

Figura 24 – Seção Litoestratigráfica KK' apresentando graben no Ponto 25, posicionando a Fm. Irati em contato com a Fm. Rio Bonito. No Ponto 27 nota-se a presença de arenitos da Fm. Rio Bonito com suspeita de óleo.

5.2.2 Seção Geológica L-L'

A seção LL' secciona folhelhos intrudidos por rochas ígneas no leito do Rio Manim e blocos abatidos condicionados por falhas NE-SW (figura 25).

No ponto 11 há um afloramento composto por siltito laminado intercalado com areia fina, bastante brechado, afetado, possivelmente, em função da proximidade de uma falha de direção NE-SW que corta a região.

O Ponto 16, localizado no Rio Manim, possui leito constituído por rochas ígneas associadas a um sill afanítico escuro intrudido em folhelhos da Formação Iratí. Teores elevados de COT, em torno de 19,80%, foram encontrados na amostra AM-1, em um pacote que se encontra entre duas soleiras. Entretanto, o valor do COT para o folhelho acima da soleira (amostra AM-4) apresenta teor bem abaixo comparado à amostra Am1, com valores de 1,25%.

Nos Pontos 14 e 15, folhelhos não intrudidos associados à Formação Iratí, possuem COT com valores inferiores a 0,8% (figura 25), e estão localizados a uma distância aproximada de 100 metros das soleiras do Rio Manim. A diferença discrepante dos COTs destes folhelhos que se encontram em localidades tão próximas uma das outras, pode ser explicada devido às variações faciológicas associadas às condições deposicionais dos folhelhos, já que não foram identificadas falhas na região que corroborariam com a idéia de que unidades estratigráficas diferentes fossem posicionadas lado a lado. Uma abordagem mais aprofundada deste assunto será retratada no subcapítulo 5.3.3; quando for discutida as fácies sedimentares da Formação Iratí.

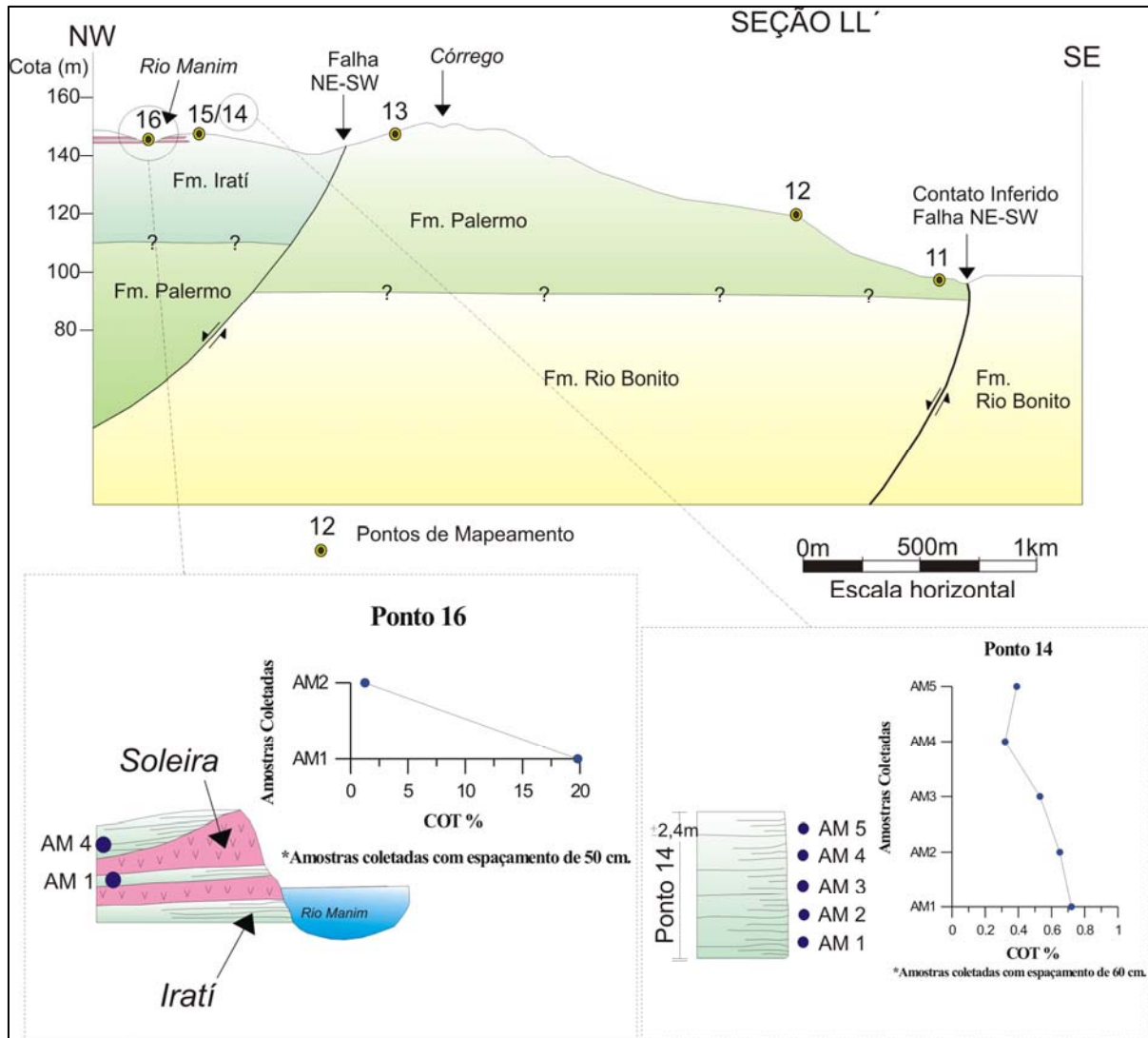


Figura 25 – Seção Litoestratigráfica LL'. Soleiras intrudidas em folhelhos da Fm. Iratí no Ponto 16; detalhe do COT elevado da Amostra 1 (AM 1). COT abaixo da janela de geração no Ponto 14.

5.2.3 Seção Geológica MM'

A Seção MM' de direção NW-SE secciona os blocos abatidos da Formação Iratí na meia vertente do Morro de São Pedro e, também, as rochas escuras da Formação Rio Bonito, no Ponto 23 (figura 26).

A Falha NW/SE promoveu o abatimento do bloco Iratí e sua disposição ao lado da Formação Rio Bonito.

