

Bacias Sedimentares Brasileiras - Cartas Estratigráficas

Introdução

Edison José Milani¹ (Coordenador), Hamilton Duncan Rangel², Gilmar Vital Bueno³, Juliano Magalhães Stica², Wilson Rubem Winter⁴, José Maurício Caixeta⁵, Otaviano da Cruz Pessoa Neto⁶

Os mais de 50 anos de trabalho exploratório cumulativo empreendido pela Petrobras nas bacias sedimentares brasileiras propiciaram a compilação de um enorme acervo de informações geológico-geofísicas, que permitem hoje uma compreensão segura do arcabouço estratigráfico e estrutural dessas áreas. Apoiados pelas pesquisas em bioestratigrafia e sedimentologia sobre dados de poços e afloramentos, e com um importante suporte da sísmica de reflexão, aos geólogos da Companhia é possível representar o arranjo estratigráfico das várias províncias geológicas na forma de diagramas cronoestratigráficos, as comumente denominadas cartas estratigráficas, representativas dos atributos fundamentais do preenchimento sedimentar-magmático de cada uma das bacias pesquisadas para petróleo no País. Embora apresentadas de maneira isolada em publicações diversas desde os anos 60, foi no Boletim de Geociências da Petrobras v. 8, n. 1, de 1994, que as cartas de todas as bacias foram padronizadas e apresentadas em conjunto.

Nos últimos três anos, os geólogos da Petrobras novamente se mobilizaram para um processo extensivo de revisão das cartas estratigráficas. Diversas bacias tiveram uma enorme evolução do conhecimento desde 1994, pela aquisição de um volume muito grande de novos dados geológicos e geofísicos e pela evolução natural do conhecimento acumulado. Em outras, nada ou muito pouco foi feito em termos de atividade exploratória desde a publicação da versão anterior das cartas, mas as equipes de interpretação das bacias mu-

daram, de modo que mesmo para esses casos as cartas agora apresentadas mostram-se diferentes das anteriores, o que por si só constitui um estimulante material para alimentar o debate técnico-científico que, certamente, é por ele suscitado.

As cartas ora publicadas, além de um conteúdo atualizado, incorporam alterações em sua forma quando cotejadas às de 1994. A mais expressiva das mudanças foi a supressão da coluna relativa ao zoneamento bioestratigráfico, uma informação proprietária de inestimável valor estratégico no processo exploratório e cuja atualização permanente é fonte de inequívoca vantagem competitiva da Petrobras no estudo das bacias sedimentares brasileiras. Mas se o detalhado biozoneamento realizado pela empresa não é aqui apresentado, ele serviu de base ao posicionamento das seções sedimentares das bacias brasileiras em escalas geocronológicas internacionais. A referência de idades absolutas utilizada foi a de Gradstein *et al.* (2004), de quem foram emprestadas também as cores padronizadas de cada intervalo de tempo geológico. Os desenhos se acomodam em escalas verticais variáveis, adaptadas aos diferentes tipos de bacia apresentados e à amplitude temporal de seu registro estratigráfico.

Uma segunda alteração importante na forma das cartas ora disponibilizadas se relaciona a uma diferenciação gráfica imposta às seções sedimentares, consoante em seu relacionamento - pleno ou secundário - a uma determinada bacia. É assim que, no desenho das cartas cronoestratigráficas, foram representadas, em cores, as unidades rochosas que dizem respeito ao pre-

¹ Centro de Pesquisas da Petrobras/P&D de Exploração/Geologia Estrutural & Geotectônica - e-mail: ejmilani@petrobras.com.br

² E&P Exploração/Gestão de Projetos Exploratórios/NNE

³ E&P Exploração/Geologia Aplicada a Exploração/Modelagem de Sistema Petrolífero

⁴ Unidade de Negócio de Exploração e Produção da Bacia de Campos/Exploração/Sedimentologia e Estratigrafia

⁵ E&P Exploração/Interpretação e Avaliação das Bacias da Costa Leste/Interpretação

⁶ E&P Exploração/Interpretação e Avaliação da Margem Equatorial e Bacias Interiores/Interpretação

enchimento daquela bacia específica: permanecem numa representação em preto-e-branco as seções sedimentares pré-existentes, que ocupavam aquele mesmo contexto geográfico em ciclos anteriores mas que não guardam relação genética alguma com a bacia em questão. Exemplificam essa situação os relictos de sedimentação paleozóica que ocorrem por debaixo das bacias do Recôncavo e de Sergipe-Alagoas, e a seção proterozóica a cambriana do Grupo Purus, subjacente à Bacia do Amazonas. Da mesma forma, ciclos sedimentares posteriores àquela bacia em particular, tais como a seção cretácea que recobre parcialmente a Bacia do Parnaíba, estão representados sem cores. Com essa estratégia, pretendeu-se reforçar o conceito de bacia sedimentar enquanto área subsidente e sítio deposicional durante um determinado ciclo geotectônico da história geológica. As litologias presentes nas bacias, que continuam com representação similar àquela das cartas de 1994, são mostradas na figura 1.

Mudanças também se apresentam no que diz respeito ao foco descritivo utilizado nos textos explicativos de cada bacia. Considerando-se que o Boletim de 1994 enfatizou os aspectos litoestratigráficos, produzindo uma síntese para todas as bacias nesse particular, preferiu-se adotar, agora, uma descrição privilegiando aspectos evolutivos, emoldurados pelas unidades aloestratigráficas de cada bacia sedimentar. Permanecem plenamente válidas as assertivas litoestratigráficas da versão anterior, e a ela se fará referência sempre que necessário. Da mesma forma, sempre que julgadas oportunas, novas propostas de unidades estratigráficas ou mudanças no *ranking* das mesmas estão sendo aqui apresentadas, o que é o caso apenas para algumas poucas bacias.

A partir da nomenclatura adotada em 1994, em que as Seqüências Meso-Cenozóicas foram denominadas por uma letra - K ou T - e uma sucessão numérica - 10, 20, 30 etc - representativa do empilhamento sedimentar, a evolução do conhecimento conduziu a um detalhamento daquele pioneiro arcabouço aloestratigráfico e isso implica em algumas alterações em relação ao esquema original. É assim que, embora tentando preservar as denominações já estabelecidas, correspondentes a intervalos de tempo específicos na escala geocronológica de idades absolutas, mudanças foram impostas para que fosse possível acomodar as novas seqüências agora reconhecidas, na verdade, um processo em contínuo desenvolvimento. É importante ressaltar que os limites das seqüências exibem uma certa variação temporal de bacia para bacia, fruto de aspectos particulares na história evolutiva de cada uma delas. Na definição das seqüências em escala interbacias, buscou-se evidenciar a continuidade dos principais eventos estratigráficos.

Uma outra alteração necessária adveio da eliminação do termo Terciário das cartas internacionais de referência, de modo que a denominação das Seqüências Cenozóicas passou a ser E para as paleógenas, e N para as neógenas, segundo critério de abreviatura utilizado pela *International Commission on Stratigraphy (ICS)* - (<http://www.palaeos.com/Timescale/timescale.html>). A opção aqui adotada para os casos em que o detalhamento e a individualização de novas seqüências tenham acarretado um conflito com as denominações anteriores é exemplificado na figura 2. Para as unidades paleozóicas, são mantidas as denominações aloestratigráficas de caráter local, específicas de cada bacia em particular. As discordâncias aparecem nas cartas com denominações que são as de uso interno na Petrobras, não estabelecidas segundo um rígido critério de nomenclatura.

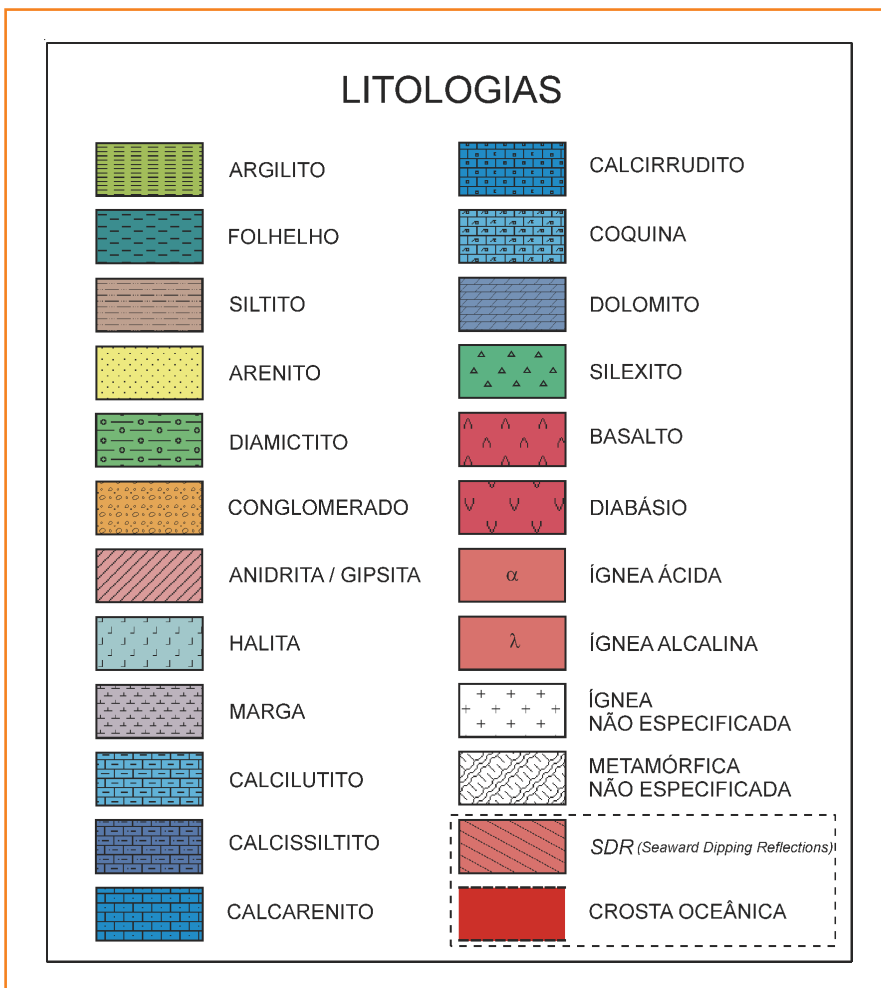


Figura 1 – Simbologia litológica utilizada nas cartas estratigráficas.

Figure 1 – Lithological representation.

