



## Estratigrafia de Sequências aplicada à Bacias rifte: Reconhecimento sismoestratigráfico das fases iniciais do Rifte, Bacia do Recôncavo – Brasil.

Uilli Oliveira Freitas<sup>1</sup>; Breno Figueiredo Bahia<sup>1</sup>; Edris Brasileiro Troccoli<sup>1</sup>; Felipe Seibert Moreira<sup>1</sup>; Michael Holz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Estratigrafia Teórica e Aplicada (GETA) – Universidade Federal da Bahia

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

### Abstract

The concepts of Sequence Stratigraphy describes the infill of passive margin basins. For continental rifts, however, it is necessary to adapt these concepts. Prosser (1993), in her work, has applied sequence stratigraphy concepts adapting it to rift basins. This approach was applied to the Recôncavo Basin, and it was possible to recognize three infill standards, which are denominated Tectonic System Tracts. This work, however, intends to recognize the initial rifting phases. To do so, were interpreted seismic lines and well logs. The seismic interpretation softwares used are *OpendTect* and *IHS Kingdom*.

### Introdução

O processo de rifteamento da crosta não é instantâneo. Segundo Gawthorpe & Leeder (2000), a fase inicial do desenvolvimento do meio-gráben é marcada por falhamentos incipientes na crosta, apresentando pequeno rejeito. Do ponto de vista estratigráfico, estas pequenas falhas, que estruturam pequenas e isoladas bacias, já alteram os padrões de sedimentação local. Segundo Prosser (1993), o espaço de acomodação inicialmente criado é rapidamente preenchido pelas redes de drenagem existentes, resultando em padrões de sedimentação agradacionais a progradacionais. Neste trabalho, este estágio é denominado de Trato Tectônico de Início de Rifte (TTIR).

A contínua ação dos esforços divergentes propaga o desenvolvimento das falhas, que tendem a se ligar (Gawthorpe e Leeder, 2000), estruturando as falhas principais da bacia, como a Falha de Salvador na Bacia do Recôncavo. Assim, a configuração de uma bacia tipo Rifte está instaurada, onde a taxa de subsidência aumenta consideravelmente, os lagos ficam cada vez mais profundos, acarretando uma geometria estratal agradacional a retrogradacional. Devido à instabilidade tectônica desta fase, depósitos de fluxos gravitacionais são encontrados. Este estágio é denominado de Trato Tectônico de Desenvolvimento de Rifte (TTDR), cuja principal característica é a grande criação de espaço de acomodação.

Com a quiescência tectônica, a taxa de criação de espaço é bastante reduzida, desta forma, o aporte sedimentar torna-se maior que o espaço de acomodação, gerando um padrão progradacional. Estas características definem o Trato Tectônico de Final de Rifte (TTFR).

Os três tratos anteriormente descritos são interpretados nos dados de poço com o auxílio do perfil de raios-gama (GR). Em linhas sísmicas, o reconhecimento destes tratos é baseado nos conceitos da sismoestratigrafia. Os padrões progradantes, observados no TTIR, configuram uma superfície de *downlap*, a qual marca o início do rifteamento, sendo denominada Discordância Sin-Rifte (DSR). A grande criação de espaço de acomodação no TTDR, como descrito, supera as taxas de aporte sedimentar e os sedimentos tendem a retrogradar. Desta forma, terminações estratais em *onlap* vão indicar o início do TTDR. A superfície de *onlap* que marca essa passagem é denominada Superfície de Início de Desenvolvimento de Rifte (SIDR).

A Superfície de Máximo Rifteamento (SMR) marca a máxima criação de espaço na Bacia, onde há a deposição de sedimentos que poderão transformar-se em rochas geradoras. As progradações iniciais do TTFR são marcadas por terminações em *downlap*, entretanto este Trato é dividido por uma superfície de tendências, que marca uma mudança de fácies interna ao Trato. A mesma é denominada Superfície de Tendência (STF1/F2), onde F1 e F2 são os diferentes finais de rifte. Esta superfície marca o fim da predominância de fácies deltaicas, no TTFR1, para o início da predominância de fácies fluviais, no TTFR2.

Por meio dos padrões de deposição e as terminações estratais a eles associadas, foram delimitadas, nas linhas sísmicas e nos poços, as superfícies iniciais do desenvolvimento do rifte (DSR e SIDR).