No Ponto 23, manchas escuras supostamente de óleo foram encontradas superficialmente na parede do afloramento associado à Formação Rio Bonito. Observam-se

também manchas lenticulares penetrativas nos estratos da rocha (figura 26). As coletas dos arenitos com manchas de óleo foram feitas para a realização de análises geoquímicas.

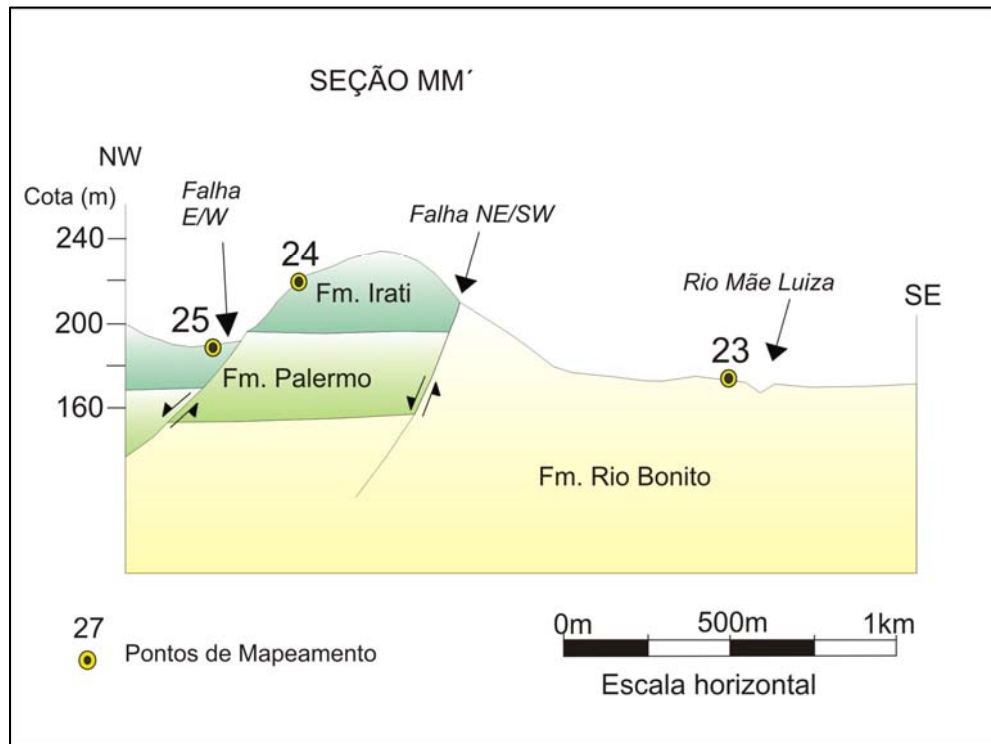


Figura 26 – Seção Litoestratigráfica MM'. Falha normal expõe a Fm. Iratí em contato com a Fm. Rio Bonito. O Ponto 23 apresenta um arenito associado à Fm. Rio Bonito com manchas escuras e suspeitas de exudação de óleo.

5.2.4 Seção Geológica NN'

A seção NN' secciona as unidades da Serra do Rio do Rastro na porção oeste da área de estudo e os folhelhos intrudidos por soleiras da Formação Iratí, na porção leste.

No ponto 19, têm-se uma escarpa com espesso pacote de arenitos da Formação Botucatu sobreposto aos siltitos arroxeados da Formação Rio do Rastro, compondo uma belíssima paisagem cênica, a Cachoeira de Santo Antônio. Estas rochas apresentam acamamento sub-horizontal e são intensamente fraturadas com direção de mergulho S55E e N50E e mergulho sub-vertical, como apresentado na roseta da figura 27. Comparando as imagens de satélite da área (figura 27) com estruturas em escala de campo (Roseta apresentada para o Ponto 19) observam-se grandes feições geológicas de padrão NW, que

cortam toda a serra, e que podem estar associadas a grandes fraturamentos, nesta mesma direção, que afetaram o terreno após o magmatismo da Formação Serra Geral. Entretanto, as fraturas NE, medidas no Ponto 19, são dificilmente identificadas em escala regional. Pelo fato do Ponto 19 estar sotoposto à Formação Serra Geral, sugere-se que as fraturas NE poderiam estar abaixo destas rochas ígneas, e por isso sua reativação mais intensa seria anterior ao derrame associado à Formação de Serra Geral. É importante ressaltar que falhas superficiais NE encontram-se cortando diques de diabásio de eixo N-S, conforme mencionado anteriormente (figura 21 - 2); sendo assim, parece que existiu um curtíssimo lapso de tempo geológico em que falhas superficiais NE foram reativadas pós-intrusão de diabásio N-S e pré-derrame Serra Geral.

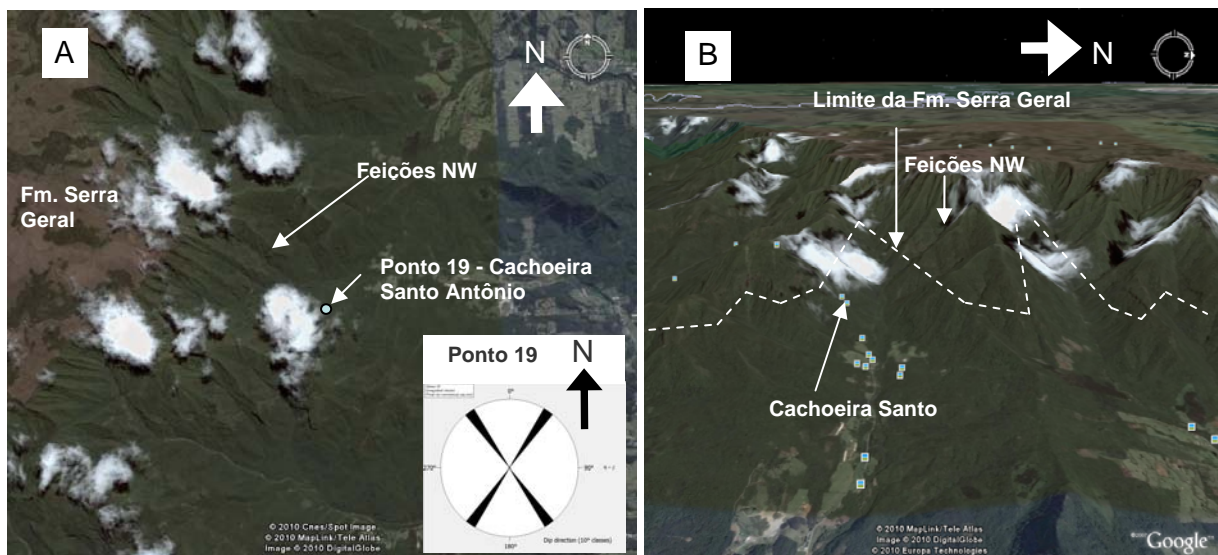


Figura 27 – Comparação das estruturas encontradas em escala de campo e em escala regional, com base na roseta das estruturas da Fm. Botucatu e Fm. Rio do Rastro (canto direito da figura A) e imagens de satélite.

