



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:**  
**GEOLOGIA MARINHA, COSTEIRA E SEDIMENTAR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**A FORMAÇÃO MARACANGALHA NO COMPARTIMENTO**  
**SUDOESTE DA BACIA DO RECÔNCAVO: SENTIDO DO**  
**FLUXO E PALEOTENSÃO ASSOCIADOS**

**CARLOS EDUARDO DOS SANTOS AMORIM**

SALVADOR

2018

**A FORMAÇÃO MARACANGALHA NO COMPARTIMENTO  
SUDOESTE DA BACIA DO RECÔNCAVO: SENTIDO DO  
FLUXO E PALEOTENSÃO ASSOCIADOS**

**CARLOS EDUARDO DOS SANTOS AMORIM**

*Orientador: Prof. Dr. Luiz César Corrêa-Gomes*

*Co-orientador: Prof. Dr. Carlson de Matos Maia Leite*

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar.

SALVADOR

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA), com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Amorim, Carlos Eduardo dos Santos  
A FORMAÇÃO MARACANGALHA NO COMPARTIMENTO SUDOESTE DA BACIA  
DO RECÔNCAVO: SENTIDO DO FLUXO E PALEOTENSÃO ASSOCIADOS /  
Carlos Eduardo dos Santos Amorim. -- Salvador - Bahia, 2018.  
38 f. : il

Orientador: Prof. Dr. Luiz César Corrêa-Gomes.  
Coorientador: Prof. Dr. Carlson de Matos Maia Leite.  
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geologia  
do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia) -  
- Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal da  
Bahia, 2018.

1. Bacia do Recôncavo. 2. Formação Maracangalha. 3. Fluxos  
gravitacionais. 4. Campo de tensão. 5. Ilha de Cajaíba. I.  
Corrêa-Gomes, Prof. Dr. Luiz César. II. Leite, Prof. Dr.  
Carlson de Matos Maia. III. Título.

**CARLOS EDUARDO DOS SANTOS AMORIM**

**“DINÂMICA DE FLUXOS GRAVITACIONAIS ATRAVÉS DO  
ESTUDO DAS ESTRUTURAS DEFORMACIONAIS  
ASSOCIADAS NA ILHA DE CAJAÍBA, PORÇÃO  
NOROESTE DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS, NO  
ESTADO DA BAHIA, BRASIL”**

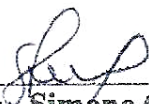
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Geologia na área de concentração em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar em 18/01/2018.

**DISSERTAÇÃO APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:**



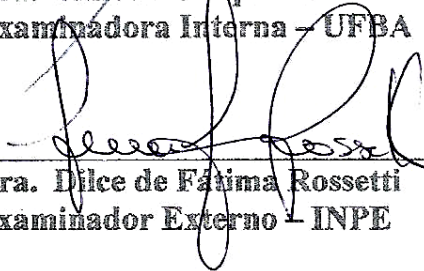
---

**Dr. Luiz César Corrêa-Gomes**  
Orientador – UFBA



---

**Dra. Simone Cerqueira Pereira Cruz**  
Examinadora Interna – UFBA



---

**Dra. Dilce de Fátima Rossetti**  
Examinador Externo – INPE

Salvador – BA  
2018

*À minha família, com todo o meu carinho.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Projeto RIFT-BAHIA II. Parte I. (UFBA/ Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras), financiador desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFBA e seus professores por contribuírem com a minha formação.

Agradeço à minha família, de fundamental importância durante todos esses anos de minha vida, com destaque a meus pais, Joana dos Santos e Edisio Amorim (in memoriam).

Dedico essa dissertação à minha avó Vitoria dos Santos (in memoriam), cujo carinho eu nunca esquecerei.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Cesar Corrêa-Gomes, pela orientação e auxílio, que ajudou no meu crescimento científico durante estes anos.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Carlson de Matos Maia Leite, que contribuiu de forma relevante para a evolução deste trabalho.

Ao futuro geólogo e técnico em geologia Leonel Barros Galvão, pela parceria, apoio e ajuda durante a formulação deste trabalho.

De forma especial, à minha esposa Ana Carolina P. Amorim, por todo apoio, carinho, paciência, atenção e amor, não só durante a preparação desta dissertação, mas desde que nossos caminhos se encontraram.

---

## RESUMO

Fluxos gravitacionais são registrados em depósitos correspondentes à fase sin-rifte da Bacia do Recôncavo (BR). Pertencente a este cenário da fase sin-rifte da BR, a Formação Maracangalha (Cretácico Inferior), formada por arenitos e lamitos, exhibe um conjunto de estruturas deposicionais e deformacionais atribuídas a fluxos gravitacionais. Estas estruturas permitem interpretar o sentido e a dinâmica associados aos fluxos gravitacionais, responsáveis pela deposição destes litotipos. Na área de estudo, localizada na Ilha de Cajaíba, Baía de Todos os Santos, no compartimento sudoeste da BR, Estado da Bahia, afloram litotipos pertencentes à Formação Maracangalha. Nesta área, inexistem estudos com intuito de identificar os possíveis sentidos dos fluxos gravitacionais, assim como a orientação 3D dos tensores principais do campo de paleotensão local e sua correlação com o campo de tensão regional que atuou na formação da BR. Foram identificadas cinco litofácies deposicionais da Formação Maracangalha, ligadas a evolução de um sistema deltaico, da base para o topo: arenito muito fino a fino, arenito fino a médio, arenito muito fino siltoso, siltito heterolítico lenticular e folhelho. E dentro destas, dois grupos de estruturas: deposicionais (acamamento) e deformacionais (dúcteis e rúpteis). A Falha de Capimirim, com orientação N195°, foi responsável pelo basculamento das estruturas aqui descritas. O sentido do fluxo gravitacional de massa foi definido para N141° e secundariamente para N235°. O exame de paleotensão local indicou sete campos de tensão distintos com três regimes: transpressivo, extensivo oblíquo e transtensivo ortorrômbico. Estes regimes possuem correlação com estruturas do arcabouço e com as fases alternadas de extensão e compressão NE-SW e NW-SE da BR.

Palavras-chave: Bacia do Recôncavo; Formação Maracangalha; Fluxos gravitacionais; Campo de tensão; Ilha de Cajaíba.

## ABSTRACT

Gravitational flows are recorded in deposits corresponding to the sin-rift phase of the Recôncavo Basin (BR). Belonging to this scenario of the sin-rift phase of BR, the Maracangalha Formation (Lower Cretaceous), formed by sandstones and lamites, exhibits a set of depositional and deformational structures attributed to gravitational flows. These structures allow us to interpret the meaning and dynamics associated with gravitational flows, responsible for the deposition of these lithotypes. In the study area, located on the Island of Cajarba, Baía de Todos os Santos, in the southwest bay of BR, state of Bahia, lithotypes belonging to the Maracangalha Formation surface. In this area, there are no studies with the intention of identifying the possible meanings of gravitational flows, as well as the 3D orientation of the main tensors of the local paleotension field and their correlation with the regional tension field that acted in the formation of BR. Five depositional lithofacies of the Maracangalha Formation were identified, linked to the evolution of a deltaic system from the base to the top: very fine to fine sandstone, fine to medium sandstone, very fine siltoso sandstone, lenticular heterolytic siltite and shale. And within these, two groups of structures: depositional (bedding) and deformational (ductile and ruptile). The Fault of Capimirim, with orientation N195°, was responsible for the tipping of the structures described here. The mass gravitational flow sense was set to N141 ° and secondarily to N235 °. The local paleotension examination indicated seven distinct stress fields with three regimens: transpressive, extensive oblique and orthorhombic transtensive. These regimes correlate with structures of the framework and with the alternating phases of NE-SW and NW-SE compression and extension of BR.

Key-words: Recôncavo Basin; Maracangalha Formation; Gravitational flows; Stress fields; Island of Cajarba.



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II – ARTIGO - A FORMAÇÃO MARACANGALHA NO COMPARTIMENTO SUDOESTE DA BACIA DO RECÔNCAVO: SENTIDO DO FLUXO E PALEOTENSÃO ASSOCIADOS.....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. CONTEXTO GEOLÓGICO.....</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4. DESCRIÇÃO FACIOLÓGICA DA FORMAÇÃO MARACANGALHA NA PRAIA DO SODRÉ.....</b>	<b>18</b>
<b>5. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DA FORMAÇÃO MARACANGALHA NA PRAIA DO SODRÉ.....</b>	<b>22</b>
<b>5.1. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DEPOSICIONAL (S<sub>0</sub>) .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DEFORMACIONAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>6. ANÁLISE DA DIREÇÃO DOS FLUXOS GRAVITACIONAIS.....</b>	<b>24</b>
<b>7. ANÁLISE DE PALEOTENSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>8. DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>9. CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>10. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO III - CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS AUTORES.....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO A- REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOLOGIA USP. SÉRIE CIENTÍFICA.....</b>	<b>37</b>

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO GERAL

Depósitos ligados a fluxos gravitacionais são componentes importantes das sucessões estratigráficas em várias bacias sedimentares (Moscardelli e Wood, 2015). No estágio tectônico sin-rifte da Bacia do Recôncavo (BR), existem inúmeros depósitos ligados a fluxos gravitacionais (Caixeta et al., 1994 e Silva et al., 2007). Os depósitos ligados aos fluxos gravitacionais representam importantes reservatórios de hidrocarbonetos na BR, já que estes contêm as principais acumulações de gás.

A Formação Maracangalha pertence ao contexto tectônico sin-rifte da BR. Datada do Cretáceo Inferior, esta formação, que é composta por arenitos e lamitos, apresenta um conjunto de estruturas atribuídas a fluxos gravitacionais, que aqui são objeto de estudo. O paleoambiente sedimentar sugerido, para esta formação, é o de deltas dominados por inundações fluviais (Guerra, 2002 e Guerra e Borgui, 2003). Esta formação pertence ao grupo dos reservatórios da fase sin-rifte da BR e possui como modelo de migração e acumulação o modelo de armadilhas de inversão estrutural geradas por falhas de crescimento e estruturas de *rollovers* (Guerra, 2002).

No compartimento sudoeste da BR, inexistem estudos com intuito de identificar os possíveis sentidos dos fluxos gravitacionais, assim como a orientação 3D dos tensores principais ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ) do campo de paleotensão local (estudo dinâmico), e se o mesmo tem alguma relação com o campo de tensão regional que atuou na formação da BR. Para preencher esta lacuna, este estudo teve com o principal laboratório o afloramento localizado na Praia do Sodré, extremo sul da Ilha de Cajaíba (Fig. 1.).

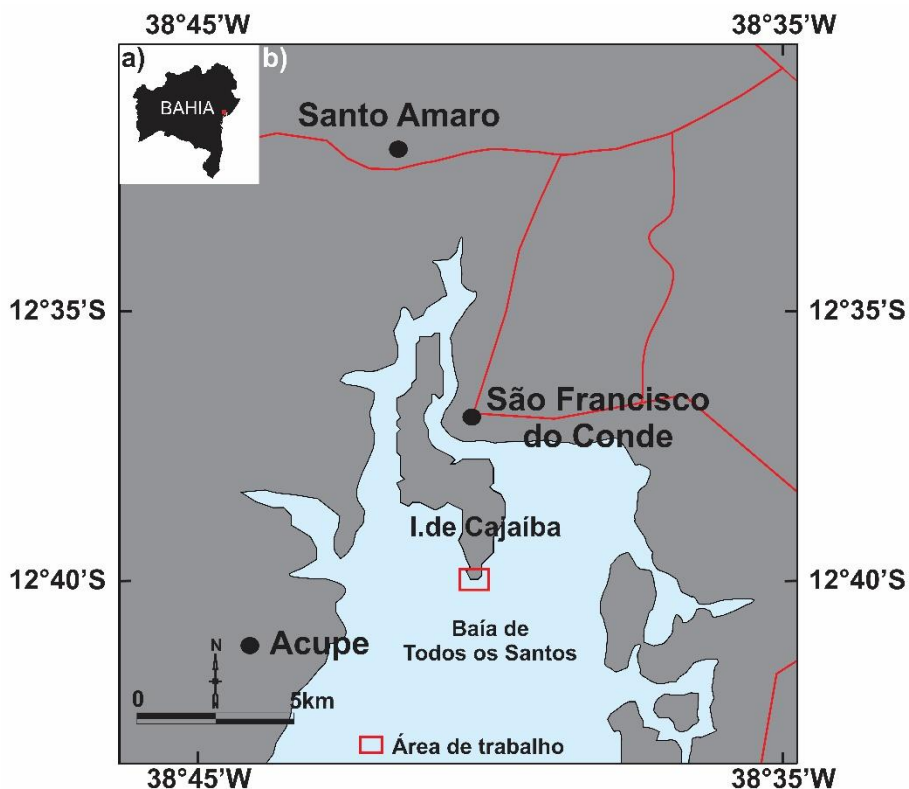


Figura 1 - (a) Mapa de situação da Ilha de Cajaíba no Estado da Bahia. (b) Mapa de localização da Ilha de Cajaíba na porção noroeste da Baía de Todos os Santos.

Estudos prévios nas Ilhas de Maré (Guerra e Borgui, 2003; Amorim, 2008; Barbosa, 2009), dos Frades (Moreira, 2010) e de Itaparica (Ramos, 2011; Santos, 2011), bem como praia de Inema (Oliveira, 2014), sugerem ligação entre estruturas deformacionais e processo de re-sedimentação por escorregamentos. Entretanto, nesta área, inexistem estudos sobre possíveis relações entre essas estruturas com atividade tectônica.

Diante do exposto, algumas questões podem ser levantadas para os sedimentos daquela localidade: qual a dinâmica das principais estruturas da Formação Maracangalha ligadas ao fluxo gravitacional na área de trabalho? Qual o sentido do fluxo de massa no compartimento sudoeste da BR? Quais seriam os campos de tensão a elas associados? Quais seriam as relações entre esses campos de tensão e a tectônica formadora da BR?

O objetivo deste trabalho é interpretar o sentido e a dinâmica associados aos fluxos gravitacionais através das estruturas da Formação Maracangalha na área de trabalho. Como objetivos específicos, têm-se: (i) caracterizar as fácies em escala de campo da Formação Maracangalha na área de trabalho; (ii) determinar a orientação 3D dos tensores principais ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ) do campo de tensão local; e (iii) correlacionar as orientações 3D dos tensores principais ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ) do campo de tensão local com as orientações 3D dos tensores principais ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ) do campo de tensão regional formador da BR.

Para alcançar os objetivos propostos, a seguinte estratégia foi adotada:

(i) Levantamento bibliográfico: ao longo desta fase foi desenvolvido o levantamento e pesquisa bibliográfica sobre a evolução da Bacia do Recôncavo, juntamente com processos relacionados à fluxos gravitacionais e Formação Maracangalha.

(ii) Trabalho de campo: os trabalhos de campo foram desenvolvidos em duas etapas de dez dias objetivando o detalhamento e a análise faciológico e estrutural, além da dedução das cinemáticas associadas. Nesta etapa também foram feitos os registros fotográficos e a construção de sumários colunares do afloramento.

(iii) Tratamento dos dados coletados em campo: todos os dados coletados em campo foram tratados com o auxílio de *softwares*: Microsoft Excel (2016), Stereonet® (for Windows, v. 9.9.6, 2017) e Wintensor® (v. 5.8.7, 2017).

