



## Análise cinemática da Falha de Baixa Grande a partir de dados de sísmica de reflexão 3D, fase rifte da Bacia Potiguar, nordeste do Brasil.

Rodrigo Malheiros Pontes\*, PPGG-UFRN; Renato Marcos Darros de Matos, Aurizônia Petróleo.

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

In spite of significant study and exploration of the Potiguar Basin, easternmost Brazilian equatorial margin, by the oil industry, its still provides an interesting discussion about its origin and the mechanisms of hydrocarbon trapping. The mapping and interpretation of 3D seismic data, rift phase of the basin, suggests that dip changes in the Baixa Grande Fault plane are responsible for generating regional synclinal folds, which provides powerful information about its kinematics.

The structures described at seismic lines, and interpreted at time structural maps, points to an oblique component in the extensional regime that forms the basin. Associations of such features with the geometric variation of fault plane suggest a multiphase processes for basin origin. The changing of structural trend during basin evolution is responsible for generating local zones of transpression and transtraction behaviors which associated to an extensive deformation provides a complex deformation of the basin rift fill.

### Introdução

Apesar do significativo interesse da indústria do petróleo, expresso por intensa aquisição de dados sísmicos e perfuração de poços exploratórios, a porção emersa da Bacia Potiguar oferece, ainda hoje, a oportunidade de um interessante debate quanto sua origem e, principalmente, quanto aos mecanismos e processos de traçamento de hidrocarbonetos.

A arquitetura da bacia está relacionada a uma série de eventos tectono-estruturais cretáceos que culminam com a fragmentação do supercontinente Gondwana no Cretáceo Inferior. A porção emersa da bacia é caracterizada por um meio graben de formato rômboide alongado na direção NE-SW controlado por duas falhas lítricas incrustais normais com rejeitos verticais de até 5 km. Os sistemas de falhas de Carnaubais, Baixa Grande/Apodi constituem um sistema de falhas de borda do rifte potiguar, o primeiro de direção nordeste e o segundo de direção nordeste/noroeste. O registro estratigráfico da bacia marca suas principais fases de evolução tectônica: rifte, transicional e drifte.

A análise e mapeamento do volume de dados de sísmica de reflexão 3D da Falha de Baixa Grande, adquirido junto

a ANP-BDEP pelo Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, permitiu observar mudanças consistentes no padrão geométrico no plano da falha. Tais mudanças são marcadas por expressivas variações no ângulo de mergulho da falha, além do desenvolvimento de concavidades e convexidades que resultam em importantes dobramentos distensionais do tipo *flat-ramp*, muitos deles portadores de hidrocarbonetos nesta porção da bacia (Pontes & Matos, 2004). Atribui-se às variações no ângulo de mergulho do plano da falha a formação de dobramentos sinclinais de escala regional que fomentam importantes implicações cinemáticas acerca da Falha de Baixa Grande, e conseqüentemente fornecem subsídios para uma melhor discussão e compreensão da evolução da fase rifte da Bacia Potiguar representada por sedimentos da Formação Pendência.

### Metodologia

A análise do bloco 3D da Falha de Baixa Grande foi realizada por meio do mapeamento de detalhe dos falhamentos mais expressivos e de horizontes sísmicos internos ao pacote rifte da bacia. Os dados de sísmica de reflexão 3D foram carregados no pacote Geographix Explorer (Landmark Graphix) para interpretação no *software* SeisVision. A interpretação dos perfis sísmicos foi realizada em todo volume 3D do bloco de Baixa Grande. Como resultado da interpretação sísmica reconhece-se a atuação de uma importante deformação de caráter rúptil na área estudada. Em função da complexidade desta deformação o bloco 3D foi verificado linha a linha de modo a captar sua sutileza no espaçamento adotado para o mapeamento das linhas sísmicas.

Após a gridagem dos mapas estruturais em tempo sísmico, a partir da utilização dos *softwares* SeisVision e GeoAtlas, foram geradas imagens tridimensionais da Falha de Baixa Grande com intuito de melhor caracterizar a geometria de seu plano. Os horizontes e falhas gridados foram, também, analisados em imagens tridimensionais de modo a melhor caracterizar seu relevo sísmico e a influência da Falha de Baixa Grande na sua estruturação.