A leste da Seção NN', aproximadamente 10 km da Serra do Rio do Rastro, têm-se, no ponto 17, folhelhos negros da Formação Iratí, com aspecto brechado, cortado por uma soleira (figura 28). Análises químicas destes folhelhos apresentaram teores elevados de COT, em torno de 9,79%.

Nas adjacências do ponto 17, o terreno é marcado por uma quebra de relevo onde se têm uma falha de direção NE que colocou a Formação Iratí em contato lateral com a Formação Palermo. A identificação de uma dobra de arraste ao longo da falha na Formação Palermo sugere um movimento assinalado pelo abatimento do bloco Iratí.

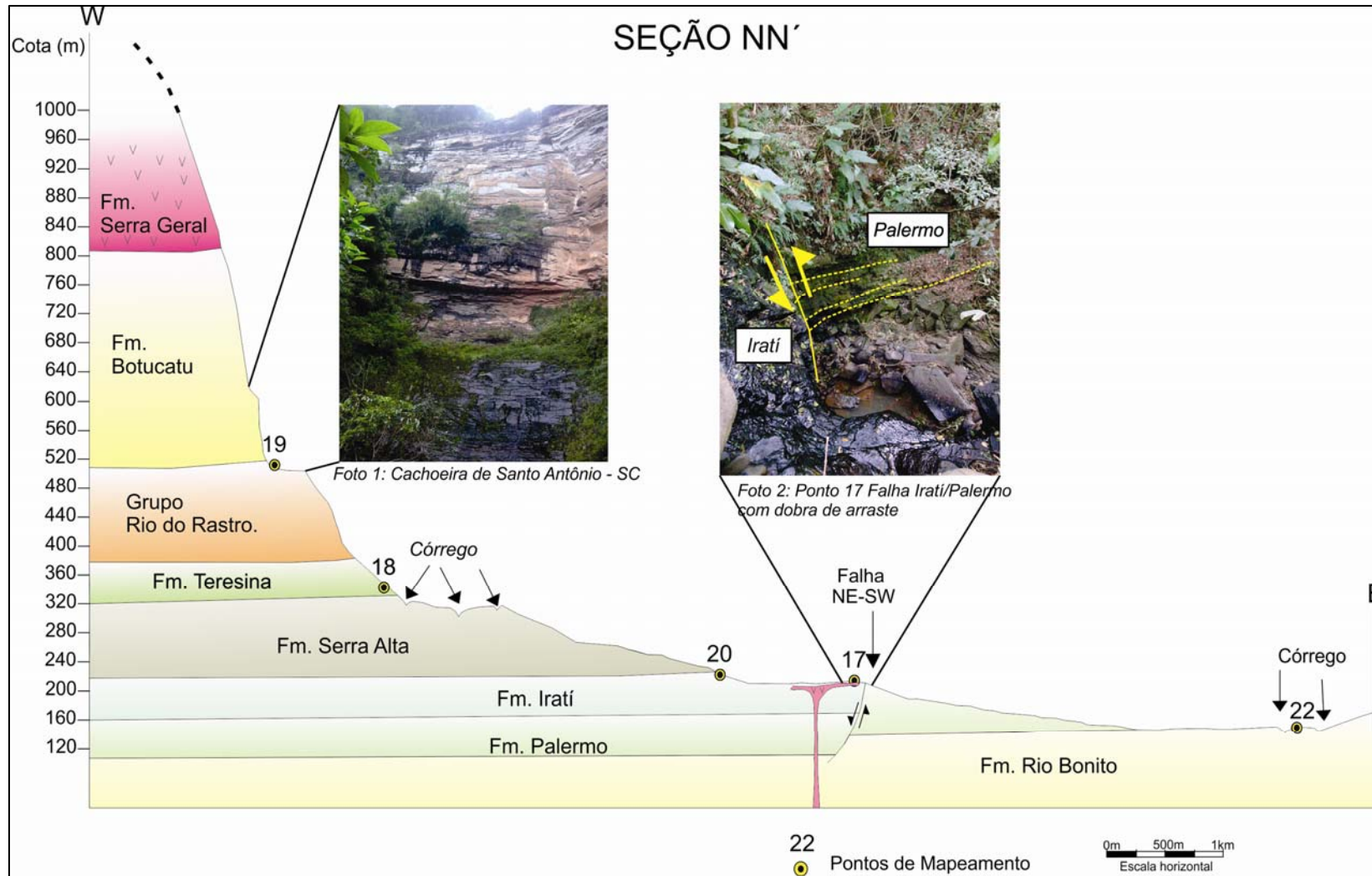


Figura 28 – Seção Litoestratigráfica NN'. No Ponto 19 detalhe da Cachoeira de Santo Antônio apresentando o contato do Grupo Rio do Rastro na base com a Formação Botucatu no topo. Dobra de Arraste mostrando a cinemática da falha com o rebatimento do bloco Iratí.

5.2.5 Seção Geológica EE'

A Seção EE' apresenta um sistema de *horsts* e *grabens* condicionado por movimentos verticais e/ou oblíquas das falhas, que são identificadas como grandes lineamentos que localizam transversalmente a Serra do Rio do Rastro (figura 29).

