimensionamento baseado em formulações empíricas e a construção de modelos reduzidos

## 17 CONCLUSÃO

Para o estudo do balanço sedimentar e da variação morfodinâmica do leito de fundo da Baía de Suape, utilizo-se dados batimétricos referentes a duas batimetrias, realizadas respectivamente nos anos de 1994 e 2007.

A partir desses dados foi possível gerar superfícies batimétricas, as quais serviram de base para a confecção de mapas, perfis e cálculo do volume de material que foi erodido e depositado, por meio de cubagem.

A partir da análise dos dados, foi possível identificar que a área de estudo apresentou um intensificado processo de erosão ao longo dos anos e uma sedimentação em locais restritos, principalmente próximos à abertura entre linha beachrock e o Promotório do Cabo de Santo Agostinho.

A partir da cubagem foi possível calcular tanto o volume de material erodido quanto o volume de material assoreado. A baía de Suape entre os anos de 1994 e 2007 apresenta um volume de 1.331.236,46m<sup>3</sup> de sedimentos erodidos e apenas 192.481,27m<sup>3</sup> de sedimentação, apresentando um balanço sedimentar negativo predominando sobre o balanço sedimentar positivo.

A Baía de Suape apresentou entre os anos de 1994 e 2007 um balanço sedimentar negativo de -1.138.755,19m<sup>3</sup> de material erodido.

A partir de estudos de imagens de aéreas e de satélite, verificou-se que o Estuário do Ipojuca, que ao longo dos anos sofreu por diversas modificações antrópicas, principalmente ligadas ao Complexo Industrial Portuário de Suape.

Este estudo interpretou três possíveis causas do balanço sedimentar negativo:

- I. Diminuição do aporte sedimentar;
- II. desequilíbrio Baía por conta das obras de dragagem no Porto de Suape e a;
- III. Ocupação irregular da faixa costeira, nas praias de Suape e Paraíso.

## REFERÊNCIAS

ABEQUA; IV Congreso Argentino de Cuaternario Y Geomorfología; II Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur, La Plata, Argentina; IV Congreso Argentino de Cuaternario Y Geomorfología; II Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur, La Plata, Argentina, 21 a 23 de setembro de 2009.

Alheiros, M.M., 1987. Caracterização sedimentológica da Formação Cabo-PE. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 99p.

Alheiros, M.M.; Lima Filho, M.A Formação Barreiras. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Recife: UFPE/ DEGEO, 1991. p. 77-88 (Estudos Geológicos - série B, Estudos e Pesquisas, 10).

Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Neves, B.B.B; Fuck, R.A.; 1977 – Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande (PB). Atas. Campina Grande (PB): SBG. 1977. P.363-391

Almeida, L.P., 2003. Dissertação de Mestrado – Análise da efetividade dos Estudos Ambientais: Caso do Complexo Industrial Portuário de Suape.

Amaral, A.J.R. & Menor, E.A. 1979. A seqüência vulcano-sedimentar cretácea da região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simp. Geol. NE, 9, Natal, Atas... 251-269.

ASSIS, H.M.B. 1990. Estudo dos beach rocks do litoral sul de Pernambuco com base em evidências petrográficas e isotópicas. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 91p. Dissertação de Mestrado.

Barbosa J. A., 2004. Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno Formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. Dissertação de mestrado, 219 p.

Barbosa, J.A. 2007. A Deposição Carbonática na Faixa Costeira Recife-Natal: Aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. – Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco.

Barbosa, J.A. & Lima Filho, M.F. 2006. Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços. Boletim de Geociências da Petrobras. 14(2): 287-306.

Barbosa, J.A., Lima Filho, M., Neto, J.C.J., Neumann, V.H., Ribeiro, F.S., Batista, A.P. 2009. Depósitos Albianos da Faixa Costeira da Bacia de Pernambuco: Proposição de uma nova unidade estratigráfica a Formação Suape. V Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás PDPETRO, ABPG, Fortaleza, 2009.

Barbosa, B. M. A. 2008. Mapeamento Geológico do pluton Rio Formoso e da Formação Cabo - Bacia de Pernambuco, entre os municípios de Rio Formoso e Sirinhaém, estado de Pernambuco.

Barbosa J. A.; Maia, M. F. Lima Filho, M. Magalhães, J. R. G.; Correia, O. J. 2014. Seismic Stratigraphy of the Onshore Portion of Pernambuco Basin: Evidence of Break-Up during Middle Albian for the South Atlantic Rift in Northeast Brazil. AAPG Boletim de Reusmos em CD-Rom.

BARRETO, H.T. & SUMMERHAYES, C.P. (1975) Oceanography and suspended matter of northeastern Brazil. Journ. Sedim. Petrol., 45 (4): 822-833.

BITTENCOURT, A.C.S.P., MARTIN, L., DOMINGUES, J.M.L. & FERREIRA, Y.A., (1983) Evolução paleogeográfica quaternária da costa do Estado de Sergipe e da costa sul do Estado de Alagoas. Ver.Bras.Geoc.,13:93-97.

BITTENCOURT, A.C.S.P., MARTIN, L., VILAS BOAS,G.S., FLEXOR,J.M. (1979) Quaternary marine formations of the coast of the state of Bahia (Brazil). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE A EVOLUÇÃO COSTEIRA NO QUATERNÁRIO, São Paulo. 1979. Atas...São Paulo. p.232-253.

Brito Neves, B.B. 1975. Regionalização geotectônica do pré-cambriano nordestino. Tese de doutoramento, usp/inst. de geoc., 198p. (inédito).

Brito Neves, B. B., Sial, A. N., Rand, H. M. & Manso, V. V. 1982. The Pernambuco-Alagoas MAssif, northeasternBrazil. Revista Brasileira de geociências, 12, 240-250.

Brito, M.F.L.; Lima Filho, M. F.; Araújo, R.D.; Medeiros, A.B.; Pedrosa, F.J.A.; Nóbrega, V.A. 1991. Levantamento preliminar do comportamento estrutural e tectônico na Sub-baciaCaboPE. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simp. Geol. NE, 14, Recife, Boletim 12, 300-302.

Bowen, A., e Inman, D. (1966). Budget of littoral sands in the vicinity of Point Arguello, California. Technical Memorandum 19, 45.

Camfield, F.E. & Morang, A. 1996. Defining and interpreting shoreline change. OceanandCoastal Management, 32 (3):129-151.

CHAVES, N.S. 1996. Beachroks do litoral pernambucano: Estudo sedimentológico e análise de isótopos estáveis. Recife. 80p. (Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geociências/UFPE).

CONDEPE/FIDEM. – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. Território Estratégico de Suape – Diretrizes para uma Ocupação Sustentável (Versão Final), Recife, 2008.

COSTA, W.D. & COSTA, W.D. Estudos Geológicos – Geotecnológicos da Área Portuária. Relatório Final. SEPLAN, Recife, Abril 1977.

COUTINHO, P.N., 1976. Geologia Marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe. Tese Livre Docência. Univ. Fed. Pernambuco, 119p.

COUTINHO, P.N., LIMA FILHO, M.F., LIMA, A.T.O., MARTINS, M.H.A., PEDROSA, F.J.A., MANSO, V.A.V., MEDEIROS, A.B., MENEZES, M.O.B., CHAVES, N.S., KATER, K., LIRA, A.R.A., OLIVEIRA, L.A. 1993. Análise ambiental do setor costeiro entre Recife-PE e Pitimbu(PB). REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA.

COUTINHO, P.N., MANSO, V.A.V., LIMA FILHO, M.F., LIMA, A.T.O., MEDEIROS, A.B., PEDROSA, F.J.A., MARTINS, M.H.A., CHAVES, N.S., SAMPAIO, A.S., LIRA, A.R.A., MENEZES, M.C.B., BRITO, M.F. 1994. Coastal Quaternary of Pernambuco, Brazil. 14th INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 1994, Recife, Abstracts, D-31.

CPRM – Serviço geológico do Brasil. Sistema de Informações Geoambientais da Região Metropolitana do Recife. Recife, 2001. 119p.

Cruz, L.R. 2002. Mapeamento geológico da região de Cabo (PE), Sub-Bacia de Pernambuco. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 74p.

Cruz L. R., Lima Filho, M. F., Neumann, V. H. M., Jardim de Sá, E. F., Silva, F. C. A., Frutuoso Jr., L. J., Nascimento, M. A. L., Guedes, I. M. G., Antunes, A. F., Almeida, C. B., Melo, K. J. V. 2003. As unidades siliciclásticas da sub-bacia de Pernambuco: uma revisão litoestratigráfica. In: II Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Rio de Janeiro. p. 50-50.

Davies, J.L., 1964. A Morphogenic Approach to world Shoreline. Z. Geomorphology, 8:127-142.

Davis, Jr., R.A. 1997. Regional Coastal Morphodynamics Along the United States Gulf of Mexico. Journal of Coastal Research, 13(3): 595-604.

DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação (tábuas de marés). Disponível em: [http://www.dhn.mar.mil.br/serviços/tábuas das marés](http://www.dhn.mar.mil.br/serviços/tábuas%20das%20marés).

DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P., LEAO, Z.M.S.N., AZEVEDO, A.E.G 1990. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geociências, 20: 208-215.

DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P. & MARTIN, L.,1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast Brazil: roles off sea-level history, trade winds and climate. SedimentaryGeology. (80): 213-232.

FOLK, R.L., & WARD, W.C. 1957. Brazos rives bar: A study in the significance og grain size parameters. Journal of Sed. Petrol., 27: 3-27.

IBGE. Mapa Geomorfológicodo Brasil (escala 1:5.000.000). Rio de Janeiro, IBGE, 1995.

IHO. Manual on Hydrography. Mônaco: International Hydrographic Bureau, 2005. 540p. KRUEGER, C. P. Integração do GPS e da Ecobatimetria. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v.5, p.55-68, 1999.

INPPE/CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <https://www.tempo.cptec.inpe.br/ondas>.

JACOBSEN, E.E.; SCHWARTZ, M.L. The Use of Geomorphologic Indicators to Determine the Direction of Net Shore-Drift. Shore and Beach, Caswell Beach, NC, v. 22, p. 38-43, 1981.

Lima Filho, M. The main tectonic-magmatic events in Pernambuco Basin (NE Brazil). In: J.M. MABESOONE (Ed.), Contribuições Científicas do LAGESE, Recife, Universidade Federal de Pernambuco, p. 12-14, 1998. (b).

Lima Filho, M.F. & Szatimari P. 2002. Ar-Ar geochronology of volcanic rocks of the Cabo Magmatic Province (CMP) – Pernambuco Basin. In: SBG/Núcleo Norte, Simp. Sobrevulcan e amb. assoc., 2, Belém, Resumo, 59-59.

Lima Filho, M. & Santos, P.R.S. 2001. Biocronoestratigrafia da Bacia de Pernambuco – implicações ambientais e paleogeográficas. Revista Brasileira de Paleontologia, 2: 84-85.

Lima Filho, M. F. et al. Evolução estrutural comparativa da Bacia de Pernambuco e da Bacia da Paraíba. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 10, 2005, Curitiba. Boletim de resumos expandidos... Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 2005. v. 1, p. 45-47.

Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, F.D., 1995. Incidents of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ. Manag.*, 19:81-97.