(iv) Análise e interpretação dos dados coletados: após o tratamento os dados foram analisados e interpretados o intuito de analisar o paleoambiente, definir os sentidos dos fluxos de massa e o posicionamento do campo de paleotensão local.

A dissertação está organizada em três seções, organizadas da seguinte forma: No capítulo 1, apresenta-se a Introdução Geral da dissertação, no capítulo 2, o artigo científico a ser submetido e no capítulo 3, as conclusões da Dissertação.

Este trabalho será submetido para publicação na Revista Geologia USP. Série Científica.

## Referências

Amorim, C.E.S. (2008). *Análise estrutural da Formação Maracangalha em Itamoabo, Ilha de Maré, Bahia*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Barbosa, G. F. (2009). *Estruturas associadas a fluxos gravitacionais do tipo slump da Formação Maracangalha na Ilha de Maré, Bacia do Recôncavo, Bahia*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Caixeta, J.M., Bueno, G.V., Magnavita, L.P., Feijó, F.J. (1994). Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. *Boletim Geociências Petrobrás*, Rio de Janeiro, 8 (1): 163-172.

Guerra, G.S., (2002). *Fácies sedimentares dos membros Caruaçu e Pitanga da Formação Maracangalha (Cretáceo da bacia do Recôncavo)*. Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Graduação. 72p.

Guerra, G.S., Borgui, L. (2003). *Fácies sedimentares gravitacionais e deformacionais da Formação Maracangalha em afloramento e sua importância na exploração da Bacia do Recôncavo. 2º Congresso Brasileiro de P&D de Petróleo e Gás, Rio de Janeiro. Anais do II Congresso Brasileiro de P&D de Petróleo e Gás. Rio de Janeiro.*

Moreira, F.S. (2010). *Estruturas associadas a fluxos gravitacionais da Formação Maracangalha na Ilha dos Frades, Bacia do Recôncavo, Bahia*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Moscardelli, L. and Wood, L. (2015). Morphometry of mass-transport deposits as a predictive tool. *Geological Society of America Bulletin*. 31221.1.

Oliveira, L.R.S. (2014). *Determinação dos Sentidos de Fluxos Gravitacionais através das Estruturas Associadas (Formação Taquipe, Praia do Inema, Bahia, Brasil)*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Salvador. UFBA/IGEO.

Ramos, L.N. (2011). *Estudo dos padrões de orientação de estruturas deformacionais rúpteis e de campos de tensão em afloramentos da Formação Maracangalha (Eocretáceo) em Bom Despacho, NNE da Ilha de Itaparica, Bahia Brasil*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Santos, N. L. (2011). *Estudo dos Sentidos de Fluxos Gravitacionais da Formação Maracangalha (Eocretáceo). Bom Despacho, NNE da Ilha de Itaparica, Bahia, Brasil*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

Silva, O. B., Caixeta, J. M., Milhomem, P. S. Kosin M. D. (2007). Bacia do Recôncavo. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 423-431.

## CAPÍTULO II

# ARTIGO – A FORMAÇÃO MARACANGALHA NO COMPARTIMENTO SUDOESTE DA BACIA DO RECÔNCAVO: SENTIDO DO FLUXO E PALEOTENSÃO ASSOCIADOS.

---

Carlos Eduardo dos Santos Amorim<sup>1</sup>, Luiz César Corrêa-Gomes<sup>2</sup>, Carlson de Matos Maia Leite<sup>3</sup>, Leonel Barros Galvão<sup>4</sup>

1 Projeto Rifte - Universidade Federal da Bahia, e-mail: carlos\_e\_amorim@yahoo.com.br

2 Projeto Rifte - Universidade Federal da Bahia, e-mail: lccgomes@gmail.com

3 Petrobras/ Universidade Federal da Bahia, e-mail: carlson.leite@gmail.com

4 Projeto Rifte - Universidade Federal da Bahia, e-mail: leonelbgalvao@gmail.com

### RESUMO

No cenário da fase sin-rifte da Bacia do Recôncavo (BR), a Formação Maracangalha (Cretácico Inferior) exibe um conjunto de estruturas deposicionais e deformacionais atribuídas a fluxos gravitacionais. Na área de estudo, localizada na Ilha de Cajaíba, Baía de Todos os Santos, no compartimento sudoeste da BR, Estado da Bahia, afloram litotipos pertencentes à Formação Maracangalha. Os arenitos e lamitos, presentes nesta ilha, mostram estruturas que permitem interpretar o sentido e a dinâmica associados aos fluxos gravitacionais, responsáveis pela deposição destes litotipos da Formação Maracangalha na área de trabalho. O estudo possibilitou também determinar a orientação 3D dos tensores principais responsáveis pela origem das estruturas presentes e sua correlação com os tensores regionais formadores da BR. Foram identificadas cinco litofácies deposicionais da Formação Maracangalha, ligadas a evolução de um sistema deltaico. E dentro destas, dois grupos de estruturas: deposicionais (acumulação) e deformacionais (dúcteis e rúpteis). A Falha de Capimirim, com orientação N195°, foi responsável pelo basculamento das estruturas aqui descritas. O sentido do fluxo gravitacional de massa foi definido para N141° e secundariamente para N235°. O exame de paleotensão local indicou sete campos de tensão distintos com três regimes: transpressivo, extensivo oblíquo e transtensivo ortorrômbico. Estes regimes possuem correlação com estruturas e com as fases alternadas de extensão e compressão NE-SW e NW-SE da BR.

Palavras-chave: Bacia do Recôncavo; Formação Maracangalha; Fluxos gravitacionais; Campo de tensão; Ilha de Cajaíba.

### ABSTRACT

In the scenario of the sin-rift phase of the Recôncavo Basin (BR), the Maracangalha Formation (Lower Cretaceous) exhibits a set of depositional and deformational structures attributed to gravitational flows. In the study area, located on the Island of Cajaíba, Baía de Todos os Santos, in the southwest portion of BR, state of Bahia, lithotypes belonging to the Maracangalha Formation surface. The sandstones and lamitos, present in this island, show structures that allow interpreting the sense and the dynamics associated to the gravitational flows, responsible for

the deposition of these lithotypes of the Maracangalha Formation in the work area. The study also made it possible to determine the 3D orientation of the main tensors responsible for the origin of the present structures and their correlation with the regional tensors forming BR. Five depositional lithofacies of the Maracangalha Formation were identified, linked to the evolution of a deltaic system. And within these, two groups of structures: depositional (bedding) and deformational (ductile and ruptile). The Capimirim Fault, with orientation N195°, was responsible for the tilting of the structures described here. The sense of mass gravitational flow was defined for N141° and secondarily for N235°. The local paleotension examination indicated seven distinct stress fields with three regimens: transpressive, extensive oblique and orthorhombic transtensive. These regimes correlate with structures of the framework and with the alternating phases of NE-SW and NW-SE compression and extension of BR.

Key-words: Recôncavo Basin; Maracangalha Formation; Gravitational flows; Stress fields; Island of Cajaíba.

## 1.INTRODUÇÃO

A Bacia do Recôncavo (BR) faz parte do rifte abortado, intracontinental, Recôncavo-Tucano-Jatobá (RRTJ) (Fig. 1), da margem leste do Brasil (Magnavita et al., 2005), cuja origem está associada à abertura do Oceano Atlântico Sul no Cretácico Inferior. Esta bacia é uma das mais produtivas do Brasil devido ao seu eficiente sistema petrolífero (Magnavita et al., 2005).

Depósitos formados por fluxos gravitacionais constituem uma parte expressiva do preenchimento sedimentar em muitas bacias sedimentares (Dykstra et al., 2011). Nestes depósitos é possível encontrar estruturas deformacionais singenéticas resultado de fluxos gravitacionais, os quais podem ter sido desencadeados por atividade tectônica sin-sedimentar.

Na literatura está disponível métodos baseados na orientação das estruturas deposicionais (acamamento) e deformacionais (falhas, dobras e rampas de deslizamento frontal) para estimar a direção e sentido dos fluxos gravitacionais nestes depósitos. Destes, Jones (1939) e Sharman (2015) empregaram um método baseado no acamamento; Hahn (1913), Jones (1939), Woodcock (1979b) e Sharman (2015) aplicaram um método utilizando as dobras; Farrell (1984), Martinsen e Bakken (1990), Debacker et al. (2009) e Sharman (2015) utilizaram as falhas; e, neste trabalho, foi utilizado um método baseado nas rampas de deslizamento frontal.

Inúmeros depósitos atribuídos a fluxos gravitacionais foram formados durante a fase sin-rifte da BR (Caixeta et al., 1994 e Silva et al., 2007). A Formação Maracangalha (Cretácico Inferior) possui evolução tectônica relacionada com a fase sin-rifte da BR, sendo constituída por arenitos e lamitos. Esta formação apresenta um conjunto de depósitos gravitacionais, atribuídos ao ambiente deposicional de delta lacustre dominados por influxos fluviais (Guerra e Borgui, 2003).

Na localidade da Praia do Sodré, extremo sul da Ilha de Cajaíba (IC), estão expostos litotipos da Formação Maracangalha, onde a presente pesquisa foi desenvolvida dando enfoque ao conjunto de estruturas associadas. Este afloramento fica localizado na porção sudoeste da BR, onde inexistem estudos sobre possíveis relações entre as estruturas com atividade tectônica.

O objetivo deste trabalho é interpretar o sentido e a dinâmica associados aos fluxos gravitacionais através das estruturas da Formação Maracangalha na área de trabalho. Como objetivos específicos, têm-se: (i) caracterizar as fácies em escala de campo da Formação Maracangalha na área de trabalho; (ii) determinar a orientação 3D dos tensores principais ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ) do campo de tensão local; e (iii) correlacionar as orientações 3D dos tensores principais

( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ) do campo de tensão local com as orientações 3D dos tensores principais ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ) do campo de tensão regional formador da BR.

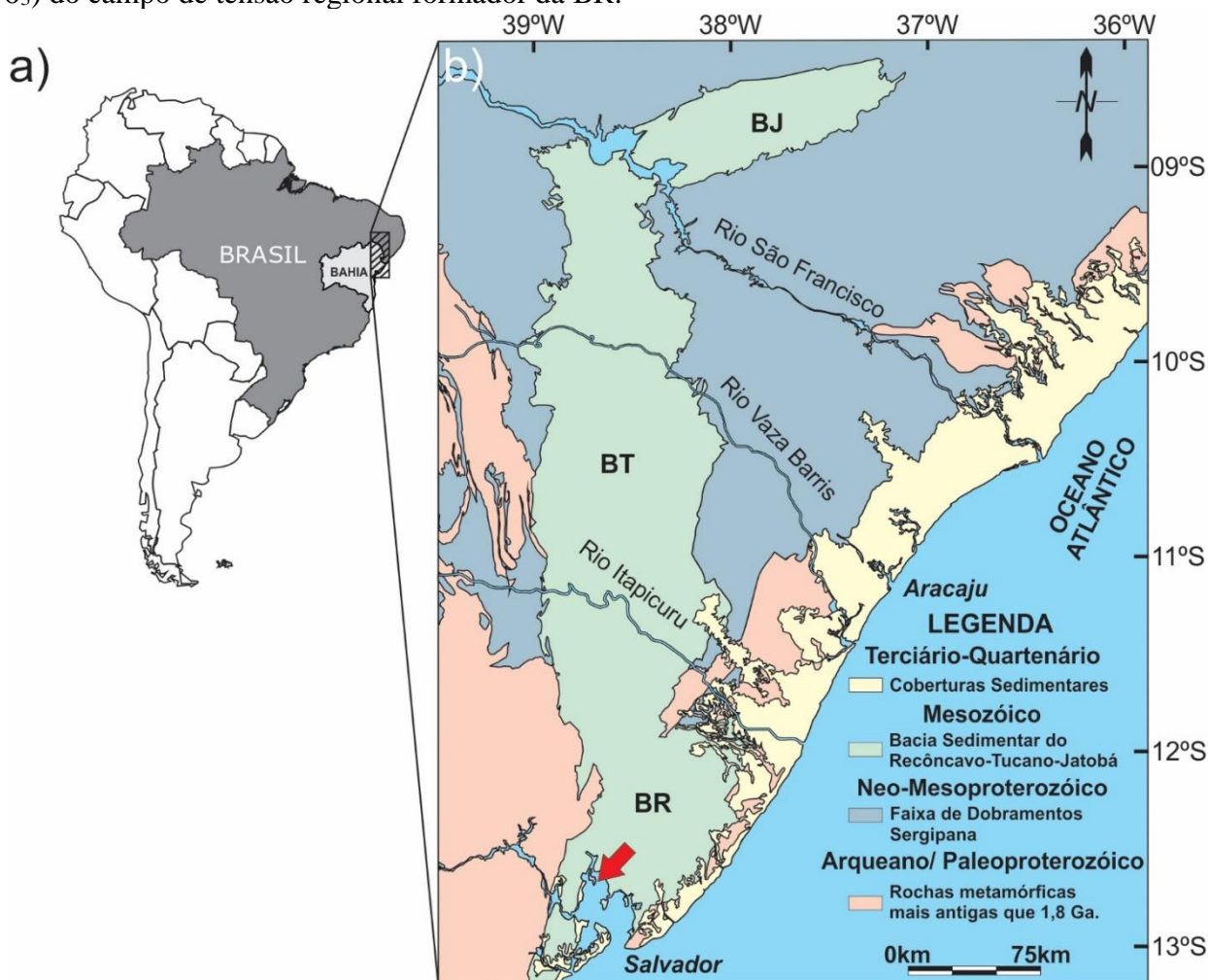


Figura 1 - (a) Localização do rifte intracontinental Recôncavo-Tucano-Jatobá na América do Sul. (b) Mapa geológico esquemático do rifte intracontinental Recôncavo-Tucano-Jatobá. BR: Bacia do Recôncavo, BT: Bacia do Tucano, BJ: Bacia do Jatobá. Seta vermelha indica a localização da área de trabalho. Adaptado de Corrêa-Gomes e Destro (2012).

## 2. CONTEXTO GEOLÓGICO

O sistema de rifte intracontinental Recôncavo-Tucano-Jatobá (RRTJ) está localizado na região nordeste do Brasil, nos estados da Bahia, Sergipe e Pernambuco, com área de aproximadamente 46.000 km<sup>2</sup>. Datado do Cretácico Inferior, este rifte tem sido interpretado como um braço abortado da propagação do Atlântico Sul (Magnavita et al., 2005) a partir da fragmentação do megacontinente Gondwana (Jurássico Médio - Cretácico Inferior) (Milhomem et al., 2003). Este sistema é constituído por um conjunto de semi-*grabens* articulados e orientados nas direções N-S e NE-SW, onde os três semi-*grabens* integrantes do rifte correspondem às chamadas bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá, distribuídas nesta ordem de sul para norte (Fig. 1) (Destro, 2002).

Segundo Milhomem et al. (2003) e Silva et al. (2007), a BR ocupa uma área aproximada de 11.500 km<sup>2</sup> e encontra-se limitada pelo Alto de Aporá, a norte e noroeste, pelo sistema de Falhas da Barra, a sul, pela Falha de Maragogipe, a oeste, e pelo sistema de Falhas de Salvador, a leste. Esta bacia apresenta uma configuração arquitetural de um meio-*graben* de orientação geral NE-SW, com borda falhada a leste e flexural a oeste (Fig. 2).