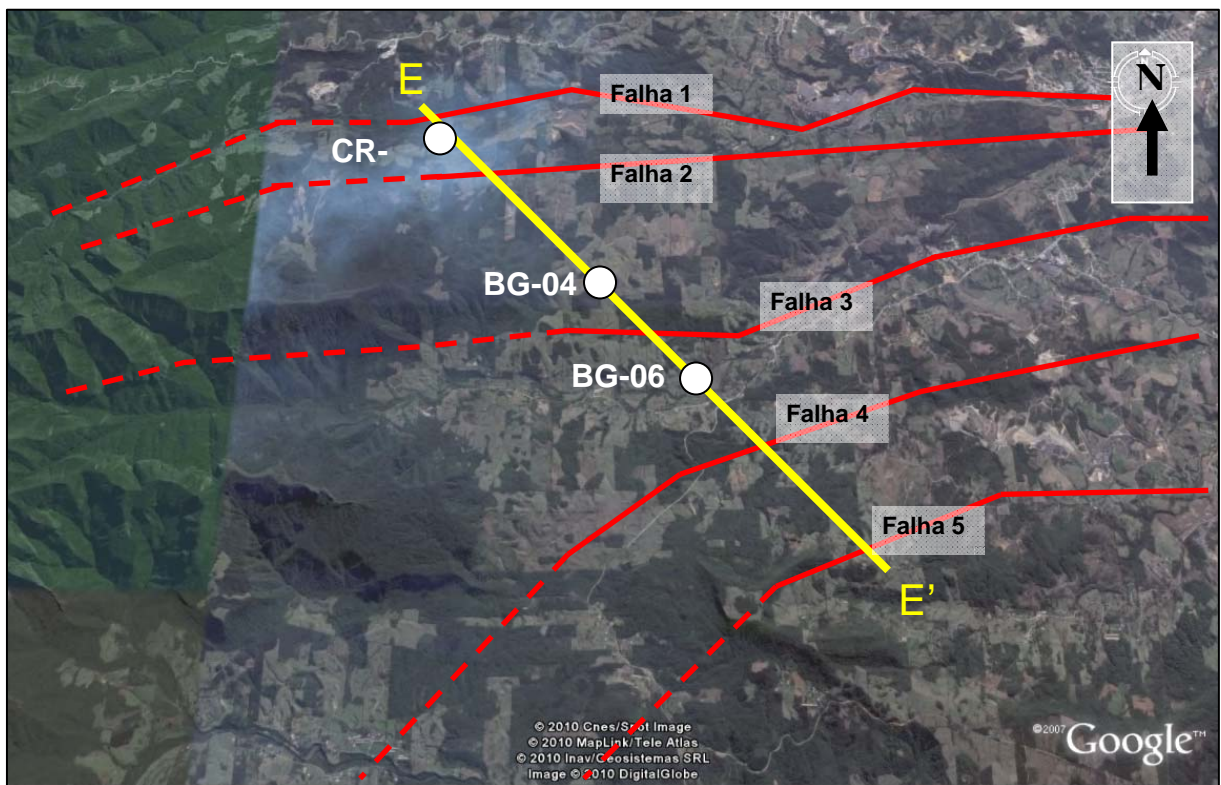


Figura 29 – Imagem de Satélite da Seção litoestratigráfica EE' indicando os lineamento onde situam-se as falhas representadas em perfil na figura 30.

Além das falhas identificadas em imagens de satélite e em seções litoestratigráficas, uma maneira de reconhecer falhas em subsuperfície consiste em comparar seções litoestratigráficas com seções cronoestratigráficas associadas a um *datum* específico que demonstrem a configuração espacial das litologias (figura 30). Com base nestas informações observa-se que o estilo estrutural foi predominantemente rúptil e, posterior, ao início do Artinskiano (*datum* de amarração para a confecção de seções cronoestratigráficas estabelecido pela Superfície de Inundação Máxima da Formação Palermo).

Muitas falhas da região, que formam estas estruturas de fossa e muro, serviram de conduto para a grande quantidade de intrusões de diabásio que ocorrem em todo o distrito

carbonífero. Tal fato é ilustrado no dique associado à falha 3 (figura 30), que possui padrão E-W podendo estar cortada por falhas NE-SW, e que sugerem ter sido reativadas antes ou durante o magmatismo da Serra Geral.

Os óleos encontrados nos furos BG-04 e BG-06 são limitados no topo por soleiras de diabásio, que por sua vez foram instrudidas nas fácies finas, (figura 30). Após a expulsão da rocha geradora, o óleo deve ter migrado pelas fraturas e lateralmente no sentido NE, aproveitando o mergulho regional das camadas no sentido SW, até alcançar as soleiras que funcionam como armadilhas (trapa).

