

Matheus Henrique Paiva Eler

Arquitetura estratigráfica da Formação Rio Bonito (Eopermiano, Bacia do Paraná) no leste de Santa Catarina: um ensaio a partir da análise de perfis de poços rasos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito à obtenção do grau de Geólogo no Curso de Graduação em Geologia, Setor Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Farias Vesely

CURITIBA

2014

Resumo

Esta monografia tem como objetivo principal a determinação da arquitetura estratigráfica da sucessão eopermiana da Bacia do Paraná na região leste de Santa Catarina utilizando os conceitos da estratigrafia de sequências, bem como tentar estabelecer o contexto deposicional / estratigráfico das ocorrências de carvão. Para isso, buscou-se confeccionar um banco de dados de perfis de poços perfurados pela CPRM na região de estudo, através da digitalização da curva de raios gama, da descrição de testemunhos, confecção de mapas de isópacas e seções estratigráficas. Foram utilizadas a curva de raios gama e a coluna litológica permitindo identificar padrões deposicionais e as fácies presentes. Paralelamente, foi feita uma compilação da bibliografia sobre a sucessão eopermiana da Bacia do Paraná (Formação Rio Bonito), de modelos de estratigrafia de sequências e modelos de fácies em depósitos costeiros e marinhos rasos. Os estudos propiciaram a diferenciação de nove litofácies agrupadas em três associações que se repetem ao longo do intervalo Rio Bonito e indicam paleoambientes não marinhos, costeiros e marinhos *offshore*. Através da aplicação de conceitos da estratigrafia de sequências foi possível a divisão desse intervalo em cinco sequências e a identificação de superfícies chave como: limites de sequência, superfície de inundação máxima e superfície de ravinamento.

Palavras-Chave: Perfil de raios gama; estratigrafia de sequências; carvão.

Abstract

STRATIGRAPHIC ARCHITECTURE OF THE RIO BONITO FORMATION (EARLY PERMIAN, PARANÁ BASIN) IN EASTERN SANTA CATARINA STATE: AN ATTEMPT USING WELL LOGS

The aim of this report is to interpret the stratigraphic architecture of the Early Permian succession of the Paraná Basin in eastern Santa Catarina State by using the concepts of sequence stratigraphy, as well as to determine the depositional and stratigraphic context of coal beds. For this, we attempted to create a database of wells drilled by CPRM including digital gamma ray logs, core description and isopachs maps.. At the same time, it was performed a review of previous works on the Rio Bonito Formation as well as a study of models of sequence stratigraphy and coastal to shallow marine depositional environments. It was possible to identify nine facies grouped in three facies associations representative of nonmarine, coastal and marine offshore settings. The application of sequence stratigraphy concepts allowed to divide this interval in five unconformity-bounded sequences and to identify key surfaces such as depositional sequence boundaries, maximum flooding surfaces and ravinement surfaces.

Keyword: Gamma ray log; sequence stratigraphy; coal.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Modelo de interpretação dos possíveis ambientes sedimentares através da coluna estratigráfica e perfil de raios gama.....	11
FIGURA 2 – Mapa geológico esquemático da bacia do paraná com localização da área de estudo no leste de Santa Catarina (mod. Paulipetro, 1981).....	12
FIGURA 3 - Mapa de localização dos poços PN, das seções estratigráficas confeccionadas e dos poços utilizados na análise de fácies. A faixa cinza corresponde a faixa aflorante da Formação Rio Bonito (Base geológica segundo CPRM).....	14
FIGURA 4 – Trecho de um dos poços PN ilustrando suas informações: Perfil estratigráfico, perfil litológico, descrição litológica, perfil de raios gama, perfil potencial espontâneo, perfil de resistividade e dados de sondagem, respectivamente da esquerda para direita.....	14
FIGURA 5 - Perfil PN 10 digitalizado com o software AnaSete (Petrobras) contendo profundidade do poço, granulometria, estruturas e locais onde foram identificados depósitos de carvão	15
FIGURA 6 - Exemplo de poço com curva de raios gama digitalizada utilizando o <i>software</i> CorelDraw X6. No <i>zoom</i> à direita cada divisão corresponde a um metro na escala vertical e a radioatividade aumenta para a direita.....	16
FIGURA 7 – Formatos da curva de raios-gama mais comuns e possíveis sistemas deposicionais correspondentes.....	18
FIGURA 8 - Divisão de ambientes de sedimentação utilizada como referência para a interpretação das associações de fácies reconhecidas nos poços PN.....	19

FIGURA 9 - Ilustração mostrando a variação do nível relativo do mar e seus respectivos tratos ao longo do tempo.....	22
FIGURA 10 – Mapa paleogeográfico do intervalo basal da Formação Rio Bonito.....	25
FIGURA 11 - Relação de <i>onlap</i> da Formação Rio Bonito sobre o Grupo Itararé em direção ao norte da bacia. Observar a ausência do Membro Triunfo a partir da região de Siqueira Campos.....	27
FIGURA 12 - Trechos extraídos de colunas estratigráficas digitalizadas no programa AnaSete (Petrobrás) dos poços PN. Escala granulométrica na base e siglas das fácies identificadas a direita de cada coluna.....	30
FIGURA 13 - Figura extraída de trechos de poços PN evidenciando padrões em sino característicos de depósitos fluviais (serrilhado, a esquerda e em sino, ambos).....	31
FIGURA 14 - A esquerda fácies psamíticas com padrões em funil indicando ciclos de progradação deltáica. A direita arenitos com padrão em caixa interpretados como barreiras arenosas. Os pelitos localizados entre os pacotes psamíticos foram interpretados como depósitos pantanosos.....	32
FIGURA 15 - Padrões em funil e em sino presentes na Associação C, correspondendo a ciclos de progradação e retrogradação na passagem do ambiente marinho raso à <i>offshore</i> . O intervalo de cor cinza na base corresponde à camada Taió.....	33
FIGURA 16 - Seção B com associações e sequências interpretadas. Direção paralela a paleolinha de costa.....	34
FIGURA 17 - Seção A com associações e sequências interpretadas. Direção perpendicular a paleolinha de costa.....	35
FIGURA 18 - Mapas de isópacas da sequência 1 incluindo espessura total e espessura das associações A e B.....	37

FIGURA 19 - Mapas de isópacas da sequência 2 incluindo espessura total e espessura das associações A, B e C.....	39
FIGURA 20 - Mapas de isópacas da sequência 3 incluindo espessura total e espessura das associações A e B.....	41
FIGURA 21 - Mapas de isópacas da sequência 4 incluindo espessura total e espessura das associações A e B.....	42
FIGURA 22 - Mapas de isópacas da sequência 5 incluindo espessura total e espessura das associações A e B.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Nomenclatura utilizada na análise dos padrões de perfil de raios-gama....**17**

TABELA 2 - Trecho ilustrativo da tabela confeccionada com as espessuras de cada associação de fácies e sequência.....**23**

TABELA 3 - Coluna estratigráfica esquemática da Bacia do Paraná, segundo Schneider *et al.* (1974). O quadro em vermelho destaca o intervalo referente à Formação Rio Bonito.....**26**

TABELA 4 - Fácies identificadas na Formação Rio Bonito.....**29**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 MÉTODOS.....	13
2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	13
2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS DE POÇOS.....	13
2.3 TRATAMENTO DOS DADOS.....	15
2.4 CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA.....	19
2.4.1 TRATO DE SISTEMAS DE MAR ALTO (HST- <i>HIGHSTAND SYSTEMS</i> <i>TRACT</i>).....	20
2.4.2 TRATO DE SISTEMAS DE REGRESSÃO FORÇADA (FSST – <i>FALLING</i> <i>STAGE SYSTEMS TRACT</i>).....	21
2.4.3 TRATO DE SISTEMAS DE MAR BAIXO (LST- <i>LOWSTAND SYSTEMS</i> <i>TRACT</i>).....	21
2.4.4 TRATO DE SISTEMAS TRANSGRESSIVO (TST- <i>TRANSGRESSIVE</i> <i>SYSTEMS TRACT</i>).....	21
2.5 CONFECÇÃO DE MAPAS DE ISÓPACAS.....	23
3 SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS SOBRE A FORMAÇÃO RIO BONITO.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1 FÁCIES DESCRITAS.....	29
4.2 ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES E AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO.....	31

4.2.1 ASSOCIAÇÃO A.....	31
4.2.2 ASSOCIAÇÃO B.....	32
4.2.3 ASSOCIAÇÃO C.....	33
4.3 SEQUÊNCIAS E TRATOS DE SISTEMAS DEPOSICIONAIS.....	36
4.3.1 SEQUÊNCIA 1.....	36
4.3.2 SEQUÊNCIA 2.....	38
4.3.3 SEQUÊNCIA 3.....	40
4.3.4 SEQUÊNCIA 4.....	40
4.3.5 SEQUÊNCIA 5.....	43
5 CONCLUSÕES.....	45
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O intervalo eopermiano da Bacia do Paraná possui boa parte das reservas de carvão brasileiras e também arenitos que podem ser bons reservatórios de hidrocarbonetos e aquíferos. Para determinar a ocorrência e distribuição desses recursos minerais são necessários estudos utilizando conceitos modernos de estratigrafia de sequências, de modo a construir modelos genéticos e de caráter preditivo.

A estratigrafia de sequências baseia-se na análise de tendências de empilhamento em que sucessões verticais de fácies e associações de fácies refletem trajetórias da paleolinha de costa e quebras na continuidade da sedimentação (superfícies chave). Registro vertical contínuo é raramente observado em afloramentos, principalmente em regiões de clima úmido como o sul do Brasil, de modo que perfis geofísicos e litológicos de poços são muitas vezes mais eficazes para a análise estratigráfica.

Inúmeros poços rasos foram perfurados pela CPRM na Bacia do Paraná durante campanhas de prospecção de carvão. A maioria desses poços atravessa toda a sucessão sedimentar da Formação Rio Bonito e conta com perfis de raios gama e testemunhagem contínua. Esses dados possibilitam observar as tendências de variação vertical de argilosidade, bem como atributos sedimentológicos das fácies, permitindo assim a interpretação dos ambientes deposicionais e padrões de empilhamento (Figura 1).

Buscando compreender melhor a estratigrafia da Formação Rio Bonito e o contexto deposicional das ocorrências de carvão na região Leste de Santa Catarina (Figura 2), foi realizada análise de perfis de 36 poços perfurados pela CPRM no projeto Carvão no Norte de Santa Catarina (poços PN). Com isso, buscou-se interpretar as tendências deposicionais utilizando assinaturas de perfis de raios gama, descrição de testemunhos, bem como dados oriundos de estudos já realizados na área.

Gamma Ray Log Response & Depositional Setting

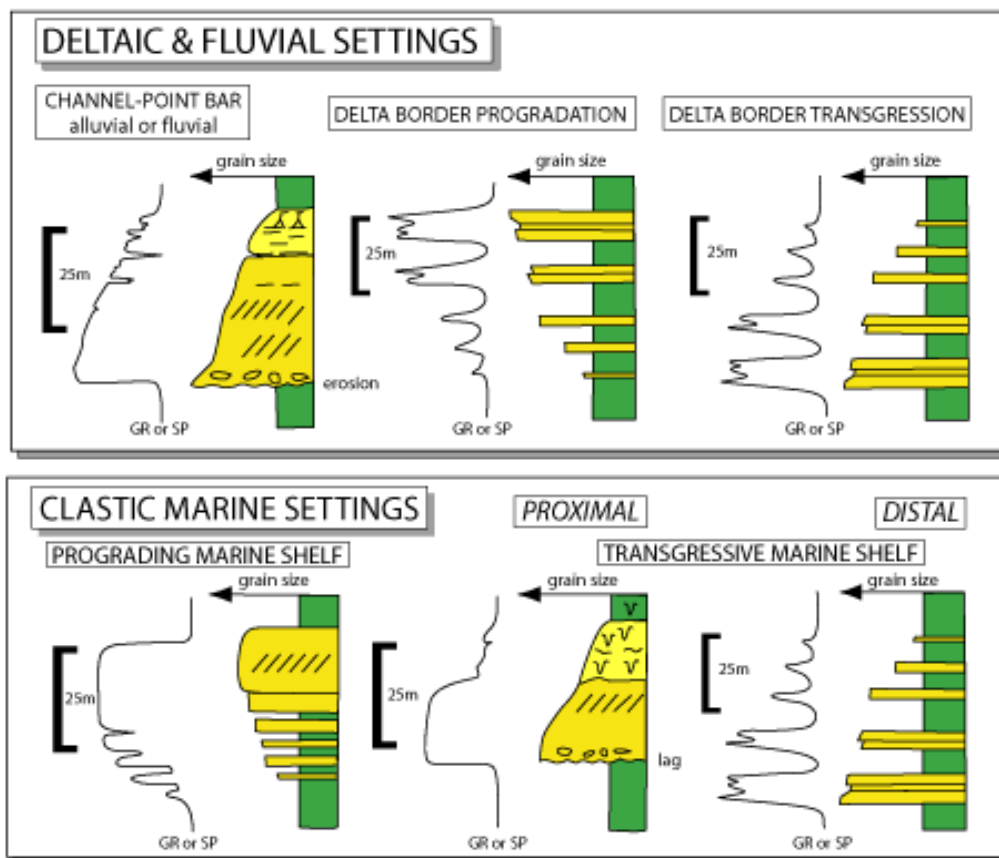


FIGURA1: MODELO DE INTERPRETAÇÃO DOS POSSÍVEIS AMBIENTES SEDIMENTARES ATRAVÉS DA COLUMA LITOLÓGICA E PERFÍL DE RAIOS GAMA.

