



Sistemas sedimentares progradacionais da plataforma continental entre o Nordeste da Bacia de Santos e o Sul da Bacia de Campos.

Maia, R. M. C.¹(*), Reis, A. T.², Alves, E. C.³, Gorini, C.⁴, Nogueira, F. S. P. S.², Silva, C. G.³, Fleming, F. P.⁵, Guerra, J. V.²

¹ Bolsita ANP-mestrado / LAGEMAR/UFF, ² Faculdade de Oceanografia/UERJ, ³ Departamento de Geologia LAGEMAR/UFF, ⁴ Laboratoire PBDS UMR 8110 Université de Lille1 – França, ⁵ Iniciação científica - Departamento de Oceanografia/UERJ

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III 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

This work focus on the sedimentary architecture of the continental shelf and shelf edge of Santos and Campos basin, in order to identify and to map the main sedimentary systems between northeast of Santos Basin and south of Campos Basin. This study is based on seismic analysis of monochannel seismic lines from GEOMAR XX and XVI surveys, presenting seismic penetration of about 400 ms. The Santos and Campos basin comprise a prograding continental shelf, whose depositional pattern is the result of an intense sedimentary input. However, the Neogene sedimentary architecture of the continental shelf/slope was not, until now, the object of regional studies. Our results show that the sedimentary systems can be divided up into two main sets of seismic facies: set I comprises diverging seismic reflectors indicating deposition under dominate subsidence; set II comprises clinoforms and tabular sedimentary units reflecting deposition mainly under the influence of eustatic oscillations.

Introdução

As Bacias de Santos e Campos representam atualmente as bacias de maior potencial exploratório de hidrocarbonetos da margem leste brasileira (Figura 1). Estas bacias são separadas pelo Alto de Cabo Frio que condiciona a deposição sedimentar em cada uma das bacias, fazendo com que o grande aporte sedimentar do Rio Paraíba do Sul fique restrito à Bacia de Campos (atualmente).

A evolução tectono-sedimentar dessas Bacias, assim como de toda a margem brasileira, pode ser dividida em cinco megassequências principais segundo Chang *et al.* (1990) e Cainelli & Mohriak (1999): Continental, Plataforma Carbonática, Transicional Evaporítica, Marinha Transgressiva e Marinha Regressiva. A

arquitetura sedimentar da Megassequência Marinha Regressiva, a mais recente, é condicionada principalmente pela interação entre a taxa de aporte sedimentar e as variações eustáticas. Sismicamente, essa megassequência é dominada por um padrão progradacional do tipo *offlap*.

Moreira *et al.* (2001), Moreira *et al.* (2004) e Moreira e Carminatti (2006) investigaram os processos deposicionais e a arquitetura sedimentar da porção eocênica da Megassequência Marinha Regressiva na Bacia de Santos. Os autores identificam fases progradantes que representam sistemas de mar baixo, e sequências agradacionais, que representam os sistemas transgressivos e de mar alto. A alternância entre esses sistemas indica um padrão deposicional cíclico que possivelmente se reflete na porção Quaternária da Bacia. Contudo, apesar da grande importância econômica das Bacias, não encontramos exemplos na literatura científica de estudos sobre a arquitetura deposicional plio-quadernária numa escala mais regional.

Assim, este trabalho investiga as sequências mais recentes da Megassequência Marinha Regressiva na região de plataforma e borda das plataforma da Bacia de Santos e Campos, a fim de se compreender a evolução da arquitetura sedimentar dos processos progradacionais da região de plataforma externa/borda de plataforma desde o norte da Bacia de Santos ao sul da Bacia de Campos durante o Plio-quadernário.

Material e Métodos

Para a realização desse trabalho foram utilizados perfis de sísmica de reflexão rasa monocal obtidos durante as Operações GEOMAR XX e GEOMAR XVI, realizadas nos anos 80 através da parceria entre a Marinha do Brasil (Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN) e o Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR – UFF). Os perfis possuem aproximadamente 400 ms de penetração, alcançando apenas a porção mais recente da chamada Megassequência Marinha Regressiva (Maia, 2007).

A interpretação desses perfis sísmicos foi baseado nos conceitos de Estratigrafia Sísmica e Estratigrafia de

Seqüências de *Vail et al. (1977)*, *Mitchum et al. (1977)* e *Posamentier & Vail (1988)*.