### Interpretação Sísmica do 3D de Baixa Grande

O mapeamento dos horizontes sísmicos teve como objetivo principal caracterizar o impacto da geometria da Falha de Baixa Grande na disposição geral dos estratos da fase rifte da bacia. Os horizontes internos à Fm. Pendência apresentam uma superfície, em tempo sísmico, bastante complexa (figura 1). Este relevo é controlado pela presença de dobramentos em diferentes escalas e por uma densa rede de fraturamentos. O mapeamento e interpretação de linhas sísmicas ilustram

claramente a forte influência que a Falha de Baixa Grande exerce em sua disposição geral, sem dúvida a principal condição de contorno na vizinhança da área movimentada. Além desta, são também significativamente afetados por fraturas secundárias dentro do pacote rifte e pela deformação do embasamento. A movimentação de blocos do embasamento provoca a propagação de falhas no pacote rifte e em alguns casos gera dobramentos antififormes suaves nas porções basais da seção rifte.

Os horizontes apresentam dobramentos de escala regional, expressos por variações (em tempo) da ordem de 0,65 segundo. Nas áreas centro-sudoeste e centro-nordeste são observadas anomalias de baixo gradiente e grande amplitude ilustrando a presença de dois sinformes sinclinais suaves de grande amplitude, com eixo principal aproximado NW-SE. Estes dobramentos constituem os depocentros de maior importância da área pesquisada.

Nas regiões sudoeste, centro-sudoeste e centro-nordeste são descritas anomalias de forte gradiente e pequeno tempo sísmico. Tais anomalias são associadas ao desenvolvimento de dobramentos antififormes anticlinais de eixo principal aproximado NE-SW, a intensidade e a amplitude destes dobramentos variam de acordo com sua posição na área de trabalho.

As falhas e fraturas mapeadas apresentam notável variação de escala, que vai de métrica a quilométrica, respeitando, é claro, a resolução do método. A direção geral destas feições também varia muito, entretanto é possível identificar dois alinhamentos de maior constância: nordeste-sudoeste, noroeste-sudeste.

A Falha de Baixa Grande é marcada por expressivas variações geométricas na superfície de seu plano, apresentando um comportamento heterogêneo (figura 2). Dentre as diversas feições mapeadas é notável o desenvolvimento de distintos padrões geométricos do tipo *flat-ramp* controlados pela variação da extensão da zona de patamar e mergulho do plano da falha. De modo geral a Falha de Baixa Grande apresenta ângulo de mergulho moderado, no entanto nas porções centro-sudoeste e centro-nordeste ocorrem significativas mudanças, e esta passa a dispor alto ângulo de mergulho.

### Implicações Cinemáticas

Segundo Mandl (1988) as variações geométricas observadas no plano de uma falha podem estar relacionadas a fatores tectônicos associados a variações no campo de tensão que precedem ou acompanham a formação da falha, ou mesmo subseqüentes mudanças no campo de tensão (Mandl, 1988), o que pode sugerir variações no campo tensão responsável pela formação da bacia. Isto implica um em evento tectônico marcado por um processo multifásico de *trends* deformacionais distintos para a formação da Bacia Potiguar. De acordo com Matos (1987, 1992) a formação da bacia ocorre em dois eventos distensionais de eixos de tensão distintos, a saber: noroeste-sudeste e leste-oeste.

As variações laterais no ângulo de mergulho do plano da Falha de Baixa Grande são responsáveis pela formação de dois amplos dobramentos sinformes sinclinais de

escala regional. A análise dos mapas estruturais em tempo sísmico indica o notável deslocamento dos eixos axiais dos dobramentos em direção leste. Segundo Matos (1995 e 2000), as variações laterais no mergulho do plano da falha, associadas à geração de sinclinais, sugerem um componente oblíquo no processo distensional formador de uma bacia. O deslocamento observado sugere um componente oblíquo de sentido dextral, provavelmente, relacionado com o segundo evento distensional formador da Bacia Potiguar, e conseqüentemente provocando a reativação da Falha de Baixa Grande (figura 3).

A reativação da Falha de Baixa Grande provoca o desenvolvimento de zonas de comportamento transtrativo e transpressivo local, que são essencialmente controladas por seu traço (figura 3). A reativação da falha de borda ocorre localmente e de modo sutil, não atua como um sistema transcorrente. No entanto é capaz imprimir seu caráter nos estratos sedimentares do pacote rifte. A deformação nas zonas transpressivas é marcada pela presença de estruturas em flor positiva e pela inversão do *rollover* formando estruturas em *pop up*, enquanto que nas zonas transtrativas ocorre estrutura em flor negativa do tipo *negative tulip* de Woodcock & Shubert, 1994 (figura 4).

