

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Introdução

As unidades quimio-estratigráficas foram definidas, basicamente, considerando os dados de carbono orgânico total, resíduo insolúvel, enxofre e raio-gama. Foram oito unidades quimio-estratigráficas para Formação Irati, denominadas pelas letras B a I. As formações Palermo e Serra Alta constituíram as unidades quimio-estratigráficas A e J, respectivamente (fig. 18). Os dados de $\delta^{13}\text{C}$ e biomarcadores, em grande parte, também confirmaram as unidades quimio-estratigráficas previamente estabelecidas. Por outro lado, contribuíram com importantes informações que permitiram interpretações sobre as condições físico-químicas do ambiente de sedimentação, do tipo de matéria orgânica e da influência da litologia (figs. 19, 20 e 21).

Em cada unidade quimio-estratigráfica identificou-se o tipo de matéria orgânica usando os dados de pirólise “Rock-Eval”, sendo identificadas as unidades com melhor potencial gerador original em função da baixa evolução térmica da matéria orgânica. O grau de evolução térmica foi definido através da equação da reflectância da vitrinita de Sofer et al. (1993) e do T_{máx} da pirólise.

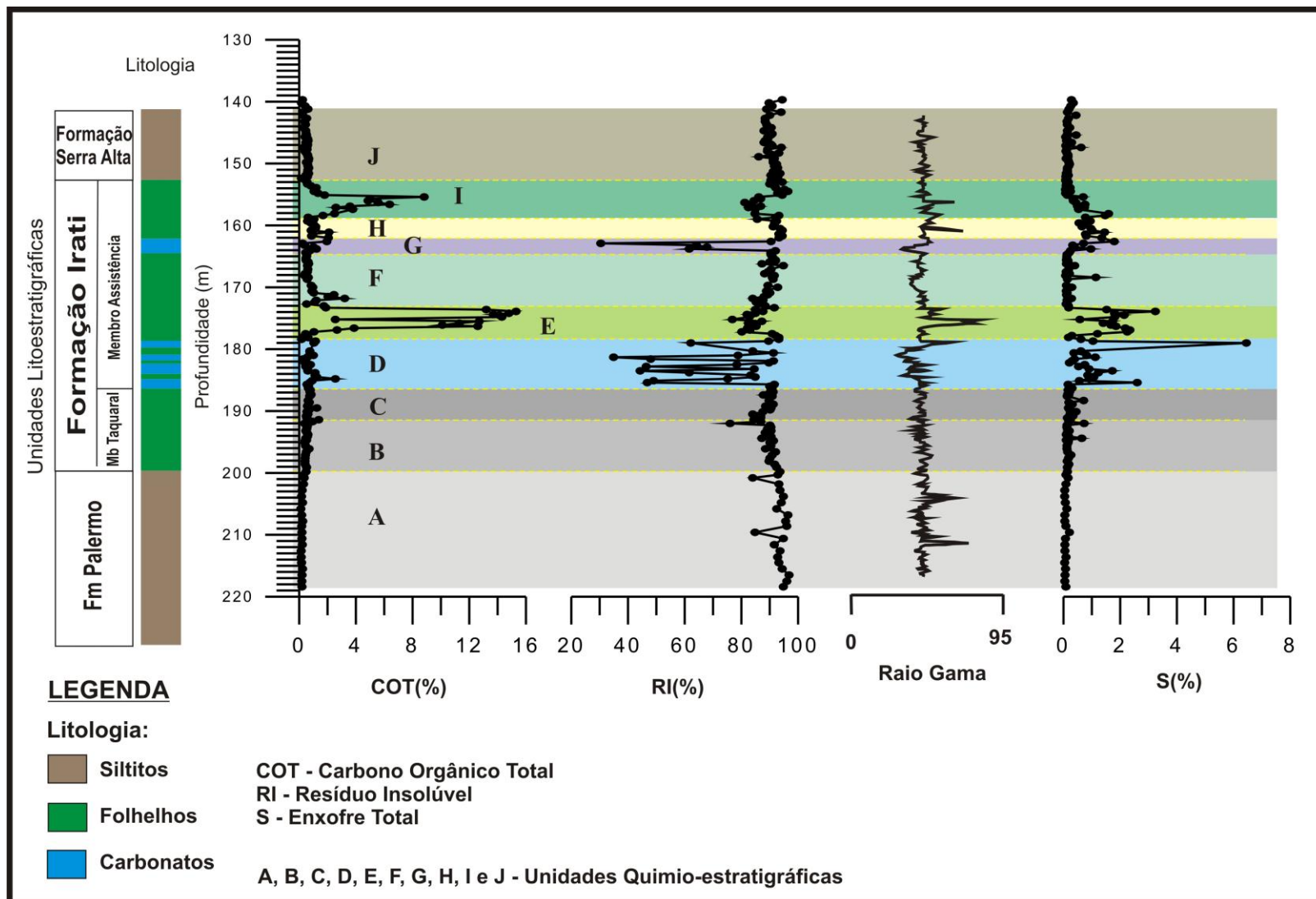


Figura 18 - Divisão em unidades químio-estratigráficas no poço HV-31-RS.