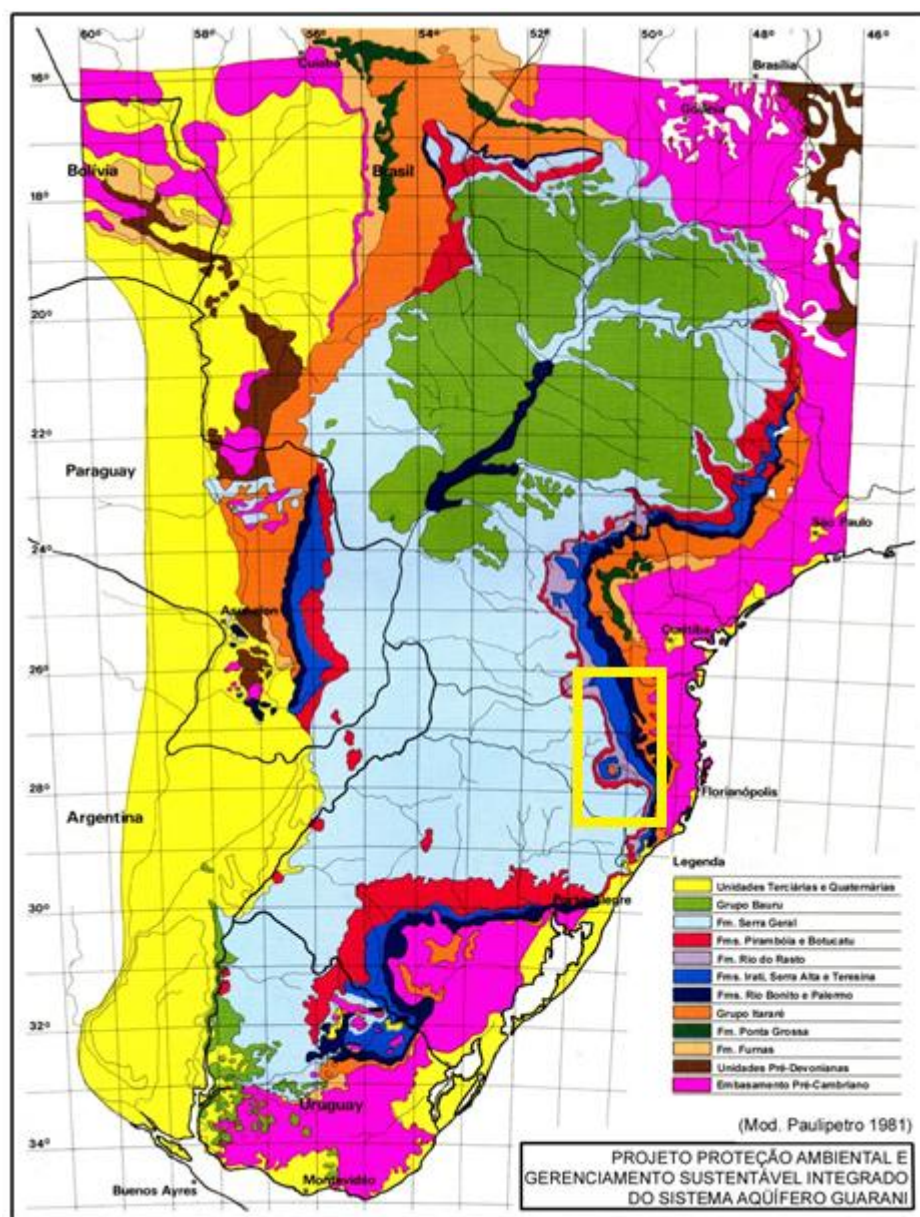


FIGURA 2: MAPA GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO DA BACIA DO PARANÁ COM A LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO LESTE DE SANTA CATARINA (MOD.PAULIPETRO, 1981)

2 MÉTODOS

2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa foi desenvolvida ao longo de todo o projeto, objetivando uma compilação de trabalhos realizados próximos da área de estudo que pudessem auxiliar na interpretação e futura comparação com os resultados obtidos.

Foi também realizada uma pesquisa bibliográfica sobre modelos de ambientes de sedimentação costeira e estratigrafia de sequências buscando a aplicação de seus conceitos teóricos.

2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS DE POÇOS

A CPRM disponibiliza gratuitamente diversos projetos os quais contem perfis geofísicos de poços em formato 'pdf'. Destes foram escolhidos poços do “Projeto Carvão no Norte de SC” (PN), conforme ilustrado na FIGURA 3. As informações constantes em cada perfil incluem: descrição sedimentológica de testemunhos, perfil de raios gama, perfil de potencial espontâneo, perfil de resistividade, dados de sondagem, local, coordenadas, data de início e término da perfuração, cota da boca do poço e profundidade alcançada (FIGURA 4).

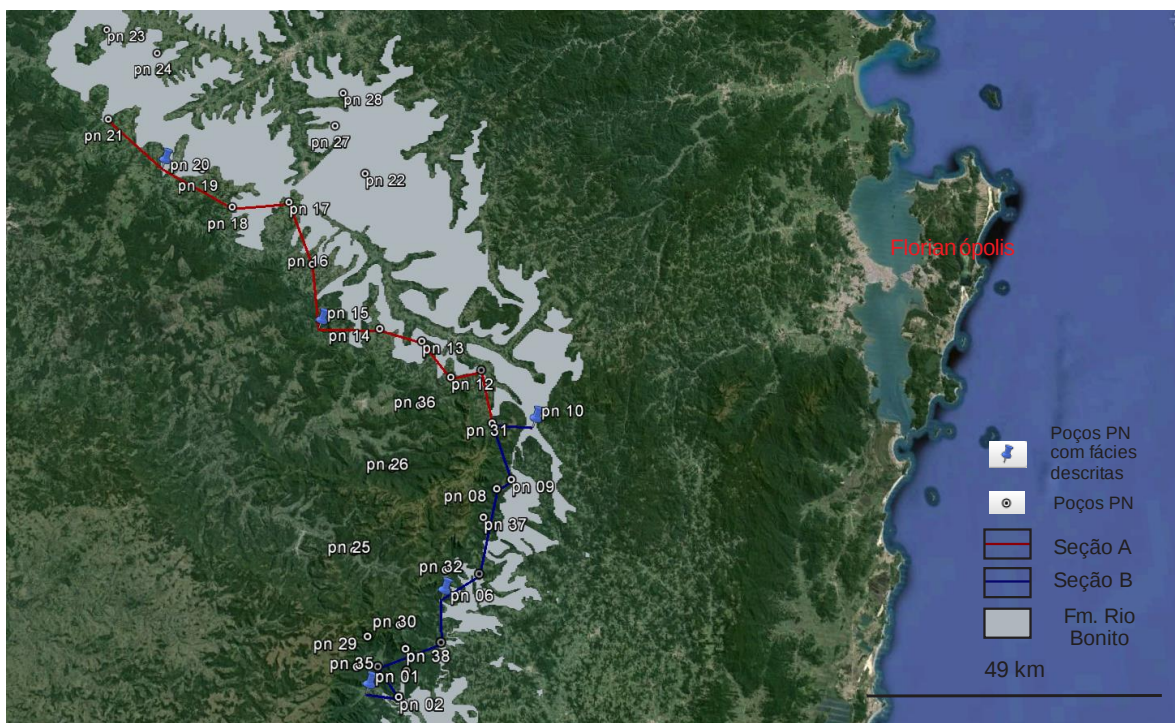


FIGURA 3: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS PN, DAS SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS CONFECCIONADAS E DOS POÇOS UTILIZADOS NA ANÁLISE DE FÁCIES. A FAIXA CINZA CORRESPONDE A FAIXA AFLORANTE DA FORMAÇÃO RIO BONITO (BASE GEOLÓGICA SEGUNDO CPRM)

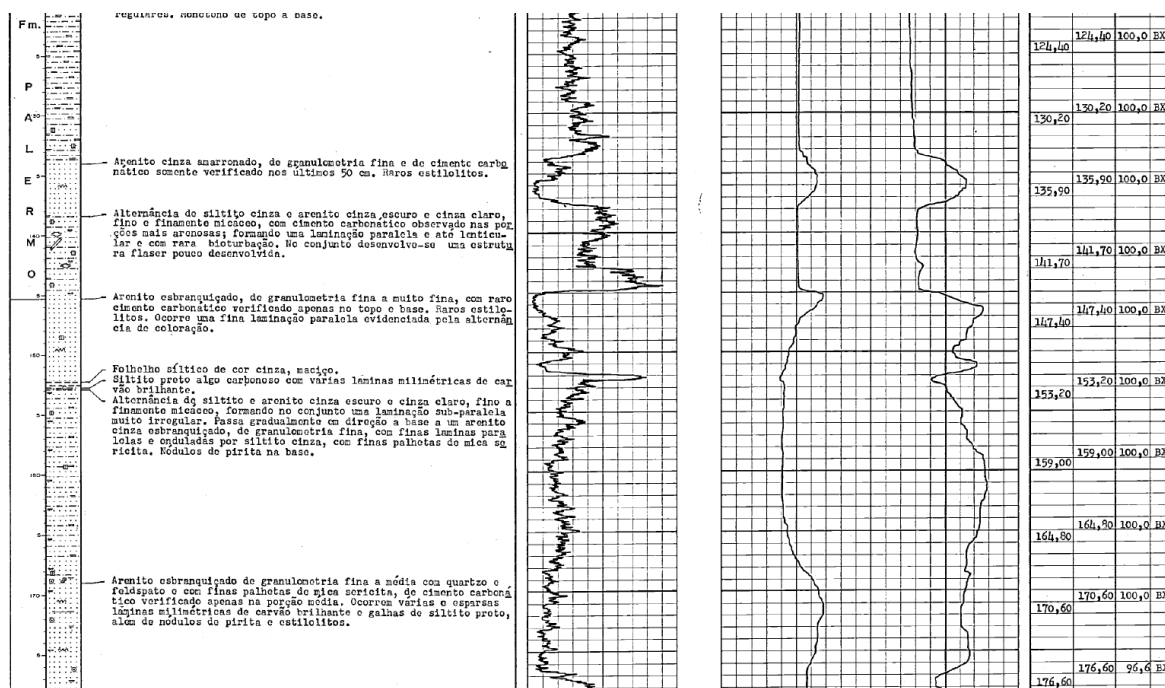


FIGURA 4: TRECHO DE UM DOS POÇOS PN ILUSTRANDO SUAS INFORMAÇÕES: PERFIL ESTRATIGRÁFICO, PERFIL LITOLÓGICO, DESCRIÇÃO LITOLÓGICA, PERFIL DE RAIOS GAMA, PERFIL POTENCIAL ESPONTÂNEO, PERFIL DE RESISTIVIDADE E DADOS DE SONDAAGEM, RESPECTIVAMENTE, DA ESQUERDA PARA A DIREITA.

2.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Foi construída uma planilha contendo dados como: nome de cada poço, coordenadas, profundidade final e a cota da boca do poço buscando uma melhor organização dos dados.

Em uma etapa seguinte, foi utilizado o *software* AnaSete (Petrobras) para digitalização de uma coluna litológica. Todas essas informações foram retiradas e interpretadas utilizando a coluna de perfil litológico e descrições litológicas contidas nos arquivos pdf de cada poço. O objetivo foi a indentificação e definição das fácies presentes na Formação Rio Bonito.

Para a análise de fácies, optou-se utilizar 5 dos 36 poços: PN01, PN06, PN10, PN15 e PN20 possuindo assim uma boa distribuição na área de estudo (FIGURA 3). Cada perfil possui informações como granulação, estruturas presentes nas rochas testemunhadas, profundidade e espessura das camadas (FIGURA 5).

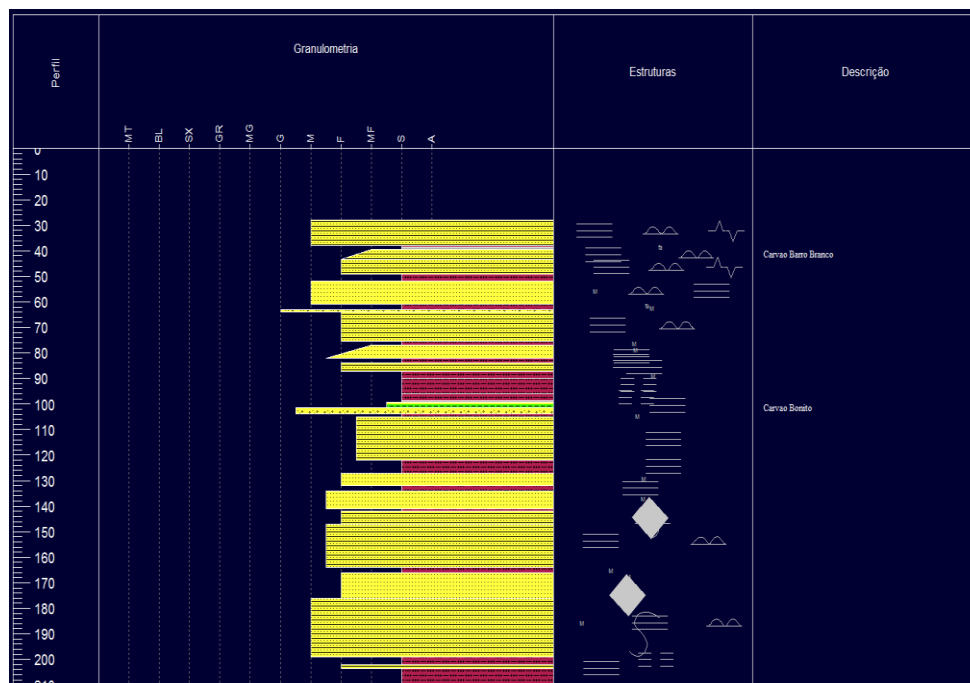


FIGURA 5: PERFIL PN 10 DIGITALIZADO COM O SOFTWARE ANASETE (PETROBRAS) CONTENDO PROFUNDIDADE DO POÇO, GRANULOMETRIA, ESTRUTURAS E LOCAIS ONDE FORAM IDENTIFICADOS DEPÓSITOS DE CARVÃO.

Através do *software* CorelDraw X6 foram digitalizadas as curvas de raios gama presentes nos poços PN (FIGURA 6), para que pudessem ser identificadas assinaturas características de determinados padrões de empilhamento estratigráfico e de ambientes de sedimentação. Um perfil de raios gama registra a radioatividade natural das rochas. Rochas argilosas geralmente possuem uma resposta com altos valores no perfil de raios gama, assim como um arenito quartzoso possui um valor mais baixo em relação às rochas mais pelíticas. Consequentemente, estes perfis podem ser utilizados para identificar variações verticais de argilosidade. Com isso, buscou-se identificar padrões presentes ao longo dos perfis de raios gama, visando identificar ambientes deposicionais (FIGURA 7). Abaixo são descritos os principais formatos de curva comumente utilizados em análise estratigráfica (TABELA 1).