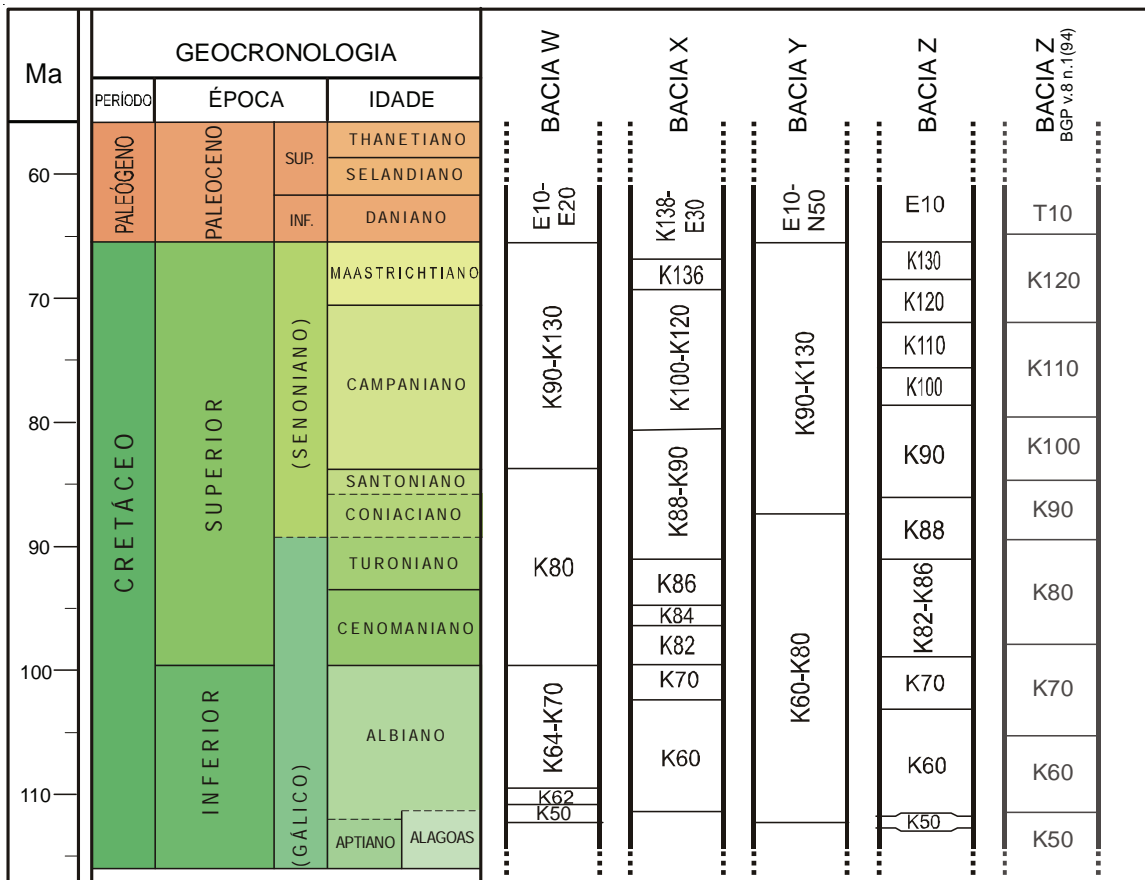


Figura 2 – Critérios de correlação e nomenclatura das seqüências estratigráficas. Observar que um determinado intervalo de tempo geológico corresponde, em diferentes bacias, a um número variável de seqüências.

Figure 2 – Correlation and nomination criteria for stratigraphic sequences used in this volume.

Um outro assunto em que o entendimento geológico evoluiu muito pós-1994 é o dos evaporitos do Andar Alagoas da margem leste brasileira, tema apresentado e discutido em detalhes na obra “Sal - geologia e tectônica”, organizado por Mohriak *et al.* (2008) e patrocinado pela Petrobras. Um aspecto em particular - com impacto no desenho das cartas estratigráficas - é o da taxa de acumulação salina, estimando-se que o empilhamento original de alguns milhares de metros de sal, encontrado em algumas regiões das bacias brasileiras, possa ter se produzido em menos de um milhão de anos. Com a evolução posterior da margem, os evaporitos foram mobiliza-

dos na forma de almofadas, domos e diápiros, muitos destes com mais de sete quilômetros de altura, tendo assumido a halocinese um fundamental papel na história das bacias da margem continental, inclusive em sua Geologia do Petróleo. Na escala de tempo em que são construídas as cartas estratigráficas, a seção salina aptiana aparece como estreito intervalo, sendo esta, todavia, a representação mais fiel do entendimento presente dos aspectos cronogenéticos dessa importante seção das bacias brasileiras. Esta situação é bem exemplificada na carta da Bacia de Santos (fig. 3), em que espessuras similares - da ordem dos 4 mil metros - de

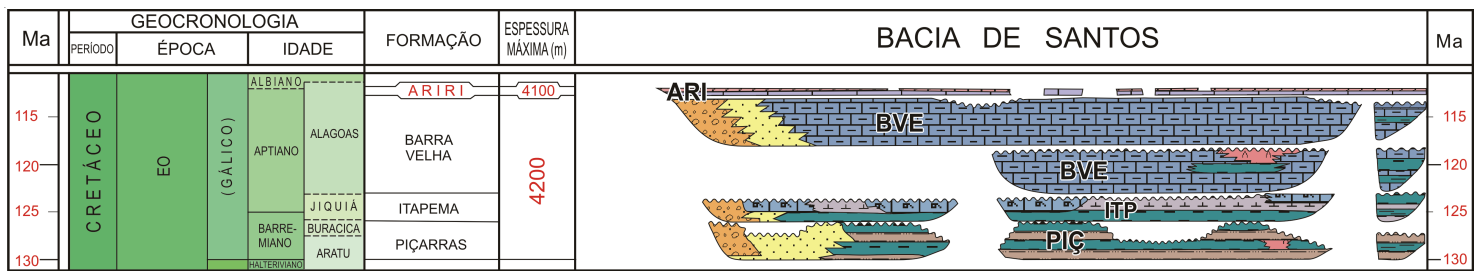


Figura 3 – Variabilidade na representação de seções sedimentares em escala de tempo, exemplificada pela carta estratigráfica da Bacia de Santos.

Figure 3 – Representation of sedimentary sections in a time scale, exemplified by the stratigraphic chart of Santos Basin.

evaporitos (Formação Ariri) e da seção carbonática “pré-sal” (formações Barra Velha, Itapema e Piçarras) contrastam expressivamente quando numa representação em escala de tempo geológico.

É notável a evolução experimentada na capacitação em Estratigrafia das universidades brasileiras. Diversos já são os projetos e as linhas de investigação conduzidas e os programas de pós-graduação nacionais focados nessa vertente particular do conhecimento geocientífico. Diante deste quadro, reafirma-se neste volume a tradicional vocação para parcerias que a Petrobras mantém com a comunidade acadêmica do país: convidadas a participar, a Universidade Estadual Paulista (UNESP) e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) se fazem presentes com artigos atualizados sobre, respectivamente, as bacias do Araripe (M. Assine) e Pernambuco-Paraíba (V. Córdoba e colaboradores).

Bacias Sedimentares do Brasil - contexto regional

As Bacias Sedimentares Fanerozóicas brasileiras agrupam-se em cinco grandes conjuntos, considerando-se a idade de seu preenchimento sedimen-

tar-magmático e o contexto tectônico em que se desenvolveram: Sinéclises Paleozóicas, Bacias Meso-Cenozóicas de Margem Distensiva, Bacias Meso-Cenozóicas de Margem Transformante, Riftes Mesozóicos Abortados e Bacias de Antepaís Andino (fig. 4). A Bacia do Acre é a singular representante, em território brasileiro, das bacias dessa última classe. Na realidade, esta bacia tem história complexa, policíclica, alojando unidades sedimentares a partir do Eopaleozóico, quando era parte do contexto marginal do Gondwana. Durante o Meso-Cenozóico, com a instalação da Cordilheira Andina, a Bacia do Acre experimentou uma importante fase de subsidência flexural assimétrica, aprofundando para oeste no sentido das vizinhas calhas deposicionais peruanas de Marañon e Ucayali. Nessa etapa, alguns milhares de metros de sedimentos terrígenos a ela aportaram.

Localmente, o território interior do país abriga resquícios sedimentares com pequena área de ocorrência, remanescentes de ciclos deposicionais pretéritos de idades variadas e, hoje, sobreviventes do extensivo processo de denudação que modela o continente sul-americano. Tais seções podem apresentar uma expressão geográfica significativa quando foram recobertas por sucessões sedimentares mais jovens, o que as preservou da remoção erosiva. Exemplifica esse caso a presença local de unidades de idade paleozóica sob os pacotes meso-cenozóicos das bacias marginais e em seus ramos abortados. Principalmente no interior da região Nordeste do país são abundantes esses remanescentes sedimentares



Figura 4 – Mapa das bacias sedimentares brasileiras.

Figure 4 – Brazilian sedimentary basins.

mono ou policíclicos, e o mais expressivo deles constitui a Bacia do Araripe, cuja interessante geologia motivou sua inclusão no presente volume. Da mesma forma, a Bacia Proterozóica do São Francisco é aqui apresentada numa visão que considera as informações de subsuperfície (geofísica e poços) adquiridas pela Petrobras em atividades conduzidas durante alguns períodos nas últimas duas décadas.

A análise integrada das bacias sedimentares, representadas nas diversas cartas estratigráficas, permite a correlação entre elas e o reconhecimento de fases evolutivas, caracterizadas cada uma delas por um conjunto de atributos geológicos comuns a diversas áreas. São reconhecidas diversas superseqüências, unidades que materializam a seção sedimentar acumulada durante um determinado estágio de sua evolução tectono-sedimentar. Para as bacias da margem continental, as Superseqüências Pré-Rifte, Rifte, Pós-Rifte e Drifte constituem o arcabouço fundamental.

Ressalte-se que os conceitos de pré-rifte e pós-rifte não são aqui inseridos com um significado apenas temporal (anterior ou posterior à Fase Rifte), outrossim, tais termos trazem também uma vinculação genética ao processo de evolução das bacias da margem continental, e à seção sedimentar/magmática correspondentes. É assim que por Fase (ou Superseqüência) Pré-Rifte entende-se aquele estágio precoce da evolução das bacias marginais (e os depósitos correspondentes) em que fenômenos de subsidência flexural foram induzidos pelo processo de estiramento litosférico que, adiante, culminaria na separação continental. Nesse estágio, entre o Jurássico terminal e o Cretáceo mais inferior (Idade Dom João), define-se uma bacia com geometria *sag*, ampla e com mergulhos suaves, desprovida de falhamentos pronunciados. Em continuidade ao pré-rifte, com o avançar da subsidência mecânica propiciada por falhas normais, instala-se a Fase Rifte, cuja seção correspondente é a Superseqüência Rifte. O estilo estrutural dominante nessa etapa, que aconteceu de maneira diácrona ao longo da margem leste brasileira, foi o de blocos falhados e rotacionados, com grábens alojando grandes depocentros sedimentares. Cesada a atividade principal das falhas normais, intensificaram-se fenômenos de subsidência térmica que se manifestam no desenvolvimento de uma segunda bacia com geometria *sag*, agora na Idade Alagoas - a Fase Pós-Rifte; persiste ainda alguma atividade de falhas normais.