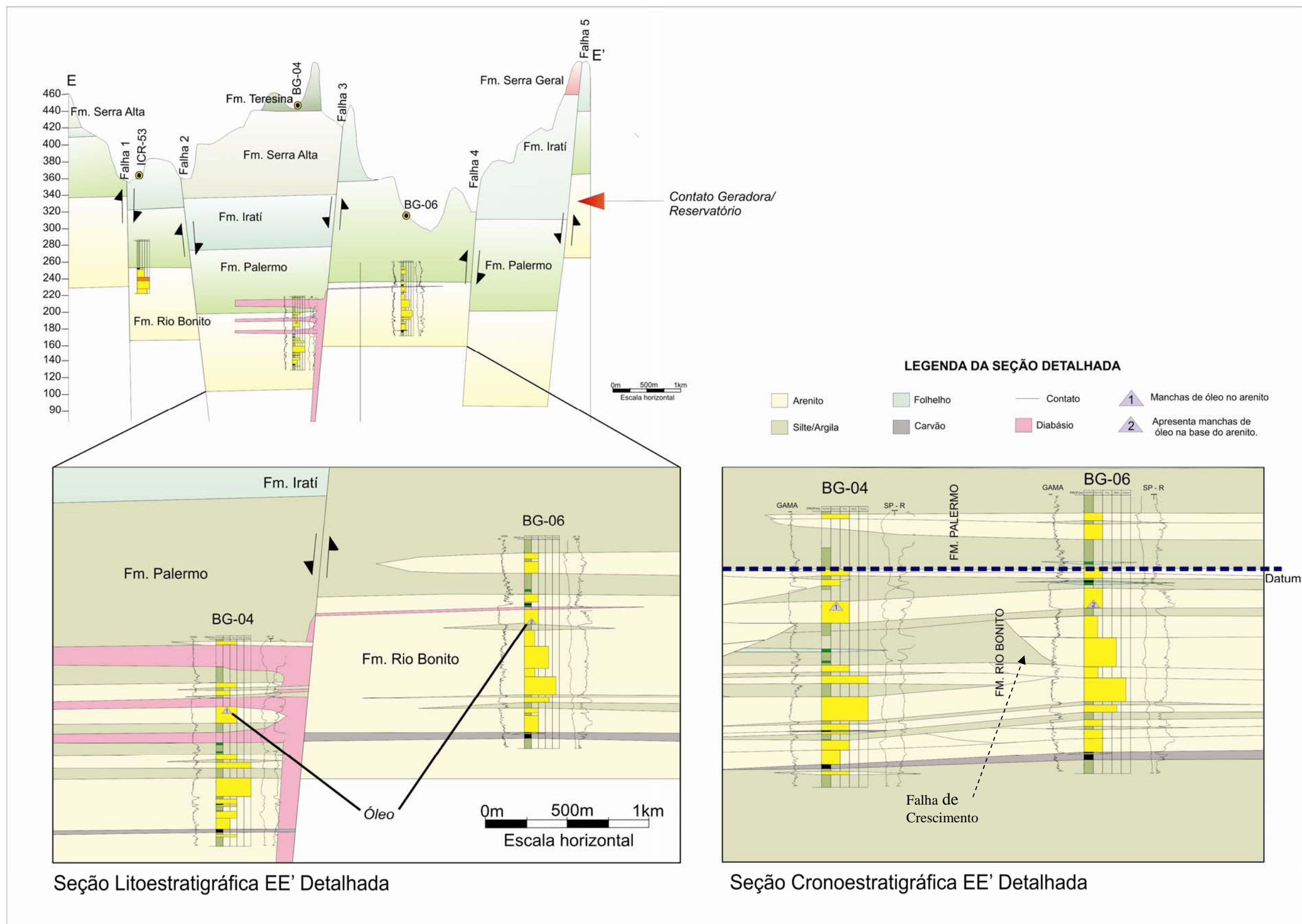


Figura 30 – Comparação da Seção Litológica EE' e Cronoestratigráfica EE', com vista em detalhe das soleiras e manchas de óleo.

5.3 Perfis Estratigráficos

Os perfis são apresentados por unidades estratigráficas, focando as principais fácies com suas propriedades litológicas e estruturas características. Cada esboço dos perfis estratigráficos apresentam pontos de mapeamento com sua respectiva cota, cujos pontos também estão locados no “Mapa Geológico da Área de Estudo”, no Anexo A. Amostras coletadas para análise geoquímica são representadas com o símbolo “AM” e estão marcados nos perfis estratigráficos com os respectivos COTs.

Com todos estes dados coletados em campo, foi possível interpretar os diferentes paleoambientes de sedimentação para a melhor compreensão do sistema petrolífero Iratí – Rio Bonito, na região carbonífera de Santa Catarina.

5.3.1 Formação Rio Bonito

A Formação Rio Bonito é constituída por depósitos de arenitos e siltitos com alguns depósitos de carvão pouco espessos, cujos ciclos deposicionais são marcados por arranjos com aumento de granulometria para o topo, representados pelas seguintes fácies:

5.3.1.1 Fácies Sigmoidais

Estas fácies são caracterizadas por arenitos grossos a médios com geometria sigmoidal compondo um pacote de espessuras de 40 centímetros a 2 metros, e níveis finos intercalados, exibindo em alguns casos *climbing ripples* e escape de fluidos, podendo estar marcado pela ausência de estratificação interna. Este conjunto de fácies foi interpretado como ambiente de frente deltaica.

Os sigmoides são nitidamente observados na porção superior do perfil estratigráfico referente ao Ponto 5 (Foto 5; figura 31). Os mesmos são constituídos por arenitos médios com geometria de 1 à 2 metros de extensão que progradam no sentido SW.

Na posição estratigráfica correspondente ao ponto 22 (Foto 11 - B; figura 31), foram descritos lobos maciços de granulometria média em contato abrupto com uma fácies pelítica laminada, evidenciando uma passagem brusca de energia, indicando a chegada de material mais grosso ao sistema. Ausência de estruturas e presença de bioturbação tipo *Skolithos* são comuns na porção estratigráfica relacionada ao Ponto 23 (Fotos 7 e 9 da figura 31) e também no Ponto 5 (Foto 6; figura 31).

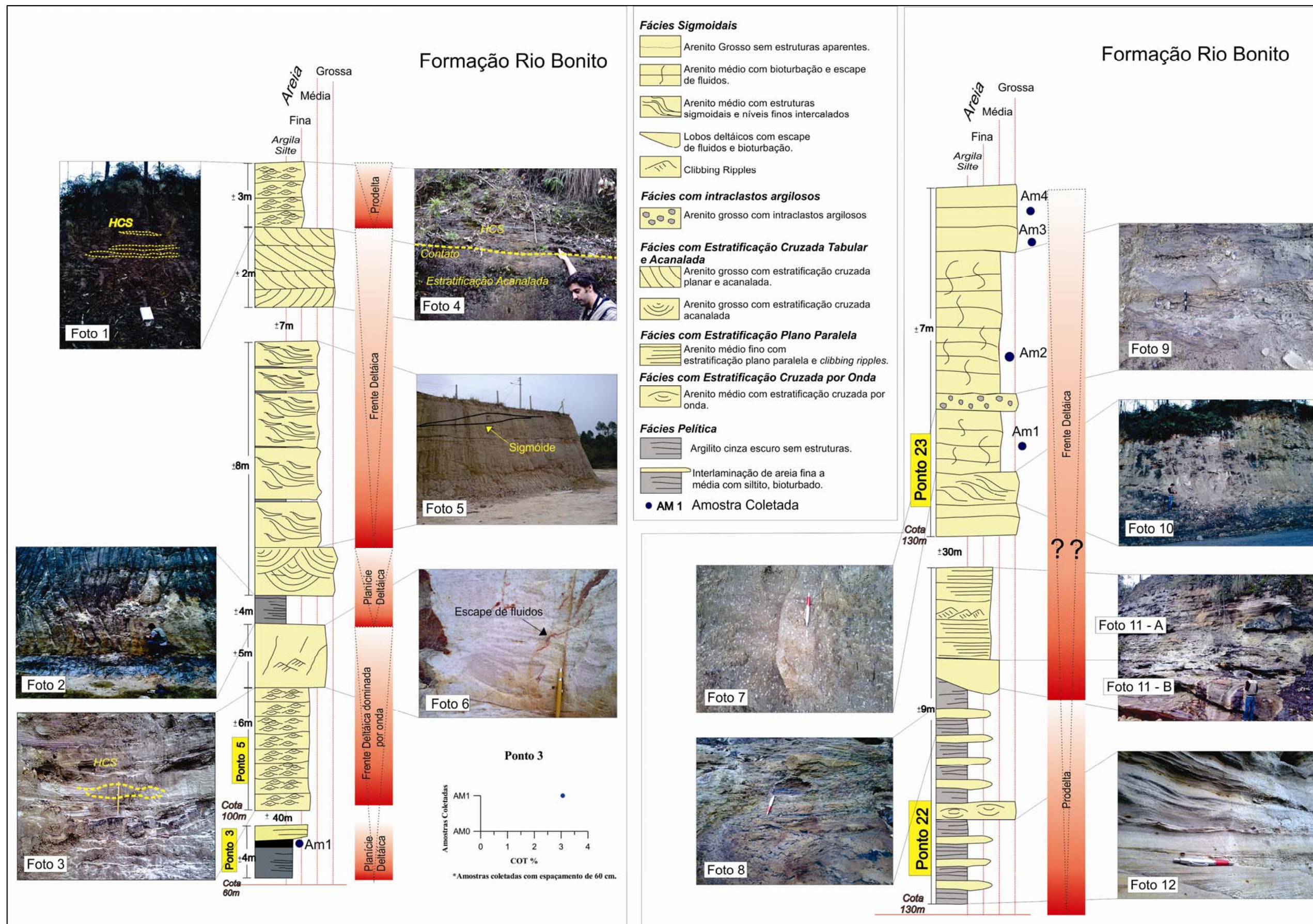


Figura 31 – Perfil Estratigráfico da Formação Rio Bonito da Região Carbonífera de Santa Catarina a partir da cota de 60m (Ponto 3)