Mabesoone, M. J. & Alheiros, M.M. 1988. Origem da bacia sedimentar costeira PernambucoParaíba. *Rev. Bras. Geoc.*, 18(4): 476-482.

Mabesoone, M.J. 1996a. Bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte. In: *Simp. sobre o Cretáceo do Brasil*, 4, Rio Claro, Boletim..., 81-84.

Mabesoone, M.J. 1996b. Significance of Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin (NE Brazil) for Atlantic Cretaceous. In: *SBG/Núcleo Bahia-Sergipe, Cong. Bras. Geol.*, 39, Salvador, Anais... 7: 389-391.

Magalhães, J. R. G.; Oliveira, J. T. C.; Barbosa, J. A.; Lima Filho, M. 2013. Continental Oceanic Crustal Transition in the Paraíba Basin Platform, Northeast Brazil. *Transição da Crosta Continental Oceânica na plataforma da bacia da Paraíba, NE do Brasil. Estudos Geológicos (UFPE, 2013).*

Maia, M. F. B. 2012. Revisão estratigráfica do intervalo Aptiano-Albiano da Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Departamento de Pós-Graduação em Geociências (PPGEOC-DGEO) UFPE. Dissertação de mestrado, 222 p.

Maia, M. F. B.; Barbosa, J. A.; Lima Filho, M. F. ;Mort, H. P. ; Santana, F. R. .Características Petrográficas e Geoquímicas das Formações Siliciclásticas (aptiano-Albiano) da Bacia de Pernambuco, NE do Brasil. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 22, p. 55-75, 2012.

Meideiros, C., Menezes, M.O.B., Redondo, J.M.,1997. Utilização de imagens de vídeo para a caracterização do campo de ondas de superfície. In: *2º Congresso sobre ondas e marés. Arraial do Cabo. Rio de Janeiro: IEAPM.*

MELO, M.L. Paisagens do Nordeste em Pernambuco e Paraíba. Rio de Janeiro, ED.

MIGUENS, A. P. Navegação: a ciência e a arte - Navegação Costeira, estimada e em águas restritas. v. 1. Rio de Janeiro: DHN, 1996.

Muehe, D. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da orla Costeira para fins de gerenciamento. *Rev. Brasileira de Geomorfologia*, vol 2 nº.1, p 35-44, 2001.

Nascimento, M. A. L., 2003. Geologia, Geocronologia, Geoquímica e Petrogênese das Rochas Ígneas Cretácicas da Província Magmática do Cabo e Suas Relações com as Unidades Sedimentares da Bacia de Pernambuco (NE do Brasil). Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica – UFRN (Tese de Doutorado), 233p.

Nascimento, M.A.L.; Souza, Z.S.; Arnosio, J.M.; Vasconcelos, P.M.P. 2009. Ignimbrito do Engenho Saco, Ipojuca, PE: registro de vulcanismo explosivo cretácico na Província Magmática do Cabo. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.; Queiroz, E.T.; Berbert-Born, M; Campos, D.A. (eds). Brasília: CPRM, v. 2, 237-250.

Neumann, V.H.M.L, 1991. Geomorfologia e sedimentologia quaternária da área de Suape, Pernambuco (Brasil). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Departamento de Geologia. Universidade de Pernambuco (UFPE), Recife, 95p.

Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos - NORMAM-25, 2011

Oliveira, J. T. C. 2013. Análise Integrada de dados Geofísicos da Transição Crustal (Continente-Oceano) da Bacia de Pernambuco, NE do Brasil. Departamento de Pós Graduação em Geociências (PPGEOC-DGEO) UFPE. Dissertação de mestrado, 73 p.

Pires Advogados & Consultores 2000. Avaliação de Impacto Ambiental. Modernização e Ampliação do Porto de Suape. Recife.

Pires Advogados & Consultores 2005. Estudo do Impacto Ambiental do Projeto da Indústria de PTA da MGBRBA. Recife. Cap 5. 134p.

Santana, F.R., 2014. Relatório de graduação. Levantamento de dados estratigráficos e geoquímicos na faixa costeira da Bacia de Pernambuco: região entre a Barra de Sirinhaém e Tamandaré.

SCHWARTZ, M.L.; ANDERSON, B.D.. Coastal Geomorphology of Padre Island, Mexico. Shore and Beach, Caswell Beach, NC, v. 54, p. 22-29, 1986.

Sial, A.N., 1976 – The magmatic province of Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco: A brazilian Record of the ascension plume activity, In: Latin American Congress of Geology, 3, Acapulco, abstract. 1p.

Silva, J.B. Análise do Comportamento Hídrico nas Unidades Quaternárias da Bacia do Rio Guaratuba, Bertioga (SP). In: XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.

Rosati, J.D. 2005. Concepts in Sediment Budgets. *Journal of Coastal Research*. 21(2):307-322.

RIBEIRO, S. R.A.; CENTENO, J.A.S.; KRUEGER, C. P. Estimativa de Profundidade a Partir de Levantamento Batimétrico e Dados IKONOS II Mediante Redes Neurais Artificiais. *Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba*, v.14, n.2, p.171-185, abr/jun 2008.

Rossetti, D. F., 2001. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, within the context of sea level changes. *Journal of South American Earth Sciences* 14(1): 77-89.

Rossetti, D. F.; Rocca, R. R.; Tatum, Sonia Hatsue. Datação de Sedimentos datação de Sedimentos, Município de Alcântara, Litoral Maranhense. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v. 8, p. 11-25, 2013.

Souza C.R. de G. (coord.) 2005. Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro - SIIGAL Fase II. 4º Relatório Científico, (Fapesp no 1998/14277-2), 199p.

Souza C.R. de G. 2009a. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco. *Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Acumulado*. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Instituto de Botânica-SMA, São Paulo (SP). p. 48-69.

Souza C.R. de G. 2009b. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 9(1): 17-37. (disponível em <http://www.aprh.pt/rgci/revista9f1.html>).

Szatmari, P.; Françolin, J. B. L.; Zanotto, O.; Wolff, S. evolução tectônica da margem equatorial brasileira. *Revista brasileira de geociências*, v. 17, p. 180-188. 1987.

TAGGART, B.E.; SCHWARTZ, M.L. Net Shore-Drift Direction Determination: A Systematic Approach. *Shoreline Management, Washington*, v. 3, p. 285-309, 1988.

Thornthwaite, C.W. & Mather, J.R. 1955. The Water balance. *Publications in climatology, New Jersey, Drexel Inst. Of Technology*, 104p.

TRANSCON S.A. Consultoria Técnica. Complexo Industrial Portuário de Suape. Recife, 1974.

Van Schmus, W. R., Oliveira, E. O., Silva Filho, A. F., Toteu, S. F., Penaye J., Guimarães, I. G. 2008. Proterozoic links between the Borborema Province, NE Brazil, and the Central African Fold Belt. Geological Society, London, Special Publications 2008; v. 294; p. 69-99.

**ANEXO A - MAPA DE CUBAGEM**

Office Engineering Section, Survey Branch  
 Run: 07/08/2017 15:55:58

Dredging Quantities Summary

=====

Materials	Gross Material	Infill	Net Material
Total Removed To Project Depth .....	1523717.73	192481.27	1331236.46
Total Pay Removed In Overdepth .....	0.00	0.00	0.00
Total Pay Removed .....	1523717.73	192481.27	1331236.46
Total Removed .....	1523717.73	192481.27	1331236.46
Total Remaining Above Project Depth .	12249269.06		12249269.06
Total Overdredged Material .....	0.00	0.00	0.00
Total Infill Material .....		192481.27	

Philadelphia Options

Template Option	Side Slope
Set Sideslope Overdepth to 0.00	false
Limit DBL To Pre Dredge Above Sub Depth Side Slope	true
Toe Pay Option	All
Dredging Option	Contour
Set Project Depth	false

Line Summary

Stat.	Filename	CenterDepth	Dist	Prev Line	OverDepth	Left Slope	Right Slope
02+00.TIN	02+00.TIN	10.00m		0.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
03+00.TIN	03+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
04+00.TIN	04+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
05+00.TIN	05+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
06+00.TIN	06+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
07+00.TIN	07+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
08+00.TIN	08+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
09+00.TIN	09+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
10+00.TIN	10+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
11+00.TIN	11+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
12+00.TIN	12+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
13+00.TIN	13+00.TIN	10.00m		99.99m	10.00m	0.00\1	0.00\1
14+00.TIN	14+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
15+00.TIN	15+00.TIN	10.00m		100.01m	10.00m	0.00\1	0.00\1
16+00.TIN	16+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
17+00.TIN	17+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
18+00.TIN	18+00.TIN	10.00m		100.01m	10.00m	0.00\1	0.00\1
19+00.TIN	19+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
20+00.TIN	20+00.TIN	10.00m		99.99m	10.00m	0.00\1	0.00\1
21+00.TIN	21+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1
22+00.TIN	22+00.TIN	10.00m		100.01m	10.00m	0.00\1	0.00\1
23+00.TIN	23+00.TIN	10.00m		100.00m	10.00m	0.00\1	0.00\1

Material Removed

	Project Depth			Allowable Overdepth				
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope
02+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	26.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	205.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	11620.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	394.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	30006.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	0.00	41627.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	575.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	48507.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	0.00	90134.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3.66	567.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	183.13	57144.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	183.13	147279.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07+00.TIN								
Area (sm)	0.00	492.19	517.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	24792.60	54249.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	24975.72	201528.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08+00.TIN								
Area (sm)	0.00	707.87	478.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	60005.96	49819.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	84981.69	251348.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09+00.TIN								
Area (sm)	0.00	1030.99	366.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	86941.56	42238.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	171923.25	293586.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10+00.TIN								
Area (sm)	0.00	1217.88	315.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	112441.47	34112.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	284364.71	327699.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11+00.TIN								
Area (sm)	0.00	42.18	664.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	63003.07	49032.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	347367.78	376732.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12+00.TIN								
Area (sm)	0.00	229.46	534.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	13582.35	59979.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	360950.13	436711.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13+00.TIN								
Area (sm)	0.00	177.85	566.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	20364.44	55070.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	381314.57	491781.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14+00.TIN								
Area (sm)	0.00	135.07	700.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	15645.63	63325.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	396960.20	555107.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

15+00.TIN								
Area (sm)	0.00	299.30	440.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	21720.01	57031.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	418680.21	612138.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16+00.TIN								
Area (sm)	0.00	249.56	-23.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	27442.64	20830.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	446122.84	632968.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17+00.TIN								
Area (sm)	0.00	264.30	-250.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	25692.49	-13720.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	471815.33	619248.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18+00.TIN								
Area (sm)	0.00	332.25	139.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	29829.86	-5575.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	501645.19	613673.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19+00.TIN								
Area (sm)	0.00	381.46	196.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	35684.82	16752.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	537330.01	630426.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20+00.TIN								
Area (sm)	0.00	243.61	404.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	31251.65	30018.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	568581.65	660445.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+00.TIN								
Area (sm)	0.00	199.68	167.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	22164.00	28583.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	590745.65	689029.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22+00.TIN								
Area (sm)	0.00	248.45	94.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	22408.35	13114.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	613154.00	702143.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23+00.TIN								
Area (sm)	0.00	-24.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	11193.12	4745.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	624347.12	706889.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	----- Project Depth -----				----- Allowable Overdepth -----			
	Left	Left	Right	Right	Left	Left	Right	Right
	Slope	Channel	Channel	Slope	Slope	Channel	Channel	Slope
Total Removed:(cm)	0.00	624347.12	706889.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Infill Material