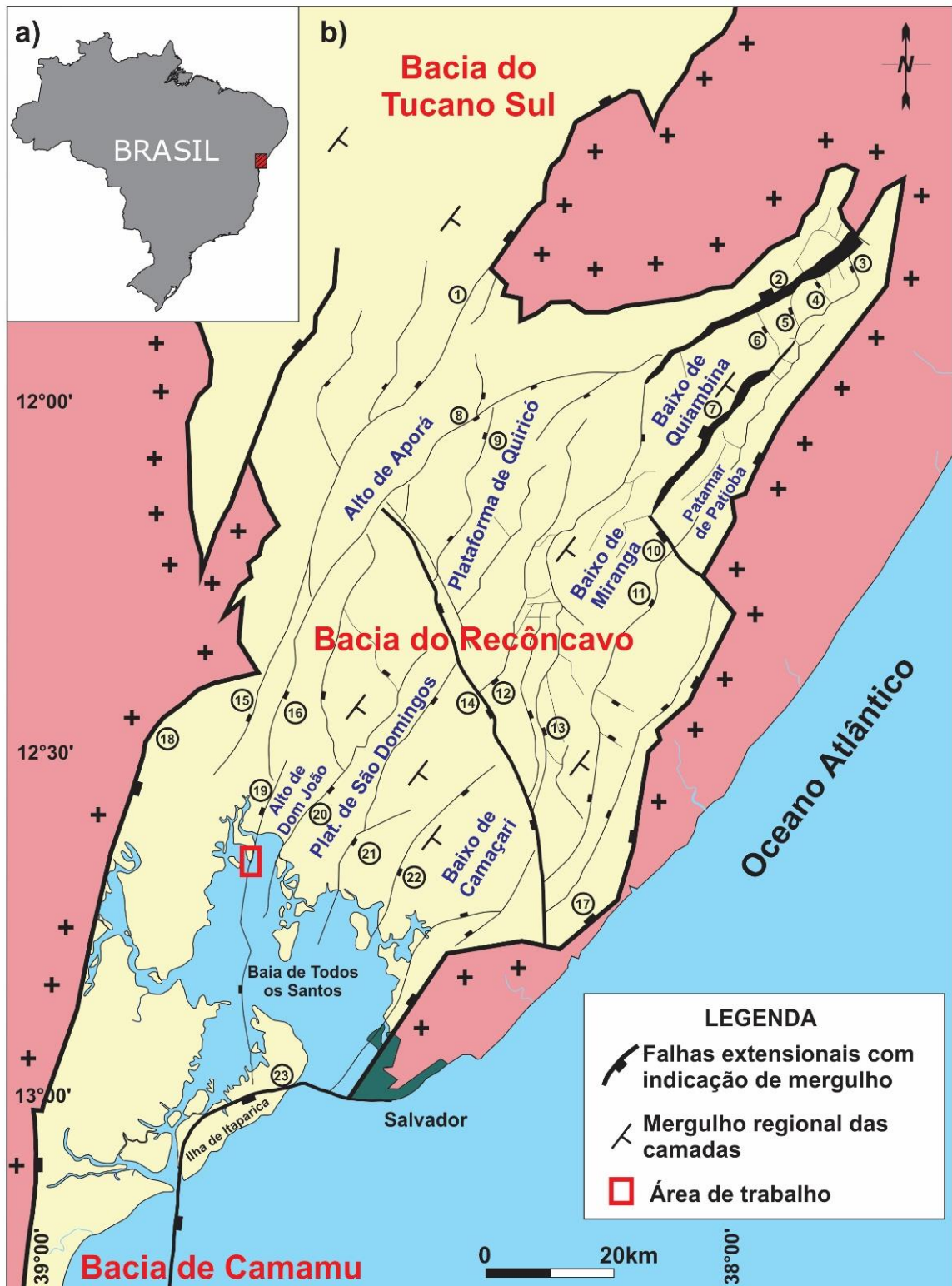


Figura 2 – (a) Mapa de situação da Bacia do Recôncavo no Brasil. (b) Arcabouço estrutural e principais estruturas da Bacia do Recôncavo, que incluem as falhas de: 1) Inhambupe, 2) Pedras, 3) Fazenda Cajueiro, 4) Fazenda Alvorada, 5) Baixa Grande, 6) Palmeiras, 7) Patioba, 8) Tombador, 9) Sauípe, 10) Itanagra, 11) Pedra do Salgado, 12) Araçás-Boa Esperança, 13) Biriba, 14) Mata-Catu, 15) Orobó, 16) Paranaguá, 17) Salvador, 18) Maragogipe, 19) Capimirim, 20) Nova América, 21) Candeias, 22) Lamarão, 23) Barra. Modificado de Milhomem et al. (2003).



Segundo Caixeta et al. (1994) e Silva et al. (2007), o preenchimento da BR compreende depósitos acumulados durante o processo extensional Juro-Cretácico, relacionado aos estágios pré-rifte, sin-rifte e pós-rifte (Fig. 3). Destes, na fase sin-rifte encontra-se a Formação Maracangalha, objetivo do presente estudo.

A Formação Maracangalha está posicionada localmente no andar Rio da Serra Superior (Valanginiano ao Hauteriviano) e subdivide-se nos membros Pitanga e Caruaçu (Fig. 3). Essa formação é caracterizada por: (i) pelitos de ambiente lacustre, com presença de corpos de arenitos finos, argilosos e maciços do membro Pitanga; e (ii) camadas lenticulares de arenitos finos a médios, com estratificações plano-paralelas e cruzadas tangenciais do membro Caruaçu (Caixeta et al.1994 e Silva et al. 2007). Esses membros são identificados em diversos níveis estratigráficos.

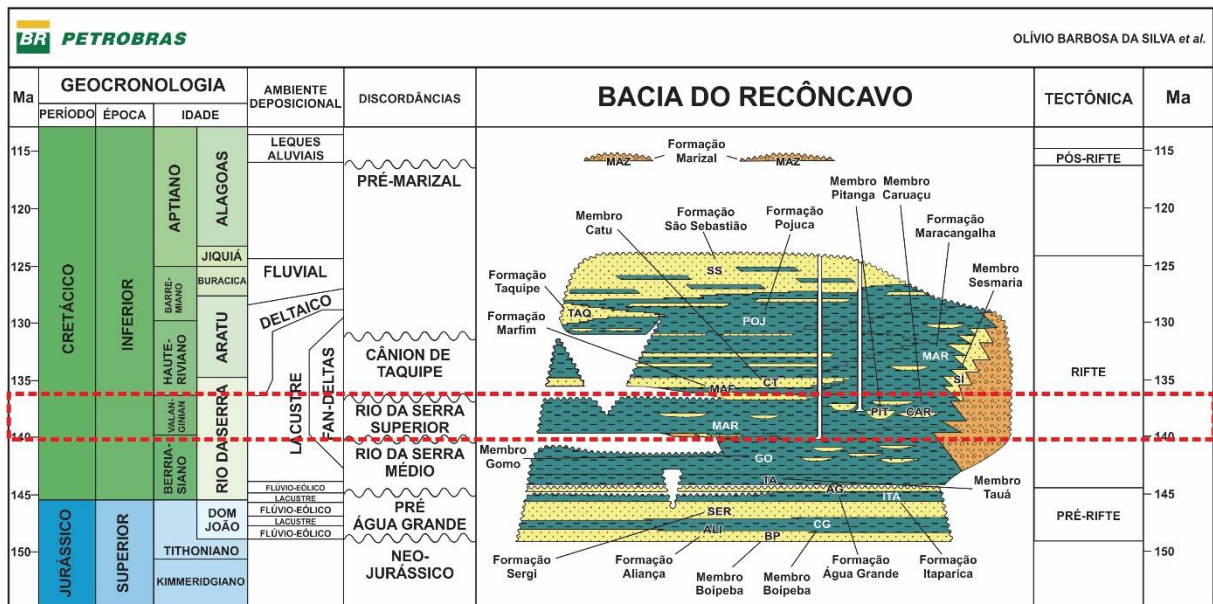


Figura 3 - Carta estratigráfica simplificada da Bacia do Recôncavo com o posicionamento estratigráfico da Formação Maracangalha. Modificado de Silva et al. (2007).

Na área de trabalho, além da Formação Maracangalha, existem locais com cobertura sedimentar do Quaternário (depósitos de pântanos e mangues) (Fig. 4). Próximo a área de trabalho e delimitando o alto estrutural de Dom João na sua porção oeste, a Falha de Capimirim é uma falha sintética ao Sistema de Falhas de Salvador, com direção NE-SW ( $\approx N195^\circ$ ) e mergulho para NW (Aragão, 1993) (Figs. 02 e 04).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos, a seguinte estratégia foi adotada: (i) trabalho de campo; (ii) tratamento dos dados coletados em campo; e (iii) análise e interpretação dos dados coletados.

Em campo foi efetuada a descrição sedimentológica de afloramento com 700 m de extensão da Formação Maracangalha. A caracterização e interpretação das litofácies levou em consideração as texturas presentes. A partir da relação de contato foi feita uma sumarização colunar do contexto faciológico. Além disso, foi definido um código para cada fácies levando em consideração os litotipos e texturas.

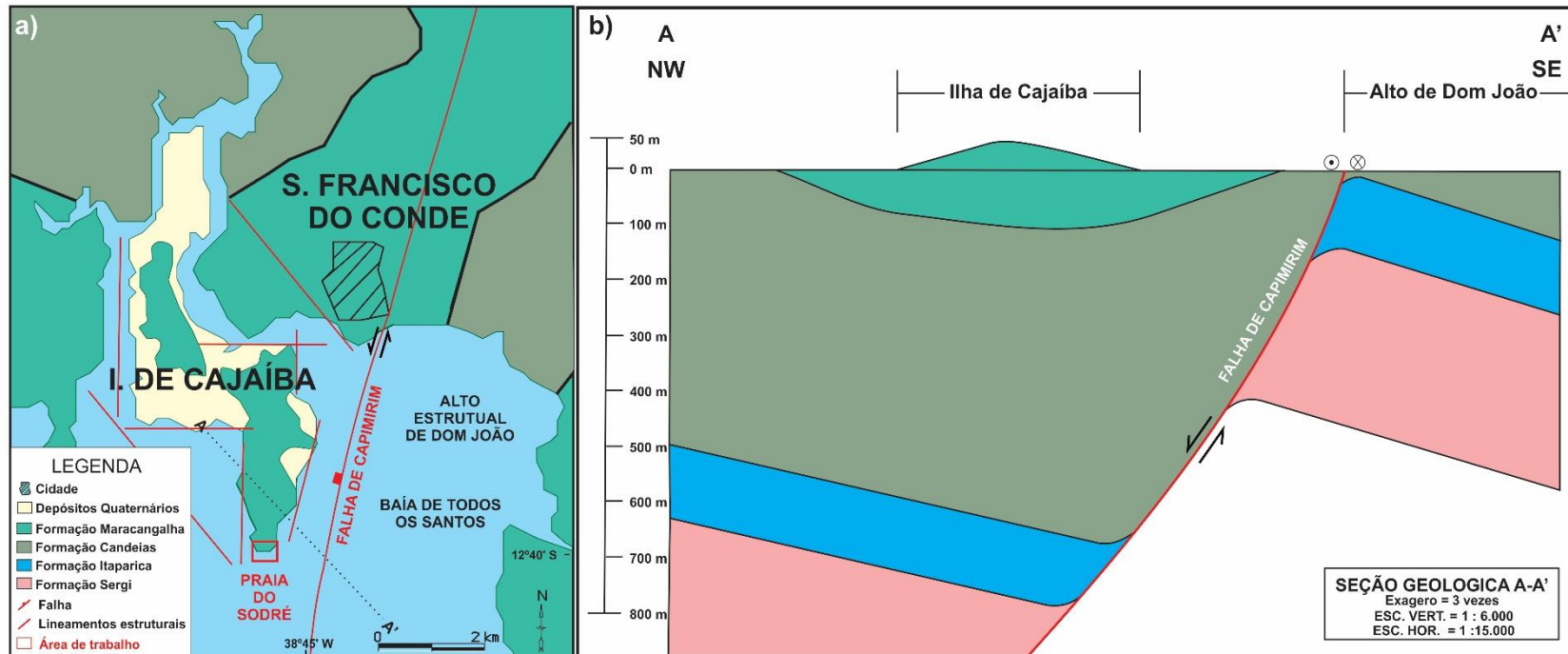


Figura 4 - (a) Mapa geológico da porção noroeste da Baía de Todos os Santos com destaque para a Ilha de Cajaíba, Falha de Capimirim e lineamentos estruturais em frente ao município de São Francisco do Conde, Estado da Bahia. (b) Seção geológica A-A' mostrando a orientação da Falha de Capimirim e o deslocamento das formações na área. Modificado da pasta do poço IC-1-BA, Campo Dom João Mar, Recôncavo Sul. 1963.

Juntamente com a descrição sedimentológica, foi feita a medida de atitudes de 482 estruturas em campo, seguindo a regra da mão direita (notação: direção/mergulho), com o intuito de analisar os sentidos dos fluxos de massa e o posicionamento do campo de paleotensão local. Para a representação destes dados foi utilizado o *software* Stereonet® (for Windows, v. 9.9.6, 2017).

A área de trabalho foi subdividida em sete compartimentos litoestruturais (IC1 a IC7) (Fig. 5) para melhor entendimento espacial do transporte de massa. Os compartimentos foram separados de acordo com as litofácies e orientação do acamamento ( $S_0$ ).

Imagens aéreas de alta resolução utilizando veículo aéreo não tripulado (VANT), foram obtidas a uma altimetria de aproximadamente 60 m, com câmera de 14 megapixels. Em conjunto a estas, utilizou imagens obtidas através do *software* Google Earth Pro® (v. 7.3.1.4507) para delinear os principais lineamentos estruturais na região.

Na área de trabalho, as camadas se apresentam basculadas, sendo necessário a restauração para sua posição original. A restauração estrutural para a posição original dos dados de acamamento, dobras, falhas, estrias e rampas foi feita utilizando o *software* Stereonet® (for Windows, v. 9.9.6, 2017), sendo utilizado como eixo de rotação a orientação média das camadas.

Uma análise com o propósito de deduzir a direção, e se possível, o sentido do transporte de massa através da utilização de métodos baseados em: acamamento ( $S_0$ ), dobras, falhas e rampas de deslizamento frontal, quando possível, foi aplicado. Para isto foram levados em consideração os dados em sua totalidade e separadamente dentro dos sete compartimentos (IC1 a IC7). Ao final, os resultados de cada método foram integrados.

O método do strike do acamamento (MSA) considerou que, apesar da variação da orientação do  $S_0$ , dentro de um fluxo de massa, o strike da camada posiciona-se perpendicular ao declive do talude e a direção do fluxo de sedimentos. O método do eixo das dobras (MED), admitiu que a orientação das charneiras das dobras cilíndricas se orientou de forma perpendicular ao declive do talude e o transporte de sedimentos. Já o método da orientação das falhas (MOF), admitiu que a direção de transporte de sedimentos é paralela à direção modal do mergulho da falha. E o método da orientação das rampas (MOR), calculou que o sentido do mergulho das rampas deve se posicionar de forma paralela ao sentido do fluxo de sedimentos.

Para a definição das principais direções de paleoesforços associados com a geração das estruturas deformacionais verificadas em campo foi aplicado o Método dos Diedros Retos (Angelier e Mechler, 1977). As orientações dos planos de falhas e estrias, com seus relativos sentidos de movimentos em suas posições originais, foram utilizadas para calcular os eixos de tensão principal ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ). Para alcançar este propósito foi utilizado o *software* Wintensor® (v. 5.8.7, 2017) desenvolvido por Delvaux (2011).