Resultados

Para a discussão dos resultados deste trabalho, é apresentada a seguir a interpretação sísmica de dois perfis posicionados ao longo da área de estudo: um na porção sul da Bacia de Campos (perfil 1)(Figura 2); e outro na porção nordeste da Bacia de Santos (perfil 2) (Figura 3).

Discordâncias

Em cada um dos perfis sísmicos foram traçadas as principais superfícies erosivas, que apresentam, contudo diferentes graus de erosão. Foram mapeadas as seguintes superfícies, nomeadas da mais antiga para a recente de S0 a S5 (exemplo da figura 3).

- A Superfície S0 separa as duas seqüências mais basais. Essa superfície, através da correlação com dados de poço é datada como Plioceno;
- A superfície S1 apresenta, aparentemente, o menor nível de erosão, se mantendo uniforme onde mapeável. Na porção Nordeste da Bacia de Santos (perfil 2 - Figura 3) não é possível observar a continuidade dessa superfície, devido a grande ação erosiva da superfície S2 e S3. Essa superfície S1 parece ser equivalente a superfície ao norte da Bacia de Campos denominada por Silva (1992) de Marco P, que corresponde 0,5Ma (Poço P1 - Figura 1);
- Superfície S2 somente é mapeável, dentro da área de estudo, na Bacia de Santos, não sendo observada na Bacia de Campos. Essa superfície tem um caráter fortemente erosivo (perfil 2 – Figura 3)
- A superfície S3 é relativamente mais irregular no perfil 2, que corresponde a Bacia de Santos, enquanto que na Bacia de Campos (perfil 1 – Figura 2) ela se apresenta com menor grau erosivo.
- As superfícies S4 e S5 se apresentam morfologicamente mais monótonas na Bacia de Santos (Figura 3), sem grandes irregularidades topográficas, exceto nas regiões de quebra de plataforma onde feições de movimento de massa estão presentes (exemplo: porção da quebra da plataforma no perfil 1 e 2 – Figuras 3 e 4). Já na Bacia de Campos essa superfície aparece escalonada, demonstrando um caráter mais erosivo.

Seqüências Sísmicas

As seqüências sísmicas foram limitadas pelos horizontes sísmicos identificados e estabelecidas de acordo com os princípios da estratigrafia sísmica (*Mitchum et al. 1977*). As unidades foram nomeadas da base para o topo de Sq1 a Sq7 em cada um dos perfis. Essas unidades apresentam características que as reúne em cinco tipos de fácies sísmicas:

- Tipo 1: caracterizado pela presença de refletores em divergência, situados na porção mais basal dos perfis (Maia, 2007 e Nogueira, 2008). Esse tipo de

configuração inclui as unidades U1 e U2 como demonstrado nas figuras 2 e 3.

- Tipo 2: caracterizado por unidades tabulares que se acunham ou não na borda da plataforma formando clinofomas que evidenciam um desenvolvimento tanto progradacional quanto e agradacional do registro sedimentar. Esse tipo de configuração inclui as unidades U4, U6, U8 e U10 como demonstrado nas figuras 2 e 3.
- Tipo 3: caracterizado por um clinofomas que se acunham na borda da plataforma com padrão interno de refletores em alto ângulo e terminações superiores em toplap ou truncamento erosivo. Essas clinofomas apresentam somente um desenvolvimento progradacional, sem a presença de agradação. Essas unidades formam prismas de borda de plataforma que se acunham em direção a bacia. Esse tipo de configuração inclui as unidades U3, U5, U7, U9 e U11 como demonstrado nas figuras 2 e 3.

Através da análise das características das unidades sísmicas foi possível identificar dois padrões distintos de deposição: um onde ocorre divergência de refletores, e outro onde ocorre alternância de unidades tabulares/cunhas e clinofomas. Devido a essa clara diferença, essas unidades foram agrupadas em dois conjuntos (Figura 4): o **conjunto I** inclui as unidades U1 e U2, e é caracterizado por uma configuração de refletores em divergência, demonstrando um aumento diferencial do espaço de acomodação em direção a bacia. Esse conjunto tem como seu limite superior a superfície S1; o **conjunto II** inclui as unidades U3 a U11, que se alternam nos padrões em clinofoma e tabulares/cunhas. Devido a essa alternância entre as unidades esse conjunto foi então subdividido em seqüências sísmicas, nomeadas da mais antiga para a mais recente de Sq 1 a Sq 5 (Figura 4), limitadas pelas superfícies S1 a S5. Cada uma dessas seqüências apresenta os dois padrões citados de configuração externa: unidades sob a forma de clinofomas, situados na borda da plataforma que progradam em direção a bacia profunda e; unidades tabulares/cunhas, que se caracterizam por uma configuração interna agradacional e progradacional.