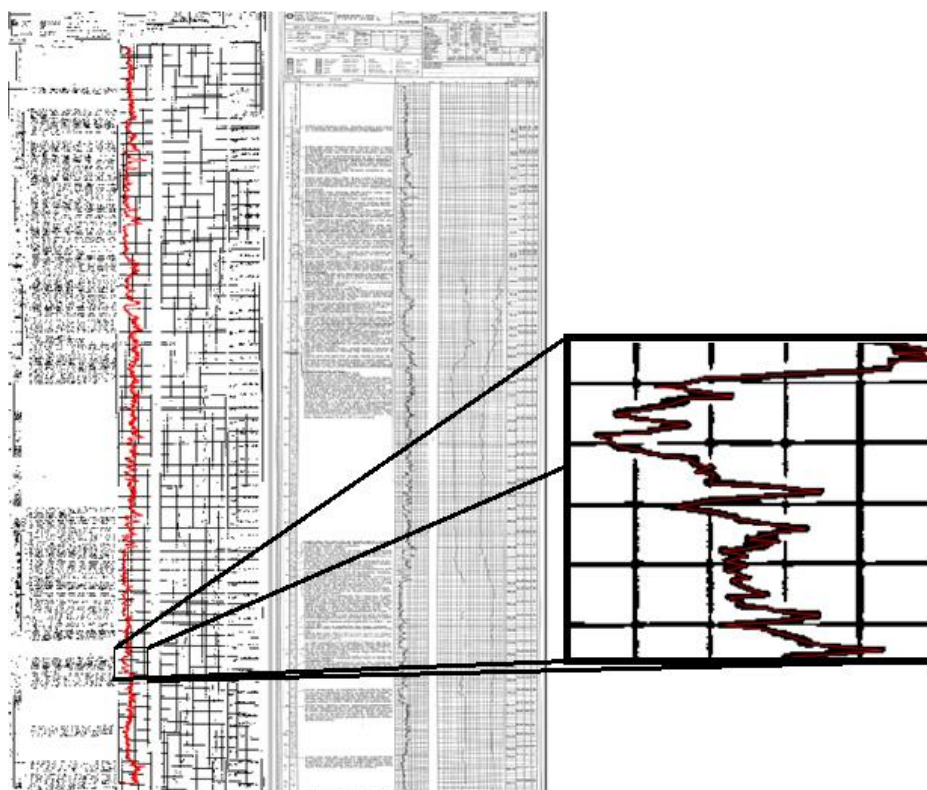


FIGURA 6: EXEMPLO DE POÇO COM CURVA DE RAIOS-GAMA DIGITALIZADA UTILIZANDO O SOFTWARE CORELDRAW X6. NO ZOOM À DIREITA CADA DIVISÃO CORRESPONDE A UM METRO NA ESCALA VERTICAL E A RADIOATIVIDADE AUMENTA PARA A DIREITA.

Nome do padrão	Característica	Possíveis interpretações
Cilíndrico	Intervalo de baixa radioatividade e sem variação interna; limites bruscos com zonas mais radioativas.	Dunas eólicas; preenchimento de canal ou vale; barreira litorânea; empilhamento agradacional de fácies.
Funil	Redução gradual de radioatividade da base para o topo; contato superior abrupto com zona mais radioativa.	Progradação deltaica ou de sistemas costeiros dominados por ondas; depósitos de <i>crevasse splay</i> ; frente deltáica; leques submarinos; progradações costeiras.
Sino	Aumento gradual de radioatividade da base em direção ao topo; contato inferior abrupto com zona mais radioativa.	Fluvial (migração do canal para planície de inundação), depósitos de maré; transgressões marinhas.
Simétrico	Redução gradual de radioatividade da base para o centro e aumento gradual do centro para o topo.	Barras arenosas de offshore; eventos regressivos e transgressivos (costeiro e deltaico).
Serrilhado	Intercalações de picos de maior radioatividade e picos com menor radioatividade	Planície de inundação, turbiditos, offshore.

TABELA 1: NOMENCLATURA UTILIZADA NA ANÁLISE DOS PADRÕES DE PERFIL DE RAIOS-GAMA.

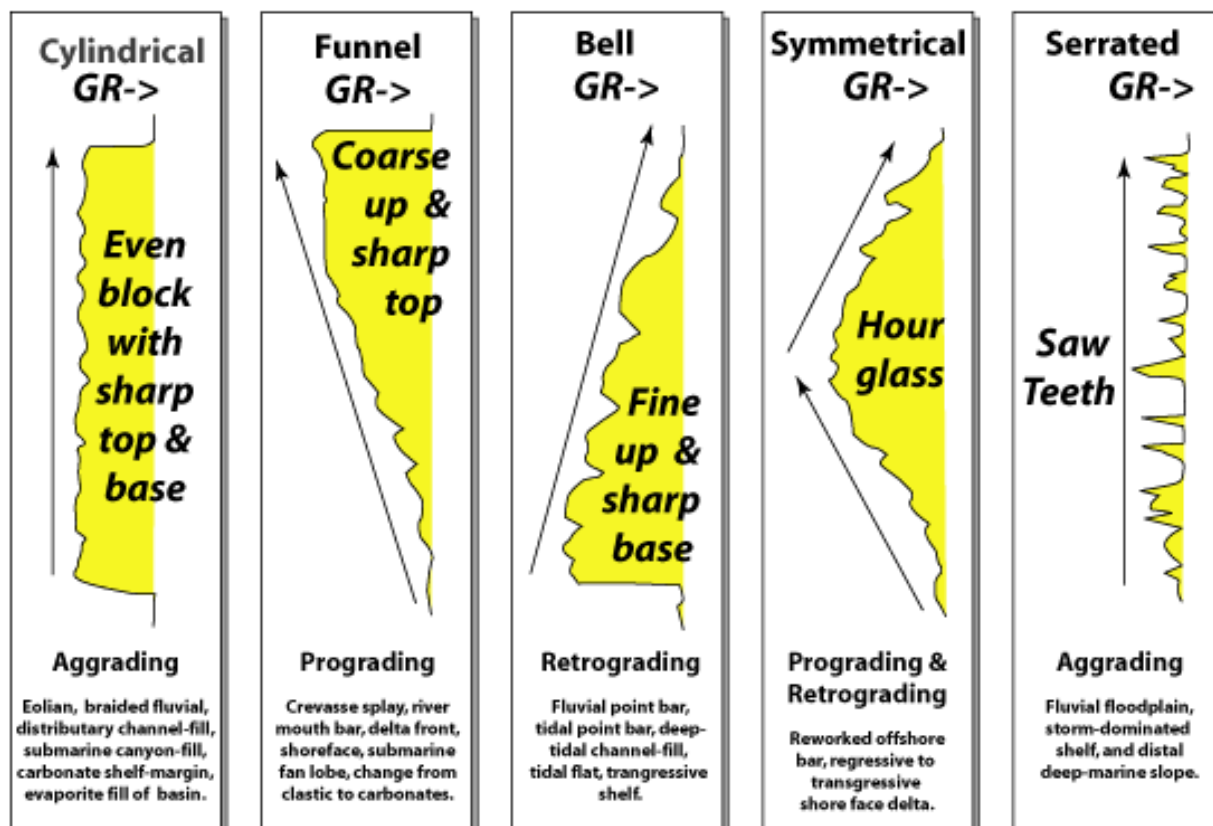


FIGURA 7: FORMATOS DA CURVA DE RAIOS GAMA MAIS COMUNS E POSSÍVEIS SISTEMAS DEPOSICIONAIS CORRESPONDENTES.

A utilização dos padrões das curvas de raios gama em conjunto com as fácies identificadas permitiu a interpretação de macro ambientes deposicionais utilizando o modelo da FIGURA 8. Optou-se por essa classificação mais generalizada devido à escala adotada e ao fato do trabalho ter utilizado apenas dados de poços.

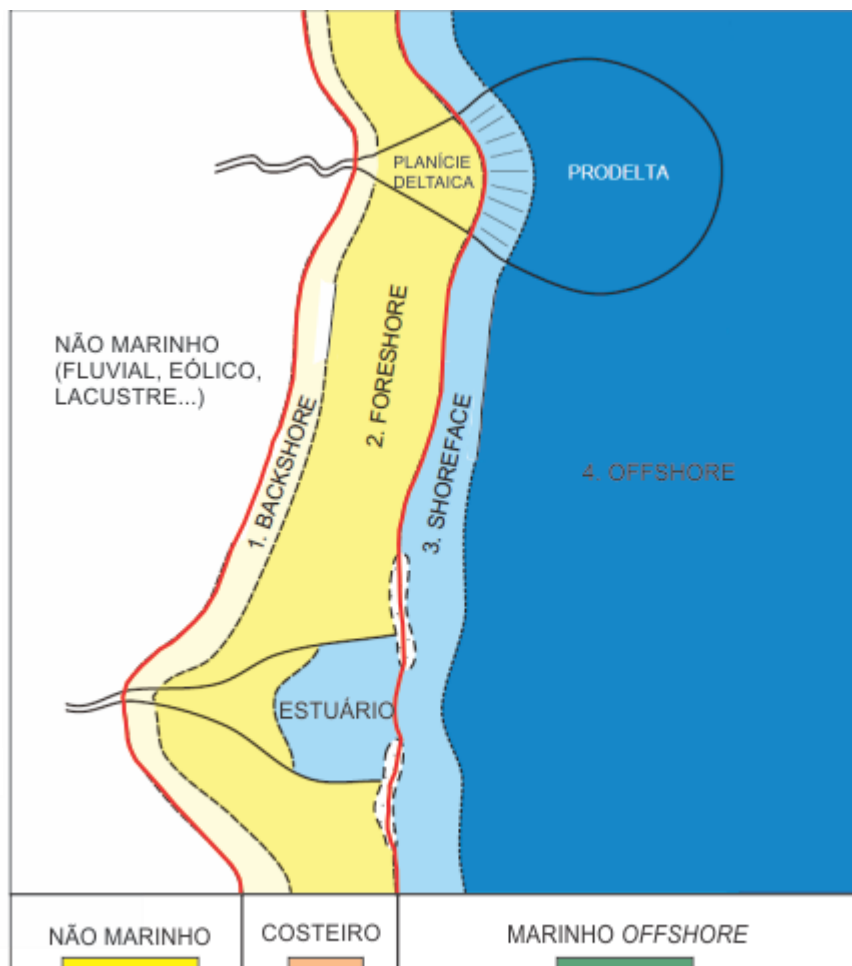


FIGURA 8: DIVISÃO DE AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO UTILIZADA COMO REFERÊNCIA PARA A INTERPRETAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES RECONHECIDAS NOS POÇOS PN. (MODIFICADO DE CATUNEANU, 2006)

2.4 CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA

Para a correlação entre os perfis foi utilizada a interpretação dos ambientes deposicionais e superfícies-chave. O objetivo foi identificar, através de seções paralelas e perpendiculares a paleolinha de costa (Medeiros & Thomaz Filho, 1973), as variações laterais dos ambientes e processos formadores das litofácies ao longo do tempo. Utilizando conceitos da estratigrafia de sequências, foi possível a definição de

sequências deposicionais e seus respectivos tratos de sistemas deposicionais a partir das variações verticais dos padrões de sedimentação (FIGURA 9).

Uma sequência deposicional é uma sucessão de estratos relativamente concordante, geneticamente relacionados, limitada no topo e na base por discordâncias ou suas conformidades correlatas (Vail, 1977). Os limites das sequências se dão pela discordância na borda da bacia, onde há evidência de erosão subaérea e truncamento de estratos, e pela conformidade correlata no interior da bacia, que registra a superfície deposicional subaquática cronoequivalente à discordância subaérea.

Para Vail (1987), a chave para o entendimento da estratigrafia é a compreensão das variações relativas do nível do mar, as quais determinam o padrão estratal de deposição, a distribuição de litofácies, bem como a formação de discordâncias, sequências estratigráficas e seções condensadas. Trato de sistemas é um conjunto de sistemas deposicionais geograficamente interligados, cuja migração de fácies no tempo produz um empilhamento estratigráfico típico (Posamentier et al, 1988). Tais tratos são divididos de acordo com as relações entre taxa de sedimentação e espaço de acomodação ao longo de uma curva de variação relativa do nível do mar e são limitados por superfícies-chave que registram mudanças na tendência deposicional, ilustrado na FIGURA 9 (Catuneanu 2006).

2.4.1 TRATO DE SISTEMAS DE MAR ALTO (HST – *HIGHSTAND SYSTEMS TRACT*)

Tendo como limite inferior a superfície de inundação máxima (MFS – *Maximum flooding surface*), este trato tem como característica a progradação de sistemas costeiros sobre sistemas marinhos devido ao fenômeno de regressão normal, resultando na movimentação da linha de costa em direção ao centro da bacia. Além do processo progradacional, nota-se aggradação próxima a linha de costa das fácies marinhas e não marinhas.

2.4.2 TRATO DE SISTEMAS DE REGRESSÃO FORÇADA (FSST – *FALLING STAGE SYSTEMS TRACT*)

É um trato de sistemas que corresponde ao estágio de queda do nível relativo do mar, o que caracteriza o processo de regressão forçada. A linha de costa desloca-se em direção ao mar como resultado do rebaixamento do nível do mar. A região não marinha e costeira sofre erosão subaérea, havendo pouco potencial de preservação dos depósitos nessa região da bacia. Seu limite basal é uma superfície basal de regressão forçada, enquanto seu limite no topo é o limite de sequência formado na queda máxima do nível do mar.

No trato de regressão forçada formam-se depósitos de *shoreface* de base abrupta, devido à erosão marinha provocada pelo rebaixamento do nível de base das ondas. Depósitos turbidíticos e de movimentos de massa depositados em ambiente marinho *offshore* também podem ser formados nesse trato.

2.4.3 TRATO DE SISTEMAS DE MAR BAIXO (LST- *LOWSTAND SYSTEMS TRACT*)

São depósitos resultantes de um episódio regressivo (normal), que estão depositados sobre uma discordância subaérea ou conformidade correlata. Desenvolvido com o início do aumento do nível do mar, este trato tem como característica a progradação das fácies e terminação em *onlap* sobre o limite de sequência. O limite superior desse trato é uma superfície de regressão máxima, ou seja, o início de um evento transgressivo.

2.4.4 TRATO DE SISTEMAS TRANSGRESSIVO (TST- *TRANSGRESSIVE SYSTEMS TRACT*)

Possui como limite inferior a superfície de regressão máxima. Forma-se quando a subida do nível do mar supera a taxa de sedimentação, ocorrendo ampliação da área de sedimentação, o que forma comumente seções condensadas nas áreas mais distais. Durante a deposição do trato transgressivo há o desenvolvimento de uma superfície de ravinamento como resultado da erosão marinha na medida em que a linha de costa migra para o continente. O limite superior deste trato é a superfície de

inundação máxima, a qual representa a máxima transgressão da linha de costa em direção ao continente.