### Conclusões

A presença de estruturas indicativas de obliquidade, associada a mudanças no padrão geométrico no plano da falha, sugerem variações no regime distensional formador da bacia Potiguar através de processos tectônicos multifásicos. Os fatos apresentados permitem inferir sua evolução em duas fases de *trends* deformacionais distintos, a saber: NNW-SSE e E-W; conforme proposto por Matos (1987, 1992). A variação no *trend* estrutural ao longo da evolução da bacia permite a reativação da Falha de Baixa Grande com conseqüente geração de zonas de comportamento local transtrativo e transpressivo, resultando no desenvolvimento do complexo padrão deformacional impresso nos estratos da fase rifte da Bacia Potiguar.

### Agradecimentos

Os autores têm o prazer de agradecer a ANP pelo apoio financeiro fornecido através do Programa de Recursos Humanos nº 22, e ao Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela disponibilização da infra-estrutura necessária para realização deste projeto por meio do Laboratório de Geologia e Geofísica do Petróleo (Laboratório de Visualização e Interpretação Sísmica). Agradecem também a Landmark-Discovery pela gentileza ao ceder a licença do software Geografix Discovery, fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

### References

- MANDL, G., 1988. Mechanics of tectonic faulting – models and basic concepts. *Developments in Structural Geology*, 1. Elsevier, Amsterdam. 407p.  
MATOS, R. M. D., 1987. Sistema de Riftes Cretáceos do Nordeste Brasileiro. *In: Seminário de Tectônica da*

Petrobrás, 1, 1987, Rio de Janeiro. *Atas...* Rio de Janeiro: PETROBRÁS/DEPEX, p. 126-159

MATOS, R. M. D., 1992. The Northeast Brazilian Rift System. *Tectonics*, v. 11, n. 4, p. 766-791.

MATOS, R.M.D.; 1995. 3D Numerical Modeling of Listric Faults as a tool in seismic interpretation. Sociedade Brasileira de Geofísica. Congresso Internacional, 4, 1995, Rio de Janeiro, v.1, p 36-38.

MATOS, R. M. D., 2000. Tectonic Evolution of the Equatorial South Atlantic. *In: MOHRIAK, W & TALWANI, M., (ed). Atlantic Rifts and Continental Margins.* Geophysical Monograph, v. 155, p. 331-354.

PONTES, R.M. & MATOS, R.M.D; 2004. A Geometria da Falha de Baixa Grande, Bacia Potiguar (RN), Revelada em Dados de Sísmicos Tridimensionais, Implicações para o Rifte Potiguar. Sociedade Brasileira de Geologia. XLII Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá – MG, 1 cd.

WOODCOCK, N.H. & SCHUBERT, C., 1994. Continental Strike-Slip Tectonics. Continental Deformation. Pergamon Press Ltd, 421p.