	----- Project Depth -----				----- Allowable Overdepth -----			
	Left	Left	Right	Right	Left	Left	Right	Right
	Slope	Channel	Channel	Slope	Slope	Channel	Channel	Slope

02+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	35.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	1780.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	0.00	1780.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	17.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	2661.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	0.00	4442.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	880.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	0.00	5323.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	22.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	22.89	5323.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09+00.TIN								
Area (sm)	0.00	34.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	1752.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	1775.77	5323.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10+00.TIN								
Area (sm)	0.00	87.93	47.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	6126.38	2370.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	7902.15	7693.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11+00.TIN								
Area (sm)	0.00	25.27	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	5659.82	2456.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	13561.97	10149.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	131.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	1263.40	6658.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14825.37	16807.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	160.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	14578.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14825.37	31386.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	50.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	10536.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14825.37	41923.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	127.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	8888.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14825.37	50811.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

16+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	284.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	20569.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14825.37	71381.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	480.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	38248.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14825.37	109630.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	180.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	33044.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14825.37	142674.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	242.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	21152.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14825.37	163826.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	172.66	12149.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	14998.03	175975.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	172.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	15170.69	175975.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	15170.69	175975.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23+00.TIN								
Area (sm)	0.00	26.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	1334.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	16505.35	175975.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	----- Project Depth -----				----- Allowable Overdepth -----			
	Left	Left	Right	Right	Left	Left	Right	Right
	Slope	Channel	Channel	Slope	Slope	Channel	Channel	Slope

Total Infill:(cm)	0.00	16505.35	175975.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-------------------	------	----------	-----------	------	------	------	------	------

Remaining Material

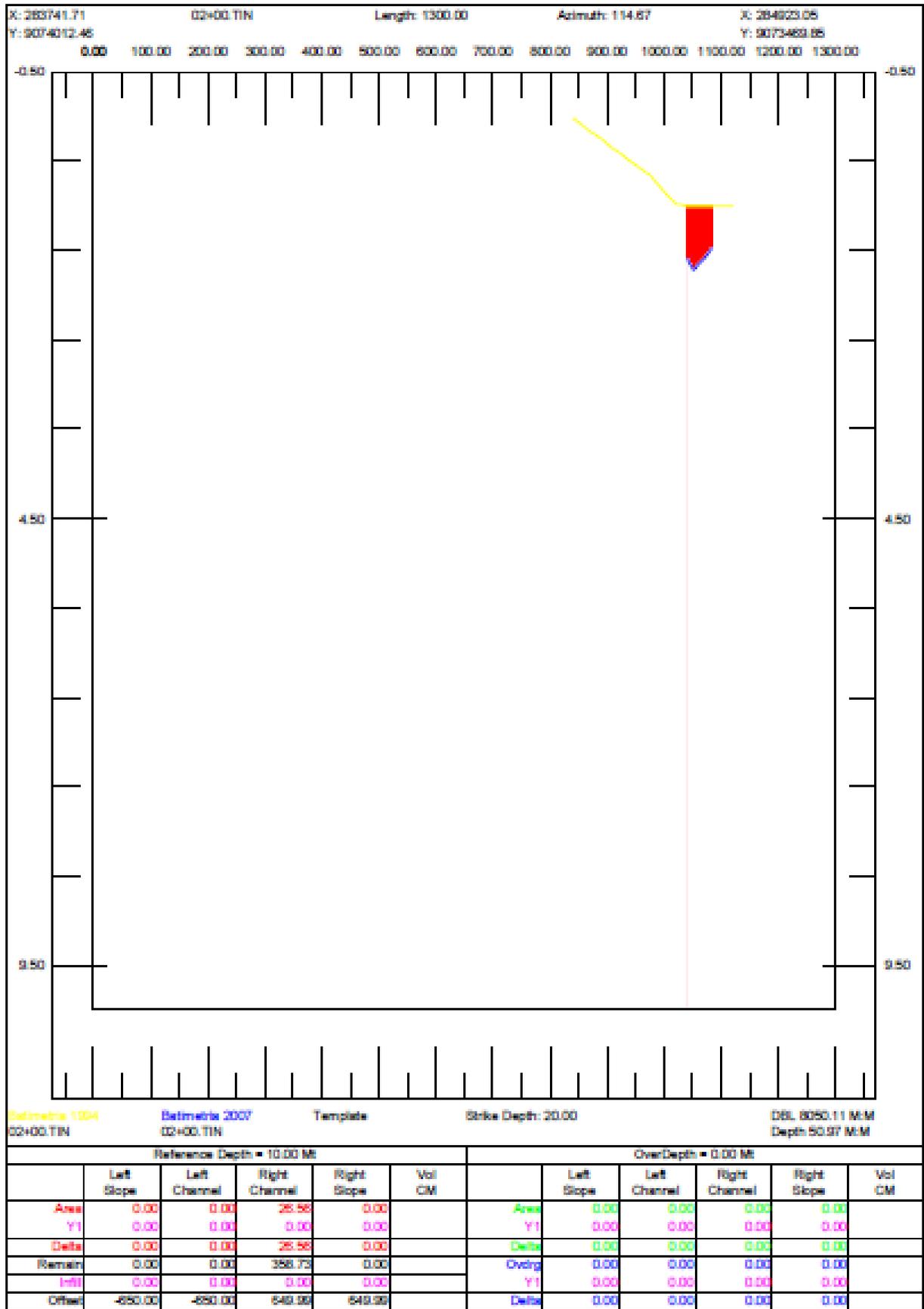
	----- Project Depth -----				----- Allowable Overdepth -----			
	Left	Left	Right	Right	Left	Left	Right	Right
	Slope	Channel	Channel	Slope	Slope	Channel	Channel	Slope

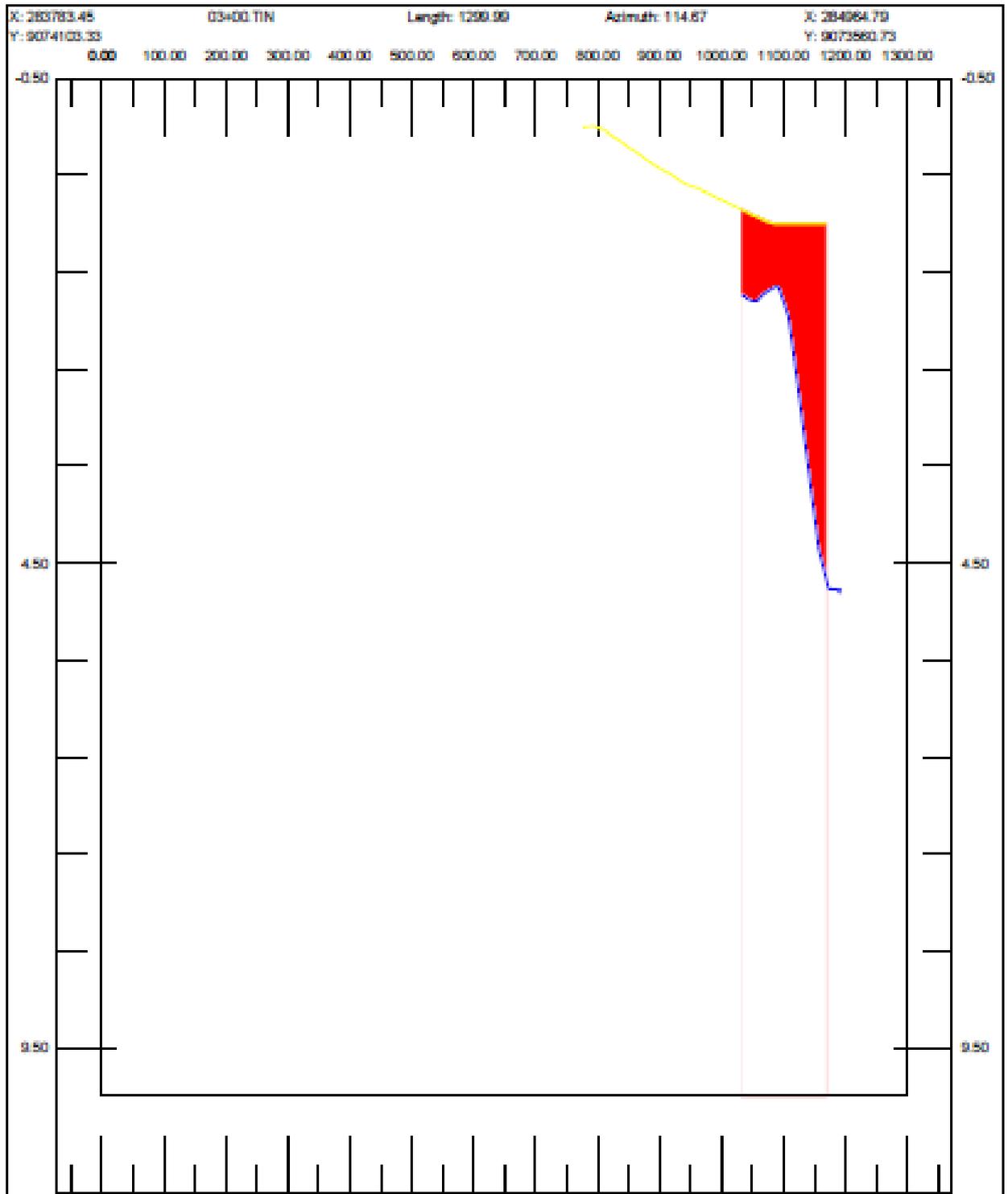
02+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	358.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	1017.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	68811.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	1504.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	126110.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	0.00	194921.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05+00.TIN								
Area (sm)	0.00	0.00	4733.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	0.00	311909.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	0.00	506831.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06+00.TIN								
Area (sm)	0.00	95.51	4831.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	4775.45	478240.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	4775.45	985072.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07+00.TIN								
Area (sm)	0.00	5382.13	4380.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	273882.39	460633.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	278657.84	1445705.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08+00.TIN								
Area (sm)	0.00	5002.88	4442.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	519274.83	441146.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	797932.67	1886852.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3985.96	4631.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	449432.79	453683.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	1247365.46	2340535.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3836.55	4623.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	391117.38	462745.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	1638482.84	2803280.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11+00.TIN								
Area (sm)	0.00	1309.65	4319.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	257310.46	447149.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	1895793.30	3250430.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12+00.TIN								
Area (sm)	0.00	1012.69	4220.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	116122.55	427005.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	2011915.85	3677435.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13+00.TIN								
Area (sm)	0.00	1184.55	4242.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	109856.23	423162.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	2121772.08	4100598.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14+00.TIN								
Area (sm)	0.00	1272.36	4267.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	122843.19	425512.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	2244615.27	4526110.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

