



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**MELISSA MEIRELLES PEREIRA**

**RECONSTRUÇÃO DAS MARGENS CONJUGADAS BRASIL- ÁFRICA  
(SEGMENTO CAMPOS-CUANZA) PARA O INTERVALO DE 130 - 111 Ma - A  
PARTIR DE DADOS GEOLÓGICOS E DE MAGNETOMETRIA**

**RIO DE JANEIRO**  
**SETEMBRO DE 2016**



**MELISSA MEIRELLES PEREIRA**

**RECONSTRUÇÃO DAS MARGENS CONJUGADAS BRASIL- ÁFRICA  
(SEGMENTO CAMPOS-CUANZA) PARA O INTERVALO DE 130 - 111 Ma - A  
PARTIR DE DADOS GEOLÓGICOS E DE MAGNETOMETRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientadora: RENATA DA SILVA SCHMITT**  
**Coorientador: NATASHA SANTOS GOMES STANTON**

**RIO DE JANEIRO**  
**SETEMBRO DE 2016**

Pereira, Melissa Meirelles

RECONSTRUÇÃO DAS MARGENS CONJUGADAS  
BRASIL- ÁFRICA (SEGMENTO CAMPOS-CUANZA) PARA O  
INTERVALO DE 130 - 111 Ma - A PARTIR DE DADOS  
GEOLÓGICOS E DE MAGNETOMETRIA / Melissa Meirelles  
Pereira.

Rio de Janeiro, 2016.

91 f.

Orientadora: Renata da Silva Schmitt. Coorientadora:  
Natasha Santos Gomes Stanton. Trabalho de conclusão de curso  
(graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de  
Geociências, Bacharel em Geologia, 2016.

1. margens conjugadas. 2. reconstrução. 3. geologia. 4.  
geofísica. I. Schmitt, Renata da Silva, orient. II. Stanton, Natasha  
Santos Gomes , coorient. III. Título.

**MELISSA MEIRELLES PEREIRA**

**RECONSTRUÇÃO DAS MARGENS CONJUGADAS BRASIL- ÁFRICA  
(SEGMENTO CAMPOS-CUANZA) PARA O INTERVALO DE 130 - 111 Ma - A  
PARTIR DE DADOS GEOLÓGICOS E DE MAGNETOMETRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Aprovada em: 20 de setembro de 2016**

**Por:**

---

**Orientadora: Renata Schmitt (UFRJ)**

---

**Marco Antônio Braga (UFRJ)**

---

**Marco Antônio Thoaldo Romeiro (Petrobrás)**

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por toda força que me deu para conseguir chegar até aqui. Obrigada, Senhor, por todo amor e cuidado com a minha vida.

Agradeço também aos meus pais, e ao meu tio (do coração) Alfredo, por todo amor e incentivo que me deram e têm me dado ao longo dessa jornada.

Aos meus amigos, Paulinha, Flavinho, Mariana e Eddie, por todo apoio, ajuda, abraços e compreensão. E em especial a minha amiga Patricia (joaninha) que muito me apoiou até mesmo na madrugada, lendo e relendo meu trabalho, e sempre me incentivando. Vocês são pessoas muito especiais na minha vida, e me ajudaram muito (ainda ajudam), obrigada por tudo!

Ao pessoal do Gondwana, Rafael, Pâmela, Raisa, Gabriel, Macarena, André, por terem me ajudado de alguma forma neste trabalho. Ao Fernando, por muito ter me socorrido com seu apoio técnico, principalmente nas etapas finais. Um agradecimento especial a Evânia, uma pessoa maravilhosa que entrou em minha vida. Muito obrigada, Evaninha, por todo incentivo, apoio emocional e técnico, com certeza você é parte dessa conquista.

Ao Projeto Revisão do Mapa Geológico Gondwana (Convênio CENPES/Departamento de Geologia UFRJ - 13850), por todo aprendizado que me deu desde que entrei e pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

A minha querida orientadora Dra. Renata, por toda compreensão, apoio, aprendizado e tempo dedicado.

A minha coorientadora Dra. Natasha, por todo seu tempo e instrução desde o começo deste trabalho.

A Dra. Gleide, por ter me emprestado seu computador para concluir esta monografia. Muito Obrigada, Gleide, sua ajuda foi fundamental.

Por último, obrigada Shiv! Obrigada por todo seu amor e suporte, mesmo estando tão longe. *(Lastly, but no less important, thank you Shiv! Thanks for all your love and support, despite being so far away).*

## Resumo

As margens continentais sudeste brasileira e oeste africana são margens passivas, originadas a partir da quebra do megacontinente Gondwana. Para a investigação da evolução destas margens, foram realizados estudos em âmbito regional, entre as latitudes 20°-29°S (lado brasileiro) e 8°-21°S (lado africano), e local no segmento Campos-Cuanza. O objetivo é caracterizar a evolução deste segmento, na porção continental *onshore*, na margem e na crosta oceânica, para o intervalo de 130-111 Ma. Foram utilizados dados geológicos e geofísicos (batimétricos e magnetométricos) para gerar os mapas. Estes que foram analisados individualmente e em seguida utilizados para a reconstrução das margens através do *software GPlates* para enfim, serem correlacionados. Três intervalos de tempo principais, caracterizados por mudanças regionais na cinemática de placas, foram interpretados para as margens conjugadas Campos-Cuanza. São eles: 1) entre 130-120 Ma, quando a direção de extensão era NW-SE e a velocidade das placas era mais rápida, correlacionando com a geração de magmatismo ao sul das bacias de Santos e da Namíbia, e na bacia de Campos; 2) entre 119-116 Ma, quando a direção muda para WNW-ESE e a velocidade das placas diminui, e não há evidência de magmatismo desta idade para este segmento; 3) em 111 Ma, quando ocorre o *breakup*, o que corresponde a um aumento na velocidade das placas, associado ao magmatismo de geração de assoalho oceânico. A relação entre a velocidade de expansão e o magmatismo é teoricamente direta, pois quanto maior a extensão litosférica, maior será a descompressão adiabática do manto e, como consequência, maior fusão parcial gerando magma, para um manto astenosférico normal. Além disso, ao norte da Bacia de Campos, observam-se anomalias magnéticas correspondentes, que são possivelmente contemporâneas com as da Bacia de Cuanza, e que por estarem próximas da *COB (Continental-Ocean Boundary/ Limite continente-oceano)* da placa africana, indicam magmatismo imediatamente pré-*breakup*. Na margem oeste africana, bem mais estreita, o *breakup* ocorre próximo à costa, com menor intensidade das anomalias magnéticas na região proximal. Já na margem sudeste brasileira ocorre o oposto, o que evidencia a presença de magmatismo maior no lado brasileiro. A observação de todos estes resultados permitiu concluir que o segmento Campos-Cuanza, de fato, foi um segmento

conjugado e que, além disso, compartilhavam a mesma bacia de sal durante o Aptiano. Estes segmentos evoluíram a partir de processos extensionais, e suas estruturas pré-existentes, em ambos os lados, também exerceram grande influência durante o processo do rifteamento.

## Abstract

The Southeastern Brazilian and West African continental margins are passive margins which have originated from the Gondwana supercontinent breakup. To investigate the evolution of these margins, regional studies were carried out between latitudes 20°-29°S (Brazilian side) and 8°-21°S (African side), focusing specifically the local area of the Campos-Cuanza segment. The aim is to characterize the evolution of this segment both onshore and offshore, during the 130-111 Ma interval. In order to achieve this, geological and geophysical data (bathymetry and magnetometry) were used to make the maps. Each of these maps were individually analyzed and then utilized to make the reconstruction of the conjugated margins using GPlates software, and finally were correlated. Three main time intervals, characterized by regional plate kinematic shifts, were interpreted for the Cuanza-Campos segment: 1) 130-120 Ma, when the extension direction was NW-SE and the plates speed was fast, correlating with the magma generation in the southeast of the Santos and Namibia basins, as well as in the Campos basin; 2) 119-116 Ma, when the extensional direction changes to WNW-ESE, with decreased plate speed, with no evidence of magmatism of this age in this segment; 3) 111 Ma, when the breakup takes place, which corresponds to velocity increase with directional change due to the associated oceanic crust magmatism. The relationship between the rate of expansion and magmatism is theoretically straightforward, because usually hyper extension of the lithosphere correlates with high adiabatic decompression of the mantle, and consequently, to a greater partial melting which generates magma, under normal mantle asthenospheric.

Furthermore, correlated magnetic anomalies can be observed in the northern Campos basin and in the Cuanza basin, which probably are coeval. The Campos anomalies are quite close to the African plate COB (Continental-Ocean Boundary), which may indicate that these anomalies (probably magmatic rocks) developed immediately pre-breakup. In the West African margin, much narrower than the Brazilian, the breakup occurred near the coastline, with magnetic anomalies of lesser intensity. In contrast, the opposite is true in the Southeast Brazilian margin, where presence of greater magmatism is observed. It can be inferred from these results that the Campos-Cuanza was a conjugated segment that shared the same salt basin



during the Aptian age. These segments had evolved from extensional processes, and those pre-existing structures, on both sides, had a great impact during the rifting process.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.1</b>	Mapa tectônico mostrando a divisão do Atlântico Sul em quatro segmentos (modificado de Granot <i>et al.</i> , 2015) .....	3
<b>Figura 1.2</b>	As áreas demarcadas com pontilhados vermelhos mostram a área de estudo geral, localizada no segmento central do Atlântico Sul. O estudo detalhado será focado no segmento Campos-Cuanza. O grid utilizado para estas figuras (1.2 e 1.3) pode ser encontrado no site do NOAA - <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> . RJ – Rio de Janeiro; BCP – Bacia de Campos; BST – Bacia de Santos; BCZ – Bacia de Cuanza; BSA – Bacia Sergipe-Alagoas; Bacia do Gabão; ZTL – Zona de Transferência Luanda e ZTD – Zona de Transferência Denda.....	3
<b>Figura 1.3</b>	As áreas demarcadas com pontilhados vermelhos mostram a área de estudo geral, localizada no segmento central do Atlântico Sul. O estudo detalhado será focado no segmento Campos-Cuanza. O grid utilizado para estas figuras (1.2 e 1.3) pode ser encontrado no site do NOAA - <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> . RJ – Rio de Janeiro; BCP – Bacia de Campos; BST – Bacia de Santos; BCZ – Bacia de Cuanza; BSA – Bacia Sergipe-Alagoas; Bacia do Gabão; ZTL – Zona de Transferência Luanda e ZTD – Zona de Transferência Denda .....	3
<b>Figura 2.1</b>	Mapa tectônico do Sudeste do Brasil (Schmitt <i>et al.</i> , 2016) .....	6
<b>Figura 2.2</b>	Mapa geológico simplificado por Schmitt <i>et al.</i> (2016). A linha azul é a linha de costa. CDOB – Cinturão de dobramento Oeste Congo; LUA – Luanda; BEN – Benguela e FK – Faixa Kaoko .....	7
<b>Figura 2.3</b>	Configuração do Atlântico Sul mostrando os derramamentos basálticos da Província Paraná – Etendeka (White e McKenzie 1989).....	9
<b>Figura 2.4</b>	Carta estratigráfica das Bacias de Campos e Santos (modificado de Beglinger <i>et al.</i> , 2010) .....	12
<b>Figura 2.5</b>	Mapa batimétrico gerado a partir de dados do Etopo1 (NGDC). Geologia do continente (modificado de Schmitt <i>et al.</i> , 2016). Linha branca – COB ( <i>CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY</i> / Limite Continente-Oceano) (Kumar <i>et al.</i> , 2013). Linha pontilhada azul claro - limite do sal aptiano (Torsvik <i>et al.</i> , 2009). Linha marrom - linha de costa (Seton <i>et al.</i> , 2012). Linhas pontilhadas pretas - Zonas de Fratura. Linha pontilhada azul-escuro (continente) - terrenos geológicos (modificado de Stanton, 2009). FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; TCF – Terreno Cabo Frio; CVT – Cadeia Vitória Trindade; BCP – Bacia de Campos; ACF – Alto do Cabo Frio;	

	PTSP – Platô de São Paulo; BST – Bacia de Santos; AFLP – Alto de Florianópolis; DSP – Dorsal de São Paulo; MSJC – Montes Submarinos Jean Chacort; ZDCS – Zona de deformação Cruzeiro do Sul; EGR – Elevação do Rio Grande; ZFMV – ZF Martins Vaz; ZFRJ – ZF Rio de Janeiro; ZFRG – Zona de Fratura Rio Grande do Sul.....	14
<b>Figura 2.6</b>	Coluna estratigráfica e principais eventos tectono-estratigráficos na Bacia de Cuanza (Serié <i>et al.</i> , 2016).....	16
<b>Figura 2.7</b>	Mapa batimétrico gerado a partir de dados do Etopo1 (NGDC). Geologia do continente (Schmitt <i>et al.</i> , 2016). Linha branca – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano) (Gaina <i>et al.</i> , 2013; Müller <i>et al.</i> , 2008a; Heine <i>et al.</i> , 2013). Linha pontilhada azul claro - limite do sal aptiano (Moulin <i>et al.</i> , 2005). Linha marrom - linha de costa (Seton <i>et al.</i> , 2012). Linhas pontilhadas pretas - Zonas de Fratura. Linha pontilhada azul-escuro (continente) - limite inferido do Cráton do Congo. CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza; ZTL – Zona de Transferência de Luanda; ZTCL – ZT de Cabo Ledo; ZTS – ZT São Braz; ZTTP – ZT Três Pontas; ZTD – ZT Denda; MSUB – Montes Submarinos Cuanza; ZFMV – ZF Martins Vaz; ZFRJ – ZF Rio de Janeiro e ZFRG – ZF Rio Grande.....	17
<b>Figura 2.8</b>	Reconstrução para 116 e 112 Ma mostrando dois momentos das bacias salíferas. No primeiro momento (116 Ma) mostrando que eram uma única bacia de sal, e no segundo mostrando o início da quebra do segmento Campos-Cuanza e Santos-Benguela (Torsvik <i>et al.</i> , 2009).....	18
<b>Figura 3.1</b>	Fonte e cobertura de dados utilizados na elaboração do <i>grid</i> ETOPO1 – embasamento (Amante e Eakin, 2009) .....	21
<b>Figura 3.2</b>	Mapas batimétricos gerados a partir de dados do Etopo1 (NGDC). As linhas brancas são as COBs (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina <i>et al.</i> (2013); Müller <i>et al.</i> (2008a); Heine <i>et al.</i> (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar <i>et al.</i> (2013). As linhas marrons são a linha de costa (Seton <i>et al.</i> , 2012).....	22
<b>Figura 3.3</b>	Mapa de anomalias magnéticas a partir de dados de Ema2. Linhas pretas – linhas de costa (Seton <i>et al.</i> , 2012) .....	23
<b>Figura 3.4</b>	Mapa de anomalias magnéticas a partir de dados de WDMAM. PSA – Placa Sul-Americana e PA – Placa Africana.....	24

<b>Figura 3.5</b>	Exemplo ilustrativo do efeito da Redução ao Pólo sobre a anomalia. A figura as esquerda mostra sem o FRP, e na direita com FRP (Stanton, 2009).....	25
<b>Figura 3.6</b>	Reconstrução para 83.5 Ma (anomalia magnética C34) com a placa Africana fixada (Heine <i>et al.</i> , 2013).....	28
<b>Figura 4.1</b>	Mapa de anomalias magnéticas com dados do Emag2, à 4 Km de altitude, reduzido ao pólo. Linha azul claro – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY / Linha Continente-Oceano) (Kumar <i>et al.</i> , 2013). Linha marrom – linha de costa (Seton <i>et al.</i> , 2012). Linha pontilhada azul-escuro (continente) – terrenos geológicos (modificado de Stanton, 2009). Linhas brancas pontilhadas – interpretação. CSF – Cráton São Francisco; BPr – Bacia do Paraná; FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano e TCF – Terreno Cabo Frio .....	33
<b>Figura 4.2</b>	Mapa de anomalias magnéticas com dados do Emag2, à 4 Km de altitude, reduzido ao pólo. Geologia do continente (modificado de Schmitt <i>et al.</i> , 2016). Linha branca – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Linha Continente-Oceano) (Kumar <i>et al.</i> , 2013). Linha marrom – linha de costa (Seton <i>et al.</i> , 2012). Linha pontilhada azul-escuro (continente) – terrenos geológicos (modificado de Stanton, 2009). FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano e TCF – Terreno Cabo Frio .....	34
<b>Figura 4.3</b>	Mapa interpretado de anomalias magnéticas na região sudeste brasileira, mostrando as principais feições observadas. Geologia do continente (modificado de Schmitt <i>et al.</i> , 2016). Linha cinza – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Linha Continente-Oceano) (Kumar <i>et al.</i> , 2013). Linha marrom – linha de costa (Seton <i>et al.</i> , 2012). Linhas pontilhadas lilás – Zonas de Fratura Linha pontilhada azul-escuro (continente) – terrenos geológicos (modificado de Stanton, 2009). Linhas brancas pontilhadas – interpretação. CSF – Cráton São Francisco; FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; CVT – Cadeia Vitória Trindade; BCP – Bacia de Campos; ACF – Alto do Cabo Frio; PTSP – Platô de São Paulo; BST – Bacia de Santos; AFLP – Alto de Florianópolis; DSP – Dorsal de São Paulo; MSJC – Montes Submarinos Jean Chacort; ZDCS – Zona de deformação Cruzeiro do Sul; EGR – Elevação do Rio Grande; ZFMV – ZF Martins Vaz; ZFRJ – ZF Rio de Janeiro; ZFRG – Zona de Fratura Rio Grande do Sul .....	35
<b>Figura 4.4</b>	Mapa de anomalias magnéticas com dados do Emag 2, á 4 Km de altitude, reduzido ao pólo. Geologia do continente (Schmitt <i>et al.</i> , 2016). Linha azul claro – COB (CONTINENTAL-OCEAN	

*BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano*) (Gaina *et al.*, 2013; Müller *et al.*, 2008a; Heine *et al.*, 2013). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linhas brancas pontilhadas – interpretação; Linha pontilhada azul-escuro (continente) - limite inferido do Cráton do Congo. CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara e BIC - Bacia Interna de Cuanza..... 37

**Figura 4.5** Mapa de anomalias magnéticas com dados do Emag 2, à 4 Km de altitude, reduzido ao pólo. Geologia do continente (Schmitt *et al.*, 2016). Linha branca – COB (*CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano*) (Gaina *et al.*, 2013; Müller *et al.*, 2008a; Heine *et al.*, 2013). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linha pontilhada azul-escuro (continente) - limite inferido do Cráton do Congo. CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara e BIC – Bacia Interna de Cuanza ..... 38

**Figura 4.6** Mapa interpretado de anomalias na região oeste africana, mostrando as principais feições observadas. Geologia do continente (Schmitt *et al.*, 2016). Linha branca – COB (*CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano*) (Gaina *et al.*, 2013; Müller *et al.*, 2008a; Heine *et al.*, 2013). Linha pontilhada azul claro - limite do sal aptiano (Moulin *et al.*, 2005). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linhas pontilhadas pretas - Zonas de Fratura. A linha pontilhada azul-escuro (continente) - limite inferido do Cráton do Congo. CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza; ZTL – Zona de Transferência de Luanda; ZTCL – ZT de Cabo Ledo; ZTS – ZT São Braz; ZTTP – ZT Três Pontas; ZTD – ZT Denda; MSUB – Montes Submarinos Cuanza; ZFMV – ZF Martins Vaz; ZFRJ – ZF Rio de Janeiro e ZFRG – ZF Rio Grande..... 39

**Figura 4.7** Reconstrução, em escala regional, das margens conjugadas. As setas mostram a direção do deslocamento das placas (Seton *et al.*, 2012), setas rosa e cinza – referentes à Placa Sul-Americana; setas laranja – referentes à Placa Africana. COB - (*CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano*), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia). As retas, ao sul das imagens, representam as isócronas (Seton *et al.*, 2012). ..... 42

- Figura 4.8** Reconstrução, em escala regional, das margens conjugadas. As setas mostram a direção do deslocamento das placas (Seton *et al.*, 2012), setas rosa e cinza – referentes à Placa Sul-Americana; setas laranja – referentes à Placa Africana. As retas, ao sul das imagens, representam as isócronas (Seton *et al.*, 2012)..... 43
- Figura 4.9** Reconstrução para 130 Ma. Nesta configuração as margens ainda não tinham se formado e ainda não tinha formação de crosta oceânica, nesta região. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge e C.O – Crosta oceânica..... 46
- Figura 4.10** Reconstrução para 120 Ma. Começam a se formar: as margens ao norte e a crosta oceânica ao sul. As setas amarelas indicam anomalias correspondentes ao magmatismo que ocorreu na região de Campos e Cuanza durante a fase sin-rifte (Almeida *et al.*, 1996; Marzoli *et al.*, 1999). Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica..... 47
- Figura 4.11** Reconstrução para 116 Ma. Ao norte, as margens ainda não se separaram e apresentam algumas anomalias semelhantes. As

setas amarelas indicam estas anomalias que parecem serem correspondentes em intensidade, forma e direção. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica

48

**Figura 4.12** Reconstrução para 111 Ma. Ocorre a quebra do segmento Campos-Cuanza e se inicia a separação em Santos-Benguela. As setas amarelas indicam as anomalias com padrão curvado em ambas as margens, que parecem ter correlação entre si. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica

49

**Figura 5.1** Reconstrução para 130 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra uma possível ligação da Faixa Kaoko com o Terreno Oriental da Faixa Ribeira. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa

brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCAf – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko; C.O – Crosta Oceânica ..... 53

**Figura 5.2** Reconstrução para 120 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra o início da formação das margens e anomalias correlatas. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCBr – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCAf – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento do Oeste Congo; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica..... 54

**Figura 5.3** Reconstrução para 116 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra o período em que espessas camadas de evaporitos foram depositadas ao longo deste segmento. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCBr – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCAf – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de WR; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica..... 55



**Figura 5.4** Reconstrução para 116 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra o as bacias salíferas conjugadas. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de WR; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica..... 56

**Figura 5.5** Reconstrução para 111 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra o a quebra do segmento Campos-Cuanza. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; ZFRJ – Zona de Fratura do Rio de Janeiro; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica..... 57

## Lista de tabelas

<b>Tabela 2.1</b>	1) White e McKenzie (1989); 2) Almeida <i>et al.</i> (1996); 3) Jackson e Hudec (2005); 4) Marzoli <i>et al.</i> (1999).....	9
-------------------	--	---

## SUMÁRIO

<b>Agradecimentos</b> .....	v
<b>Resumo</b> .....	vi
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>Lista de figuras</b> .....	x
<b>Lista de tabelas</b> .....	xviii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 <b>Objetivo</b> .....	2
1.2 <b>Localização da área de estudo</b> .....	2
<b>2 GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	4
2.1 <b>Geologia do continente – Embasamento</b> .....	4
2.1.1 Lado brasileiro .....	4
2.1.2 Lado Africano .....	4
2.2 <b>Formação das margens – O processo do rift</b> .....	7
2.2.3 <b>Caracterização das bacias e dos segmentos</b> .....	10
2.2.3.1 Margem Sudeste Brasileira .....	10
2.2.3.2 Margem Oeste Africana.....	15
2.3 <b>Deposição do sal</b> .....	18
2.4 <b>Cinemática</b> .....	19
<b>3 BASE DE DADOS E METODOLOGIA</b> .....	20
3.1 <b>Levantamento bibliográfico e dos dados geofísicos (batimetria e magnetometria)</b> .....	20
3.2 <b>Elaboração de mapas geológicos através do software ArcGis 10.2</b> .....	20
3.3 <b>Dados batimétricos</b> .....	20
3.4 <b>Dados magnetométricos</b> .....	23
3.4.1 <b>Redução ao pólo magnético</b> .....	25
3.5 <b>Dados da COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY) – Limite Continente Oceano</b> .....	25

3.6 Elaboração de mapas batimétricos e magnetométricos através do <i>geosoft Oasis Montaj 8.4</i> .....	26
3.7 Reconstrução das margens conjugadas através do <i>software GPlates 1.5.0</i> .....	26
3.7.1 Dados da reconstrução.....	29
4 RESULTADOS.....	30
4.1 Características magnéticas das Margens Sudeste Brasileira e Oeste Africana .....	30
4.2 Reconstrução .....	40
4.2.1 Reconstrução regional.....	40
4.2.2 Reconstrução para 130 Ma .....	44
4.2.3 Reconstrução para 120 Ma .....	44
4.2.4 Reconstrução para 116 Ma .....	44
4.2.5 Reconstrução para 111 Ma .....	44
5 DISCUSSÃO .....	50
5.1 Análise da Cinemática .....	50
5.2 Análise da Evolução das Margens.....	51
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	58
6.1 Conclusões .....	58
6.2 Recomendações.....	59
Referências Bibliográficas .....	60

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

As margens sudeste brasileira e oeste africana são margens continentais passivas que se originaram a partir do rifteamento do supercontinente Gondwana; assim, iniciando o processo de formação do Oceano Atlântico Sul no período Jurássico Superior, se estendendo até o Cretáceo Superior (Rabinowitz e La Brecque, 1979; Chang *et al.*, 1992). As evidências desse rifteamento estão preservadas ao longo destas margens nas bacias sedimentares (Asmus e Porto, 1980; Asmus e Baisch, 1983; Szatmari *et al.*, 1985; Chang *et al.*, 1992).

Este trabalho é o produto do estudo das margens sudeste brasileira e oeste africana, entre as latitudes  $-20^{\circ}$  e  $-29^{\circ}$ , e as latitudes  $-8^{\circ}$  e  $-21^{\circ}$ , respectivamente. A fim de caracterizar a evolução destas margens conjugadas, no segmento Campos-Cuanza, analisou-se a cinemática das placas, em escala regional e local, as anomalias magnéticas e a geologia, *onshore* e *offshore*, com o objetivo de correlacionar as mesmas.

Este trabalho pretende contribuir com o entendimento e a interpretação tectônica desse sistema de margens conjugadas, englobando não somente informações geológicas como também dados geofísicos de batimetria e magnetometria. Os resultados obtidos incluem mapas geológicos – geofísicos que apresentam uma fase evolutiva do megacontinente Gondwana na área de estudo,

Como produto final, será apresentado a reconstrução destas margens através do *software GPlates* para o intervalo de 130-111 Ma mostrando como este segmento se desenvolveu ao longo desse espaço-temporal.

## 1.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho é caracterizar a evolução das margens conjugadas brasileira e africana, segmento Campos-Cuanza, para o intervalo de 130 – 111 Ma – a partir de dados geológicos e de magnetometria. A partir da caracterização onshore-offshore, pretende-se reconstruir essas margens conjugadas, neste segmento, para avaliar a sua evolução geodinâmica em sua configuração pretérita para este intervalo de tempo.

## 1.2 Localização da área de estudo

O Oceano Atlântico Sul pode ser dividido em quatro segmentos (Moulin *et al.*, 2005), do Sul para o Norte: segmento Falkland, sul da Zona de Fratura Agulhas-Falkland (ZFAF); segmento sul, entre a ZFAF e ZF do Rio Grande; segmento central, entre a ZF do Rio Grande e ZF Ascension (Chaboureau *et al.*, 2013), e segmento equatorial, entre o sistema das ZF Equatorial (ZF Romanche e ZF Saint-Paul) e ~10°N (Figura 1.1).

A área de estudo deste trabalho é o setor Campos-Cuanza, situado no segmento central (Figura 1.1). Os principais polígonos (Figuras 1.2 e 1.3) têm os limites: -20° à -29° (latitude) e -50° à -30 (longitude) – margem sudeste brasileira, e -8° à -22° (latitude) e 0° à 16° (longitude) – margem oeste africana.

A Bacia de Campos (Figura 1.2) está limitada pelo Arco de Vitória (Limite Norte) e pelo Arco de Cabo Frio (Limite Sul), e possui uma área de 120.000 Km<sup>2</sup> (Mohriak, 2003). A Bacia de Cuanza (Figura 1.3) é limitada pela Zona de Transferência Luanda (ZTL), no limite norte, pela ZT Denda, no limite sul (Hudec e Jackson, 2002), e possui uma área aproximada de 22.000 Km<sup>2</sup> (Moulin *et al.*, 2005). Essas áreas foram escolhidas por se tratarem de bacias correlatas temporalmente e fisicamente, apresentando feições e estruturas notáveis em ambas as margens.