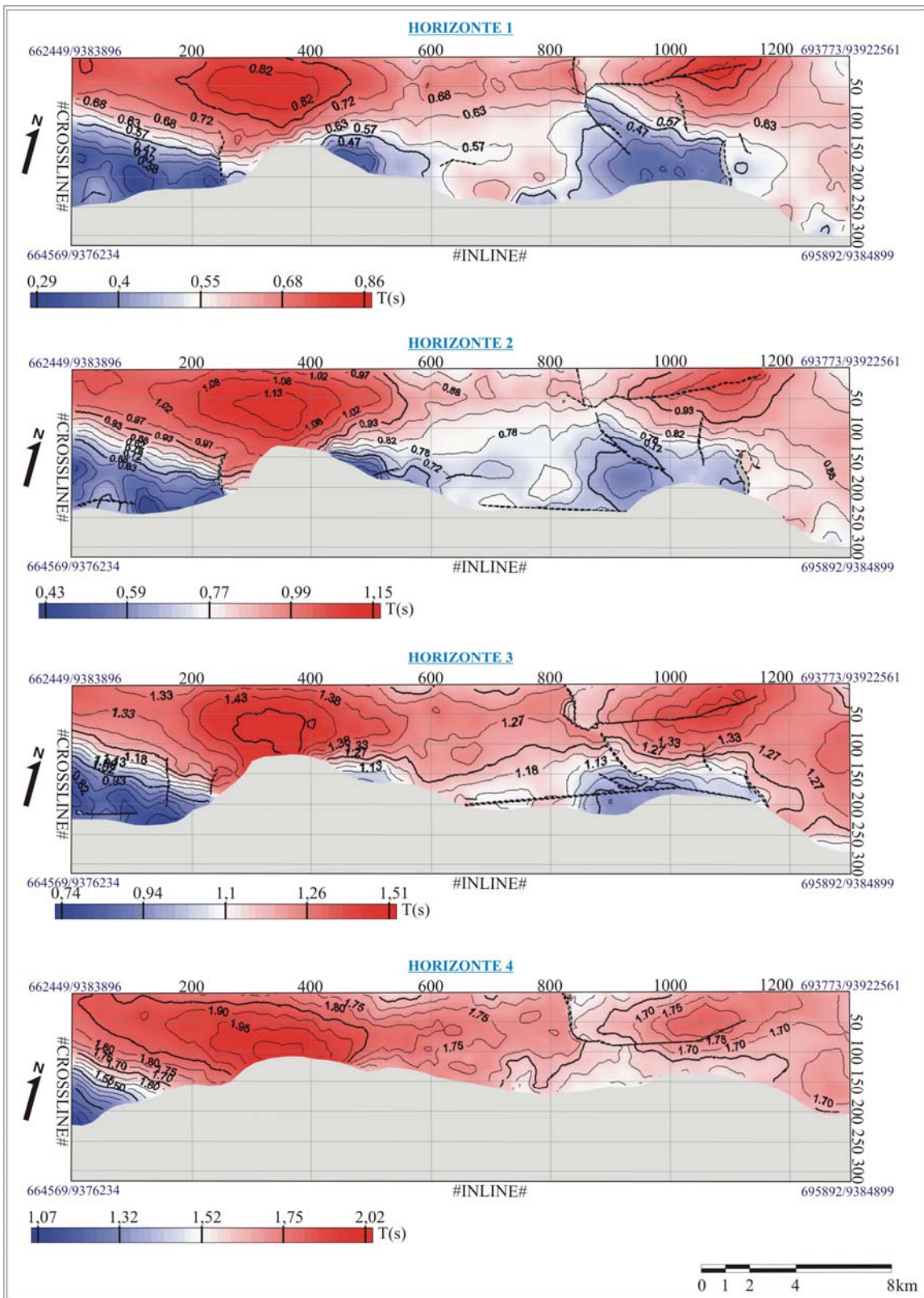


Figura 1 – Mapas estruturais em tempo sísmico (intervalo de contorno em segundos) dos horizontes internos à Formação Pendência mapeados no bloco baixo da Falha de Baixa Grande. A profundidade em tempo sísmico aumenta do horizonte 1 ao 4. Anomalias em tempo sísmico elevado são associadas a dobramentos sinformes sinclinais, anomalias de curto tempo são atribuídas a antiformes anticlinais.