15+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3103.76	4357.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	218821.35	431272.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	2463436.63	4957382.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16+00.TIN								
Area (sm)	0.00	2985.43	4512.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	304452.85	443460.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	2767889.47	5400842.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3100.51	4591.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	304287.36	455167.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	3072176.83	5856010.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3253.44	4441.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	317719.73	451665.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	3389896.57	6307675.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3789.87	4219.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	352157.99	433019.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	3742054.56	6740694.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20+00.TIN								
Area (sm)	0.00	3321.85	2424.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	355567.15	332205.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	4097621.71	7072900.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+00.TIN								
Area (sm)	0.00	2930.47	1128.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	312609.39	177658.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	4410231.10	7250558.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22+00.TIN								
Area (sm)	0.00	2802.91	509.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	286689.24	81907.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	4696920.34	7332465.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23+00.TIN								
Area (sm)	0.00	1085.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume (cm)	0.00	194398.80	25484.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acc. Volume (cm)	0.00	4891319.14	7357949.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	----- Project Depth -----				----- Allowable Overdepth -----			
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope
Remaining Matl:(cm)	0.00	4891319.14	7357949.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### ANEXO B – SECÇÕES TRANSVERSAIS

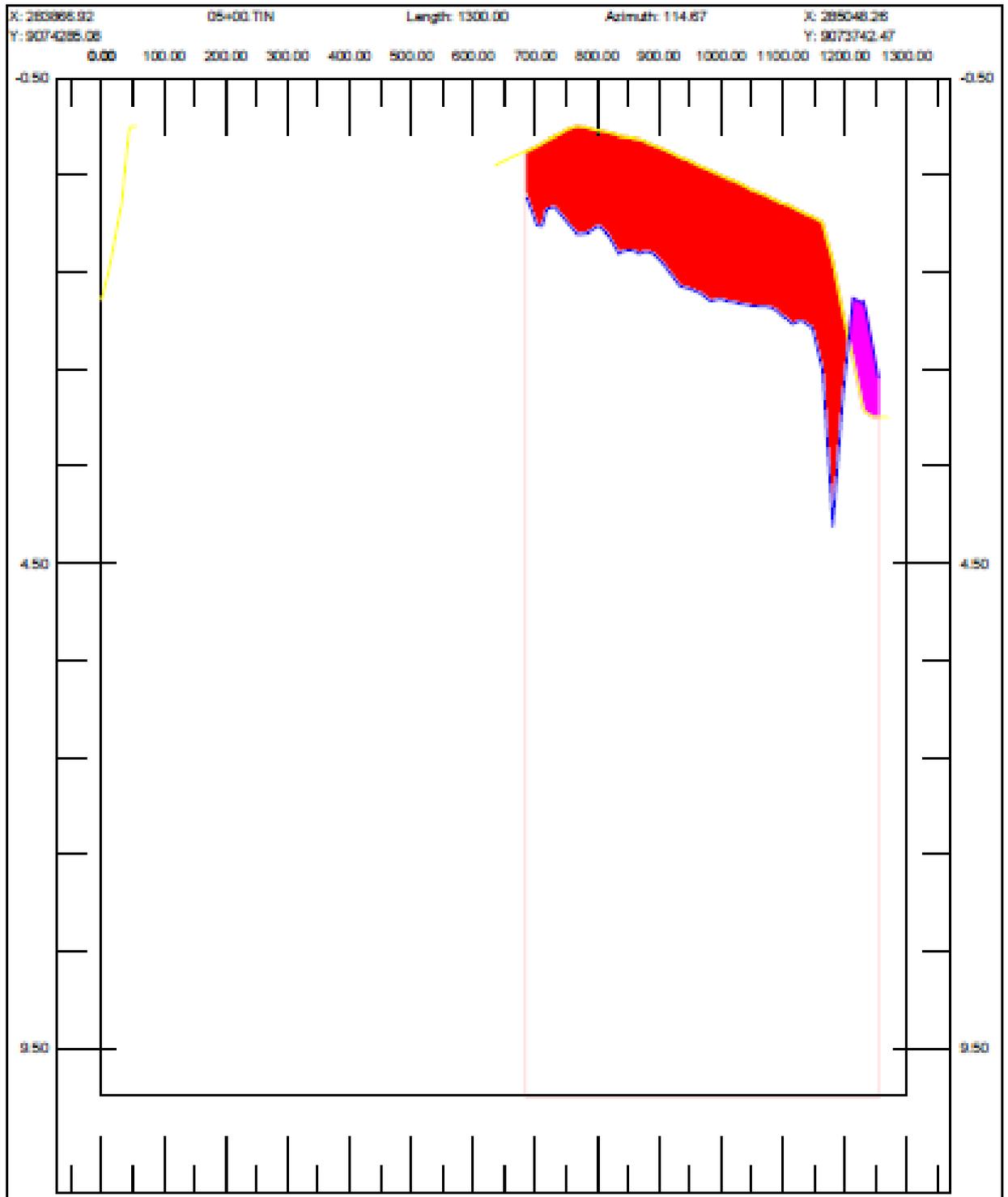




Baltimore 1994      Baltimore 2007      Template      Strike Depth: 20.00      DBL 8050.11 M-M  
 03+00.TIN      03+00.TIN                Depth 50.97 M-M

Reference Depth = 10.00 M						OverDepth = 0.00 M					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	0.00	205.54	0.00	11620.63	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	0.00	205.54	0.00	11620.63	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	0.00	1017.43	0.00	58811.31	Overdg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-650.00	-650.00	649.99	649.99		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

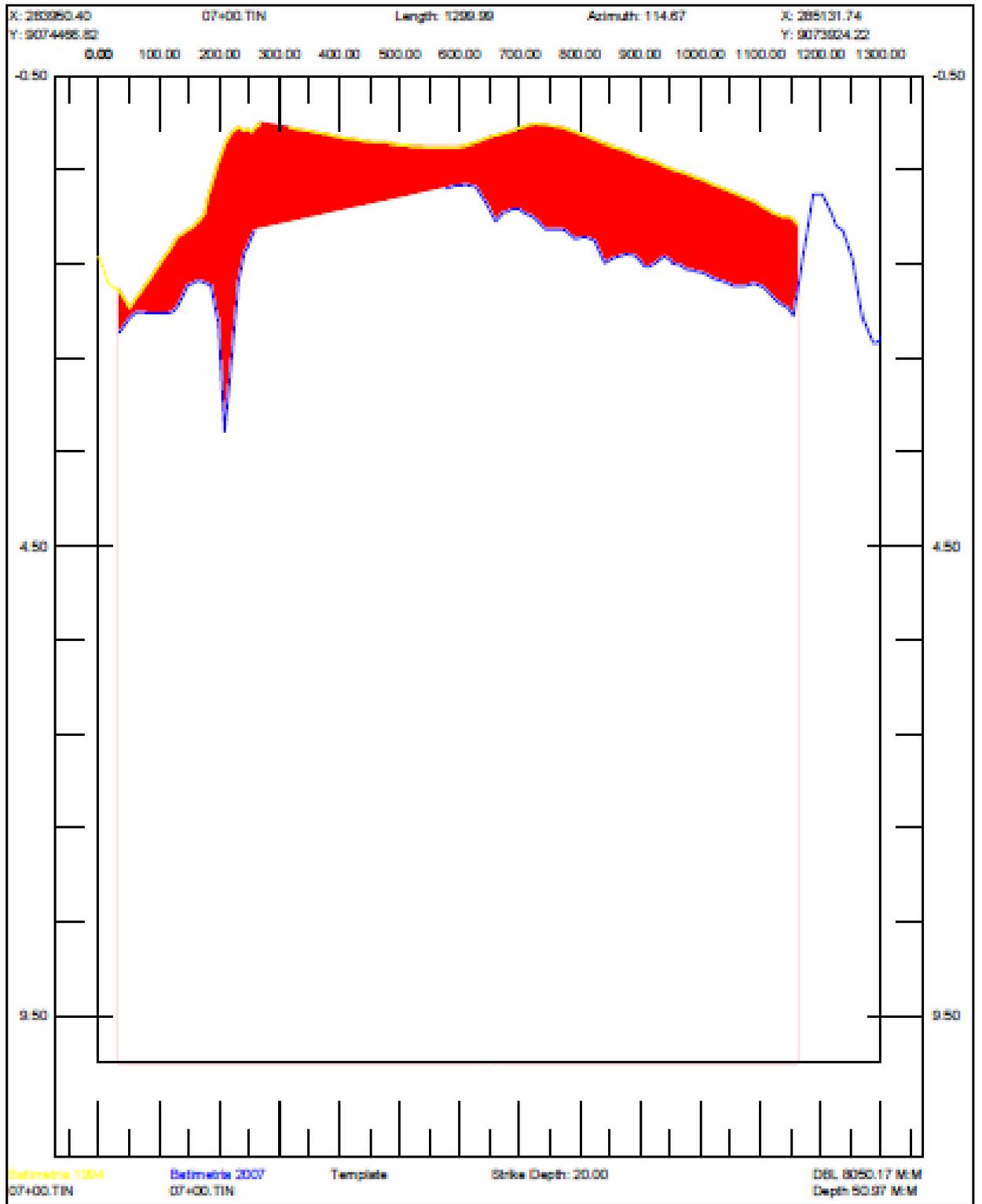




Bathymetry 1994      Bathymetry 2007      Template      Strike Depth: 20.00      DBL 8050.11 M/M  
 05+00.TIN      05+00.TIN                Depth 50.97 M/M

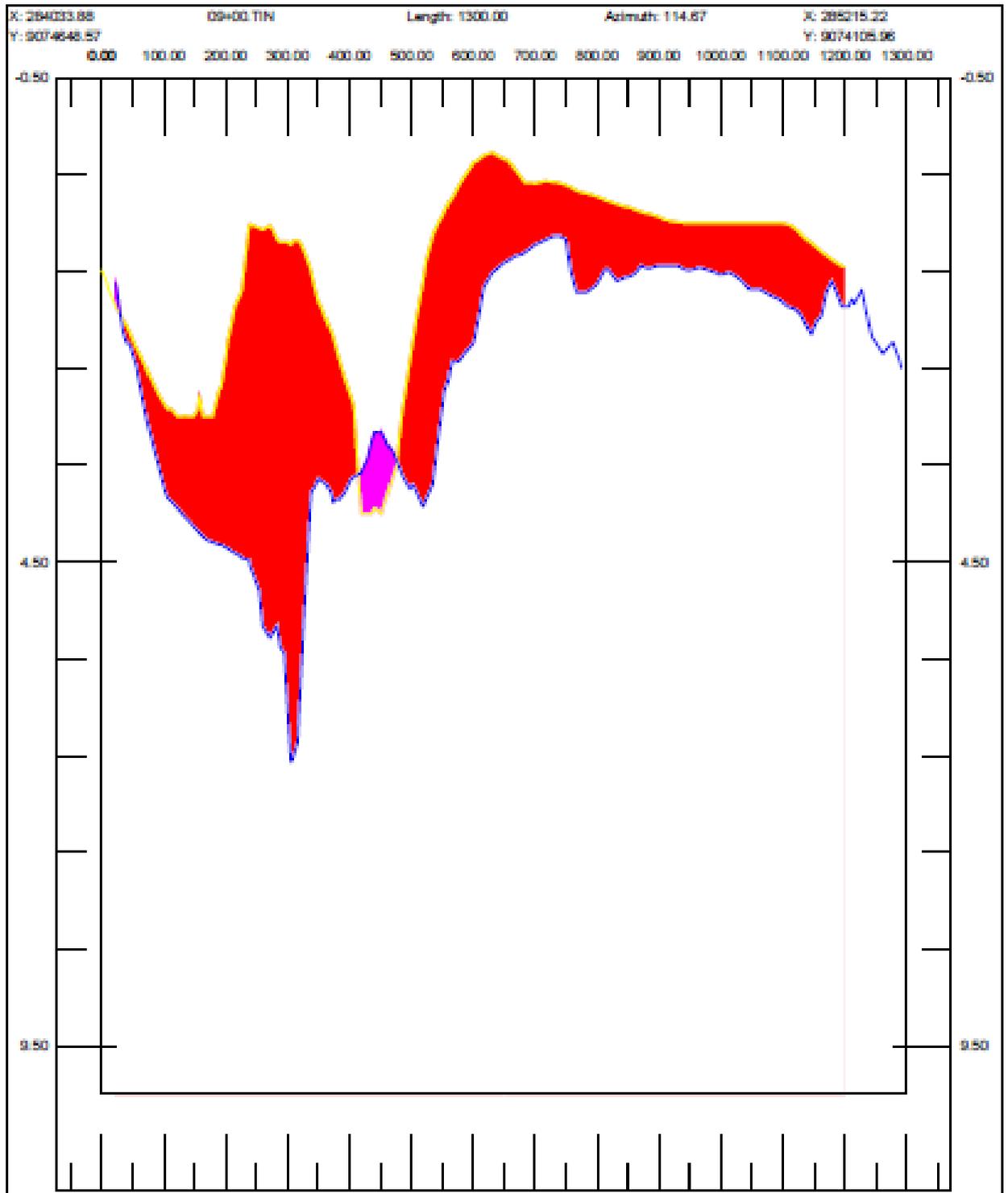
Reference Depth = 10.00 M						OverDepth = 0.00 M					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	0.00	611.51	0.00	50399.67	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	38.62	0.00	1790.72	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	0.00	675.90	0.00	48507.95	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	0.00	4733.62	0.00	311909.88	Ovchg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infl	0.00	0.00	38.62	0.00	1790.72	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-650.00	-650.00	649.96	649.96		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