Seguiu-se a Fase Drifte, cujo início foi marcado pela instalação da crosta oceânica e da efetiva separação progressiva dos continentes. A discordância de *breakup* materializa a importante mudança de regime tectônico experimentada pelas bacias da margem continental na passagem rifte/pós-rifte para drifte. Com a deriva continental, implantou-se um processo regional de basculamento da margem continental, amplificado pela carga sedimentar proveniente das áreas emersas, sob erosão, e definindo a configuração fisiográfica atual das bacias marginais.

Agora, apresentam-se resumidamente as bacias brasileiras agrupadas segundo sua classe de afinidade geológica.

Sinéclises Paleozóicas

Subsidência e sedimentação cratônica pós-brasileira foram iniciadas no Meso-Ordoviciano, documentada nas bacias do Solimões (Formação Benjamin Constant), do Amazonas (Formação Autás-Mirim), do Parnaíba (Formação Ipu) e do Paraná (Formação Alto Garças). A sucessão sedimentar inicial dessas bacias arranja-se num hemicíclo transgressivo que culmina em condições de amplo afogamento marinho, já no Siluriano, materializado em cada área, respectivamente, pelos sedimentos das formações Jutaí, Pitinga, Tianguá e Vila Maria (fig. 5).

O segundo hemicíclo transgressivo fanerozóico é documentado pelo Sistema Devoniano das bacias brasileiras. O pacote basal é de natureza arenosa nas bacias do Amazonas (Formação Maecuru), do Parnaíba (Formação Itaim) e do Paraná (Formação Furnas). Na Bacia do Solimões, aparece uma seção de diamictitos e arenitos (Formação Uerê). Para cima, ocorre um espesso intervalo de folhelhos marinhos de plataforma distal, muito fossilíferos e com potencial gerador de hidrocarbonetos (formações Jandiatuba, na Bacia do Solimões; Barreirinha, na Bacia do Amazonas; Pimenteiras, na Bacia do Parnaíba; e Ponta Grossa, na Bacia do Paraná).

O Devoniano foi sucedido por importantes modificações climáticas e paleofisiográficas, de tal sorte que o pacote permo-carbonífero das sinéclises brasileiras registra uma grande diversidade de ambientes de sedimentação e sistemas deposicionais associados. Intervieram condições glaciais-periglaciais

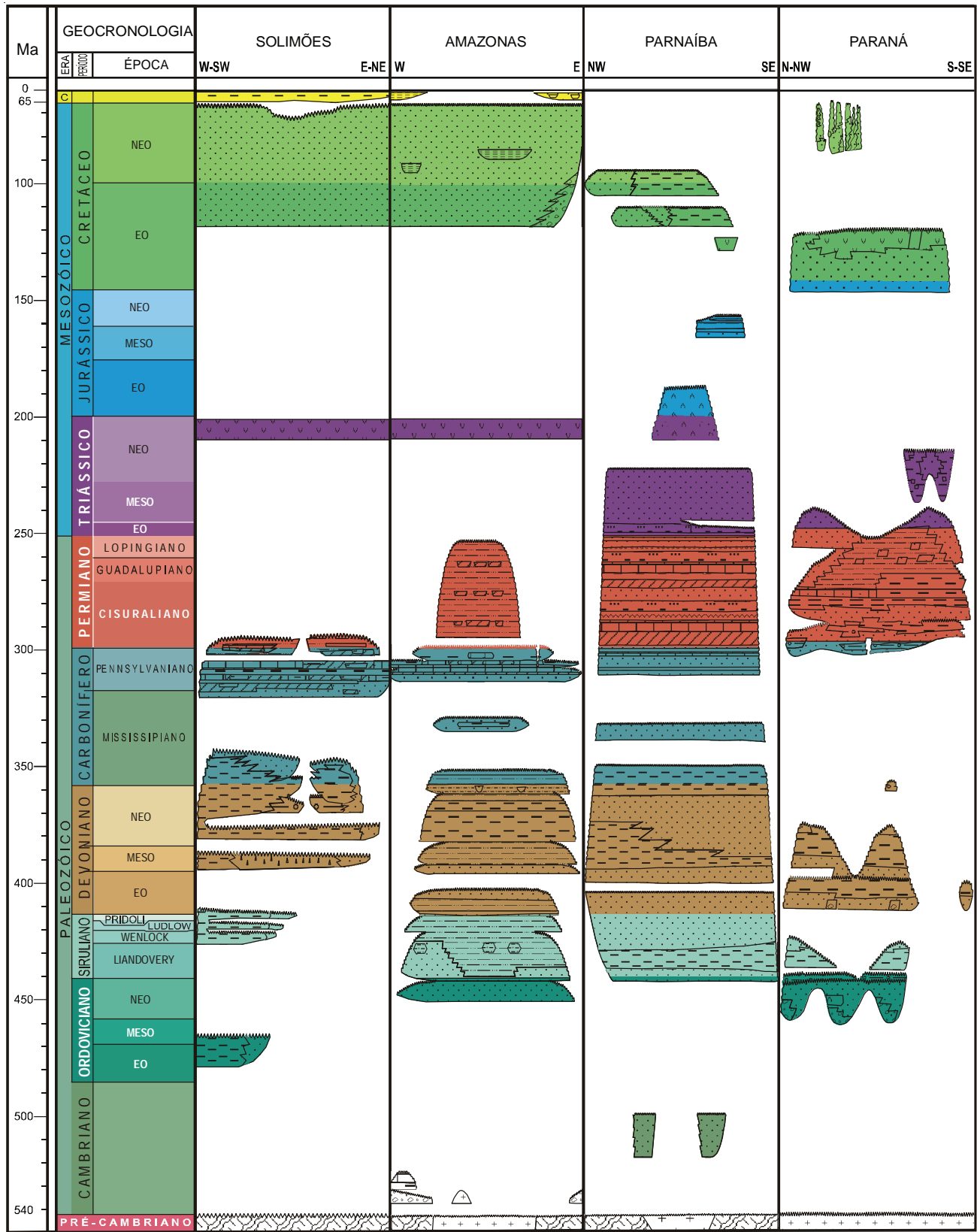


Figura 5– Cartas estratigráficas das sinclises paleozóicas.

Figure 5 – Stratigraphic charts of Brazilian Paleozoic basins.

(Grupo Itararé e Formação Aquidauana na Bacia do Paraná - diamictitos, arenitos e folhelhos); contexto marinho raso em clima árido (Formação Caruari, na Bacia do Solimões; Nova Olinda, na Bacia do Amazonas; e Pedra do Fogo, na Bacia do Parnaíba, com seus característicos depósitos de evaporitos; e Formação Irati, na Bacia do Paraná, com folhelhos betuminosos, margas, carbonatos e evaporitos subordinados). Aportes deltaicos (bem documentado pela Formação Rio Bonito, na Bacia do Paraná) também pontuam o intervalo Permiano. Rumo ao final deste período, todas as sinéclises passam a experimentar condições crescentes de aridez em função do fechamento definitivo ao ingresso de águas oceânicas por sobre o Gondwana. Contextos flúvio-lacustres que, com o ressecamento progressivo, evoluíram no adentrar do Triássico para desertos arenosos, aparecem como o registro sedimentar final da longa história paleozóica dessas bacias (Formação Andirá, na Bacia do Amazonas; Formação Sambaíba, na Bacia do Parnaíba; e formações Pirambóia e Sanga do Cabral, na Bacia do Paraná). Na Bacia do Paraná, extensiva deflação eólica perduraria até o Eocretáceo. Tal condição está documentada nos sedimentitos da Formação Botucatu, preservados no registro geológico por terem sido recobertos - logo após sua acumulação - pelo pacote de lavas Serra Geral.

O magmatismo mesozóico é um capítulo à parte na história das sinéclises intracratônicas brasileiras. Como precursores da ruptura do Gondwana, os diques, soleiras e derrames de rochas ígneas acomodaram-se em grandes volumes nessas bacias, tendo idade predominantemente eojurássica nas bacias do Solimões e do Amazonas e eocretácea na Bacia do Paraná. A Bacia do Parnaíba exhibe registros de ambos os eventos magmáticos acima mencionados, com predominância do mais antigo deles em termos de volume de ocorrência.

Bacias Meso-Cenozóicas de Margem Distensiva

Considerando-se a natureza e a orientação dos campos de tensões regionais durante a fase de ruptura litosférica e a subsequente dinâmica assu-

meida pelas placas Africana e Sul-Americana na fase de deriva continental, dois domínios são reconhecidos na margem brasileira: um segmento predominantemente distensivo e um trecho de natureza transformante, este correspondendo à margem equatorial brasileira.

O segmento distensivo inclui as bacias situadas do extremo nordeste da margem brasileira, na deflexão continental junto à Bacia Potiguar até o limite meridional da Bacia de Pelotas, um amplo contexto onde predominou a tectônica extensional como mecanismo formador de espaço à acomodação sedimentar na Fase Rifte. O arcabouço estrutural desse segmento da margem é definido por falhas normais orientadas preferencialmente numa direção paralela à costa, segmentadas localmente por zonas de transferência que aparecem a altos ângulos em relação àquelas. O processo de rifteamento desenvolveu-se de modo diacrônico ao longo da margem leste brasileira;

Asmus e Ponte (1973) consolidaram a visão de que a margem leste brasileira evoluiu segundo quatro grandes estágios: pré-rifte, rifte, marinho restrito e marinho aberto. As clássicas seqüências “do continente, do lago, do golfo e do mar” daqueles autores documentam, respectivamente, cada um dos estágios tectônicos acima mencionados e aparecem, embora não onipresentes, no registro estratigráfico das bacias da margem leste.

O pacote pré-rifte, neojurássico-eocretáceo (figs. 6 e 7), ocorre na Bacia de Sergipe-Alagoas (formações Candeeiro, Bananeiras e Serraria) e, para sul, é reconhecido até a região de Cumuruxatiba (formações Monte Pascoal e Porto Seguro). O pacote pré-rifte é representado por sedimentitos no geral avermelhados, de contextos deposicionais fluvial, eólico e lacustre muito raso.

A seção rifte tem natureza diversa em vários segmentos ao longo da margem leste, além de registrar um perceptível diacronismo do fenômeno de ruptura e formação dos depocentros lacustres no Eocretáceo. É abundante a presença de ígneas básicas neocomianas sinrifte nas bacias mais meridionais, entre Pelotas e o Espírito Santo (fig. 8). Os lagos do rifte acomodaram uma seção de folhelhos que são importantes como rochas geradoras de hidrocarbonetos, entre os quais incluem-se os do Grupo Lagoa Feia, na Bacia de Campos, e Formação Barra de Itiúba, em Sergipe-Alagoas. Ocorrem também conglomerados, arenitos e coquinas.