Seqüências Sísmicas de Santos X Campos

As seqüências mapeadas apresentam variações laterais em sua arquitetura. De modo geral podemos observar:

- a presença seqüência 1 na Bacia de Santos, não observada nos perfis na Bacia de Campos
- A seqüência 3, na Bacia de Campos, apresenta a superfície que limita as unidades U6 e U7 com um caráter bem mais erosivo que na Bacia de Santos, e a unidade U6 se apresenta com uma cunha progradante bem mais desenvolvida que na Bacia de Campos.
- a presença de refletores internos ondulados e/ou caóticos em diferentes níveis de desorganização nos prismas de borda de plataforma dos registros sísmicos da Bacia de Santos. Este tipo de refletores indica a ocorrência de movimentos de massa nas regiões de maior gradiente frontal do talude superior, ilustrando diferentes graus de transferência sedimentar para a bacia

profunda. No perfil 1 (Bacia de Santos – Figura 3) pode-se observar grandes blocos deslizados e/ou rotacionados, cujo processo de movimento de massa afeta significativamente a morfologia da região de paleoquebras de plataforma; enquanto no perfil 2 (Bacia de Campos – Figura 2) não há a presença de refletores que indiquem essa remobilização. Processos de rastejamento (creeping) também são observados, principalmente nas seqüências mais superficiais como pode ser observado no detalhe da figura XX

Discussão e Conclusões

A interpretação dos perfis sísmicos permitiu a identificação das principais superfícies limitantes, onde dois conjuntos principais de seqüências sísmicas foram identificados. Esses dois conjuntos são limitados pela superfície S1 que limita pacotes sedimentares depositados em diferentes ambientes deposicionais, sugerindo modificações importantes nos parâmetros que controlam a arquitetura sedimentar da bacia. Essa superfície S1 foi comparada com a superfície “Marco P” identificada por Silva (1992) ao norte da Bacia de Campos e então considerada como uma superfície que marca a idade de 0,5Ma. O conjunto I, caracterizado por refletores internos divergentes em direção à bacia (conjunto I no exemplo do perfil 1 – Figura 2) pode ser interpretado como um pacote depositado sob influência de subsidência dominante na bacia, explicando assim o aumento diferencial do espaço de acomodação. Já o conjunto II é interpretado como uma deposição predominantemente progradacional, controlada pelas oscilações glácio-eustáticas, caracterizado por clinofórmulas progradantes e seqüências tabulares/cunhas (conjunto II no exemplo do perfil 1 – Figura 3). Desta forma, a superfície limitante S1, entre o conjunto I e o conjunto II, marcaria a passagem de um ambiente sob subsidência dominante da bacia (conjunto I) para um ambiente predominantemente progradacional (conjunto II), determinado por altas taxas relativas de aporte sedimentar e/ou menor taxa relativa de subsidência. O conjunto II é caracterizado pela alternância de unidades sísmicas: clinofórmulas progradantes e unidades tabulares/cunhas, agrupadas em seqüências sísmicas. Cada seqüência sísmica é aqui definida por uma ou duas unidades sísmicas, dependendo do grau de preservação dos pacotes sedimentares.

As clinofórmulas (U3, U5, U7, U9 e U11 – Figuras 2 e 3), caracterizam um desenvolvimento somente progradacional do registro sedimentar, formando prismas na região da borda da plataforma continental que se acunham em direção a bacia profunda. Essas unidades em clinofórmulas são interpretadas como pacotes sedimentares depositados durante a descida do nível do mar, sendo então denominadas de Sistemas de Margem de Plataforma. São nesses sistemas que ocorrem o maior transporte de massa para porções mais profundas da margem.

As unidades sísmicas tabulares/cunhas (U4, U6, U8 e U10 - Figuras 2 e 3) estão localizadas exclusivamente sobre a plataforma continental, e são recobertas na borda da plataforma pelos prismas do Sistemas de Margem de

Plataforma. Essas unidades apresentam um padrão de configuração agradacional e progradante. São interpretadas como pacotes sedimentares depositados durante a subida do nível do mar, por isso são considerados Sistemas de Mar Alto.