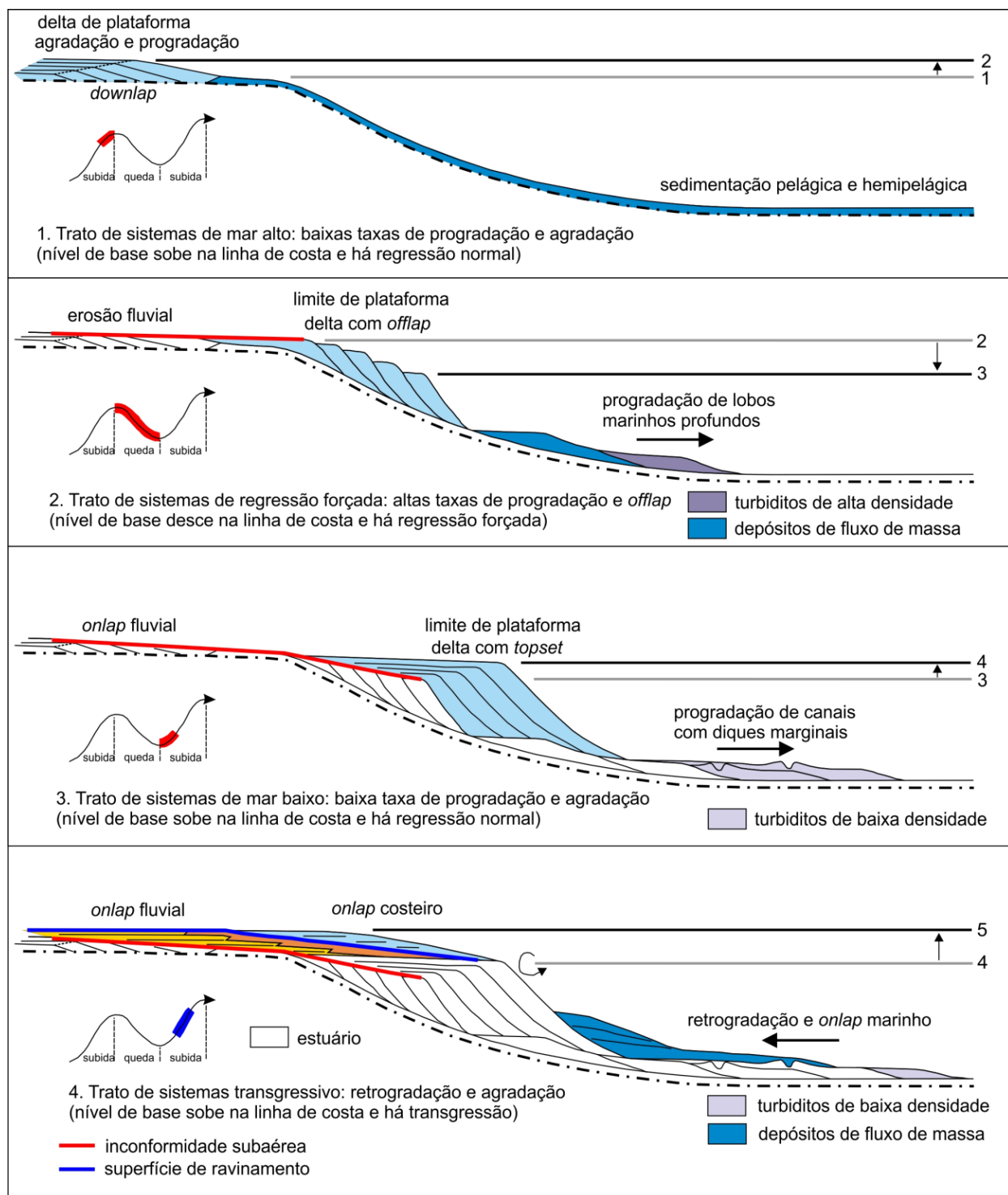


FIGURA 9: ILUSTRAÇÃO MOSTRANDO A VARIAÇÃO DO NÍVEL RELATIVO DO MAR E SEUS RESPECTIVOS TRATOS AO LONGO DO TEMPO. (MODIFICADO DE CATUNEANU, 2006)

2.5 CONFEÇÃO DE MAPAS DE ISÓPACAS

Mapas de isópacas foram confeccionados com o objetivo de observar variações laterais de espessura nas diferentes sequências e associações de fácies reconhecidas. Para isso, valores de espessura foram organizados em uma tabela (TABELA 2) conforme o modelo da FIGURA 8. Com os dados tabelados foi utilizada a ferramenta IDW (*inverse distance weighted*) do programa ArcGis 10 para a confecção dos mapas. O IDW é uma ferramenta de interpolação de pontos pela ponderação do inverso da distância, um método também utilizado para o traçado de curvas de nível através de pontos cotados.

POÇO	Sequência 1				Sequencia 2			
	Espessura total	Espessura marinho	Espessura costeiro	Espessura não marinho	Espessura total	Espessura marinho	Espessura costeiro	Espessura não marinho
I PN-01-SC.01	39	0	33	6	29	12	13	4
I PN-02-SC.01	47	0	32	15	29	9	12	8
I PN-03-SC.02	41	0	17	24	28	5	16	7
I PN-04-SC.02								
I PN-05-SC.02	17	0	13	4	17	6	7	4
I PN-06-SC.01	23	0	20	3	17	5	8	4
I PN-07-SC.01	55	0	51	4	39	19	11	9
I PN-08-SC.01	32	0	28	4	40	19	15	6
I PN-09-SC.02	23	0	12	11	19	4	8	7
I PN-10-SC.02	29	0	23	6	30	21	7	2
I PN-11-SC.01	0	0	0	0	20	20	0	0
I PN-12-SC.01	12	0	4	8	30	9	13	8
I PN-13-SC.01	33	0	14	19	18	15	2	1
I PN-14-SC.02	20	0	10	10	33	24	4	5
I PN-15-SC.02	28	0	17	11	42	23	11	8
I PN-16-SC.02	16	0	11	5	78	52	12	14
I PN-17-SC	17	0	6	11	65	35	12	18
I PN-18-SC	8	0	3	5	46	24	14	8
I PN-19-SC								
I PN-20-SC	0	0	0	0	27	26	0	1
I PN-21-SC	11	0	2	9	39	25	6	8
I PN-22-SC								
I PN-23-SC.01								
I PN-24-SC.01								
I PN-25-SC.01								
I PN-26-SC.01								
I PN-27-SC								
I PN-28-SC.02								
I PN-29-SC.02								
I PN-30-SC.01								
I PN-31-SC.01	17	0	7	10	29	12	8	9
I PN-32-SC.01								
I PN-33-SC.02								
I PN-35-SC.02								
I PN-36-SC.01								
I PN-37-SC.01								

TABELA 2: TRECHO ILUSTRATIVO DA TABELA CONFECCIONADA COM AS ESPESSURAS DE CADA ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SEQUÊNCIA.

3 SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS SOBRE A FORMAÇÃO RIO BONITO

A Formação Rio Bonito é uma unidade geológica de idade eopermiana que está situada, estratigraficamente, sobre o Grupo Itararé e que associada à Formação Palermo forma o Grupo Guatá. Sua faixa aflorante distribui-se ao longo de toda borda leste da Bacia do Paraná, do estado do Rio Grande do Sul até o sul de São Paulo.

Segundo Medeiros e Thomaz Filho (1973), a unidade é composta por arenitos e lamitos formados em ambiente transicional sob influência de transgressões e regressões. Castro e Medeiros (1980) e Castro (1980) identificaram, através de estudos faciológicos em poços rasos e afloramentos, um ambiente de sedimentação predominantemente deltaico na Formação Rio Bonito, incluindo associações de fácies de planície deltaica, prodelta, praia e ambiente marinho raso. Medeiros e Thomaz Filho (1973) confeccionaram mapa paleogeográfico da Formação Rio Bonito identificando áreas proximais e distais (FIGURA 10).

Medeiros e Thomaz Filho (1973) dividiram a Formação Rio Bonito três intervalos, informalmente definidos como inferior, intermediário e superior. Esses intervalos foram mais tarde formalizados, respectivamente, como Membro Triunfo, Membro Paraguaçu e Membro Siderópolis (Schneider et al. , 1974), (TABELA 3). Essa divisão em três Membros foi estabelecida nos estados de Santa Catarina e no Paraná. No estado do Rio Grande do Sul a Formação Rio Bonito manteve-se indivisa.

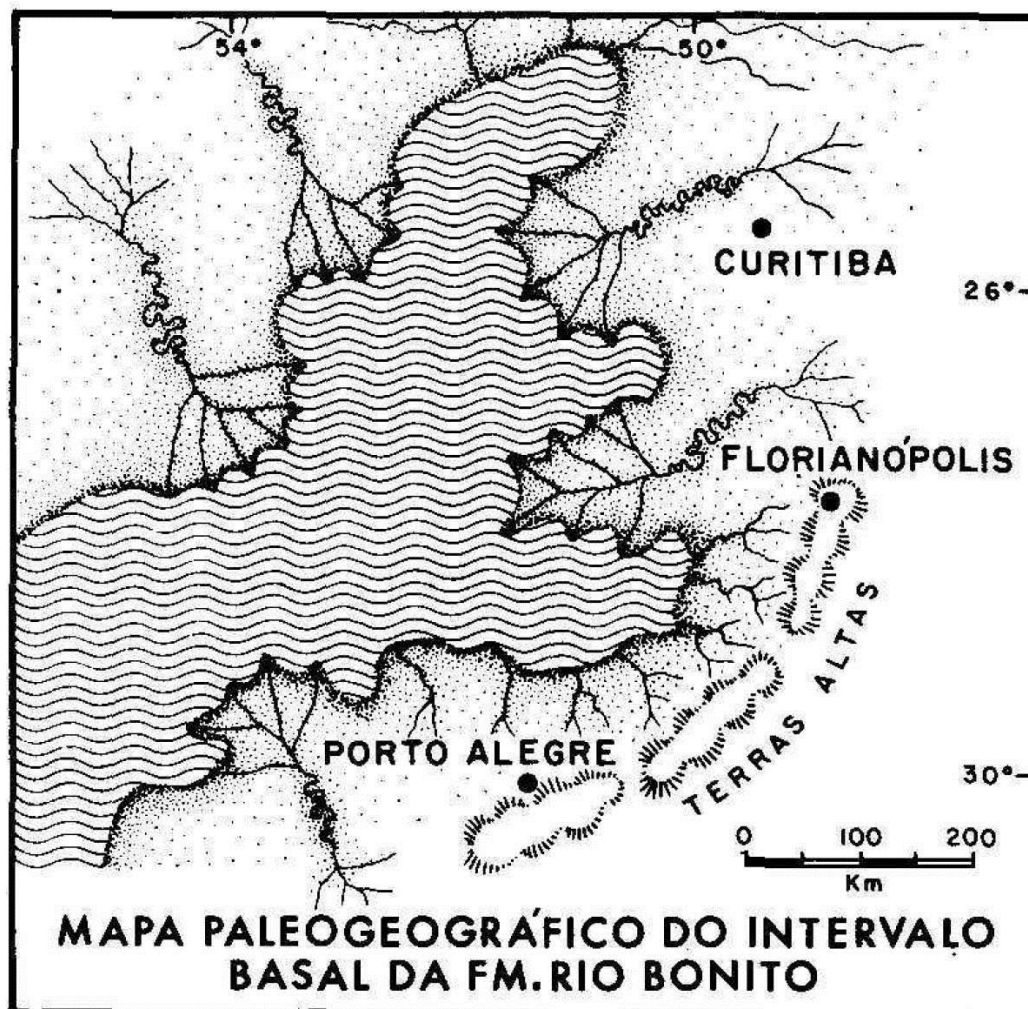


FIGURA 10: MAPA PALEOGEOGRÁFICO DO INTERVALO BASAL DA FORMAÇÃO RIO BONITO (MEDEIROS E THOMAZ FILHO, 1973)

O Membro Triunfo é a parte inferior da Formação Rio Bonito, onde predominam fácies arenosas depositadas num sistema flúvio-deltaico progradacional, pertencente a um trato de sistemas de mar baixo (Medeiros, 1995). Nesse membro ocorrem camadas de carvão nos estados de Santa Catarina e Paraná. Tais arenitos possuem estratificação cruzada, planar e acanalada e, com frequência, granodecrescência ascendente. São derivados de canais fluviais associados a um estágio pós glacial, que geralmente erodem siltitos e folhelhos do Grupo Itararé, principalmente na porção norte da bacia (Soares e Cava, 1982; Tognoli, 2006). Entretanto, Medeiros e Thomaz F^o (1973) e Popp (1983) consideram que no sul da bacia há um contato transicional entre

o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, sugerindo, portanto, uma relação genética entre essas duas unidades. Nesse contexto o Membro Triunfo corresponderia a um sistema fluvio-deltaico tendo como prodelta os pelitos presentes no topo Grupo Itararé.

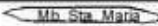
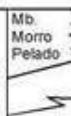
		LITOESTRATIGRAFIA							
Cronoes.		Rio Grande do Sul		Santa Catarina		Paraná		São Paulo	
Quat		Barreiras, Terraços Aluviões		Barreiras, Terraços Aluviões		Qha		Qha	
Terc.		Associação litológica primária		Associação litológica primária		TQi		TQi	Fm. Rio Claro
Cret.	Gr. Bauru							Fm. Marília	
Juro-Cretáceo	Gr. São Bento	Fm. Serra Geral		Fm. Serra Geral		Fm. Serra Geral		Fm. Serra Geral	
		Fm. Botucatu		Fm. Botucatu		Fm. Botucatu		Fm. Botucatu	
Trias.		 Fm. Rosário do Sul						Fm. Pirambóia	
Permiano	Gr. Passa Dois	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado	Fm. Rio do Rasto		Mb. Serrinha	Fm. Corumbatai
		Mb. Serrinha		Mb. Serrinha					
		Fm. Teresina		Fm. Teresina		Fm. Teresina			
		Fm. Serra Alta				Fm. Serra Alta			
	Gr. Guatá	Fm. Irati		Mb. Assistência					
				Mb. Taquaral					
		Fm. Palermo		Fm. Palermo		Fm. Palermo			
Carb. Sup.	Gr. Itararé	Fm. Rio Bonito		Fm. Rio Bonito	Mb. Siderópolis	Fm. Rio Bonito	Mb. Paraguaçu		Fm. Tatui
					Mb. Paraguaçu				
					Mb. Triunfo				
		Fm. Rio do Sul		Fm. Rio do Sul		Fm. Rio do Sul			
Devoniano	Gr. Paraná			Fm. Mafra		Fm. Mafra		Fm. Aquidauana	
				Fm. Campo do Tenente		Fm. Campo do Tenente		Gr. Itararé	
				Fm. Ponta Grossa		Fm. Ponta Grossa			
				Fm. Furnas		Fm. Furnas		Fm. Furnas	
		Embasamento pré-Gonduânico							

TABELA 3: COLUNA ESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA DA BACIA DO PARANÁ, SEGUNDO SCHNEIDER ET AL. (1974). O QUADRO EM VERMELHO DESTACA O INTERVALO REFERENTE À FORMAÇÃO RIO BONITO.

No Membro Paraguaçu predominam siltitos cinza-esverdeados, ora bioturbados ou com intercalação de folhelhos cinza e arenitos muito finos a finos lenticularizados, bem como leitos carbonáticos. A estrutura sedimentar predominante nos siltitos e folhelhos é a laminação plano paralela enquanto laminação ondulada e cruzada são mais comuns nos corpos arenosos. É comum aumento granulométrico com ciclos indo do folhelho ao arenito, interpretados como frentes deltaicas ou barras litorâneas (Medeiros e Thomaz F^o, 1973). A sedimentação do Membro Paraguaçu ocorreu predominantemente em ambiente marinho, em que, localmente, desenvolveram-se depósitos carbonáticos e depósitos de planícies de maré (Schneider *et al*, 1974; Medeiros, 1995).

O adelgaçamento do Membro Triunfo para norte também é observado (Schneider *et al.*, 1974). A partir do norte do Paraná, há contato direto do Membro Paraguaçu com o Grupo Itararé (FIGURA 11).