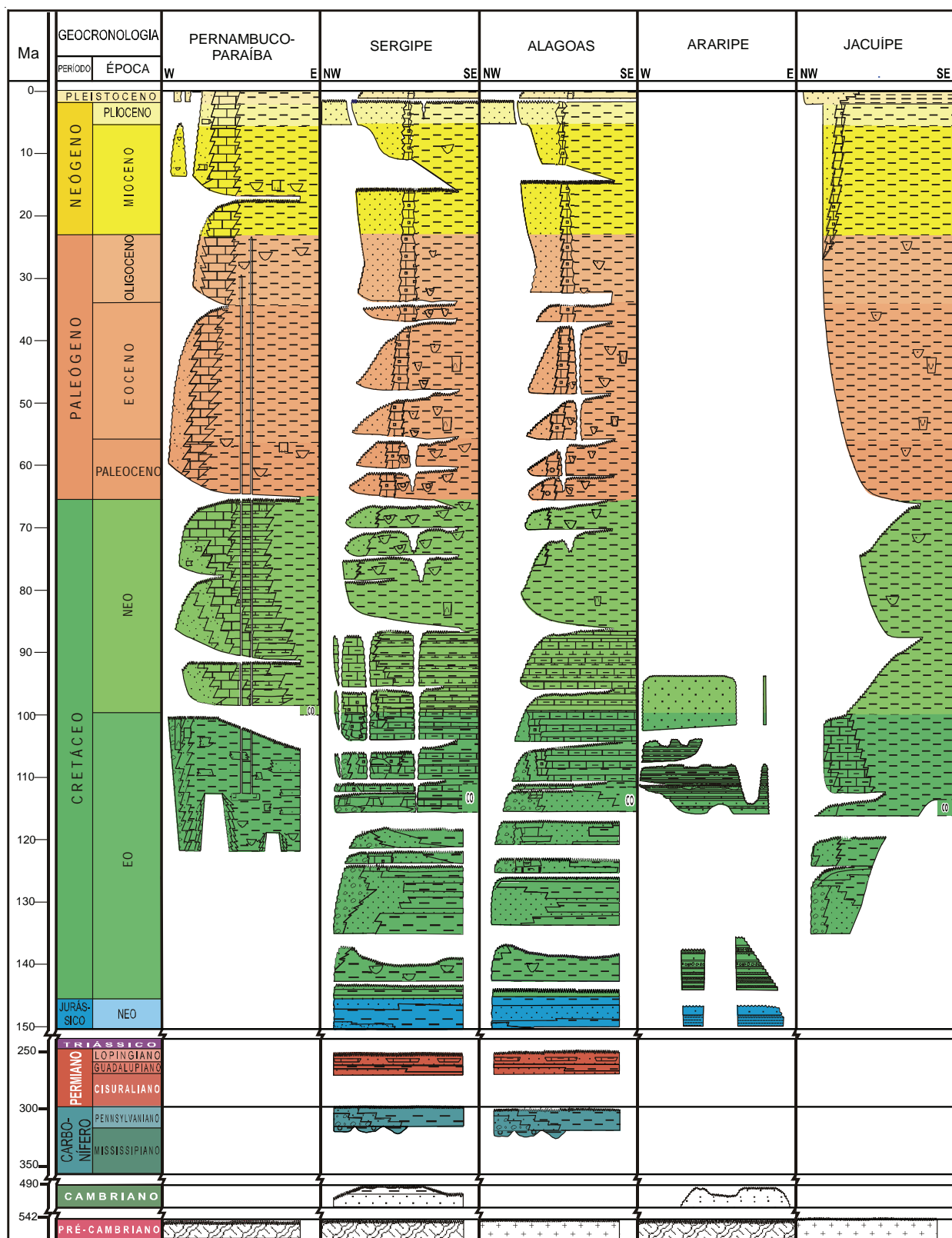


Figura 6 – Cartas estratigráficas das bacias meso-cenozóicas de margem distensiva - segmento setentrional. Bacia do Araripe Interior, também incluída.

Figure 6 – Stratigraphic charts of Brazilian Mesozoic-Cenozoic, extensional margin-northern segment. Interior Araripe Basin also included.

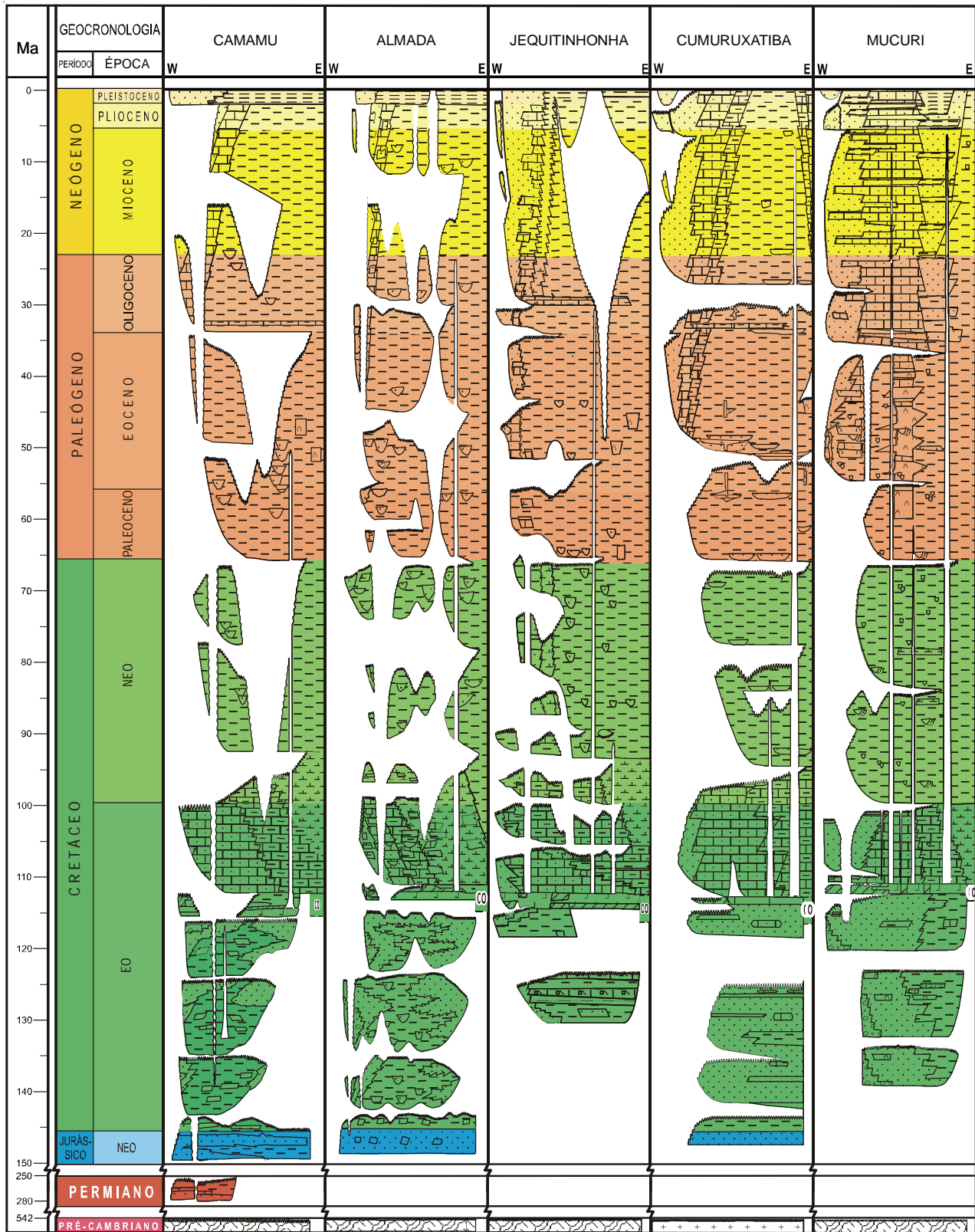


Figura 7 – Cartas estratigráficas das bacias Meso-Cenozóicas de margem distensiva - segmento central.

Figure 7 – Stratigraphic charts of Brazilian, Mesozoic-Cenozoic extensional margin - central segment.

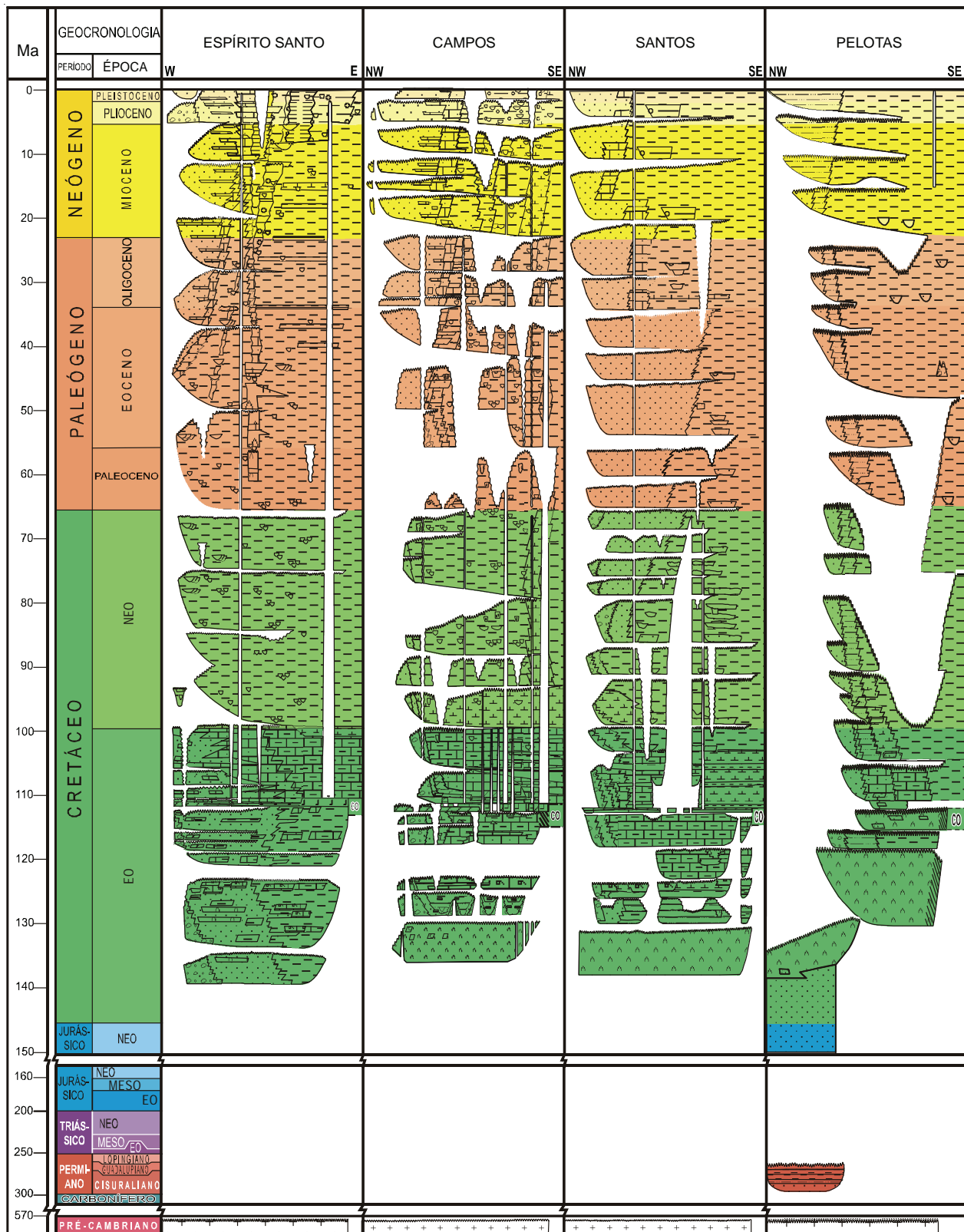


Figura 8 – Cartas estratigráficas das bacias meso-cenozóicas de margem distensiva - segmento meridional.