### Metodologia

Faz-se necessário que novas técnicas de investigação sejam realizadas, principalmente em bacias maduras, a exemplo do Recôncavo, com o intuito de entender de forma mais satisfatória o seu desenvolvimento e preenchimento sedimentar. Neste trabalho, utilizaram-se os conceitos descritos por Prosser (1993) para identificar as superfícies estratigráficas que delimitam os Tratos de Sistemas Tectônicos, tentando entender de forma mais detalhada o preenchimento da Bacia em estudo.

Foi-se utilizado dois poços (P.CENTRAL e P.SUL) e seus respectivos dados de poços, além de duas linhas sísmicas (L.CENTRAL e L.SUL), estando presentes na porção central e sul da Bacia (Figura 1).

Para a análise dos dados de poços utilizou-se os perfis geofísicos, sendo o perfil de *gamma-ray* (GR) o mais utilizado. A análise do mesmo consistiu na identificação de eletrofácies (sino, funil, caixa, simétrico) e nos padrões retrogradacionais, agradacionais e progradacionais. Assim, tornou-se possível a identificação das superfícies estratigráficas mais

importantes, por exemplo, SIDR e, a delimitação dos Tratos de Sistemas Tectônicos.

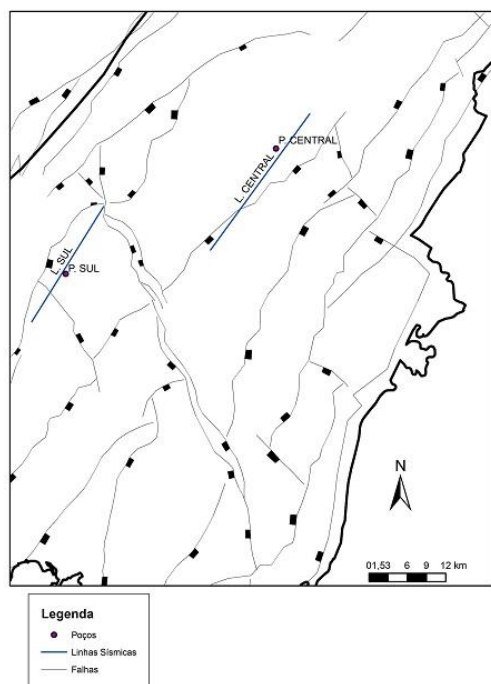


Figura 1: Localização dos dados utilizados. Adaptado de Destro (2003).

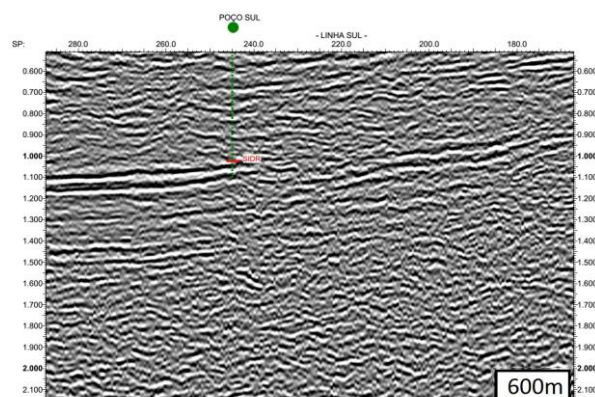
Para a interpretação das linhas sísmicas, confeccionou-se tabelas de tempo x profundidade utilizando o sônico (DT), perfil geofísico de porosidade. Para a validação das tabelas, fez-se necessário averiguar a confiabilidade do perfil geofísico utilizado. A averiguação se deu através da observação do cáliper (integridade do poço) e através do cálculo da discrepância entre a velocidade intervalar média de uma formação e a velocidade medida (através da conversão do DT) no intervalo de amostragem da ferramenta. Estas tabelas auxiliaram na confecção de sismogramas sintéticos para a realização da amarração rocha/perfil/sísmica.

Na confecção dos sismogramas sintéticos, utilizaram-se os perfis de densidade (RHOB) e porosidade (DT), entretanto, apenas o DT possuía um intervalo contínuo perfilado. Assim, utilizou-se a equação de Gardner, que relaciona a velocidade da onda compressional ( $V_p$ ) com a densidade a partir de constantes empíricas.