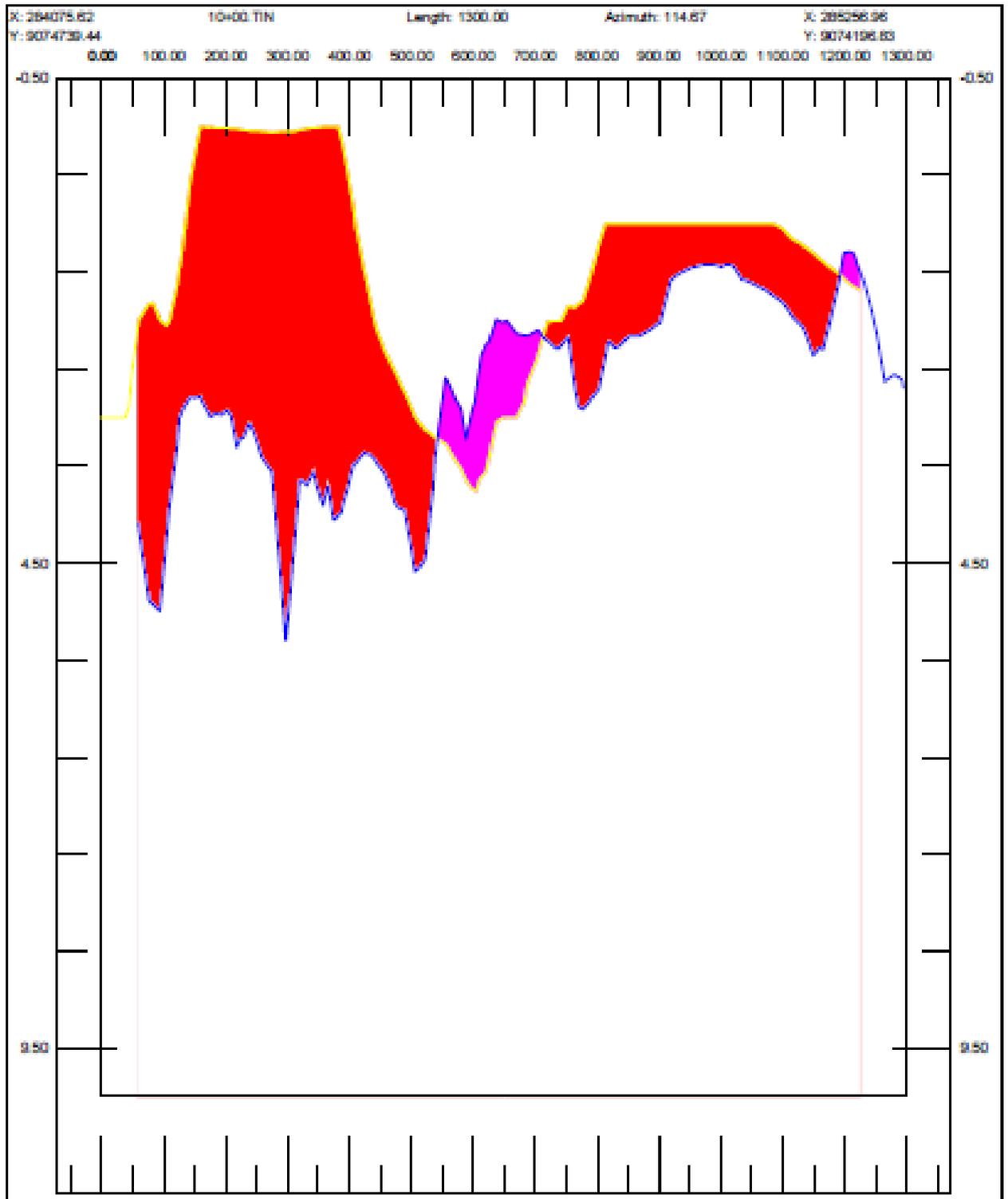
Reference Depth = 10.00 Mt						OverDepth = 0.00 Mt					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	482.19	517.32	0.00	79022.52	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	890.83	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	482.19	517.32	0.00	79041.89	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	5382.13	4380.84	0.00	734815.79	Overg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infl	0.00	0.00	0.00	0.00	890.83	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-650.00	-650.00	650.00	650.00		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





Batimetric 1004     Batimetric 2007     Template     Strike Depth: 20.00     DBL 8050.17 M/M  
 09+00.TIN     09+00.TIN     Depth 50.97 M/M

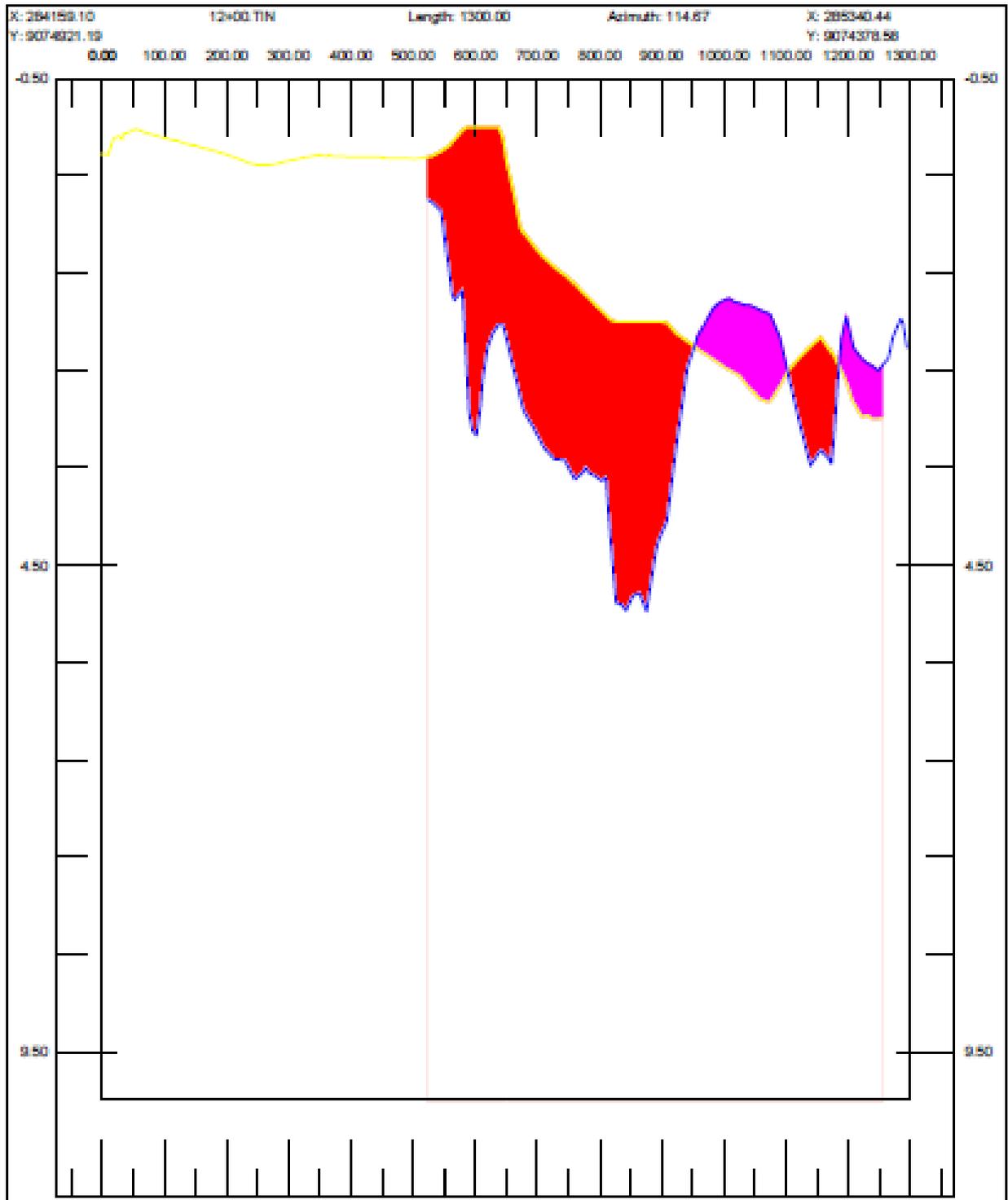
	Reference Depth = 10.00 M					OverDepth = 0.00 M					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	1065.58	388.31	0.00	130803.09	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	34.60	0.00	0.00	1752.89	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	1030.98	388.31	0.00	129180.20	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	3695.96	4621.75	0.00	903115.43	Ovring	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Intg	0.00	34.60	0.00	0.00	1752.89	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-650.00	-650.00	650.00	650.00		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Bathymetry 1994      Bathymetry 2007      Template      Strike Depth: 20.00      DBL 8050.17 M/M  
 10+00.TIN      10+00.TIN      Depth 50.97 M/M