Figure 8 – Stratigraphic charts of Brazilian, Mesozoic-Cenozoic extensional margin - southern segment.

O Andar Alagoas da margem leste abarca a seção marinha restrita, bem caracterizada pelo pacote de evaporitos (principalmente halita e anidrita), muito importante em espessura e área de ocorrência nas bacias de Santos (Formação Ariri), de Campos (Formação Retiro do Grupo Lagoa Feia) e do Espírito Santo (Membro Itaúnas da Formação Mariricu). A bacia evaporítica da margem leste prolongava-se seguramente até a região de Sergipe-Alagoas (Membro Ibura da Formação Muribeca), e com extensão provável até Pernambuco-Paraíba, área onde existem evidências apenas por geofísica da presença de horizontes evaporíticos, com sua característica assinatura em dados sísmicos. Abaixo dos sais, e tendo o conjunto sido acumulado no contexto de um grande golfo proto-oceânico, aparecem depósitos carbonáticos e siliciclásticos, com algum magmatismo local associado. Tais depósitos, juntamente com os evaporitos, caracterizam a seção pós-rifte da margem leste brasileira. Os carbonatos da Formação Barra Velha, da Bacia de Santos, constituem os reservatórios “pré-sal” naquela bacia, uma seção que se notabilizou nos últimos tempos em função dos grandes volumes de petróleo que aloja.

Seguiu-se à deposição dos evaporitos a instalação de condições francamente marinhas. No Albiano, sob tais condições, foram depositados os carbonatos das formações Portobelo (Bacia de Pelotas), Guarujá (Bacia de Santos), Regência (bacias do Espírito Santo, Jequitinhonha e Cumuruxatiba), Algodões (Bacia de Camamu-Almada), Riachuelo (Bacia de Sergipe-Alagoas) e Estiva (Bacia de Pernambuco-Paraíba), além daqueles do Grupo Macaé da Bacia de Campos. Acima dos carbonatos, ocorre espessa seção de sedimentitos siliciclásticos, predominantemente folhelhos e arenitos, estes de naturezas variadas (de plataforma rasa, de leques costeiros e turbiditos de talude e bacia), compondo em seu conjunto um grande ciclo transgressivo-regressivo entre o Neocretáceo e o Recente.

Bacias Meso-Cenozóicas de Margem Transformante

O estilo tectônico dominante durante a evolução das bacias da margem equatorial brasileira foi

bastante particular. Naquela área implantou-se, no Aptiano, um binário de cisalhamento dextrógiro, mecanismo responsável pela ruptura litosférica e subsidência transtensional em diversos depocentros que então se estabeleceram. Segundo Pedro Victor Zalán (informação verbal), quatro estágios evolutivos marcaram a margem equatorial:

- Triássico-Mesojurássico: criando o gráben de Tacutu e um *sag* Pré-Rifte na área de Cassiporé, Bacia da Foz do Amazonas, onde se acumularam os *red beds* e rochas ígneas associadas da Formação Calçoene (fig. 9);
- Neocomiano-Barremiano: o mesmo evento que produziu extensivamente a ruptura da margem leste brasileira, mas na margem equatorial estando restrito aos domínios das bacias da Foz do Amazonas e Marajó. A esta fase associam-se pacotes sedimentares relacionados à porção mais inferior da Formação Cassiporé, na Foz do Amazonas, e às formações Jacarezinho e Breves, em Marajó;
- Aptiano: de ampla ocorrência em toda a margem equatorial. Ao rifte aptiano estão relacionadas as seções sedimentares da Formação Mundaú, da Bacia do Ceará, e as unidades correlatas nas demais bacias;
- Albiano: o mais intenso deles, ampliando lateralmente a área da margem, que alcançaria agora regiões antes não afetadas, tais como a Bacia de São Luiz/Bragança-Viseu/Ilha Nova e a porção terrestre da Bacia de Barreirinhas. O Grupo Canárias, das bacias do Pará-Maranhão e Barreirinhas, é uma das seções que representa essa fase evolutiva da margem equatorial.

Não ocorrem evaporitos extensivos na margem equatorial, que seriam a materialização do contexto marinho restrito, indicando ter sido a invasão de águas marinhas naquela área, provenientes de noroeste - oceano Atlântico Central, implantado no Jurássico - um fenômeno bastante rápido.

A natureza da seção marinha nas bacias da margem equatorial, do Albiano ao Recente, é análoga à da margem leste, correspondendo a arenitos e folhelhos da cunha clástica, a que se interpõem carbonatos de plataforma.

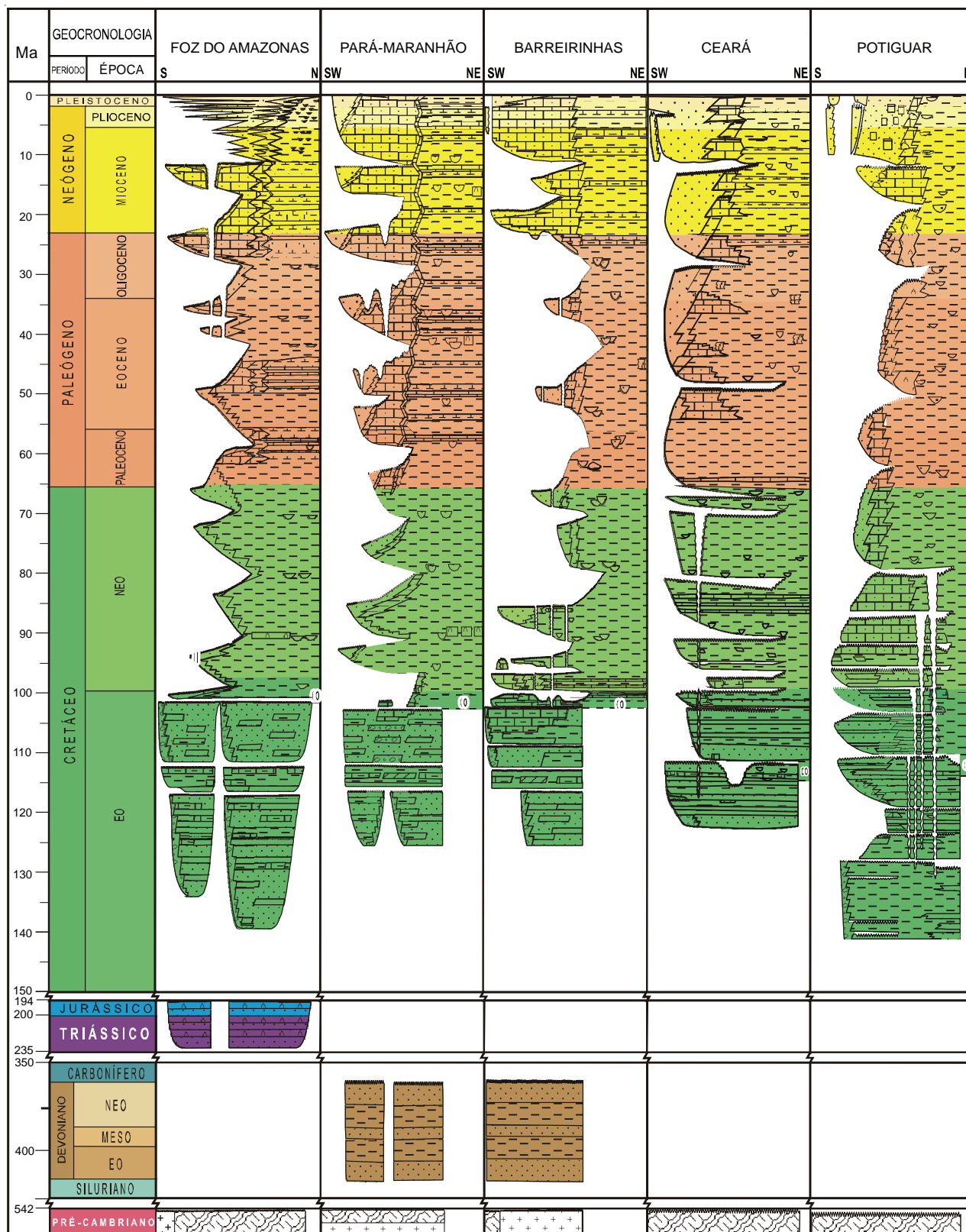


Figura 9 – Cartas estratigráficas das bacias mesozoóicas de margem transformante.

Figure 9 – Stratigraphic charts of Brazilian Mesozoic-Cenozoic transform margin.