## Resultados

A Figura 2 mostra um segmento da linha sísmica L.SUL. À esquerda do poço, o refletor vermelho foi marcado através da mudança de uma sismofácies caótica para a presença de refletores contínuos e de alta amplitude, entretanto, à direita do poço, este padrão tornou-se mais difícil de ser rastreado. Com isto, levou-se em consideração a continuidade do refletor antes marcado, mesmo com a perda de amplitude. Desta forma, interpretou-se que este refletor separa o embasamento dos estratos pré-rifte da bacia.

a)



b)

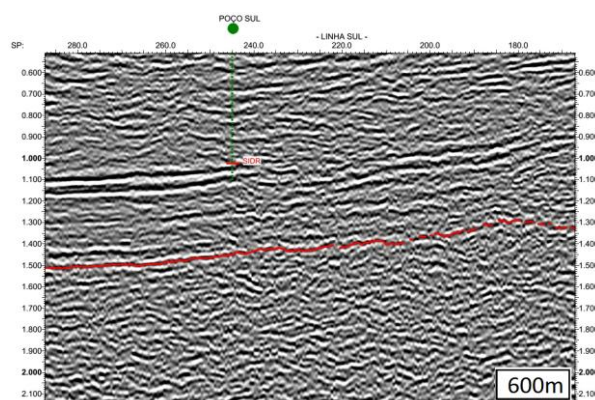


Figura 2: Segmento da linha sísmica L. SUL, a) Sem interpretação, b) Interpretação do embasamento.

A Figura 3 a) e b) mostram um segmento da linha sísmica L. CENTRAL com e sem interpretação, respectivamente. O processo de amarração sísmica/poço foi crucial nesta etapa do trabalho. Como mostrado na Figura 3 a), a relação tempo-profundidade para este refletor foi bastante satisfatória, indicando que o refletor em questão apresenta grande possibilidade de estar relacionado com os depósitos do TTIR.

A amarração sísmica/poço foi realizada com a sintetização do perfil de densidade (RHOB), com a aplicação da equação de Gardner. Este procedimento, infelizmente, adiciona erros à análise, entretanto, o DT utilizado não é sintético e as relações tempo-profundidade geradas para os poços são confiáveis. Como o trabalho não conta com dados de sísmica-poço (VSP ou *Check-shot*), a curva tempo-profundidade ( $T_xZ$ ) foi obtida a partir dos dados do perfil sônico.

A Figura 3 b) mostra a marcação de terminações em *downlap* sobre o refletor interpretado como o topo da sequência pré-rifte. Este refletor, no modelo utilizado, corresponde à discordância sin-rifte (DSR). Este padrão ocorre devido à progradação dos sistemas deposicionais em direção às pequenas bacias geradas na fase inicial do rifte, sendo interpretados como sistemas flúvio-deltaicos que preenchem essas pequenas depressões (Prosser (1993); Holz (2013)).

Em dados de poço, este estágio é marcado por padrões do tipo funil (granocrescência ascendente) no perfil de *gamma-ray*, mostrado na Figura 4. O padrão de refletores plano-paralelos observados para maiores tempos (profundidades) são interpretados como os depósitos do pré-rifte, corroborando com a interpretação do TTIR sobreposto a estes.

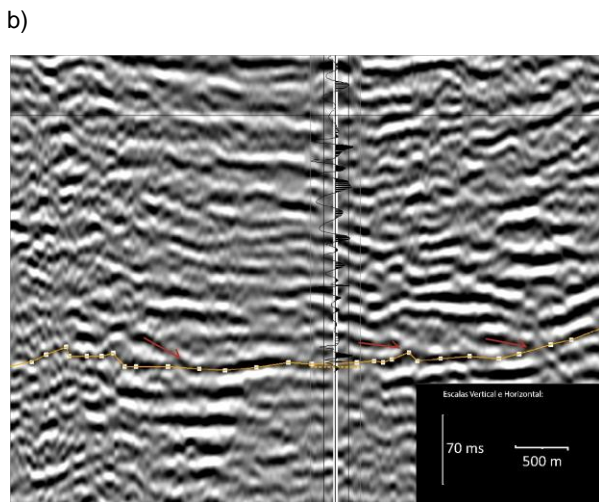
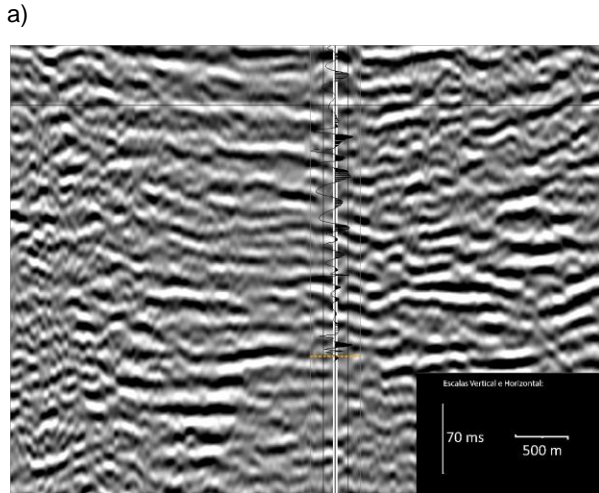