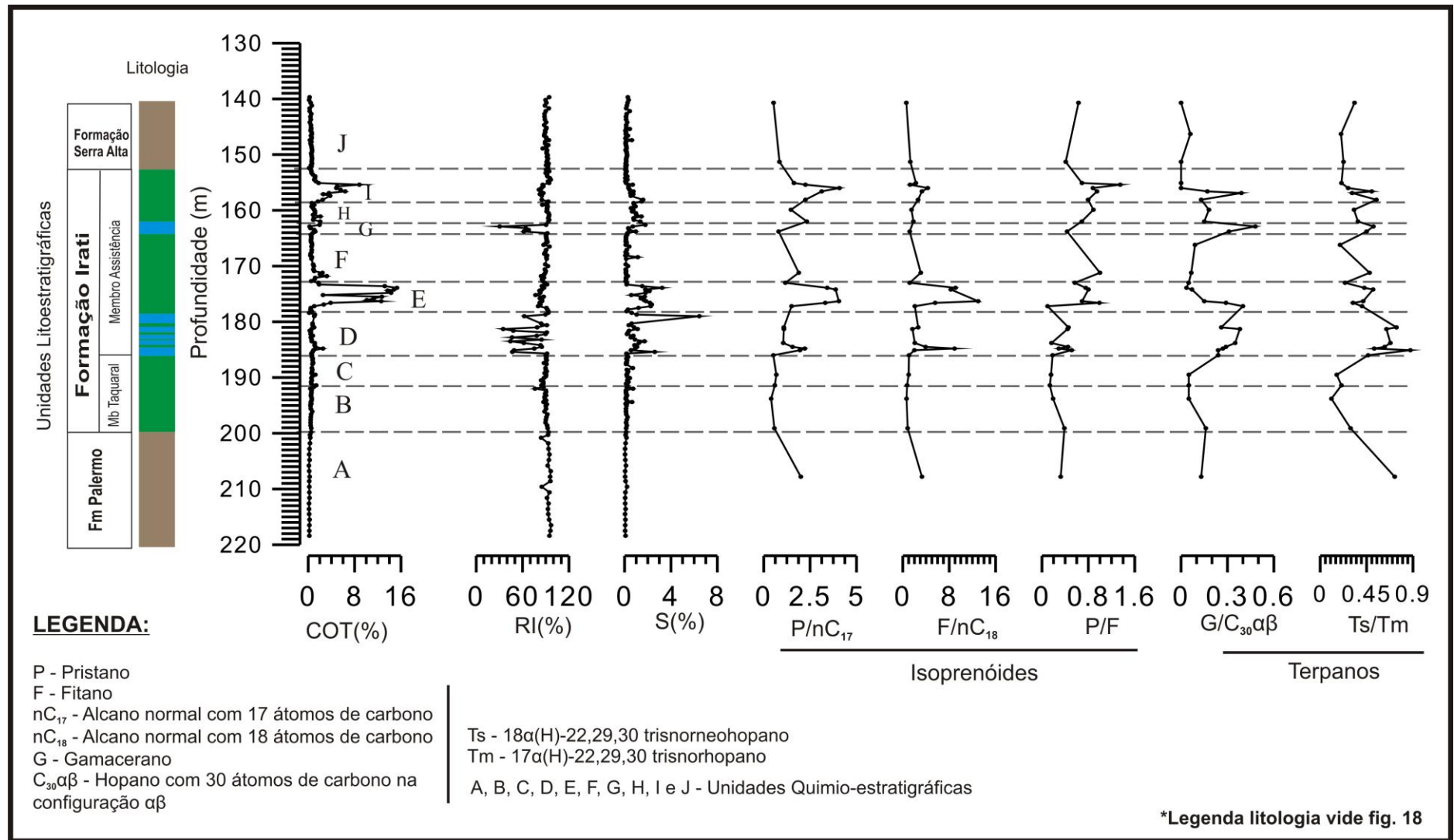


Figura 19 - Indicadores do ambiente deposicional (poço HV-31-RS).

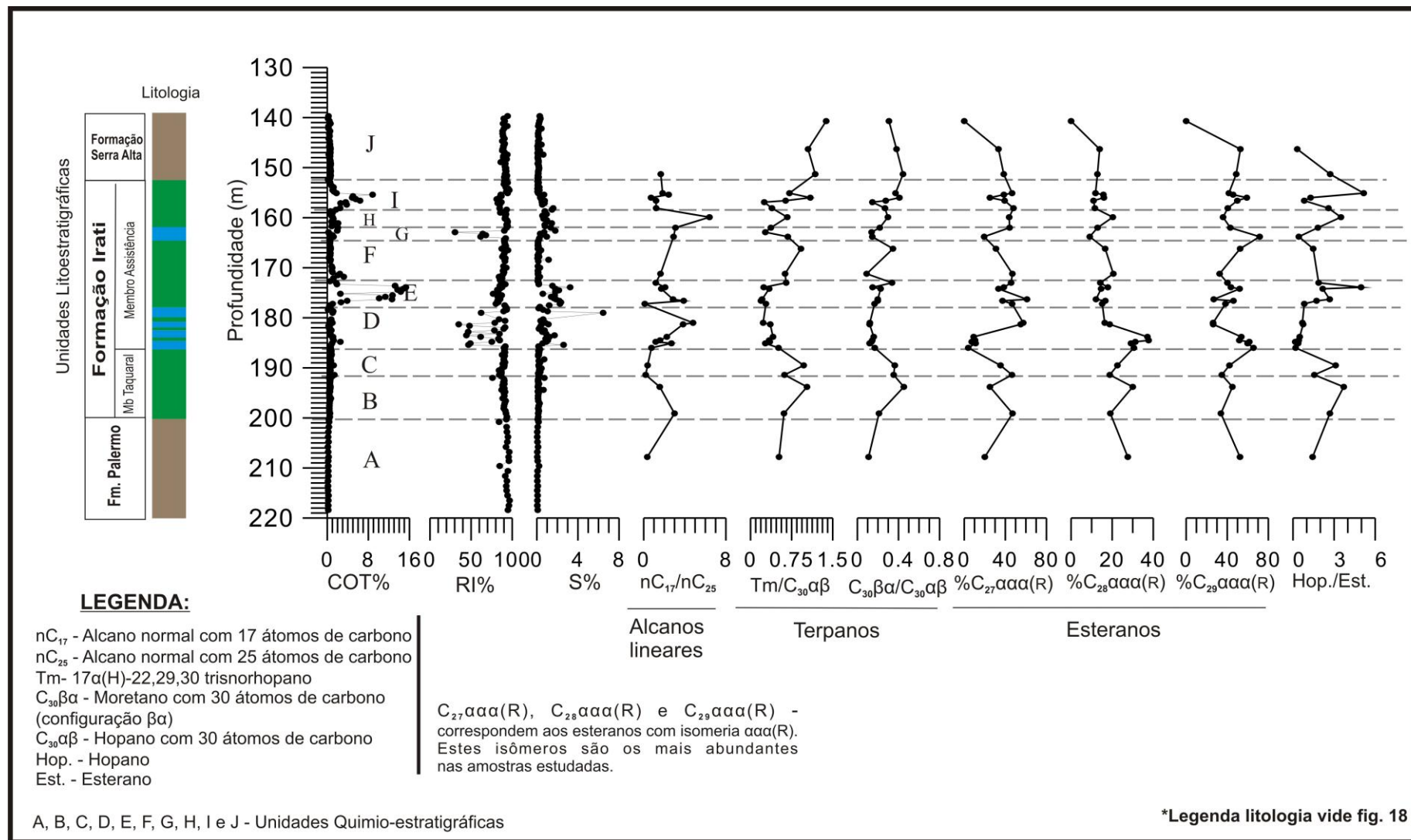


Figura 20 - Indicadores da origem da matéria orgânica (poço HV-31-RS).