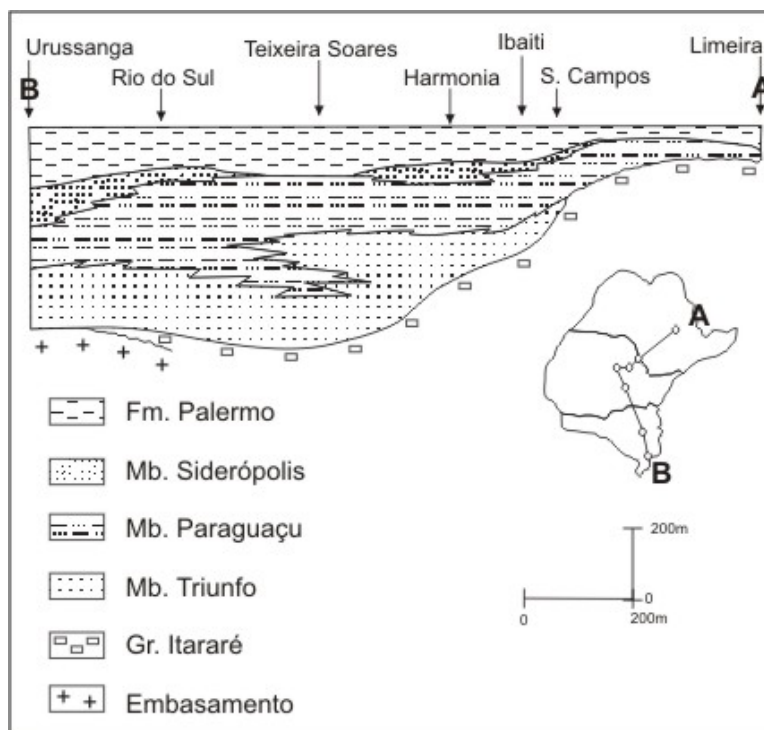


FIGURA 11: RELAÇÃO DE ONLAP DA FORMAÇÃO RIO BONITO SOBRE O GRUPO ITARARÉ EM DIREÇÃO AO NORTE DA BACIA. OBSERVAR A AUSÊNCIA DO MEMBRO TRIUNFO A PARTIR DA REGIÃO DE SIQUEIRA CAMPOS. (SCHNEIDER *ET AL*, 1974)

O Membro Siderópolis representa a parte superior da Formação Rio Bonito e é composto por arenitos finos a muito finos com boa seleção, de coloração cinza escuro, intercalado a leitos de argilito, folhelhos carbonosos e leitos de carvão. Localmente há a presença de arenitos médios a grossos com estratificação cruzada e presença de madeira silicificada. A estrutura sedimentar principal é a laminação plano-paralela e ondulada, associada a estratificações cruzadas de pequeno porte. O ambiente de sedimentação seria marinho litorâneo, registrando progradação sobre a sucessão marinha do Membro Paraguaçu (Medeiros e Thomas F^o, 1973). Já as fácies carbonosas, a exemplo dos carvões da Camada Barro Branco, originaram-se em lagunas e mangues costeiros recobertas por areias litorâneas (Popp, 1983; Medeiros e Thomas F^o, 1973). França e Caldas (1983) também interpretam os arenitos do Membro Siderópolis como depósitos litorâneos. Esses seriam derivados de um sistema costeiro regressivo que antecedeu a transgressão registrada nos folhelhos pertencentes a Formação Palermo.

Schneider e Castro (1975) dividiram o intervalo Rio do Sul e Rio Bonito em 5 unidades cronoestratigráficas (I-V) utilizando marcos transgressivos regionais, incluindo os arenitos da Camada Taió e o marco radioativo da base da Formação Palermo. Esse último corresponde ao máximo transgressivo da sequência permocarbonífera da Bacia do Paraná. Castro (1987) interpretou as Camadas Taió como um depósito marinho raso transgressivo constituído por arenitos bioturbados e com fósseis de moluscos pectinídeos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 FÁCIES DESCRITAS

Utilizando a descrição litológica dos poços foi possível identificar nove fácies na Formação Rio Bonito (FIGURA 12). As características dessas fácies são apresentadas abaixo:

TABELA 4: FÁCIES IDENTIFICADAS NA FORMAÇÃO RIO BONITO

-Arenito fino a médio com laminação plano-paralela (Sh) – Arenito cinza-esbranquiçado, com granulação fina a média, composição mineralógica quartzosa, feldspática e lamelas de mica, podendo ter cimento carbonático. Possui laminação plano-paralela evidenciada pela diferença de cor e de granulometria.
-Arenito fino a médio maciço (Sm₁) – Arenito maciço cinza-esbranquiçado, quartzoso e finamente micáceo, apresentando raramente feldspato e concreções de pirita. Apresenta granulação fina a média fragmentos pelíticos centimétricos em meio à matriz.
Arenito médio a grosso maciço (Sm₂) – Arenito maciço de granulação média a grossa com composição quartzo-feldspática (com grãos de feldspato até 0,5 cm e, às vezes, completamente caulinizado), presença de cristais de mica e raramente cristais de pirita. Os grãos são subangulosos a subarredondados e mal selecionados. Ocorre cimento carbonático pouco abundante em alguns níveis
Arenito fino a médio com ripples (Sr) – Arenito cinza-esbranquiçado fino a médio, quartzoso e feldspático, podendo haver carbonato. Há presença de laminação ondulada e/ou cruzada evidenciada por lamina de arenitos fino.
Siltito maciço (Fm) – Siltito cinza-esverdeado, finamente micáceo e maciço.
Siltito com laminação plano paralela (Fh) – Siltito cinza-escuro, pouco micáceo, com laminação paralela evidenciada por lâminas de arenito muito fino cinza claro. Presença de cimento carbonático.
Siltito com ripples (Fr) – Siltito cinza-esverdeado, finamente micáceo, com laminação ondulada e raramente cruzada, evidenciada por lamina de arenito cinza-claro, muito fino.

Fácies heterolítica (H) – Intercalações de camadas de arenito e siltito. As camadas de siltito apresentam coloração cinza-escuro ou cinza-esverdeado, frequentemente micáceos. Estrutura geralmente maciça. Apresenta camadas decimétricas a métricas com fina laminação paralela e cruzada evidenciada por laminae e camadas centimétricas de arenito esbranquiçado muito fino com cimento carbonático. É comum a presença de laminação convoluta e estruturas de carga. Presença de intervalos com arenitos cinza-claro de granulometria média, quartzoso, com muito cimento carbonático e com discreta bioturbação (raros tubos de vermes).

-Carvão e folhelhos carbonosos (C) – aparecem em vários intervalos, onde os intervalos que merecem destaque são o carvão Barro Branco e carvão Bonito. Ocorrem geralmente intercalados com folhelhos cinza escuros a pretos, com laminae submilimétricas de carvão e restos de vegetais carbonizados. O carvão é fosco e brilhante, comumente com nódulos de pirita.

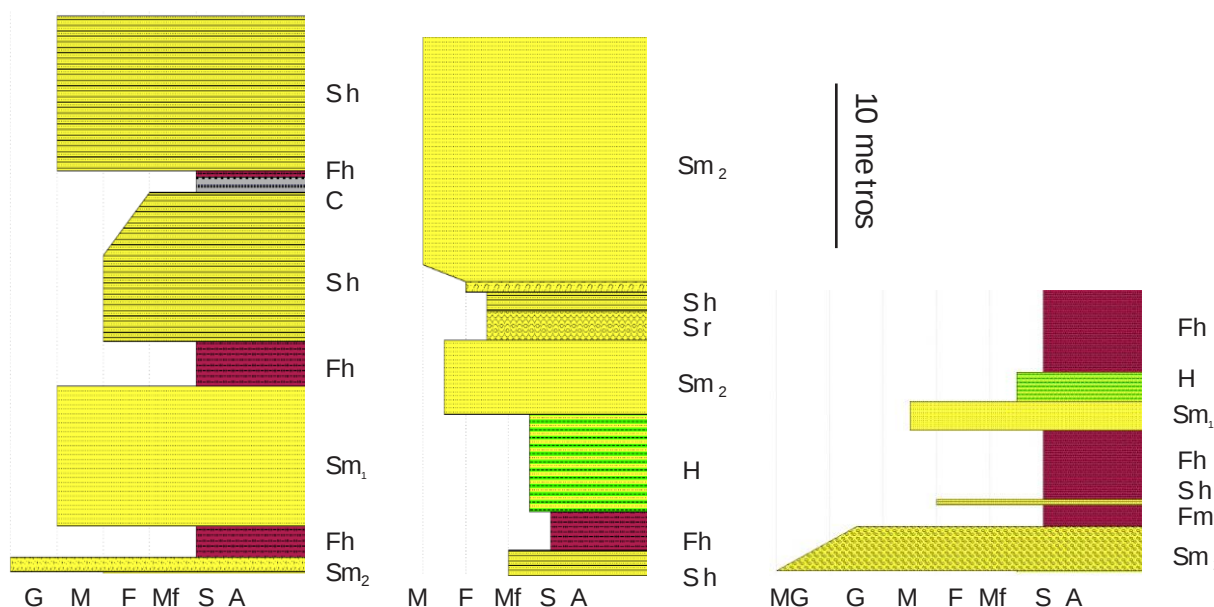


FIGURA 12: TRECHOS EXTRAÍDOS DE COLUNAS LITOLÓGICAS DIGITALIZADAS NO PROGRAMA ANASETE (PETROBRAS) DOS POÇOS PN. ESCALA GRANULOMÉTRICA NA BASE E SIGLAS DAS FÁCIES IDENTIFICADAS À DIREITA DE CADA COLUNA

4.2 ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES E AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

Com a definição das fácies, em conjunto dos padrões identificados nas curvas de raios gama, foi possível a interpretação dos ambientes deposicionais. Para auxiliar nessa interpretação foram confeccionadas duas seções transversais: uma paralela ao mergulho deposicional, Seção A (FIGURA 17) e outra perpendicular ao mergulho deposicional, Seção B (FIGURA 16), conforme ilustrado no mapa da FIGURA 3. Para definição do mergulho deposicional foi utilizado o modelo paleogeográfico regional de Medeiros & Thomaz Filho (1973) apresentado na FIGURA 10.

4.2.1 ASSOCIAÇÃO A

É composta pelas fácies Sm_1 , Sm_2 , Sh, Fh, Fm e C, podendo aparecer contato erosivo com fácies subjacentes. Essas fácies arenosas foram interpretadas como preenchimento de canais fluviais. As fácies pelíticas e carbonosas apresentam padrão serrilhado na curva de raios gama e foram interpretadas como depósitos de planícies de inundação. É comum afinamento e adelgaçamento ascendente (*finning and thinning upward*) das camadas arenosas, evidenciado por padrões em sino nos perfis de raios gama (FIGURA 13) em conjunto com padrões em caixa. Com base nessas características, a associação A pode ser considerada como representativa de um ambiente deposicional não marinho, provavelmente fluvial ou de planície deltaica.

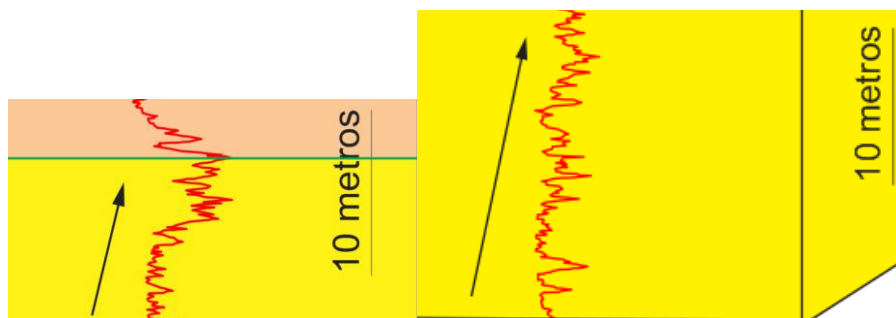


FIGURA 13: FIGURA EXTRAÍDA DE TRECHOS DE POÇOS PN EVIDENCIANDO PADRÕES EM SINO CARACTERÍSTICOS DE DEPÓSITOS FLUVIAIS (SERRILHADO, A ESQUERDA E EM SINO, AMBOS).

4.2.2 ASSOCIAÇÃO B

É observada nessa associação uma grande variação de fácies e padrões nas curvas de raios gama. Fácies Sm₁, Sh, H associadas a padrões em funil foram interpretadas como depósitos progradantes (FIGURA 14). A presença de arenitos bem selecionados das fácies Sm₁, Sr, Sh, associada a padrões em caixa ou cilíndrico, foi interpretada como depósitos de barreira litorânea (FIGURA 14). Fácies Fm, Fh e C, com padrão serrilhado e intimamente associadas aos arenitos litorâneos, permitiu deduzir um ambiente pantanoso, possivelmente lagunar (FIGURA 14). Ocorrem também intervalos das fácies Sm₁, Sh e Sr com padrões em caixa. A essa correlação foi interpretada como ambiente mais distal, provavelmente *shoreface*, em que o empilhamento das fácies mostra ciclos de progradação e retrogradação.

Também nessa associação foram identificadas, fácies H, Sh, Sm₁, Sr, Fm, Fr, Fh, dispostas em sucessões com grande variação lateral e padrões em caixa, serrilhado, funil e sino. Esse conjunto heterogêneo foi interpretado como um sistema estuarino.

Em síntese, as fácies e padrões de perfil observados na associação B permitem relacioná-la a um ambiente costeiro a marinho raso, caracterizado por influência de ondas e marés.

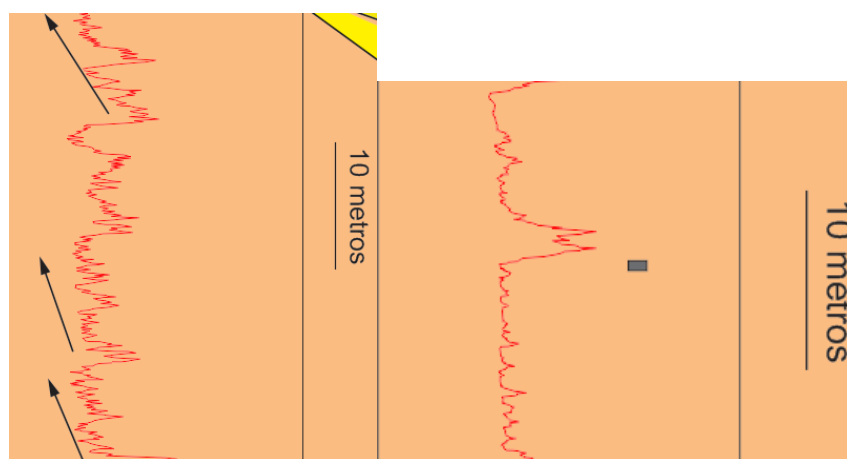


FIGURA 14: A ESQUERDA FÁCIES PSAMÍTICAS COM PADRÕES EM FUNIL INDICANDO CICLOS DE PROGRADAÇÃO DELTÁICA. A DIREITA ARENITOS COM PADRÃO EM CAIXA INTERPRETADOS COMO BARREIRAS ARENOSAS. OS PELITOS LOCALIZADOS ENTRE OS PACOTES PSAMÍTICOS FORAM INTERPRETADOS COMO DEPÓSITOS PANTANOSOS.