#### **4. DESCRIÇÃO FACIOLÓGICA DA FORMAÇÃO MARACANGALHA NA PRAIA DO SODRÉ**

As cinco litofácies deposicionais da Formação Maracangalha na Praia do Sodr  (Fig. 6), da base para o topo, incluem:

Fácies ARNmff-mac

Fácies composta por arenito muito fino a fino, pobre a moderadamente selecionado, de coloração cinza amarelada com estrutura maciça e laminação plano-paralela difusa (Fig. 7a) e fragmentos de arenito fino a médio (ARNfm-xc). O estrato apresenta mergulho máximo de 85° com média de 69°. Presença tanto de estruturas de deformação r ptil (falhas e rampas de deslizamento) como dúctil (dobras).

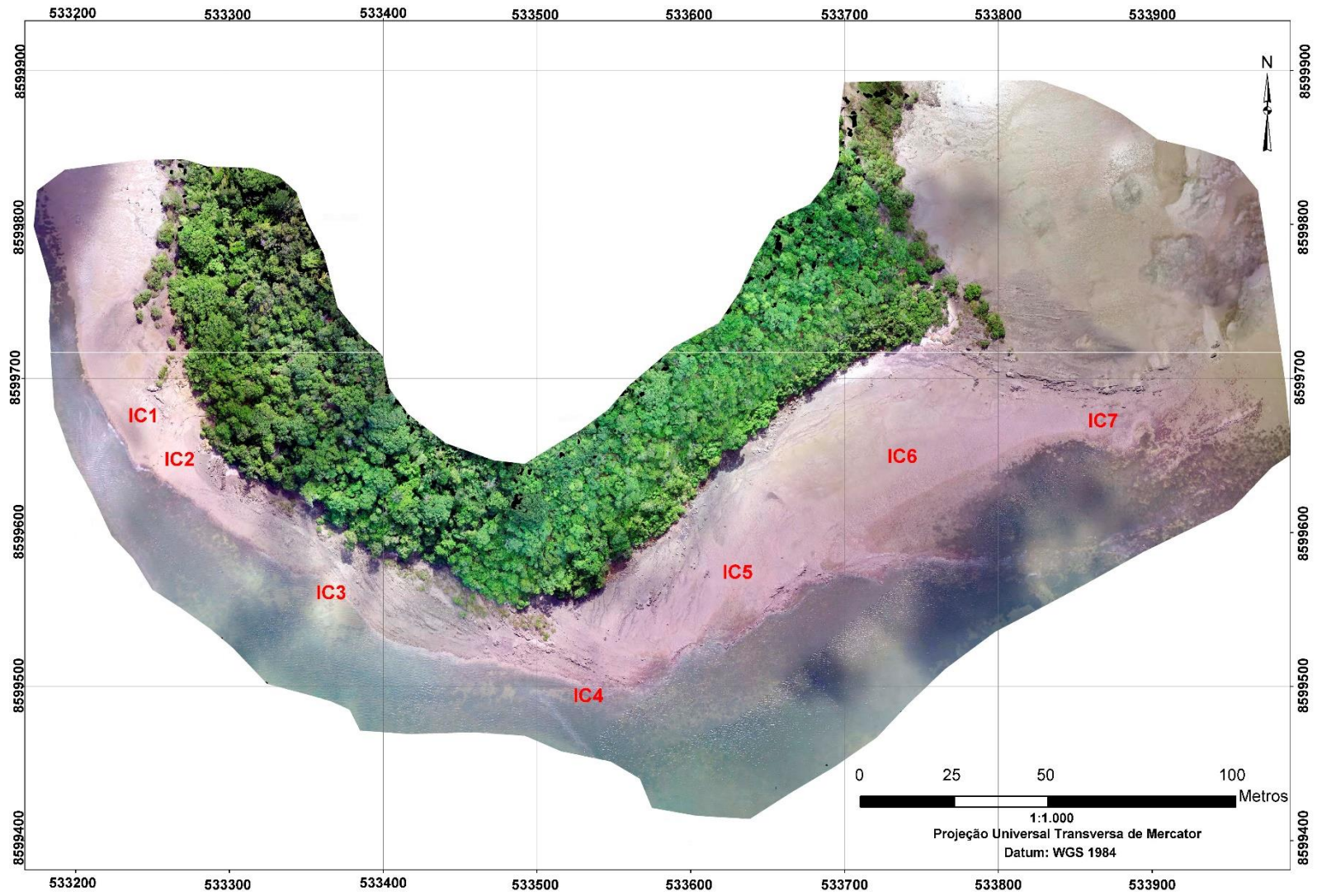


Figura 5 - Fotografia aérea da Praia do Sodré com a localização dos compartimentos de trabalho.

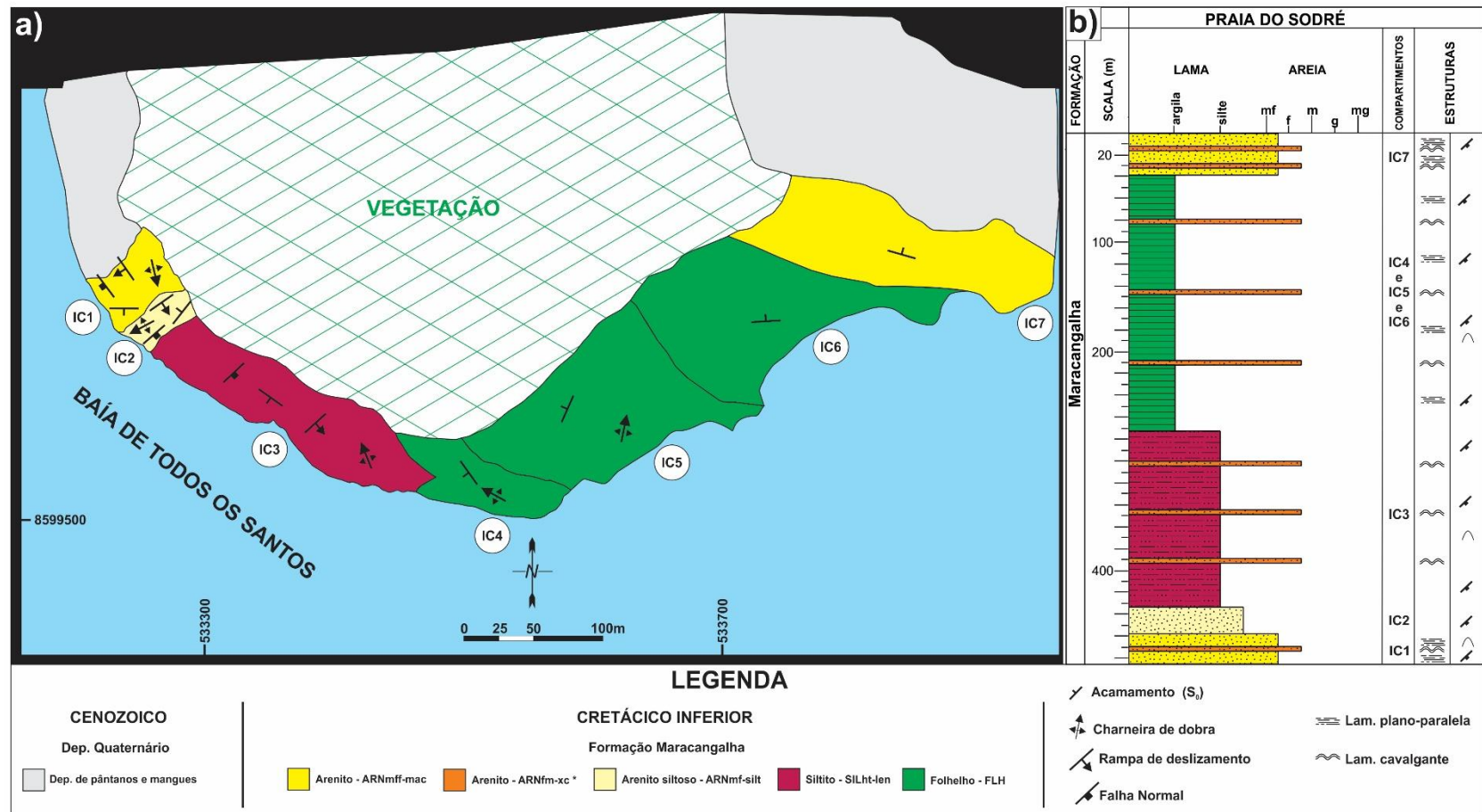


Figura 6 - Geologia da Praia do Sodré. (a) Mapa de litofácies. (b) Distribuição vertical das litofácies. \*A fácies ARNm-xc está representada apenas no perfil colunar, devido a distribuição espacial que ficou abaixo da escala de resolução do mapeamento realizado.

#### Fácies ARNfm-xc

Fácies constituída por arenito fino a médio, pobre a moderadamente selecionado, de coloração castanha avermelhada. Apresenta-se em forma de lentes com estruturas maciças ou com laminação cruzada cavalgante indicando sentido de paleocorrente para N140°, cortando as fácies: ARNmff-mac (arenito muito fino a fino), SILht-len (silito heterolítico lenticular) e FLH (folhelho). As lentes apresentam-se de forma delgada (10 a 15 cm) com topo e base abruptos.

#### Fácies ARNmff-silt

Fácies formada por arenito muito fino, siltoso, moderadamente selecionado, de coloração cinza amarelada, com estrutura maciça e estruturas de escape de fluidos difusa (Fig. 7b). O estrato exhibe inclinação mergulho máximo de 80° e média de 33°. Nesta fácies ocorre a presença de estruturas de deformação rúptil (falhas e rampas de deslizamento).

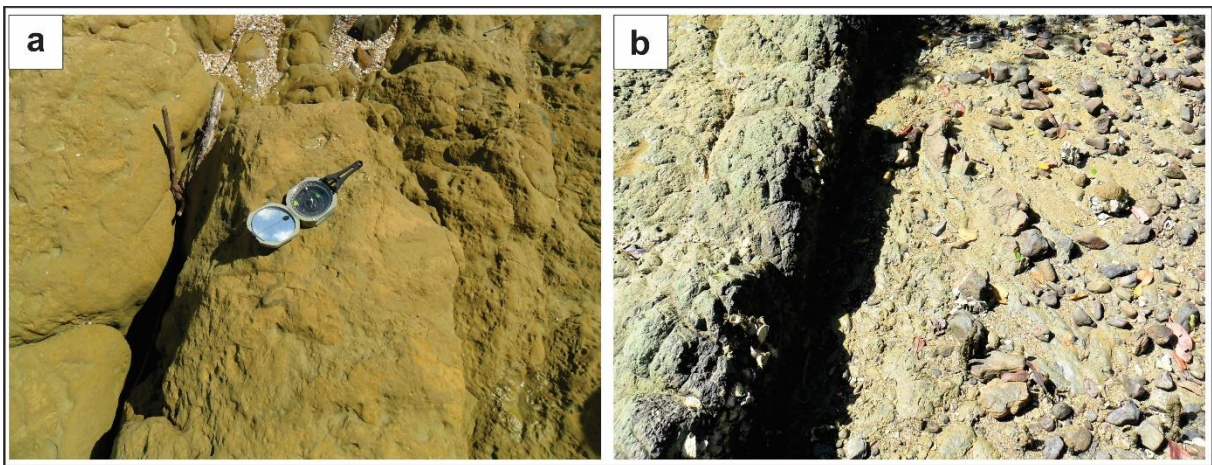


Figura 7 - Litofácies deposicionais da Formação Maracangalha na Praia do Sodrê (a) Fácies ARNmff-mac, formada por arenito muito fino no compartimento IC1. (b) Contato entre a fácies ARNmff-mac, compartimento IC1 e fácies ARNmff-silt, formada por arenito muito fino, siltoso no compartimento IC2.

#### Fácies SILht-len

Fácies constituída por silito heterolítico lenticular, marcado pela intercalação de silito de coloração cinza clara de estrutura maciça, com arenito fino a médio (ARNfm-xc) (Fig. 08a). O estrato apresenta mergulho máximo de 85° com média de 69°. Nesta fácies encontram-se tanto estruturas de deformação rúptil (falhas e rampas de deslizamento) quanto dúctil (dobras).

#### Fácies FLH

Fácies composta por folhelho, de coloração cinza escura e cinza clara, físsil (Fig. 08b). O estrato exhibe mergulho máximo de 82° com média de 46°. Estruturas de deformação rúptil (falhas) se encontram presentes nesta fácies, porém as estruturas de deformação dúctil são melhor observadas com o auxílio das lentes de arenitos.

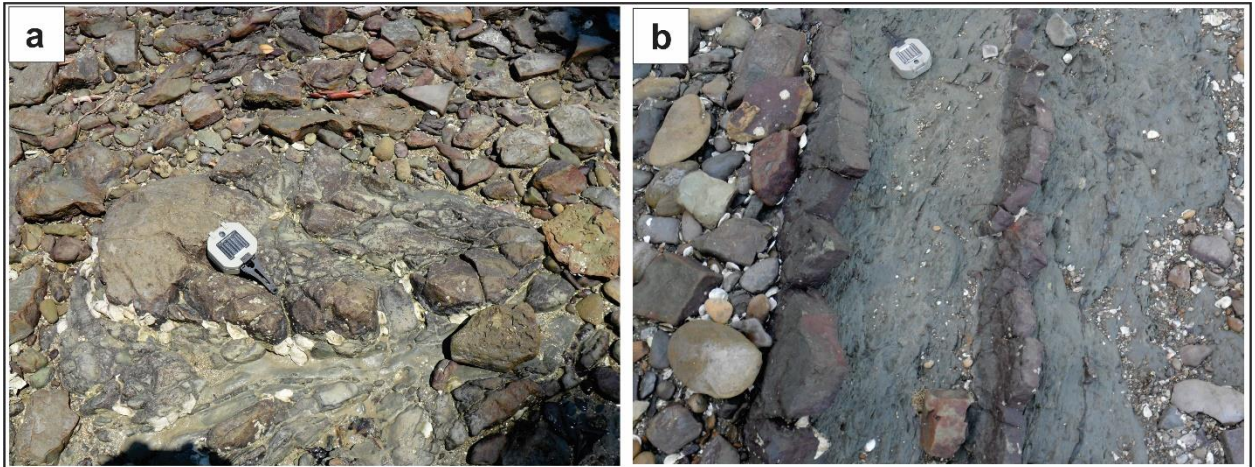


Figura 8 - Litofácies deposicionais da Formação Maracangalha na Praia do Sodr . (a) Fácies SILT, formada por siltito na IC3. (b) Fácies FLH, formada por folhelho e intercalada por lentes da fácies ARNfm-xc, no compartimento IC5.

## 5. ESTRUTURAS PRIMÁRIAS E DEFORMACIONAIS DA FORMA O MARACANGALHA NA PRAIA DO SODR 

### 5.1. Estrutura deposicional ( $S_0$ )

Na Praia do Sodr , o acamamento ( $S_0$ ) encontra-se basculado em todas os compartimentos, com ângulos que variam de  $15^\circ$  a  $85^\circ$  e em alguns compartimentos, dobrado (Fig. 9). A restaura o estrutural do acamamento mostrou que este, em sua posi o anterior, apresentava principal dire o de mergulho para leste, com vetor médio para  $N111^\circ$ , e hoje apresenta dire o de mergulho para oeste, com vetor médio para  $N288^\circ$  (Fig. 10).