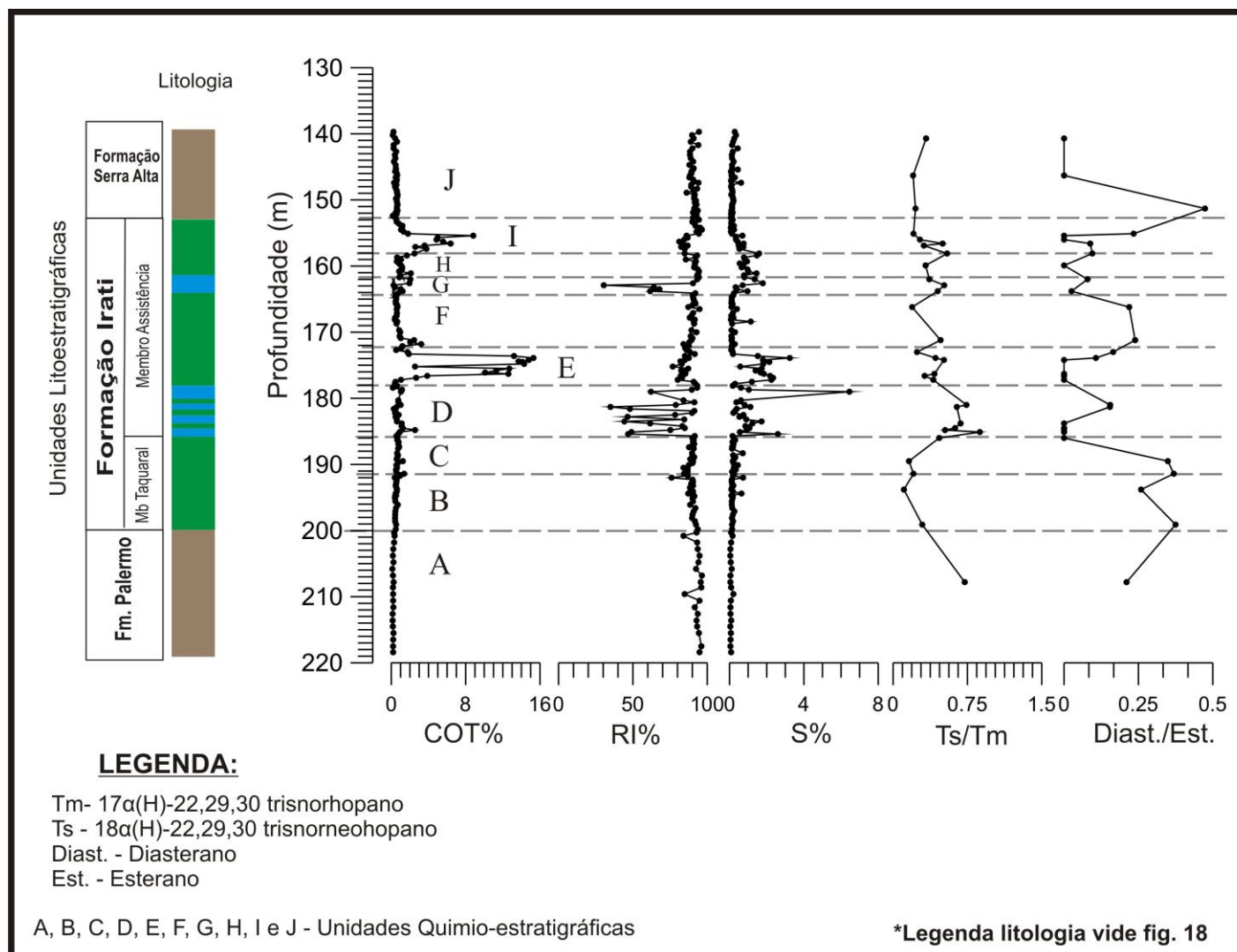


Figura 21 - Indicadores da influência da litologia (poço HV-31-RS).

4.2 – Descrições e interpretações das unidades quimio-estratigráficas

4.2.1 - Unidade Quimio-estratigráfica A

Esta unidade corresponde, litoestratigraficamente, a parte superior da Formação Palermo, e sua litologia a siltitos. Seu limite superior coincide com o limite entre as formações Palermo e Irati (fig.18 e 22). Possui baixos valores de carbono orgânico total (COT), aumentando suavemente na passagem para Formação Irati. Quando se aplica um zoom na transição da Formação Palermo para Formação Irati observa-se que o COT desponta de valores em torno de 0,2% para valores ao redor de 0,5% (fig. 22).

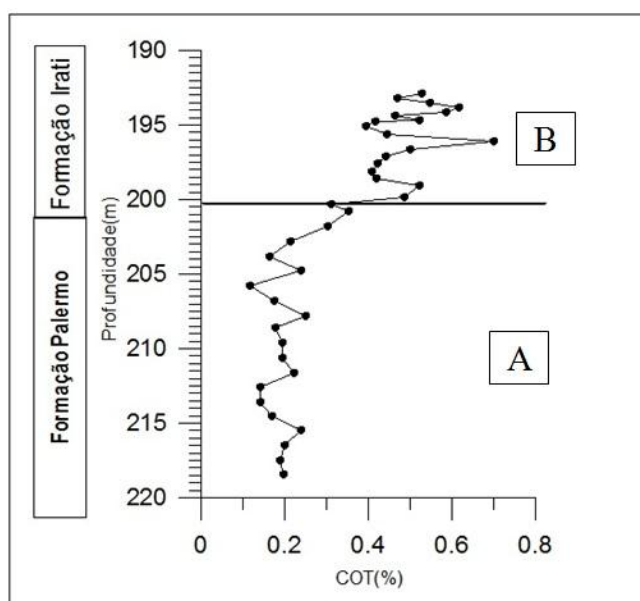


Figura 22 - Detalhe da variação de carbono orgânico total no limite das Formações Palermo e Irati.

A-Unidade quimioestratigráfica A; B-Unidade quimioestratigráfica B

Os valores de enxofre são baixos nesta unidade (~0,086%), concordando com os valores de COT, e crescem ligeiramente ao alcançarem a Formação Irati (fig. 23).

Valores de resíduo insolúvel são altos, indicando ambiente com sedimentação essencialmente siliciclástica (fig. 18).

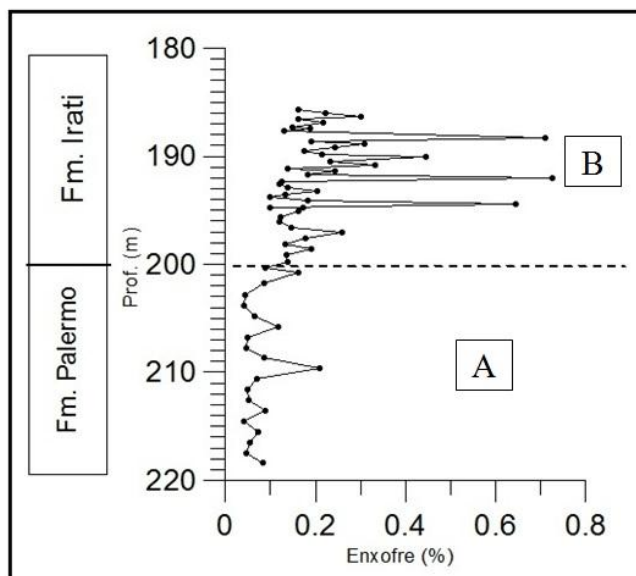


Figura 23 - Detalhe da variação de enxofre no limite das Formações Palermo e Irati.
A-Unidade quimioestratigráfica A; B-Unidade quimioestratigráfica B

Origem da matéria orgânica

O extrato orgânico desse intervalo apresenta predomínio dos hidrocarbonetos lineares sobre os ramificados (fig. 24), com predominância dos n-alcanos de maior peso molecular. Esta relação pode ser observada através da razão $nC_{17}/nC_{25}=0,348$. Este comportamento sugere contribuição de vegetais terrestres. Sendo confirmados através das altas razões dos hopanos C_{29} com C_{30} ($C_{29}/C_{30}=1,011$) e $17\alpha(H)$ -trishnorhopano Tm com hopano C_{30} ($Tm/C_{30}=0,516$). Juntamente com a predominância do esterano $C_{29}\alpha\alpha\alpha R$ (52,41%) em relação aos esteranos $C_{27}\alpha\alpha\alpha R$ e $C_{28}\alpha\alpha\alpha R$ (fig. 24).