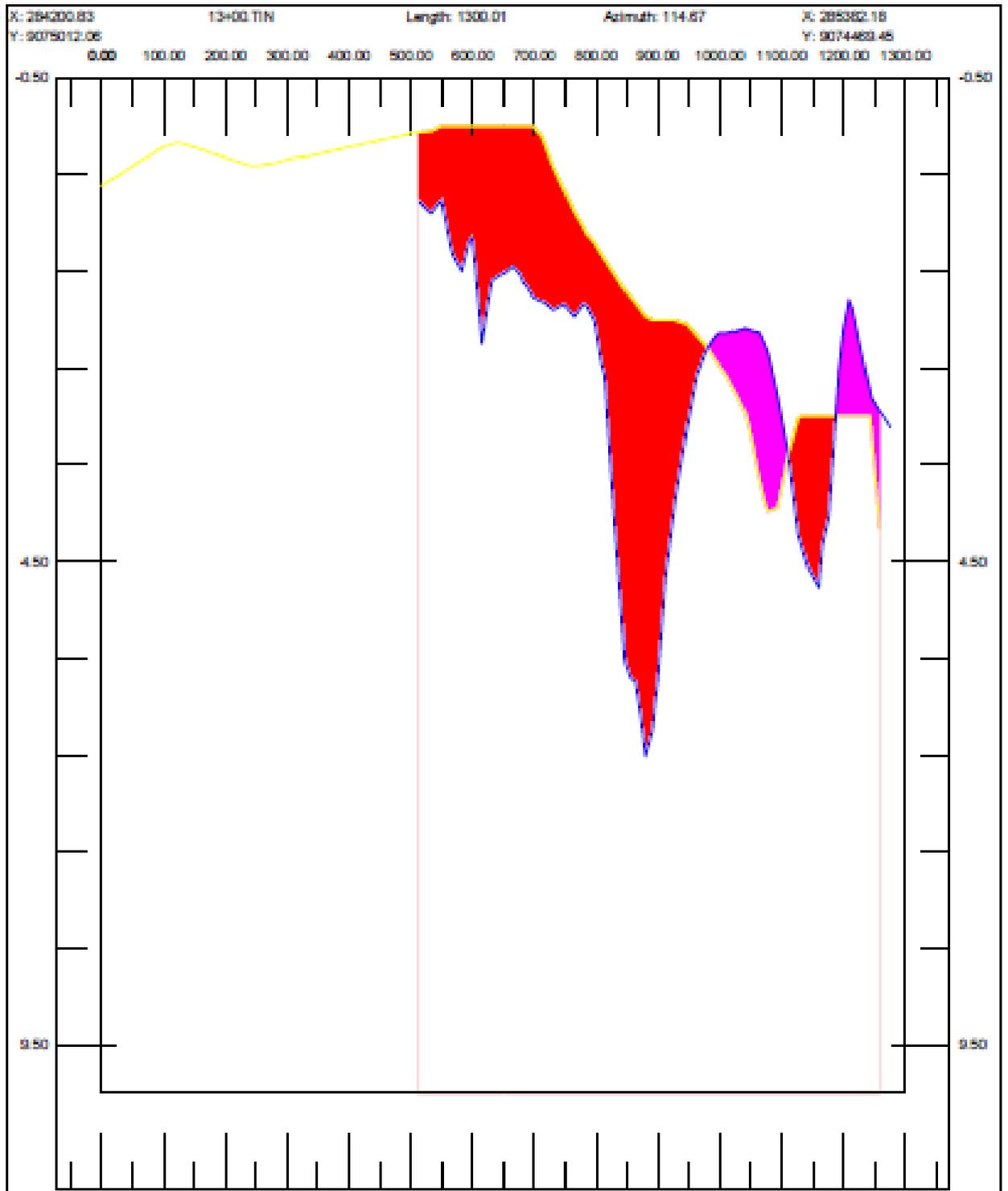
	Reference Depth = 10.00 M					OverDepth = 0.00 M					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	1305.81	383.38	0.00	155050.80	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	87.93	47.40	0.00	8495.53	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	1217.88	315.98	0.00	146554.27	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	3836.55	4823.31	0.00	853862.57	Overlp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Left	0.00	87.93	47.40	0.00	8495.53	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-850.00	-850.00	850.00	850.00		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





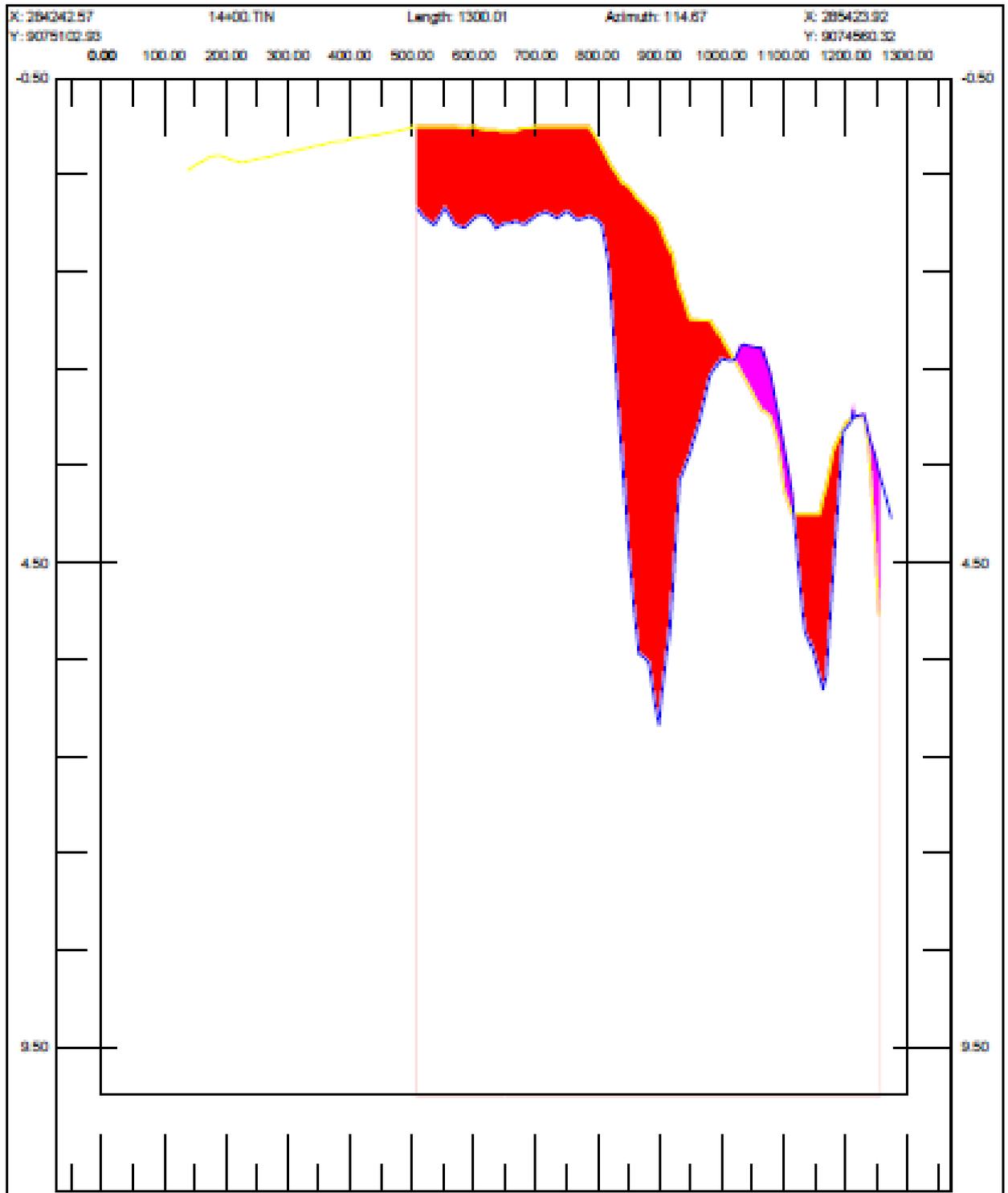
Bathymetry 1954      Bathymetry 2007      Template      Strike Depth: 20.00      DBL 8050.17 M-M  
 12+00.TIN      12+00.TIN                Depth 50.97 M-M

	Reference Depth = 10.00 M					OverDepth = 0.00 M				
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	229.48	888.40	0.00	81483.62	Area	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	131.45	0.00	7921.77	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	229.48	834.94	0.00	73561.85	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	1012.69	4220.88	0.00	543128.47	Ovdrp	0.00	0.00	0.00	0.00
Intvl	0.00	0.00	131.45	0.00	7921.77	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-650.00	-650.00	650.00	650.00		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00



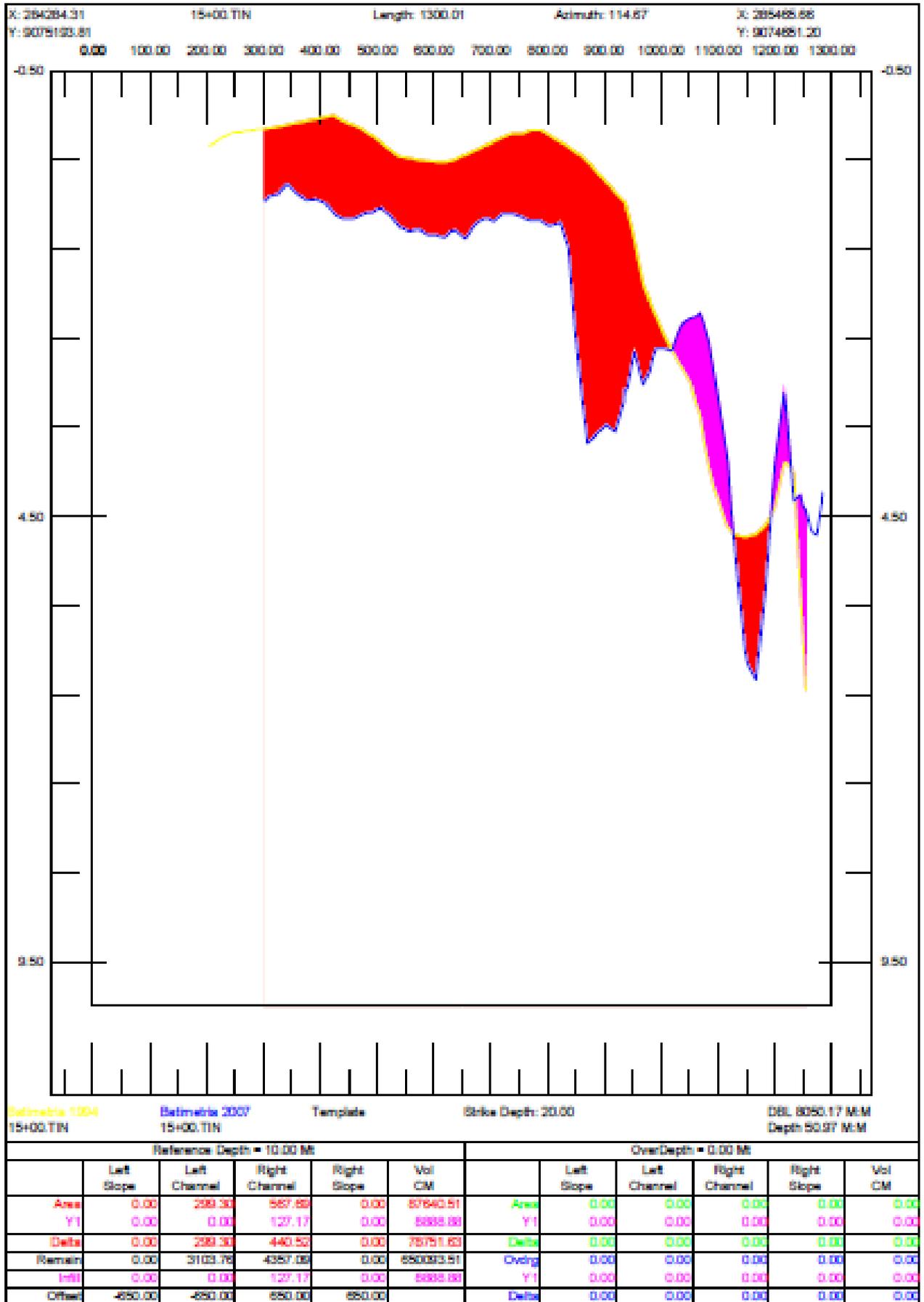
Bathymetric 1994      Bathymetric 2007      Template      Strike Depth: 20.00      DBL 8050.17 M:M  
 13+00.TIN      13+00.TIN                Depth 50.97 M:M