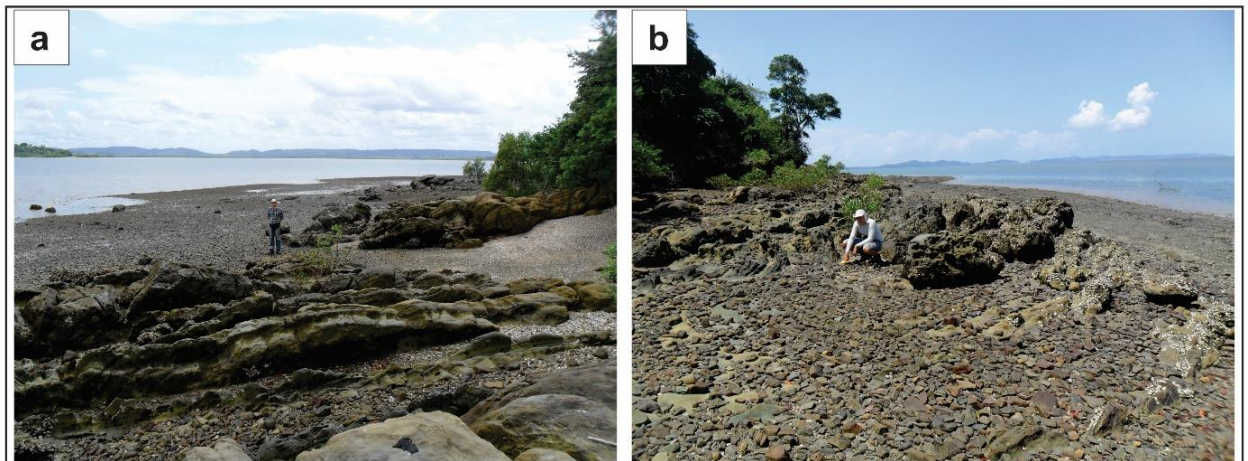


Figura 9 - (a) Acamamento ( $S_0$ ) basculado, fotografia em perfil, visada para NW, compartimento IC3. (b) Acamamento ( $S_0$ ) dobrado, fotografia em perfil, visada para SE, compartimento IC3.

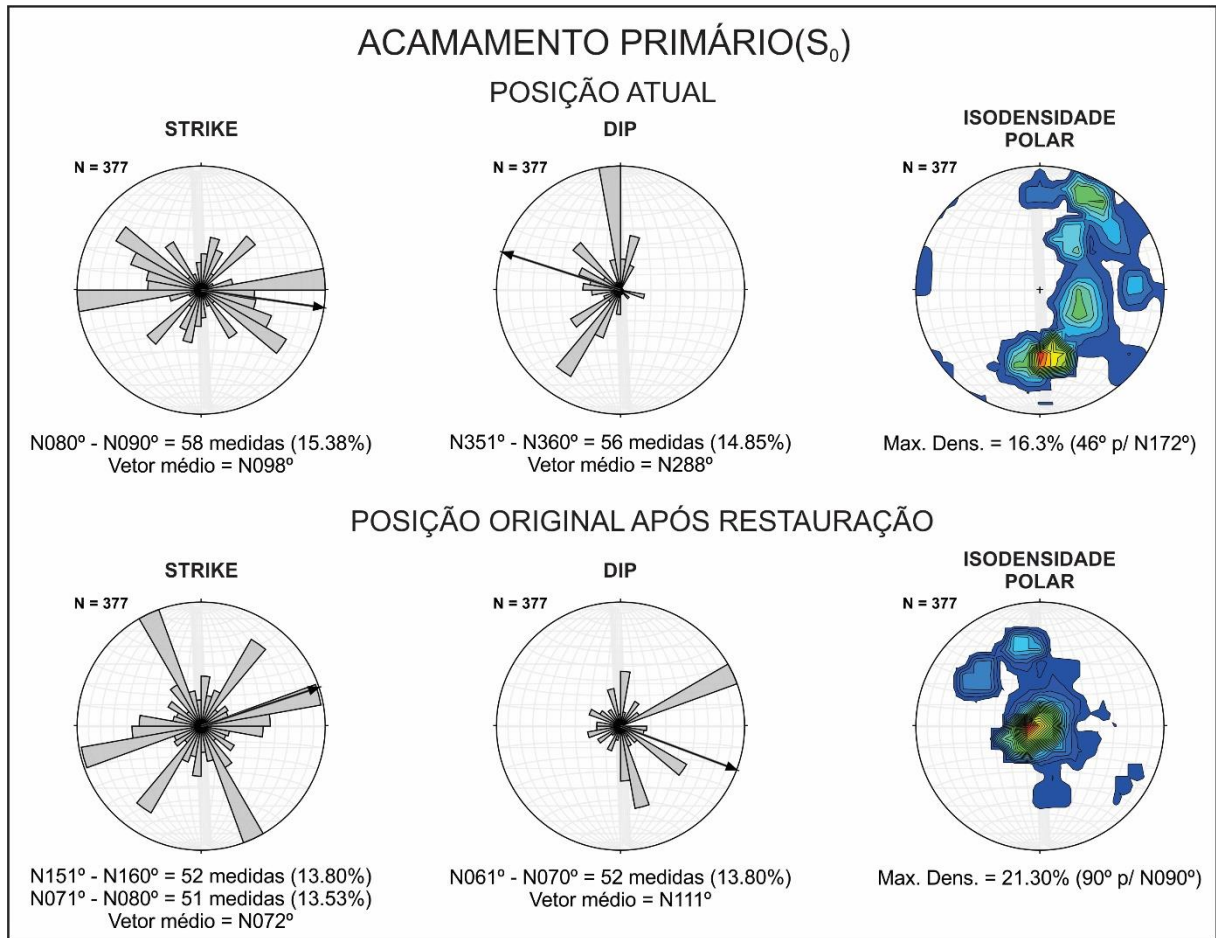


Figura 10 - Diagramas de rosetas de *strike*, *dip* e estereograma de isodensidade polar, no hemisfério inferior, rede estereográfica igual-área, das medidas de acamamento (S<sub>0</sub>) antes, na sua posição atual, e depois, restaurada para a sua posição original. As setas mostram o vetor médio.

## 5.2. Estruturas deformacionais

Dentro dos sete compartimentos litoestruturais (IC1 a IC7), foram identificadas estruturas que permitiram o entendimento do transporte de massa predominante e a identificação dos campos de paleotensão associados. Essa divisão relacionou a gênese e comportamento mecânico das estruturas, onde foi possível diferenciá-las em dois grupos: Grupo A – Estruturas dúcteis; Grupo B - Estruturas rúpteis.

### Grupo A - Estruturas dúcteis

Este grupo é representado por dobras que se apresentam espaçadamente distribuídas, são pouco frequentes e de dimensões centimétricas a métricas. As dobras cilíndricas (Fig. 11a) apresentam linhas de charneiras retas e inclinadas, do tipo fechadas, nos estilos antiforme, sinforme e neutra. Apenas um único exemplar da dobra com feição de interferência em laço (Fig. 11b) foi encontrado no compartimento IC3 com linha de charneira reta e inclinada, do tipo fechada. Todas estas de forma restrita às suas camadas.

### Grupo B - Estruturas rúpteis

Esse grupo está representado por falhas, rampas de deslizamentos e estrias. As falhas com dimensões centimétricas truncam o acamamento. Estas apresentam deslocamentos nos



planos horizontais (Fig. 11c) e verticais de movimento. As rampas (Fig. 11d), no geral, apresentam mergulho para sul, com baixos ângulos, parasitando o acamamento. As estrias de movimento são estruturas limitadas na área de trabalho, com visualização árdua, com sulcos milimétricos e levemente marcados. Todas as estruturas rúpteis se apresentam restritas às suas camadas.

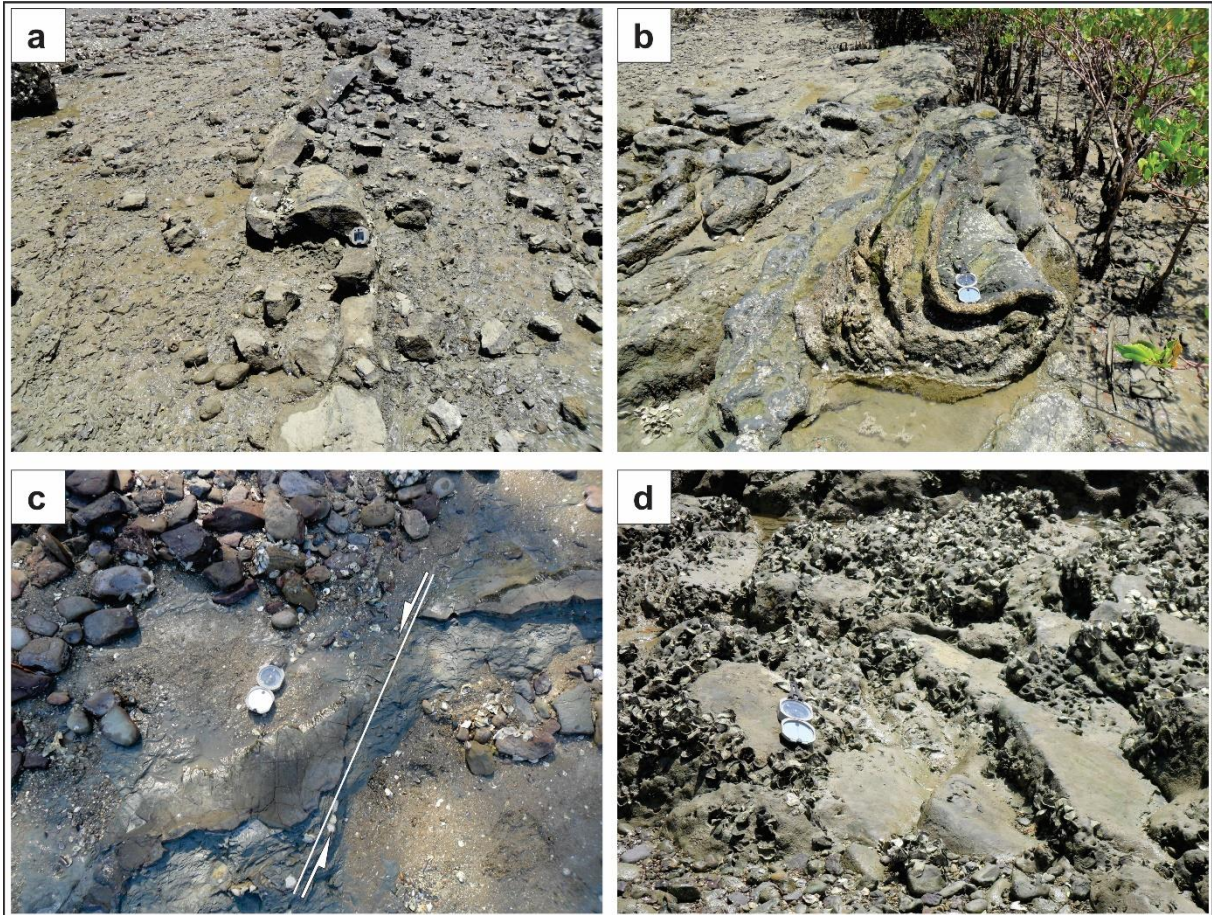


Figura 11 - (a) Lente de arenito ARNfm-xc dobrada, com charneira orientada em N305°/20°, fotografia em perfil, visada para NW, compartimento IC4. (b) Dobra com feição de interferência em laço com charneira orientada em N340°/20°, fotografia em perfil, visada para NW, compartimento IC3. (c) Falha de alto ângulo com cinemática aparente sinistral (N160°/85°), fotografia em planta, compartimento IC5. (d) Rampa de deslizamento frontal (N050°/20°), fotografia em planta, visada para NE, compartimento IC2.

## 6. ANÁLISE DA DIREÇÃO DOS FLUXOS GRAVITACIONAIS

Após a restauração dos dados, os quatro métodos empregados para a definição do sentido e/ou direção do transporte sedimentar utilizando as estruturas deposicionais (acamamento) e deformacionais (falhas, dobras e rampas de deslizamento frontal), são:

### Método do strike do acamamento (MSA)

No total foram registradas 377 medidas do acamamento ( $S_0$ ). A direção de *strike* preferencial apresenta-se para N071°-N080° e N151°-N160°, sinalizando duas direções de transporte possíveis N165°-N345° e N065°-N245° (Fig. 12). Analisando separadamente os

dados de cada compartimento verifica-se uma tendência de direção de fluxo NW-SE, exceto no IC4 onde este mostra uma orientação N035°-N215° e parcialmente no IC5 com N015°-N195°.

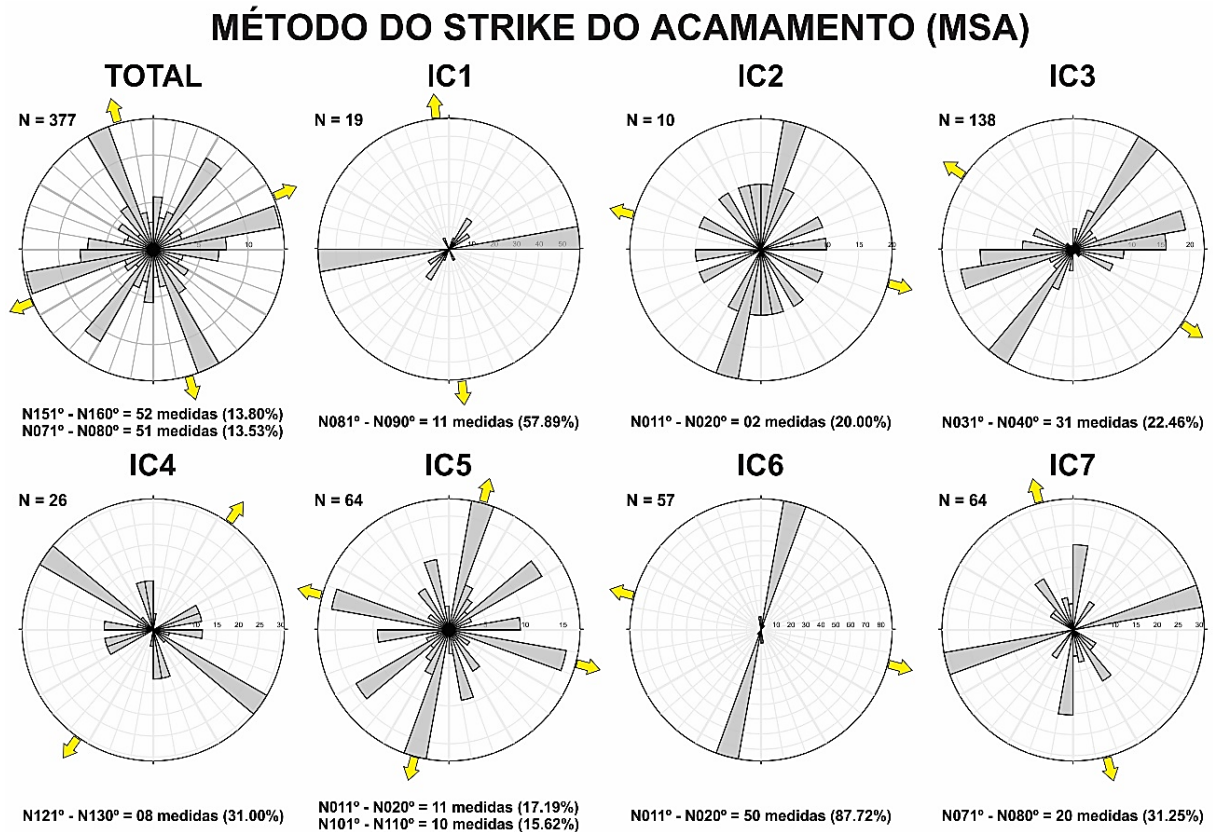


Figura 12 - Diagramas de rosetas de *strike*, no hemisfério inferior, rede estereográfica igual-área das medidas de acamamento ( $S_0$ ) total e em cada compartimento. Seta amarela mostra a direção de transporte prevista. N= Número de medidas.