Apesar dos pontos 26 e 28 não estarem representadas nos perfis estratigráficos esboçados adiante, estes pontos também apresentam exemplos de fácies sigmoidais, com pacotes tabulares de aproximadamente 40 cm de espessura de arenitos grossos, com níveis sílticos intercalados e ausência de estruturas.

A grande maioria dos arenitos da fácies sigmoidal possui cores claras de tons cinza-amarelados, entretanto, algumas porções de cores cinza escuras, identificadas nos afloramentos, sugerem a presença de exudações de óleo. Estas porções escuras são apresentadas ora em forma de manchas superficiais ora em forma de mancha penetrativa intraestratal (figura 32). Tais exemplos são encontrados na posição estratigráfica associada ao Ponto 23. O mesmo ocorrendo em áreas do ponto 26 e 28.

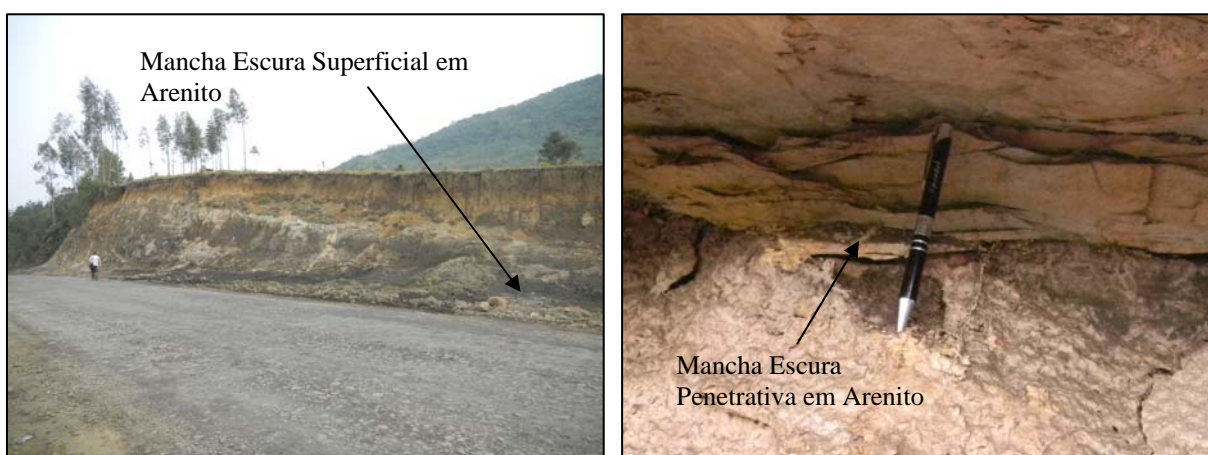


Figura 32 – Aspecto do afloramento no Ponto 23 apresentando sigmóides com manchas escuras superficiais em sua parede, e manchas penetrativas entre os estratos da rocha.

5.3.1.2 Fácies com Intraclastos Argilosos

Arenito grosso de cor marrom esbranquiçado, constituído por intraclastos centimétricos argilosos de cor cinza; são interpretados como ambiente de frente deltaica, cujos fragmentos pelíticos são resultados da escavação do assoalho pelítico gerados pelos fluxos gravitacionais em condições de instabilidade de frentes deltaicas.

5.3.1.3 Fácies com Estratificação Cruzada Tabular e Acanalada

Englobam fácies de rocha esbranquiçada com granulometria média e grossa e estratificação cruzada, interpretadas como ambiente de planície deltaica.

Na porção inferior da coluna estratigráfica do Ponto 5 ocorrem pacotes de arenitos grossos com estratificação cruzada acanalada sobre uma fácies pelítica de cor cinza escura e sem estruturas (foto 2; figura 31), que está associado a deposição em um contexto de baía interdistributária. Na porção superior do referido ponto, observa-se uma fácies de areia grossa com estratificação cruzada tabular e acanalada que está sotoposta, e em contato abrupto, com uma fácies de granulometria mais fina e estratificação cruzada por onda (Foto 4; figura 31); o que marca uma nítida passagem de um ambiente de frente deltaica para ambiente prodeltaico, caracterizando uma superfície transgressiva.

5.3.1.4 Fácies com Estratificação Plano Paralela

Na porção superior do Ponto 22 representado no perfil estratigráfico, são identificados arenitos de granulometria fina a média com estratificação plano paralela e de *climbing ripples* sobrepostos a lobos deltaicos (Foto 11 – A; figura 31); sendo interpretados como ambiente de frente deltaica.

5.3.1.5 Fácies com Estratificação Cruzada por Onda

Essa fácies é caracterizada por arenitos muito finos a finos, bem selecionados, exibindo estratificação cruzada por onda. O porte das estratificações varia significativamente desde o comprimento de onda de poucos centímetros até 1 a 2m.

A estratificação cruzada por onda ocorre em estratos arenosos pouco espessos (5 a 20 cm) alternadas por estratos pelíticos, definindo uma sucessão rítmica.

Na porção inferior da posição estratigráfica referente ao Ponto 5, esta fácies encontra-se sotoposta à fácies sigmoidal, sendo interpretada como ambiente de frente deltaica

dominada por onda (Foto 3; figura 31). O mesmo não acontece com os arenitos com estratificação cruzada por onda da porção superior do ponto 5 (Foto 1; figura 31), que está sobre os arenitos com estratificação cruzada acanalada. O contato abrupto destas duas fácies define um contexto transgressivo de deposição (Foto 4; figura 31), já mencionado anteriormente.