Figura 3: Segmento da linha sísmica L. CENTRAL, a) Sem interpretação, b) Interpretação de terminações em downlap, em vermelho, que configuram a DSR (em laranja).

A Figura 5 mostra outro segmento da linha sísmica L.SUL e a disposição do POÇO SUL na mesma. A amarração do poço com a sísmica foi realizada através da confecção do sismograma sintético, como dito anteriormente. Entretanto, esta amarração não foi realizada para o poço todo, mas para o foco do estudo, a SIDR. Essa superfície, como já dito, marca a passagem do Trato Tectônico de Início de Rifte para o Trato Tectônico de Desenvolvimento de Rifte. Esta passagem ocorre devido à instabilidade tectônica instaurada na bacia e consequente aumento da taxa de subsidência, superando assim o aporte sedimentar.

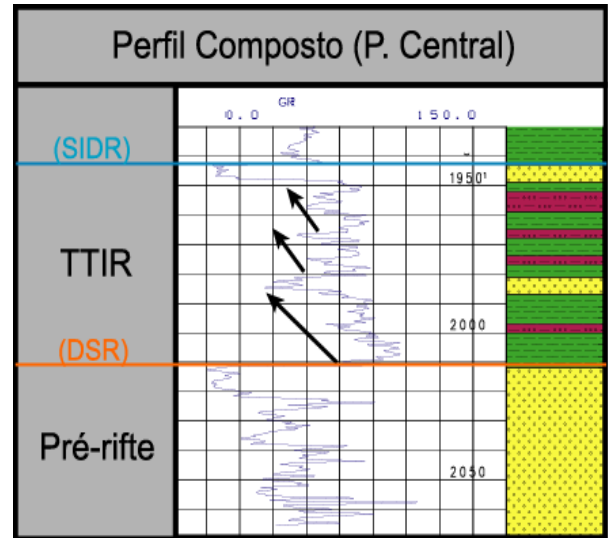


Figura 4: Padrões progradacionais interpretados no poço.

Desta forma, o padrão estratal progradacional é substituído por agradacional à retrogradacional. Em termos de sismoestratigrafia, é possível identificar terminações estratais do tipo *onlap*, como visto na figura, corroborando para a marcação da superfície em estudo.

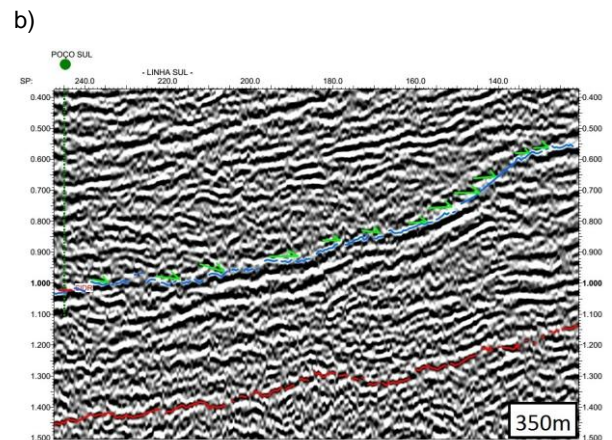
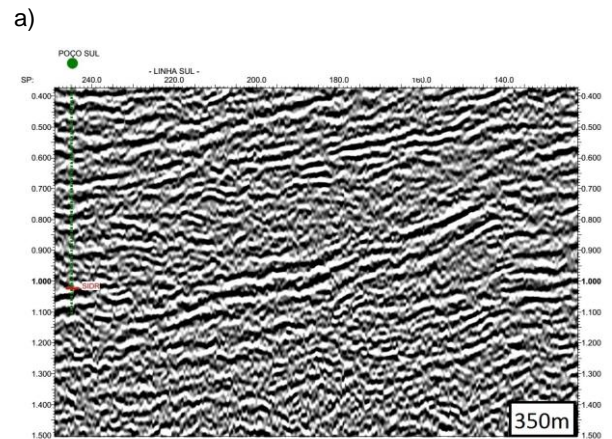