4.2.3 ASSOCIAÇÃO C

É composta por fácies lamosas e heterolíticas (Fh, Fr, Fm e H), associadas a padrões serrilhados e em funil, cujos valores de radioatividade são relativamente mais altos do que nas associações anteriores (FIGURA 15).

A interpretação de ambiente marinho *offshore* para essa associação foi auxiliada pela identificação da camada fossilífera Taió de acordo com as correlações apresentadas por Tognoli (2006). Segundo o autor, esta camada, localizada na base do Membro Paraguaçu, contém fácies e icnofósseis indicativos de ambientes de *shoreface* inferior/*offshore* (FIGURA 15).

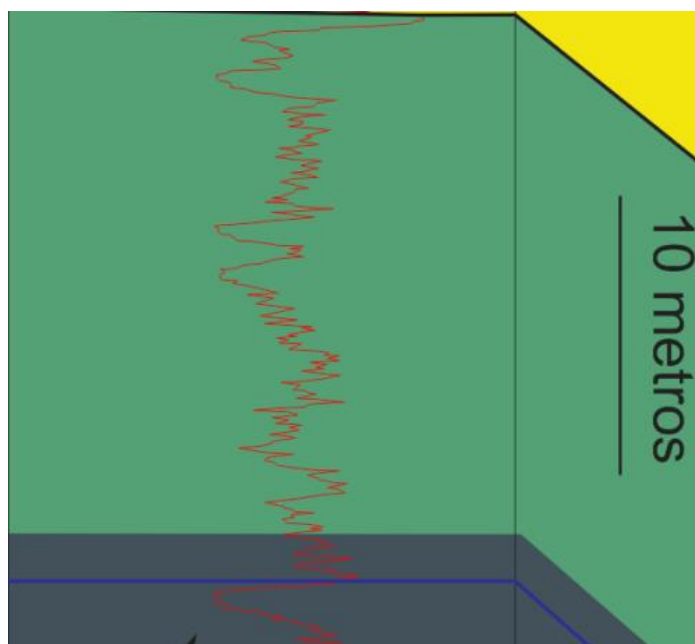


FIGURA 15: PADRÕES EM FUNIL E EM SINO PRESENTES NA ASSOCIAÇÃO C, CORRESPONDENDO A CICLOS DE PROGRADAÇÃO E RETROGRADAÇÃO NA PASSAGEM DO AMBIENTE MARINHO RASO À *OFFSHORE*. O INTERVALO DE COR CINZA NA BASE CORRESPONDE À CAMADA TAIÓ.

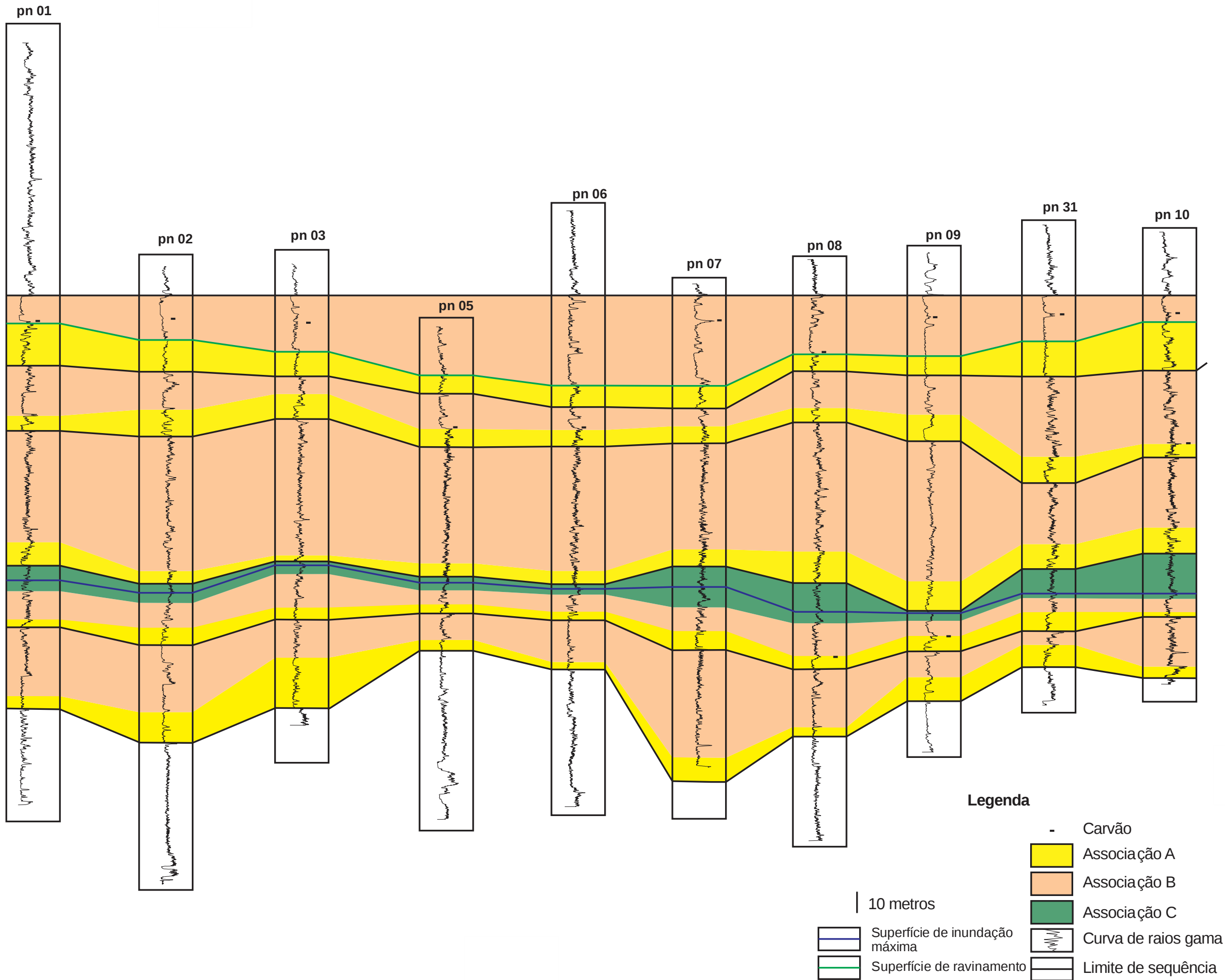


FIGURA 16: SEÇÃO B COM ASSOCIAÇÕES E SEQUÊNCIAS INTERPRETADAS. DIREÇÃO PARALELA A PALEOLINHA DE COSTA (MEDEIROS E THOMAZ FILHO, 1973).

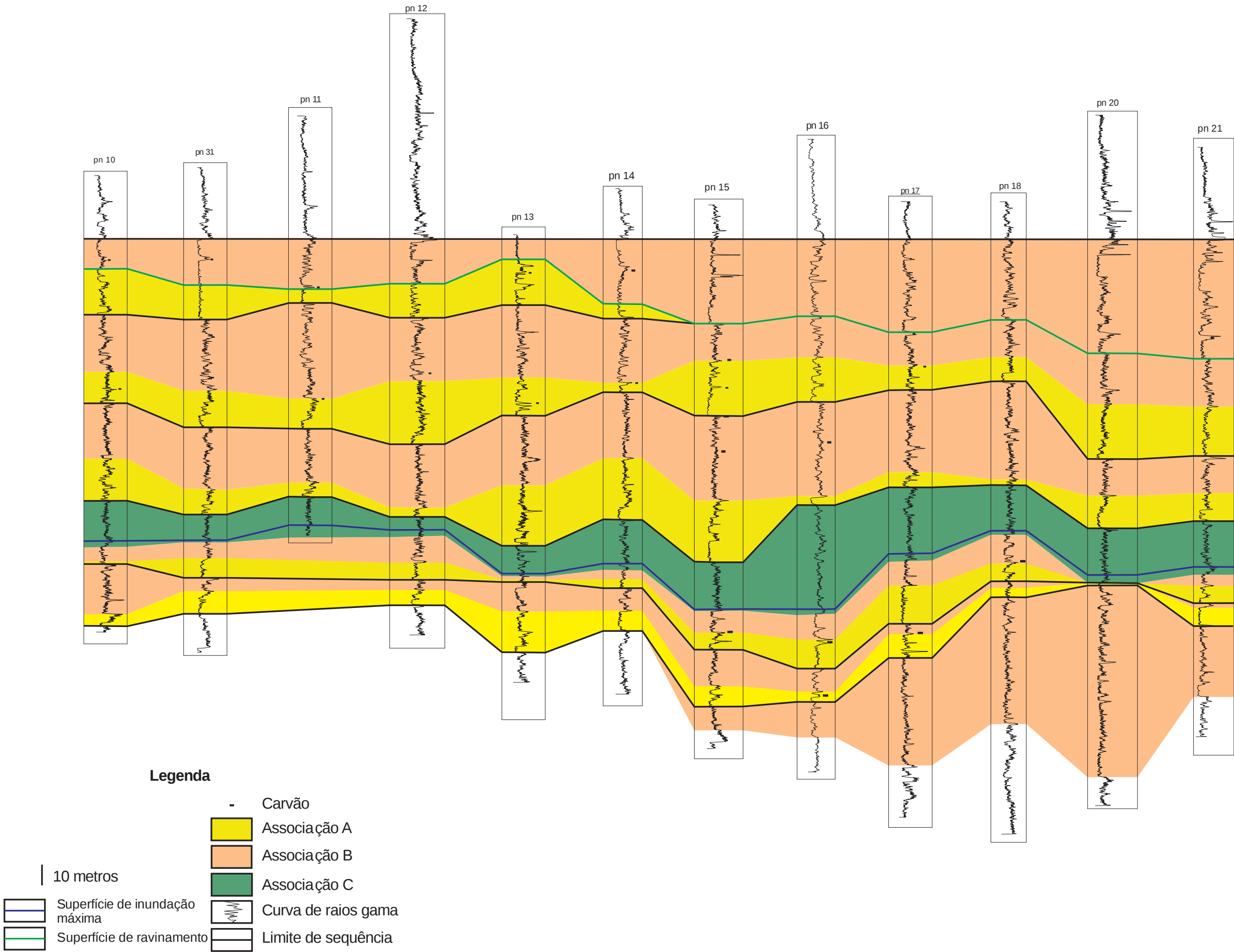


FIGURA 17: SEÇÃO A COM ASSOCIAÇÕES E SEQUÊNCIAS INTERPRETADAS. DIREÇÃO PERPENDICULAR A PALEOLINHA DE COSTA (MEDEIROS E THOMAZ FILHO, 1973).

4.3 SEQUÊNCIAS E TRATOS DE SISTEMAS DEPOSICIONAIS

Utilizando as seções confeccionadas, juntamente com as fácies definidas, os padrões identificados na curva de raios gama de cada poço e os ambientes de sedimentação reconhecidos, buscou-se aplicar os conceitos da estratigrafia de sequências para identificação de superfícies-chave (limites de sequências, superfícies de inundação máxima e superfícies de ravinamento) bem como tratos de sistemas deposicionais. A partir da correlação entre os perfis e a sucessão vertical dos ambientes de sedimentação foi possível definir cinco limites de sequências, duas superfícies de inundação máxima e uma superfície de ravinamento, totalizando cinco sequências deposicionais nomeadas de 1 a 5 da base para o topo (FIGURA 16 e 17).

Os mapas de isópacas das FIGURAS 16 e 17 ilustram as variações areais de espessura das três associações de fácies nas cinco sequências reconhecidas. Vale ressaltar que a anomalia de baixa espessura localizada a leste nos mapas “Espessura total sequência 1”, “Não marinho sequência 1”, “Não marinho sequência 2”, “Costeiro e marinho raso sequência 1” e “Costeiro e marinho raso sequência 2” deve-se à ausência de informação do poço PN 11 nestes, não constituindo, portanto, a espessura real desses intervalos.

4.3.1 SEQUÊNCIA 1

A sequência 1 possui espessura média de 30 metros e distribui-se de forma relativamente uniforme no sul da área, excetuando-se os poços PN 05 e PN 06, nos quais a espessura é mais reduzida. Nota-se um afinamento desta sequência em direção a NW (FIGURA 18), o que coincide uma região relativamente mais distal conforme o modelo de Medeiros & Thomaz Filho (1973).

Delimitada no topo e na base por discordâncias, a sequência 1 apresenta trato de mar baixo em sua base, evidenciado pela deposição de fácies não marinhas da associação A. Isso indica que o limite basal dessa sequência é uma discordância gerada por erosão subaérea sobre estratos marinhos do topo Grupo Itararé. A espessura máxima dos depósitos não marinhos da sequência 1 é observada no extremo sul da área, no entorno do poço PN 03 (FIGURA 18). É observado nos

poços PN15, PN16, PN17 e PN18 a presença de carvão relacionado à associação A dessa sequência.

Em direção ao topo, observa-se uma mudança paleoambiental, constatada pela passagem da associação A para a associação B, ou seja, uma transgressão marinha (trato de sistemas transgressivo). A associação B apresenta, também, sua maior espessura a sul da área de estudo, possuindo adelgaçamento para NW (FIGURA 18).