5.3.1.6 Fácies pelítica

As fácies pelíticas são relativamente comuns na Formação Rio Bonito e apresentam-se sob duas formas:

A primeira caracteriza-se por argilitos cinza escuro, sem estrutura, identificados na porção mediana do nível estratigráfico do Ponto 5 (Foto 2; figura 31), interpretada como ambiente deposicional de planície deltaica. Estes argilitos sem estruturas podem, contudo, apresentar níveis argilosos impregnados de material lenhoso, localmente carbonosos, de cor preta, que é identificado na posição do perfil referente ao Ponto 3, como ambiente interdistributário.

A segunda forma de apresentação desta fácies pelítica é sob forma rítmica com siltito bioturbado (Foto 8; figura 31) apresentando interlaminação de areia fina a média (Foto 12; figura 31). A posição estratigráfica referente a esta fácies, corresponde à porção basal à mediana do Ponto 22 interpretada como ambiente de prodelta.

5.3.2 Formação Palermo

A Formação Palermo é uma unidade constituída por rochas pelíticas com lentes arenosas associadas a um ambiente plataformal raso. A mesma representa uma extensa transgressão marinha, apresentando as seguintes fácies:

5.3.2.1 Fácies Laminada

Constituída por siltito e/ou arenito fino laminado de cor cinza esverdeado. Na posição estratigráfica referente ao Ponto 1, fácies mais finas de folhelho mosqueado encontram-se intercalados com pacotes de aproximadamente 1,5 m de arenito fino laminado de cor marrom esverdeada.

5.3.2.2 Fácies Síltica

Constituída por siltito de cor amarronzada com *Clibbing Wave Ripple*. Na posição estratigráfica referente ao Ponto 7, há um predomínio desta fácies no topo do afloramento, que marca a presença de ciclos de raseamento (Foto 01; figura 33).

5.3.2.3 Fácies Argilosa

Esta fácies possui folhelhos mosqueados com aspecto físsil de cor verde acinzentado a amarelado, podendo apresentar fraca a moderada bioturbação. Estes folhelhos apresentam teores de COT baixo, não ultrapassando 0,8%. Na foto 2 (figura 33) observa-se a intercalação da fácies síltica com pelitos associados à fácies argilosas.

O Perfil Estratigráfica da Formação Palermo na região carbonífera de Criciúma – SC (figura 33) mostra uma evolução para um ambiente mais raso, mais síltico arenoso, com um aumento progressivo de pacotes da fácies síltica com *clibbing wave ripples*. Entretanto, a fácies argilosa, constituída por folhelhos, mostra um aumento de COT durante a evolução do perfil, apresentando eventos de inundação mais expressivos com o tempo.

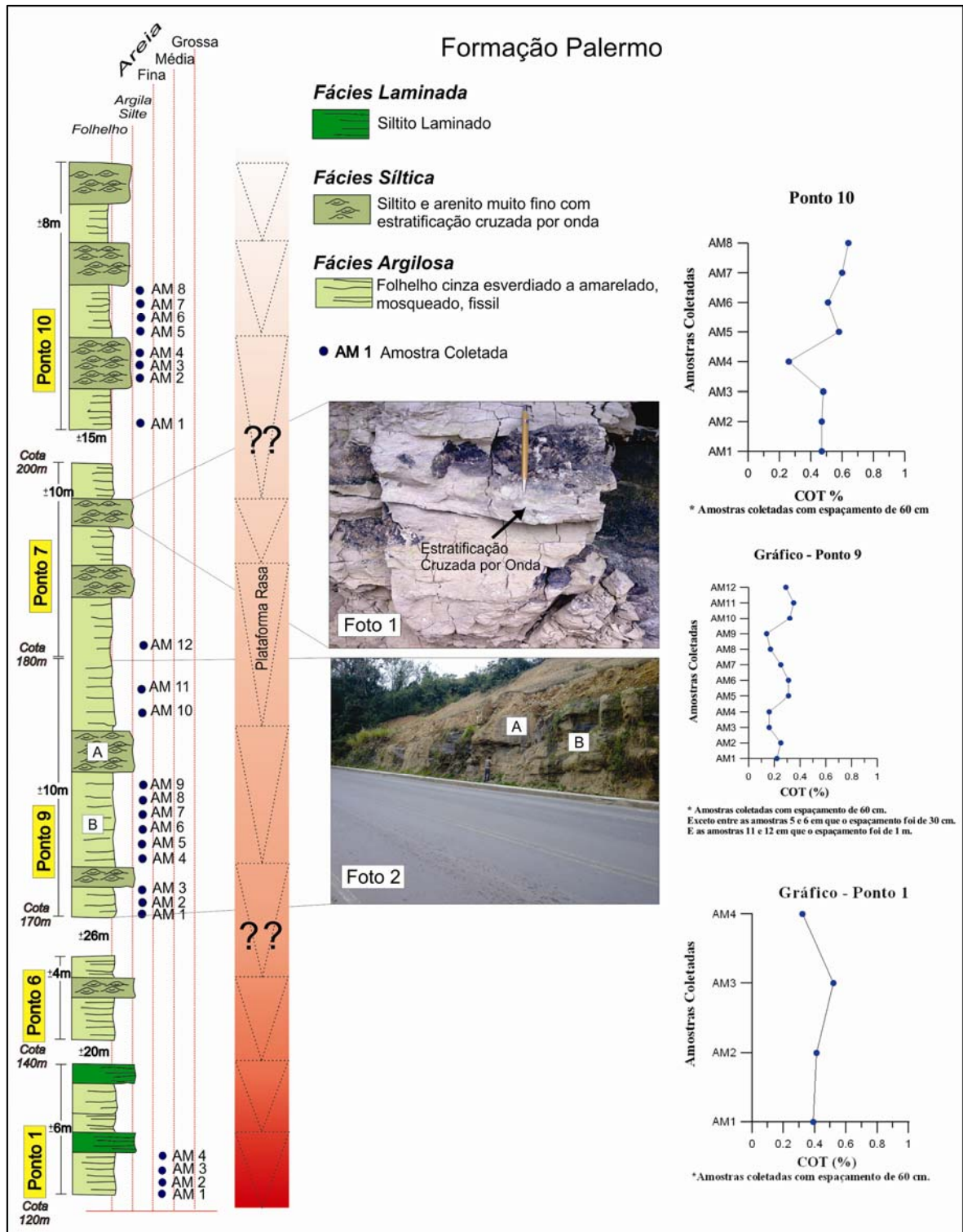


Figura 33 – Perfil Estratigráfico da Formação Palermo da Região Carbonífera de Santa Catarina a partir da cota de 120 m (Ponto 1).