Figura 5: Segmento da linha sísmica L. SUL, a) Sem interpretação, b) Interpretação de terminações em onlap, em verde, que configuram a SIDR (em azul).

## Discussão e Conclusões

A estratigrafia de sequências aplicada à riftes continentais tem se mostrado uma ferramenta bastante promissora e eficiente. Outros autores, como Kuchle & Scherer (2010), aplicaram o modelo proposto por Prosser (1993) na Bacia do Recôncavo, entretanto dúvidas ao respeito do preenchimento do rifte Recôncavo – Tucano – Jatobá ainda persistem. Os Tratos de Sistemas Tectônicos descritos neste trabalho podem ser identificados em dados de poços e linhas sísmicas, desde que aplicados os conceitos adaptados da estratigrafia e sismoestratigrafia de sequências. A utilização deste modelo tende a mudar a maneira de como são vistos os sistemas petrolíferos da Bacia do Recôncavo, os quais já são bastante conhecidos. Para trabalhos futuros, a marcação da Superfície de Máximo Riftingamento (SMR), e da Superfície de Tendências (STF1/F2), o reconhecimento dos fluxos gravitacionais e um estudo detalhado nos conglomerados da borda falhada são temas a serem abordados.

As superfícies estratigráficas DSR e SIDR, definidas pela Estratigrafia de Sequências adaptada à bacias do tipo rifte, foram identificadas a partir das terminações estratigráficas de maneira coerente ao modelo. Apesar da pequena quantidade de dados utilizados para a análise do modelo, a aplicação deste para as fases iniciais do rifte já apresentou resultados satisfatórios. Espera-se que a contínua aplicação destes princípios em mais dados, especialmente linhas sísmicas e poços, possibilite uma melhor compreensão do desenvolvimento e preenchimento da Bacia do Recôncavo. Esta metodologia possibilita o estudo da Bacia com visão a novos *leads* exploratórios, bem como a recharacterização de reservatórios em produção. Resultados mais satisfatórios podem ser alcançados com a utilização de dados de melhor qualidade, como sísmicas 3D, sísmica de poço e perfis geofísicos completos, para que não haja a necessidade da modelagem de curvas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à GEOPARK pelo fornecimento dos dados e fomento à pesquisa. Ao CPGG – UFBA pelas facilidades oferecidas ao GETA e seus integrantes.

## Referências

- Destro, N.; Szatmari, P.; Alkmim, F. F.; Magnavita, L. P. 2003. Release faults, associated structures, and their control on petroleum trends in the Recôncavo rift, northeast Brazil. AAPG Bulletin, v. 87, no. 7: 1123–1144.
- Gawthorpe, R. L.; Leeder, M.R. 2000. Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins. Blackwell Science Ltd, Basin Research, 12: 195–218.
- Holz, M.; Troccoli, E.B.; Vieira, M. 2014. Sequence Stratigraphy of Continental Rift Basins I: A Conceptual Discussion of Discrepant Models. In: Rocha, R.; Pais, J.; Kullberg, C.; Finney, S. (eds.). STRATI 2013: First International Congress on Stratigraphy At the Cutting Edge of Stratigraphy. Springer Geology 2014, 9-13.

Kuchle, J.; Scherer C.M.S. 2010. Seismic stratigraphy of rift basins: techniques, methods and its application in the Recôncavo Basin. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2: 179-206.

Prosser, S., 1993. Rift-related linked depositional systems and their seismic expression. Tectonics and Seismic Sequence Stratigraphy. Geological Society Special Publication No. 71: 35-66.

Troccoli, E. B., 2012. Estratigrafia de sequências em bacias rifte. Aplicação na região nordeste da Bacia do Recôncavo (Campo de Quiambina). Trabalho de Graduação – Universidade Federal da Bahia.