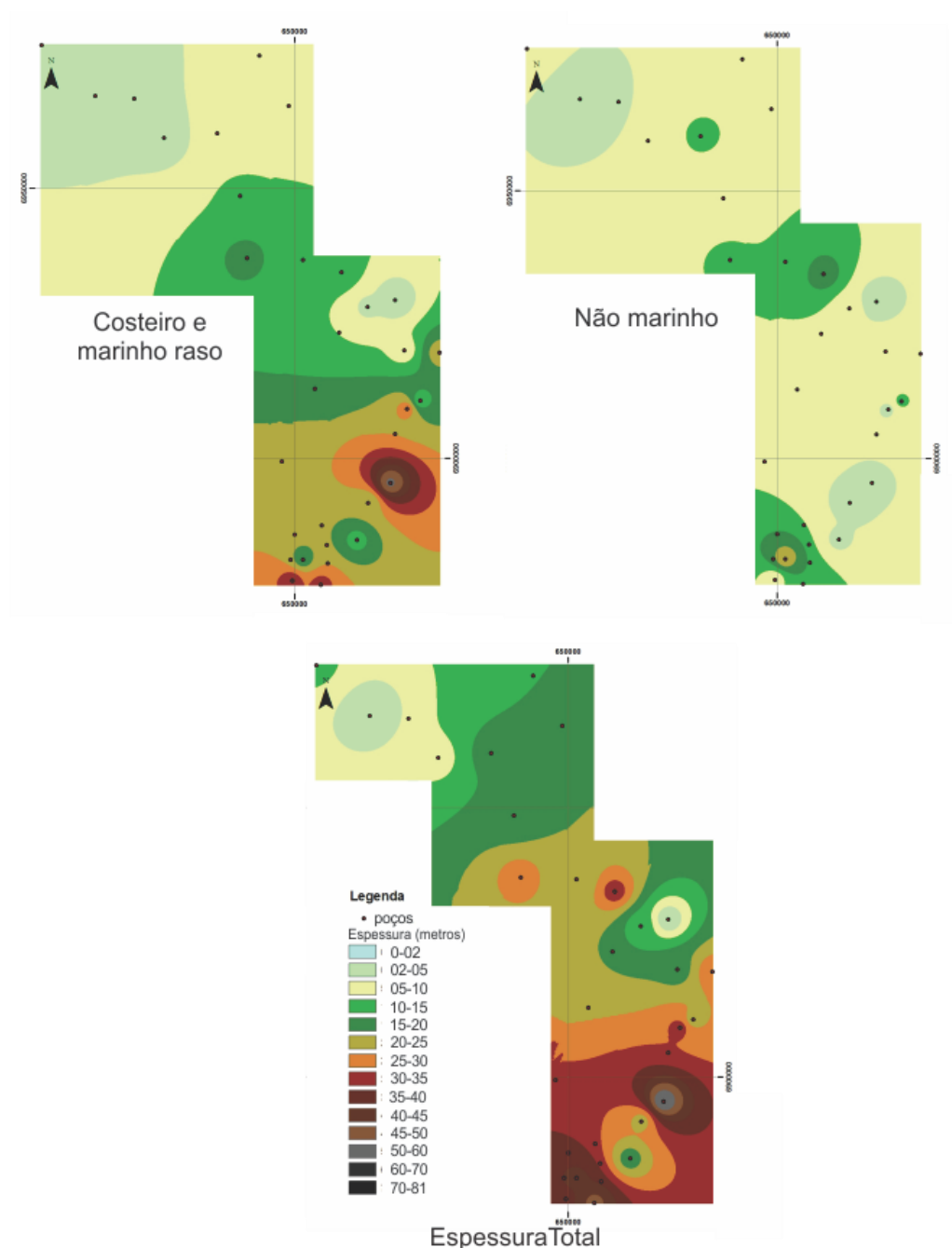


FIGURA 18: MAPA DE ISÓPACAS DA SEQUÊNCIA 1 INCLUINDO ESPESSURA TOTAL E ESPESSURA DAS ASSOCIAÇÕES A E B.

4.3.2 SEQUÊNCIA 2

Possuindo espessura superior em relação à sequência subjacente, a sequência 2 apresenta um espessamento em direção NW (FIGURA 19) variando de 17 metros de espessura nos poços PN 05 e PN 06, localizados a sul, à 78 metros de espessura no poço PN 16. Esse espessamento deve-se sobretudo à associação de fácies C. Esta associação apresenta-se mais espessa a NW, o que reafirma a idéia do depocentro da bacia estar mais a noroeste da área de estudo.

O contato basal da sequência 2 é uma discordância subaérea, evidenciada por depósitos fluviais pouco espessos sobrepostos aos depósitos costeiros presentes no topo sequência 1. Esses depósitos fluviais basais foram interpretados como pertencentes a um trato de mar baixo.

Em direção ao topo da sequência nota-se a passagem de depósitos fluviais para costeiros e, posteriormente, para marinhos *offshore*. Esta passagem evidencia um trato transgressivo, que culmina em uma superfície de inundação máxima coincidente com a camada Taió, identificada na seção A. A espessura da camada Taió é de no máximo 7 metros no poço PN 12. Acima da camada Taió observa-se uma variação no padrão da curva de raios gama indicando empilhamento progradacional (FIGURA 15) correspondente a um trato de mar alto.

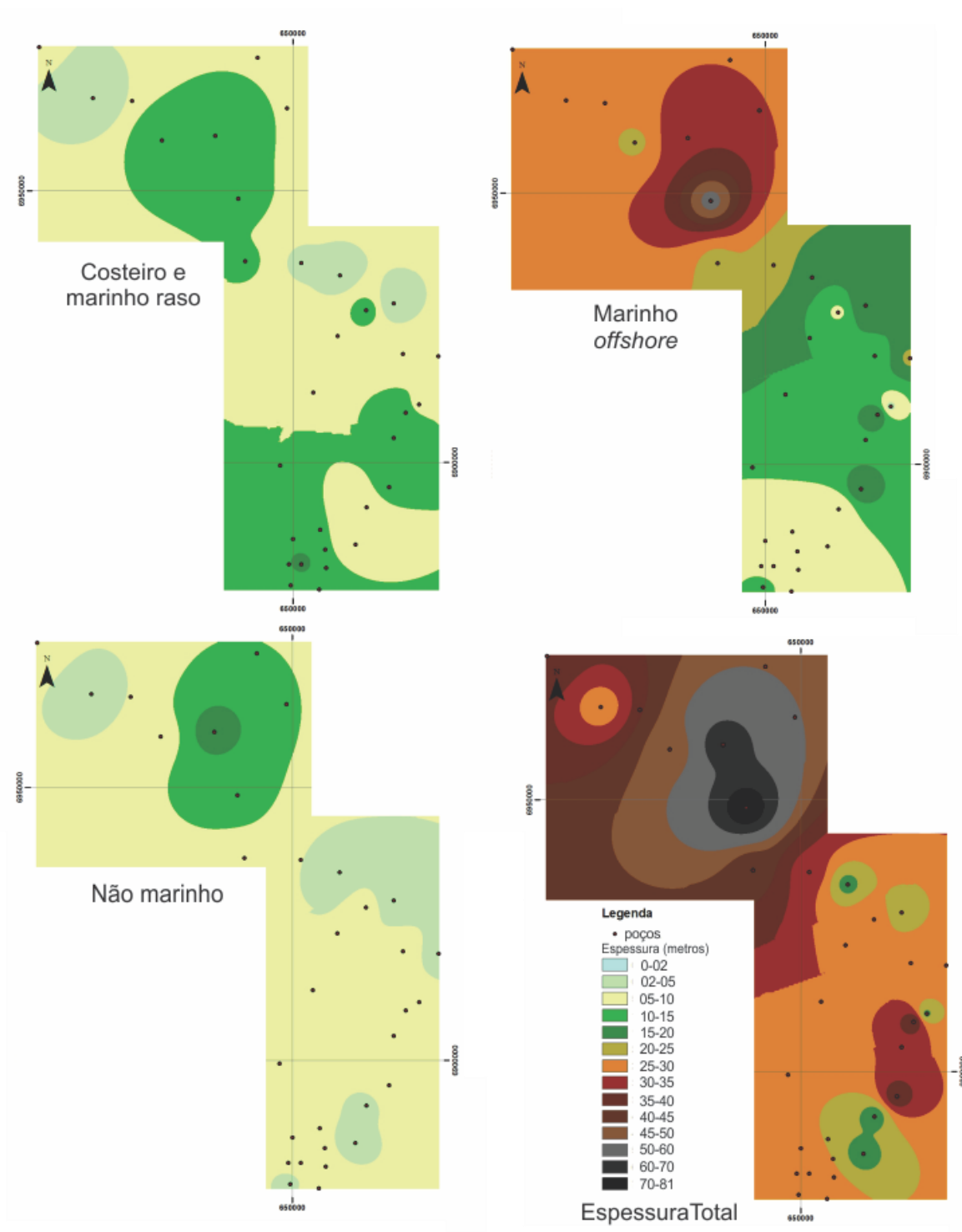


FIGURA 19: MAPA DE ISÓPACAS DA SEQUÊNCIA 2 INCLUINDO ESPESSURA TOTAL E ESPESSURA DAS ASSOCIAÇÕES A, B e C.

4.3.3 SEQUÊNCIA 3

Possuindo a maior espessura dentre todos os intervalos, a sequência 3 apresenta um espessamento em direção a sudeste (poços PN 08 e PN 09) alcançando 81 metros (FIGURA 20). Observa-se a presença de depósitos fluviais desta sequência (associação de fácies A) sobrepondo depósitos marinhos da sequência 2, cujo contato é uma discordância subaérea (limite de sequência). Estes depósitos fluviais basais são mais espessos na área dos poços PN13, PN14, PN15 e PN20, indicando incisão fluvial e consequentemente maior erosão dos depósitos marinhos sotopostos da sequência 2.

Sobrepondo a associação A, foram constatadas fácies costeiras e de marinho raso que indicam uma transgressão marinha. Essa associação B possui maior espessura a sudeste (FIGURA 20) e ocorrência de depósitos de carvão pouco espessos e de pouca continuidade lateral nos poços PN15 e PN16. Essa zona de maior espessura de depósitos costeiros e marinhos raso pode indicar maior deposição ou menor erosão subsequente, uma vez que a base da sequência superposta é uma superfície bastante irregular.

4.3.4 SEQUÊNCIA 4

A sequência 4 apresenta adelgaçamento para sudeste, (poços PN06 e PN07), com suas maiores espessuras no centro-leste da área de estudo, (poços PN11 e PN12) (FIGURA 21). Na base dessa sequência foram observados depósitos não marinhos cuja espessura varia lateralmente ao longo da área. Essa variação de espessura está associada à irregularidade do contato basal da sequência, sugerindo confinamento dos depósitos fluviais em paleovales incisos. (FIGURA 21). Observa-se, associado a esses depósitos fluviais, depósitos de carvão (Carvão Bonito).

Acima os depósitos não marinhos, encontram-se depósitos da associação B, indicando evento transgressivo. Sua espessura alcança 45 metros no poço PN11, porém possui grande variação lateral, chegando a 8 metros nos poços PN03 e PN07 (FIGURA 21).

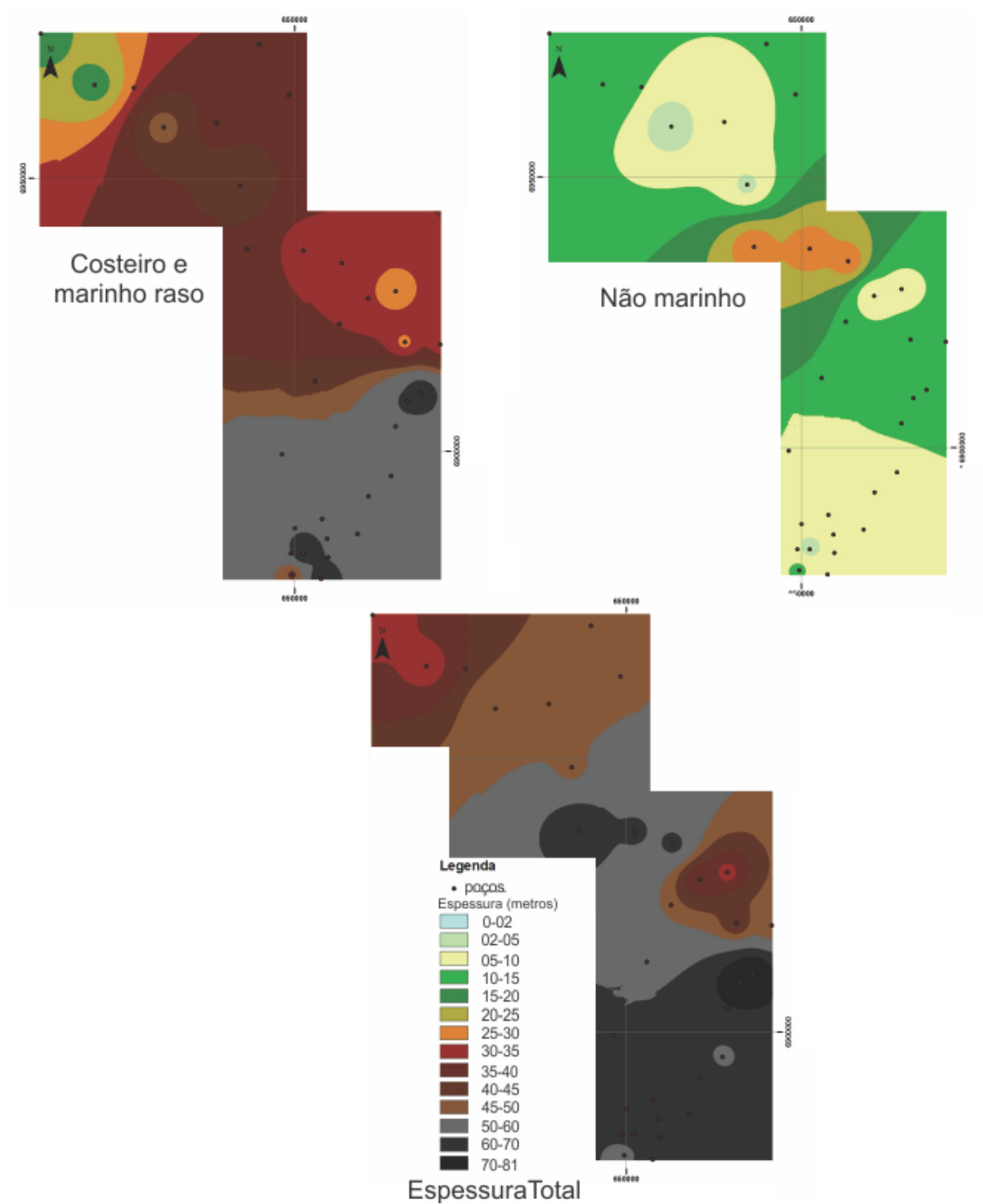


FIGURA 20: MAPA DE ISÓPACAS DA SEQUÊNCIA 3 INCLUINDO ESPESSURA TOTAL E ESPESSURA DAS ASSOCIAÇÕES A E B.