### Método do eixo das dobras (MED)

No total, foram registradas 07 medidas de charneiras de dobras. No geral, as charneiras posicionam-se segundo N-S e E-W, apontando também duas possíveis direções de transportes: N005°-N185° e N080°-N260° (Fig. 13). Ao partir para análise individual, foi possível sua aplicação apenas nos compartimentos IC1, IC2, IC3 e IC4. Verifica-se que apenas a IC3 e IC4 mostram distinção com relação a estas direções, apontando uma direção NE-SW. A charneira de uma dobra do tipo laço encontrado na IC3 apresenta direção N340°, com possível direção de transporte N065°-N245°.

### Método da orientação das falhas (MOF)

Todas as 22 falhas utilizadas neste método foram registradas em campo como falhas com cinemática normal, porém ao posicioná-las para sua posição original, algumas falhas se mostraram com cinemática reversa. Analisando os dados em conjunto pode-se deduzir a direção de transporte com N116°- N296° (Fig. 14). Ao analisar as falhas em cada compartimento não se verifica grandes variações com relação a esta direção NW-SE.

### Método da orientação das rampas (MOR)

No total, foram registradas 40 medidas de rampas de deslizamento frontal. Estas estruturas sempre indicam sentidos voltados para sul. Verificando os dados em conjunto obtém-se sentido para N192° (Fig. 15). A análise em cada compartimento, indica sentido para: N164° na IC1, N105° na IC2 e N202° na IC3.

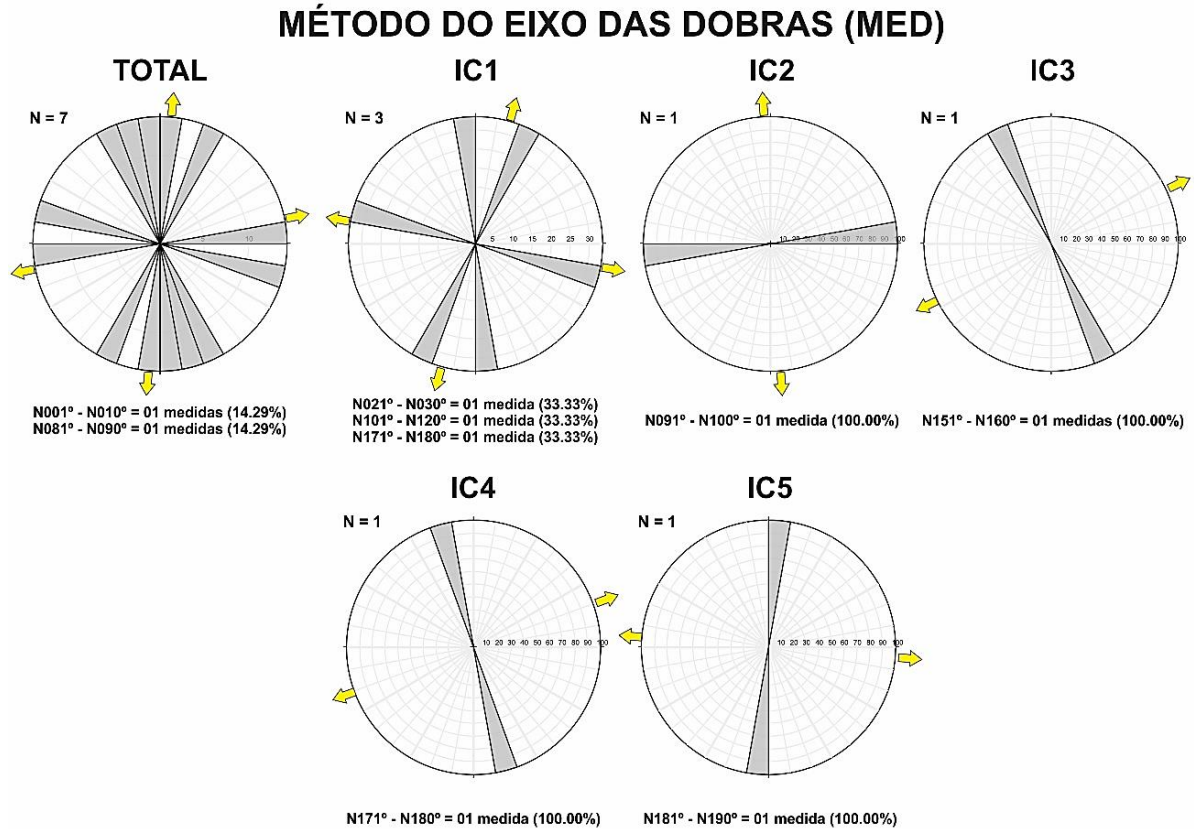


Figura 13 - Diagramas de rosetas de *strike*, no hemisfério inferior, rede estereográfica igual-área, das medidas de charneira de dobras total e em cada compartimento. Seta amarela mostra a direção de transporte prevista. N= Número de medidas.

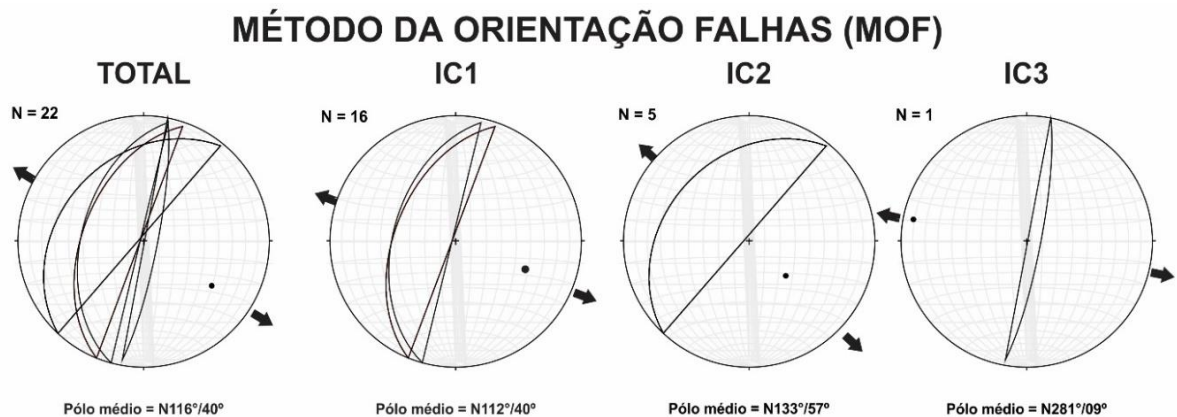


Figura 14 - Diagramas estereográficos de plano de falhas, no hemisfério inferior, igual-área, das medidas total e em cada compartimento. Setas mostram a direção de transporte prevista. N= Número de medidas.

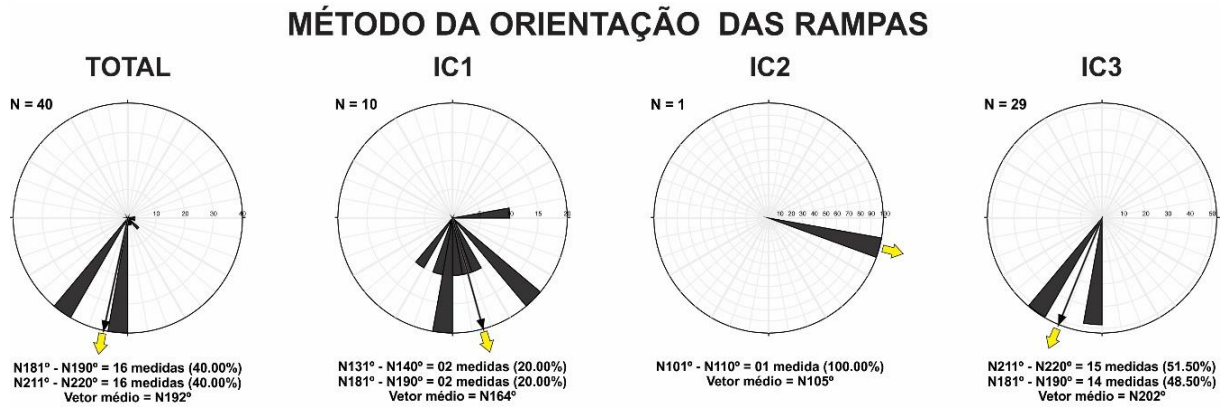


Figura 15 - Diagramas estereográficos da direção do mergulho das rampas, no hemisfério inferior, igual-área, das medidas total e em cada compartimento. Seta amarela mostra o sentido de transporte previsto para as rampas. N= Número de medidas.

### Compilação dos resultados obtidos com a aplicação dos métodos

A aplicação de quatro métodos utilizando as estruturas de acamamento, dobras, falhas e rampas encontradas em campo permitiu identificar o sentido do fluxo sedimentar na área de trabalho. Apesar de não ser possível a aplicação de todos os métodos em todas as compartimentos, devido à falta das estruturas, a análise foi feita de forma integrada e individual. Para a definição do sentido do fluxo foi levado em consideração o sentido proposto pelo Método da orientação das rampas (MOR), que aponta sentido preferencial para sul quando se trata desta formação.

A integração geral dos métodos propôs sentido para N198°, com um erro aproximado de  $\pm 50^\circ$  (Tab. 1), exibindo que o fluxo teve sentido preferencial para S, dentro de uma faixa entre N148° e N248°. A compilação dos dados, individualmente para cada compartimento, aponta um fluxo de massa para N141°, a exceção é a IC4, que apresentam sentido para N235°.

Tabela 1 - Resumo dos resultados dos métodos para definir o sentido dos fluxos gravitacionais na Formação Maracangalha, na Praia do Sodr . SP: Sentido preferencial.

	MSA	MED	MOF	MOR	SP
<b>TOTAL</b>	N065°-N245° N165°-N345°	N005°-N185° N080°-N260°	N116°-N296°	P/ N192°	<b>P/ N198°</b>
<b>ERRO</b>	$\pm 30^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 9^\circ$	$\pm 50^\circ$
<b>IC1</b>	N175°-N355°	N015°-N195° N100°-N280°	N112°-N292°	P/ N164°	<b>P/ N150°</b>
<b>ERRO</b>	$\pm 15^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 25^\circ$	$\pm 25^\circ$
<b>IC2</b>	N105°-N285°	N175°-N355°	N133°-N313°	P/ N105°	<b>P/ N129°</b>
<b>ERRO</b>	$\pm 35^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 35^\circ$
<b>IC3</b>	N125°-N305°	N065°-N245°	N101°-281°	P/ N202°	<b>P/ N166°</b>
<b>ERRO</b>	$\pm 6^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 3^\circ$	$\pm 10^\circ$
<b>IC4</b>	N035°-N215°	N075°-N255°	-	-	<b>P/ N235°</b>
<b>ERRO</b>	$\pm 20^\circ$	$\pm 1^\circ$	-	-	$\pm 20^\circ$
<b>IC5</b>	N105°-N285° N015°-N195°	N095°-N275°	-	-	<b>P/ N128°</b>
<b>ERRO</b>	$\pm 30^\circ$	$\pm 1^\circ$	-	-	$\pm 30^\circ$
<b>IC6</b>	N105°-N285°	-	-	-	<b>P/ N105°</b>
<b>ERRO</b>	$\pm 2^\circ$	-	-	-	$\pm 2^\circ$
<b>IC7</b>	N165°-N345°	-	-	-	<b>P/ N165°</b>
<b>ERRO</b>	$\pm 50^\circ$	-	-	-	$\pm 50^\circ$

## 7. ANÁLISE DE PALEOTENSÃO

Nos compartimentos estudados, a aplicação do método dos Diedros Retos permitiu a identificação de sete campos de tensão distintos (Fig. 16). A primeira família, obtida nos compartimentos IC1 e IC4, indicam regime de tensão transpressivo. A segunda família, obtida no compartimento IC2 sugere um regime de tensão extensivo oblíquo. E a terceira família, obtida nos compartimentos IC3, IC5, IC6 e IC7 evidenciam regimes de tensão transtensivo ortorrômbico.

### CAMPOS DE PALEOTENSÃO

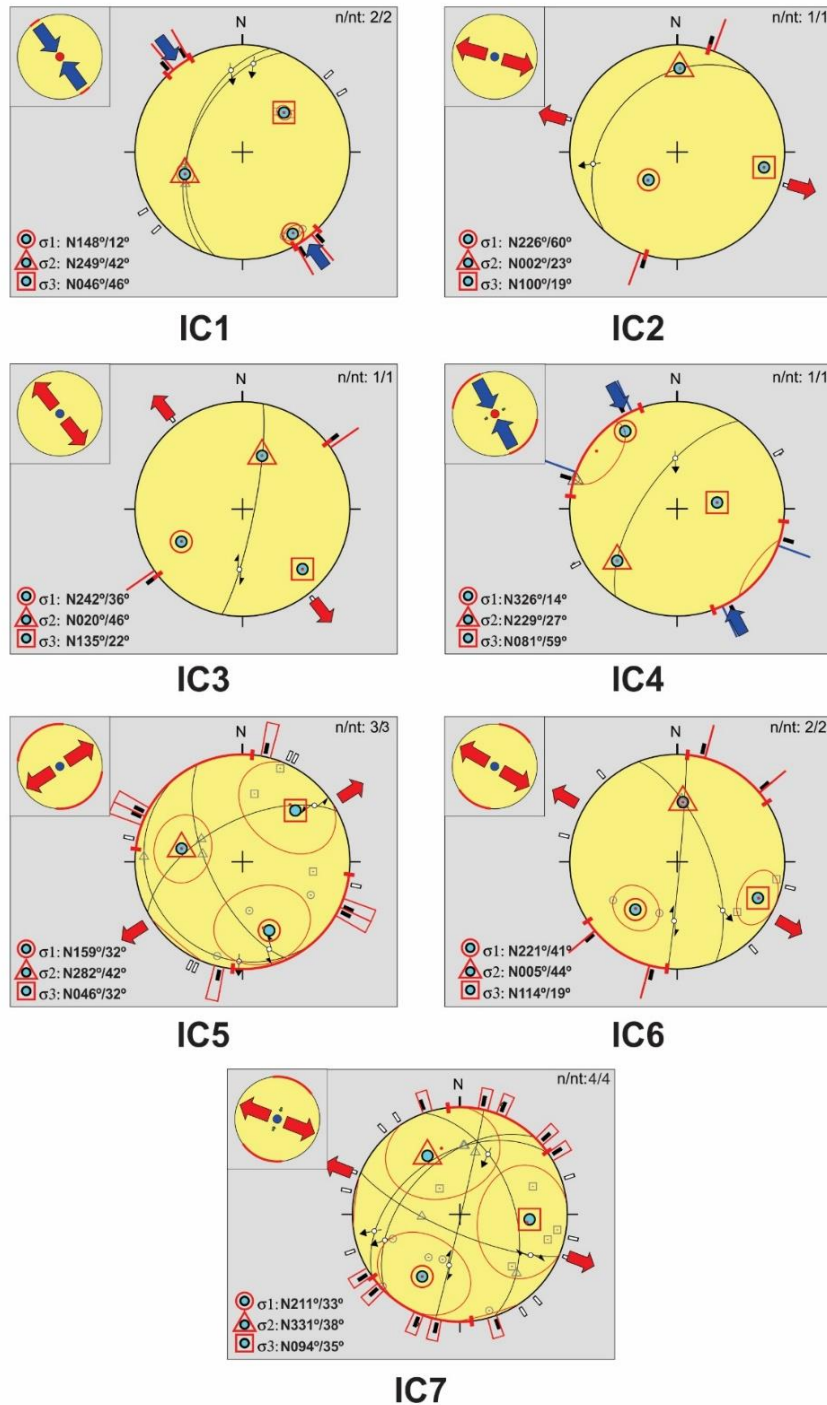


Figura 16 - Redes estereográficas igual-área, hemisfério inferior para os principais tensores obtidos na Praia do Sodrê.