Esses tipos de unidades sísmicas (clinofórmulas e tabulares/cunhas) se encontram alternadas em cada uma das seqüências sísmicas, alternância esta presente em todos os perfis. Esse padrão arquitetural nos indica uma ciclicidade deposicional influenciada principalmente pelas oscilações glácio-eustáticas, como também foi observado por Moreira *et al.* (2001), Moreira *et al.* (2004) e Moreira e Carminatti (2006) nos trabalhos referentes à coluna sedimentar eocênica da porção Nordeste da Bacia de Santos.

Quando comparamos a arquitetura sedimentar das Bacias de Santos e Campos podemos verificar grandes diferenças que estão diretamente relacionadas ao aporte sedimentar das duas Bacias. Na Bacia de Campos há um importante aporte sedimentar originário do rio Paraíba do Sul que deposita seus sedimentos mais grosseiros nessa Bacia e somente os mais finos chegam a Bacia de Santos. Esse aporte faz com quem os sistemas progradantes sejam mais intensos e a erosão pela variação do nível do mar seja mais evidente.

Considerando as datações pelos poços e pela comparação com o Marco P de Silva (1992) sabe-se que o conjunto II possui 0,5Ma. Esse conjunto possui 5 seqüências (Sq1 a Sq5 – Figura 4), ou 4 no caso do exemplo do perfil da Bacia de Campos (dependendo do grau de preservação das sequencias), podemos concluir então que a cada uma dessas seqüências pode ser relacionada a um ciclo eustático distinto, contabilizando ao todo cinco ciclos. Os ciclos referentes a cada uma das seqüências sísmicas são compostos por três estágios de nível do mar que irão originar diferentes arquiteturas sedimentares: os sistemas de margem de plataforma, caracterizam o estágio de descida do nível do mar; o sistema transgressivo (não observado nos perfis, somente nas porções mais costeiras), que caracteriza a subida do nível do mar; e o sistema de mar alto, que caracteriza o estágio onde o nível do mar se encontra na sua posição mais elevada da curva eustática.

Referências Bibliográficas

- CAINELLI, C. & MOHRIAK, W. U. 1999. Some Remarks on the Evolution of Sedimentary Basins along the Eastern Brazilian Continental Margin. *Episodes*, vol. 22, nº3, 206-216.
- CHANG, H. K.; KOWSMANN, R. O.; FIGUEIREDO, A. M. F. 1990. Novos Conceitos sobre Desenvolvimento das Bacias Marginais do Leste Brasileiro. In: **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. G. P. Raja Gabaglia & E. J. Milani (coords.). Petrobrás. pp: 269-285
- MAIA, R. C. M. 2007. **Sistemas Sedimentares Progradacionais da Plataforma Continental ao Largo**

do Estado do Rio de Janeiro, Porção Nordeste da Bacia de Santos. (Rio de Janeiro). Monografia de Graduação. Departamento de Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 49p.

MITCHUM JR., R. M.; VAIL, P. R. & SANGREE, J. B. 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 6: Stratigraphy Interpretation of Seismic Reflection Patterns in Depositional Sequences. *In*: C. E. Payton (ed.) Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration. Tulsa, AAPG, p. 294-312 (Memoir #26).

MOREIRA, J. L. P. & CARMINATTI, M. 2004. Sistemas Depositionais de Talude e de Bacia no Eoceno da Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v.12(1): 73-87.

MOREIRA, J. L. P.; ESTEVES, C. A.; RODRIGUES, J. J. G. & VASCONCELOS, C. S. 2006. Magmatismo, sedimentação e estratigrafia da porção norte da Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v.14(1): 161-170.

MOREIRA, J. L. P.; NALPAS, T.; JOSEPH, P.; GUILLOCHEAU, F. 2001. Stratigraphie sismique de la marge éocène du Nord du bassin de Santos (Brésil): relations plate-forme/ systèmes turbiditiques; distorsion des séquences de dépôt. *Earth and Planetary Sciences* 332: 491–498

NOGUEIRA, F. S. P. S., (2008). Arquitetura deposicional da plataforma continental ao largo da porção sul da Bacia de Campos. Monografia de Graduação. Oceanografia/Uerj. 58p.

POSAMENTIER, H. W.; VAIL, P. R. 1988. Eustatic control on clastic deposition II – Sequences and systems tracs models. *In*: Wilgus, C. K.; Hastings, B. S.; Kendal, C. G. S. C.; Posamentier, H. W.; Ross, C. A.; Van Wagoner, J. C. (eds). Sea-level Changes – an Integrated Approach. Tulsa, SEPM, p. 125-154

SILVA, A. (1992) Evolução sedimentar pós-miocênica na área nordeste da Bacia de Campos. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese de mestrado. 57p.