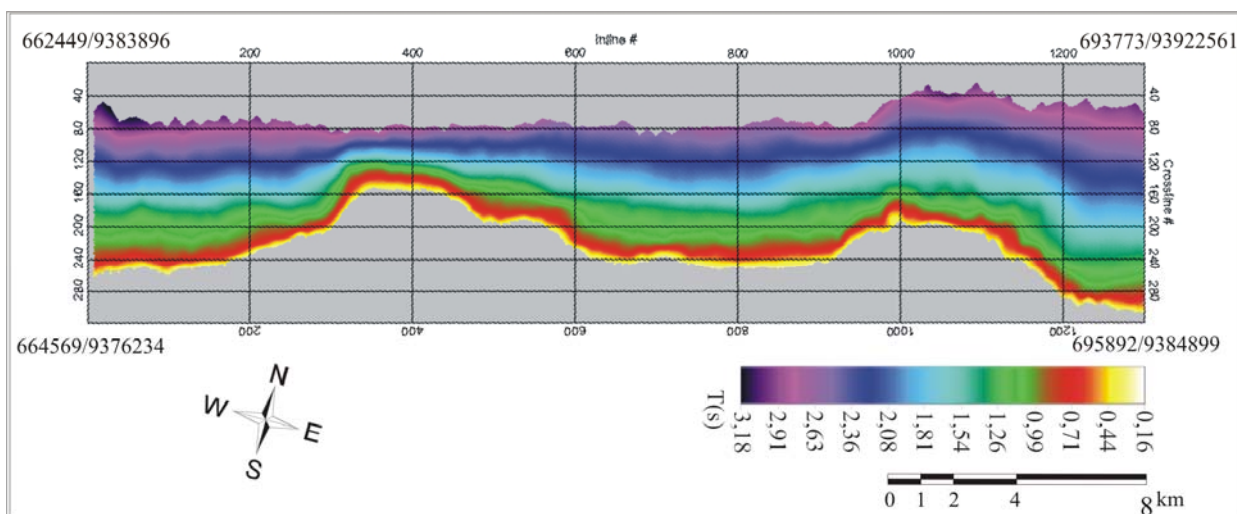


Figura 2 – Mapa estrutural em tempo sísmico (segundos) da superfície da Falha de Baixa Grande. A falha apresenta ampla variação morfológica expressa pelo desenvolvimento de geometrias do tipo *flat-ramp* e expressivas variações no ângulo de mergulho do plano da falha. Nos segmentos centro-sudoeste e centro nordeste a falha adquire ângulo de mergulho mais elevado, sendo tal responsável pelo desenvolvimento de suaves dobramentos sinclinais de escala regional.

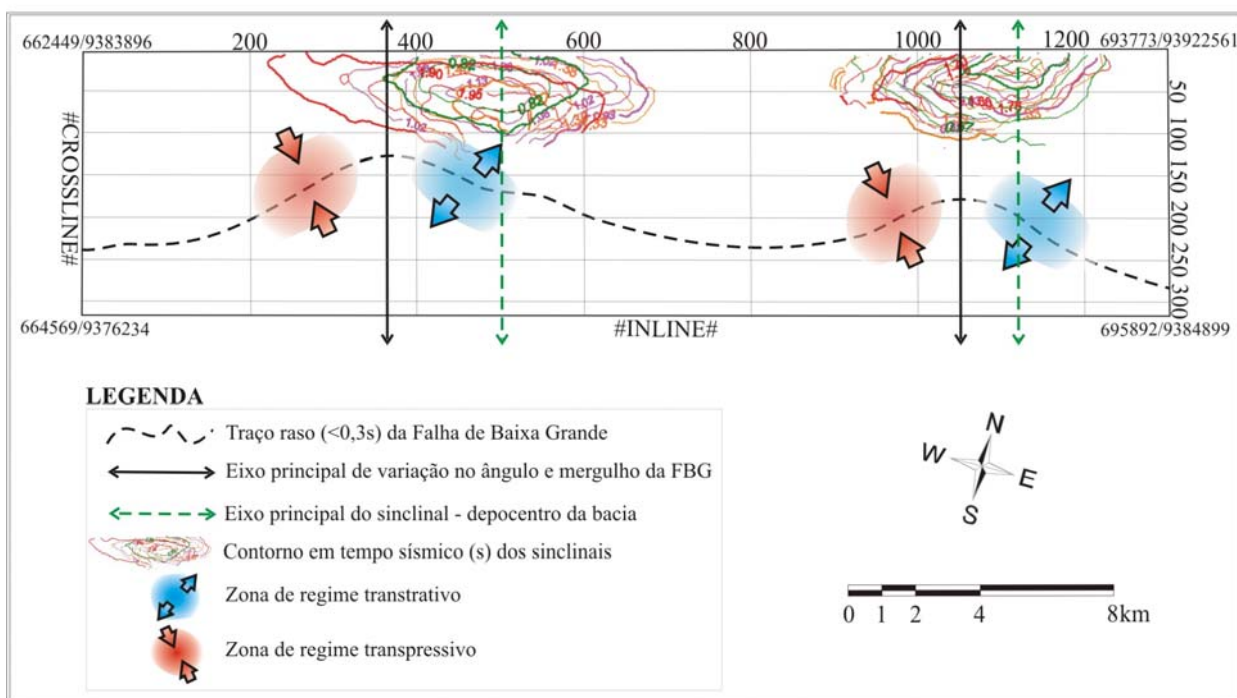


Figura 3 - A figura acima apresenta a relação dos dobramentos sinclinais formados devido a mudanças no ângulo de mergulho do plano da Falha de Baixa Grande. Notar que o eixo axial das dobras está deslocado em direção leste-sudeste em relação ao eixo principal de mudança de mergulho no plano da falha. Isto implica em um componente oblíquo dextral deformacional no desenvolvimento da bacia, estando possivelmente relacionado a um evento distensional de direção leste-oeste. A figura ilustra, também, o desenvolvimento de zonas de comportamento transpressivo e transtrativo local controlados pela geometria da falha (orientação do plano vs. orientação da tensão). Estes regimes são resultado de um componente oblíquo dextral deformacional associado ao provável evento distensional de direção leste-oeste