5.3.3 Formação Iratí

A fácies pelítica é a fácies mais comum da Formação Iratí. A mesma pode ser diferenciada em dois tipos:

5.3.3.1 Fácies - Folhelhos Silticos

É uma fácies constituída por folhelho cinza com estratificação laminada, com teores baixos de COT; apresentando-se, por vezes, bastante intemperizada, com processos de limonitização alterando suas cores para um marrom-amarelado, como exemplificado na porção mediana da posição estratigráfica referente ao Ponto 15 (Foto 1 – A; figura 34).

5.3.3.2 Fácies - Folhelhos Negros

Fácies constituída por folhelhos escuros com aspecto físsil homogêneo, e teores mais elevados de COT.

Estes folhelhos, devido à sua boa fissibilidade, apresentam-se, por vezes, intrudido por soleiras de diabásio gerados durante os pulsos de magmatismo da Fm. Serra Geral (Foto 2; figura 34). Na posição estratigráfica referente ao Ponto 17, identificou-se soleiras intrudidas em folhelhos negros que resultaram num aspecto brechado, em uma área de aproximadamente 100m de extensão, próximo à cidade de Treviso (Foto 3; figura 34). Grande parte de coletas de amostras para análises químicas foram realizados nas fácies folhelhos negros, por estas apresentarem naturalmente suspeitas quanto aos maiores teores de COT.

Entretanto nem todos os folhelhos negros coletados apresentaram COT elevado, como mencionado no subcapítulo 5.2.2. Enquanto que na posição estratigráfica do Ponto 16 os folhelhos intrudidos entre dois diques (Foto 2; figura 34) possuem teores elevadíssimo de COT em torno de 19,80%, o valor do COT para o folhelho que se encontra poucos centímetros acima da soleira (amostra AM-4) apresenta teores bem abaixo, em torno de 1,25%. Nos Pontos 14 e 15, representados na seção LL' (figura 25), que estão localizados a

uma distância de apenas 100 metros das soleiras do Rio Manim, estes COTs caem para valores inferiores a 0,8%. Uma explicação para este fato poderia ser que estes folhelhos foram depositados em ambientes deposicionais distintos. Enquanto que os folhelhos mais carbonosos, com maiores COT formariam em um ambiente plataformal raso restrito, onde ocorre uma menor circulação de água aumentando a taxa de anoxia e maior preservação dos teores orgânicos, os folhelhos com menores teores de COT se depositariam em um ambiente plataformal raso aberto (RODRIGUES et al., 2010).

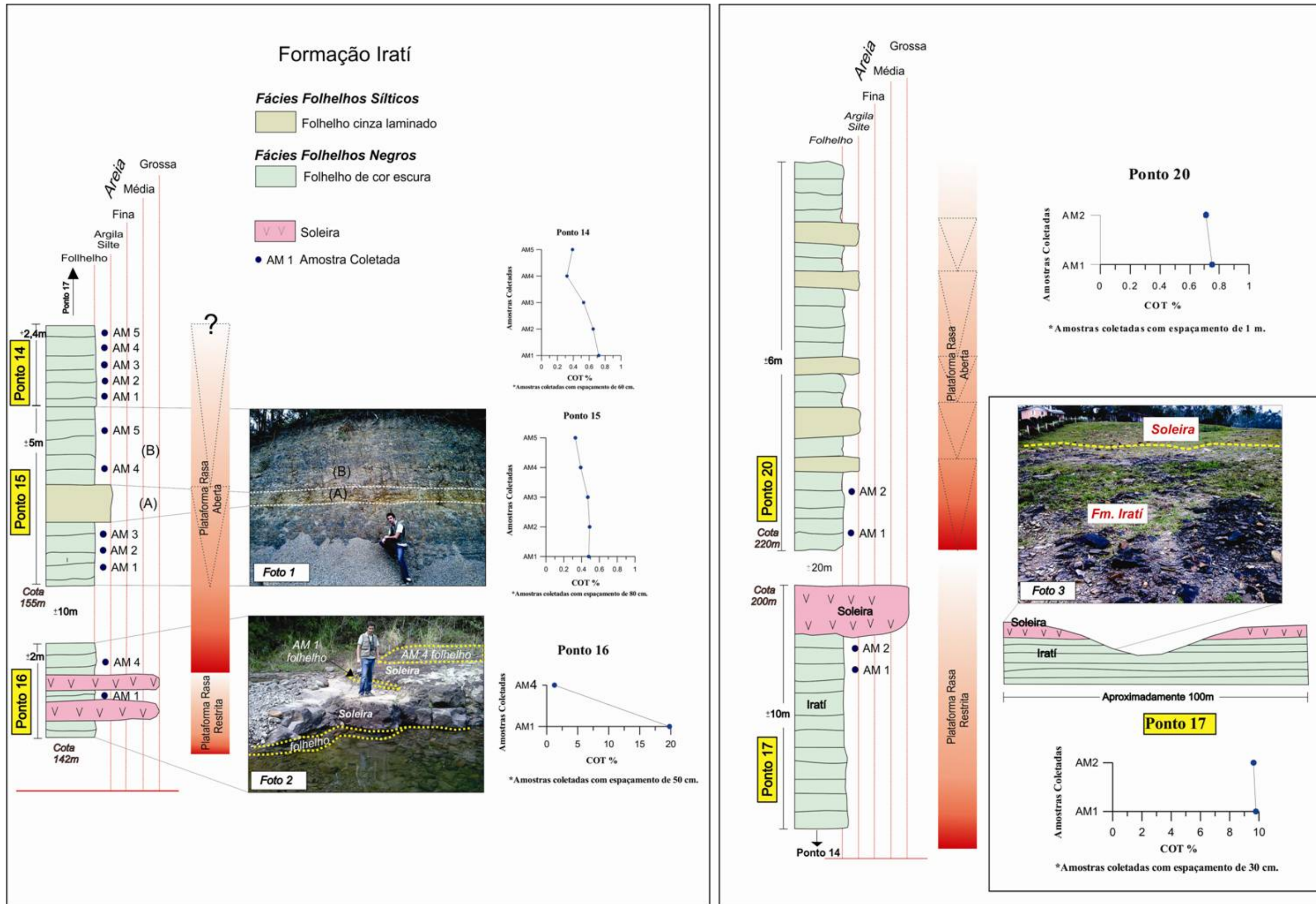


Figura 34 – Perfil Estratigráfico da Formação Iratí da Região Carbonífera de Santa Catarina a partir da cota de 142 m (Ponto 16).