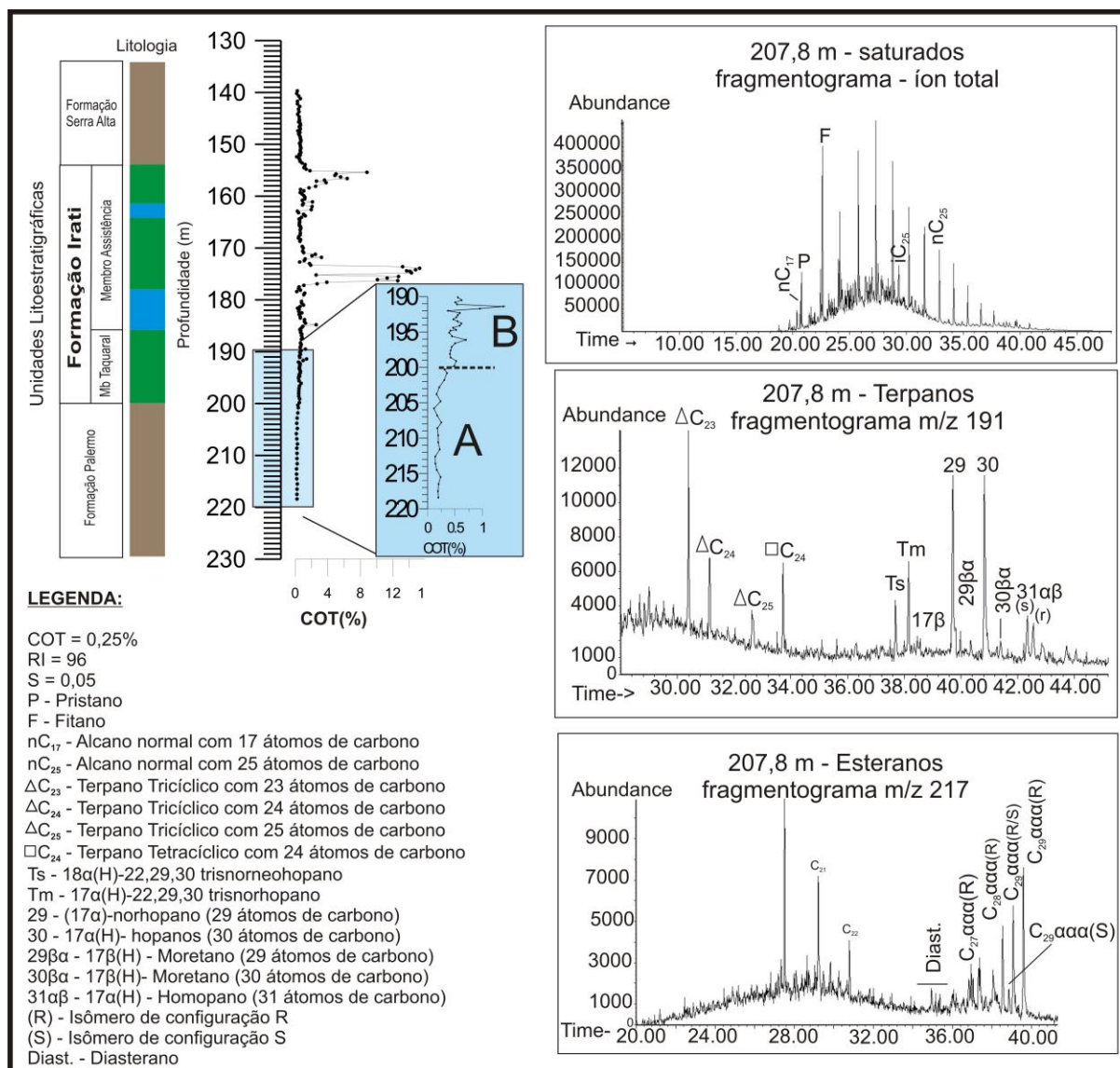


Figura 24 - Fragmentogramas dos alcanos (íon total, m/z 191, m/z 217) - Unidade A.

4.2.2 - Unidade Químio-estratigráfica B

Esta unidade, com litologia de folhelhos, corresponde litoestratigraficamente a base da Formação Irati (Membro Taquaral) (fig.25). Na sua base ocorre o limite entre as Formações Palermo e Irati e o seu topo é marcado por uma superfície de inundação máxima (fig.25).

O início da Formação Irati é marcado pelo aumento dos valores de carbono orgânico total (COT), que apesar de permanecerem baixos (ca. 0,52%), possuem um aumento que equivale, aproximadamente, ao dobro do COT da unidade A. Estes são ainda mais elevados, no topo da unidade, onde alcançaram valores máximos na superfície de inundação máxima (COT =1,38%).

Ambiente deposicional

Esta unidade é caracterizada pelo decréscimo dos iso-alcanos em relação aos alcanos lineares (P/nC_{17}), conforme se observa na figura 25. A razão P/F diminui da base para o topo da unidade, até a superfície de inundação máxima (fig. 25). Compostos que indicam hipersalinidade, como gamacerano, pentametilicosano (iC_{25}) e esqualano (iC_{30}), ou estão ausentes ou ocorrem em proporções muito baixas podendo sugerir um ambiente com salinidade normal (figs. 25 e 26).

A superfície de inundação máxima (SIM) exhibe tendências de redução das razões terpanos tricíclicos(C_{23})/terpanos pentacíclicos(C_{30}) e pristano(P)/fitano(F), sugerindo um paleoambiente deposicional com tendência anóxica (fig. 25 e comparar figs. 26 e 27).

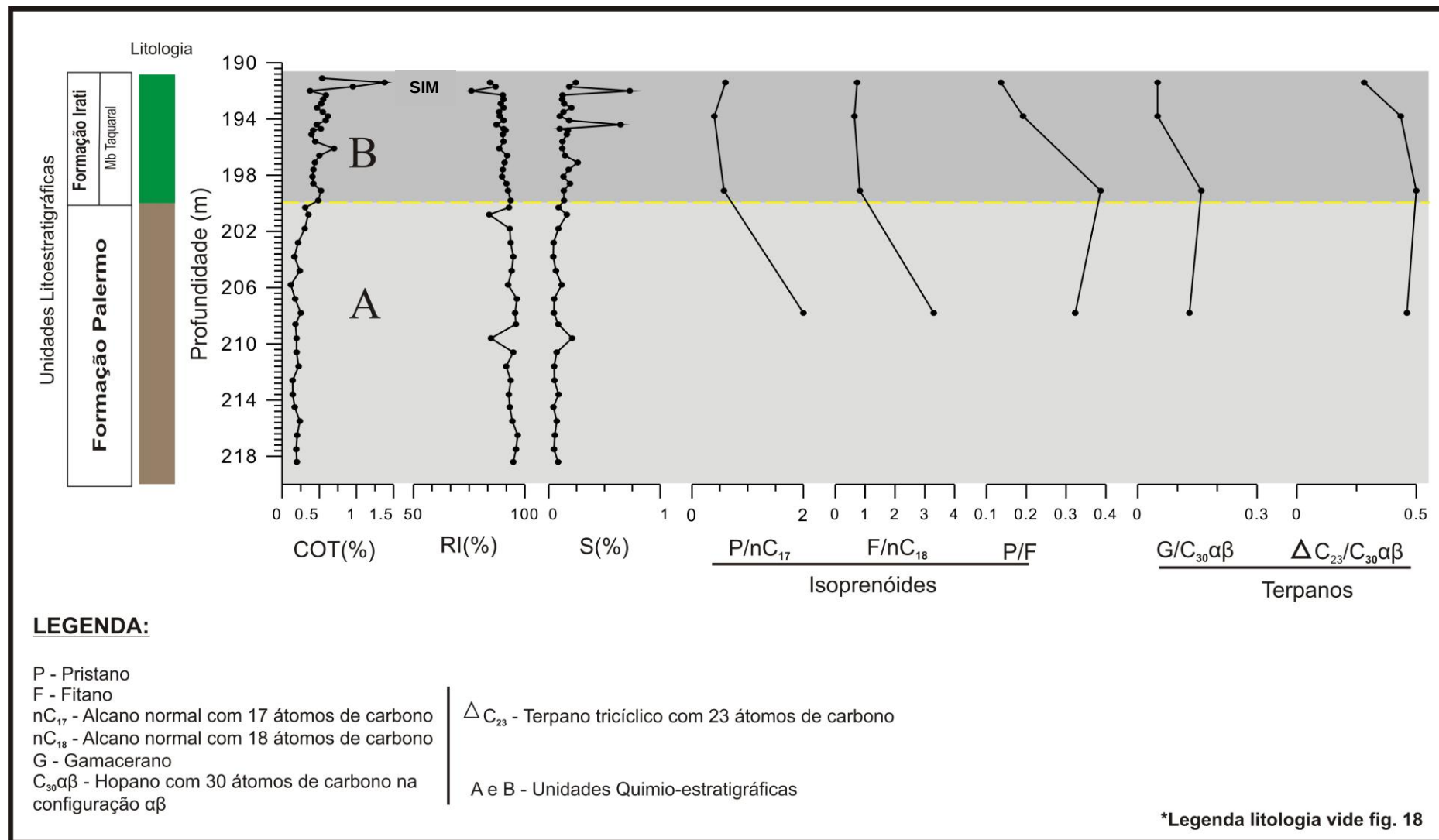


Figura 25 - Indicadores do ambiente deposicional na Unidade B.