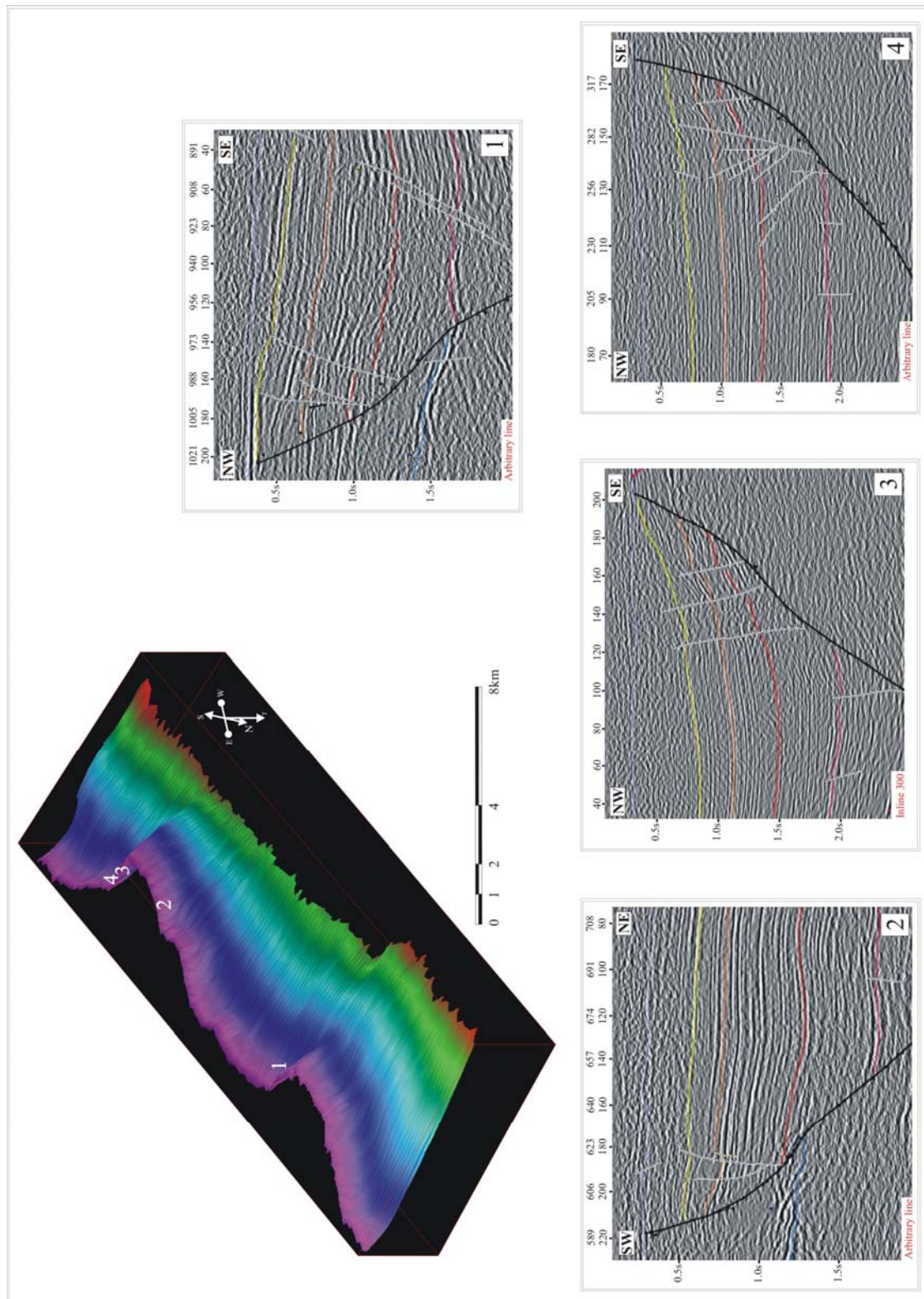


Figura 4 – Imagem 3D da Falha de Baixa Grande. Os quadros são detalhes de linhas sísmicas ilustrando a atuação de regimes locais transtrativos e transpressivos condicionados pelo traço da falha. Em 1 zona transpressiva marcada pela inversão do *rollover*. Em 2 zona transtrativa, o *rollover* apresenta comportamento normal e possivelmente ocorre a formação de estrutura em flor positiva. Em 3 e 4, zona transpressiva. Notar a inversão do *rollover* em 3, e a formação de estrutura em flor positiva em 4.