

Aula 7

AMBIENTE DELTAICO

META

Apresentar os conceitos de delta, sistema deltaico e complexo deltaico, fatores de formação e diferentes classificações.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
conhecer os diferentes conceitos de deltas;
compreender os fatores responsáveis pela formação dos deltas;
identificar os subambientes deltaicos; e
reconhecer os diferentes tipos de deltas.

Aracy Losano Fontes

INTRODUÇÃO

A palavra delta vem da quarta letra do alfabeto grego (delta Δ), maiúscula, reconhecida por Heródoto, há cerca de 400 anos a.C. (antes de Cristo) ao verificar a semelhança de formato com a planície da foz do rio Nilo.

O termo delta vem recebendo várias conotações advindas de autores diversos a medida que novas áreas de sedimentação costeira atribuíveis a deltas foram sendo estudadas, como mostra Suguio, (2003:247).

- Barrell (1912) usou o termo delta para designar um depósito parcialmente subaéreo construído por um rio no encontro com um corpo permanente de água.

- Trownbridge (1930) concluiu que o substantivo delta e o adjetivo deltaico deveriam ser empregados para denominar sedimentos depositados por um rio nas vizinhanças de sua desembocadura.

- Bates (1953) definiu um delta como depósito sedimentar construído por fluxo de água dentro de um corpo permanente de água. Entretanto, esta última definição incorporaria também os leques submarinos, que são depósitos acumulados nas desembocaduras de canhões submarinos, em áreas de sopés de taludes continentais, a alguns milhares de metros de profundidade.

- Scott e Fisher (1969) consideram o delta como um sistema deposicional alimentado por um rio, que causa uma progradação irregular de linha de costa.

- Moore e Asquith (1971) definiram como depósitos sedimentares contíguos em parte subaéreos e parcialmente submersos, depositados em um corpo de água (oceano ou lago), principalmente pela ação de um rio. O último trecho dessa definição não é aplicável, por exemplo, à evolução geológica nos últimos 2.500 anos dos complexos deltaicos brasileiros do Quaternário.

- Wright (1978) define um delta como acumulações costeiras subaquosas e subaéreas, construídas a partir de sedimentos trazidos por um rio, adjacentes ou em estreita proximidade com o mesmo, incluindo os depósitos reafeiçoados secundariamente pelos diversos agentes da bacia receptora, tais como ondas correntes e marés.

Verifica-se, portanto, que o conceito de delta é muito amplo, sendo empregado para designar associações de fácies sedimentares, que têm em comum apenas o fato de constituírem zonas de progradação vinculadas a um curso fluvial, originalmente construídas a partir de sedimentos transportados por esse rio.

Fácies – conjunto de caracteres de ordem litológica e paleontológica que permite conhecer as condições em que se realizaram os depósitos. Canhões submarinos – são sulcos existentes na plataforma continental. Diversas teorias procuram explicar este importante acidente da morfologia submarina (Guerra e Guerra, 1997):

- vales cavados por ocasião das regressões marinhas (eustatas);
- falhas perpendiculares ao litoral;
- sulcos cavados pela erosão marinha; e
- sulcos cavados pela erosão fluvial e posteriormente submersos por um movimento de flexura da borda do litoral.

Talude Continental – região submarinha que se estende de 200 a 1000 metros de profundidade e se encontra entre a plataforma continental e a zona abissal.

O que diferencia um sistema deltaico de um complexo deltaico?

O conjunto de subambientes que constituem o ambiente deltaico é denominado de sistema deltaico. Já o complexo deltaico corresponde a uma associação de deltas, geológica e geneticamente relacionados entre si, porém independentes espacial e temporalmente.