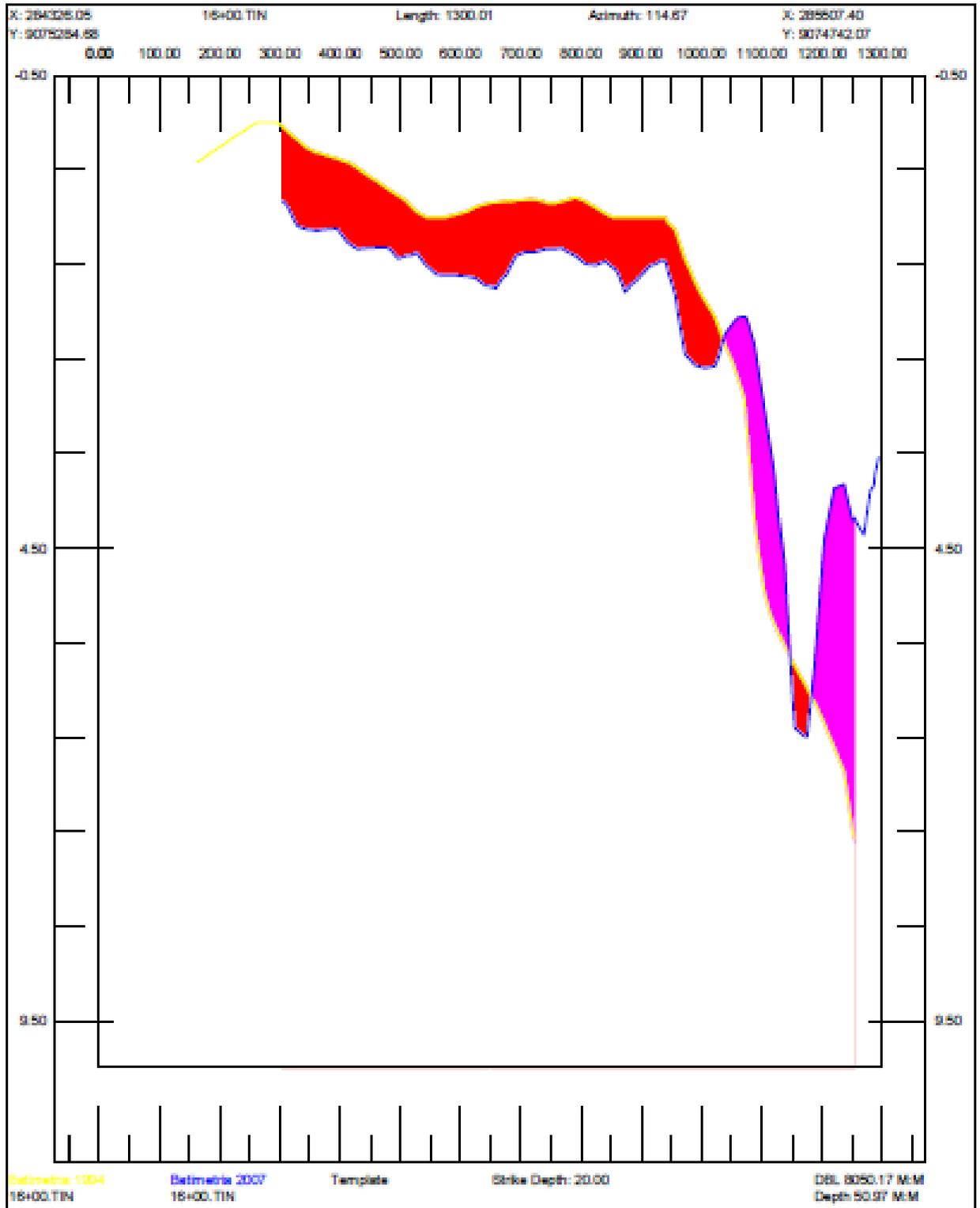
	Reference Depth = 10.00 M					OverDepth = 0.00 M					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	177.89	726.63	0.00	90013.62	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	180.14	0.00	14678.89	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	177.89	546.50	0.00	75434.72	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	1184.58	4242.67	0.00	533018.79	Overdg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infl	0.00	0.00	180.14	0.00	14678.89	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	-850.00	-850.00	850.00	850.00		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Bathymetry 1004      Bathymetry 2007      Template      Strike Depth: 20.00      DBL 8050.17 M-M  
 14+00.TIN      14+00.TIN      Depth 50.97 M-M

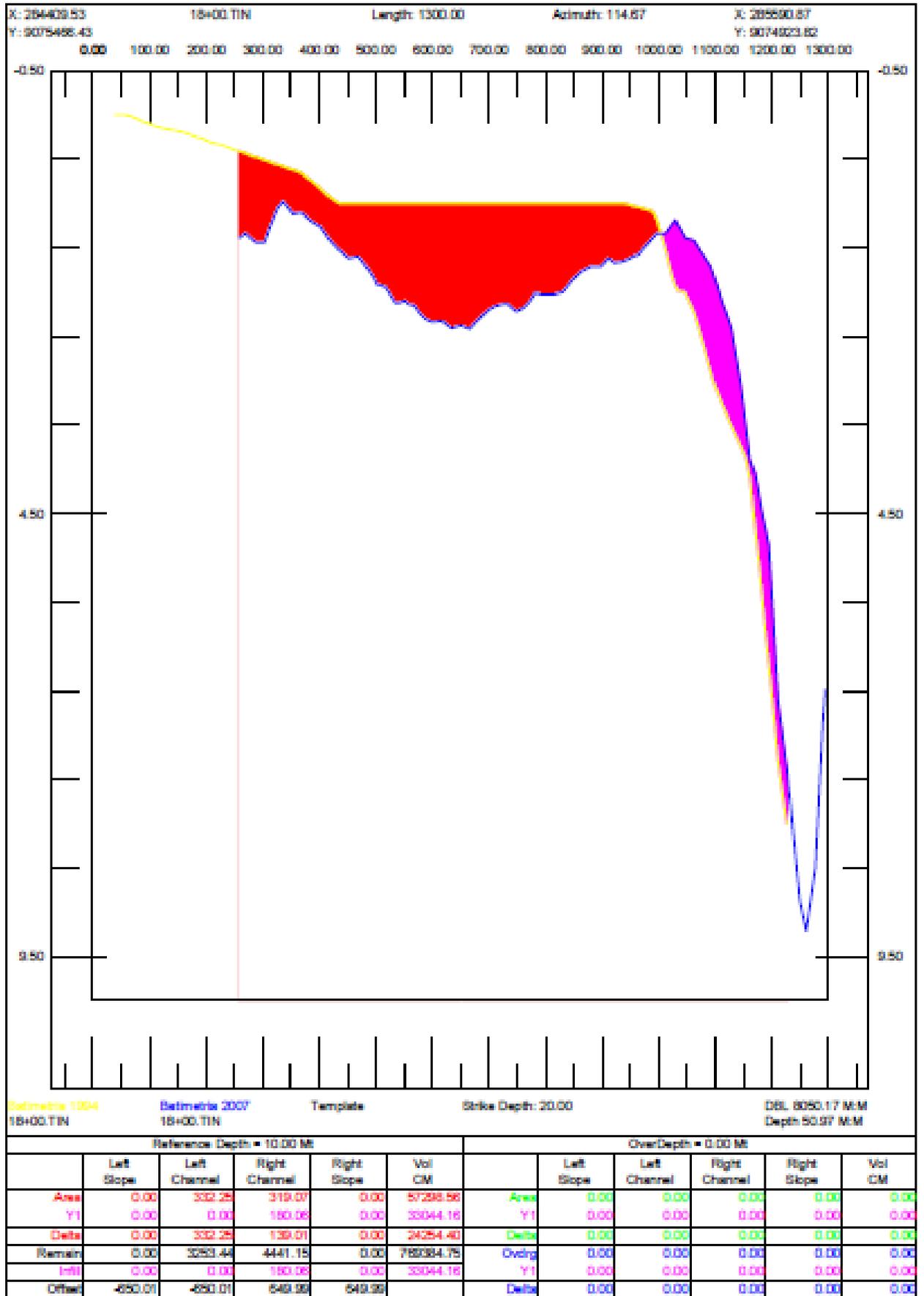
	Reference Depth = 10.00 M					OverDepth = 0.00 M				
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	136.07	750.63	0.00	86507.32	Area	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	50.60	0.00	10535.48	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	136.07	700.03	0.00	75970.84	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	1272.38	4267.75	0.00	548355.28	Overdg	0.00	0.00	0.00	0.00
Intl	0.00	0.00	50.60	0.00	10535.48	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	-650.00	-650.00	650.00	650.00		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00