SMITH, W. H. F. & SANDWELL, D. T. 1977. Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings, *Science*, v. 277, p. 1957-1962.

VAIL, P. R.; MITCHUM JR., R. M. & THOMPSON, S. 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 3: Relative Changes of Sea Level from Coastal *Onlap*. *In*: C. E. Payton (ed.) Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration. Tulsa, AAPG, pp. 294-312 (Memoir #26).

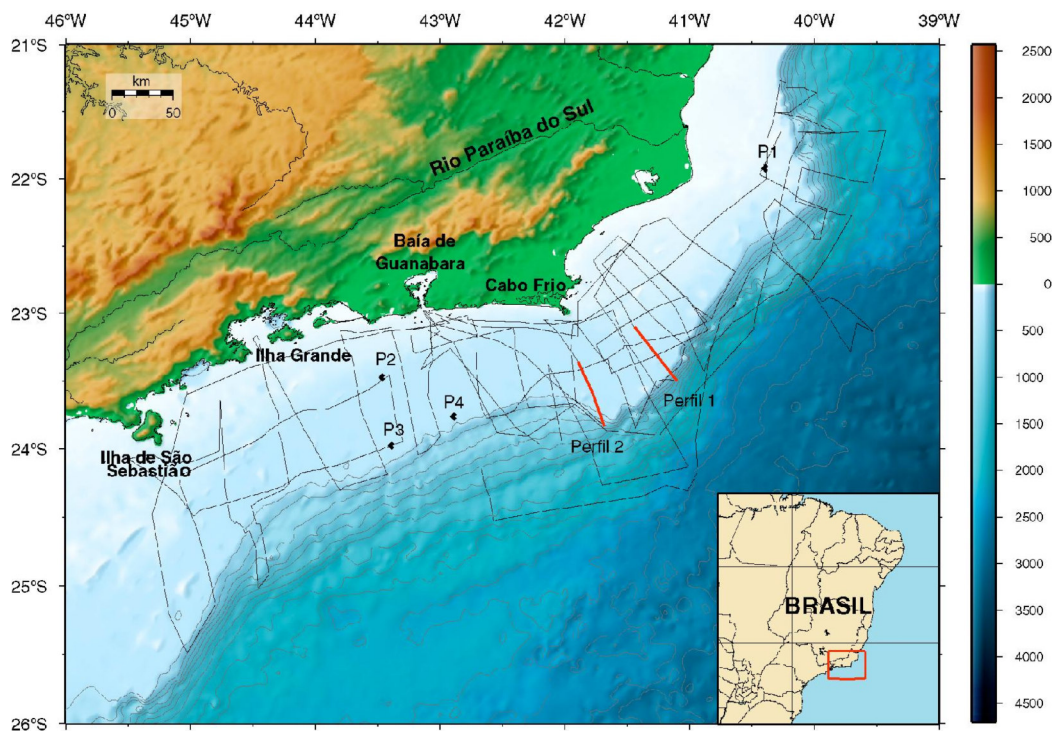


Figura 1: Localização da Bacia de Santos e Campos e dos perfis selecionados como exemplo. (Dados batimétricos extraídos de Smith & Sandwell, 1997).