FATORES QUE CONTROLAM A SEDIMENTAÇÃO DELTAICA

Para que um delta seja formado, é necessário que um rio (corrente aquosa), transportando carga sedimentar, flua rumo a um corpo permanente de água em relativo repouso. Além disso, para que a carga sedimentar transportada por um rio se acumule junto a sua foz e resulte na formação de um delta os seguintes fatores são fundamentais (SUGUIO, 2003):

a) Regime fluvial – em rios com tendência a grandes flutuações sazonais de descarga, os canais exibem um padrão entrelaçado e quando as variações de descarga anual são pequenas, os canais exibem um padrão meandrante. As diferenças dos regimes fluviais afetam a granulometria e a seleção das partículas transportadas. Assim, rios com descargas mais homogêneas depositam sedimentos mais finos e mais bem selecionados. Descargas extremamente erráticas tendem a originar sedimentos mais grosseiros e pobremente selecionados.

b) Processos costeiros – compreendem principalmente os efeitos das ondas, marés e correntes litorâneas. O principal papel das ondas é o de selecionar e redistribuir os sedimentos supridos pelos rios. As correntes de deriva litorânea levam à formação de corpos arenosos orientados paralela ou subparalelamente às correntes litorâneas.

c) Fatores climáticos – o tipo de clima determina a intensidade de atuação dos processos físicos, químicos e biológicos de um sistema fluvial. Nas áreas tropicais, verifica-se intensa decomposição química das rochas nas bacias hidrográficas, formando-se espesso manto de intemperismo, que é protegido da erosão pela cobertura vegetal. Assim, os rios transportarão principalmente materiais solúveis e partículas finas em suspensão e poucos sedimentos grossos. No entanto, a ação antrópica como o desmatamento acaba induzindo o transporte de material mais grosseiro pelo rio.

Por outro lado, quando o clima da bacia de drenagem for árido, os canais tornam-se instáveis e freqüentemente desenvolvem-se canais entrelaçados sendo transportados sedimentos com excesso de carga de fundo em relação à carga em suspensão.

d) Comportamento estrutural do sítio deposicional – uma rápida subsidência origina espessos pacotes de areias deltaicas (algumas centenas a poucos milhares de metros), enquanto uma lenta subsidência ou relativa estabilidade resulta em delgadas sequências deltaicas (algumas dezenas de metros).

O Quadro 7.1 permite a comparação entre alguns tipos de deltas modernos e os principais fatores que controlam a formação de um delta segundo Bandeira Júnior et al., (1979).

| Deltas | | | Rio Doce | Rio Mississippi | Rio Ganges-B. Putra | Rio Mekong |
|---------------|------------------|-----------------------------|--|--|--|--|
| Tipo | | | Altamente destrutivo, dominado por ondas | Altamente construtivo, lobado e alongado | Altamente destrutivo, dominado por marés | Altamente destrutivo, dominado por marés |
| Regime do rio | Período de alta | Carga sedimentar (relativa) | Grande | Grande | Muito grande, inundado por monções | Muito grande, inundado por monções |
| | | Granulometria (dominante) | Areias | Siltes e argilas | Siltes e argilas | Areias e siltes |
| | Período de baixa | Carga sedimentar (relativa) | Moderada | Moderada | Moderada | Pequena |
| | | Granulometria (dominante) | Areias e siltes | Argilas e siltes | Argilas e siltes | Siltes e argilas |