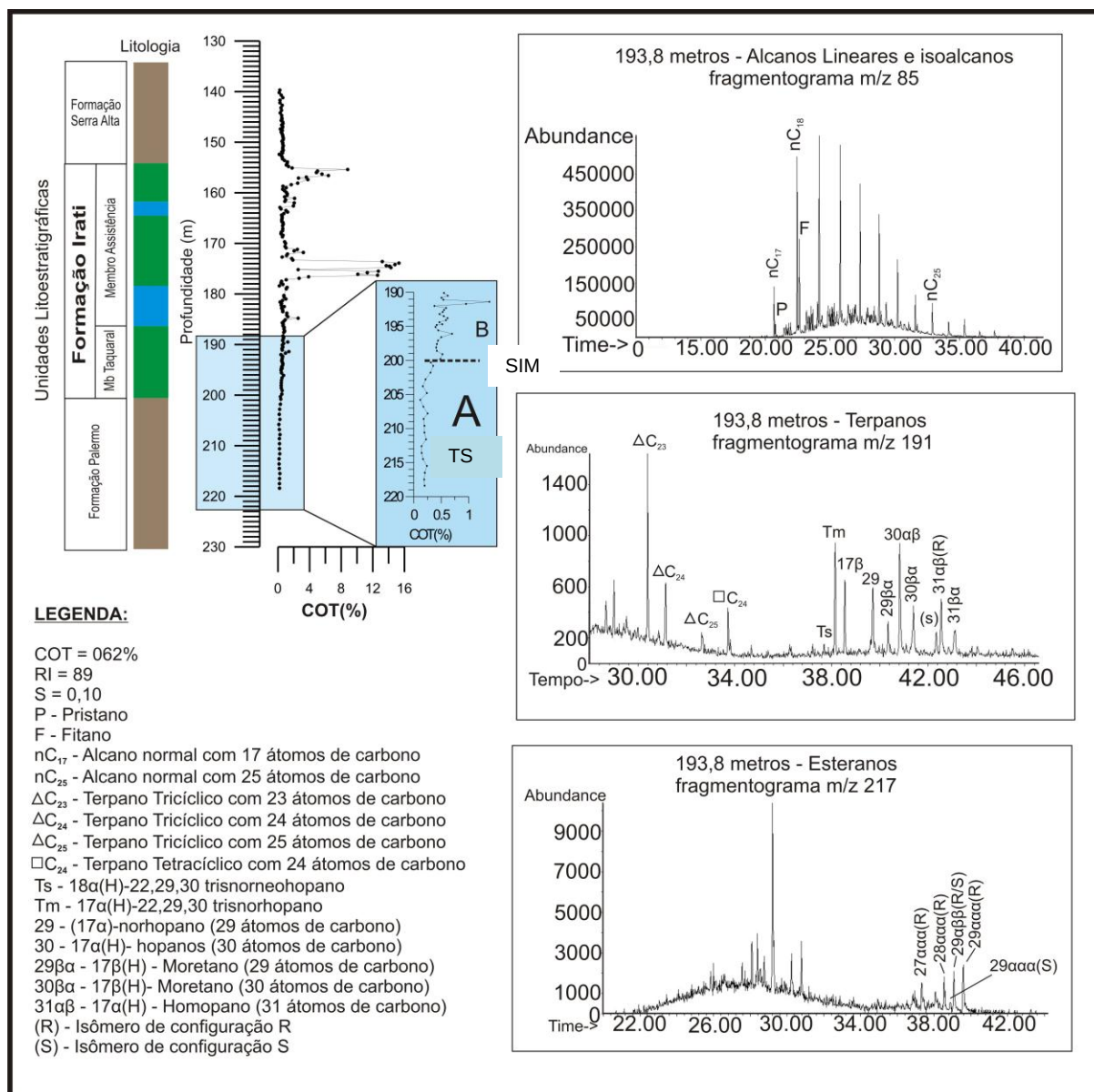


Figura 26 - Fragmentogramas dos alcanos (m/z 85, m/z 191, m/z 217) da Unidade B.

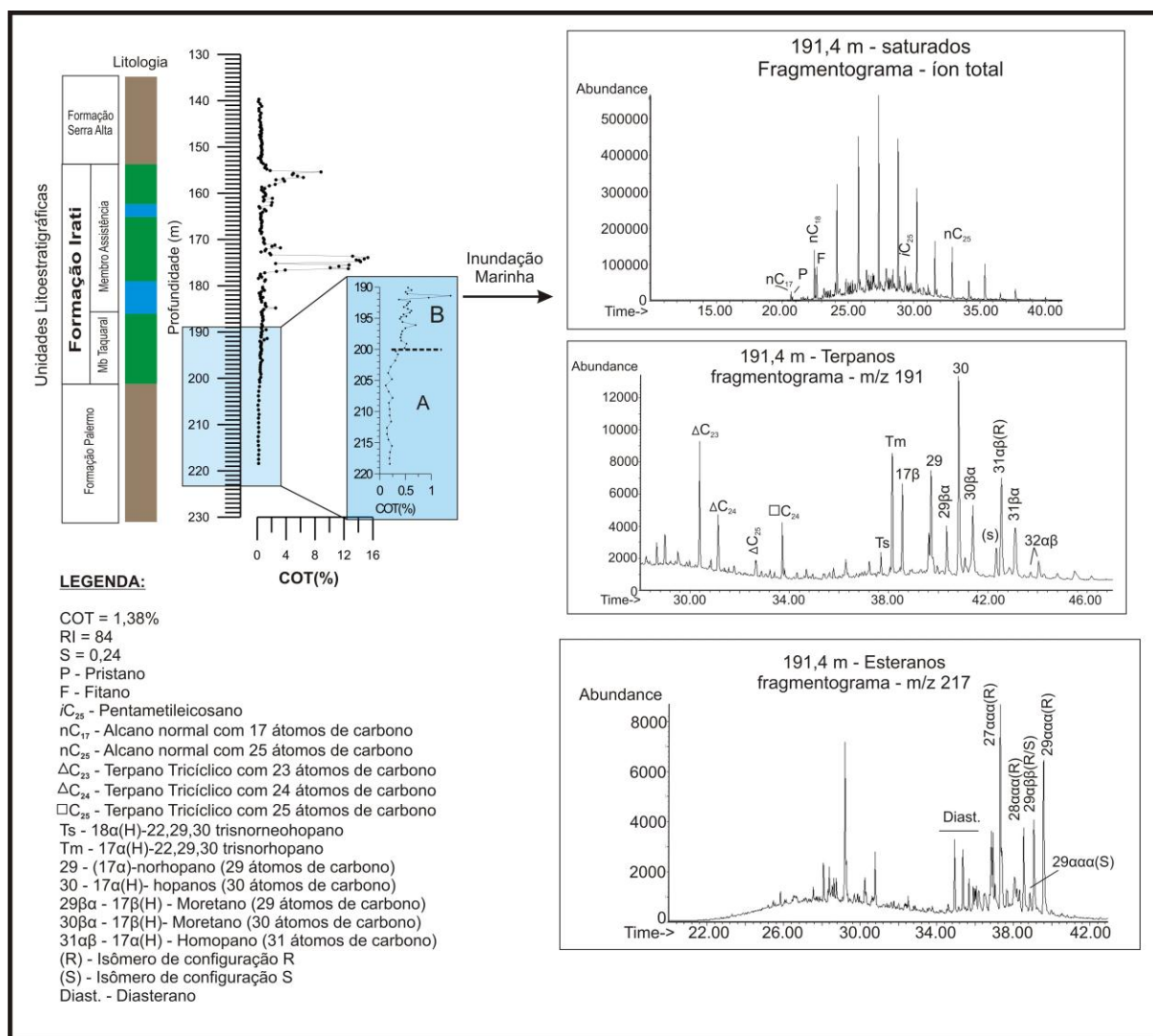


Figura 27 - Fragmentogramas da superfície de inundação máxima - Unidade B.