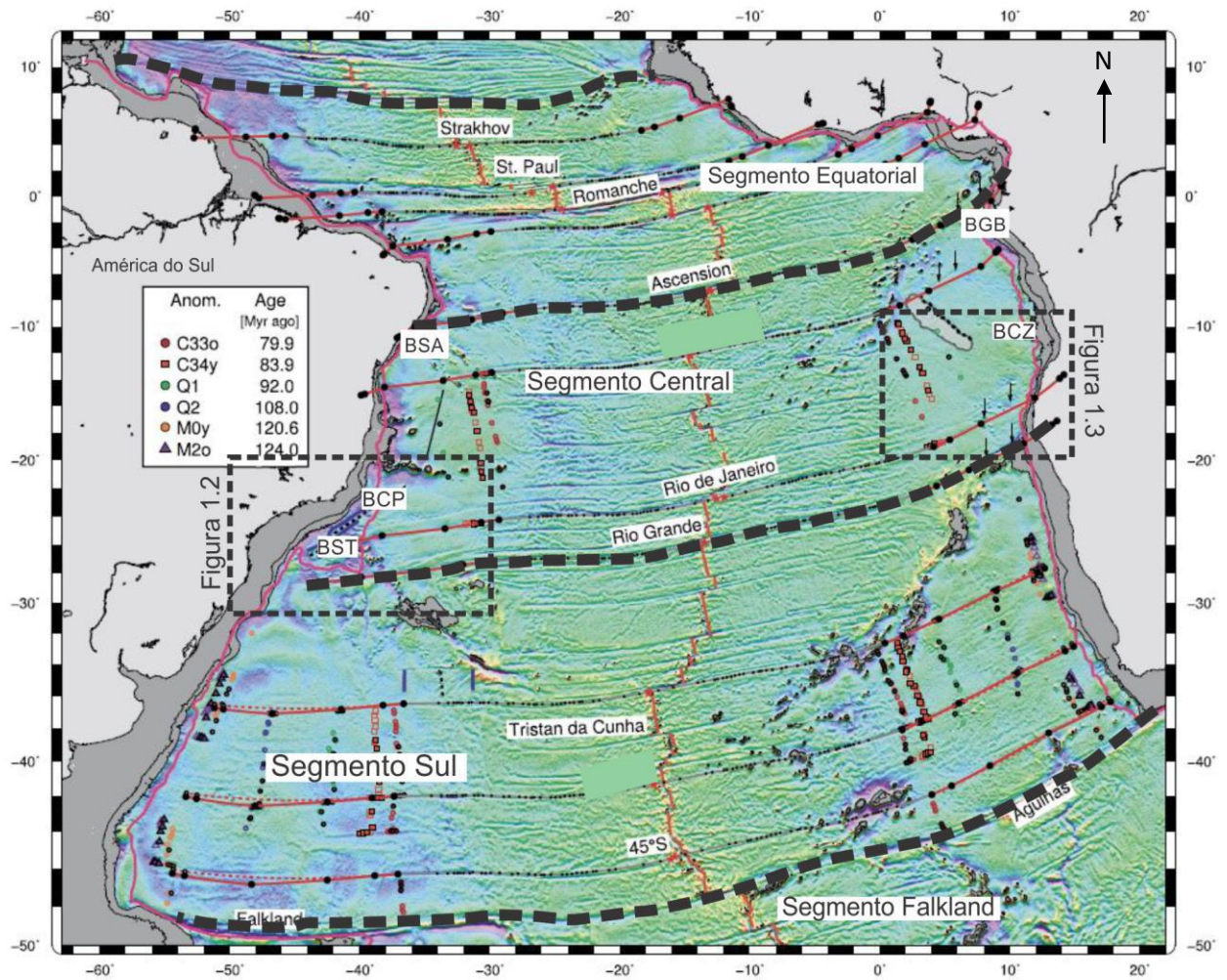


Figura 1.2

Figura 1.3

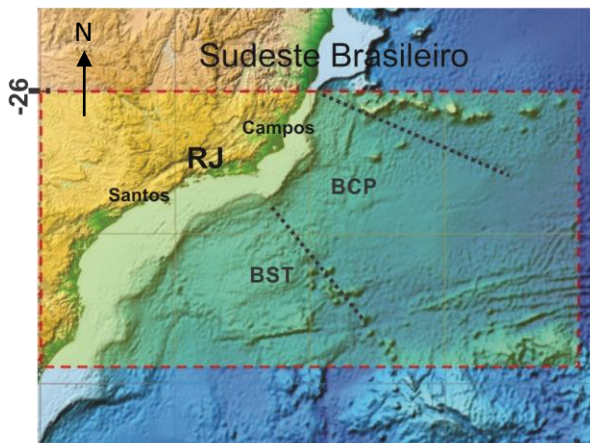


Figura 1.2 -36

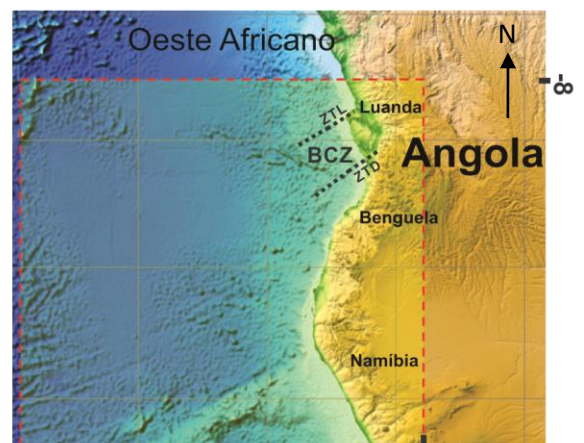


Figura 1.3 16

**Figura 1.1:** Mapa tectônico mostrando a divisão do Atlântico Sul em quatro segmentos (modificado de Granot *et al.*, 2015). **Figura 1.2 e 1.3:** As áreas demarcadas com pontilhados vermelhos mostram a área de estudo geral, localizada no segmento central do Atlântico Sul. O estudo detalhado será focado no segmento Campos-Cuanza. O grid utilizado para estas figuras (1.2 e 1.3) pode ser encontrado no site do NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*. RJ – Rio de Janeiro; BCP – Bacia de Campos; BST – Bacia de Santos; BCZ – Bacia de Cuanza; BSA – Bacia Sergipe-Alagoas; Bacia do Gabão; ZTL – Zona de Transferência Luanda e ZTD – Zona de Transferência Denda.

# Capítulo 2

## GEOLOGIA REGIONAL

### 2.1 Geologia do continente – Embasamento

#### 2.1.1 Lado Brasileiro

O rifteamento do Atlântico Sul ocorreu na placa gondwânica, que foi formada no Neoproterozóico pela aglutinação de paleocontinentes pré-neoproterozóicos nos eventos termo-tectônicos Brasileiro e Pan-africano (Hasui *et al.*, 2012; Schmitt *et al.*, 2016). A porção continental da região sudeste brasileira, adjacente à margem, é constituída pelo Orógeno Neoproterozóico Ribeira, que é dividido em quatro terrenos: Ocidental, Paraíba do Sul, Oriental e Cabo Frio (Figura 2.1) (Heilbron *et al.*, 2008). Os terrenos Oriental e Cabo Frio se localizam na costa e fazem parte do embasamento das bacias marginais, portanto serão aqui detalhados.

O Terreno Oriental é composto por intrusões magmáticas de idade neoproterozóica a ordoviciana e sucessões de rochas vulcano-sedimentares, metamorizadas em alto grau, de idade neoproterozóica (Heilbron *et al.*, 2008 e Valeriano *et al.*, 2011), e a leste (Figura 2.1) está em contato tectônico com o Terreno Cabo Frio. O Terreno Cabo Frio é caracterizado por embasamento de ortognaisses do Paleoproterozóico e por sucessões de rochas vulcano-sedimentares de idade neoproterozóica (Schmitt *et al.*, 2004). De acordo com Schmitt *et al.* (2004), a unidade geológica mais antiga desse terreno é composta por um complexo de ortognaisses graníticos formados durante o Orosiano. Ambas as unidades foram deformadas e metamorizadas no Cambriano (Schmitt *et al.*, 2004).

#### 2.1.2 Lado Africano

Na porção continental da região oeste africana, entre as latitudes -8° e -9° e as longitudes 14° e 15°, encontra-se o Cinturão de Dobramento Oeste Congo (CDOC) constituído por rochas neoproterozóicas (Monié *et al.*, 2012), e o grau metamórfico destas rochas aumenta de leste (o extremo leste não possui indícios de



metamorfismo) para oeste. De acordo com Carvalho *et al.* (2000), este cinturão e a Faixa Araçuaí eram um só. Segundo Vauchez *et al.* (1994) e Alkmim *et al.* (2006) este cinturão não só era a contraparte da Faixa Araçuaí, como também da Faixa Ribeira. Além disso, de acordo com Trompette (1994) o metamorfismo e a litologia em Angola e Brasil seriam similares. Segundo alguns autores (Vauchez *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2005; Petitgirard *et al.*, 2009) a idade do metamorfismo (~530 Ma) de alto grau que afetou o CDOC é de idade mais nova que os eventos metamórficos ocorridos nas Faixas Ribeira e Araçuaí. No entanto, estudos recentes (Heilbron e Machado, 2003; Schmitt *et al.*, 2004) indicaram que a idade do metamorfismo de alto grau que afetou o leste da Faixa Ribeira (Terreno Cabo Frio) é similar à que afetou o CDOC.

O leste de Angola (~250 Km da costa) é representado por rochas de idade Arqueana (Begg *et al.*, 2009), e a porção menos interior (ainda leste) por uma província granítica de idade paleoproterozóica (Monié *et al.*, 2012; Schmitt *et al.*, 2016). Adjacente à margem, ao norte da Namíbia até oeste do Cráton do Congo, encontra-se a Faixa Kaoko, que é constituída por gnaisses no embasamento e uma sequência de alto grau de rochas metassedimentares e metavulcânicas (Dürr e Dingeldey, 1996), e granito de idade orosiana (Seth *et al.*, 1998).

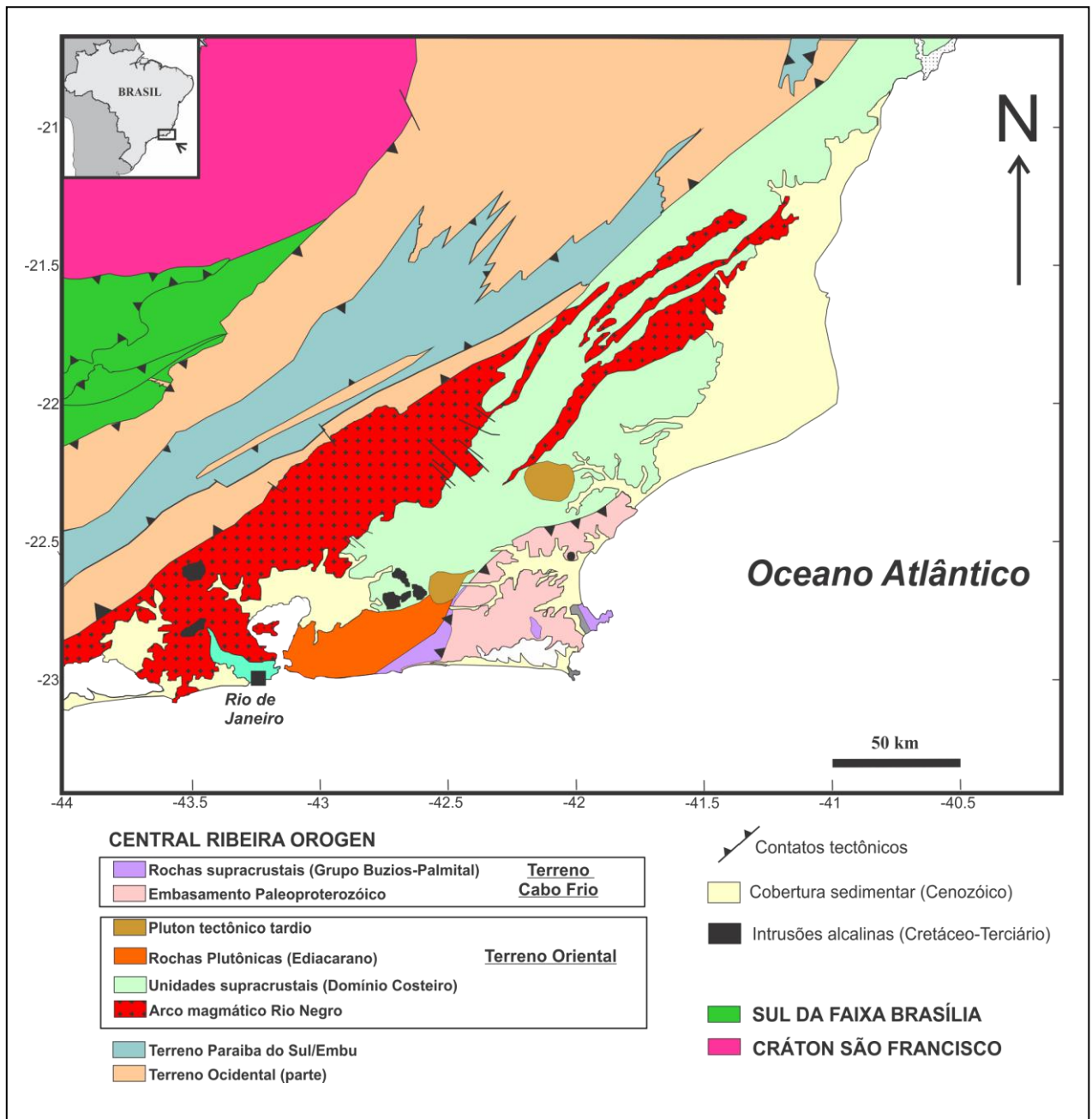
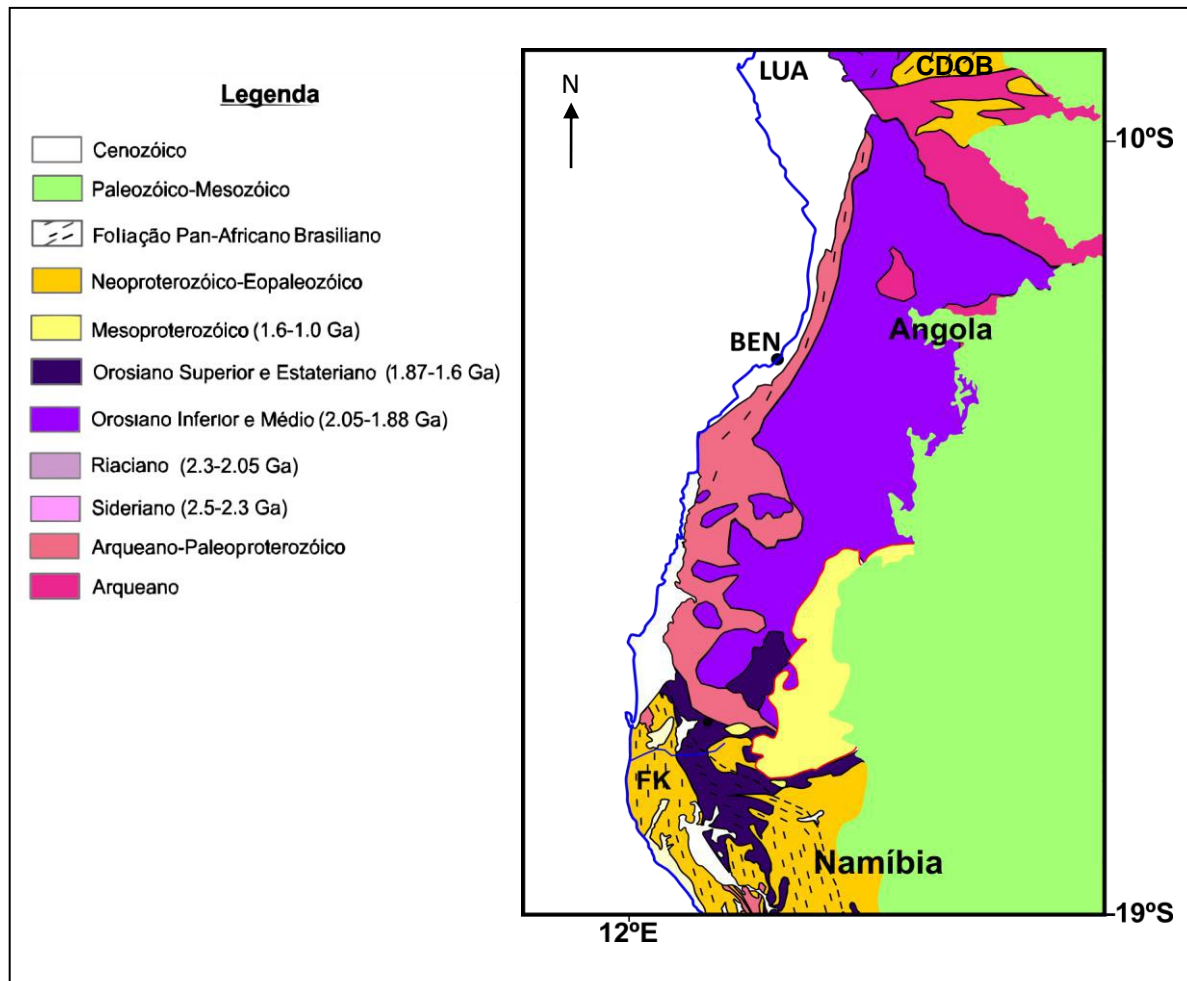


Figura 2.1: Mapa tectônico do Sudeste do Brasil (Schmitt *et al.* 2016)



**Figura 2.2:** Mapa geológico simplificado por Schmitt *et al.* (2016). A linha azul é a linha de costa. CDOB – Cinturão de dobramento Oeste Congo; LUA – Luanda; BEN – Benguela e FK – Faixa Kaoko.

## 2.2 Formação das margens – O processo do rift

O processo de separação das placas sul-americana e africana gerou a margem do Atlântico Sul (Brice *et al.*, 1982; Teisserenc & Villemin, 1989; Guiraud and Maurin, 1992; Karner and Driscoll, 1998; Rabinowitz and La Breque, 1979; Nürnberg and Müller, 1991).

As margens continentais divergentes do Atlântico Sul, também conhecidas por margens passivas, se caracterizam por riftes que se formaram como consequência de processos extensionais (Asmus e Porto, 1980; Asmus e Baish, 1983; Szatmari *et al.*, 1985; Chang *et al.*, 1992)

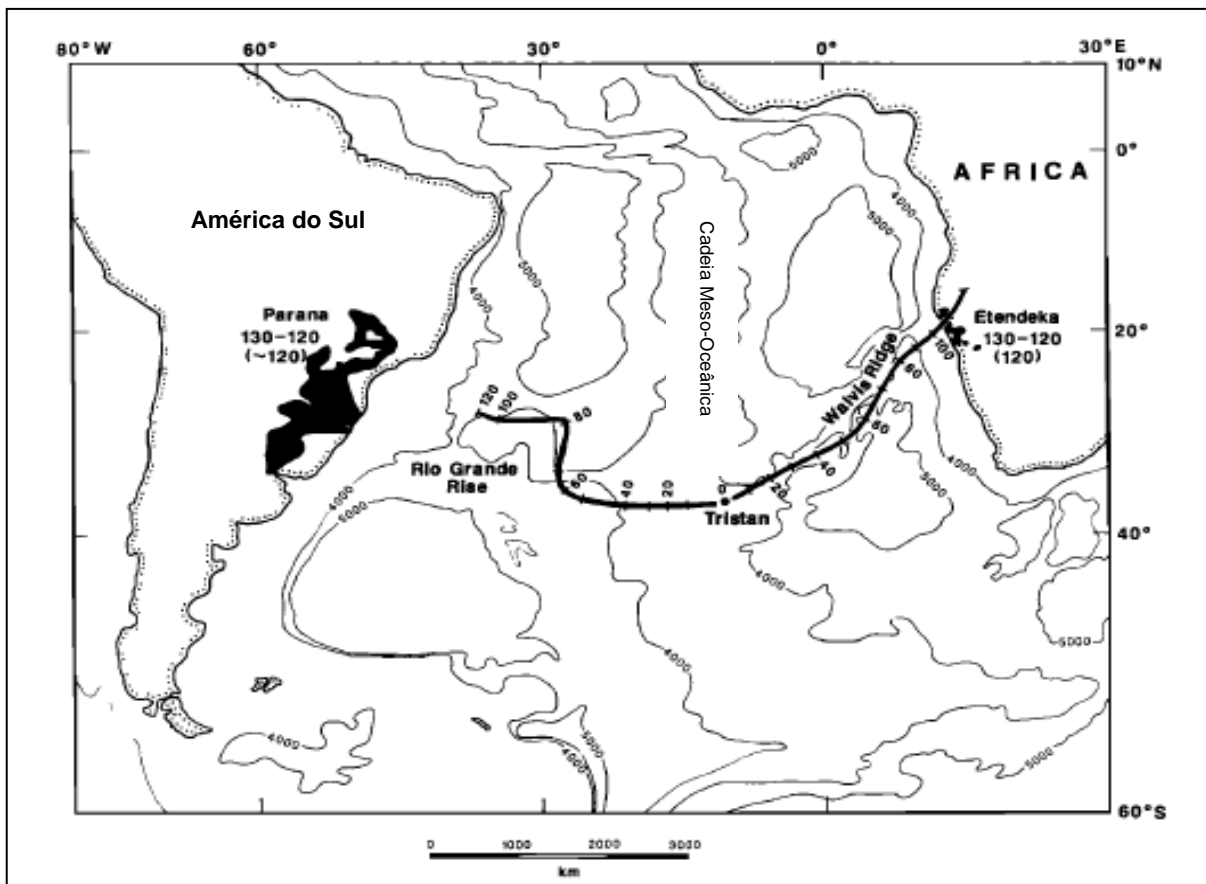
De acordo com Cainelli e Mohriak (1999b) o processo de formação da margem divergente, de modo geral, é dado por cinco principais fases: **fase I** – ocorre um processo extensional dado pelo soergimento termal astenosférico, conseqüentemente a crosta continental e o manto superior afinam regionalmente, as

falhas ocorrem na crosta superior e as sucessões sedimentares se depositam de maneira ampla e pouco espessa aproveitando-se dos depocentros precoces; **fase II** - ocorre um aumento do estiramento litosférico, extrusão de lavas basálticas, e logo em seguida ocorrem grandes falhas que afetam a crosta continental que resultam na formação dos semi-grabéns e esses são preenchidos por sedimentos continentais lacustrinos; **fase III** - Após o rifteamento, a litosfera se estende novamente, gerando grandes falhas e rotacionando os blocos de rifte formados anteriormente, e estes, são cobertos por sedimentos menos rotacionados; **fase IV** – ocorre a localização da extensão litosférica em um sítio que culminará com a quebra continental e a formação da Cordilheira Mesoatlântica, e simultaneamente ocorrem episódios de magmatismo continental e oceânico, estando associado nas bacias sul e pelos *Seaward Dipping Reflectors (SDRs)* e também ocorre a reativação das falhas regionais; **fase V** – contração termal da litosfera e aprofundamento da batimetria no final do Albiano.

De acordo com Fodor *et al.* (1984) esse rifteamento teve seu clímax no Cretáceo Inferior (~120 - 130 Ma), logo após a cristalização da província magmática das formações Serra Geral e Etendeka (Figura 2.3), na região emersa, e das rochas equivalentes na porção submersa (Rabinowitz e La Brecque 1979, Chang *et al.*, 1992, Müller *et al.*, 1997), as espessas cadeias vulcânicas como o Alto do Rio Grande e *Walvis Ridge* (White e McKenzie, 1989), localizadas no Segmento Sul (Figura 1.1). Neste período também ocorreram os primeiros registros de vulcanismo nas Bacias de Santos, Campos e Cuanza (Almeida *et al.*, 1996; Marzoli *et al.*, 1999; Jackson e Hudec, 2005). Mais tarde, no Cretáceo Superior (~90-50 Ma) houve outro evento termal gerando uma segunda ocorrência de vulcanismo na Bacia de Cuanza, Campos e Santos (Almeida *et al.*, 1996; Marzoli *et al.*, 1999; Jackson e Hudec, 2005). Na região do Sumbe, 300 km ao sul da Bacia de Cuanza, também há registros de rochas vulcânicas com idade ~90 Ma (Cretáceo Superior) (Marzoli *et al.*, 1999). A tabela 2.1 mostra os principais pulsos magmáticos datados na área de estudo.

IDADE DOS PULSOS MAGMÁTICOS	
Paraná-Etendeka	~130-120 Ma <sup>1</sup>
Bacia de Santos	~121 e 90 Ma <sup>2</sup>
Bacia de Campos	~134,3 –122 Ma e 81 Ma <sup>2</sup>
Alto do Cabo Frio	-130-120 Ma e 80-90 Ma <sup>2</sup>
Bacia de Cuanza	~131 Ma <sup>4</sup> e 100-70 Ma <sup>3</sup>
Sumbe	~91 Ma <sup>3</sup>

**Tabela 2.1:** 1) White e McKenzie (1989); 2) Almeida *et al.* (1996); 3) Jackson e Hudec (2005); 4) Marzoli *et al.* (1999).



**Figura 2.3:** Configuração do Atlântico Sul mostrando os derrames basálticos da Província Paraná – Etendeka (White e McKenzie 1989).

### 2.2.3 Caracterização das bacias e dos segmentos

As bacias sedimentares nas margens continentais do Atlântico Sul se formaram a partir do processo de evolução dos riftes do Cretáceo Inferior, se estendendo desde Sergipe-Alagoas até as Malvinas, no sul - margem brasileira (Mohriak, 2003). Na margem oeste africana, as bacias sedimentares se estendem do Delta da Nigéria - abaixo da ZF Romanche, até o Cabo da Boa Esperança, no sul - acima da ZFAF (Figura 1.1) (Lehner e De Ruyter, 1977). O processo de formação das bacias em margem continental divergente é dado por um processo geodinâmico, e sua evolução é semelhante em ambos os lados do Oceano Atlântico Sul (Cainelli e Mohriak, 1999; Mohriak *et al.*, 2002).

#### 2.2.3.1 Margem sudeste brasileira

O embasamento da margem continental sudeste brasileira possui de uma maneira geral estruturas com direção preferencial NE-SW (Radambrasil, 1983; Szatmari *et al.*, 1984; Cobbold *et al.*, 2001). De acordo com Asmus e Guazelli (1979), nas bacias do continente e nas bacias oceânicas, que estão adjacentes a estas, encontram-se três principais tipos de estruturas: falhas normais, flexuras ou charneiras, e feições transversais (lineamentos e zonas de fraturas oceânicas).

A Bacia de Campos esta limitada pelo Arco de Vitória (Limite Norte) e pelo Arco de Cabo Frio (Limite Sul) (Mohriak, 2003) (Figura 2.6). Nesta bacia as falhas normais são as mais relevantes (Asmus e Porto, 1980), e ela é caracterizada por extensos derrames basálticos que marcaram a fase rifte em aproximadamente 130 Ma (Guardado *et al.*, 1989). Essa bacia tem um sistema de falhas orientadas NNE-SSW que são paralelas à linha de costa e subparalelas às estruturas continentais adjacentes (Guardado *et al.*, 1989).

O embasamento econômico da Bacia de Campos é composto por derrames basálticos toleíticos (~122-134,4 Ma), intercalados por rochas vulcanoclásticas e rochas sedimentares (Figura 2.4) (Mizusaki, 1986; Ponte e Asmus, 1978). Através de estudos petrológicos desses basaltos, realizados por Mizusaki *et al.* (1992), e posteriormente, a comparação com os da Formação Serra Geral (Bacia do Paraná)

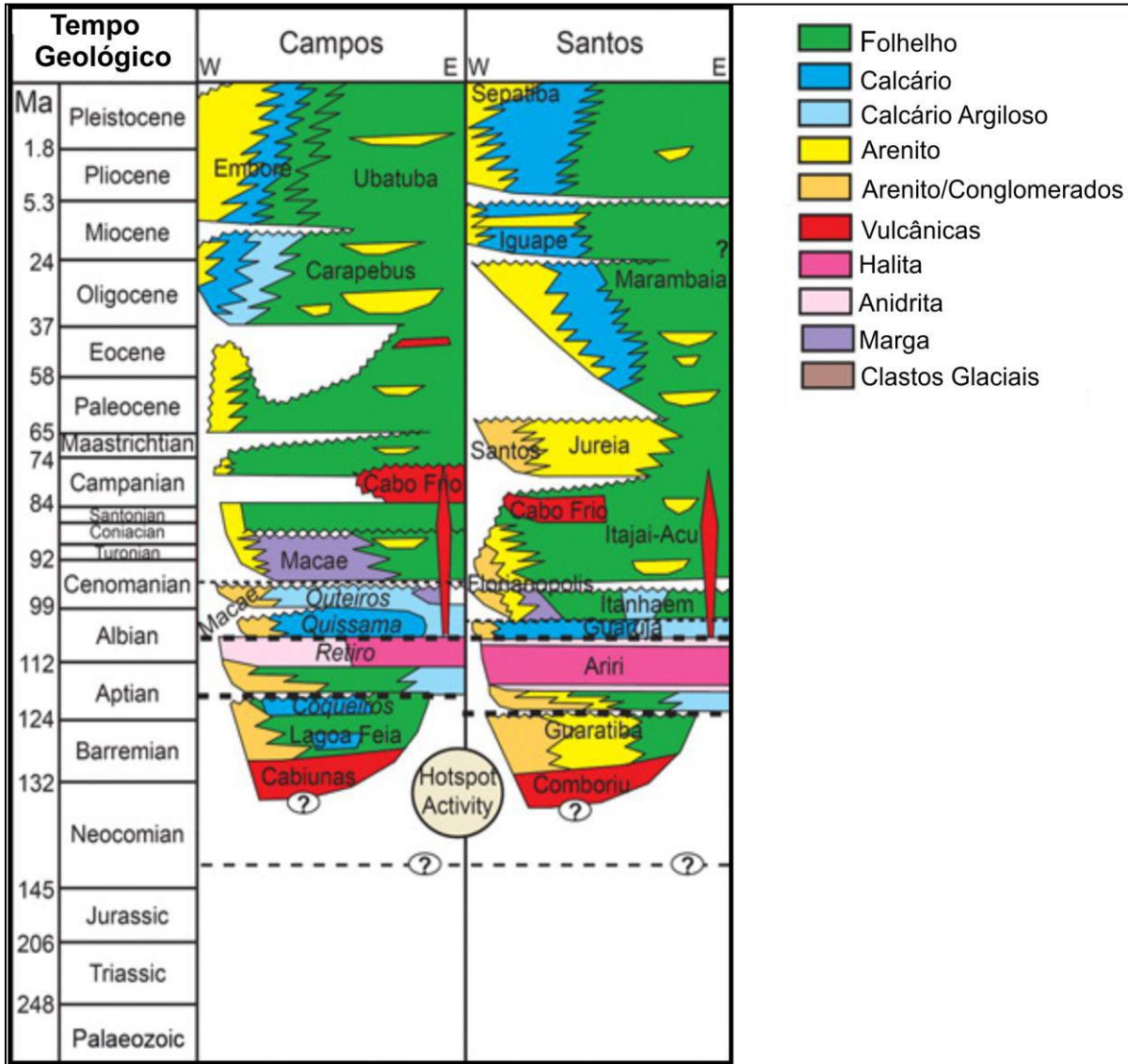
de idade semelhante (~132-134Ma Renne *et al.*, 1992), notou-se composição química semelhante entre elas. Posteriormente, ocorreu um segundo evento magmático, datado a partir de um gabro pelo método K-Ar, que apontou a idade de aproximadamente 81 Ma (Almeida *et al.*, 1996). O arcabouço tectono-sedimentar (Figura 2.4) dessa bacia é, de modo geral, caracterizado por três fases principais: (i) fase sin-rifte – ocorrência de basaltos toleíticos amigdaloidais, os sedimentos continentais são caracterizados por uma sequência carbonática-siliciclástica que predomina o ambiente lacustre; (ii) fase transicional – depósitos siliciclásticos aptianos e depósitos evaporíticos; (iii) fase pós rifte – ocorrência de carbonatos de água rasa (Rangel *et al.*, 1994).

As Bacias de Campos e Santos são separadas estruturalmente pelo Alto do Cabo Frio (Figura 2.5), que apresenta grande incidência de rochas magmáticas (Almeida *et al.*, 1996). De acordo com Mohriak *et al.* (1990), essa região de Cabo Frio apresenta uma espessa sequência vulcano-sedimentar em que derrames basálticos são intercalados com rochas vulcanoclásticas e sedimentares. Sendo assim, essa região foi subdividida em três sequências bem definidas: sequência 1 - basaltos datados pelo método K-Ar (~120-130 Ma) (Dias *et al.*, 1994); sequência 2 - basaltos datados pelo método K-Ar (80-90 Ma) (Almeida *et al.*, 1996), porém essa sequência não é muito representativa; e por fim, sequência 3 – basaltos, diabásios e rochas vulcanoclásticas (Mizusaki & Moriak, 1993) datados pelo método K-Ar (~40 – 50 Ma), esta é a sequência mais comum desta região.

A Bacia de Santos está limitada ao norte pelo Alto do Cabo Frio e ao sul pelo Lineamento Florianópolis (Mohriak, 2003) (Figura 2.5). Ao contrário da Bacia de Campos, as flexuras são mais destacadas e as falhas normais ocorrem de maneira secundária (Asmus & Porto, 1980). Essas flexuras são paralelas entre si e à linha de costa. Na região da costa, em rochas pré-cambrianas, ocorrem as falhas normais de grande rejeito e formam blocos basculhados (Asmus & Porto, 1980). Nessa bacia também há registros de dois eventos magmáticos: o primeiro tem idade de ~121 Ma e o segundo evento ocorreu há ~90 Ma, datações obtidas através do método K-Ar (Almeida *et al.*, 1996).