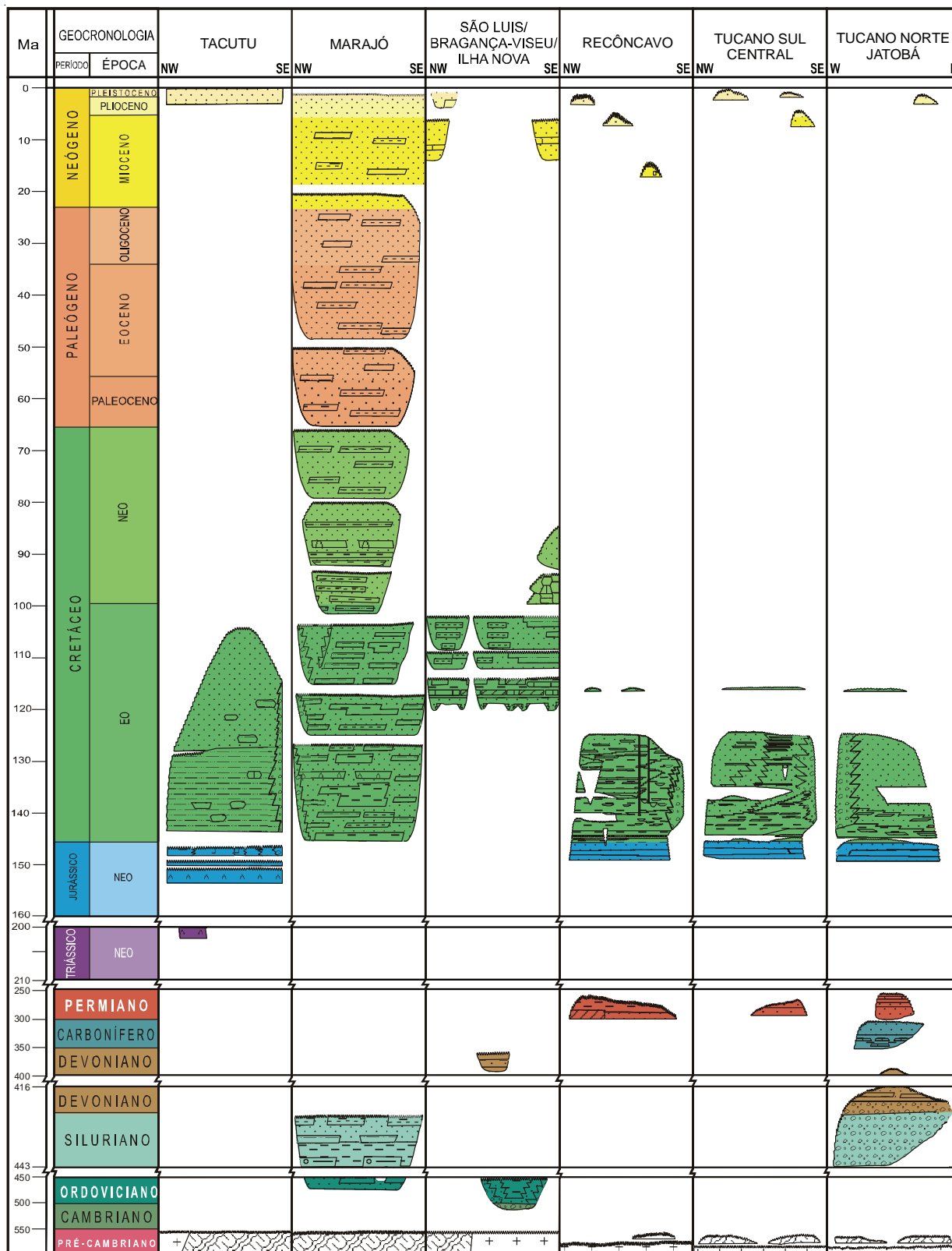


Figura 10 – Cartas estratigráficas dos riftes mesozóicos abortados.

Figure 10 – Stratigraphic charts of Brazilian Mesozoic aborted rift basins.

Riftes Mesozóicos Abortados

Os processos tectônicos responsáveis pela ruptura mesozóica do Gondwana, além de individualizarem as placas Africana e Sul-Americana, definindo-lhes os contornos, promoveram o desenvolvimento de alguns braços abortados de rifte, que se projetam para o interior do continente a partir da margem (fig. 4). A idade dessas bacias correlaciona-se ao evento rifte daquele trecho da margem continental em que estão inseridas. A amplitude temporal e a natureza do seu preenchimento sedimentar é bastante variável, sendo algumas delas restritas apenas à seção sintectônica, enquanto outras incluem um pacote pré-rifte ou um pós-rifte em seu registro geológico (fig. 10).

A Bacia do Tacutu implantou-se nos terrenos pré-cambrianos do Escudo das Guianas. Seu preenchimento sedimentar corresponde ao intervalo temporal Neojurássico-Eocretáceo, e a bacia é assoalhada por um basalto eojurássico (Formação Apoteri). Bastante singular é também a presença de uma seção de evaporitos neojurássicos (Formação Pirara), documentando uma incursão marinha do Oceano Atlântico Central àquela época.

Assim como Tacutu, a Bacia de Marajó assinala manifestações do rifteamento neotriássico-eojurássico do Atlântico Central, do qual representa a terminação mais meridional. No Aptiano, principal época de subsidência na bacia, desenvolveu-se um grande depocentro onde foi depositado uma seção sedimentar com cerca de 10 mil m de espessura, dos quais praticamente a metade corresponde ao pacote pós-rifte (Formação Marajó), representado por sistemas deposicionais costeiros, marinho-marginais. A seção sinrifte da Bacia de Marajó (Formação Cassiporé), pouco amostrada por poços, é predominantemente arenosa. Sotopostos à seção mesozóica da Bacia de Marajó ocorrem remanescentes erosivos da sedimentação paleozóica, que cobria originalmente toda aquela ampla área, outrora conectada a terrenos hoje situados na placa africana.

Na Bacia de Bragança-Viseu/São Luís/Ilha Nova, o pacote sinrifte albio, que se desenvolveu em condições transtensionais, é representado pela Formação Itapecuru, predominantemente arenosa. A Bacia Potiguar, em sua porção terrestre, inclui um pacote de sedimentitos lacustres de idade neocomiana (Formação Pendência), recobertos pela seção aptiana marinha restrita (Formação Alagamar), pela seção

regressiva predominantemente arenosa da Formação Açú, albo-cenomaniana, e pelos carbonatos neocretácicos da Formação Jandaíra.

A Bacia do Recôncavo-Tucano-Jatobá constitui o clássico exemplo brasileiro de rifte intracontinental abortado. O preenchimento da bacia inclui um pacote pré-rifte (Grupo Brotas) constituído por sedimentos continentais aluviais, fluviais, eólicos e lacustres rasos, assinalados às formações Aliança, Sergi e Itaparica. A seção rifte é marcada pela ativação da grande Falha de Salvador, o elemento tectônico que controlou a subsidência do gráben. A Formação Salvador, uma grande cunha de conglomerados, ocorre nas vizinhanças daquela falha normal. A seção lacustre sinrifte inclui folhelhos, arenitos turbidíticos, progradações deltaicas (Formação Candeias e Grupo Ilhas) e um assoreamento final por sistemas arenosos fluviais (Formação São Sebastião). Encerram a história de preenchimento da bacia os depósitos clásticos arenosos da Formação Marizal, que caracterizam sua Fase Pós-Rifte.

agradecimentos

A padronização gráfica das cartas estratigráficas foi um trabalho que requereu muita dedicação e paciência. Nesse particular, o grupo de revisão é grato aos Técnicos de Projetos Adelino Teixeira Dias, César Fraga de Oliveira e José Sergival da Silva, o primeiro do Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES) e os demais da Gerência Executiva de Exploração, que foram incansáveis no preparo das múltiplas versões dos desenhos. A participação inicial de Gerhard Beurlen, da Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia do CENPES, foi fundamental na definição dos padrões a serem adotados no desenho das cartas. Além dos autores e co-autores de cada carta, inúmeros outros colegas, que não será possível listar aqui, contribuíram enormemente para a viabilização final deste trabalho. O apoio gerencial da área de Exploração, em todos os seus níveis na Companhia, foi o ingrediente que serviu de incentivo tanto ao planejamento e inserção do tema na pauta do Boletim de Geociências da Petrobras quanto à finalização da tarefa.

referências bibliográficas

ASMUS, H. E.; PONTE, F. C. The brazilian marginal basins, In: Nairn, A. E.; Stehli, F. G. (Ed.). **The ocean basins and margins: the south atlantic**. New York: Plenum, 1973. V. 1, p. 87-132.

GRADSTEIN, Félix M.; OGG, Jim G.; SMITH, Alan G. **A geologic time scale**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 589 p.

MOHRIAK, W. U.; SZATMARI, P.; ANJOS, S. **Sal: geologia e tectônica**. São Paulo: Beca, 2008. 448 p.

bibliografia

FEIJÓ, F. J. Introdução. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 5-8, jan./mar. 1994.

webgrafia

KAZLEV, M. Alan. Geological time. In: **Palaeos: the trace of life on earth**. 2002. Disponível em: <<http://www.palaeos.com/Timescale/default.htm>>. Acesso em: 25 out. 2007.

Brazilian Sedimentary Basins - Stratigraphic Charts

Introduction

Edison José Milani¹ (Coordenador), Hamilton Duncan Rangel², Gilmar Vital Bueno³, Juliano Magalhães Stica², Wilson Rubem Winter⁴, José Maurício Caixeta⁵, Otaviano da Cruz Pessoa Neto⁶

More than 50 years of cumulative exploratory work undertaken by Petrobras in the Brazilian sedimentary basins has generated the compilation of an enormous geological-geophysical data bank that today allows a firm understanding of the stratigraphic and structural framework of these areas. The Company's geologists, assisted by the biostratigraphic and sedimentary research of well data and outcrops, and the important support of seismic images, are able to represent the stratigraphic arrangement of the various geological provinces in the form of chronostratigraphic diagrams. These are usually called stratigraphic charts, representative of the fundamental sedimentary-magmatic characteristic deposits of each basin prospected for petroleum throughout the Country. Although these have been shown in an isolated manner in diverse publications since the 60s, it was in the Petrobras Geosciences Bulletin v. 8, n. 1, in 1994, that all the basin charts were standardized and published together.

During the last three years, Petrobras geologists again organized an extensive revision process of the stratigraphic charts. Various basins have had an enormous information evolution since 1994, through the acquisition of a very large volume of new geological and geophysical data and by the natural evolution of the accumulated knowledge. In others, nothing or very little had been done in terms of exploratory activity since the chart's previously published version. However, the basin interpretation teams have changed, so that even in these cases the

charts now presented are different from the earlier ones, which by itself is certainly material to rouse and sustain the technical debate.

The charts published here, besides having up-to-date content, incorporate alterations to their format when compared to those of 1994. The most significant change was the suppression of the column related to the biostratigraphic zoning. This piece of information is of invaluable strategic value to the exploratory process and whose permanent update is a source of the unequivocal Petrobras competitive advantage in Brazilian sedimentary basin studies. But if the detailed biozoning made by the company is not shown here, it serves as a basis for the sedimentary section positioning of the Brazilian basins in international geochronological scales. Gradstein et al. (2004), reference was used for the absolute ages from which were also taken the standardized colors of each geological time interval. The drawings appear in variable vertical scales, adapted to the different types of featured basin and to the temporal amplitude of its stratigraphic record.