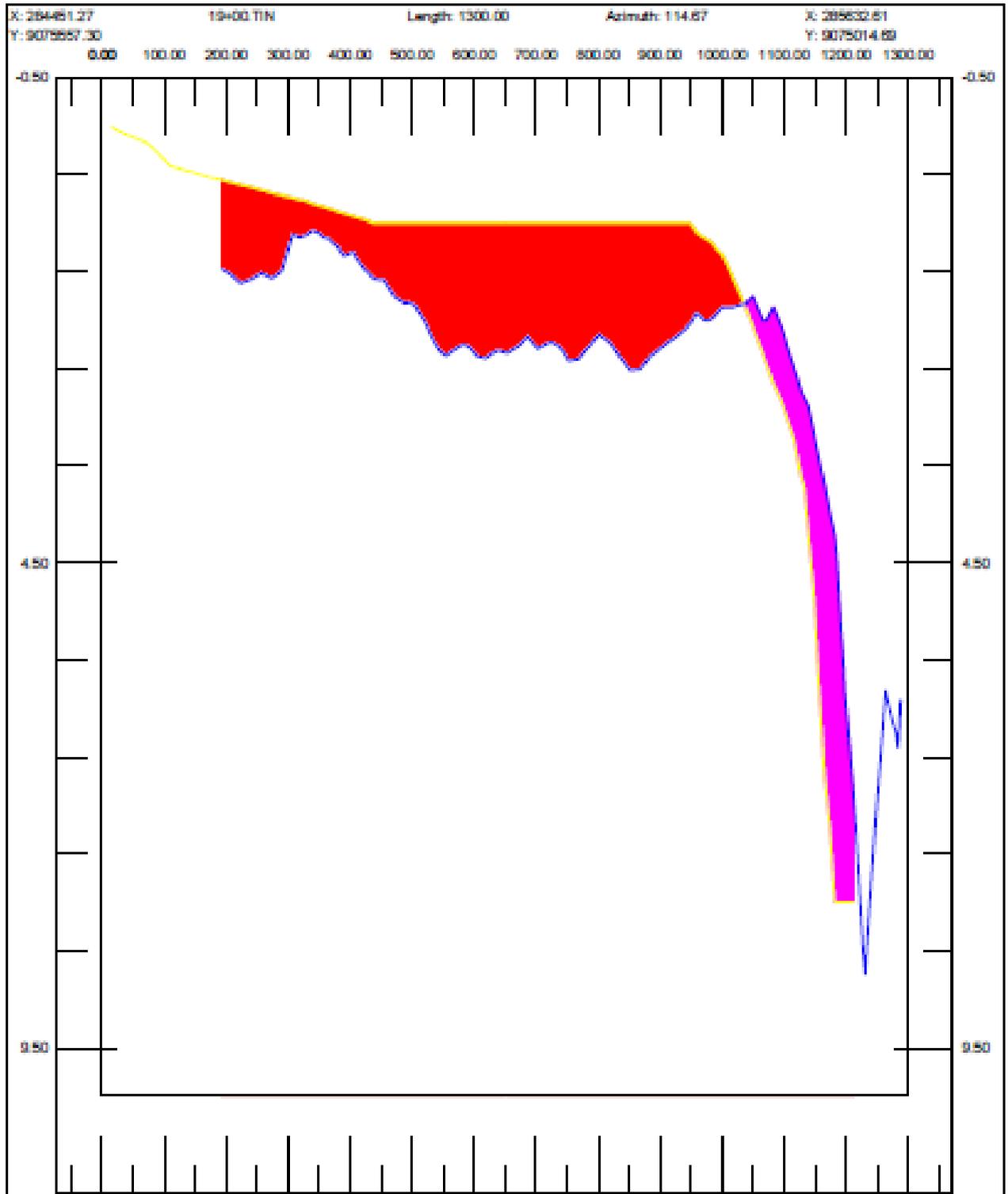




	Reference Depth = 10.00 M					OverDepth = 0.00 M					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	248.56	280.33	0.00	88842.50	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	284.24	0.00	20569.72	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	248.56	-231.91	0.00	-48272.78	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	2585.42	4512.30	0.00	747913.03	Overlg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Intl	0.00	0.00	284.24	0.00	20569.72	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-650.00	-650.00	650.00	650.00		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

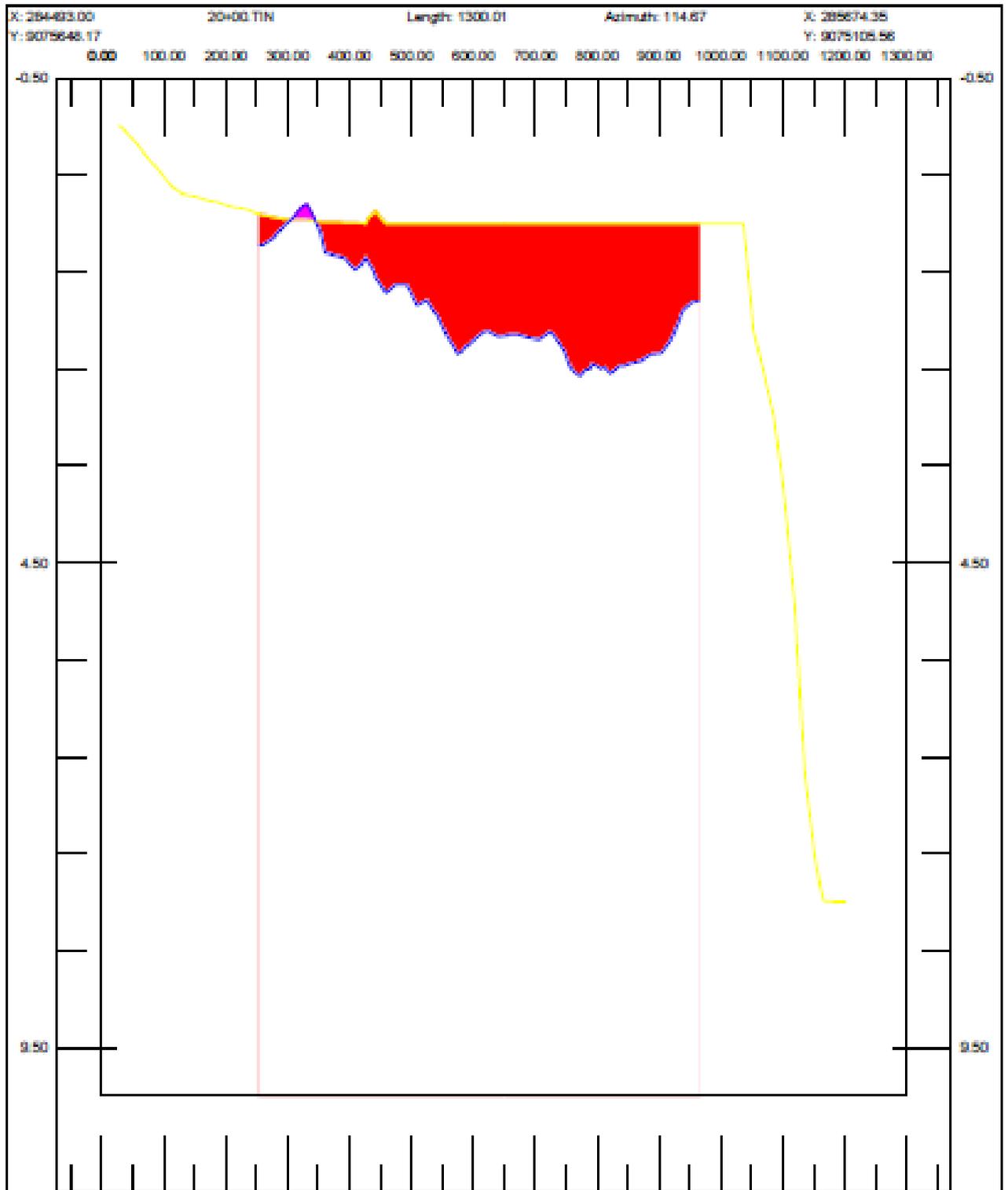






Batimetric 1004     Batimetric 2007     Template     Strike Depth: 20.00     DBL 8050.17 M-M  
 19+00.TIN     19+00.TIN     Depth 50.97 M-M

Reference Depth = 10.00 Mt						OverDepth = 0.00 Mt					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	381.48	439.05	0.00	7200.15	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	342.98	0.00	21152.37	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	381.48	196.08	0.00	52437.77	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	3789.87	4219.42	0.00	785177.79	Ovdr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Int	0.00	0.00	342.98	0.00	21152.37	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-850.01	-850.01	649.99	649.99		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Reference Depth = 10.00 Mt						OverDepth = 0.00 Mt					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	247.08	404.34	0.00	75802.53	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	3.45	0.00	0.00	12321.90	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	243.61	404.34	0.00	61270.64	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	3321.85	2434.95	0.00	587772.84	Ovdrp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Intl	0.00	3.45	0.00	0.00	12321.90	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-650.01	-650.01	649.99	649.99		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Bathymetry 1004  
20+00.TIN

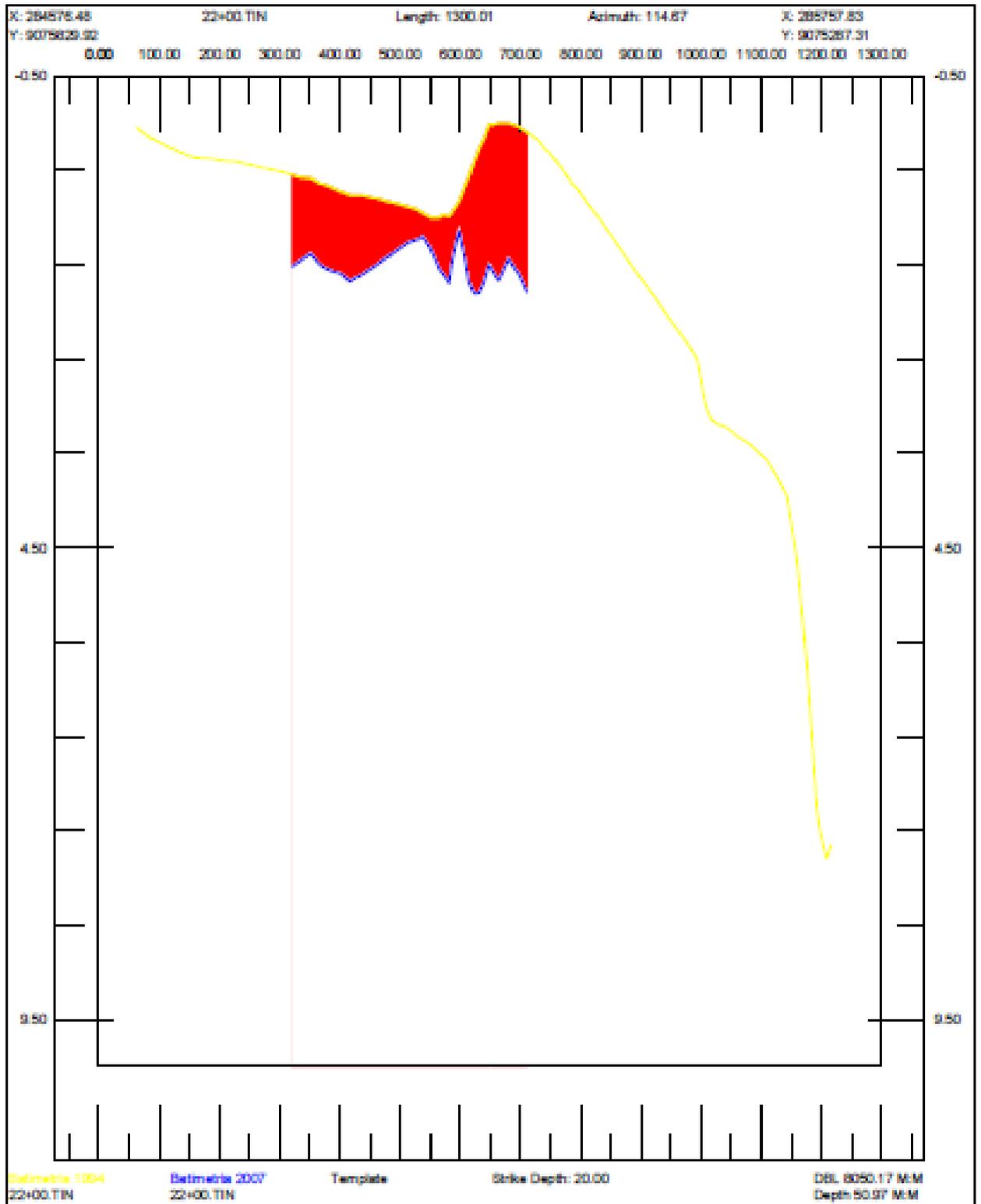
Bathymetry 2007  
20+00.TIN

Template

Strike Depth: 20.00

DBL 8050.17 M/M  
Depth 50.97 M/M





Reference Depth = 10.00 M						OverDepth = 0.00 M					
	Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM		Left Slope	Left Channel	Right Channel	Right Slope	Vol CM
Area	0.00	249.48	94.92	0.00	3502.70	Area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta	0.00	249.48	94.92	0.00	3502.70	Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain	0.00	2902.91	509.88	0.00	35995.46	Overbg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inf1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offset	-650.01	-650.01	649.98	649.98		Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