O arcabouço tectono-estratigráfico da Bacia de Santos compreende três principais fases: (i) sinrifte – representada por basaltos toleíticos amigdaloidais, os sedimentos continentais são siliciclásticos grosseiros e estão sobre as rochas

vulcânicas de maneira discordante; (ii) fase transicional – depósitos evaporíticos; (iii) pós rifte – deposição carbonática, sedimentação clástica e deposição de sedimentos marinhos de águas profundas (Pereira e Macedo, 1990; Pereira e Feijó, 1994).



**Figura 2.4:** Carta estratigráfica das Bacias de Campos e Santos (modificado de Beglinger *et al.*, 2010).

Na margem continental, adjacente à Serra do Mar, entre as latitudes 22°-28°S (Kumar *et al.*, 1977), nota-se um platô marginal conhecido como o Platô de São Paulo, se estendendo do sul da Cadeia Vitória-Trindade até a Dorsal de São Paulo e a sua largura aumenta do norte para sul (Nunes *et al.*, 2004).

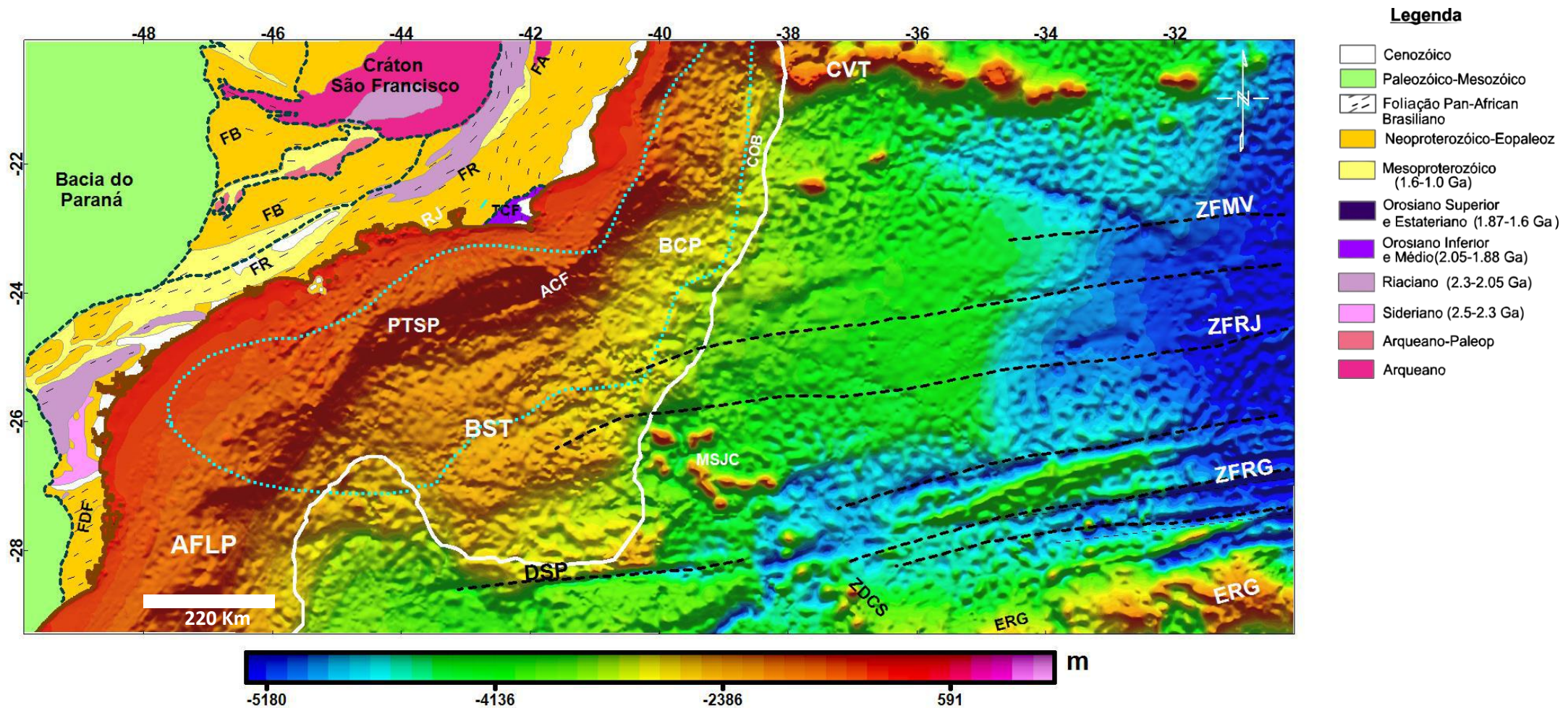
De acordo com Macedo (1989), essa feição foi formada a partir do estiramento anômalo na região. Mais ao sul, aproximadamente 28°-29°S, encontra-se o Alto Estrutural de Florianópolis (Figura 2.5). Essa feição é caracterizada por um



grande volume de rochas básicas extrusivas, possivelmente do Cretáceo Inferior e pode estar também relacionados com a Formação Serra Geral (Almeida *et al.*, 1996).

Entre as latitudes  $-26^{\circ}$  e  $-28^{\circ}$ , e longitudes  $-40^{\circ}$  e  $-38^{\circ}$ , observam-se feições de origem magmática, conhecidas como Montes Submarinos Jean Chacort (Figura 2.5). De acordo com Fairhead e Wilson (2004) o magmatismo que deu origem a esses montes submarinos, possa estar associado à Zona de Deformação do Cruzeiro do Sul que corta a Elevação do Rio Grande com direção NW-SE.

A Elevação do Rio Grande (Figura 2.5), em aproximadamente  $28^{\circ}$ S, é uma feição vulcânica que está limitada ao norte pela Zona de Fratura Oceânica Rio Grande e a sul pela Zona de Fratura Oceânica do Chuí (Alves, 1981). A origem desse alto estrutural têm várias controvérsias. Mohriak *et al.* (2010) discute as seguintes alternativas: expansão da crosta oceânica através do intenso magmatismo que ocorreu na região; alteração na composição das rochas situadas no manto superior; profundas cadeias de vulcões emersos; cisalhamento dextral que estaria associado a falhas transformantes e o abandono de fragmentos da crosta continental que eram das zonas de rifte.



**Figura 2.5:** Mapa batimétrico gerado a partir de dados do Etopo1 (NGDC). Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016). Linha branca – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Limite Continente-Oceano) (Kumar *et al.*, 2013). Linha pontilhada azul claro - limite do sal aptiano (Torsvik *et al.*, 2009). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linhas pontilhadas pretas - Zonas de Fratura. Linha pontilhada azul-escuro (continente) - terrenos geológicos (modificado de Stanton, 2009). FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; TCF – Terreno Cabo Frio; CVT – Cadeia Vitória Trindade; BCP – Bacia de Campos; ACF – Alto do Cabo Frio; PTSP – Platô de São Paulo; BST – Bacia de Santos; AFLP – Alto de Florianópolis; DSP – Dorsal de São Paulo; MSJC – Montes Submarinos Jean Chacort; ZDCS – Zona de deformação Cruzeiro do Sul; EGR – Elevação do Rio Grande; ZFMV – ZF Martins Vaz; ZFRJ – ZF Rio de Janeiro; ZFRG – Zona de Fratura Rio Grande do Sul.

### 2.2.3.2 Margem oeste africana

A Bacia de Cuanza (Figura 1.3) é limitada pela Zona de Transferência Luanda (ZTL), no limite norte, pela Zona de Transferência Denda, no limite sul (Hudec e Jackson, 2002), e possui uma área aproximada de 22.000 Km<sup>2</sup> (Moulin *et al.*, 2005). Esta bacia é caracterizada por falhas normais (Guiraud *et al.*, 2010) e feições transversais (zonas de transferência) (Figura 2.7) (Hudec e Jackson, 2002).

De acordo com Schollnberger (2001) a evolução tectono-estratigráfica da Bacia de Cuanza pode ser dividida em três sequências (Figura 2.6): (i) sin-rifte - rochas vulcânicas basais, os sedimentos continentais siliciclásticos de ambiente fluvio-lacustres; (ii) transicional – depósitos evaporíticos (Aptiano) (Serié *et al.*, 2016) e (iii) drift – depósitos carbonáticos de plataforma rasa.

A Bacia de Cuanza se divide em duas sub-bacias: Bacia Interna (*onshore*) e Externa (*offshore*) (Hudec e Jackson, 2002). Ambas as bacias contém uma espessa sucessões de evaporitos (Figura 2.7) e são separadas por altos estruturais (Plataformas do Flamingo, Ametista e Benguela) de em que a camada de sal é fina ou ausente (Hudec e Jackson, 2002).

As principais unidades estruturais desta bacia são (Brognon e Verrier, 1966): Morro Liso e Cuaco, compostos pelo embasamento de rochas Pré-Cambrianas e por um complexo de rochas ígneas do Pré-Aptiano; Pequena, composta por embasamento Pré-Cambriano; Cabo Ledo, composto por um complexo de rochas ígneas Pré-Aptianas (Rabinowitz, 1972). Estes altos estruturais são bordeados, em pelo menos um dos lados, por cinco principais Zonas de Transferência (ZT) (ZTs Luanda, Cabo Ledo, São Braz, Três Pontas e Denda) (Figura 2.7) (Jackson e Hudec, 2005).

A Bacia Interna de Cuanza é representada pelas Formações Infra Cuvo, Maculungo e Baxo Cuvo, todas elas contendo rochas pré-aptianas (sin-rifte) (Figura 2.6) (Brognon e Verrier; Burwood, 1999). De acordo com Brownfield *et al.* (2006) a Bacia Externa também é representada por rochas sin-rifte, e as unidades mais antigas encontradas destas rochas, nesta bacia, são do Neocomiano-Barremiano Inferior.

Em aproximadamente 10° S, encontram-se os montes submarinos (Cretáceo Inferior) que separam a Bacia de Cuanza e Benguela (Marzoli *et al.*, 1999). A Bacia

de Benguela está limitada ao norte pela ZT Denda (Hudec e Jackson, 2002) e ao sul próxima a -13°. Esta bacia é caracterizada por uma série de *grabens* e *horts* assimétricos, com uma espessa camada de sedimentos fluviais-lacustres (Koch *et al.*, 2013). Ao sul desta bacia também se encontra uma espessa camada de sequência evaporítica, que foi acumulada por repetitivos ciclos de incursões marinhas (Koch *et al.*, 2013).

Em torno de 20°S encontra-se a cadeia vulcânica *Walvis Ridge*, que foi gerada pelo magmatismo Etendeka (Sul da África) produto da pluma de Tristão da Cunha (White e McKenzie, 1989).

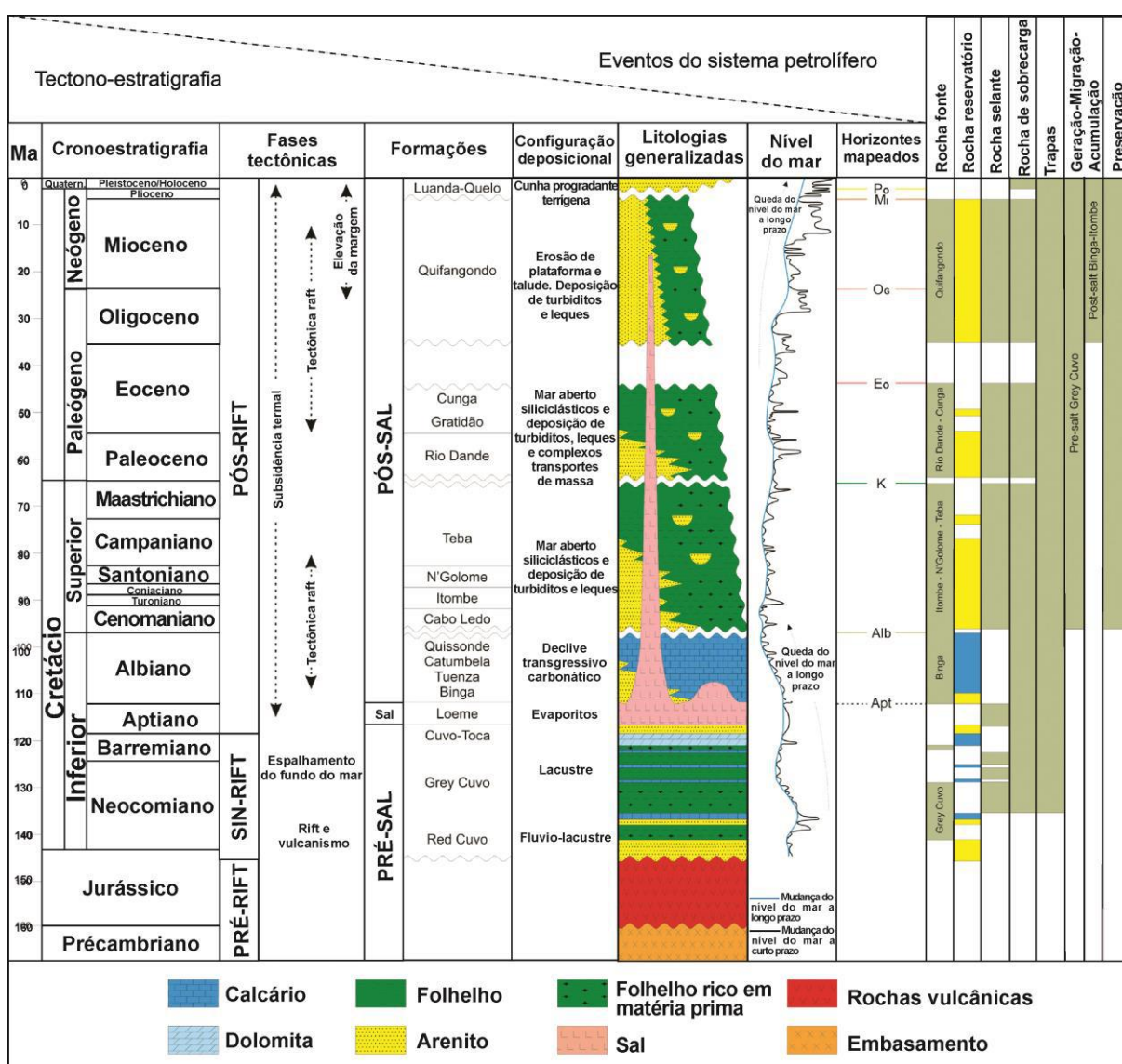
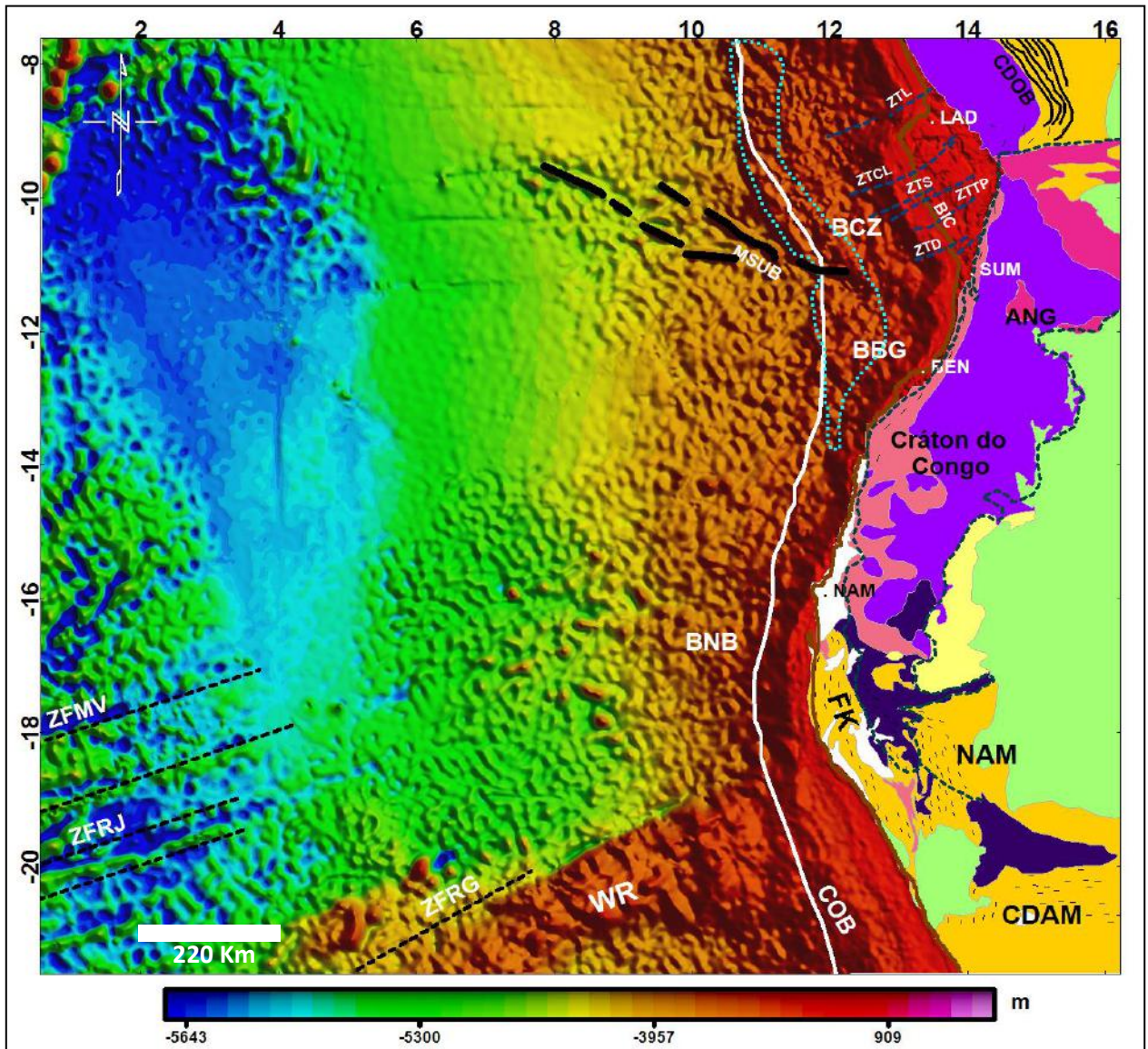


Figura 2.6: Coluna estratigráfica e principais eventos tectono-estratigráficos na Bacia de Cuanza (Serié *et al.*, 2016).



**Legenda**

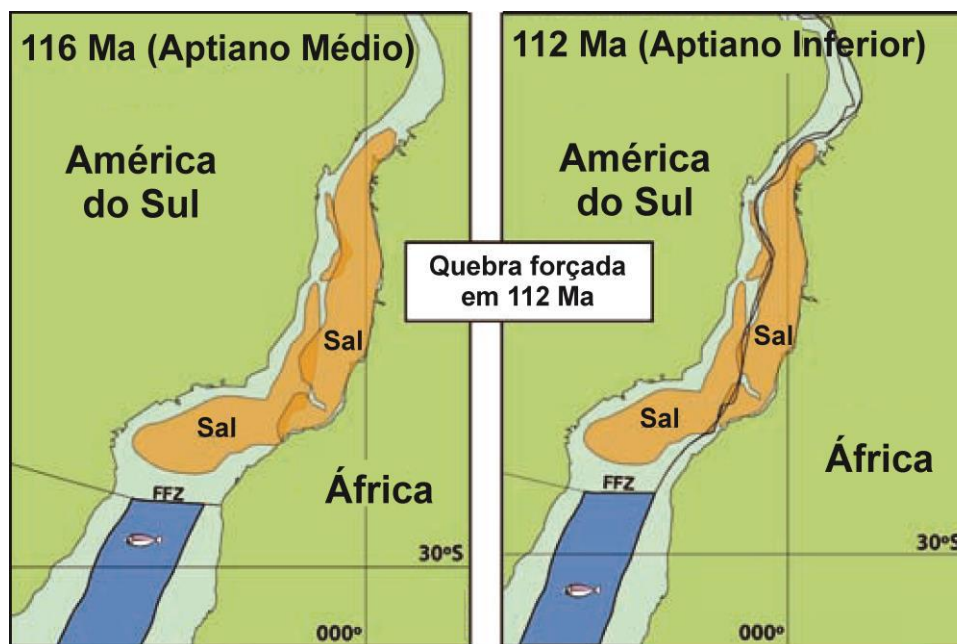
Cenozóico	Orosiano Superior e Estateriano (1.87-1.6 Ga)
Paleozóico-Mesozóico	Orosiano Inferior e Médio (2.05-1.88 Ga)
Foliação Pan-African Brasileiro	Riáciano (2.3-2.05 Ga)
Neoproterozóico-Eopaleoz	Sideriano (2.5-2.3 Ga)
Mesoproterozóico (1.6-1.0 Ga)	Arqueano-Paleop
	Arqueano

**Figur 2.7:** Mapa batimétrico gerado a partir de dados do Etopo1 (NGDC). Geologia do continente (Schmitt *et al.*, 2016). Linha branca – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano) (Gaina *et al.*, 2013; Müller *et al.*, 2008a; Heine *et al.*, 2013). Linha pontilhada azul claro - limite do sal aptiano (Moulin, 2005). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linhas pontilhadas pretas - Zonas de Fratura. Linha pontilhada azul-escuro (continente) - limite inferido do Cráton do Congo. CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza; ZTL – Zona de Transferência de Luanda; ZTCL – ZT de Cabo Ledo; ZTS – ZT São Braz; ZTTP – ZT Três Pontas; ZTD – ZT Denda; MSUB – Montes Submarinos Cuanza; ZFMV – ZF Martins Vaz; ZFRJ – ZF Rio de Janeiro e ZFRG – ZF Rio Grande.

## 2.3 Deposição do sal

O segmento central (Figura 1.1), limitado da Bacia de Santos à Bacia de Espírito Santo – margem sudeste brasileira, e da Bacia de Angola até o Delta da Nigéria (~5°N) – margem oeste africana, é caracterizado pela presença de sal aptiano (Moulin *et al.*, 2005; Torsvik *et al.*, 2011).

Este sal foi depositado durante ~5 ma até o fim do Aptiano (Torsvik *et al.*, 2009). Uma aparente sobreposição do sal em ambas as margens leva alguns autores a defenderem que essas bacias salíferas não foram formadas juntas (Jackson *et al.*, 2000), mas que foram acumuladas independentes em ambas as margens durante e depois do Aptiano. No entanto, recentes interpretações sísmicas têm mostrado uma diferente interpretação. De acordo com Moulin *et al.* (2005), a camada de sal é contínua desde a borda oeste da bacia até a parte mais espessa da plataforma continental, assim negando a hipótese de duas diferentes formações de sal (Karner *et al.*, 1997). Além disso, de acordo com Pasley *et al.* (1998) as rochas sin-rifte encontradas na Bacia de Cuanza, e nas bacias sudestes do Brasil são similares em idade e litologia; reforçando a ideia de que ambas são contemporâneas.



**Figura 2.8:** Reconstrução para 116 e 112 Ma mostrando dois momentos das bacias salíferas. No primeiro momento (116 Ma) mostrando que eram uma única bacia de sal, e no segundo mostrando o início da quebra do segmento Campos-Cuanza e Santos-Benguela (Torsvik *et al.*, 2009)

## 2.4 Cinemática das Placas Sul-Americana e Africana

O modelo de Heine *et al.* (2013), assim como o modelo utilizado neste trabalho, utilizam o movimento relativo das placas tectônicas para a reconstrução. Neste modelo três fases principais com distintas velocidades e cinemática puderam ser descritas ao longo da África Central, Oeste e Atlântico Equatorial, mostrando o resultado da extensão que a litosfera sofreu durante o rifteamento do Atlântico Sul até o final da separação da África e América do Sul (Albiano) (Heine *et al.*, 2013).

A fase inicial do rifteamento no Atlântico Sul seria lenta, estendendo com direção E-W, por volta de 140 Ma até 127 Ma (Heine *et al.*, 2013). A segunda fase é caracterizada por um rápido enfraquecimento na litosfera ao longo do rifteamento no Atlântico Equatorial e assim, causou um aumento na velocidade e mudando também a direção da extensão para SW-NE (Heine *et al.*, 2013). A terceira e última fase é caracterizada por um aumento significativo na velocidade com uma menor mudança na direção extensional (Heine *et al.*, 2013). Esta última fase começa em 120 Ma e termina no período do *breakup* ao longo do rifte do Atlântico Sul e formação das bacias oceânicas do Atlântico Sul (Heine *et al.*, 2013).

# Capítulo 3

## BASE DE DADOS E METODOLOGIA

### 3.1 Levantamento Bibliográfico e dos dados geofísicos (batimetria e magnetometria)

As referências bibliográficas utilizadas para este estudo foram baseadas em artigos, teses, livros, mapas geológicos, mapas geofísicos, e dados de batimetria e magnetometria das áreas dos principais polígonos (Figuras 1.2 e 1.3), sudeste brasileiro e oeste africano.

### 3.2 Elaboração de mapas geológicos através do *software ArcGis 10.2*

Os mapas geológicos utilizados no continente para o sudeste brasileiro e oeste africano, foram feitos de acordo com Schmitt *et al.* (2016). O procedimento seguinte foi georreferenciar, vetorizar, identificar as unidades e classificar usando o *ArcGis 10.2*.

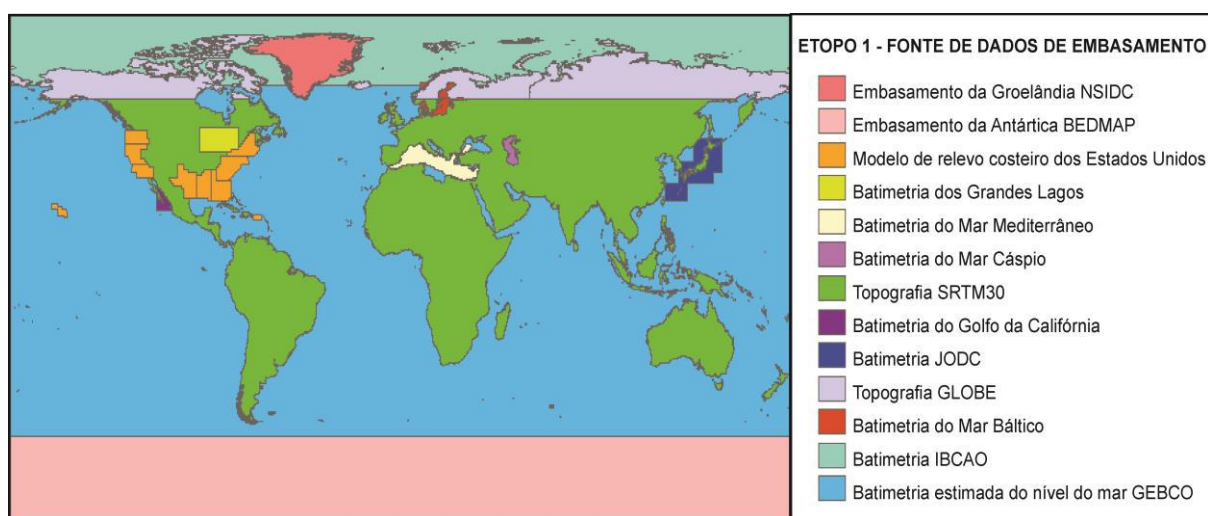
### 3.3 Dados batimétricos

Para a confecção do mapa batimétrico foram utilizados os dados do Etopo1 (resolução de um minuto de arco). Estes dados integram a topografia do continente e do oceano (Figura 3.1), e podem ser encontrados no site do *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* (<http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/wcs-client/>).

ETOPO1 foi compilado a partir de vários dados digitais globais e regionais; os dados foram avaliados, processados, gridados através do uso de *ArcGis*, *FME*, *MB-System* e *GMT Software* e editados, quando necessário. Os dados de batimetria, topografia e embasamento foram obtidos do banco de dados do governo americano, internacional e instituições acadêmicas. (Amante e Eakins, 2009).

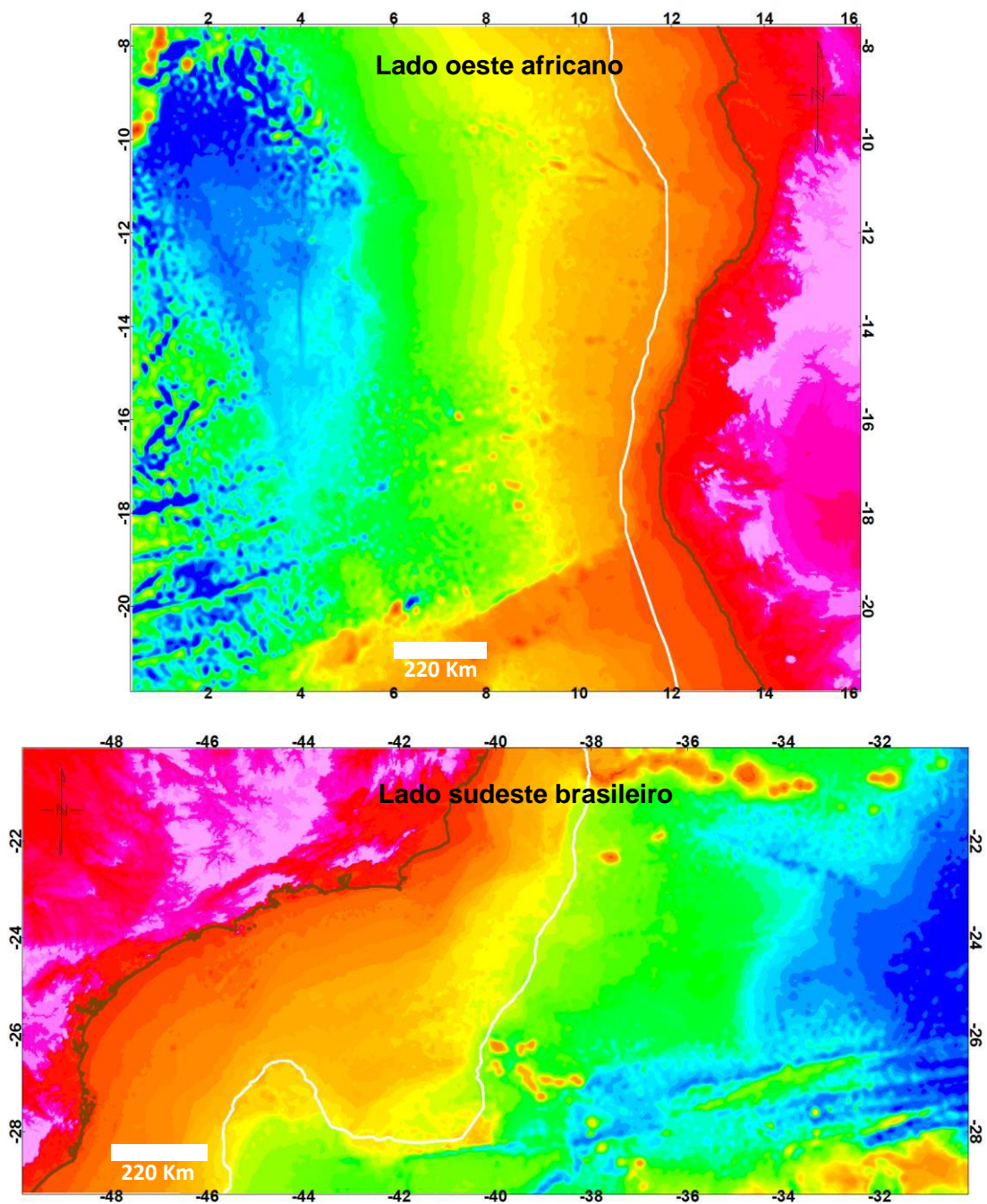


Na América do Sul e África, a fonte e cobertura dos dados para a compilação do Etopo1 – embasamento provém de SRTM30 (*Space Shuttle Radar Topography Mission*). Os dados do SRTM30 provêm da NASA (2000) e tem resolução espacial de 30 segundos de arco e permite analisar as feições que estão ~1km em terra. O NGDC (*National Geophysical Data Center*), um dos antigos centros de dados do NOAA, utilizou os dados do SRTM30 para as latitudes entre 56°S e 60°N, com exceção da Groenlândia (Amante e Eakins, 2009).