A second important alteration to the chart format made available herein, relates to a graphic differentiation imposed on the sedimentary sections, according to its relationship - full or secondary - to a particular basin. In this way, in the chronostratigraphic chart drawings, the rock units that were deposited in that specific basin are represented in colors. Whereas, the preexisting sedimentary sections that occupied the same geographical context in previous cycles but

which have no genetic relationship with the basin in question remain in black and white. This situation exemplifies the relicts of Paleozoic sedimentation that occurs beneath the Recôncavo and Sergipe-Alagoas Basins, and the Proterozoic to Cambrian section of the Purus Group, subjacent to the Amazonas Basin. In the same way, later sedimentary cycles in that particular basin, such as the Cretaceous section that partially covers Parnaíba Basin, are represented without colors. With this strategy, it is intended to reinforce the sedimentary basin concept as the subsident area and depositional site during a particular geotectonic cycle of geological history. The basin lithologies that continue with a similar representation to those of the 1994 charts are shown in figure 1.

Changes also appear in respect of the descriptive focus used in the explanatory texts for each basin. Bearing in mind that the 1994 Bulletin emphasized the lithostratigraphic aspects, it produced a synthesis for all the basins in that particular version. Now it is preferred to adopt a description privileging evolutionary aspects, framed by the allostratigraphic units of each sedimentary basin. However, the lithostratigraphic assertions of the previous version remain completely valid, and they will be referred to whenever necessary. In the same way, whenever considered appropriate in the case of just a few basins, new proposals or changes in the ranking of stratigraphic units are shown.

From the nomenclature adopted in 1994, in which the Meso-Cenozoic Sequences were denominated by the letters - K or T - and a numeric succession - 10, 20, 30 etc - representative of the sedimentary deposits, knowledge evolution has led to a detailing of that pioneering allostratigraphic framework and this has required some alterations to the original outline. In this way, although trying to preserve the already established denominations corresponding to specific time intervals in the geochronological scale of absolute ages, changes have been imposed so that it was possible to accommodate the new currently recognized sequences, in a continuously developing process. It is important to emphasize that the sequence limits exhibit a certain temporal variation from basin to basin, fruit of particular aspects in the evolutionary history of each one. In the inter-basin scale sequence definitions, the continuity of the main stratigraphic events was sought to be shown.

Another necessary alteration occurred in the elimination of the term Tertiary in the international reference charts, whereby the Cenozoic Sequence denomination became E in the Paleogenic, and N in

the Neogenic, according to the International Commission on Stratigraphy (ICS) abbreviation criterion (<http://www.palaeos.com/Timescale/timescale.html>). The option adopted herein for cases where this detail and the new sequences individualization have caused a conflict with the previous denominations is illustrated in figure 2. For the Paleozoic units, the local character allostratigraphic denominations are specifically maintained for each particular basin. The Petrobras internal use, where no rigid nomenclature criterion has been established.

The evaporites of the Andar Alagoas on the Eastern Brazilian margin are another subject in which the geological understanding has evolved a lot since 1994. This is a theme introduced and discussed in detail in the work "Salt - geology and tectonic", organized by Mohriak et al. (2008) and sponsored by Petrobras. One aspect in particular - with an impact on the drawing of stratigraphic charts - is the rate of saline accumulation, where it is estimated that the original deposition of some thousands of meters of salt, as found in some Brazilian basin regions, could have been produced in less than one million years. With the later evolution of the margin, evaporites were mobilized into the form of cushions, domes and diapirites, many of these more than seven kilometers high. Halokinesis assumed a fundamental role in the continental margin basin history, including its Petroleum Geology. In the time scale in which the stratigraphic charts are built, the Aptian saline section appears as a narrow interval, this being, however, the most faithful representation in the current understanding of the chronogenetic aspects of this important Brazilian basins section. This situation is well demonstrated in the Santos Basin chart (fig. 3), in which similar thicknesses - of around 4000 m - of evaporites (Ariri Formation) and of the carbonatic "pre-salt" section (Barra Velha, Itapema and Piçarras formations) expressively contrast when represented in a geological time scale.

The evolution experienced in Stratigraphy qualification courses in Brazilian universities is notable. There are already several projects, lines of investigation and national post-graduation programs focused on this particular branch of geoscientific knowledge. Faced with this scenario, this edition reaffirms the traditional vocation for the partnerships that Petrobras maintains with the country's academic community: São Paulo State University (UNESP) and Rio Grande do Norte Federal University (UFRN) were invited to participate with updated articles on, respectively, Araripe (M. Assine) and Pernambuco-Paraíba basins (V. Córdoba and collaborators).

Brazilian Sedimentary Basins - regional context

The Brazilian Phanerozoic Sedimentary Basins are grouped into five large assemblies, depending on their sedimentary-magmatic deposition age and the tectonic context in which they developed: Paleozoic Synclises, Meso-Cenozoic Extensional Margin Basins, Meso-Cenozoic Transform Margin Basins, Aborted Mesozoic Rifts and Andean Foreland Basins (fig. 4). The Acre Basin is the only Brazilian territory representative of the basins of this last denomination. In fact, this basin has a complex history, polycyclic, lodging Eopaleozoic sedimentary units, when it was part of the Gondwana marginal context. During Meso-Cenozoic, with the Andean mountain range installation, the Acre Basin experienced an important asymmetric flexural subsidence phase, deepening to the west in the direction of the neighboring Peruvian depositional sites of Marañón and Ucayali. In this stage, some thousands of meters of terrigenous sediments entered it.

Locally, the country's interior territory shelters sedimentary vestiges, which occur only in a small area, rejected remainders of depositional cycles of various ages and, today, survivors of the extensive denuding process that models the South American continent. Such sections can show a significant geographical expression when they were covered by younger sedimentary successions, which preserved them from erosive removal. This case is exemplified in the local presence of Paleozoic age units under the Meso-Cenozoic marginal basin packages and in its aborted branches. Mostly inside the country's Northeast region, these mono or polycyclic sedimentary remainders are abundant. The most expressive of these makes up the Araripe Basin, whose interesting geology motivated its inclusion in the current edition. In the same way, the São Francisco Proterozoic Basin is shown here in a vision that contemplates the subsurface information (geophysics and wells). This data was acquired by Petrobras in activities conducted during a number of periods over the last two decades.

The integrated sedimentary basins analysis, represented in the various stratigraphic charts, allows the correlation between them and the recognition of

the evolutionary phases, characterized for each one by a set of common geological attributes in several areas. Various Supersequences are identified, units that make up the accumulated sedimentary section during a certain stage of its tectono-sedimentary evolution. For the continental margin basins, Pre-Rift, Rift, Post-Rift and Drift Supersequences make up their fundamental framework.

It is emphasized that the concepts of Pre-Rift and Post-Rift are not inserted here with just temporal meanings (previous or posterior to the rift phases), similarly, such terms also bring a genetic link to the continental margin basin's evolutionary process, and to the corresponding sedimentary/magmatic section. Therefore, the meaning of Pre-Rift Phase (or Supersequence) is that earlier evolutionary stage of the marginal basins (and the corresponding deposits). This was when subsidence flexural phenomena were induced by the lithospheric stretching process that, in time, would culminate in the continental separation. During this stage, between terminal Jurassic and the most inferior Cretaceous (Dom João Age), a basin with sag geometry is defined, wide and with gentle dips, without any pronounced faults. In continuity to the Pre-Rift, with the advance of the mechanical subsidence caused by normal faults, the Rift Phase is installed; whose corresponding section is a the Rift Supersequence. The dominant structural style in this stage, which happened in a diachronial manner along the Brazilian Eastern margin, was one of faults and tilted blocks, with grabens accommodating large sedimentary depocenters. With the cessation of the main normal fault activity, thermal subsidence phenomena intensified that manifested themselves in the development of a second basin with sag geometry, now in the Alagoas Age - the Post-Rift Phase, some normal fault activity persists.

Then followed the Drift Phase, whose beginning was marked by the oceanic crust installation and the progressive separation effect of the continents. Break-up incomformity form the important tectonic regime change experienced by the continental margin basins with the passing of the Rift/Post-Rift phases to the Drift phase. With the continental drift, a regional continental margin uplift process was implanted, amplified by the sedimentary load originating from the emersed eroded areas and defining the current physiographic configuration of the marginal basins.

There now follows a summary of the Brazilian basins grouped according to its geological affinity classification.

Paleozoic Synclises

The Post-Brazilian Cratonic subsidence and sedimentation were initiated in the Meso-Ordovician, documented in the following basins: Solimões (Benjamin Constant Formation), Amazonas (Autás-Mirim Formation), Parnaíba (Ipu Formation) and Paraná (Alto Garças Formation). The initial sedimentary succession of these basins are found in a transgressive hemicycle that culminates in extensive marine flooding conditions, while in the Silurian, there occurred in each respective area, sediments from the Jutaí, Pitinga, Tianguá and Vila Maria formations (fig. 5).

The second Phanerozoic transgressive hemicycle is documented by the Brazilian basin Devonian System. The base package is of a sandy nature in the following basins: Amazonas (Maecuru Formation), Parnaíba (Itaim Formation) and Paraná (Furnas Formation). In the Solimões Basin, a diamictite and sandstone section appears (Uerê Formation). Upwards, occurs a thick interval of distal platform marine shales, very fossiliferous and with potential hydrocarbon generation (Formations: Jandiátuba, in the Solimões Basin; Barreirinha, in the Amazonas Basin; Pimenteiras, in the Parnaíba Basin; and Ponta Grossa, in the Paraná Basin).

The Devonian was followed by important climatic and paleogeographic modifications, of such a type that the permo-carboniferous package of the Brazilian Synclises registers a large diversity of sedimentation environments and associated depositional systems. Glacial-periglacial conditions intervened (Itararé Group and Aquidauana Formation in the Paraná Basin - diamictites, sandstones and shales); shallow marine context in arid climate (Carauari Formation, in the Solimões Basin; New Olinda, in the Amazonas Basin; and Pedra do Fogo, in the Parnaíba Basin, with their characteristic evaporites deposits; and Irati Formation, in the Paraná Basin, with bituminous shales, marls, carbonates and subordinated evaporites). Deltaic wedges (well documented by the Rio Bonito Formation, in the Paraná Basin) also punctuate the Permian interval. Towards the end of this period, all synclises pass through experiences of increasingly arid conditions due to the permanent closing to oceanic water ingress over the Gondwana area. Fluvial-lacustrine contexts that, with the progressive drying, evolved into sandy

deserts at the beginning the Triassic, finally appearing as the sedimentary record of the long Paleozoic history of these basins (Andirá Formation, in the Amazonas Basin; Sambaíba Formation, in the Parnaíba Basin; and Pirambóia and Sanga do Cabral Formations, in the Paraná Basin). In the Paraná Basin, extensive wind deflation would last until the Early Cretaceous. This condition is documented in sediments of the Botucatu Formation, preserved in the geological record for having been covered - soon after its accumulation - by the Serra Geral lava package.