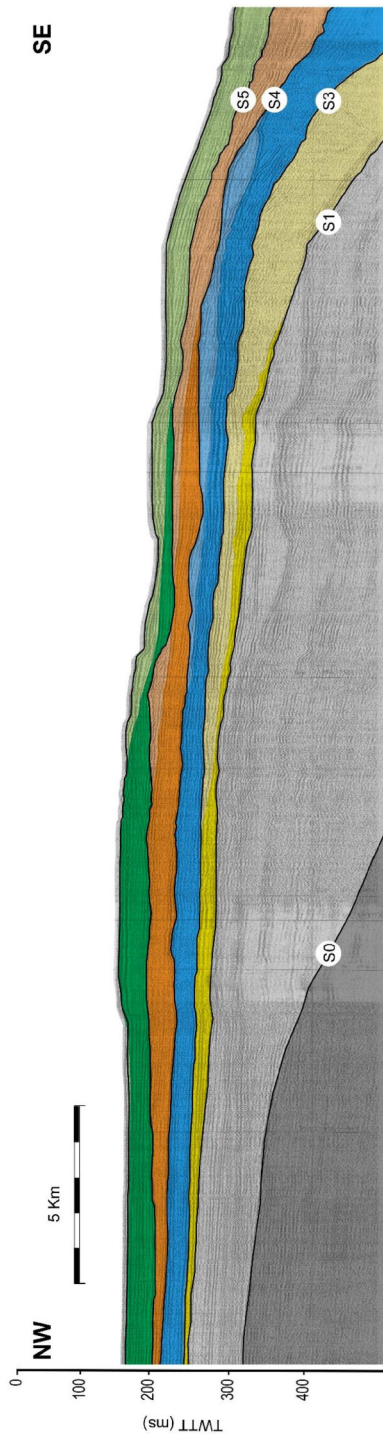


Figura 2: Perfil 1 mostrando as superfícies limitantes das seqüências sísmicas. Posicionamento do perfil no mapa da figura 1

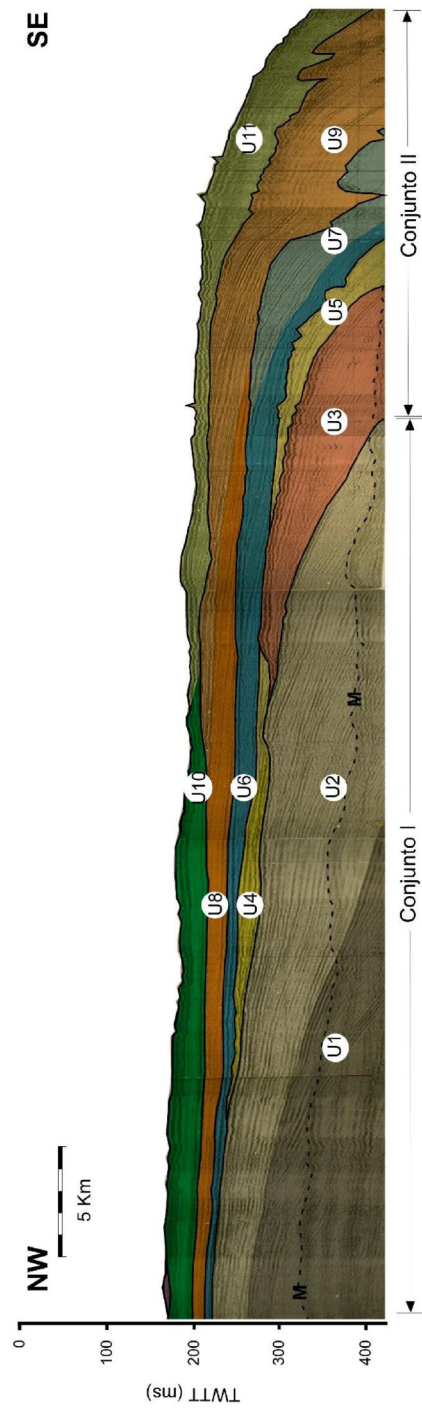


Figura 3: Perfil 2 mostrando as unidades sísmicas que estão representadas por diferentes tons. Posicionamento do perfil no mapa da figura 1

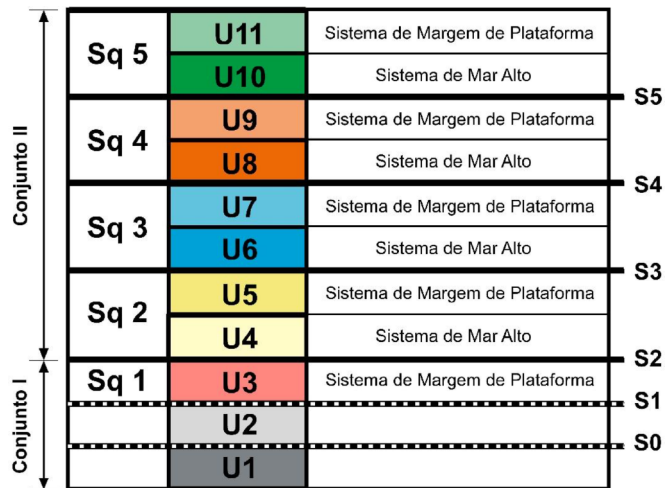


Figura 4: Interpretação das seqüências sísmicas mapeadas, segundo preceitos da estratigrafia de seqüências (Posamentier & Vail, 1988)