**Figura 3.1:** Fonte e cobertura de dados utilizados na elaboração do grid ETOPO1 – embasamento (Amante e Eakins, 2009).

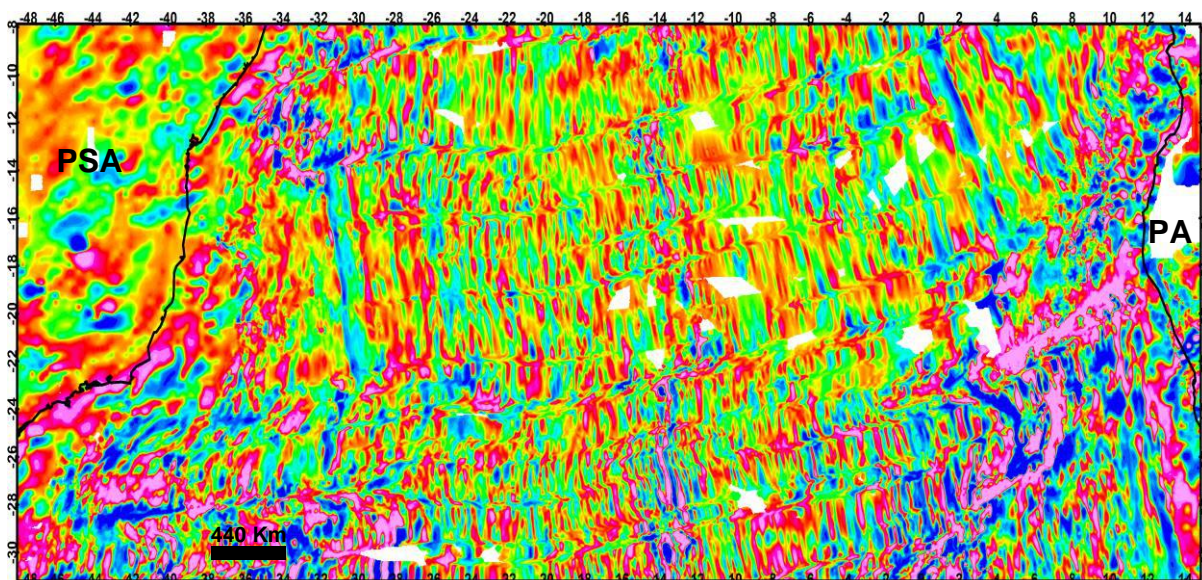
Para o assoalho oceânico, os dados correspondem à batimetria medida e estimada a partir de medições de altimetria da superfície do mar através de satélite e a resolução do *grid*, dada em um minuto de arco (Smith e Sandwell, 1997). Os dados topográficos provêm do GTOPO30, e os dados batimétricos são de sondagens. Esses *grids* têm imprecisões e elas são evidentes na porção de águas rasas (Amante e Eakins, 2009).



**Figura 3.2:** Mapas batimétricos gerados a partir de dados do Etopo1 (NGDC). As linhas brancas são as COBs (*CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY*/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013). As linhas marrons são a linha de costa (Seton *et al.*, 2012).

### 3.4 Dados magnetométricos

Para a realização do mapa magnetométrico os dados foram obtidos do EMAG2 (resolução em dois minutos de arco) – *Earth Magnetic Anomaly Grid* à 4km acima do geóide. Esse grid (Figura 3.3) é compilado dos dados de satélite, marinho, aeromagnético e levantamentos magnéticos terrestres. A interpolação desses dados (Figura 3.1) foi melhorada através do modelo de idade da crosta oceânica (Maus *et al.*, 2009). O *grid* está disponível em: <http://www.geomag.org/models/emag2.html>



**Figura 3.3:** Mapa de anomalias magnéticas a partir de dados de Emag2. Linhas pretas – linhas de costa (Seton *et al.*, 2012). PSA – Placa Sul-Americana e PA - Placa Africana.

EMAG2 é uma atualização do *WDMAM* (*World Digital Magnetic Anomaly Map*), que tem a resolução em três arcos/minuto e altitude de 5 Km acima do geóide (Quesnel *et al.*, 2009). Esses dados foram usados inicialmente para compilação do mapa (Figura 3.4), porém como eles são apenas de navio, não possuem cobertura suficiente para a interpretação da área. O *grid* está disponível em: <https://www.ngdc.noaa.gov/>

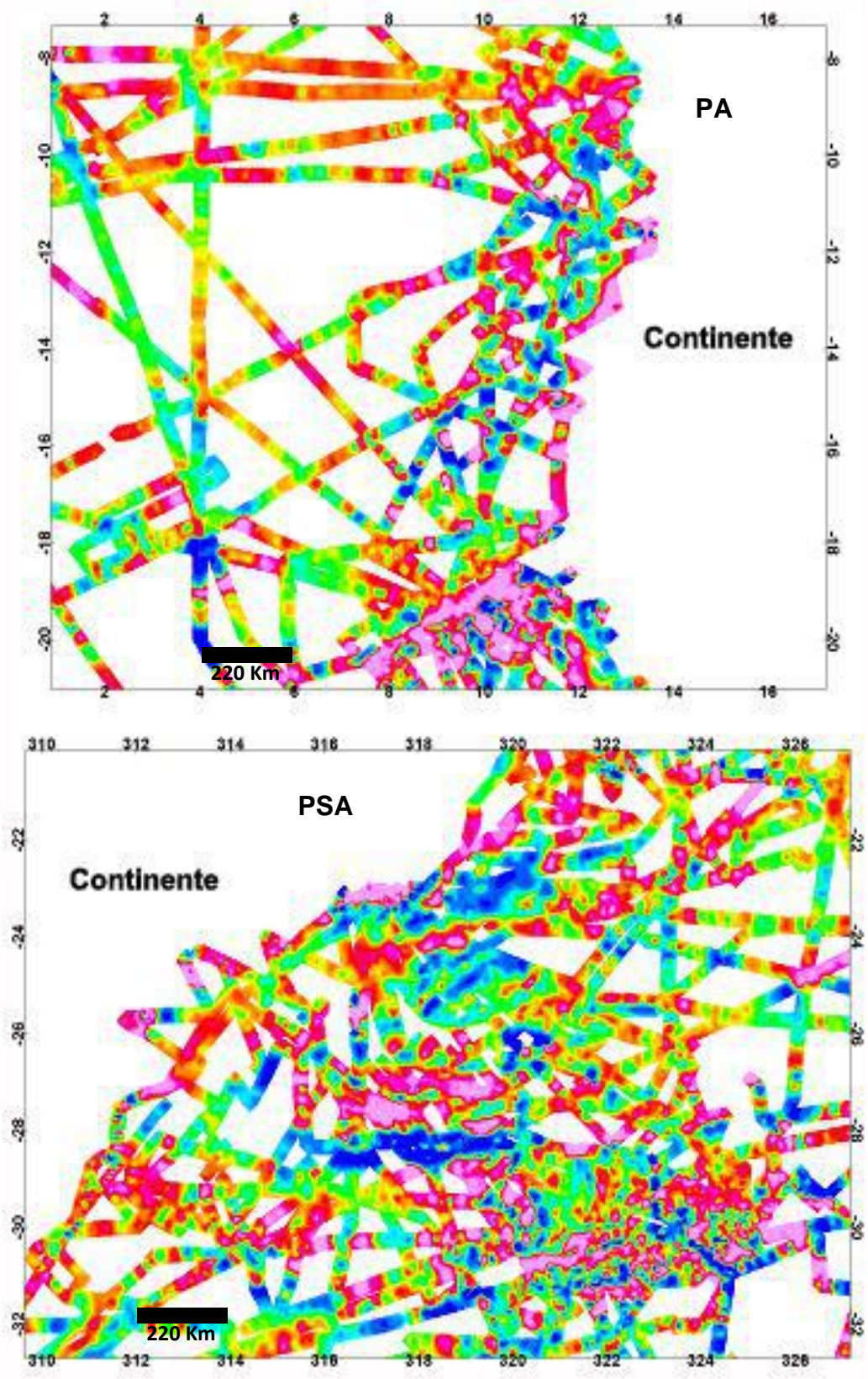
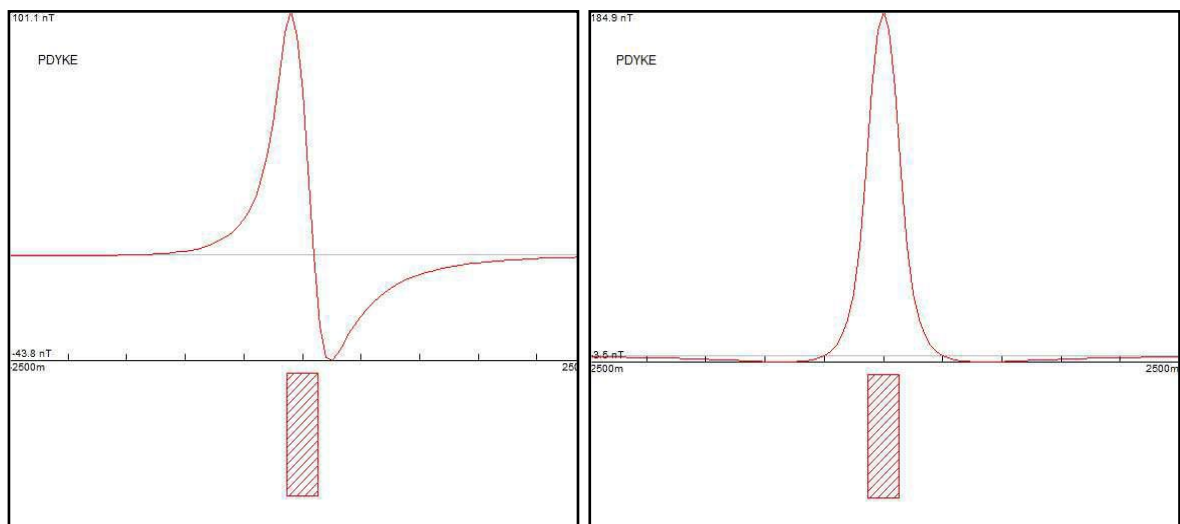


Figura 3.4: Mapa de anomalias magnéticas a partir de dados de WDMAM. PSA – Placa Sul-Americana e PA - Placa Africana.

### 3.4.1 Redução ao Pólo Magnético

O Filtro de Redução ao Pólo (FRP) transforma a anomalia magnética como se esta fosse medida no polo magnético, onde a inclinação do campo é de  $90^{\circ}$  e o vetor magnetização é, portanto, vertical. Esta transformação permite que as anomalias sejam centralizadas sobre as suas respectivas fontes, ou estruturas/corpos geológicos). Ou seja, essa técnica transforma as anomalias magnéticas de caráter dipolar em anomalias monopulares (Bello, 2014) (Figura 3.5). O FRP deve ser utilizado apenas em áreas de médias a altas latitudes (Telford *et al.*, 1976).

Apesar dos diversos benefícios ao se usar esse método, existem algumas limitações. Para a aplicação do FRP é preciso ter conhecimento da direção (tanto inclinação como declinação) do vetor de magnetização.



**Figura 3.5:** Exemplo ilustrativo do efeito da Redução ao Pólo sobre a anomalia. A figura da esquerda mostra sem o FRP, e na da direita com FRP (Stanton, 2009).

### 3.5 Dados da COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY) – Limite Continente-Oceano

Para os mapas batimétricos e magnetométricos da Margem Sudeste Brasileira foi utilizada a COB baseada em Kumar *et al.* (2013). Nos mapas batimétricos e magnetométricos da Margem Oeste Africana, a COB utilizada nesta margem foi com base em Gaina *et al.* (2013), Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013).

### **3.6 Elaboração de mapas batimétricos e magnetométricos através do *geosoft Oasis Montaj 8.4***

A partir dos dados de batimetria e magnetometria, apresentados neste trabalho, foi utilizado o *geosoft Oasis Montaj 8.4* para gerar os *grids* e os mapas batimétricos e magnetométricos. Com estes mapas prontos, foram importados os mapas geológicos (do sudeste brasileiro e oeste africano) e com esse produto final foram feitas as identificações das principais feições e interpretações.

### **3.7 Reconstrução das margens conjugadas através do *software GPlates 1.5.0***

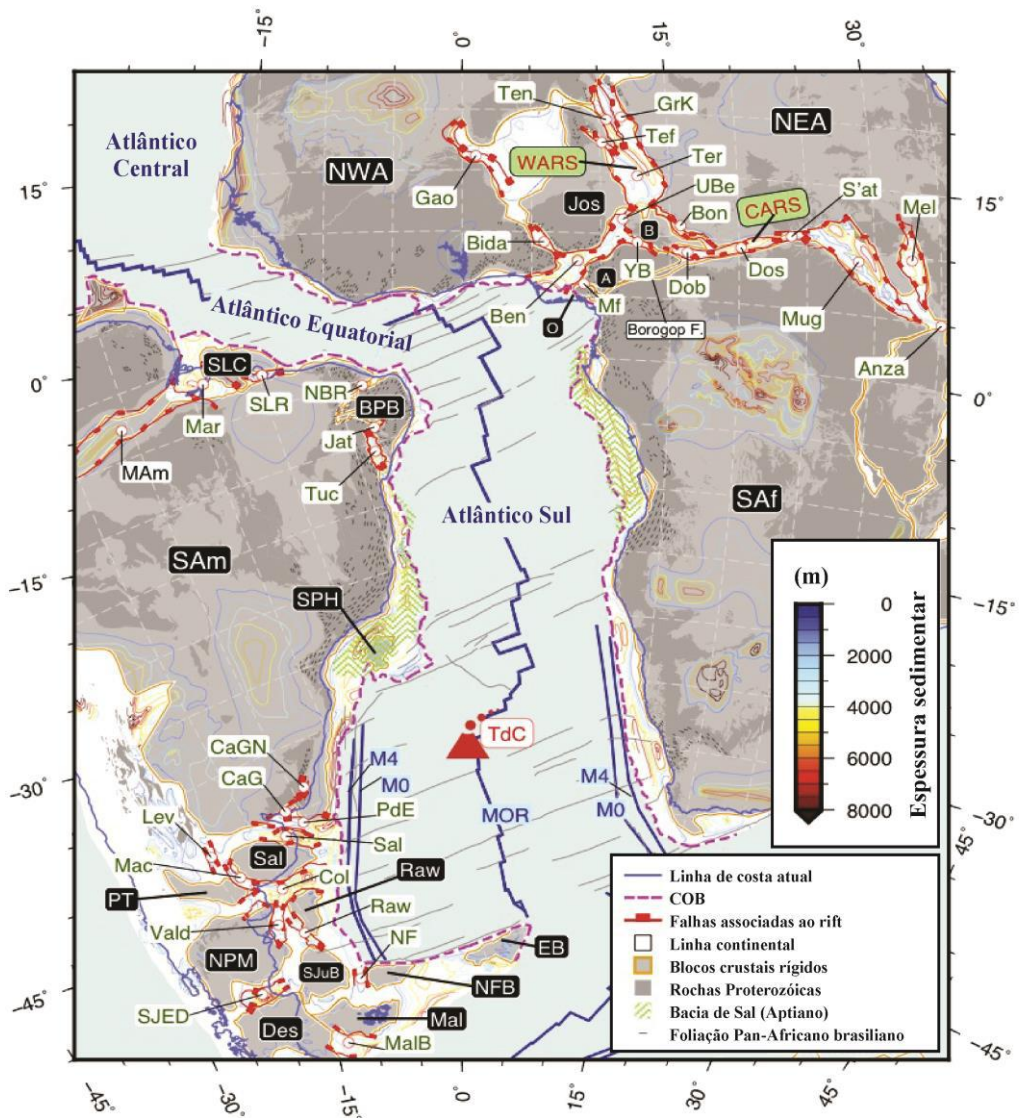
A reconstrução foi feita através do *GPlates* versão 1.5.0., que é um *software* de simulação e visualização da reconstrução das placas tectônicas. Este programa utiliza a identidade das placas tectônicas e sua rotação para calcular uma provável posição em um determinado tempo geológico. Cada feição tectônica (taxa de espalhamento, *hotspot*, etc.) é conectada a uma placa. O software disponibiliza uma biblioteca de dados prontos para serem utilizados, mas que também podem ser editados pelos próprios usuários de acordo com o objetivo do trabalho.

Seton *et al.* (2012) apresenta um modelo de movimento de placas em termos globais, diferenciado dos modelos pré-existentes. Esses modelos pretéritos são dados em três tipos: “atual geologicamente” que é um modelo de movimento das placas atuais baseado em medidas de *GPS*, geodésia espacial ou a combinação das taxas de espalhamento e medidas de *GPS* (Argus e Heflin, 1995); modelo tradicional de tectônica de placas, baseado na interpretação do espalhamento oceânico e dados paleomagnéticos (Scotese *et al.*, 1988; Scotese, 1991; Golonka e Ford, 2000; Schettino e Scotese, 2005; Golonka, 2007; Müller *et al.*, 2008b), e modelos de placas geodinâmicas acopladas baseados na localização dos limites de placas e na heterogeneidade da densidade do manto (Hager e O’Connell, 1981; Lithgow-Bertelloni e Richards, 1988; Conrad e Lithgow-Bertolloni, 2002; Stadler *et al.*, 2010). Dentre os modelos citados acima, o tipo “atual geologicamente” é considerado o modelo mais recente, no entanto ele é limitado na escala do tempo do Plioceno aos dias atuais (Seton *et al.*, 2012). Assim, surgiu uma necessidade da

construção de um novo modelo. Seton *et al.* (2012) criaram uma nova proposta para o movimento das placas tectônicas. Ele consiste em um determinado conjunto de placas dinâmicas que estariam associadas os limites dos continentes, velocidade das placas a partir da quebra continental no Pangea (em torno de 200 Ma) (Gurnis *et al.*, 2012), e tendo a África fixa como referência (Seton *et al.*, 2012), baseado em dados geofísicos marinhos, dados geológicos (*onshore*) e no princípio das placas tectônicas. Dentre os componentes que sustentam esse modelo, existem quatro principais que seriam: a) referência absoluta – descreve o movimento de várias placas tectônicas em relação a uma placa ancorada. As maiores placas tectônicas estão ligadas à África através do espalhamento oceânico (Seton *et al.*, 2012); b) movimento relativo de placas - é a combinação de dados tanto públicos quanto particulares de interpretações de anomalias magnéticas com suas respectivas associações para construir um conjunto de isócronas global (Müller *et al.*, 2008a). As isócronas foram construídas a partir dos *Chronos* (Figura 3.6): 34y (83.5 Ma), M0 (120,4 Ma) e M4 (126,7Ma) (Müller *et al.*, 1997), e foram correlacionadas com os lineamentos do *WDMAM* (Maus *et al.*, 2007), *Emag2* (Maus *et al.*, 2009) e a compilação de anomalias magnéticas feita por Seton *et al.*, (2012); c) polaridade do geomagnetismo em relação à escala do tempo - correlaciona as reversões do campo magnético da Terra (p.ex., o padrão magnético preservado na crosta oceânica) com a sequência bioestratigráfica, variação da órbita da Terra, idade absoluta de estudos radiométricos e interpolação da taxa de espalhamento do assoalho oceânico (Seton *et al.*, 2012); d) placas tectônicas em função do tempo – é a construção de polígonos de placas tectônicas a partir do limite das placas, localização e o tempo, que é determinado pelo limite de placas nos dias atuais (Bird, 2003).

O novo modelo proposto está relacionado a um grande intervalo na escala do tempo geológico; e para cada região do globo ele apresenta uma particularidade no movimento e são analisados cuidadosamente por Seton *et al.* (2012). No Atlântico Sul, a África e América do Sul foram divididas pelas bacias sedimentares do Jurássico-Cretáceo. Para reduzir as sobreposições e buracos entre esses continentes, elas foram deformadas internamente de modo que pudessem ser mais bem ajustada na reconstrução (Eagles, 2007; Torsvik *et al.*, 2009; Moulin *et al.*, 2010). Essas sobreposições e lacunas já vinham sendo discutidas e revisadas

também por outros autores (Torsvik *et al.*, 2009, por exemplo), entretanto, não há um modelo que restaure com precisão as lacunas de crosta ou superposição de terrenos, pois a análise geométrica não leva em conta os processos cinemáticos e dinâmicos da evolução da margem (Torsvik *et al.*, 2009).



**Figura 3.6:** Reconstrução para 83.5 Ma (anomalia magnética C34) com a placa africana fixada (Heine *et al.*, 2013)



### 3.7.1 Dados da reconstrução

Os dados usados para a rotação do presente trabalho foram obtidos através da Seton *et al.* (2012). Os dados utilizados para a linha de costa das Placas Sul Americana e Africana foram simplificados (Seton *et al.*, 2012), os dados originais são do *Global Self-Consistent Hierarchical High-Resolution Geography* (GSHHG), versão 2.3.3. As isócronas do espalhamento oceânico, que representam recorrentes intervalos regulares e iguais de tempo, foram feitas baseadas nos trabalhos de Müller *et al.* (2008). A escala de tempo destas feitas por Seton *et al.* (2012) baseadas em Cande e Kent (1995) e Grandstein *et al.* (1994). As linhas de fluxo (*flowlines*) usadas na reconstrução regional são de Seton *et al.* (2012). A COB disponível na pasta de dados do *GPlates* é uma versão antiga de Seton *et al.* (2012), logo foi editada no *Gplates* para uma versão mais recente (Item 3.5) especificamente na área de estudo. As *shapes* de linhas da linha de costa e da COB, já editadas, foram exportadas para o *software ArcGis* e georreferenciadas novamente. Neste *software*, foi feito um corte, para cada área de estudo, na *shape* exportada. Essa área recortada foi transformada em um único polígono, para cada área, contendo os limites das linhas de costa e COB, para ambas as áreas. Esse novo polígono foi exportado para o *GPlates* e conectado as imagens das áreas de estudos, também georreferenciadas, para fazer a reconstrução.

# Capítulo 4

## RESULTADOS

### 4.1 Características Magnéticas das Margens Sudeste Brasileira e Oeste Africana

As figuras 4.1, 4.2 e 4.3 mostram a margem sudeste brasileira. No continente, ao redor do Cráton São Francisco, destacam-se anomalias positivas alongadas, que variam de média à alta intensidade (~50 – 85 nT) que podem estar caracterizando a tectônica da área como, por exemplo: as zonas de cisalhamento e falhas de empurrão que separam os terrenos da Faixas Brasília e Ribeira, e o Cráton do São Francisco. A porção do Cráton São Francisco que é vista no mapa, está representada por baixos magnéticos, predominantemente, mas que ao norte podem-se observar anomalias positivas de alta intensidade que podem ser a expressão das sequências de *greenstone belts* do Rio das Mortes (Ávila *et al.*, 2010). A Bacia do Paraná tem grande representatividade das anomalias positivas que pode estar relacionado ao magmatismo Paraná-Etendeka (Figura 2.4) (White e McKenzie, 1989).

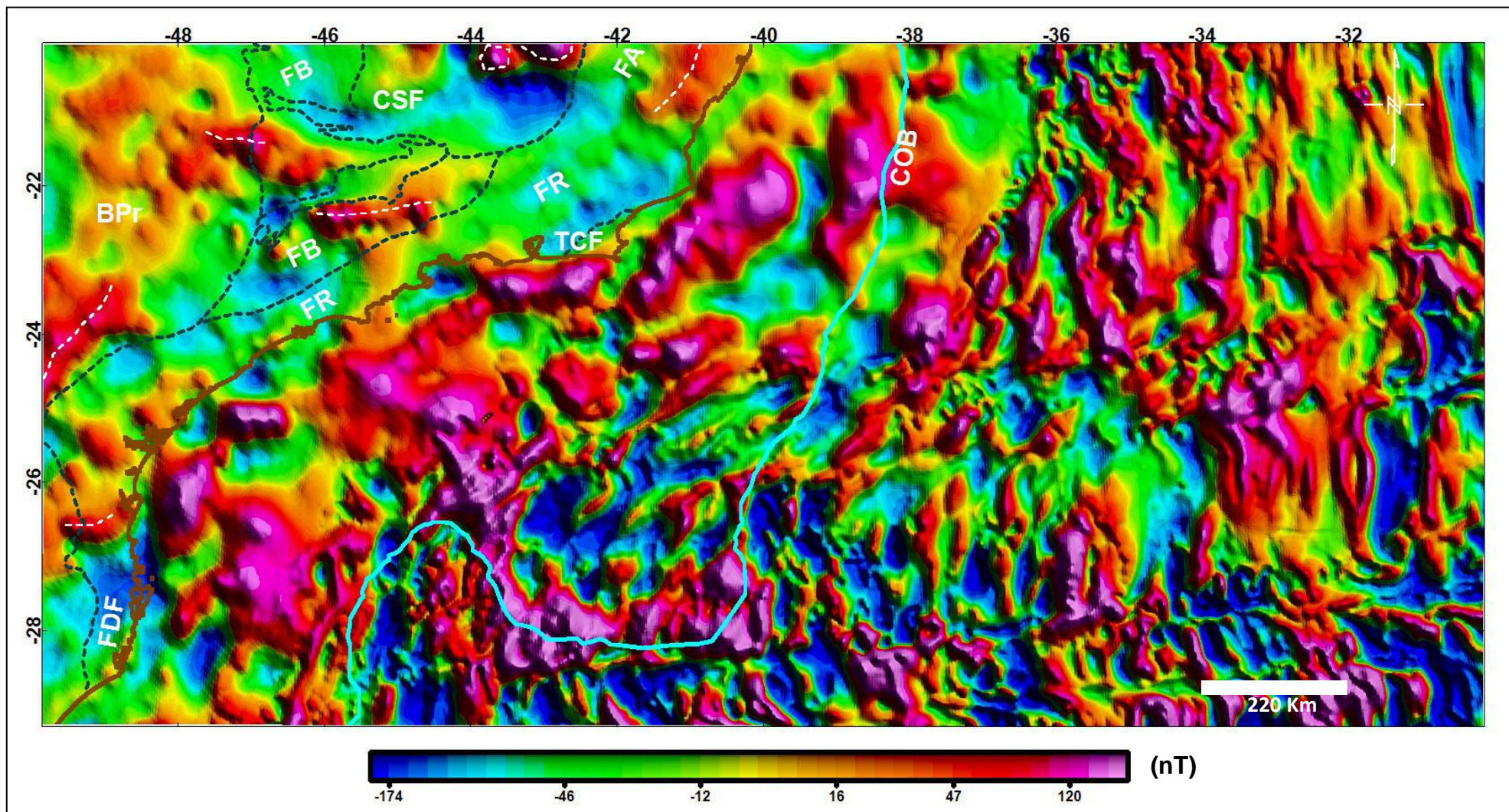
Na margem, pode-se observar que as anomalias positivas tem intensidade variando de 63 a 130 nT, e as anomalias negativas variam de -92 a -16 nT, com exceção da região próxima à Dorsal de São Paulo, localizada na Bacia de Santos. Neste local, o baixo magnético tem o seu ponto de intensidade mais baixo em aproximadamente -170 nT, que provém da Zona de Fratura Oceânica do Rio de Janeiro (Figura 4.3). A Dorsal de São Paulo é uma cadeia vulcânica que está situada entre as latitudes -44° e -40°W, próximo a COB, e é representada por uma notável anomalia magnética positiva de alta intensidade (Figura 4.3). As anomalias na margem são lineares, em sua maioria, porém podem-se observar algumas anomalias positivas com padrão aparentemente semicircular. Esse padrão é devido à resolução dos dados regionais. A maioria das anomalias apresenta uma direção preferencial NE-SW. As anomalias que estão mais próximas à linha de costa seguem a direção preferencial do padrão estrutural dos diques e terrenos geológicos que são observados no continente, NE- SW, mas que apresentam uma inflexão E-W

próximo ao Terreno Cabo Frio, que é concordante também as direções estruturais do continente. Essas anomalias formam largos núcleos positivos, e os núcleos negativos têm tamanhos variando de pequeno ao médio. Mais próximo à COB, adjacente à Dorsal de São Paulo, pode-se observar algumas anomalias de alta intensidade, curvilíneas. Devido à região dessas anomalias supracitadas estarem situadas entre às Zonas de Fratura Martins Vaz e do Rio de Janeiro, possivelmente esse padrão curvado pode estar relacionado a uma deflexão local. O padrão das anomalias próximo à Dorsal de São Paulo entre a Bacia de Santos e o Alto do Cabo Frio é muito parecido com o padrão observado na crosta oceânica. As Bacias de Campos e Santos estão representadas, em sua maioria, por baixos magnéticos, próximos à COB entre  $-22^{\circ}\text{S}$  e  $-24^{\circ}\text{S}$ , e  $-26^{\circ}\text{S}$  e  $-28^{\circ}\text{S}$ , respectivamente. No entanto, a intensidade das anomalias negativas em Santos apresentam um valor mais negativo, variando de  $-170$  à  $-63$  nT, enquanto na Bacia de Campos varia em torno de  $-100$  à  $-35$  nT. Além disso, também se podem observar grandes núcleos com picos positivos e circulares, em ambas as bacias, que chegam até a intensidade de aproximadamente  $130$  nT entre  $-22^{\circ}\text{S}$  e  $-24^{\circ}\text{S}$ , e  $-26^{\circ}\text{S}$  e  $-28^{\circ}\text{S}$ , representando o magmatismo que ocorre nas duas regiões. O Alto do Cabo Frio está representado por anomalias positivas e de alta intensidade (Figura 4.3). A direção preferencial dessas anomalias é ortogonal à direção de extensão, NW-SE, obedecendo à tectônica de formação.