Origem da matéria orgânica

Hidrocarbonetos de baixo peso molecular predominam sobre os de alto peso molecular ($nC_{17}/nC_{25} \sim 2,28$) (fig. 26), podendo sugerir a predominância de matéria orgânica de origem algal.

Uma maior contribuição de matéria orgânica terrestre, da base para o topo desta unidade, pode ser sugerida pelo aumento das razões entre os compostos $17\alpha(H)$ - trisnorhopano (Tm), $C_{27}(17\beta)$, Hopano $C_{29}\alpha\beta$, Moretano $C_{30}\beta\alpha$ com o hopano C_{30} (fig.28). No entanto, na amostra da superfície de inundação máxima (SIM) a diminuição das razões acima citadas e a predominância do esterano $C_{27}\alpha\alpha\alpha(R)$ (fig. 27) e dos menores valores da razão hopano/esterano sugerem uma maior contribuição de algas na composição da matéria orgânica. (fig. 28).

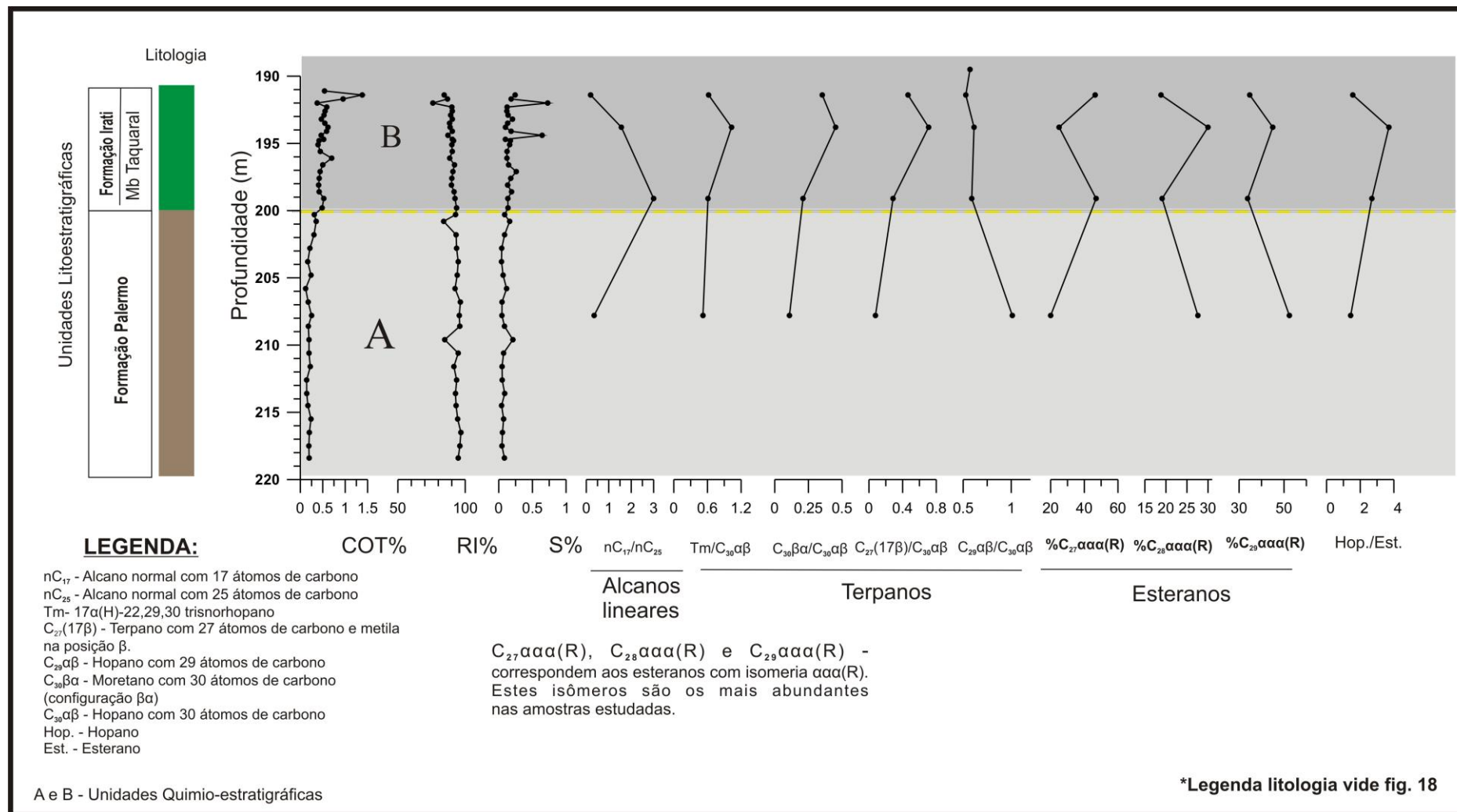


Figura 28 - Indicadores da origem da matéria orgânica na Unidade B.

4.2.3 - Unidade Químio-estratigráfica C

A unidade C corresponde litoestratigraficamente a Formação Irati (Membro Taquaral), e sua litologia é basicamente siliciclástica (RI~90). Inicia-se após a superfície de inundação máxima (topo da unidade B), com decréscimo, não de maneira uniforme, dos valores de carbono orgânico total, para o topo da unidade (fig. 29).

Ambiente deposicional

Esta unidade é caracterizada pela predominância dos alcanos lineares sobre os iso-alcanos (figs. 29 e 30), com suave aumento da razão P/F para o topo da unidade (fig. 29). Baixas proporções dos isoprenóides pentametilicosano (iC_{25}) e esqualano (iC_{30}) (fig. 30) sugerem um paleoambiente deposicional de salinidade normal.

Porém, o gradativo crescimento das razões gamacerano (G)/hopano (C_{30}) e Ts (trisorneohopano)/Tm (trisnorhopano), em direção ao topo da unidade, podem indicar um paleoambiente com condições mais restritas e tendendo a aridez, resultando num aumento gradual da salinidade (fig. 29).