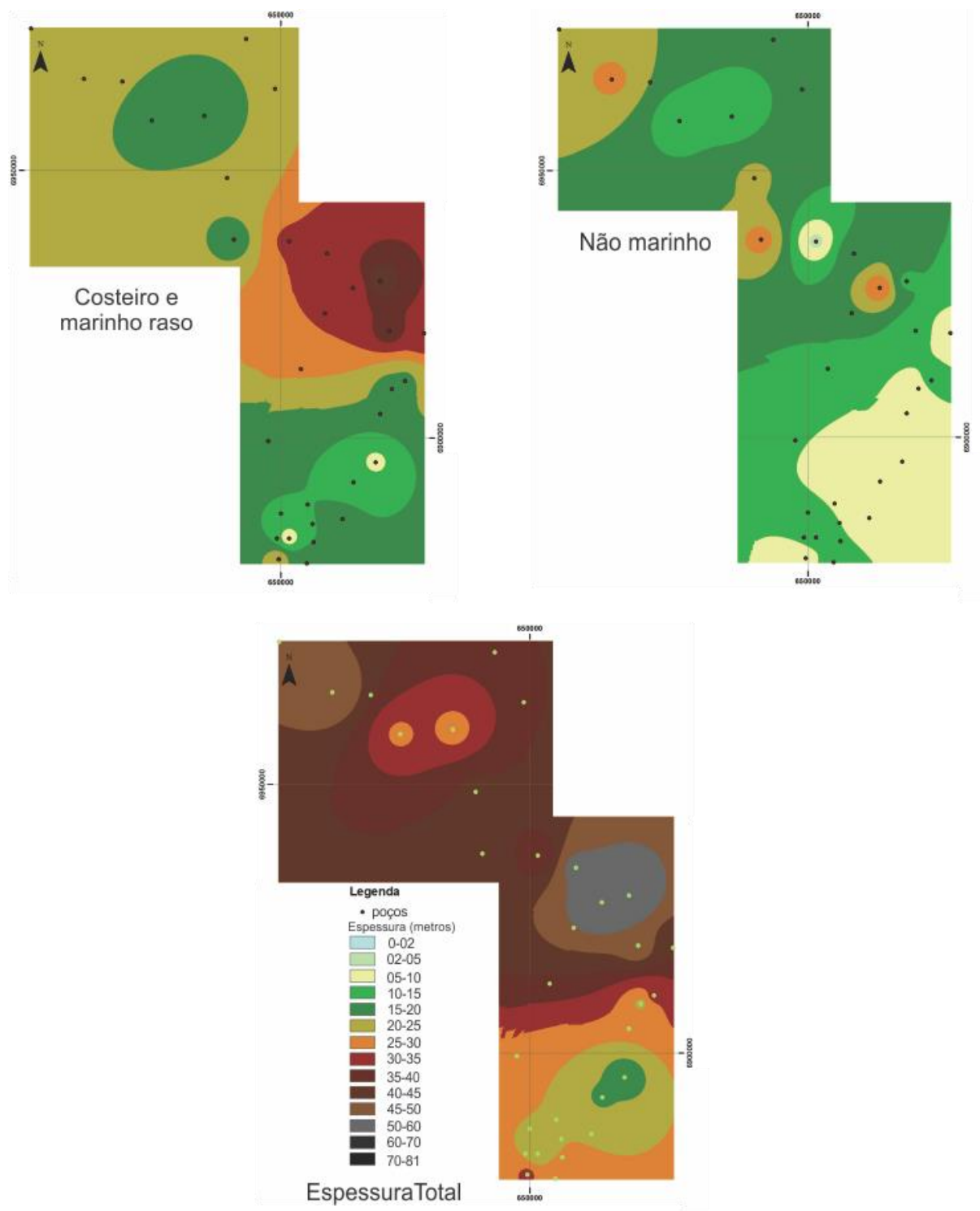


FIGURA 21: MAPA DE ISÓPACAS DA SEQUÊNCIA 4 INCLUINDO ESPESSURA TOTAL E ESPESSURA DAS ASSOCIAÇÕES A E B.

4.3.5 SEQUÊNCIA 5

Essa sequência engloba a parte superior da Formação Rio Bonito e a Formação Palermo, de modo que apenas a sua parte basal foi considerada neste trabalho. Está depositada em contato discordante sobre a sequência 4 por meio de uma discordância subaérea na porção sudeste da área e uma superfície de ravinamento na porção noroeste. A sequência 5 apresenta uma grande variação em sua espessura, alcançando valor máximo de 57 metros nos poços PN20 e PN21, a noroeste, e , 53 metros nos poços PN06 e PN07, a sudeste (FIGURA 22).

Em sua base, observam-se depósitos não marinhos assentados sobre uma superfície erosiva, os quais adelgaçam para noroeste, desaparecendo sob depósitos costeiros. Como consequência não há depósitos não marinhos a partir do poço PN15 e ocorre espessamento dos depósitos costeiros. A ausência dos depósitos não marinhos nos poços PN15, PN16, PN17, PN18, PN20 e PN21 foi interpretada como a não deposição dessas fácies nesses locais devido a paleolinha de costa estar posicionada entre os poços PN14 e PN15 no tempo correspondente à base da sequência 5. Nota-se uma migração da paleolinha de costa em direção a noroeste evidenciada pela deposição de fácies costeiras sobre as fácies fluviais, o que foi interpretado como uma transgressão marinha (FIGURA 17). O limite entre essas duas associações foi interpretado como uma superfície de ravinamento, o qual delimita um trato de mar baixo de um trato transgressivo. Nota-se que nos poços PN15, PN16, PN17, PN18, PN20 e PN21 o limite de sequência é coplanar a superfície de ravinamento.

O topo desse trato transgressivo corresponde à superfície de inundação máxima situada já na Formação Palermo. Devido a sua típica assinatura nos perfis de raios gama e grande continuidade lateral, essa superfície foi utilizada como *datum* nas seções estratigráficas.

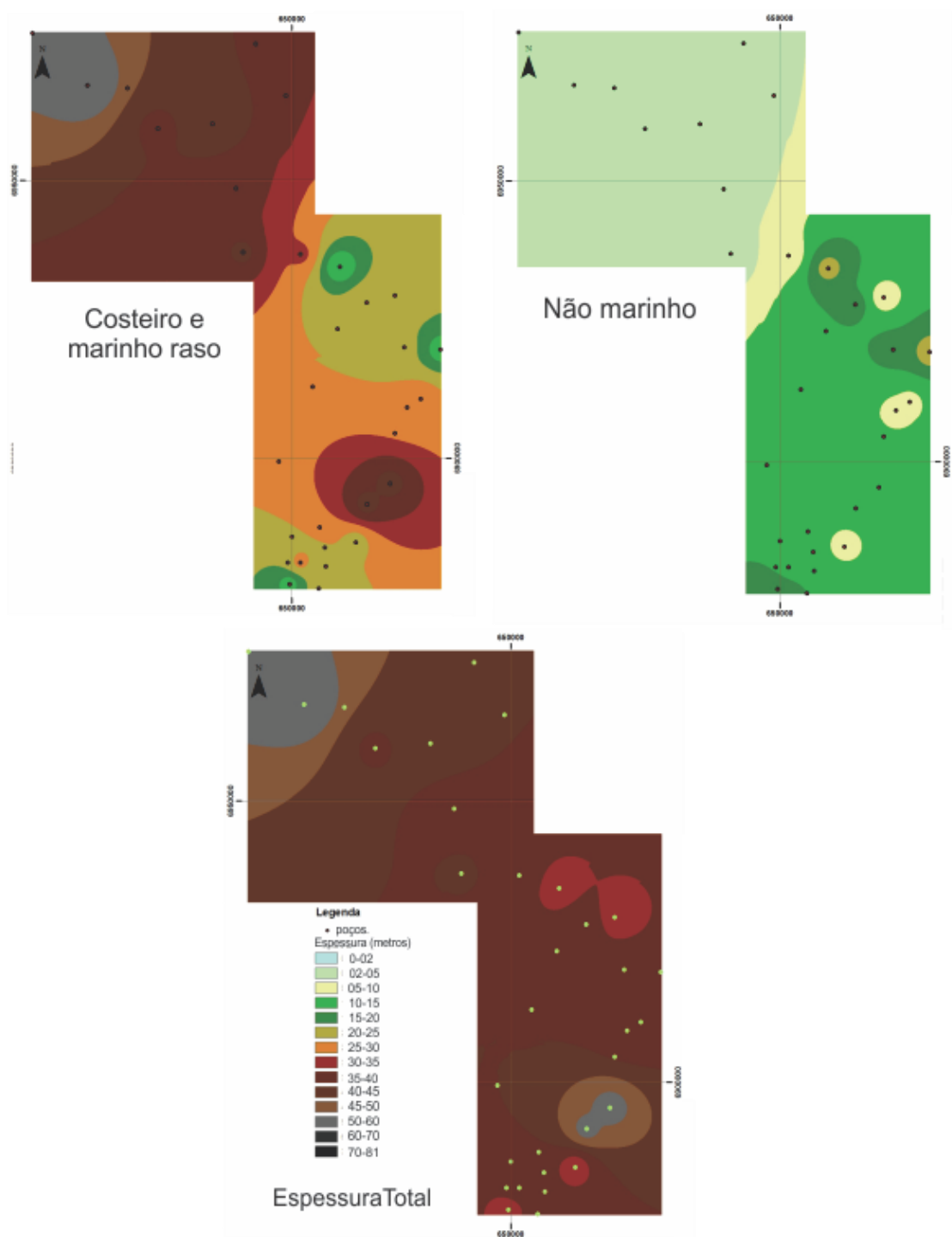


FIGURA 22: MAPA DE ISÓPACAS DA SEQUÊNCIA 5 INCLUINDO ESPESSURA TOTAL E ESPESSURA DAS ASSOCIAÇÕES A E B.

5 CONCLUSÕES

A partir da análise estratigráfica da Formação Rio Bonito em perfis de poços no leste do estado de Santa Catarina, chegou-se às seguintes conclusões:

1. Foram individualizadas nove fácies, as quais foram agrupadas em três associações de fácies indicativas de macro-ambientes: não marinho, costeiro/marinho raso e marinho *offshore*. O rastreamento dessas associações de fácies mediante seções estratigráficas e mapas de isópacas permitiu inferir que o mergulho deposicional da bacia no tempo Rio Bonito era para o quadrante noroeste e que a paleolinha de costa possuía orientação geral SW-NE.
2. Utilizando os conceitos de estratigrafia de sequências, foi possível dividir a Formação Rio Bonito e a parte inferior da Formação Palermo em cinco sequências, assim como identificar superfícies-chave como discordância subaéreas, superfícies de inundação máxima e superfície de ravinamento. As camadas de carvão presentes na Formação Rio Bonito foram associadas a ambiente de planície de inundação ou planície deltaica (Camada Triunfo e Camada Bonito) e lagunar ou estuarino (Camada Barro Branco).
3. A sequência 1 e parte inferior da sequência 2 têm correlação com o Membro Triunfo, ao passo que o Membro Paraguaçu engloba a parte superior da sequência 2 e as sequências 3 e 4. A sequência 5 equivale ao Membro Siderópolis e parte da Formação Palermo. A camada Taió, situada na sequência 2, ocorre associada ao intervalo de máxima transgressão marinha na Formação Rio Bonito.
4. O uso da curva de raios gama, mediante a aplicação de assinaturas de perfil, combinado à análise de fácies em testemunhos, mostrou-se uma ferramenta útil na análise estratigráfica em escala regional. No entanto, as interpretações formuladas devem ser tratadas com ressalvas, de modo que informações adicionais de afloramentos são necessárias para dar mais consistência ao modelo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assine, M. L.; Perinotto, J.A.J. 2001 Estratigrafia de Sequências em sistemas deposicionais siliciclásticos costeiros e marinhos. In: Ribeiro, R.J.S. Estratigrafia de Sequência: Fundamentos e Aplicações. Ciências Biológicas e Naturais. Unisinos. p. 305-340.
- Castro, J.C. 1980. Fácies, ambientes e sequências deposicionais das formações Rio do Sul e Rio Bonito, leste de Santa Catarina. In: Cong. Brasileiro de Geologia, 31, Balneário Camboriú, 1980. Anais...Balneário Camboriú, S. B. G., 1980, v.1, p.283-299.
- Castro, J.C. 1987. Marcos de arenitos marinho raso e litorâneo na Formação Rio Bonito, flanco sudeste da Bacia do Paraná. In: Congresso brasileiro de paleontologia, 10, Rio de Janeiro, Anais. p. 1001-1011.
- Castro, J.C; Medeiros, R.A. 1980. Fácies e modelos de sedimentação das formações Rio do Sul e Rio Bonito, Leste de Santa Catarina – Fácies e evolução sedimentar do Grupo Passa Dois na BR-470. In Congresso brasileiro de geologia, 31, Balneário Camburiu. p. 69-97.
- Catuneanu, O. 2006. Principles of Sequence Stratigraphy. Department of Earth and Atmospheric Sciences University of Alberta. Edmonton, Alberta, Canada.
- França, A.B.; Caldas, A.F.F.D.1983. Diferenciação e evolução dos sistemas deltaicos na parte duperio do Grupo tubarão, Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, 13. p. 56-68.
- Lopes, R. C; Lavina, E.L.C. 2001.Estratigrafia de Sequências nas formações Rio bonito e Palermo (Bacia do Paraná), na região carbonífera do Baixo Jacuí, Rio Grande do Sul. In: Ribeiro, R.J.S. Estratigrafia de Sequência: Fundamentos e Aplicações. Ciências Biológicas e Naturais. Unisinos. p.391-420
- Medeiros, R. A. e Thomaz Filho, A. 1973. Fácies e ambientes deposicionais da Formação Rio Bonito. In: SBG, 27º Congresso Brasileiro de Geologia Aracaju, Anais, v.3, p.3-12
- Medeiros, R.A. 1995. Hierarquia e caráter cronoestratigráfico dos tratos de sistemas marinhos transgressivos associados às formações Rio do Sul, Rio Bonito e Palermo. In: Simpósio sobre cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, 2, ILEA-UFRGS, Porto Alegre. p.76-77.
- Milani, E. J. 1997.Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. 1997. 2 v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre..
- Popp, J.H. 1983. Fácies, ambientes e carvões na Formação Rio Bonito no sul do Estado do Paraná: uma análise estratigráfica. Revista Brasileira de Geociências, 13: 27-36
- Posamentier, H.W.; Jervey, M.T.; Vail, P.R. 1988. Eustatic control on clastic deposition. In: Sea level changes- an Integrated Approach. Tulsa, SEPM, p.109-124.

Posamentier, H.W., Allen, G.P., 1999, Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology no. 7, 210 p

Posamentier, H.W. e Walker, R.G. 2006.. Facies models revisited, p.171-292. SEPM. Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

Schneider, R.L.; Castro, J.C. 1975. Análise estratigráfica, sedimentológica e potencialidades petrolíferas da Formação Rio Bonito no sudeste da Bacia do Paraná. Petrobras;Dexpro, Relatório Interno nº 5011, p. 39.

Schneider, R.L.; Muhlmann, H.; Tommasi, E.; Medeiros, R.A.; Daemon, R. A.; Nogueira, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: SBG, 28º Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, V.1, P.41-65.

Soares, P. C. & Cava, L. T. 1982. Faciologia e potencial carbonífero da Formação Rio Bonito no norte do Estado do Paraná. In: SBG, 32º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, v.3, p.1120-1134.

Vail, P.R.; Mitchum Jr., R.M.; Todd, R.G.; Widmier, J.M.; Thompson III, S.; Sangree, J.B.; Bubb, J.N.; Hatlelid, W.G. 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. In: Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration, Tulsa, AAPG, p. 49-212.

Vail, P.R. 1987. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: seismic stratigraphy interpretation procedure. In: Atlas of Seismic Stratigraphy. Tulsa, AAPG, v1, p1-9.

Figura 1 extraída do site <http://www.sepmstrata.org/page.aspx?&pageid=168&3> visitado no dia 10/03/2014 às 15:00

Figura 7 extraída do site <http://www.sepmstrata.org/page.aspx?&pageid=168&3> visitado no dia 10/03/2014 às 15:30