## 8. DISCUSSÃO

A caracterização (descrição e classificação) faciológica da Formação Maracangalha na Praia do Sodré, definiu cinco litofácies (Fig.6). Guerra (2002) interpreta os arenitos da Fm Maracangalha (Mbs Caruaçu e Pitanga) como produtos de redeposição a partir de fluxos gravitacionais de um sistema deltaico. Segundo este autor, a litofácies ARN<sub>fm-xc</sub>, tem gênese relacionada com inundações fluviais invadindo o delta, enquanto a litofácies ARN<sub>mf-mac</sub>, representa a deformação resultante de escorregamento, devido a evolução do empilhamento e progradação do sistema deltaico ou, ainda, a partir de sismos (Raja Gabaglia, 1991). A evolução deste escorregamento resultaria em fluxos de detritos representado pela fácies ARN<sub>mf-silt</sub>. A fácies SIL<sub>ht-len</sub> registra a periodicidade entre processos de tração para o arenito e decantação para siltito. A fácies FLH representa os momentos de baixa energia com processos de decantação dos folhelhos.

A comparação dos dados antes e pós restauração para a posição original permite interpretar que o acamamento ( $S_0$ ) mergulhava para N111°, em direção ao depocentro do compartimento sul da BR, que também é perpendicular a falha de borda flexural de Maragogipe (N040°). Este sentido refere-se ao sentido do paleodelta descrito por Guerra (2002) e Guerra e Borgui (2003). Atualmente, o acamamento mergulha, no geral, de forma subvertical para N288° devido ao basculamento causado pela Falha de Capimirim (N195°) (Fig.4b).

Estudos anteriores já apontavam uma cinemática normal para a FC (Milani et al., 1988; Gabaglia, 1991; Aragão, 1993), porém nenhum destes levantou a hipótese de uma cinemática com deslocamento oblíquo. A análise do acamamento ( $S_0$ ) nos compartimentos IC4 a IC7 mostra que ocorreu uma rotação no sentido anti-horário, o qual seria compatível com uma cinemática sinistral desta estrutura (Fig. 5).

As estruturas utilizadas no entendimento do transporte de massa e identificação dos campos de paleotensão associados foram divididas em dois grupos, deposicionais e deformacionais: dúcteis (dobras) e rúpteis (falhas e rampas de deslizamento). As dobras foram interpretadas como estruturas sin-deposicionais por seguirem dois critérios propostos por Alsop e Marco (2017b): restrição a uma camada e estilo de dobramento em diferentes litofácies. Para a interpretação das estruturas rúpteis, seguiu-se os critérios de dimensão e restrição a uma camada para classificá-la como tardi-deposicional.

O reposicionamento das estruturas para sua posição original fez-se necessário, para que o cálculo do transporte de massa e dos campos de paleotensão fossem corretos. Algumas falhas que no campo se apresentam com cinemática normal passaram a apresentar uma cinemática reversa, sendo compatíveis com zonas compressionais do transporte.

Para a definição do sentido e/ou direção do transporte sedimentar muito se utiliza estruturas indicadoras de paleocorrentes. Na área de trabalho, a única estrutura indicadora de paleocorrente encontrada foi a laminação cruzada cavalgante (para N140°) e apesar da sua importância esta não é a única forma para a dedução da direção e/ou sentido do transporte sedimentar.

A complexidade da Formação Maracangalha, a quantidade limitada do conjunto de dados e a falta da exposição em perfil podem ser limitantes para a determinação do sentido do fluxo de massa na área de estudo. Porém, a combinação de diferentes métodos permite a dedução de uma direção e sentido de transporte.

A comparação dos dados (Tab. 1) mostrou que a aplicação dos métodos de forma individualizada, em cada compartimento, é mais adequada comparada a uma forma total. Pois dessa forma estaria agrupando dados de diferentes litofácies.

O sentido de fluxo preferencial obtido com os compartimentos IC1, IC2, IC3, IC5, IC6 e IC7 (Fig. 17) para N141° é concordante com a laminação cavalgante (para N140°) e com pesquisas anteriores realizadas na Formação Maracangalha na BR (Valadão (1991), Santos

(2011) e Ramos (2011) na Ilha de Itaparica; Amorim (2008) e Barbosa (2009) na Ilha de Maré; Moreira (2010) na Ilha dos Frades; e Scherer et al. (2007) de uma forma mais ampla na BR), estes concluíram um sentido preferencial para SSE a SSW. O sentido obtido no IC4, N235°, é sugestivo com um paleoambiente de delta axial ou de desvio do fluxo, inicialmente para SE, por controles da fisiografia do fundo do lago ou estrutural com canalização do pulso para SW.

O estudo dos campos de paleotensão sinalizou a existência de sete campos de tensão distintos observados nos diferentes compartimentos. Um regime de tensão transpressivo, extensivo oblíquo e transtensivo ortorrômbico. A orientação 3D dos tensores principais ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ) destes campos estão relacionados com estruturas do arcabouço da BR, com orientação NE-SW e NW-SE (Fig. 17).

Os campos de tensão dos compartimentos IC1, IC2, IC3, IC4, IC6 e IC7 apresentaram uma orientação NW-SE (Fig. 16), estes campos podem ser reflexo da segunda fase de distensão relacionado à propagação da abertura do Atlântico Sul defendido por Magnavita et al. (2005) e Corrêa-Gomes e Destro (2012). O campo de tensão do compartimento IC5 apresenta uma orientação NE-SW citada por Corrêa-Gomes e Destro (2012).

## 9. CONCLUSÃO

A Formação Maracangalha, na Praia do Sodré, é composta por cinco litofácies, cuja associação indica um paleoambiente relacionado a delta submetido a processos de ressedimentação por fluxos gravitacionais. Os métodos utilizando acamamento, dobras, falhas e rampas de deslizamento restaurados a sua posição original e pertencentes a esta unidade indicam um sentido principal de paleofluxo para SSE e outro para WSW. Estes dois sentidos podem estar relacionados a dois cenários: 1. Presença de dois deltas, um formado axialmente ao lago Recôncavo e outro posicionado em sua margem flexural ou 2. Controle fisiográfico ou estrutural no fundo do lago, particionando os fluxos, originalmente provenientes da margem flexural. A Falha de Capimirim foi responsável por bascular este ambiente, rotacionando o mergulho do acamamento ( $S_0$ ) de ESE para WNW na área de trabalho.

A análise dos campos de paleotensão apresentou três regimes de tensão: transpressivo, extensivo oblíquo e transtensivo ortorrômbico. Estes apresentam uma relação com estruturas do arcabouço da BR e com os campos de tensão regional, das fases alternadas de extensão e compressão com orientação NW-SE e NE-SW, formadores da Bacia do Recôncavo.

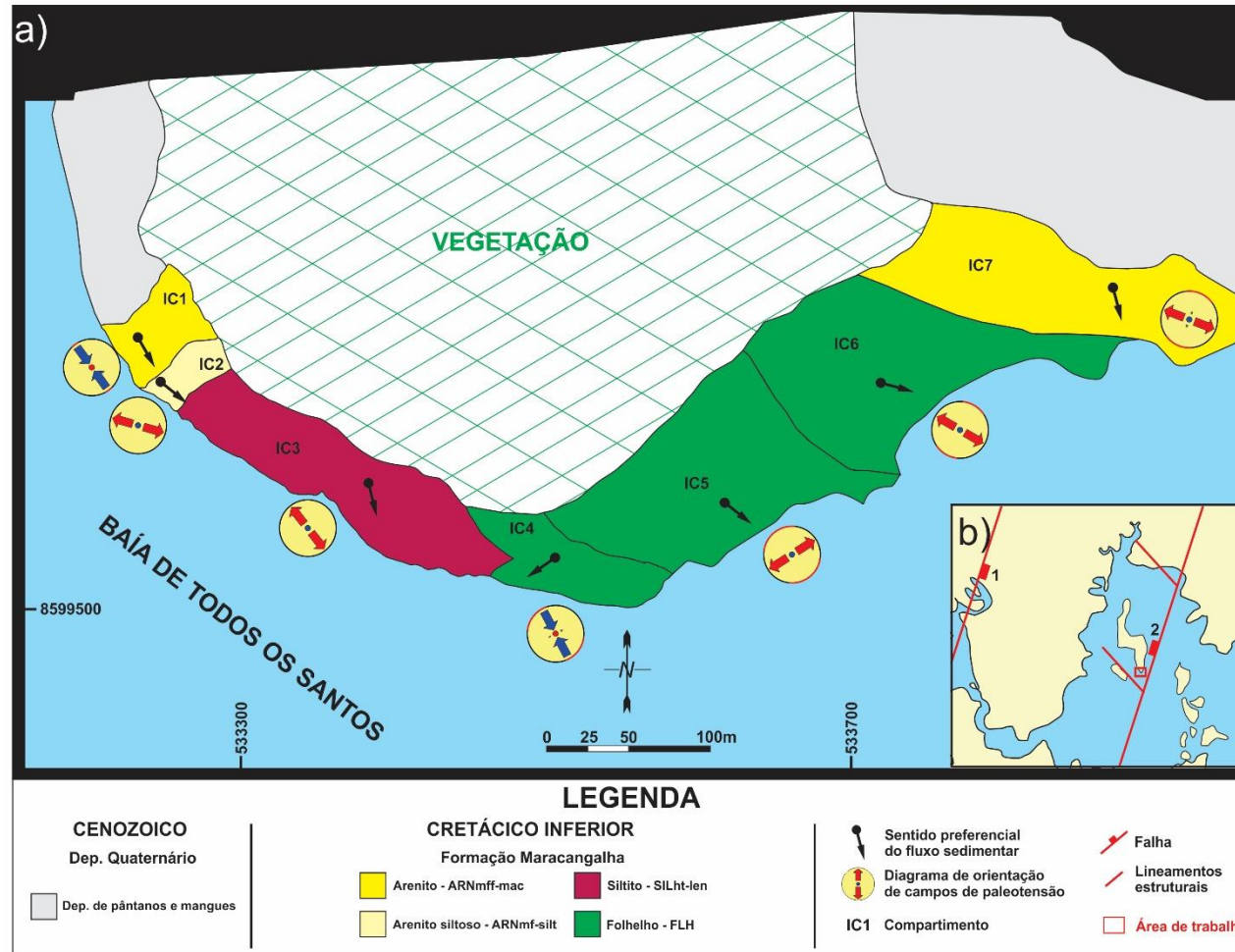


Figura 17 – a) Geologia da Praia do Sodré com sentido preferencial do fluxo sedimentar e orientação dos campos de paleotensão em cada compartimento. b) Arcabouço simplificado da porção sudoeste da Bacia do Recôncavo com as principais falhas estruturais da região: 1. Falha de Maragogipe e 2- Falha de Capimirim.



## AGRADECIMENTOS

Pesquisa realizada com apoio financeiro do Projeto Geodinâmica Evolutiva dos Riftes Recôncavo-Tucano-Jatobá e Araripe e Estrutura 3D Profunda dos Embasamentos Cristalinos Associados RIFT-BAHIA II. Parte I: da bacia do Recôncavo até a bacia de Tucano Central. (UFBA/ Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS).

## 10. REFERÊNCIAS

Alsop, G. I., R. Weinberger, S. Marco, and T. Levi. (2017b). Identifying soft-sediment deformation in rocks. *Journal of Structural Geology, In Press*, doi: 10.1016/j.jsg.2017.09.001.

Amorim, C.E.S. (2008). *Análise estrutural da Formação Maracangalha em Itamoabo, Ilha de Maré, Bahia*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Angelier, J., Mechler, P. (1977). Sur une méthode graphique de recherché des contraintes principales également utilisable en tectonique et en sismologie: la méthode des diédres droits. *Bulletin Societé Géologique, France*, v.7, n. 6, p. 1309-1318.

ANP (BDEP). *Pasta do poço IIC-001-BA*. Disponível em: Acesso em 07 de Novembro de 2016.

Aragão, M.A.N.F. (1993). Arquitetura da Bacia do Recôncavo. *III Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica*, Rio de Janeiro, p.142-145.

Barbosa, G. F. (2009). *Estruturas associadas a fluxos gravitacionais do tipo slump da Formação Maracangalha na Ilha de Maré, Bacia do Recôncavo, Bahia*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Caixeta, J.M., Bueno, G.V., Magnavita, L.P., Feijó, F.J. (1994). Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. *Boletim Geociências Petrobrás*, Rio de Janeiro, 8 (1): 163-172.

Corrêa-Gomes, L. C. e Destro, N. (2012). N. Tectônica das Bacias Paleozóicas e Mesozóicas. In: Barbosa, J. S. F (Org.). *Geologia da Bahia*. Salvador: Ed. LTDA, p. 255-324.

Debacker, T.N., Dumon, M., Matthys, A. (2009). Interpreting fold and fault geometries from within the lateral to oblique parts of slumps: *Journal of Structural Geology*, v. 31, p. 1525-1539, doi: 10 .1016 /j. jsg .2009 .09 .002.

Destro N. (2002). *Falhas de alívio e de transferência: o significado tectônico no rifte do Recôncavo-Tucano-Jatobá, NE Brasil*. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas.

Delvaux, D. (2011). Win-Tensor, an interactive computer program for fracture analysis and crustal stress reconstruction. EGU General Assembly, Vienna, 2011. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 13, EGU2011-4018.