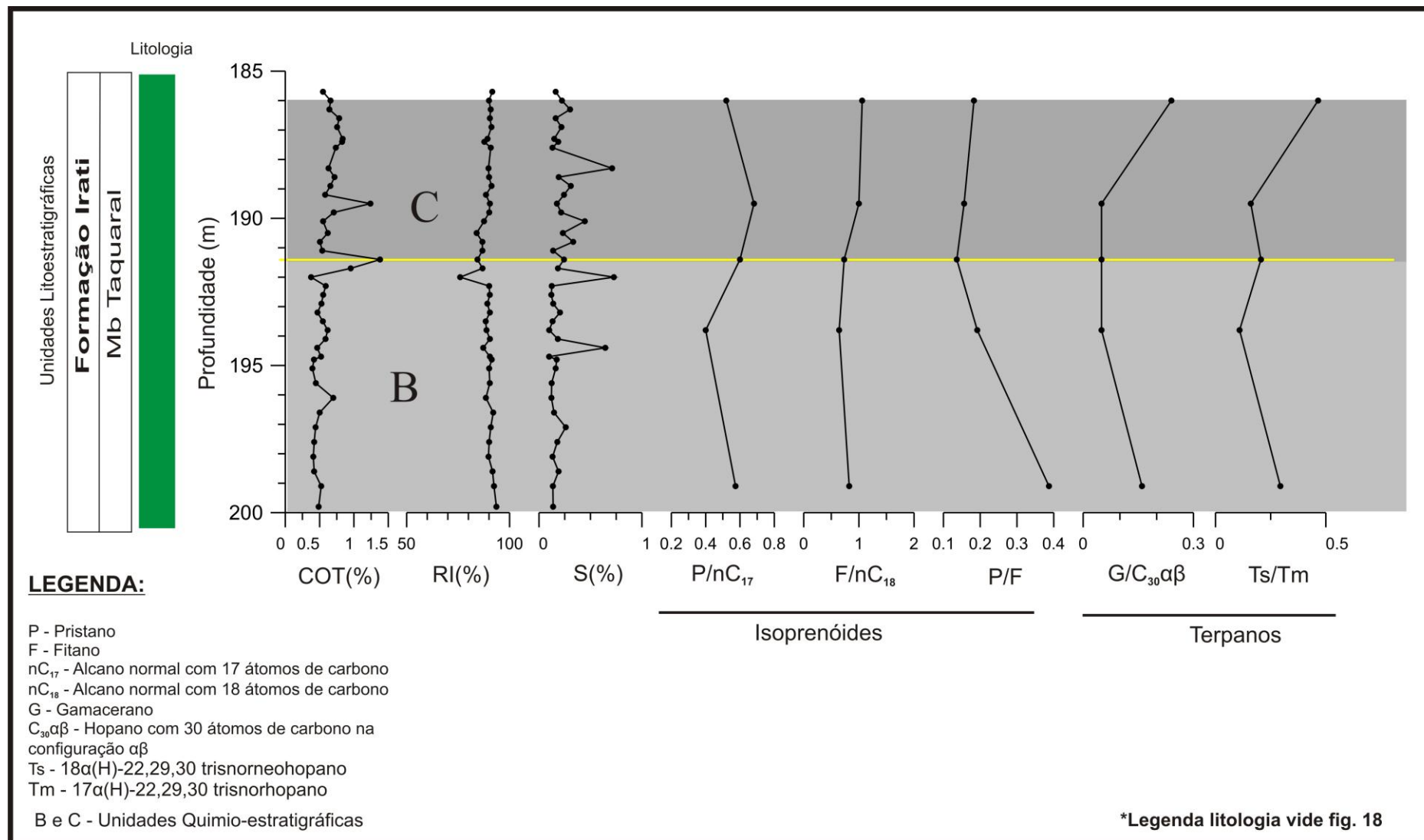


Figura 29 - Indicadores do ambiente deposicional na Unidade C.

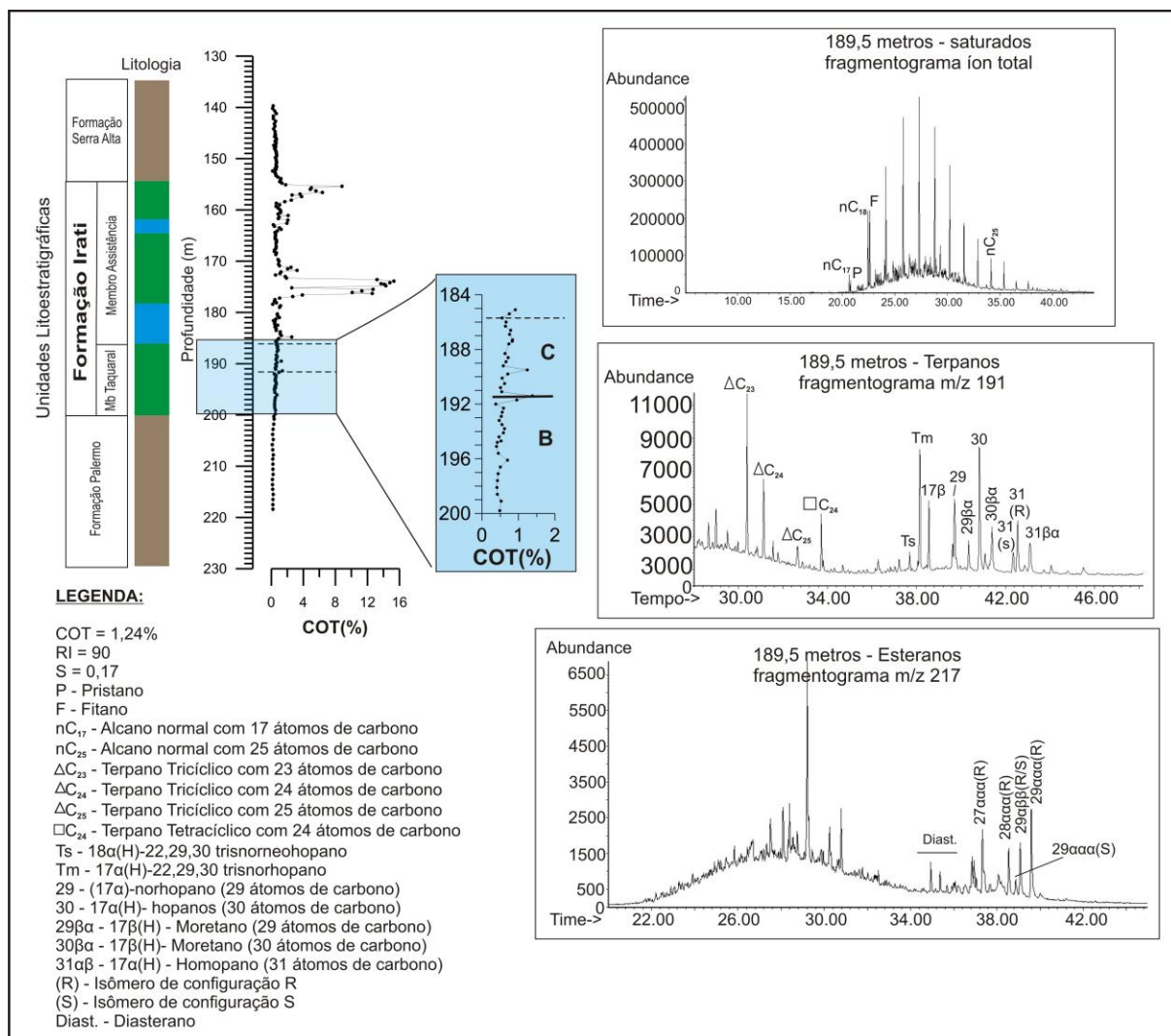


Figura 30 - Fragmentogramas dos alcanos (íon total, m/z 191, m/z 217) - Unidade C.