Mesozoic magmatism is a chapter apart in the Brazilian Intracratonic synclises history. As precursors of the Gondwana rupture, the dikes, sills and igneous rock flows were accommodated in large volumes in these basins, having predominantly Early Jurassic ages in the Solimões and Amazonas basins and Early Cretaceous in the Paraná Basin. Parnaíba Basin exhibits registrations from both the above mentioned magmatic events, with the older one being predominant in terms of occurrence volume.

Meso-Cenozoic Extensional Margin Basins

Depending on nature and the regional stress field orientation during the lithospheric rupture phase and the subsequent movement assumed by the African and South American plates in the continental drift phase, two domains are recognized on the Brazilian margin: A segment predominantly Extensional and a nother with a Transform nature, this corresponding to the Brazilian equatorial margin.

The Extensional segment includes the basins situated on the Brazilian extreme northeast margin, from the continental deflection close to the Potiguar Basin until the southern limit of the Pelotas Basin, a wide context where the extensional tectonics predominated as the space forming mechanism for the sedimentary accommodation in the Rift Phase. The structural framework of this margin segment is defined by normal faults preferentially oriented in a direction parallel to the coast, segmented locally by transfer zones high angles from that. The Rifting process developed in a diachronic manner along the Brazilian Eastern margin.

Asmus and Ponte (1973) consolidated the vision that the Brazilian Eastern margin evolved due to four large stages: Pre-Rift, Rift, Restricted Marine and Open Marine. The classical sequences, “of the continent, lake, the gulf and the sea” of those authors document, respectively, each one of the above mentioned tectonic stages and they appear, although not omnipresent, in the eastern margin basin’s stratigraphic record.

The Pre-Rift package, Late Jurassic - Early Cretaceous (fig. 6 and 7), occurs in the Sergipe-Alagoas Basin (Candeeiro, Bananeiras and Serraria Formations) and, to the South, it is recognizable until the Cumuruxatiba Region (Monte Pascoal and Porto Seguro Formations). The Pre-Rift package is represented by generally reddish sediments, of fluvial depositional, wind and very shallow lacustrine contexts.

The rift section has a diverse nature in several segments along the Eastern margin, besides registering a perceptible diachronism of the lacustrine depocenters rupture and formation phenomenon during the Early Cretaceous. The presence of basic igneous Neocomian Syn-Rift rocks is abundant in the more southern basins, between Pelotas and Espírito Santo (fig. 8). The Rift Lakes contain a shales section that is important as hydrocarbon generator rocks, between which are included the Lagoa Feia Group, in the Campos Basin; and Barra de Itiúba Formation, in Sergipe-Alagoas. Conglomerates, sandstones and soft porous limestones also occur.

The Andar Alagoas on the Eastern margin holds the restricted marine section, well characterized by the evaporites package (mostly halite and gypsum-anhydrite), very important in thickness and occurrence area in the Santos Basin (Ari Formation), of the Campos Basin (Retiro Formation of the Lagoa Feia Group) and of the Espírito Santo Basin (Itaúnas Member of the Mariricu Formation). The Eastern margin evaporitic basin firmly continues until it reaches Sergipe-Alagoas Region (Ibura Member of the Muribeca Formation), and with a probable extension on to the Pernambuco-Paraíba area where there is some geophysics evidence of the presence of evaporitic horizons, with its characteristic seismic data signature. Below the salts, and having the accumulated site in the context of a large proto-oceanic gulf, carbonate and siliciclastic deposits appear, with some locally associated magmatism. Such deposits, together with the evaporites, characterize the Post-Rift section of the Brazilian Eastern margin. The Barra Velha Formation carbonates, of the Santos Basin, make up the “pre-salt” reservoirs in that basin, a section that

has been highlighted in the recent times due to the large volumes of petroleum that it lodges.

The deposition of the evaporites is followed by the installation of full marine conditions. In the Albian, under such conditions, carbonates were deposited in the formations: Portobelo (Pelotas Basin), Guarujá (Santos Basin), Regência (Espírito Santo Basins, Jequitinhonha and Cumuruxatiba), Algodões (Camamu-Almada Basin), Riachuelo (Sergipe-Alagoas Basin) and Estiva (Pernambuco-Paraíba Basin), in addition to those of the Campos Basin Macaé Group. Above the carbonates, a thick siliciclastic sediment section occurs, predominantly shales and sandstones, of varied natures (shallow platform, coastal fans and slope and basin turbidites), composing in its assemblage a large transgressive-regressive cycle between Late Cretaceous and the Recent.

Meso-Cenozoic Transform Margin Basins

The dominant tectonic style during the Brazilian equatorial margin basin evolutions was very particular. In that area in the Aptian, a Right lateral shear couple was implanted, that was responsible for the lithospheric rupture and transtensional subsidence in several depocenters that were established then. According to P. V. Zalán (verbal information), four evolutionary stages marked the equatorial margin:

- Triassic-Mesojurassic: Creating the Tacutu Graben and a sag Pre-Rift in the Cassiporé Area, Foz do Amazonas Basin, where red beds and igneous rocks associated with the Calçoene Formation accumulated (fig. 9);
- Neocomian-Barremian: That same event extensively produced the Brazilian Eastern margin rupture, but in the equatorial margin it was restricted to the basins domains of Foz do Amazonas and Marajó. In this phase are associated the sedimentary packages related to the lower portion of the Cassiporé Formation, in Foz do Amazonas Basin, and to the Jacarezinho and Breves Formations, in Marajó;
- Aptian: Of wide occurrence in the whole equatorial margin. The sedimentary sections of the Mundaú Formation, in the Ceará Basin, and the correlated units in the other basins are related to the Aptian Rift;

- *Albian*: The most intense of them all, expanding the margin area sideways, that would now reach regions not affected before, such as the São Luis/Bragança-Viseu/Ilha Nova Basin and terrestrial portion of the Barreirinhas Basin. The Canárias Group, of Pará-Maranhão and Barreirinhas Basins, is one of the sections that represent this evolutionary phase of the equatorial margin.

Extensive evaporites do not occur in the equatorial margin that would have been the production of a restricted marine context, indicating that there had been a marine water invasion in that area, originating from the Northwest - Central Atlantic Ocean, implanted in the Jurassic - a very fast phenomenon.

The nature of marine section in the equatorial margin basins, from the Albian to the Recent, is similar to the Eastern margin, matching the sandstones and shale clastic wedges that intervene the platform carbonates.

Aborted Mesozoic Rifts

The tectonic processes responsible for the Gondwana Mesozoic rupture, besides individualizing the African and South American plates, by defining their outlines, it also promoted the development of some aborted branches of the Rift, which project from the margin towards the continent interior (fig. 4). The age of these basins is correlated to the rift event of that continental margin stretch in which they are inserted. The temporal amplitude and nature of its sedimentary deposition is very variable, some of them being restricted just to the syntectonic section, while others include a Pre-Rift or one Post-Rift package in its geological record (fig. 10).

The Tacutu Basin is located in the Precambrian terrains of the Shield Guianas. Its sedimentary deposition corresponds to the temporal interval of Late Jurassic-Early Cretaceous, and the basin has an Early Jurassic basalt floor (Apoteri Formation). Very unique also is the presence of a Late Jurassic evaporite section (Pirara Formation), registering a Central Atlantic Ocean marine incursion at that time.

Like the Tacutu Basin, the Marajó Basin witnesses Central Atlantic Late Triassic-Early Jurassic Rift manifestations, which represent the southernmost termination. In the Aptian, the prin-

cipal subsidence period in the basin, a large depocenter developed where a sedimentary section of about 10 thousand m thick was deposited. Practically half of this corresponds to the Post-Rift package (Marajó Formation), represented by coastal marine-marginal depositional systems. The Syn Rift section of the Marajó Basin (Cassiporé Formation), little sampled by wells, is predominantly sandy. Beneath the Mesozoic section of the Marajó Basin occur erosive remainders of the Paleozoic sedimentation that had originally covered the whole area, formerly connected by terrains today situated on the African plate.

In the São Luis/Bragança-Viseu/Ilha Nova Basin, the Albian Syn Rift package, which developed in transtensional conditions, is represented by the predominantly sandy Itapecuru Formation. The Potiguar Basin, in its terrestrial portion, includes a lacustrine sediment package of Neocomian age (Pendência Formation), covered by the Aptian restricted marine section (Alagamar Formation), by the predominantly sandy regressive section of the Açú Formation, Albo-Cenomanian, and by the Late Cretaceous carbonates of the Jandaira Formation.

The Recôncavo-Tucano-Jatobá Basin constitutes the classical Brazilian example of an aborted intercontinental Rift. The basin deposition includes a Pre-Rift package (Brotas Group) formed by continental alluvial, fluvial, wind and shallow lacustrine sediments, marking the formations Aliança, Sergi and Itaparica. The rift section is marked by the activation of the large Salvador Fault, the tectonic element that controlled the graben subsidence. The Salvador Formation, a large wedge of conglomerates, occurs in the vicinity of that normal fault. The Syn Rift lacustrine section includes shales, sandstone turbidites, deltaic progradations (Candeias Formation and Ilhas Group) and a final silting-up by fluvial sandy systems (São Sebastião Formation). The sandy clastic deposits of the Marizal Formation conclude the basin depositional history, which characterizes its Post-Rift Phase.

Acknowledgements

The graphic standardization of the stratigraphic charts was a work that required much dedication and patience. In this particular instance, the revision group is thankful for the Project Technicians: Adelino Teixeira Dias, César de Oliveira and José Sergival Da Silva, the first from the Petrobras Research Center (CENPES)

and the Fraga from the Exploration Executive Management, they were tireless in the preparation of multiple versions of the drawings. The initial participation of Gerhard Beurlen, of the CENPES Biostratigraphic and Paleoecological Management, was fundamental in the standards definitions that were adopted in the chart drawings. Besides the authors and co-authors of each chart, there were countless other colleagues that will not be possible list them all here, they contributed enormously to the final viability of this work. The managerial support of the Exploration area, in all their levels in the Company, was the ingredient that served as an incentive not only in the planning and insertion of the theme in the Petrobras Geosciences Bulletin list but also regarding the conclusion of the task.

webgraphy

KAZLEV, M. Alan. Geological time. In: **Palaeos: the trace of life on earth**. 2002. Disponível em: <<http://www.palaeos.com/Timescale/default.htm>>. Acesso em: 25 out. 2007.

bibliographical references

ASMUS, H. E.; PONTE, F. C. The brazilian marginal basins, In: Nairn, A. E.; Stehli, F. G. (Ed.). **The ocean basins and margins: the south atlantic**. New York: Plenum, 1973. V. 1, p. 87-132.

GRADSTEIN, Félix M.; OGG, Jim G.; SMITH, Alan G. **A geologic time scale**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 589 p.

MOHRIAK, W. U.; SZATMARI, P.; ANJOS, S. **Sal: geologia e tectônica**. São Paulo: Beca, 2008. 448 p.

bibliography

FEIJÓ, F. J. Introdução. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 5-8, jan./mar. 1994.