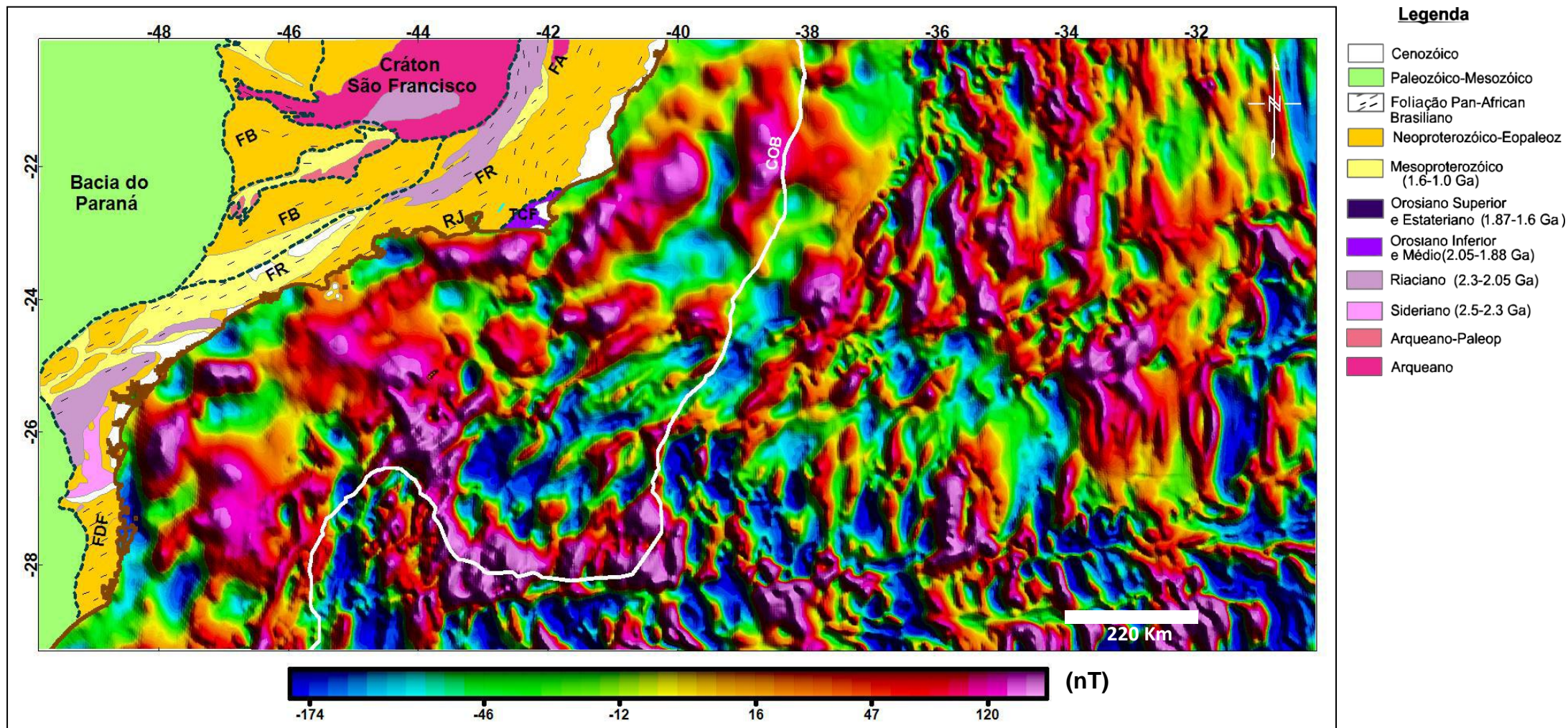
Na região *offshore*, depois da COB, a partir de  $-36^{\circ}\text{E}$ , o padrão das anomalias muda. As anomalias se tornam mais lineares, alongadas e intercaladas, anomalias positivas e negativas, representando o padrão do assoalho oceânico. Esse padrão costuma ser mais linear e organizado, porém devido essa região ser uma zona gerada no período conhecido como Zona Calma do Cretáceo (Atwater *et al.*, 1993) onde não houve inversão do pólo magnético terrestre, não há anomalias positivas adjacentes às negativas, logo a linearidade é menos aparente.

Na região acima da Zona de Fratura Oceânica do Rio de Janeiro, observam-se anomalias positivas, alongadas e estreitas, de alta intensidade, com padrão de direção NNE-SSW entre  $-36^{\circ}$  e  $-34^{\circ}\text{E}$ , que são concordantes com a direção das anomalias na margem e das estruturas no continente, mas que após essa latitude vão mudando de direção gradualmente para NNW-SSE. Entre as latitudes  $-22^{\circ}$  e  $-28^{\circ}\text{E}$  pode-se observar um padrão secundário com direção E-W que está

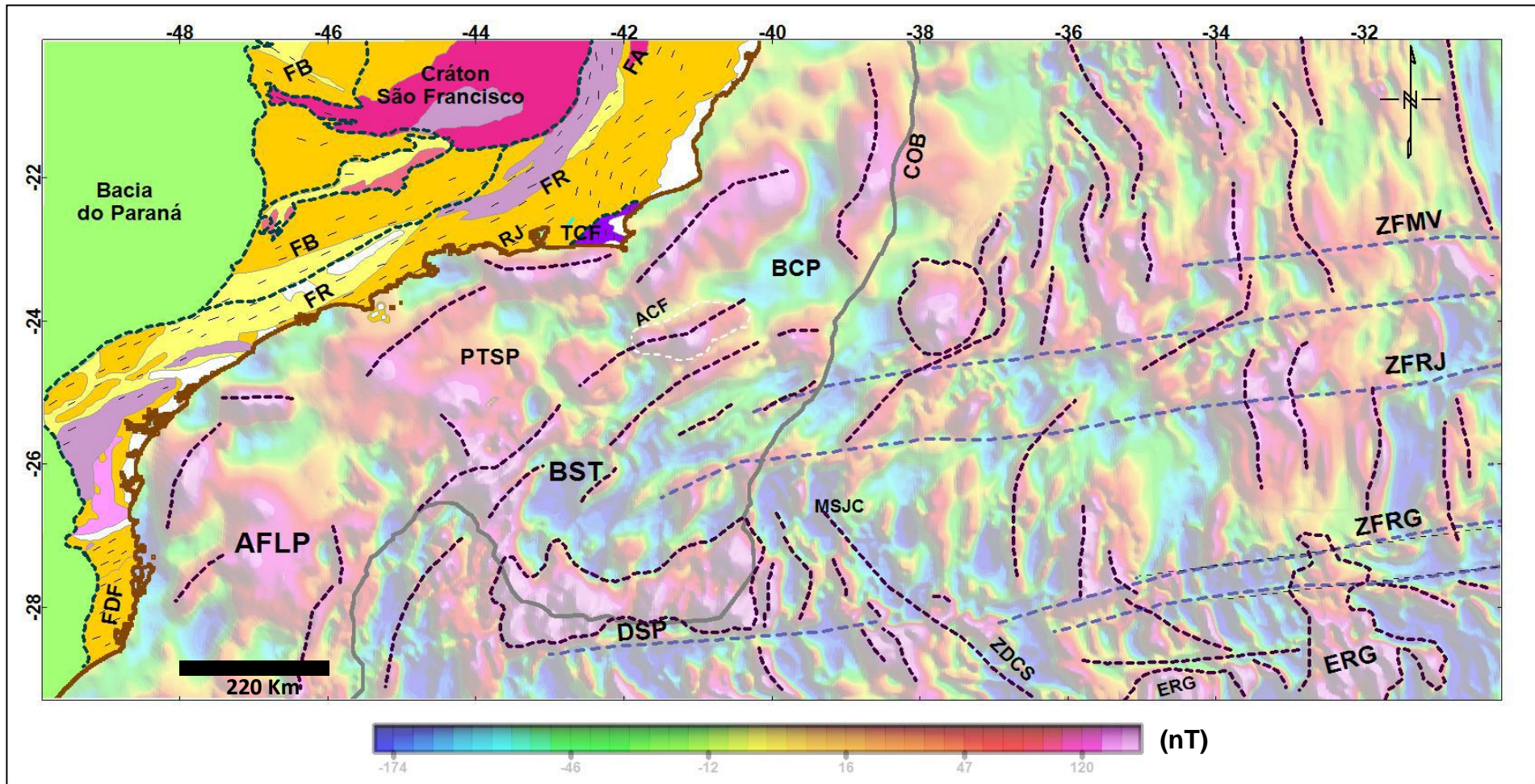
caracterizado pelas Zonas de Fratura Martins Vaz, Rio de Janeiro e Rio Grande. Ao sul da Zona de Fratura Oceânica do Rio Grande, em torno de  $-28^{\circ}\text{S}$ , nota-se anomalias positivas circulares de alta intensidade, em torno de 120 nT que representam o alto estrutural conhecido como Elevação do Rio Grande (Figura 4.3).



**Figura 4.1:** Mapa de anomalias magnéticas com dados do Emag2, à 4 Km de altitude, reduzido ao pólo. Linha azul claro – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Limite Continente-Oceano) (Kumar *et al.*, 2013). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linha pontilhada azul-escuro (continente) - terrenos geológicos (modificado de Stanton, 2009). Linhas brancas pontilhadas – interpretação. CSF – Cráton São Francisco; BPr – Bacia do Paraná; FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuai; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano e TCF – Terreno Cabo Frio.



**Figura 4.2:** Mapa de anomalias magnéticas com dados do Emag2, à 4 Km de altitude, reduzido ao pólo. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016) . Linha branca - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Limite Continente-Oceano) (Kumar *et al.*, 2013). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linha pontilhada azul-escuro (continente) - terrenos geológicos (modificado de Stanton, 2009). FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro e TCF – Terreno Cabo Frio;

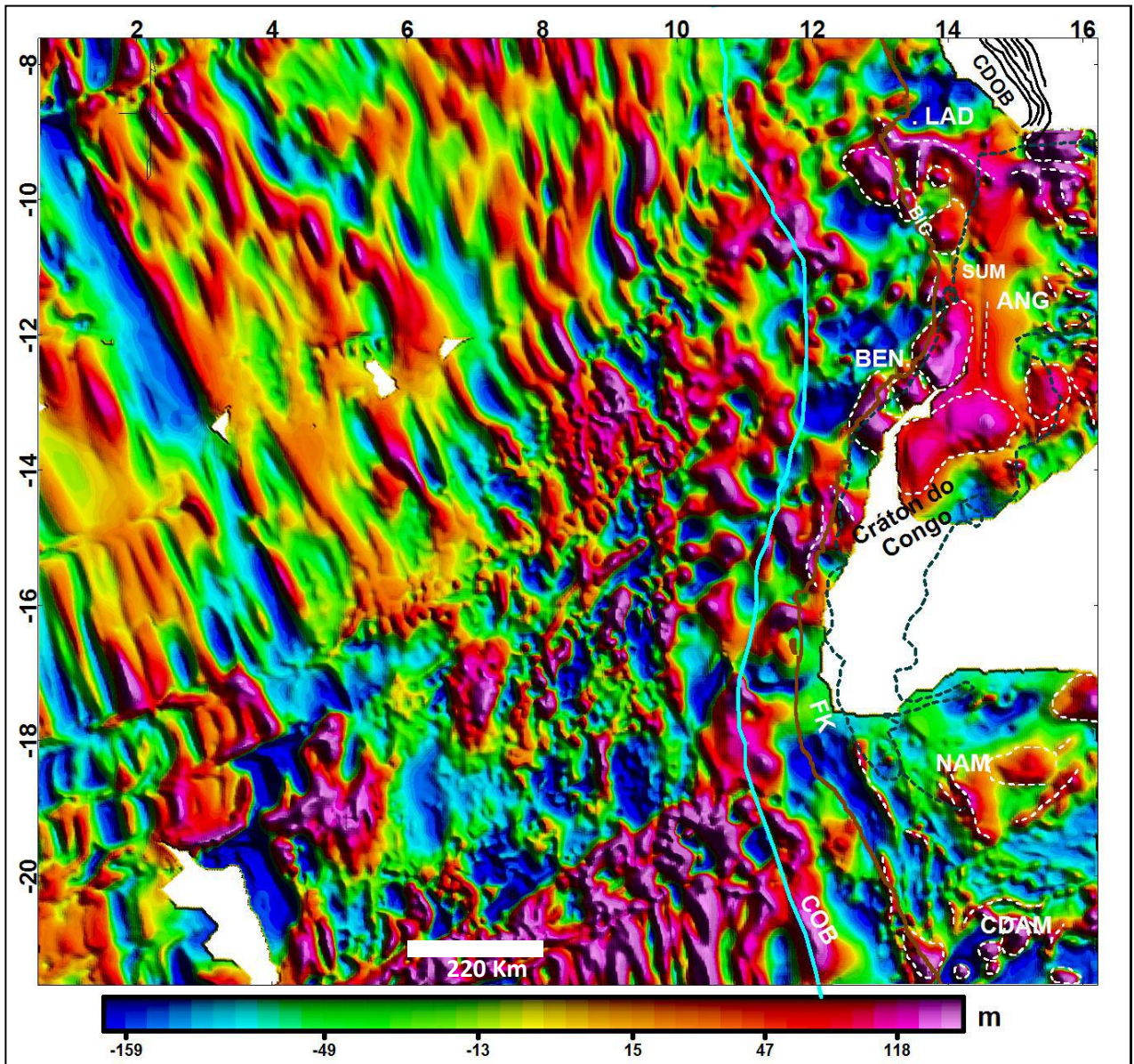


**Figura 4.3:** Mapa interpretado de anomalias magnéticas na região sudeste brasileira, mostrando as principais feições observadas. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016) . Linha cinza - COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Limite Continente-Oceano) (Kumar *et al.*, 2013). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linhas pontilhadas lilás - Zonas de Fratura. Linha pontilhada azul-escuro (continente) - terrenos geológicos (modificado de Stanton, 2009). FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; CVT – Cadeia Vitória Trindade; BCP – Baía de Campos; ACF – Alto do Cabo Frio; PTSP – Platô de São Paulo; BST – Baía de Santos; AFLP – Alto de Florianópolis; DSP – Dorsal de São Paulo; MSJC – Montes Submarinos Jean Chacort; ZDCS – Zona de deformação Cruzeiro do Sul; EGR – Elevação do Rio Grande; ZFMV – ZF Martins Vaz; ZFRJ – ZF Rio de Janeiro; ZFRG – Zona de Fratura Rio Grande do Sul.

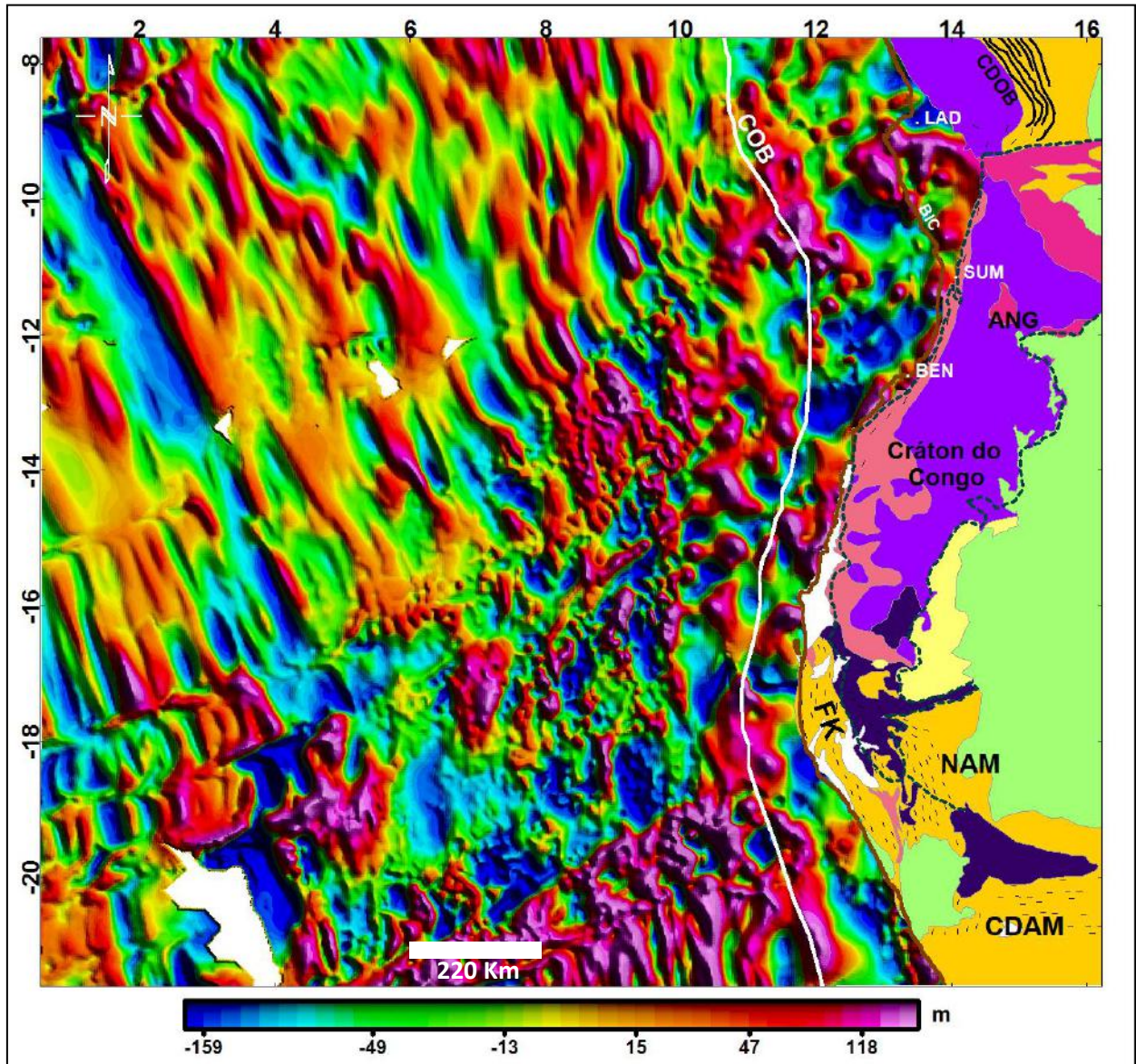
Na área de estudo da margem oeste africana (Figuras 4.4, 4.5 e 4.6), no continente, ao sul do Cinturão de Dobramento Oeste Congo, nota-se uma anomalia positiva, de alta intensidade, semicircular, com direção E-W, que marca a Zona de Transferência de Luanda (Cramez *et al.*, 2000) (Figura 4.4). Abaixo da anomalia citada, notam-se duas anomalias positivas, também de alta intensidade, com direção perpendicular à esta, NNW-SSE, que corresponde a direção geral das anomalias nessa região. Entre as latitudes 8°S e 12°S encontra-se a Bacia Interna de Cuanza, dentro dos limites dessa bacia, onde é possível notar algumas anomalias positivas, circulares, que podem estar associadas aos altos estruturais Morro Liso, Cabo Ledo e Cacucaco (Hudec *and* Jackson, 2002) (Figura 4.4). O Cráton do Congo não está representado ao todo no mapa, porém a parte que pode ser vista é caracterizada por grandes anomalias positivas, de média à alta intensidade e, anomalias negativas com intensidade em torno de -37 nT que não são tão predominantes. Ao sul, na Namíbia, notam-se anomalias tanto positivas como negativas, com padrão curvilíneo, que podem ter esse formato devido a presença da Faixa Móvel Kaoko e do Cinturão Móvel do Damara (Porada, 1989) (Figura 4.4).

Na margem, de modo geral, as anomalias positivas tem um padrão de direção NW-SE. Próximo à região de Luanda, na borda norte e sul da Bacia Interna de Cuanza, notam-se anomalias positivas, semicirculares e de alta intensidade, que podem estar associadas às Plataformas Flamingo, Ametista e Benguela (Hudec e Jackson, 2002). Nas latitudes -10° e -11°S, próximo à COB, nota-se uns picos com intensidade variando de 85 à 120 nT que podem estar associados ao magmatismo que ocorreu no Sumbe (Figura 4.5) num período pós-rifte (Cahen *et al.*, 1984; Walgenwitz *et al.*, 1990; Marzoli *et al.*, 1999). Próximo ao Sumbe está a Bacia de Benguela, representada, na sua grande maioria, por um baixo magnético, de -159 nT, e com algumas anomalias positivas de intensidade próxima à 130 nT, que são representadas pelos montes submarinos, ou trend do Sumbe também pós-rifte (Lentini *et al.*, 2010). A Bacia da Namíbia se encontra mais ao sul e assim como a Bacia de Cuanza e Benguela, ela está representada por uma anomalia negativa, de modo geral, no entanto com intensidade mais suave, próximo à -120 nT e também como picos positivos representando o magmatismo que ocorre na região. Entre -18°S e -22°S, ainda na margem, pode-se notar parte da feição das cadeias vulcânicas conhecidas como Walvis Ridge (White e McKenzie, 1989).





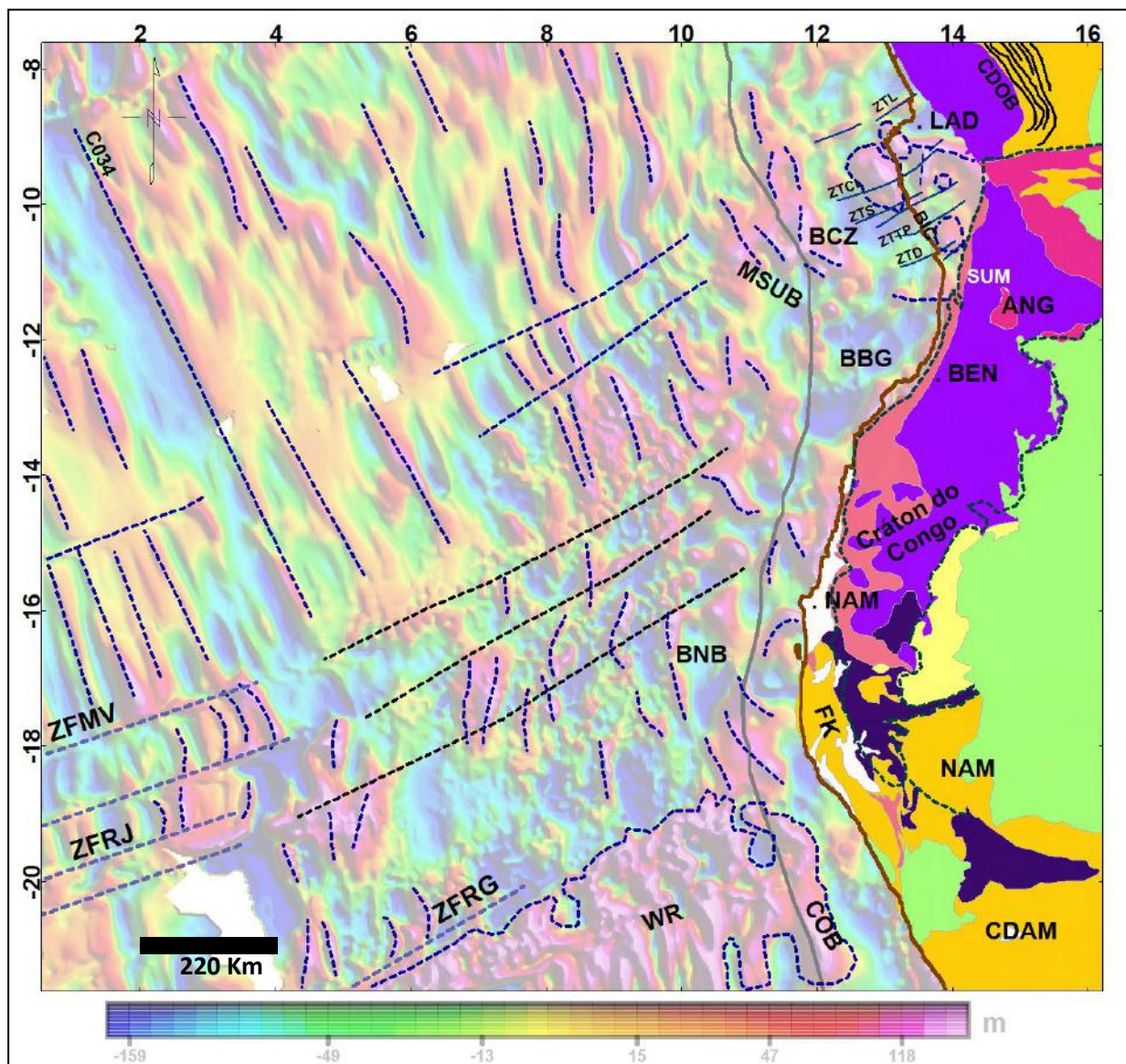
**Figura 4.4:** Mapa de anomalias magnéticas com dados do Emag 2, à 4 Km de altitude, reduzido ao pólo. Geologia do continente (Schmitt *et al.*, 2016). Linha azul claro – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Limite Continente-Oceano) (Gaina *et al.*, 2013; Müller *et al.*, 2008a; Heine *et al.*, 2013). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linhas brancas pontilhadas – interpretação; Linha pontilhada azul-escuro (continente) - limite inferido do Cráton do Congo. CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara e BIC - Bacia Interna de Cuanza.



#### Legenda

Cenozóico	Orosiano Superior e Estateriano (1.87-1.6 Ga)
Paleozóico-Mesozóico	Orosiano Inferior e Médio (2.05-1.88 Ga)
Foliação Pan-African Brasileiro	Ríaciano (2.3-2.05 Ga)
Neoproterozóico-Eopaleoz	Sideriano (2.5-2.3 Ga)
Mesoproterozóico (1.6-1.0 Ga)	Arqueano-Paleop
	Arqueano

**Figura 4.5:** Mapa de anomalias magnéticas com dados do Emag 2, à 4 Km de altitude, reduzido ao pólo. Geologia do continente (Schmitt *et al.*, 2016). Linha branca – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano) (Gaina *et al.*, 2013; Müller *et al.*, 2008a; Heine *et al.*, 2013). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linha pontilhada azul-escuro (continente) - limite inferido do Cráton do Congo. CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara e BIC – Bacia Interna de Cuanza.



**Figura 4.6:** Mapa interpretado de anomalias magnéticas na região oeste africana, mostrando as principais feições observadas. Geologia do continente (Schmitt *et al.*, 2016). Linha branca – COB (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano) (Gaina *et al.*, 2013; Müller *et al.*, 2008a; Heine *et al.*, 2013). Linha pontilhada azul claro - limite do sal aptiano (Moulin *et al.*, 2005). Linha marrom - linha de costa (Seton *et al.*, 2012). Linhas pontilhadas pretas - Zonas de Fratura. A linha pontilhada azul-escuro (continente) - limite inferido do Cráton do Congo. CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza; ZTL – Zona de Transferência de Luanda; ZTCL – ZT de Cabo Ledo; ZTS – ZT São Braz; ZTTP – ZT Três Pontas; ZTD – ZT Denda; MSUB – Montes Submarinos Cuanza; ZFMV – ZF Martins Vaz; ZFRJ – ZF Rio de Janeiro e ZFRG – ZF Rio Grande.

Na crosta oceânica, de modo geral, as anomalias têm um padrão de direção NNW-SSE, são mais lineares, porém assim como foi dito anteriormente, o padrão de crosta oceânica costuma ser mais linear e organizado, mas que devido a essa região ser uma zona gerada no período conhecido como Zona Calma do Cretáceo (Atwater *et al.*, 1993) o padrão linear é menos claro. Entre as latitudes 2° e 5°W, acima da ZF Martins Vaz, se encontra a Anomalia C34 (Figura 4.6) que marca o fim do período do Super *Chron*. Acima da ZF Martins Vaz, em torno das latitudes 8° e 11°N, é possível notar suaves deslocamentos transversais que podem ser o prolongamento das Zonas de Transferência (ZT) que foram mapeadas na Bacia Interna de Cuanza (ZT Cabo Ledo, ZT São Braz, ZT Três Pontas e ZT Denda) (Hudec *and* Jackson, 2002) (Figura 4.6). Ao sul de 14°S até a ZF Rio Grande, as anomalias mudam de orientação para NNE-SSW.

Ainda na crosta oceânica, próximo às ZFs Martins Vaz e Rio de Janeiro, as anomalias se encontram num padrão mais desordenado (Figura 4.6). Isso pode ser devido ao fato desta ser uma área onde não se tem cobertura suficiente de dados. Nessa área as anomalias positivas são lineares e com intensidade variando de 24 a 120 nT. Em torno de 18°S nota-se uma larga e extensa anomalia positiva, de intensidade 120 nT, aproximadamente, que corresponde à feição vulcânica conhecida como Walvis Ridge (White e McKenzie, 1989).

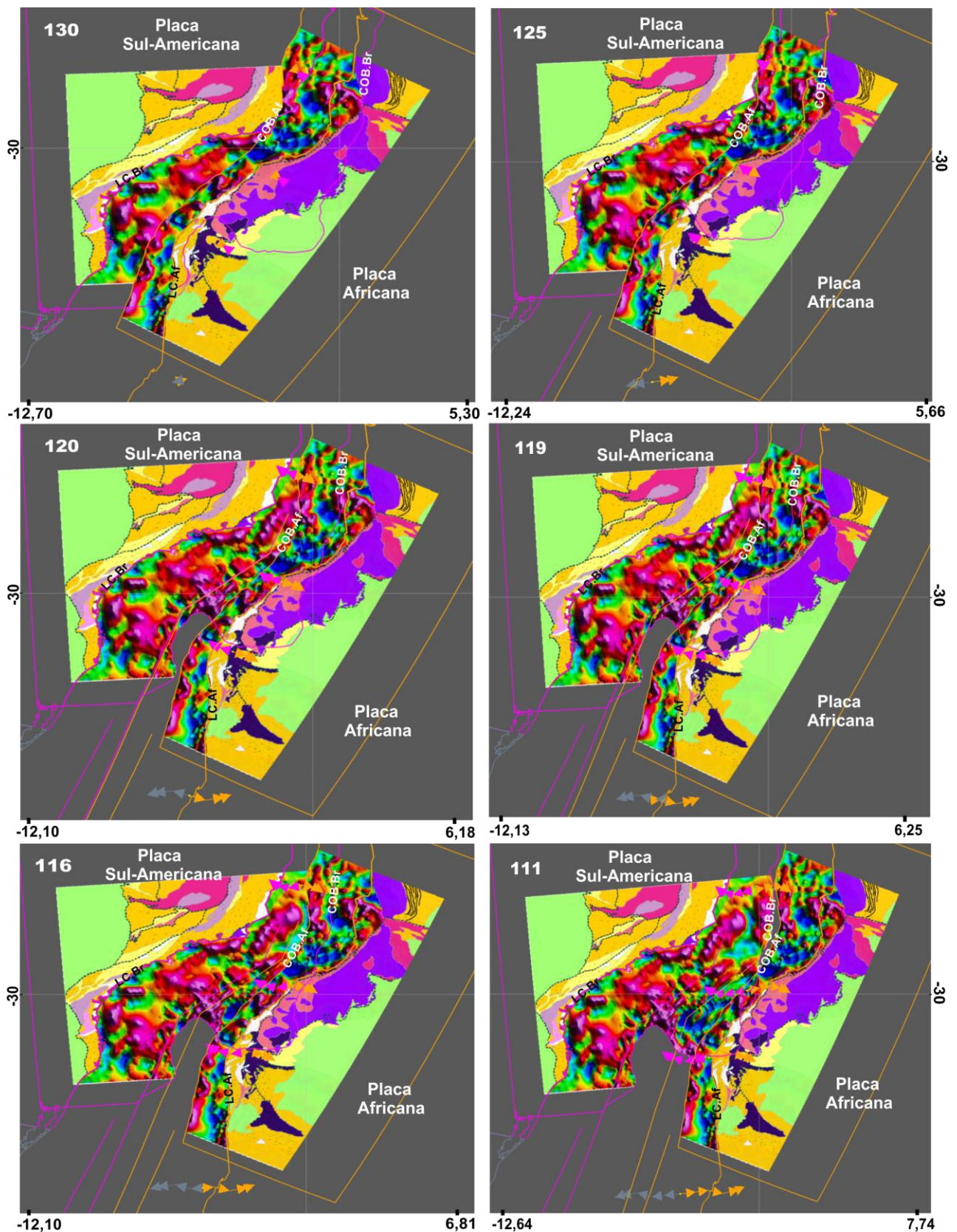
## 4.2 Reconstrução

Para a análise regional (Figuras 4.7 e 4.8) da reconstrução das margens conjugadas, dentro do intervalo 130-111 Ma, foram selecionados seis períodos (130, 125, 120, 119, 116 e 111 Ma), de acordo com a variação no padrão de velocidade e/ou direção do movimento relativo das placas; já para a análise em detalhe (Figuras 4.9; 4.10; 4.11 e 4.12), foram escolhidos quatro períodos (130, 120, 116 e 111 Ma) mais representativos dentre os selecionados anteriormente.