Origem da matéria orgânica

O aumento das razões entre os compostos Tm (17 α (H)-trisnorhopano), C₂₇ (17 β), moretano C₃₀ $\beta\alpha$, e norhopano C₂₉ com o hopano C₃₀ (figs. 30 e 31) podem sugerir a presença de matéria orgânica de origem terrestre. No entanto, do meio da unidade até o topo, ocorre decréscimo dessas razões, sugerindo uma possível redução na contribuição de vegetais de origem terrestres. Estas razões, associadas com o suave crescimento dos valores da relação entre os alcanos lineares, de baixo peso molecular com os de alto peso molecular (nC₁₇/nC₂₅), podem estar indicando um aumento da influência de algas na matéria orgânica, em direção ao topo da unidade (fig. 31).

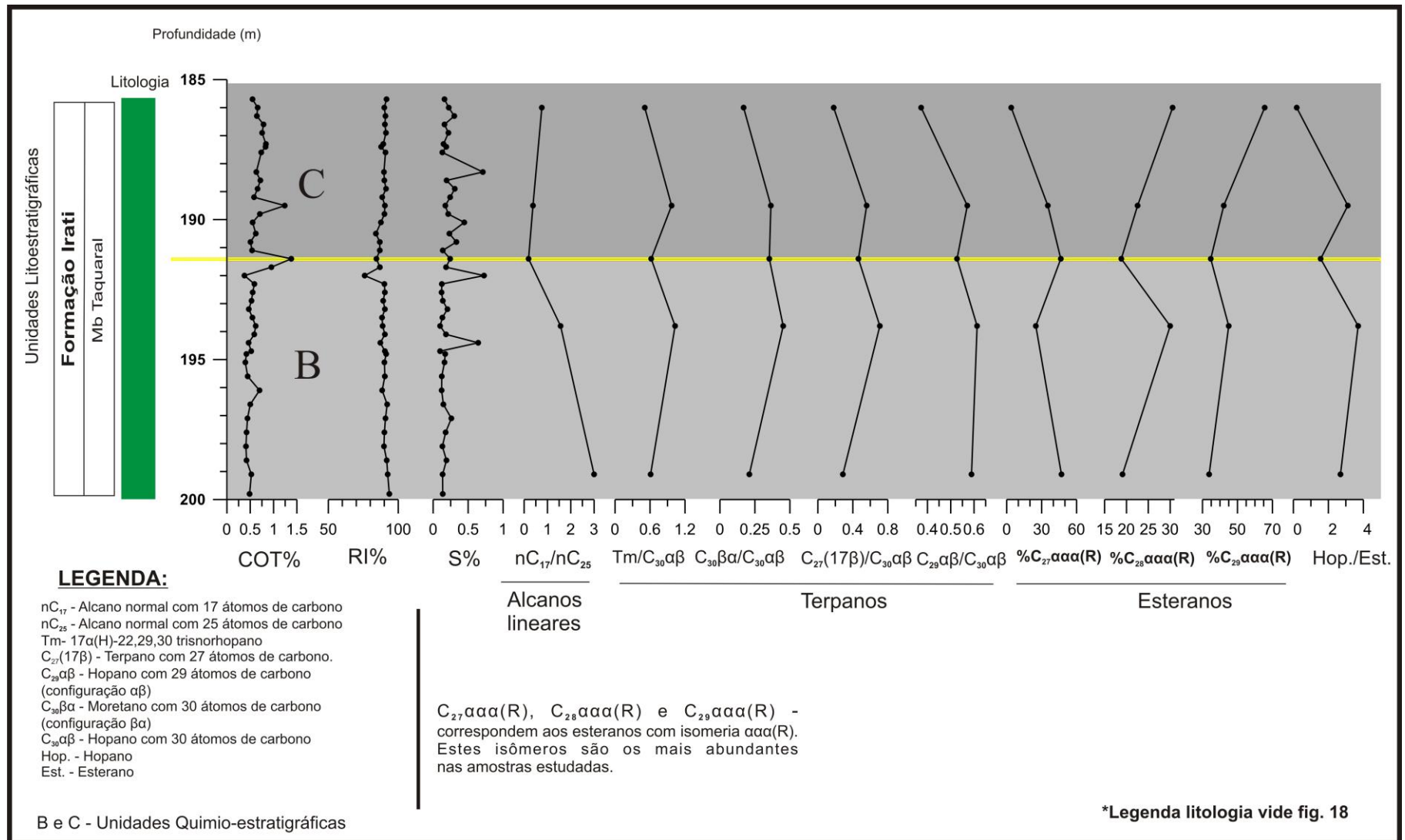


Figura 31 - Indicadores da origem da matéria orgânica na Unidade C.

Influência da litologia

O gradativo decréscimo nos valores dos diasteranos, em especial ao se aproximar do topo da unidade, pode ser interpretado como uma possível diminuição na sedimentação siliciclástica, ao se aproximar dos carbonatos da unidade seguinte (unidade D). Esta informação pode ser apoiada através dos dados de aumento na razão Ts/Tm (fig. 32).

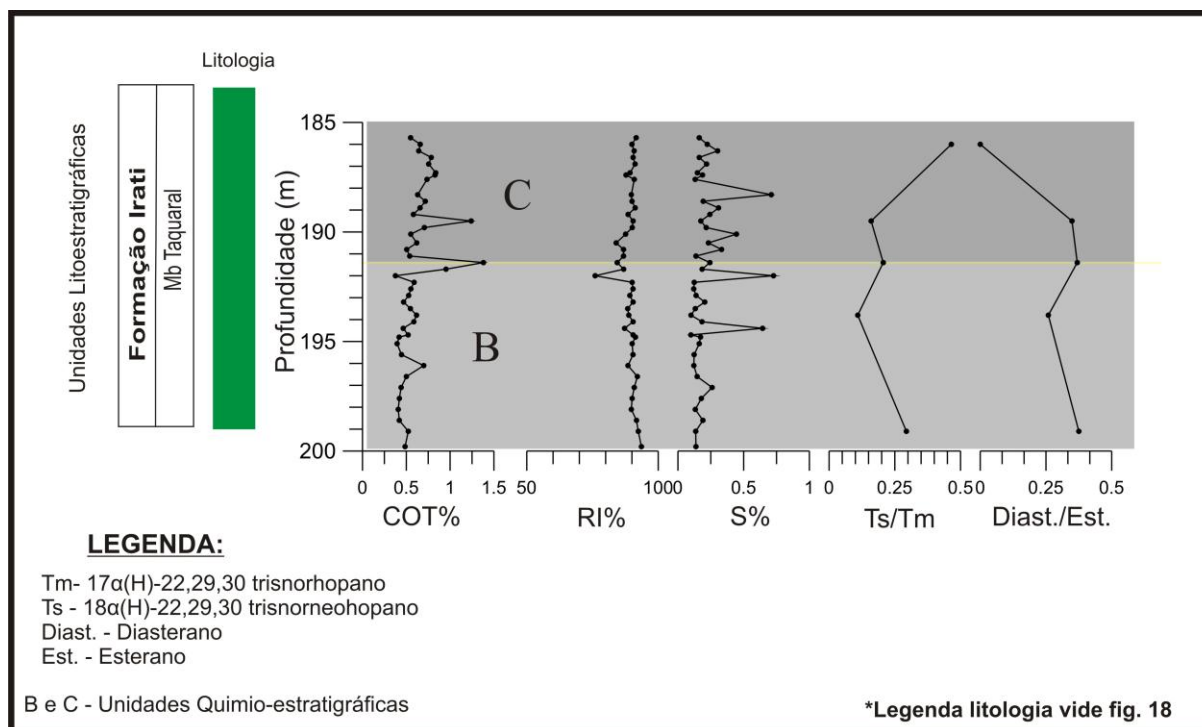


Figura 32 - Indicadores da influência da litologia na Unidade C.