- Dykstra, M., Garyfalou, K., Kertznus, V., Kneller, B., Milana, J., Molinaro, M., Szuman, M., Thompson, P. (2011). Mass-Transport Deposits: Combining Outcrop Studies and Seismic Forward Modeling to Understand Lithofacies Distributions, Deformation, and their Seismic Stratigraphic Expression. *Mass-Transport Deposits in Deepwater Settings*. 96. 293-310. 10.2110/sepmsp.096.293.
- Farrell, S.G. (1984). A dislocation model applied to slump structures, Ainsa Basin, South Central Pyrenees: *Journal of Structural Geology*, v. 6, p. 727-736, doi: 10.1016 /0191 -8141 (84)90012 -9.
- Guerra, G.S., (2002). *Fácies sedimentares dos membros Caruaçu e Pitanga da Formação Maracangalha (Cretáceo da bacia do Recôncavo)*. Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Graduação. 72p.
- Guerra, G.S., Borgui, L. (2003). *Fácies sedimentares gravitacionais e deformacionais da Formação Maracangalha em afloramento e sua importância na exploração da Bacia do Recôncavo*. 2º Congresso Brasileiro de P&D de Petróleo e Gás, Rio de Janeiro. Anais do II Congresso Brasileiro de P&D de Petróleo e Gás. Rio de Janeiro.
- Hahn, F. (1913). Untermeerische gleitung bei Trenton falls (Nord-America) und ihr Verhältnis zu ahnlinchen storungs blidern: *Geologie und Palaeontologie, Abhand lungen, Abteilung A: Mineralogie, Petrographie, Stuttgart, Verlagsbuchhandlung*, no. 36, p. 1-41.
- Jones, O.T., (1939), The geology of the Colwyn Bay district: A study of submarine slumping during the Salopian period: *Geological Society of London Quarterly Journal*, v. 95, p. 335-382, doi: 10 .1144 /GSL. JGS .1939 .065.01 -04 .14.
- Magnavita, L. P., Silva, R. S., Sanches, C. P. (2005). Roteiros geológicos, guia de campo da Bacia do Recôncavo, NE do Brasil. *Boletim de Geociências Petrobrás*,13, 301-334.
- Martinsen, O.J., and Bakken, B. (1990). Extensional and compressional zones in slumps and slides in the Namurian of County Clare, Ireland: *Geological Society of London Journal*, v. 147, p. 153-164, doi: 10 .1144 /gsjgs .147 .1.0153.
- Milani, E. J., Davidson, L. (1988). Basement control and transfer tectonics in the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift. Northeast Brazil. *Tectonophisics*. Amsterdam. 154:41-70.
- Milhomem, P. S., Maman, E. J., de Oliveira. F. M., Carvalho, M. S. S. (2003). Fundação Paleontológica Phoenix, Bacias sedimentares brasileiras. Bacia do Recôncavo. Acesso em 20 de setembro de 2017. [http://www.phoenix.org.br/phoenix51\\_Mar03.html](http://www.phoenix.org.br/phoenix51_Mar03.html)
- Moreira, F.S. (2010). *Estruturas associadas a fluxos gravitacionais da Formação Maracangalha na Ilha dos Frades, Bacia do Recôncavo, Bahia*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.
- Mutti, E.; Davoli, G.; Tinterri, R.; Zavala, C. (1996). The importance of ancient fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonically active basins. Padova. *Estratto da Memorie di Scienze Geologiche*, 48: 233-291p.

Raja Gabaglia, G.P. (1991). Paleossismicidade e sedimentação evidências no compartimento sul da Bacia do Recôncavo, Bahia. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 5(1/41:39-6B).

Ramos, L.N. (2011). *Estudo dos padrões de orientação de estruturas deformacionais rúpteis e de campos de tensão em afloramentos da Formação Maracangalha (Eocretáceo) em Bom Despacho, NNE da Ilha de Itaparica, Bahia Brasil*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Santos, N. L. (2011). *Estudo dos Sentidos de Fluxos Gravitacionais da Formação Maracangalha (Eocretáceo). Bom Despacho, NNE da Ilha de Itaparica, Bahia, Brasil*. Trabalho Final de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Scherer, C. M. S., Galves, A. C. M., Bolognon, A., Feijó, C., Campos, C., Wiederkehr, F., Da Poian, G., Ketzer, J. M., Batista, J., Küchle, J., De Ros, L. F., Castillo, L., Bállico, M. B., Botelho, M. A. B., Carlotto, M. A., Quinteiros, M. A., D'Abbadia, M. R., Holz, M., Lima, O. A. L., Alvarenga, R. S., Lykawka, R., Argolo R., Cruz, S. C. P. (2007). *Arquitetura Estratigráfica, Geometria e Heterogeneidade de Arenitos Reservatórios da Formação Maracangalha, Bacia do Recôncavo, Bahia*. 248p. Porto Alegre. (Relatório de Projeto de Pesquisa, UFRGS-UFBA, contratado pela Petrobras).

Sharman, G.R., Graham, S.A., Masalimova, L.U., Shumaker, L.E., and King, P.R., (2015), Spatial patterns of deformation and paleoslope estimation within the marginal and central portions of a basin-floor mass-transport deposit, Taranaki Basin, New Zealand: *Geosphere*, v. 11, p. 266-306, doi: 10.1130/GES01126.1.

Silva, O. B., Caixeta, J. M., Milhomem, P. S. Kosin M. D. (2007). Bacia do Recôncavo. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 423-431.

Stereonet. *Software Stereonet for Windows, Version 9.9.6 — 2017.08.11*. Disponível em: <<http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet.html>>. Acesso em 20 de setembro de 2017.

Valadão, J. (1991). *Dinâmica de sedimentação e controle estrutural em um sistema turbidítico longitudinal: Os turbiditos de Bom Despacho*. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Geologia. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Woodcock, N.H. (1979b). The use of slump structures as palaeo slope orientation estimators: *Sedimentology*, v. 26, p. 83-99, doi: 10.1111/j.1365-3091.

## CAPÍTULO III

### CONCLUSÕES

---

Diante do que foi exposto nos capítulos anteriores, chegou-se às seguintes conclusões:

- a. Com base nas observações feitas em campo, foram definidas cinco litofácies deposicionais para a Formação Maracangalha na área de trabalho, da base para o topo: arenito muito fino a fino (ARNmff-mac), arenito fino a médio (ARNfm-xc), arenito muito fino siltoso (ARNmf-silt), siltito heterolítico lenticular (SILht-len), folhelho (FLH).
- b. A Falha de Capimirim foi responsável pelo basculamento de todas as estruturas sin e tardi-deposicionais na área de estudo.
- c. Foram identificados dois grupos de estruturas: deposicionais (acamamento) e deformacionais (dúcteis e rúpteis). As dúcteis representada pelas dobras e as rúpteis representadas pelas falhas, rampas de deslizamentos e estrias.
- d. A aplicação dos quatro métodos para definição do sentido do fluxo de massa, utilizando acamamento, dobras, falhas e rampas, indicou sentido de fluxo para SE com média para N141° e secundariamente para N235°. Este sentido de fluxo para WSW é sugestivo com um paleoambiente de dois deltas, um formado axialmente ao lago Recôncavo e outro posicionado em sua margem flexural ou resultado do controle fisiográfico ou estrutural no fundo do lago, particionando os fluxos, originalmente provenientes da margem flexural.
- e. O estudo dos campos de paleotensão sinalizou a existência de sete campos de tensão distintos observados nos diferentes compartimentos, com três regime de tensão transpressivo, o extensivo oblíquo e o transtensivo ortorrômnicos associados com estruturas do arcabouço da BR e com os campos de tensão regional, das fases alternadas de extensão e compressão com orientação NE-SW e NW-SE, formadores da BR.

## **APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS COAUTORES**

---

O Prof. Dr. Luiz César Corrêa-Gomes participa como um dos coautores, sendo orientador do discente. O pesquisador é coordenador do projeto Rift Bahia II, principal responsável pelos recursos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa. Além disso, a experiência deste na área de Geociências, com ênfase em Geologia Estrutural e Tectônica, atuando principalmente nos seguintes temas: Geologia da Bahia e Dinâmica evolutiva de Bacias Sedimentares contribuiu significativamente para a finalização desta pesquisa.

O Prof. Dr. Carlson de Matos Maia Leite, participa como um dos coautores, sendo co-orientador do discente. O Prof. Dr. Carlson Leite possui especializações na área de sedimentologia e estratigrafia. A experiência do pesquisador, especialmente no que tange os aspectos voltados para a caracterização petrológica dos arenitos turbidíticos e os fluxos gravitacionais de massa, contribuiu significativamente para a definição do tipo de fluxo que o discente encontrou na área de trabalho.

O técnico em geologia, Leonel Barros Galvão participa como um dos coautores, sendo integrante do projeto Rift Bahia II e contribuinte direto nas etapas de campo e tratamento dos dados.

# ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOLOGIA USP. SÉRIE CIENTÍFICA.

---

Forma e preparação dos manuscritos

Apresentação do Artigo

1. **Página de rosto** - deverá conter três títulos: em português, em inglês e um título curto no idioma principal do manuscrito com no máximo 50 caracteres, contando os espaços; nome completo e instituição de origem dos autores; endereço completo do autor principal (logradouro, CEP, cidade, estado, país, caixa postal e telefone para contato), e-mail de todos os autores; número de palavras; total de figuras e de tabelas.
2. **Resumo e Abstract** - em um único parágrafo, devem ser concisos, com no máximo 270 palavras. Textos mais longos devem vir acompanhados de justificativa circunstanciada.
3. **Palavras-chave e keywords** - máximo de seis, separadas por ponto e vírgula, com a primeira letra em maiúscula. Ex.: Bacia do Araripe; Quaternário; Fácies; Depósitos magmáticos. Os descritores em inglês devem acompanhar os termos em português.
4. **Texto principal** - poderá ser redigido em português ou inglês. Elaborar em Word, fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. O tamanho máximo aceito para publicação é de 25 páginas, incluindo texto, resumo, abstract, tabelas, figuras e referências bibliográficas. Trabalhos mais longos podem ser aceitos desde que argumentos científicos que os justifiquem sejam apresentados e aceitos.
  - a) Na fase de submissão, inserir numeração de páginas, bem como as figuras, tabelas e legendas.
  - b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras e tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras e tabelas.
5. **Títulos e subtítulos** - utilizar a formatação abaixo:
  - NÍVEL 1 - NEGRITO, CAIXA ALTA.**
  - Nível 2 - Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.**
  - Nível 3 - Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).
  - Nível 4 - Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).
6. **Tabelas e quadros** - considerar quadro como tabela. Elaborar em Word, no modo “tabela”, com formato aberto, fonte Arial, tamanho 8. Obedecer às medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Tabelas muito extensas deverão ser divididas.
  - a) Na fase de submissão, inserir as tabelas no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.

- b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das tabelas.
- c) Legendas: fonte Times New Roman, tamanho 12. (sem itálico)
7. **Ilustrações** - mapas, fotos, figuras, gráficos, pranchas, fotomicrografias etc., considerar como figuras. Utilizar fonte Arial, tamanho 9. Obedecer às medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Deverão estar em formato JPEG, TIFF ou EPS, com resolução mínima de 300 dpi.
- a) Na fase de submissão, inserir as figuras no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.
- b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras.
- c) Legendas: fonte Times New Roman, tamanho 12. (sem itálico)
8. **Citações no texto** - exemplos de citação direta / citação indireta:
- a) **Um autor**  
Santos (1980) / (Santos, 1980)
- b) **Dois autores**  
Norton e Long (1995) / (Norton e Long, 1980)
- c) **Mais de dois autores**  
Moorbath et al. (1992) / (Moorbath et al., 1992)
- d) **Congressos, conferências, seminários etc.**  
No Congresso Brasileiro de Geologia (1984) / (Congresso Brasileiro de Geologia, 1984)
- e) **Vários trabalhos de diferentes autores**  
Smith (1985), Rose e Turner (1986) e Johnson et al. (1990) / (Smith, 1985; Rose e Turner, 1986; Johnson et al., 1990)
- f) **Citação de vários trabalhos de um mesmo autor**  
Smith (1979a, 1979b, 1981) / (Smith, 1979a, 1979b, 1981)
9. **Referências** - listar no final do texto, em ordem alfabética de autores e, dentro dessa sequência, em ordem cronológica. A exatidão das referências bibliográficas é de inteira responsabilidade dos autores.
- Exemplos de referências:
- a) **Livro com um autor**  
Middlemost, E. A. K. (1997). Magmas, rocks and planetary development: A Survey of Magma/Igneous Rock Systems. Harlow: Longman.
- b) **Livro com dois autores**  
Anderson, M. P., Woessner, W. W. (1992). Applied groundwater modeling. Simulation of low and advective transport. San Diego: Academic Press.
- c) **Livro com três ou mais autores**  
Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. L. V., Craig, L. E., Smith, A., Smith, D. (1989). A geologic time scale (2a ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- d) **Capítulo de livro**  
Almeida, F. F. M., Amaral, G., Cordani, U. G., Kawashita, K. (1973). The Precambrian Evolution of the South American cratonic margin south of Amazonas River. In: A. E.

Nairn, F. G. Stille (Eds.), *The ocean basin and margins* (v. 1, 411-446). New York: Plenum.

(Exemplo de Publicação seriada)

L. Harris, N., Pearce, J., Tindle, A. (1986). *Geochemical collision-zone magmatism*. In: Coward M. P., Ries A. C. (ed.) *Collision tectonics*. London: Geological Society. 67-81. (Geological Society Special Publication, 19).

**e) Artigo de periódico**

Caffe, P. J., Soler, M. M., Coira, B. L., Cordani, U. G., Onoe, A. T. (2008). *The granada ignimbrite: a compound pyroclastic unit and its relationship with upper miocene caldera volcanism in the northern Puna*. *Journal of South American Earth Science*, 25(4), 464-484.

**f) Trabalho apresentado em evento**

Danni, J. C. M., Ribeiro, C. C. (1978). *Caracterização estratigráfica da sequência vulcanosedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás*. XXX Congresso Brasileiro de Geologia, v. 2, 582-596. Recife: SBG.

**g) Mapa**

Inda, H. A. W., Barbosa, J. F. (1978). *Mapa Geológico do Estado da Bahia*. Escala 1:1.000.000.

Salvador: Secretaria de Minas e Energia do Estado da Bahia/CBPM.

**h) Teses e dissertações**

Petta, A. R. (1995). *Estudo geoquímico e relações petrogenéticas do batólito múltiplo composto São Vicente/Caicó (RN-Brasil)*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP.

**i) Documentos em meio eletrônico**

Livro

Sharkov, E. (2012). *Tectonics: Recent Advances*. Croatia: InTech, <<http://www.intechopen.com/books/tectonics-recent-advances>>.

Artigo de periódico

Soares, E. A., Tatum, S. H. (2010). *OSL age determinations of pleistocene fluvial deposits in Central Amazonia*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(3), 691-699. Acesso em 14 de fevereiro de 2011, <<http://www.scielo.br/pdf/aabc/v82n3/17.pdf>>.

Trabalho apresentado em evento

Souza-Lima, W., Farias, R. M. (2007). *A flora quaternária dos travertinos de Itabaiana, Sergipe*. PALEO 2007 (p. 7). Itabaiana: SBP. Acesso em 18 de dezembro de 2008, <[http://www.phoenix.org.br/Paleo2007\\_Boletim.pdf](http://www.phoenix.org.br/Paleo2007_Boletim.pdf)>.

**j) Com numeração DOI**

Livro

Zavattini, J. A. (2009). *As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática*. DOI: 10.7476/9788579830020.

Artigo de periódico

Evandro L. Kleina, E. L., Rodrigues, J. B., Lopesa, E. C. S., Gilvana L. Soledade, G. L. (2012). *Diversity of Rhyacian granitoids in the basement of the Neoproterozoic-Early Cambrian Gurupi Belt, northern Brazil: Geochemistry, U-Pb zircon geochronology, and Nd isotope constraints on the Paleoproterozoic magmatic and crustal evolution*. *Precambrian Research*, 220-221, 192-216, DOI: 10.1016/j.precamres.2012.08.007.