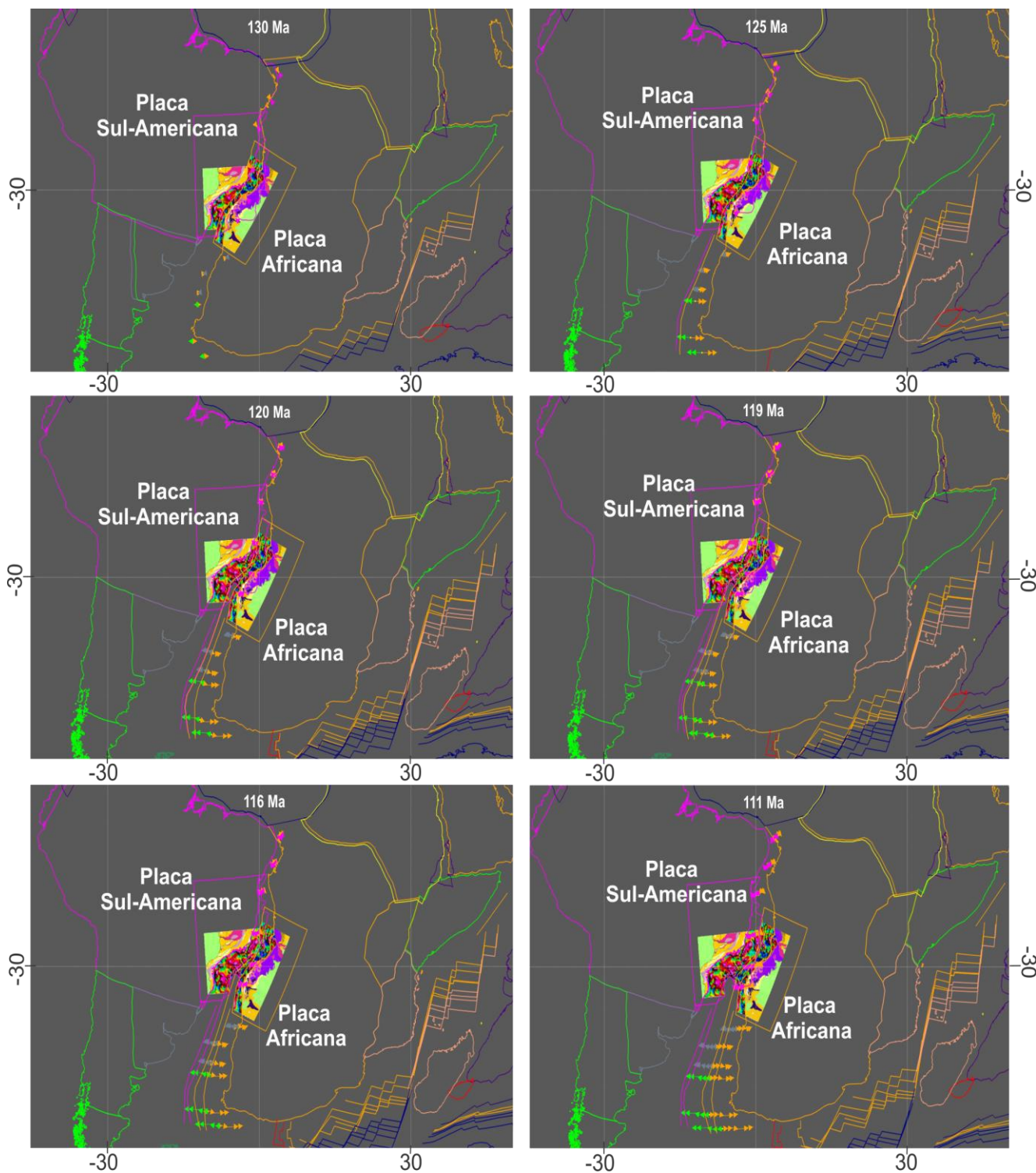
### 4.2.1 Reconstrução regional

Entre o intervalo 130-120 Ma (Figura 4.7), nota-se uma direção extensional NW-SE, e o movimento geral das placas vão de sul para norte (Figura 4.8). Nesse

intervalo se observa que ambas as placas, sul-americana e africana, rotacionam e se deslocam em direção ao norte. No entanto, entre 119-116 Ma (Figura 4.7) a placa sul-americana começa a se deslocar para o sul novamente, enquanto a placa africana continua a se deslocar em direção ao norte (Figuras 4.8). A direção da rotação regional é de WNW-ESE até aproximadamente 116 Ma, quando as placas ainda estão bem sobrepostas na região norte da área de estudo (Figura Figura 4.7). Em seguida, a rotação muda para ENE-WSW até 111 Ma, quando se estima que ocorreu a ruptura da margem no segmento conjugado Campos-Cuanza. A partir disto, o movimento segue preferencial E-W com maior velocidade de expansão.



**Figura 4.7:** Reconstrução, em escala regional, das margens conjugadas. As setas mostram a direção do deslocamento das placas (Seton *et al.*, 2012), setas rosa e cinza – referentes à Placa Sul-Americana; setas laranja – referentes à Placa Africana. COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia). As retas, ao sul das imagens, representam as isócronas (Seton *et al.*, 2012).



**Figura 4.8:** Reconstrução, em escala regional, das margens conjugadas. As setas mostram a direção do deslocamento das placas (Seton *et al.*, 2012), setas rosa e cinza – referentes à Placa Sul-Americana; setas laranja – referentes à Placa Africana. As retas, ao sul das imagens, representam as isócronas (Seton *et al.*, 2012).

#### 4.2.2 Reconstrução para 130 Ma

A figura 4.9 mostra a total sobreposição das margens, tanto na reconstrução da esquerda (Placa Sul-Americana por cima) quanto na da direita (Placa Africana por cima), esta superposição é devido ao estiramento crustal. Neste período as margens ainda não tinham se formado.

#### 4.2.3 Reconstrução para 120 Ma

Neste período a porção sul começa a separar, e a crosta oceânica começa a se formar (Figura 4.10). Na região central, um pouco abaixo de 30°S, nota-se um grande deslocamento das placas em relação à figura anterior (Figura 4.9), indicando provável aumento significativo da velocidade. Ao norte, já se pode observar a margem começando a aparecer em ambos os lados. Na região das Bacias de Campos e Cuanza se observam anomalias positivas que parecem ter sido formadas no mesmo período.

#### 4.2.4 Reconstrução para 116 Ma

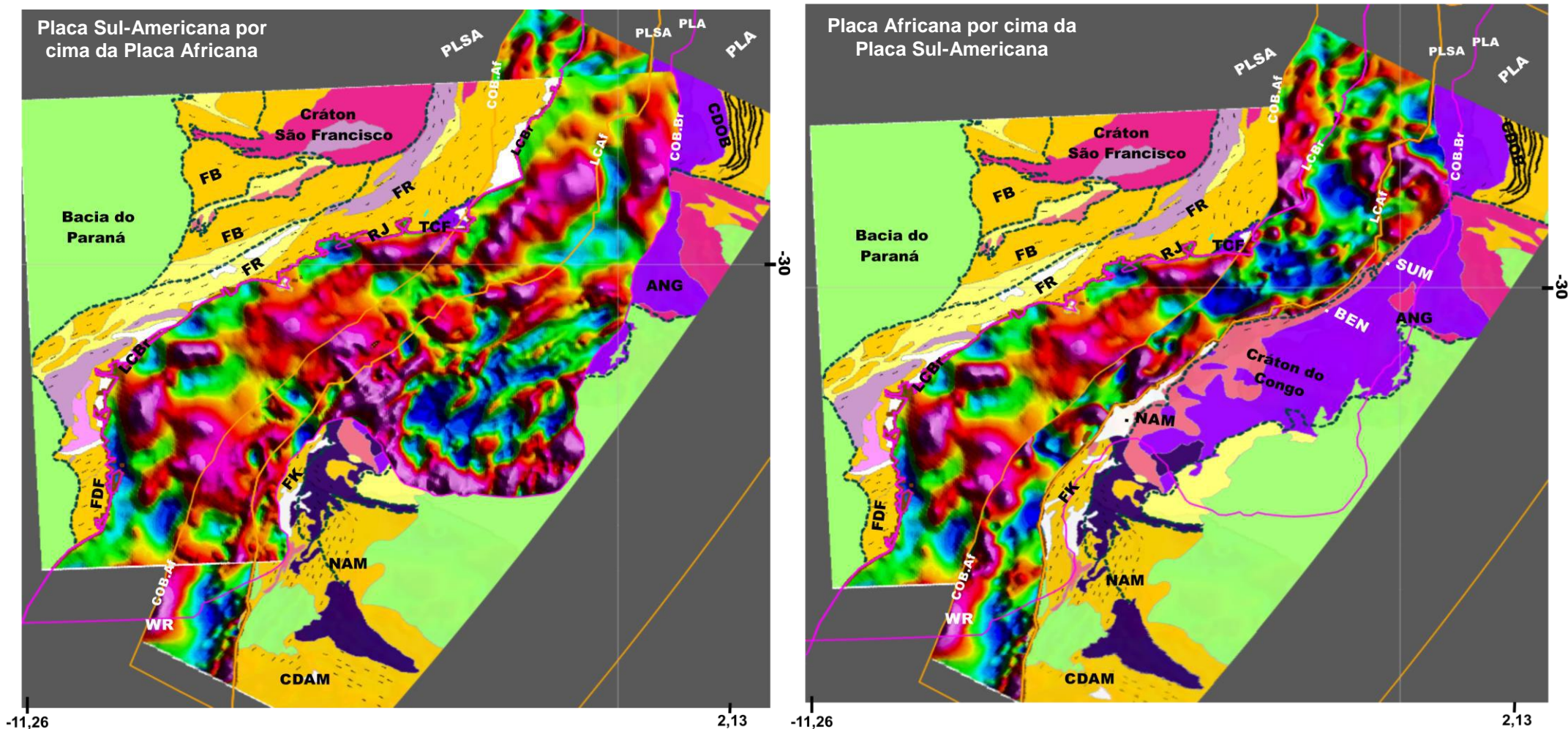
Na porção sul, as margens já estão mais afastadas neste período. A região central teve um pequeno deslocamento em relação à reconstrução anterior (Figura 4.10). Este pode ser um indício de que para este intervalo (120-116 Ma), a velocidade de deslocamento das placas tectônicas tenha diminuído. Ao norte, as margens ainda não se separaram e apresentam algumas anomalias semelhantes em intensidade, forma e direção (Figura 4.11).

#### 4.2.5 Reconstrução para 111 Ma

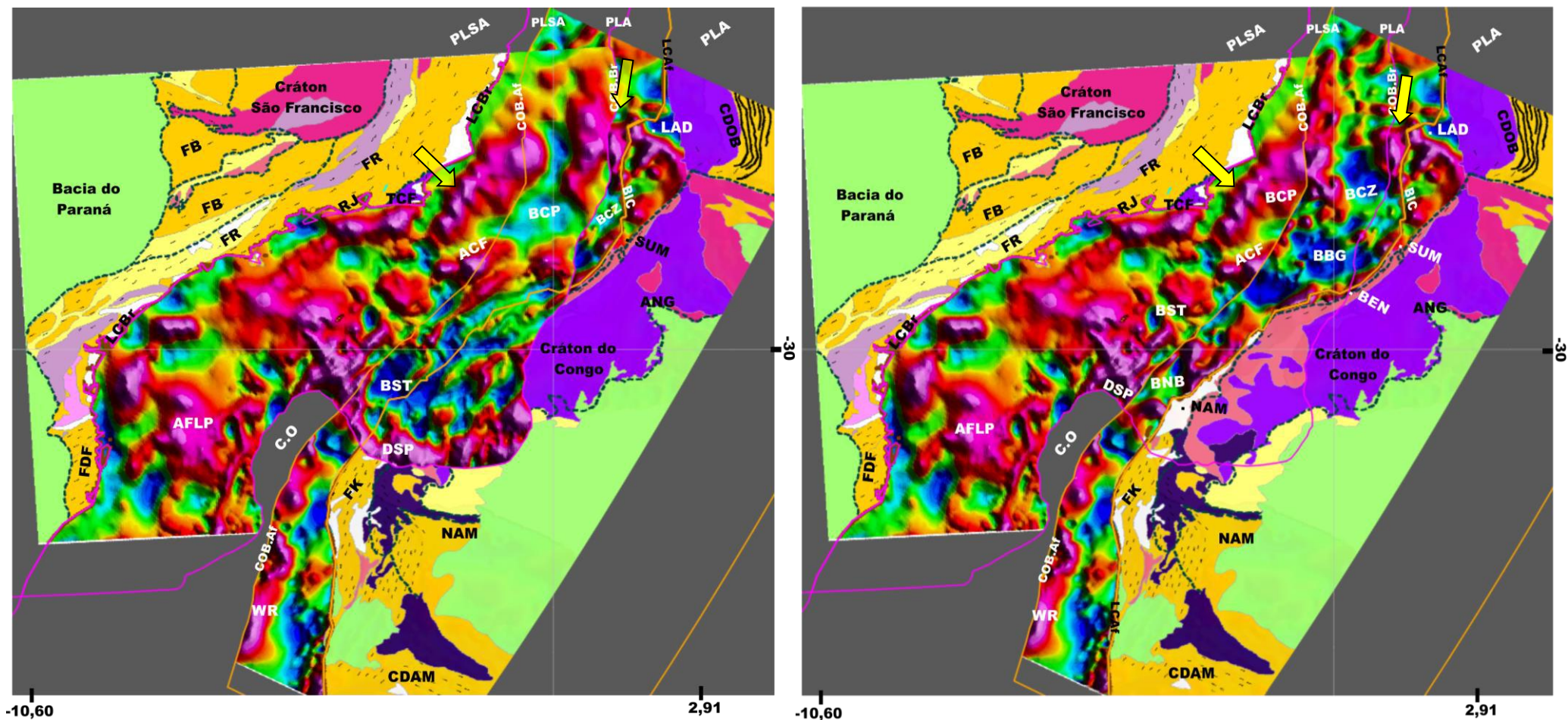
As margens já estão bem afastadas na região sul (Figura 4.12). A região central se deslocou mais em relação à reconstrução anterior (Figura 4.11), indício de que possivelmente a velocidade tenha aumentado novamente. Na região Campos-Cuanza ocorre a quebra deste segmento, e se inicia a ruptura do segmento Santos-Benguela. As anomalias com padrão curvado, nas áreas das Bacias de Santos,



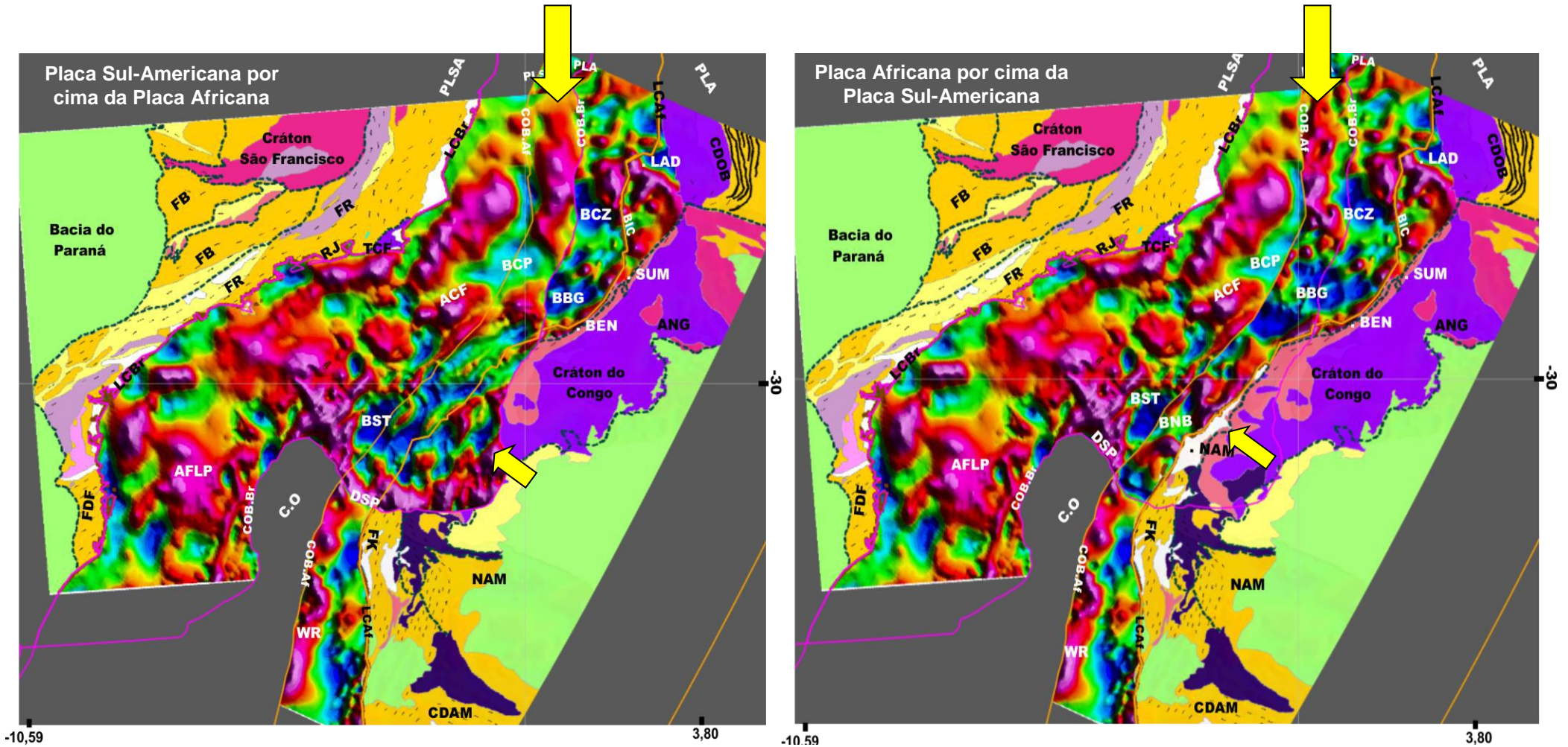
Campos, Benguela e Cuanza, em ambas as margens parecem se conectar (Figura 4.12), sendo uma possível zona de fratura. Além disso, também se observam anomalias com *trends* E-W (Figuras 4.11 e 4.12).



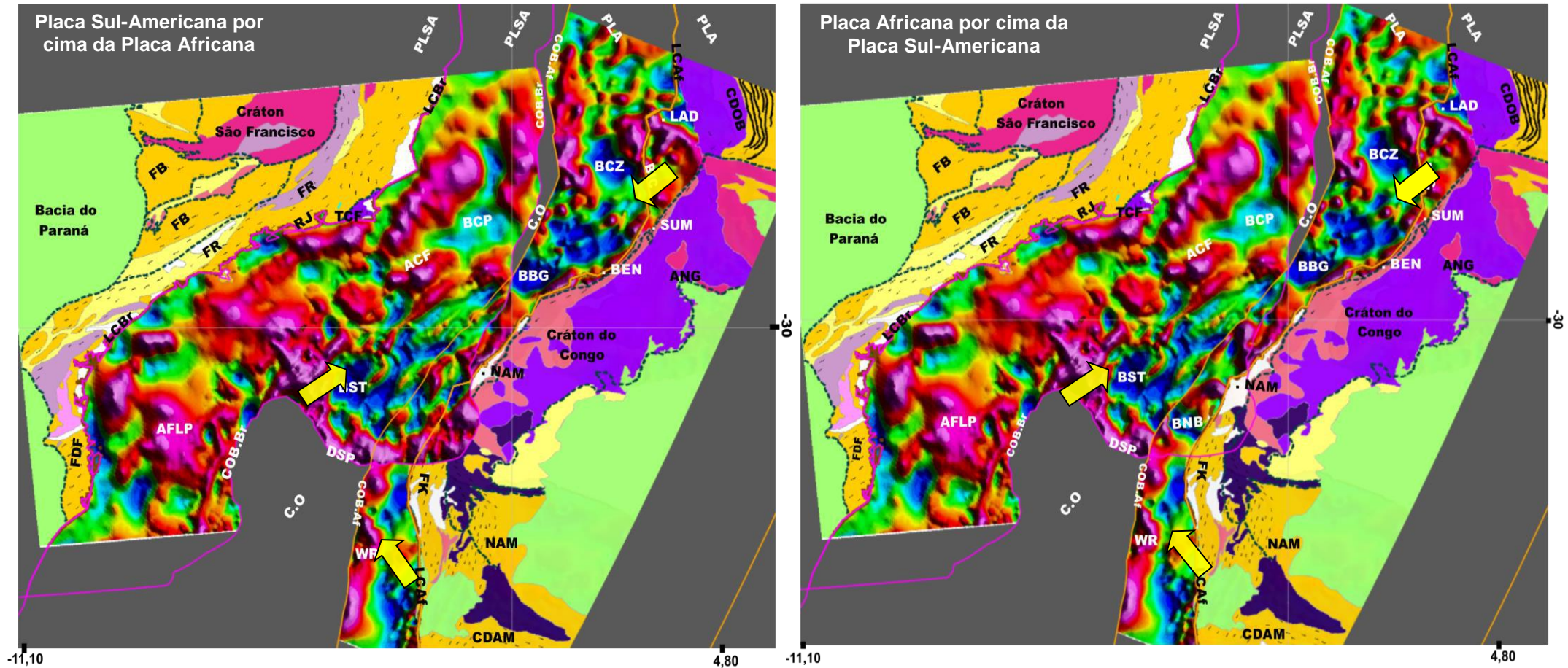
**Figura 4.9:** Reconstrução para 130 Ma. Nesta configuração as margens ainda não tinham se formado e ainda não tinha formação de crosta oceânica, nesta região. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCAf – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuai; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge e C.O – Crosta oceânica.



**Figura 4.10:** Reconstrução para 120 Ma. Começam a se formar: as margens ao norte e a crosta oceânica ao sul. As setas amarelas indicam anomalias correspondentes ao magmatismo que ocorreu na região de Campos e Cuanza durante a fase sin-rifte (Almeida *et al.*, 1996; Marzoli *et al.*, 1999). Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCBr – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCAf – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BSG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica.



**Figura 4.11:** Reconstrução para 116 Ma. Ao norte, as margens ainda não se separam e apresentam algumas anomalias semelhantes. As setas amarelas indicam estas anomalias que parecem ser correspondentes em intensidade, forma e direção. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Baía de Santos; BCP – Baía de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridgê; BNB – Baía do Namíbia; BBG – Baía de Benquela; BCZ – Baía de Cuanza; BIC – Baía Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica.



**Figura 4.12:** Reconstrução para 111 Ma. Ocorre a quebra do segmento Campos-Cuanza e se inicia a separação em Santos-Benguela. As setas amarelas indicam as anomalias com padrão curvado em ambas as margens, que parecem ter correlação entre si. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, CDAM – Cinturão Damara; WR – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica.

# Capítulo 5

## DISCUSSÃO

Neste capítulo serão discutidos os mapas e interpretações apresentados nos resultados.

### 5.1 Análise da Cinemática

Através das reconstruções em escala regional e de detalhe, e também da análise dos mapas magnetométricos pôde-se descrever a possível cinemática pretérita destas margens conjugadas.

O modelo de Heine *et al.* (2013) sugere que entre 126-121 Ma, ao longo do Atlântico Equatorial, a velocidade de extensão aumenta em relação ao intervalo 140-127 Ma, e que a direção desse movimento seria SW-NE. Na reconstrução regional deste trabalho, para o intervalo de 130-120 Ma (Figura 4.8), se observou que tanto para o segmento equatorial quanto o central, a direção preferencial de extensão é NW-SE (Figura 4.7). Além disso, comparando as figuras 4.9 e 4.10 notou-se que o deslocamento entre estas margens, para este intervalo, foi grande. Assim, sugerindo que a velocidade entre este intervalo foi rápida.

Ainda comparando com o modelo proposto por Heine *et al.* (2013), a partir de 120 Ma não há grande mudança na direção de extensão, mas sim um aumento abrupto na velocidade e a quebra do segmento Campos-Cuanza ocorre em 119 Ma. Para o intervalo de 119-116 Ma, foi observado que a direção realmente não apresenta grandes mudança, passa a ser WNW-ESE, porém houve um deslocamento menor em relação ao período anterior, sugerindo que a velocidade diminuiu e não aumentou abruptamente como proposto. Para o último intervalo analisado, 116-111 Ma, observa-se uma notável mudança na direção de extensão, que passa a ser WSW-ENE e novamente a velocidade aumenta. Além disso, em 111 Ma ocorre a quebra do segmento Campos-Cuanza, concordante com o modelo de Torsvik *et al.* (2009).

## 5.2 Análise da Evolução das Margens

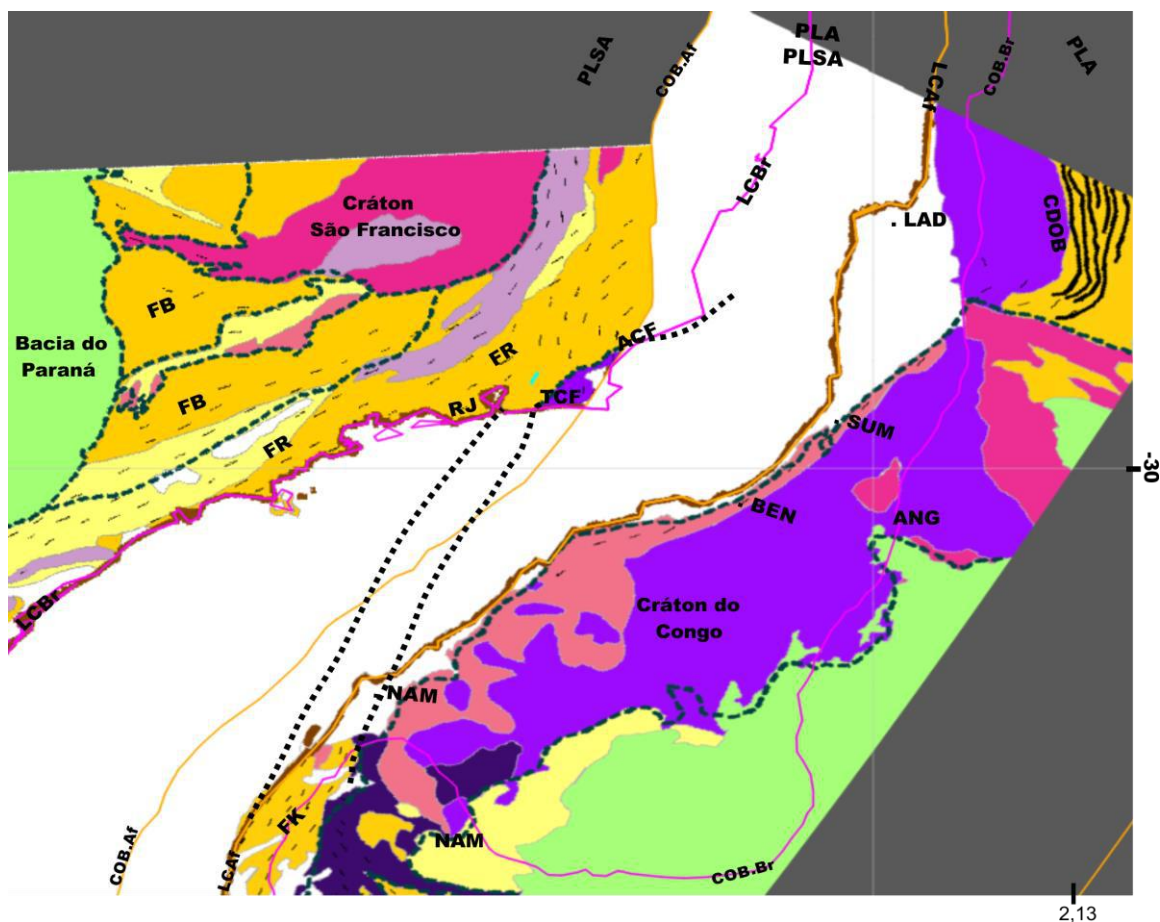
Por volta de 130 Ma (Figura 5.1) ainda se iniciava o magmatismo ao sul do Atlântico Sul (White e McKenzie, 1989), a margem do segmento central (Figura 1.1) ainda não tinha sido formada (Figura 4.13), e a porção continental de ambos os lados ainda estava unida. Muito se discute sobre quais terrenos continentais estariam correlacionados ou não. Em relação ao segmento de estudo deste trabalho, muitos autores (Trompette, 1994; Carvalho *et al.*, 2000; Monié *et al.*, 2012) discutem sobre a possível correlação do Cinturão de Dobramento do Oeste Congo (CDOC) e a Faixa Kaoko terem sido parte ou não da Faixa Ribeira/Araçuaí. De acordo com estudos recentes (Monié *et al.*, 2012), apenas o CDOC deveria ser correlacionado a estas faixas do sudeste brasileiro. A idade das rochas da parte sul do CDOC é similar às do Terreno Cabo Frio (Monié *et al.*, 2012). No entanto, com base em dados existentes e também ao observar a figura 4.13, uma das questões ainda a serem respondidas seria onde esses terrenos se ligariam.

De acordo com Schmitt *et al.* (2016) a Faixa Kaoko, na costa da margem oeste africana, estaria ligada ao Terreno Cabo Frio. Na figura 4.13 pode-se observar uma possível correlação entre estes terrenos tanto na idade das rochas, quanto a direção da foliação gerada nos eventos termo-tectônicos Pan-Africano Brasileiro.

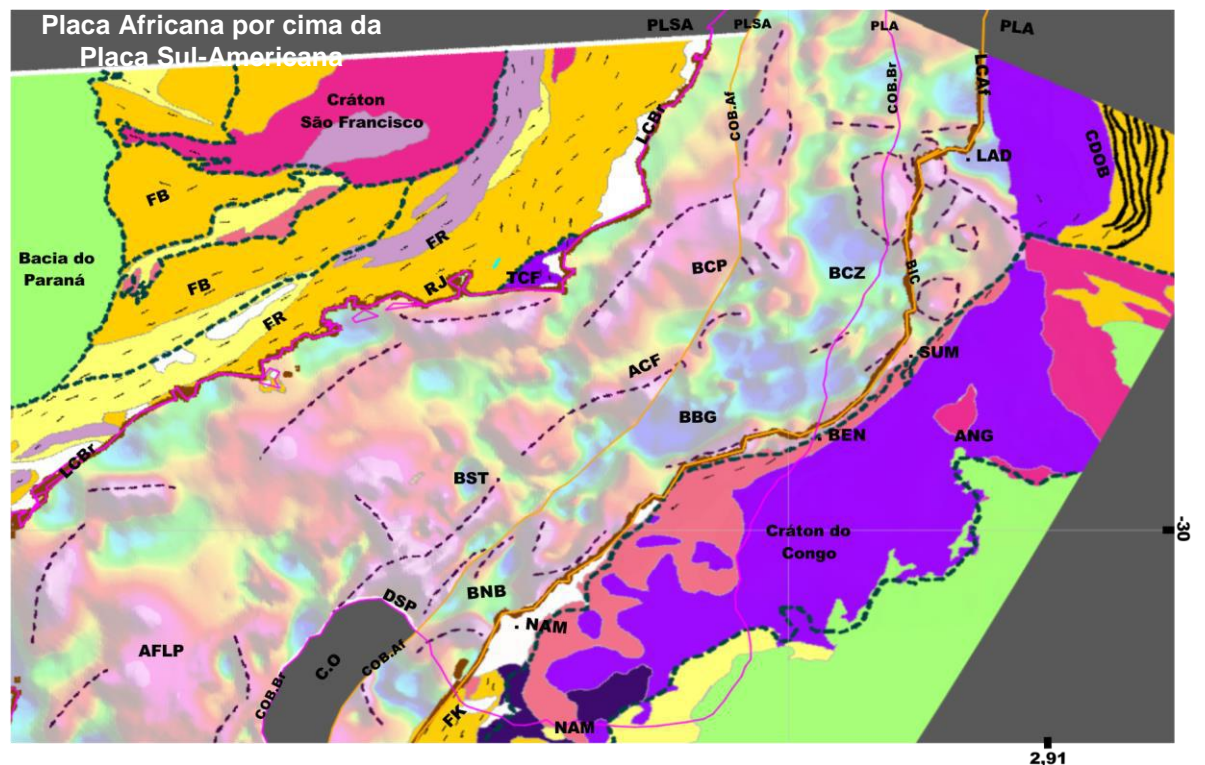
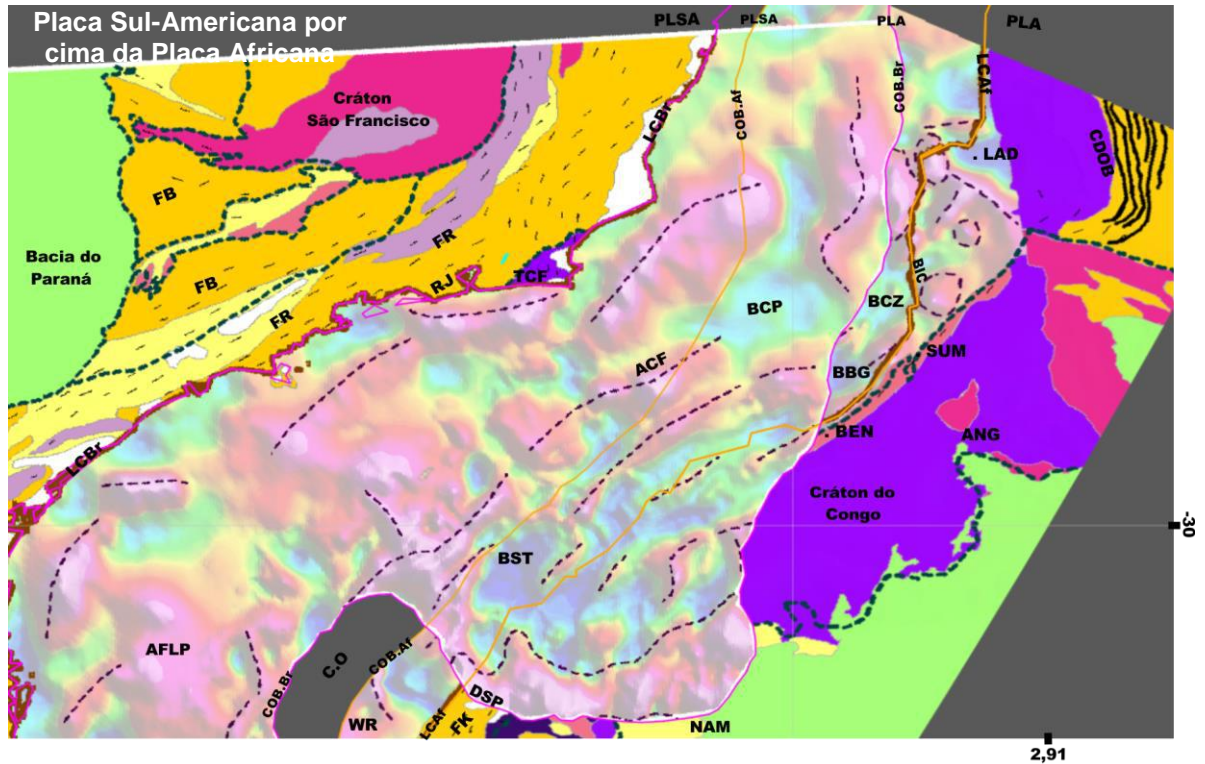
Além das estruturas observadas em ambos os lados do continente, as anomalias são boas evidências da correlação destes segmentos. As anomalias destacadas na figura 4.10, possivelmente estão associadas ao pulso magmático ocorrido na região, na fase sin-rifte, de acordo com Almeida *et al.* (1996) e Marzoli *et al.* (1999), respectivamente. No Alto do Cabo Frio também foram datados derrames basálticos com idade de ~120 Ma (Dias *et al.*, 1994). As anomalias positivas, na Bacia Interna de Cuanza, como os altos estruturais Cabo Ledo, Cacucaco e Morro Liso também fazem parte desse contexto sin-rifte. As anomalias positivas identificadas na figura 4.11, parecem ser correlatas (Figura 5.3), porém não foi encontrada nenhuma bibliografia que atribuísse uma identidade a tais feições. Além destas feições, pode-se observar como a Dorsal de São Paulo e *Walvis Ridge* fizeram uma barreira natural impedindo o livre acesso do mar neste segmento, e assim permitindo um ambiente propício para a formação da espessa camada de evaporitos, que ocorreu durante ~5 ma (Torsvik *et al.* 2009) até o final do Aptiano.

Além disso, de acordo com o modelo de reconstrução de Torsvik *et al.* (2009) a melhor reconstrução para a bacia salífera, onde não há sobreposição das mesmas, seria em 116 Ma. Porém, este sal pode ser alóctone e, por tanto, não serve como única referência precisa da evolução da margem. De acordo com a figura 5.4, pôde-se observar como os limites do sal se correlacionam perfeitamente para este período. As anomalias com padrão curvilíneo (Figura 4.12), em ambas as margens, são o possível prolongamento da Zona de Fratura do Rio de Janeiro para a margem oeste africana, na região da Bacia de Cuanza (Figura 5.5). Já as anomalias observadas com trend E-W (Figuras 4.11 e 4.12), não correspondem a nenhuma estrutura continental antiga, e possivelmente estão relacionadas à direção de extensão WSW-ENE. Na figura 5.5, a quebra do segmento Campos-Cuanza ocorreu próxima a duas anomalias positivas, de alta intensidade (Setas amarelas na Figura 4.11). Essas anomalias são possivelmente correlatas, e não parecem seguir o padrão das demais anomalias.

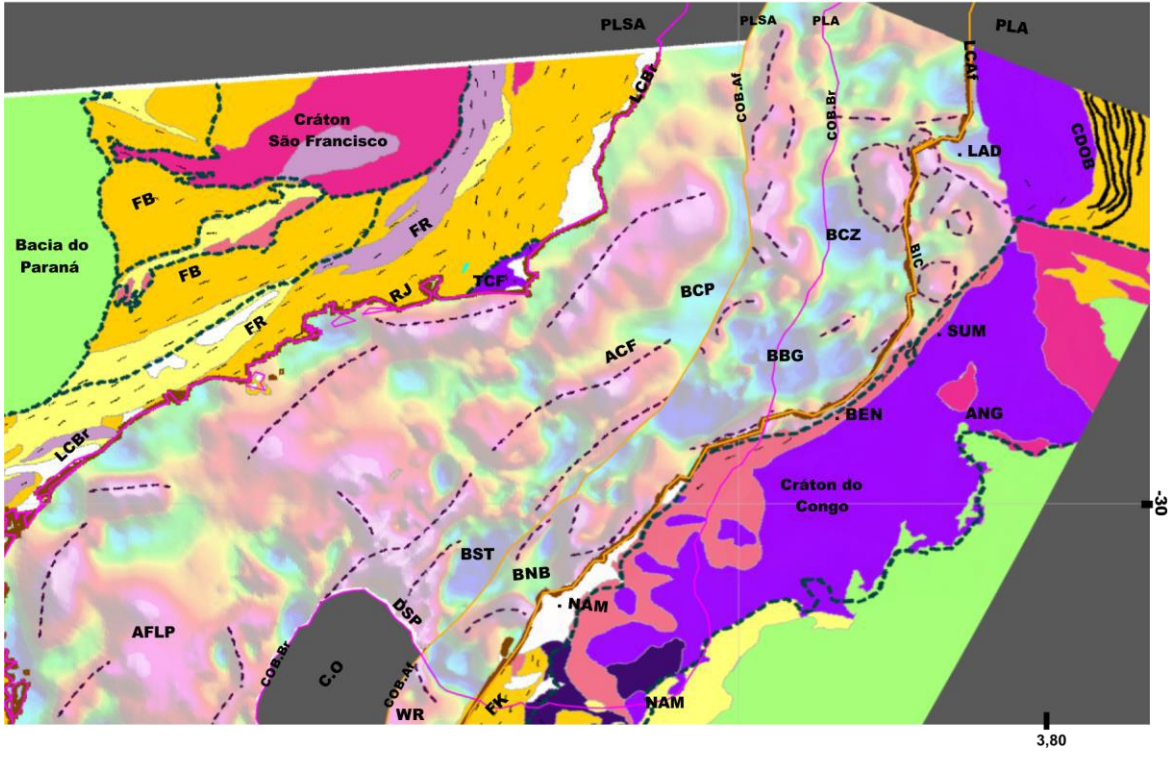
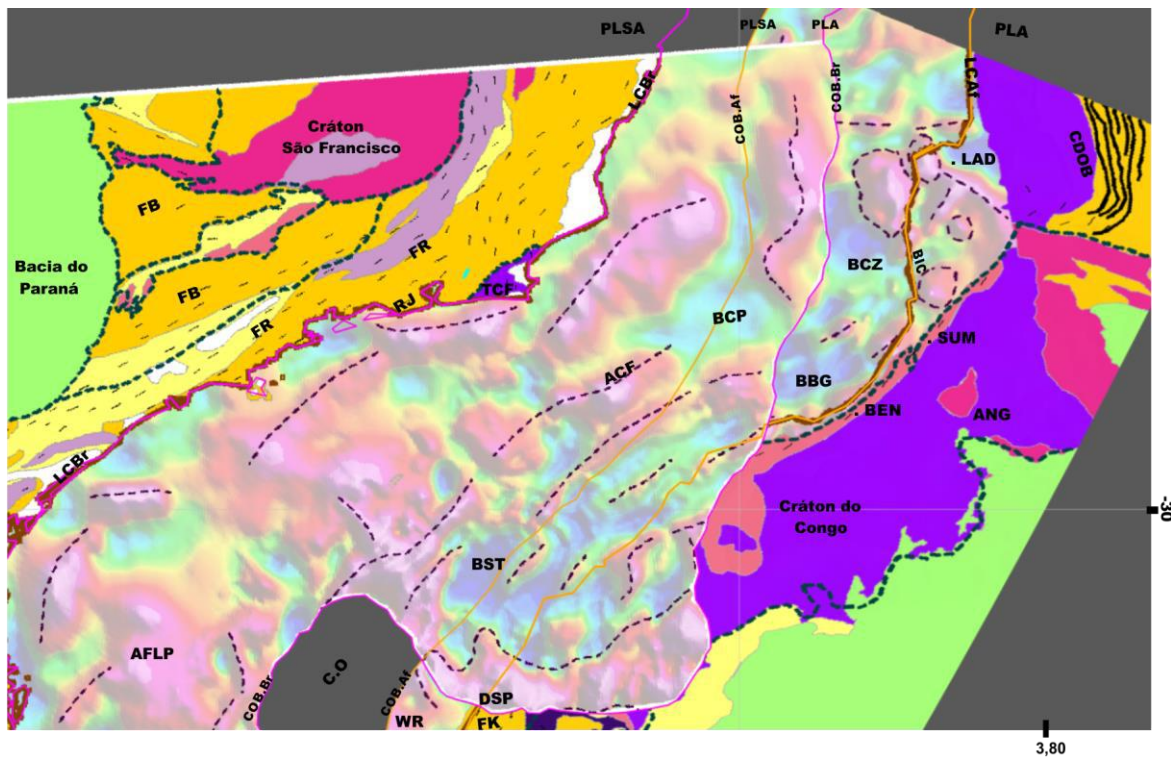




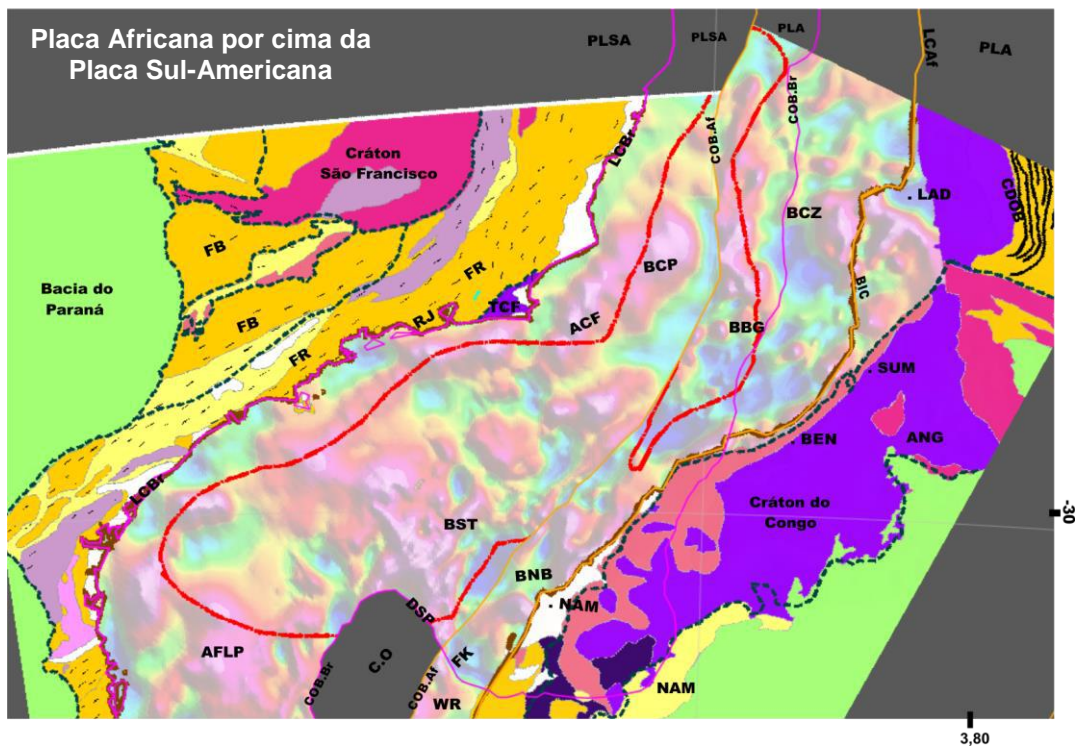
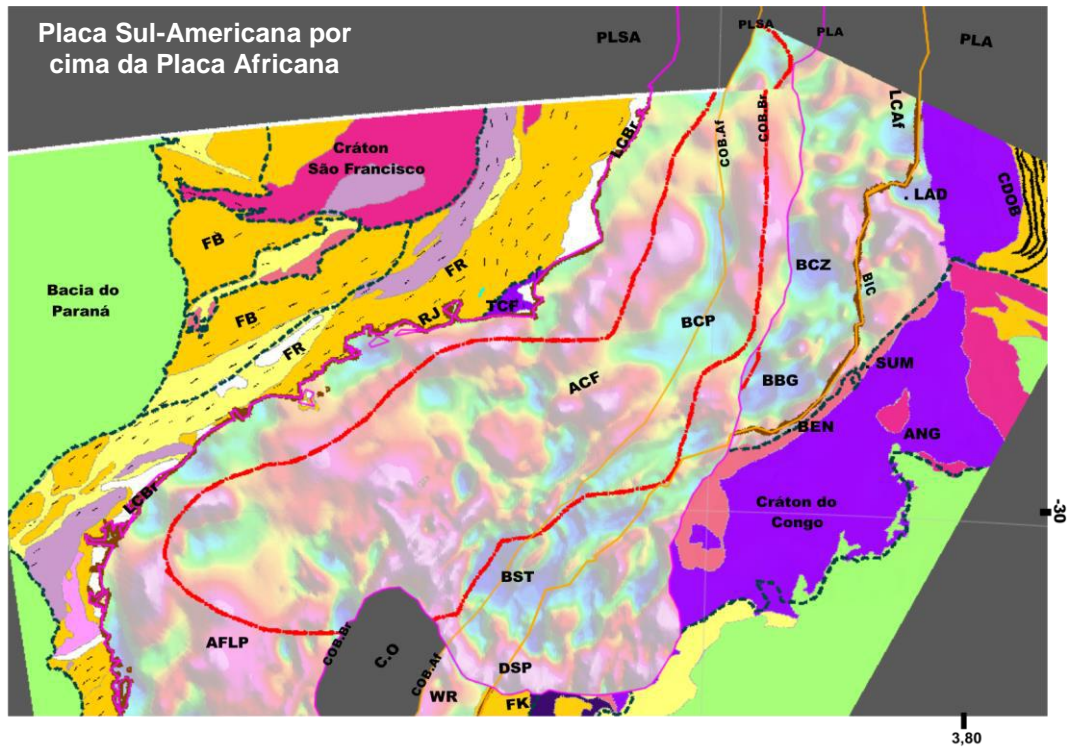
**Figura 5.1:** Reconstrução para 130 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra uma possível ligação da Faixa Kaoko com o Terreno Oriental da Faixa Ribeira. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko; C.O – Crosta Oceânica.



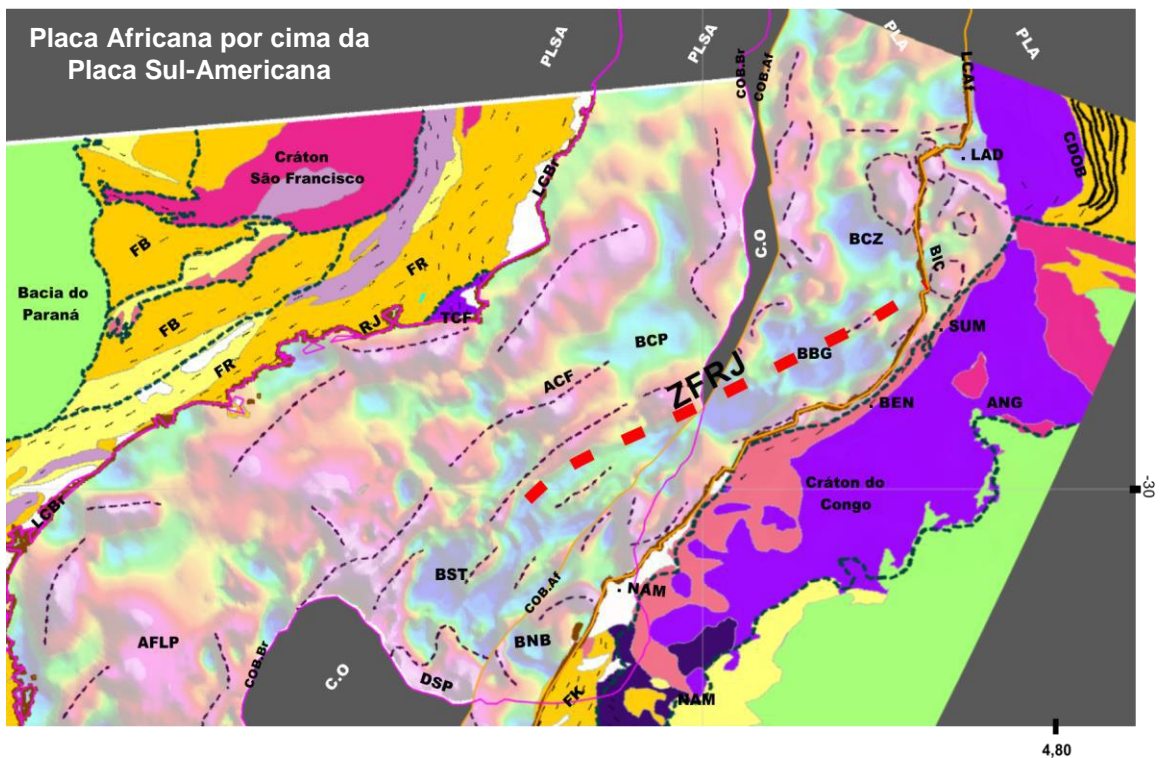
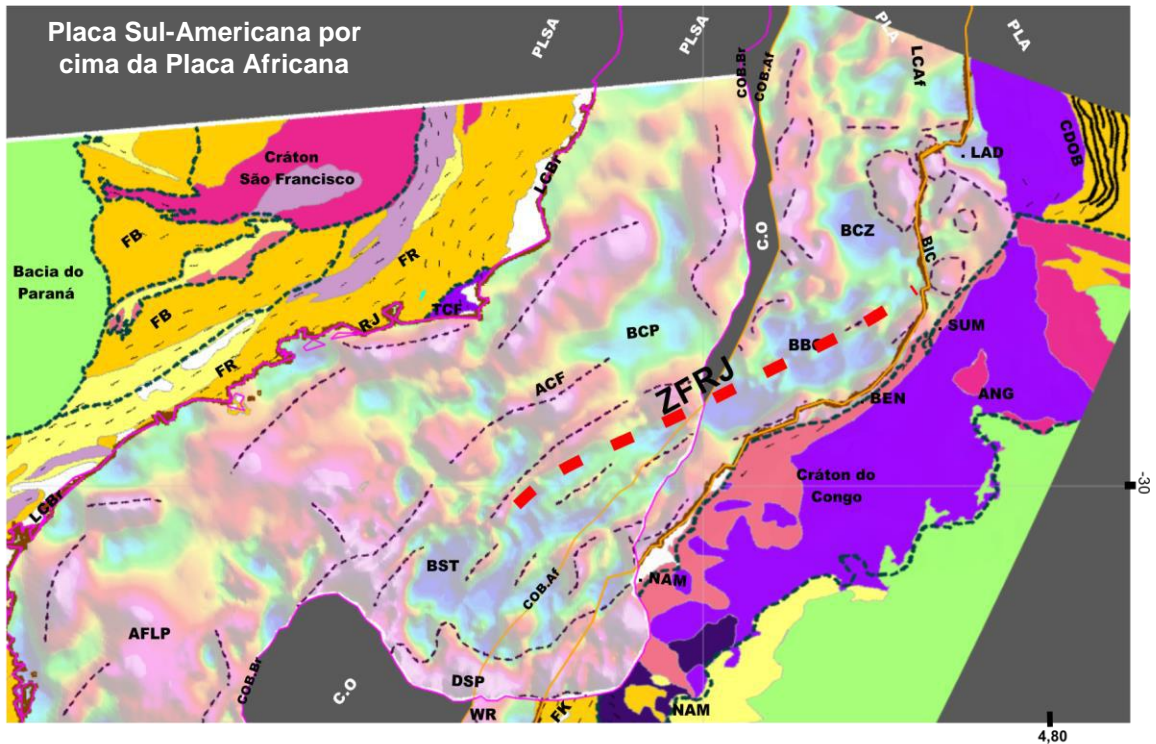
**Figura 5.2:** Reconstrução para 120 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra o início da formação das margens e anomalias correlatas. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCBr – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCAf – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de Dobramento do Oeste Congo; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica.



**Figura 5.3:** Reconstrução para 116 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra o período em que espessas camadas de evaporitos foram depositadas ao longo deste segmento. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); LCBr – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCAf – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Baía de Santos; BCP – Baía de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de WR; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, – Walvis Ridge; BNB – Baía do Namíbia; BBG – Baía de Benguela; BCZ – Baía de Cuanza; BIC – Baía Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica.



**Figura 5.4:** Reconstrução para 116 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra uma possível configuração conjugada para as bacias salíferas neste segmento. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - (CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano), no lado oeste africano provém de Gaina *et al.* (2013); Müller *et al.* (2008a); Heine *et al.* (2013), e no lado sudeste brasileiro provém de Kumar *et al.* (2013); As linhas vermelhas são o limite do sal da margem sudeste brasileira (Torsvik *et al.*, 2009) e da margem oeste africana (Moulin *et al.*, 2005). LCB<sub>r</sub> – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCA<sub>f</sub> – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de WR; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko, – Walvis Ridge; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica.



**Figura 5.5:** Reconstrução para 111 Ma com zoom no segmento Campos-Cuanza. Esta configuração mostra o a quebra do segmento Campos-Cuanza. Geologia do continente (modificado de Schmitt *et al.*, 2016); COB - CONTINENTAL-OCEAN BOUNDARY/ Limite Continente-Oceano (Kumar *et al.*, 2013 – margem brasileira; (Gaina *et al.*, 2013; Müller *et al.*, 2008a; Heine *et al.*, 2013 – margem africana); LCBr – linha de costa brasileira (linha rosa junto com a geologia) e LCAf – linha de costa africana (linha laranja junto com a geologia) (Seton *et al.*, 2012); FB – Faixa Brasília; FA – Faixa Araçuaí; FR – Faixa Ribeira; ACF – Alto do Cabo Frio; AFLP – Alto de Florianópolis; BST – Bacia de Santos; BCP – Bacia de Campos; DSP – Dorsal de São Paulo; FDF – Faixa Dom Feliciano; RJ – Rio de Janeiro; TCF – Terreno Cabo Frio; ZFRJ – Zona de Fratura do Rio de Janeiro; PLSA – Placa Sul-Americana; PLA – Placa Africana; CDOB – Cinturão de WR – Walvis Ridge; LAD – Luanda; SUM – Sumbe; BEN – Benguela; NAM – Namíbia; FK – Faixa Kaoko; BNB – Bacia do Namíbia; BBG – Bacia de Benguela; BCZ – Bacia de Cuanza; BIC – Bacia Interna de Cuanza e C.O – Crosta oceânica.

# Capítulo 6

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 Conclusões

Considerando o principal objetivo deste trabalho, e a partir da integração do referencial teórico e dos resultados que foram obtidos, é possível afirmar que de fato essas margens eram correspondentes e que foram evoluídas a partir de processos extensionais. Em relação ao continente, através de diversos dados coletados, e as reconstruções feitas, foi possível mostrar onde provavelmente se encaixa o Terreno Cabo Frio com o lado africano.

Para as margens reconstruídas no auge do Aptiano (~116 Ma), pode-se concluir que devido o sal poder ser alóctone e, por tanto, não serve como única referência precisa da evolução da margem, e que aos altos estruturais como *Walvis Ridge* e a Dorsal de São Paulo formaram uma barreira natural que contribuiu para essa espessa camada de evaporitos formada nestes segmentos.

Por meio dos mapas magnetométricos, observou-se que o padrão de orientação preferencial das anomalias positivas segue a direção das estruturas do continente, mostrando que estas estruturas pretéritas possivelmente exercem influência no processo do rifteamento. No entanto, existem anomalias com *trends* E-W que não correspondem com nenhuma estrutura antiga do continente, e que possivelmente estão associadas à direção de extensão WSW-ENE ocorrida durante o intervalo 116-111 Ma.

Através das reconstruções para escala regional, constata-se que entre o intervalo de 130-120 Ma, na região central onde se localiza a Dorsal de São Paulo, a velocidade de extensão entre estas margens é bem alta, e isto corresponde à alta taxa de derrame magmático que estava ocorrendo ao sul das bacias de Santos e da Namíbia neste intervalo, e na bacia de Campos. Já para o intervalo entre ~119-116 Ma, a velocidade das placas diminui, e não há evidência de magmatismo desta idade para este segmento. Por fim, para o intervalo 116-111 Ma, a velocidade aumenta novamente até ~111 Ma que é quando ocorre o *breakup* (Torsvik *et al.*,

2009), e este aumento na velocidade das placas está associado ao magmatismo (Misuzaki *et al.*, 1998).

## 6.2 Recomendações

Considerando a complexidade da reconstrução deste segmento da margem continental brasileira-africana, foi criado um polígono único amarrando a linha de costa e a COB. De acordo com o *software GPLates*, não é possível até o momento gerar polígonos separados, um com a geologia *onshore* e outro com a geologia/geofísica *offshore* (margem), de forma que a margem aparecesse apenas a partir do momento em que começou a ser formada, ou seja, há 120 Ma (Idade da primeira isócrona). Isto seria necessário para mostrar a real evolução destas margens durante o tempo, na medida em que a margem vai sendo construída. É necessário para uma reconstrução mais clara e detalhada, que seja feito um estudo mais aprofundado no *software GPLates*, e que este problema seja solucionado. Além disso, também seria interessante se isto fosse estendido para a crosta oceânica.

# Referências Bibliográficas

- Alkmim, F. F.; Marshak, S.; Pedrosa-Soares, A. C.; Peres, G.G., Pereira Cruz, S. C. & Whittington, A., 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-Est Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. In: Monié, P.; Bosh, D.; Bruguier, O.; Vauchez, A.; Rolland, Y.; Nsungani, P., & Neto, A. B., 2012. The Late Neoproterozoic/Early Paleozoic evolution of the West Congo Belt of NW Angola: geochronological (U-Pb and Ar-Ar) and petrostructural constraints. *Terra Nova*, v. 0, p. 1-10.
- Almeida, F. F. M.; Carneiro, C. D. R. & Mizusaki, A. M. P., 1996. Correlação do doradjacentes. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 26, nº 3, p. 125-138.
- Alves, E. C., 1981. Estruturas da margem continental sul brasileira e das áreas oceânicas e continentais adjacentes. Rio de Janeiro. Série Projeto REMAC, v. 9, p.145-170. In: Amorim, N. R., 2013. Caracterização geofísica da dorsal de São Paulo e seu significado evolutivo na Bacia de Santos. Monografia, 71 p.
- Amante, C. & Eakins, B. W., 2009. ETOPO1 1 arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis. *NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24*, 25 p. <http://dx.doi.org/10.7289/V5C8276M>.
- Argus F. D. & Heflin B. M., 1995. Plate motion and crustal deformation estimated with geodetic data from the Global Positioning System. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.
- Asmus, H. E & Porto, R., 1980. Diferenças nos estágios iniciais da evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. *Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Cambóiú, Santa Catarina*, v. 1, p. 225-239.
- Asmus, H. E. & Baisch, P. R., 1983. Geological evolution of the Brazilian continental margin. *Episodes* 4, p. 3-9.
- Asmus, H. E. & Guazelli, W., 1979. Sumário das estruturas da margem continental brasileira e das áreas continentais e oceânicas adjacentes, hipótese sobre o tectonismo causativo e implicações no prognóstico de seu potencial em recursos minerais. In: Asmus, H. E & Porto, R., 1980. Diferenças nos estágios iniciais da evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. *Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Cambóiú, Santa Catarina*, v. 1, p. 225-239.
- Atwater, T.; Sclater, J.; Sandwell, D.; Severinghaus, J. & Marlow, S. Michael., 1993. Fracture Zone Traces across the North Pacific Cretaceous Quiet Zone and their Tectonic Implications. 1993. *Geophysical Monography*, v. 77, 18 p.



- Ávila, C. A. ; Teixeira, W. ; Cordani, U. G., Moura, V. C. A. & Pereira, R. M., 2010. Rhyacian (2.23 – 2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil : Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, issue 2, p. 464-482.
- Begg, G., Griffin, W.L., Natapov, L.M., O'Reilly, S.Y., Grand, S., O'Neill, C.J., Poudjom Djomani, Y., Deen, T., Hronsky, J., Bowden, P., 2009. The lithospheric architecture of Africa: Seismic tomography, mantle petrology and tectonic evolution. In: In: Schmitt, R. S., Trouw, R. A. J., Schmus, W. R., Armstrong, R., Stanton, N. S. G., 2016. The Tectonic Significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian Margin: a Paleoproterozoic through Cretaceous saga of reworked continental margin. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46: p. 37-66.
- Beglinger, S. E.; Doust, H. & Cloetingh, S., 2010. Relating Petroleum System and Play Development to Basin Evolution: Brazilian South Atlantic Margin. *Petroleum Geoscience*, v. 18, nº 3, p. 315. Figura disponível em: <http://pg.lyellcollection.org/content/18/3/315/F2.large.jpg>.
- Bello, A. M., 2014. Avaliações comparativas de filtros espaciais para mapeamento de contatos geológicos com contrastes de densidades e suscetibilidades magnéticas. Trabalho de monografia, Universidade Federal Fluminense, 69 p.
- Bird, P., 2003. An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.
- Brice, S. E.; Cochran, M. D.; Pardo, G. & Edwards, A. D., 1982. Tectonics and sedimentation of the South Atlantic rift sequence: Cabinda, Angola. In: Hudec, M. R., & Jackson, M. P. A., 2002. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of Inner Kwanza Basin, Angola. *GSA Bulletin*, v. 114; nº 10; p. 1222-1244.
- Brognon, G. P. & Verrier, G. B., 1966. Oil and geology in Cuanza basin of Angola. In: Brownfield, M.E., & Charpentier, R.R., 2006. Geology and total petroleum systems of the West-Central Coastal Province (7203), West Africa. *U.S. Geological Survey Bulletin* 2207-B, 60 p.
- Burwood, R., 1999. Angola-Source rock control for Lower Congo Coastal and Kwanza Basin petroleum systems. In: Brownfield, M.E., & Charpentier, R.R., 2006. Geology and total petroleum systems of the West-Central Coastal Province (7203), West Africa. *U.S. Geological Survey Bulletin* 2207-B, 60 p.
- Cahen, L., Snelling, N.J., Delhal, J. & Vail, J.R. 1984. The Geochronology and Evolution of Africa. In: Hudec, M. R. & Jackson, M. P. A., 2002. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of Inner Kwanza Basin, Angola. *GSA Bulletin*, v. 114; nº 10; p. 1222-1244.

- Cainelli, C. & Mohriak, W. U., 1999b. Some remarks on the evolution of sedimentary basins along the Eastern Brazilian continental margin. *Episodes*, v. 22, nº 3, p. 206-216.
- Cande, S.C. & Kent, D.V., 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the late Cretaceous and Cenozoic: Table of ages for Cande and Kent GPTS. *Journal of Geophysics Research.*, v. 100, nº 6, 093-6,095.
- Carvalho, H., Tassinari, C., Alves, P., Guimarães, F. & Simões, M., 2000. Geochronological review of the Precambrian in Western Angola: links with Brazil. *Journal of African Earth Sciences*, v. 31, nº 2, p. 383-402.
- Chaboureau, A. C.; Guillocheau, F.; Robin, C.; Rohais, S.; Moulin, M. & Aslanian, D., 2013. Paleogeographic evolution of the central segment of the South Atlantic during Early Cretaceous times: Paleotopographic and geodynamic implications. *Tectonophysics*, v. 604, p 191-223.
- Chang, H. K.; Kowsmann, R. O.; Figueiredo, A. M. F. & Bender, A. A., 1992. Tectonics and stratigraphy of East Brazil Rift system: an overview. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam. *Tectonophysics*, 213, p. 97-138.
- Cobbold, P.R.; Meisling, K.E. & Mount, V.S., 2001. Reactivation of an obliquely rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil. In: Mohriak, W. U., 2003. *Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Bizzi L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M. & Gonçalves, J. H., (eds) CPRM, Brasília, p. 87-151.
- Conrad, C., & Lithgow-Bertolloni, C., 2002. How mantle slabs drive plate tectonic. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*. V. 113, p. 212-270.
- Cramez, C., & Jackson, M.P.A., 2000. Superposed deformation straddling the continental-oceanic transition in deep-water Angola. *Marine and Petroleum Geology*, v. 17, p. 1095–1109.
- Dias, J.L; Sad, A.R.E.; Fontana, R.L. & Feijó, F.J. 1994. Bacia de Pelotas. In: Almeida, F. F. M.; Carneiro, C. D. R. & Mizusaki, A. M. P., 1996. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 26, nº 3, 125-138.
- Dürr, S. B. & Dingeldey, D. P., 1996. The Kaoko belt (Namibia): Part of a late Neoproterozoic continental-scale strike-slip system. In: Goscombe, B.; Hand, M.; Gray, D. & Mawby, J., 2003. The Metamorphic Architecture of a Transpressional Orogen: the Kaoko Belt, Namibia. *Journal of Petrology*, v. 44, nº 4, p. 679-711.
- Eagles, G., 2007. New angles on South Atlantic opening. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.;

- Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.
- Fairhead, J.D., & Wilson, M., 2004. Sea-floor spreading and deformation processes in the South Atlantic Ocean: Are hot spots needed? In: Stanton, N. 2009. Caracterização Crustal da Margem Sudeste Brasileira através de Magnetometria e suas Implicações Tectônicas. Tese de Doutorado, 164 p.
- Fodor, R. V. & Vetter, S. K., 1984. Rift-zone magmatism: Petrology of basaltic rocks transitional from CFB to MORB, southeastern Brazil margin. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 88, p. 307-321.
- Gaina, C., Torsvik, T.H., Hinsbergen, D.J., Medvedev, S., Werner, S.C., & Labails, C., 2013. The Africa Plate: A history of oceanic crust accretion and subduction since the Jurassic. *Tectonophysics*, v. 604, p. 4–25. doi:10.1016/j.tecto.2013.05.037.
- Golonka, J., 2007. Late Triassic and Early Jurassic palaeogeography of the world. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.
- Golonka, J., Ford, D., 2000. Pangean (Late Carboniferous–Middle Jurassic) paleoenvironment and lithofacies. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.
- Gradstein, F.M.; Agterberg, F.P.; Ogg, J.G.; Hardenbol, S.; Vanveen, P.; Thierry, J. & Huang, Z.H., 1994. A Mesozoic time scale. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.
- Granot, R. & Dymant, J., 2015. The Cretaceous opening of the South Atlantic Ocean. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 414, p. 156-163.
- Guardado, L. R., Ga,boa, L. A. P. & Lucchesi, C. F., 1989. Petroleum geology of the Campos Basin, Brazil, a model for a producing Atlantic type Basin. In: Stanton, N. 2009. Caracterização Crustal da Margem Sudeste Brasileira através de Magnetometria e suas Implicações Tectônicas. Tese de Doutorado, 164 p.
- Guiraud, M.; Neto-Buta, A. & Quesne, D., 2010. Segmentation and differential post-rift uplift at the Angola margin as recorded by the transform-rifted Benguela and oblique-to-orthogonal-rifted Kwanza basins. *Marine and Petroleum Geology*, v. 27, p. 1040-1068.
- Guiraud, R., & Maurin, J.-C., 1992. Early Cretaceous rifts of western and central Africa In: Hudec, M. R., & Jackson, M. P. A., 2002. Structural segmentation,

inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of Inner Kwanza Basim, Angola. *GSA Bulletin*; v. 114; nº 10; p. 1222-1244.

Gurnis, M.; Turner, M.; Zahirovic, S.; Dicaprio, L.; Spasojevic, S.; Müller, R.D.; Boyden, J.; Seton, M.; Manea, V. & Bower, D., 2012. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.

Hager, B.H. & O'Connell, R.J., 1981. A simple global model of plate dynamics and mantle convection. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.

Hasui, Y.; Carneiro, R.; Almeida, F. F. M. & Bartorelli, A., (editores) 2012. *Geologia do Brasil*. São Paulo: Editora Beca. 900p. (Livro).

Heilbron, M. & Machado, N., 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). In: Monié, P.; Bosh, D.; Bruguier, O.; Vauchez, A.; Rolland, Y.; Nsungani, P., & Neto, A. B., 2012. The Late Neoproterozoic/Early Paleozoic evolution of the West Congo Belt of NW Angola: geochronological (U-Pb and Ar-Ar) and petrostructural constraints. *Terra Nova*, v. 0, p. 1-10.

Heilbron, M.; Valeriano, C. M.; Tassinari, C. C. G.; Almeida, J. C. H.; Tupinambá, M.; Siga, Jr. O.; Trouw, R. A. J., 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: Schmitt, R. S.; Trouw, R. A. J.; Schmus, W. R.; Armstrong, R.; Stanton, N. S. G., 2016. The Tectonic Significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian Margin: a Paleoproterozoic through Cretaceous saga of reworked continental margin. *Brazilian Journal of Geology*, v, 46, p. 37-66.

Heine, C.; Zoethout, J. & Müller, R. D., 2013. Kinematics of the South Atlantic rift. *Solid Earth*, v. 4, p. 215-253. doi:10.5194/se-4-215-2013

Hudec, M. R. & Jackson, M. P. A., 2002. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of Inner Kwanza Basim, Angola. *GSA Bulletin*; v. 114; nº 10; p. 1222-1244.

Jackson, M. P. A. & Hudec, M. R., 2005. The great West African Tertiary coastal uplift: Fact or fiction? A perspective from the Angolan divergent margin. *Tectonics*, v. 24, TC6014. doi:10.1029/2005TC001836.

Jackson, M. P. A.; Cramez, C. & Fonck, J.M., 2000. Role of subaerial volcanic rocks and mantle plumes in creation of South Atlantic margins: implications for salt tectonics and source rocks. *Marine and Petroleum Geology*, v. 17, p. 477-498.

- Karner, G.D. & Driscoll, N.W., 1998. Tectonic setting of the Marnes-Noires/Falcao source rocks of the Congo and Angolan continental margins. In: Hudec, M. R. & Jackson, M. P. A., 2002. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of Inner Kwanza Basin, Angola. *GSA Bulletin*; October 2002; v. 114; n° 10; p. 1222-1244.
- Karner, G.D., Driscoll, N.W., McGinnis, J.P., Brumbaugh, W.D. & Cameron, N.R., 1997. Tectonic significance of syn-rift sediment packages across the Gabon-Cabinda continental margin, In: Moulin, M.; Aslanian, D.; Olivet, J. L.; Contrucci, L. M.; Géli, L.; Klingelhoefer, F. Nouzé, H., Réhault, J.P. & Unternehr, P., 2005. Geological constraints on the evolution of the Angolan margin based on reflection and refraction seismic data (ZaiAngo project). *Geophysical Journal International*, 18 p. doi 10.1111/j.1365-246X.2005.02668.x
- Koch, C.; Pepe, F; Vasconcelos, R.; Mathew, R.; Borsato, R. & de Sá, M. P. C., 2013. Petroleum Prospectivity in the Namibe and Southern Benguela Basins, Offshore Angola. Disponível online em: [https://www.pgs.com/globalassets/technicallibrary/whitepaperslibrary/2013june\\_pgs\\_koch\\_et\\_al\\_angola.pdf](https://www.pgs.com/globalassets/technicallibrary/whitepaperslibrary/2013june_pgs_koch_et_al_angola.pdf).
- Kumar, N., Gamboa, L. A. P., Schreiber, B. C, Mascle, J., 1977. Geological history and origin of Sao Paulo Plateau (southeastern Brazilian margin), comparison with the Angolan margin, and the early evolution of the northern South Atlantic. In: Amorim, N. R., 2013. Caracterização geofísica da dorsal de São Paulo e seu significado evolutivo na Bacia de Santos. Monografia, 71 p.
- Kumar, N.; Danforth, A.; Nuttall, P.; Hellwig, J.; Bird, D.E.; Venkatraman, S., 2013 From oceanic crust to exhumed mantle: a 40 year (1970-2010) perspective on the nature of crust under the Santos Basin, SE Brazil. De Mohriak e editores. IN: Conjugate Divergent Margins. *Geological Society, London, Special Publications*, p. 147-165.
- Lehner P. & De Ruiter P.A.C., 1977. Structural history of Atlantic Margin of Africa. In: Ala, M. A. & Selley, R. C., 1997. The West African Coastal Basins. African Basins. Sedimentary Basins of the World. V.3, editado por Selley, R. C., p. 173-186.
- Lentini, M. R.; Fraser, S. I.; Sumner, H. S. & Davies, R. J., 2010. Geodynamics of the central South Atlantic conjugate margins: implications for hydrocarbon potential. *Petroleum geoscience*, v. 16, p. 217-229.
- Lithgow-Bertelloni, C. & Richards, M., 1998. The Dynamics of Cenozoic and Mesozoic Plate Motions. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.
- Macedo, J. M., 1989. Evolução tectônica da Bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. In: Amorim, N. R., 2013. Caracterização geofísica da dorsal de São Paulo e seu significado evolutivo na Bacia de Santos. Monografia, 71 p.

- Marzoli, A., Melluso, L., Morra, V., Renne, P.R., Sgrosso, I., D'Antonio, M., Duarte Morais, L., Morais, E.A.A., and Ricci, G., 1999, Geochronology and petrology of Cretaceous basaltic magmatism in the Kwanza basin (western Angola), and relationships with the Parana`- Etendeka continental flood basalt province. *Journal of Geodynamics*, v.28, p. 341-356.
- Maus, S.; Barckhausen, U.; Berkenbosh, U.; Bournas, N.; Brozena, J.; Childers, V.; Dostaler, F.; Fairhead, J. D.; Finn, C.; von Frese, R. R. B.; Gaina, C. & Golynsky, S., 2009. EMAG2: A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements. *Technical Brief*, v. 10, nº8. doi:10.1029/2009GC002471
- Maus, S.; Lühr, H.; Rother, M.; Hemant, K.; Balasis, G.; Ritter, P. & Mizusaki, A. M. O.; Petrini, R.; Bellieni, G.; Comin-Chiara-Monti, P.; Dias, S. J.; De min, A.; Piccirillo, E. M., 1992. Basalt magmatism along the passive continental margin of SE, Brazil (Campos Basin). In: Almeida, F. F. M.; Carneiro, C. D. R. & Mizusaki, A. M. P., 1996. Correlação do doradjacentes. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 26, nº 3, 125-138.
- Mizusaki, A. M. P & Mohriak, W. U., 1993. Sequências vulcânico-sedimentares na região da plataforma continental de Cabo Frio (RJ). Simp. Geol. Sudeste, Rio de Janeiro. *Atas Rio de Janeiro; SGJ/NRJ-SP*, p. 52-56
- Mizusaki, A. M. P. P., 1986. Rochas ígneas básicas do Neocomiano da Bacia de Campos: características e comportamento como reservatório de hidrocarbonetos. Tese de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 104p. Almeida, F. F. M.; Carneiro, C. D. R. & Mizusaki, A. M. P., 1996. Correlação do doradjacentes. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 26, nº 3, 125-138.
- Mizusaki, A. M. P. P.; Filho, A. T & Cesero, P., 1998. Ages of the Magmatism and the Opening of the South Atlantic Ocean. *Pesquisas*, v. 25, nº 2, p. 47-57.
- Mohriak, W. U., 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. In: Bizzi L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M. & Gonçalves, J. H., (editores). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil, Capítulo III, CPRM, Brasília, p. 87-151.
- Mohriak, W. U., Hobbs, R. & Dewey, J. F., 1990. Basin-forming processes and the deep structure of the Campos Basin, offshore Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, v. 7, 33 p.
- Mohriak, W. U.; Nobrega, M.; Odegard, M. E.; Gomes, B. S.; Dickson, W. G., 2010. Geological and geophysical interpretation of the Rio Grande Rise, south-eastern Brazilian margin; extensional tectonics and rifting of continental and oceanic crusts. In: Amorim, N. R., 2013. Caracterização geofísica da dorsal de São Paulo e seu significado evolutivo na Bacia de Santos. Monografia, 71 p.

- Mohriak, W. U.; Rosendahl, B. R.; Turner, J. P. & Valente, S. C., 2002. Crustal architecture of South Atlantic volcanic margins. *GSA Special Papers*, v. 362, p. 159-202.
- Monié, P.; Bosh, D.; Bruguier, O.; Vauchez, A.; Rolland, Y.; Nsungani, P., & Neto, A. B., 2012. The Late Neoproterozoic/Early Paleozoic evolution of the West Congo Belt of NW Angola: geochronological (U-Pb and Ar-Ar) and petrostructural constraints. *Terra Nova*, v. 0, p. 1-10.
- Moulin, M., Aslanian, D., Unternehr, P., 2010. A new starting point for the South and Equatorial Atlantic Ocean. *Earth Science Reviews*, v. 97, p. 59-95. doi: 10.1016/j.earscirev.2009.08.001
- Moulin, M.; Aslanian, D.; Olivet, J. L.; Contrucci, L. M.; Géli, L.; Klingelhoefer, F. Nouzé, H., Réhault, J.P. & Unternehr, P., 2005. Geological constraints on the evolution of the angolan margin based on reflection and refraction seismic data(ZaiAngo project). *Geophysical Journal International*, p. 793-810. doi 10.1111/j.1365-246X.2005.02668.x
- Müller, R. D., Sdrolias, M., Gaina, C. & Roest, W. R., 2008. Age, spreading rates, and spreading asymetry of the world's ocean crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems.*, v. 9, Q04 006. doi: 10.1029/2007GC001743.
- Müller, R. D.; Roest, W. R.; Royer, J. Y.; Gahagan, L. M. & Sclater, J. G., 1997. Digital isochrones of the world's ocean floor. In: Stanton, N. 2009. Caracterização Crustal da Margem Sudeste Brasileira através de Magnetometria e suas Implicações Tectônicas. Tese de Doutorado, 164 p.
- Nunes, M.V; Viviers, M.; Lana, C. C., 2004. Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia de Santos. In: Amorim, N. R., 2013. Caracterização geofísica da dorsal de São Paulo e seu significado evolutivo na Bacia de Santos. Monografia, 71 p.
- Nürnberg, D & Müller, R. D., 1991. The tectonic evolution of the South Atlantic from Late Jurassic to present. *Tectonophysics*, v. 191, p. 27-53. doi: 10.1016/0040-1951(91)90231-G, 1991.
- Pasley, M.A.; Wilson, E.N.; Abreu V.S.; Brandao, M.G.O & Telles, A.S., 1998. Lower Cretaceous Stratigraphy and Source Rock Distribution in Pre-salt Basins of the South Atlantic: Comparison of Angola and Southern Brazil. In: Brownfield, M.E., & Charpentier, R.R., 2006. Geology and total petroleum systems of the West-Central Coastal Province (7203), West Africa. *U.S. Geological Survey Bulletin* 2207-B, 60 p.
- Pereira, M.J.& Macedo, J.M., 1990. A Bacia de Santos: perspectivas de uma nova província petrolífera na plataforma continental sudeste brasileira. In: Mohriak, W. U., 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Bizzi L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M. & Gonçalves, J. H., (eds) CPRM, Brasília, p. 87-151.

- Pereira, M.J., Feijó, F.J. 1994. Bacia de Santos. In: Mohriak, W. U., 2003. *Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Bizzi L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M. & Gonçalves, J. H., (eds) CPRM, Brasília, p. 87-151.
- Petitgirard, S.; Vauchez, A.; Egydi-Silva, M.; Bruguier, O.; Camps, P.; Monié, P., Babinski, M. & Mondou, M., 2009. Conflicting structural and geochronological data from the Ibituruna quartz-syenite (SE Brazil): effect of protacted “hot” orogeny and slow cooling rate? In: Monié, P.; Bosh, D.; Bruguier, O.; Vauchez, A.; Rolland, Y.; Nsungani, P., & Neto, A. B., 2012. The Late Neoproterozoic/Early Paleozoic evolution of the West Congo Belt of NW Angola: geochronological (U-Pb and Ar-Ar) and petrostructural constraints. *Terra Nova*, v. 0, p. 1-10.
- Ponte, F. C. & Asmus, H. E., 1978. Geological framework of the Brazilian continental margin. In: Chang, H. K.; Kowsmann, R. O., & Figueiredo, A. M. F.; 1990. *Novos conceitos sobre o desenvolvimento das Bacias Sedimentares do Leste Brasileiro. Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. PETROBRÁS. *Geologische Rundschau*, v. 67, nº1, p. 201-235.
- Porada, H., 1989. Pan-African rifting and orogenesis in southern to equatorial Africa and eastern Brazil. *Precambrian Research*, v. 44, p. 103-136.
- Quesnel, Y.; Catalán, M. & Ishihara, T., 2009. A new global marine magnetic anomaly data set. *Journal of Geophysical Research*, v. 114, B04106, 11 p. doi:10.1029/2008JB006144.
- Rabinowitz, D. P., 1972 Gravity Anomalies on the Continental Margin of Angola, Africa., 1972. *Journal of Geophysical Research*. v. 77, nº 32, 21 p.
- Rabinowitz, P. D., & La Breque, J., 1979. The Mesozoic South Atlantic Ocean and Evolution of its Continental Margins. In: O’Connor, J., M. & Duncan, R. A., 1990. Evolution of the Walvis Ridge-Rio Grande Rise Hot Spot System: Implications for African and South American Plate Motions Over Plumes. *Journal of Geophysical Research*, v. 95, nº B11, p. 17, 475-17, 502.
- RADAMBRASIL., 1983. Projeto Radambrasil – Folhas SC-23/24, Rio de Janeiro/Vitória. In: Mohriak, W. U., 2003. *Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Bizzi L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M. & Gonçalves, J. H., (eds) CPRM, Brasília, p. 87-151.
- Rangel, H. D.; Martins, F. A. L.; Esteves, F. R. & Feijó, F. J., 1994. Bacia de Campos. In: Mohriak, W. U., 2003. *Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Bizzi L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M. & Gonçalves, J. H., (eds) CPRM, Brasília, p. 87-151.
- Rene, P. R.; Ernesto, M.; Pacca, I. G.; Coe, R. S.; Glen, J. M.; Prevot, M. & Perrin, M., 1992. The age of Paraná flood volcanism rifting of Gondwanaland and the



Jurassic-Cretaceous boundary. In: Almeida, F. F. M.; Carneiro, C. D. R. & Mizusaki, A. M. P., 1996. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 26, nº 3, 125-138.

Schettino, A. & Scotese, C.R., 2005. Apparent polar wander paths for the major continents (200 Ma to the present day): a palaeomagnetic reference frame for global plate tectonic reconstructions. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.

Schmitt R.S., Trouw R.A.J., Van Schmus W.R., Pimentel M.M., 2004. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). *Precambrian Research*, v. 133, issues 1-2, p. 29-61.

Schmitt, R. S., Trouw, R. A. J., Schmus, W. R., Armstrong, R., Stanton, N. S. G., 2016. The Tectonic Significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian Margin: a Paleoproterozoic through Cretaceous saga of reworked continental margin. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, p. 37-66.

Schollnberger, E. M., 2001. Seismic sequence stratigraphy of the Lower Congo, Kwanza, and Benguela basins, offshore Angola, Africa. In: Serié, C.; Huuse, M.; Shodt, N. H.; Brooks, J. M. & Williams, A., 2016. Subsurface fluid flow in the deep-water Kwanza Basin, offshore Angola. *Basin Research*, p. 1-31. doi:10.1111/bre.12169.

Scotese, C. R., 1991. Jurassic and cretaceous plate tectonic reconstructions. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Review*, v. 113, p. 212-270.

Scotese, C.R.; Gahagan, L.M. & Larson, R.L., 1988. Plate tectonic reconstructions of the Cretaceous and Cenozoic ocean basins. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Review*, v. 113, p. 212-270.

Serié, C.; Huuse, M.; Shodt, N. H.; Brooks, J. M. & Williams, A., 2016. Subsurface fluid flow in the deep-water Kwanza Basin, offshore Angola. *Basin Research*, p. 1-31. doi:10.1111/bre.12169.

Seth B.; Kröner A.; Mezger K.; Nemchin A.A.; Pidgeon R.T. & Okrusch M. 1998. Archean to Neoproterozoic magmatic events in the Kaoko belt of NW Namibia and their geodynamic significance. In: Schmitt, R. S., Trouw, R. A. J., Schmus, W. R., Armstrong, R., Stanton, N. S. G., 2016. The Tectonic Significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian Margin: a Paleoproterozoic

through Cretaceous saga of reworked continental margin. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, p. 37-66.

Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Reviews*, v. 113, p. 212-270.

Silva, L. C.; McNaughton, N. J.; Armstrong, R., Hartmann, L. A. & Fletcher, I. R., 2005. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections; a zircon-based U/PB geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research*, v. 136, p. 203-240.

Smith, W. H. F. & D. T. Sandwell, Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. In: Amante, C. & Eakins, B. W., 2009. ETOPO1 1 arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 25 p. <http://dx.doi.org/10.7289/V5C8276M>.

Stadler, G., Gurnis, M., Burstedde, C., Wilcox, L., Alisc, L., Ghattas, O., 2010. The dynamics of plate tectonics and mantle flow: From local to global scales. In: Seton, M.; Müller, R. D.; Zahirovic, S.; Gaina, C.; Torsvik, T.; Shephard, G.; Talsma, A.; Gurnis, M.; Turner, M.; Maus, S. & Chandler, M., 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Science Review*, v. 113, p. 212-270.

Stanton, N. 2009. Caracterização Crustal da Margem Sudeste Brasileira através de Magnetometria e suas Implicações Tectônicas. Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 164 p.

Stolle, C., 2007. Fifth-generation lithospheric magnetic field model from CHAMP satellite measurements. Maus, S.; Barckhausen, U.; Berkenbosh, U.; Bournas, N., Brozena, J.; Childers, V.; Dostaler, F.; Fairhead, J. D.; Finn, C.; von Frese, R. R. B.; Gaina, C. & Golynsky, S., 2009. EMAG2: A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements. *Technical Brief*, v. 10, nº8. doi:10.1029/2009GC002471

Szatmari, P., Conceição, J.C.J., Lana, M.C., Milani, E.J., Lobo, A.P. 1984. Mecanismo tectônico do rifteamento Sul-Atlântico. In: Mohriak, W. U., 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Bizzi L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M. & Gonçalves, J. H., (eds) CPRM, Brasília, p. 87-151.

Szatmari, P.; Milani, M.; Conceição, J. C.; Lana, M. C.; Lobo, A. P., 1985. How South Atlantic rifting affects Brazilian oil reserves distribution. *Oil and Gas Journal*, v. 83, nº2, p. 107-114.

Teisserenc, P., and Villemin, J., 1989, Sedimentary basins of Gabon—geology and oil systems. In: Hudec, M. R., & Jackson, M. P. A., 2002. Structural

segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of Inner Kwanza Basim, Angola. *GSA Bulletin*; v. 114; n° 10; p. 1222-1244.

Telford, W.M.; Geldart, L.P.; Sheriff, R.E. & Keys, D.A., 1976. Applied Geophysics. Cambridge. *Cambridge University Press*. 860 p.

Torsvik, T. H., Rouse, S., Labails, C. & Smethurst, M. A., 2009. A new scheme for the opening of the South Atlantic Ocean and the dissection of an Aptian salt basin. *Geophysical Journal International*, v. 177, p. 1315-1333. doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04137.x, 2009.

Trompette, R & Carozzi, A. V., 1994. Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). A. A. *Balkema Rotterdam*, 350 p.

Valeriano, C. M.; Tupinambá, M.; Simonetti, A.; Heilbron M., Almeida, J. C. H., Eirado, L. G., 2011. U-Pb LA-MC-ICPMS geochronology of Cambro-Ordovician post-collisional granites of the Ribeira Belt, southeast Brazil: terminal Brasiliano magmatism in central Gondwana supercontinent. In: Schmitt, R. S., Trouw, R. A. J., Schmus, W. R., Armstrong, R., Stanton, N. S. G., 2016. The Tectonic Significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian Margin: a Paleoproterozoic through Cretaceous saga of reworked continental margin. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, p. 37-66.

Vaucher, A., Tommasi, A. & Egydio-Silva, M., 1994. Self-indentation of continental lithosphere. In: Monié, P.; Bosh, D.; Bruguier, O.; Vaucher, A.; Rolland, Y.; Nsungani, P., & Neto, A. B., 2012. The Late Neoproterozoic/Early Paleozoic evolution of the West Congo Belt of NW Angola: geochronological (U-Pb and Ar-Ar) and petrostructural constraints. *Terra Nova*, v. 00, p. 1-10.

Vaucher, A.; Egydio-Silva, M. & Babinski, D., 2007. Deformation of a pervasively molten middle-crust: insights from the neoproterozoic Ribeira-Araçuaí orogen (SE Brazil). In: Monié, P.; Bosh, D.; Bruguier, O.; Vaucher, A.; Rolland, Y.; Nsungani, P., & Neto, A. B., 2012. The Late Neoproterozoic/Early Paleozoic evolution of the West Congo Belt of NW Angola: geochronological (U-Pb and Ar-Ar) and petrostructural constraints. *Terra Nova*, v. 00, p. 1-10.

Walgenwitz, F., Pagel, M., Meyer, A., Maluski, H., and Monie, P., 1990, Thermo chronological approach to reservoir diagenesis in the offshore Angola Basin: A fluid inclusion, 40Ar-39Ar and K-Ar investigation. In: Hudec, M. R. & Jackson, M. P. A., 2002. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of Inner Kwanza Basim, Angola. *GSA Bulletin*; v. 114; n° 10; p. 1222-1244.

White, R. S. & McKenzie, D., 1989. Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins and flood basalts. *Journal of Geophysical Research*, v. 94, n° B6, p. 7685-7729, doi: 10.1029/Jb094iB06p07685.