| | | | | | |
|--|-------------------------------|---|--|--|---|
| Processos costeiros | Energia de onda (relativa) | Moderada e alta | Baixa | Moderada | Moderada e alta |
| | Variação de marés (máxima) | Média (2 m) | Baixa (< 0,6 m) | Alta (> 3 m) | Alta (> 3 m) |
| | Força de correntes (relativa) | Fraca | Fraca | Forte | Forte |
| Comportamento estrutural do sítio deposicional | | Subsidência desprezível | Subsidência significativa | Subsidência significativa | Subsidência desprezível |
| | | Embasamento estável e suave compactação com delgado pacote deltaico (50-60 m) | Embasamento subsidente e compactação com acumulação muito espessa (>120 m) | Falhamento e compactação de sedimentos com acumulação muito espessa de pacote deltaico (150 m) | Embasamento estável e suave compactação com delgado pacote deltaico (50-60 m) |
| Fatores climáticos | | Clima tipo Aw | Clima tipo Caf | Clima tipo Aw | Clima tipo Aw |
| | | Densa vegetação sobre a planície deltaica | Densa vegetação sobre a planície deltaica | Densa vegetação sobre a planície deltaica | Densa vegetação sobre a planície deltaica |
| | | Extensos pântanos na planície e raros manguezais na costa | Raros manguezais na costa | Manguezais dominantes na costa | Manguezais dominantes na costa |

Tipologia dos deltas

Devido as interações entre a dinâmica fluvial e a marinha, diferentes critérios têm sido utilizados na classificação de deltas (SUGUIO, 2003):

1. Lyell (1832) – considerando a bacia receptora classificou os deltas em:
 - continentais – são encontrados na foz dos rios que deságuam em lagoas ou em outros rios; e

- Marinhos ou oceânicos – localizam-se na foz dos rios que deságuam nos oceanos ou mares, sendo constituídos por depósitos aluviais e fluviomarinhos.

2. Bates (1953) – considerando a densidade entre as águas do afluyente fluvial principal e o corpo líquido receptor, reconheceu três tipos fundamentais.

a) Deltas homopícnais ou tipo Gilhert – a densidade do meio transportador (rio) é praticamente igual à do meio receptor (lago), Figura 7.1.

Como exemplo tem-se o delta lacustre ou do tipo Gilbert, encontrado comumente em áreas de glaciação quaternária.

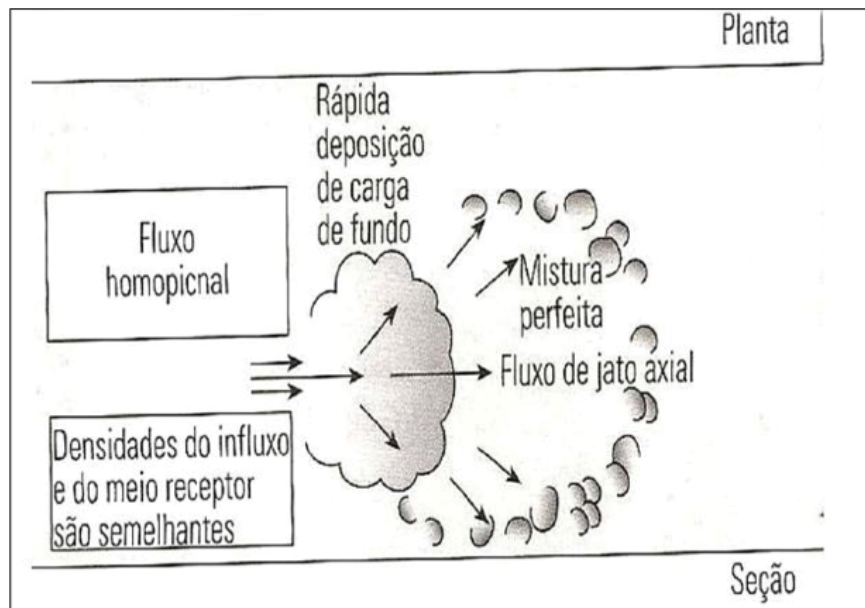


Figura 7.1 – Fluxo homopícnico.
(Fonte: Suguio, 2003.)

b) Deltas hiperpícnais ou submarinos – a densidade do meio transportador é maior que a do meio receptor e, desse modo, os sedimentos são carreados junto ao substrato por correntes de turbidez. Neste caso, não se formam verdadeiros deltas, mas sim leques submarinos que se depositam ao sopé dos taludes continentais, nas desembocaduras de canhões submarinos (Figura 7.2).

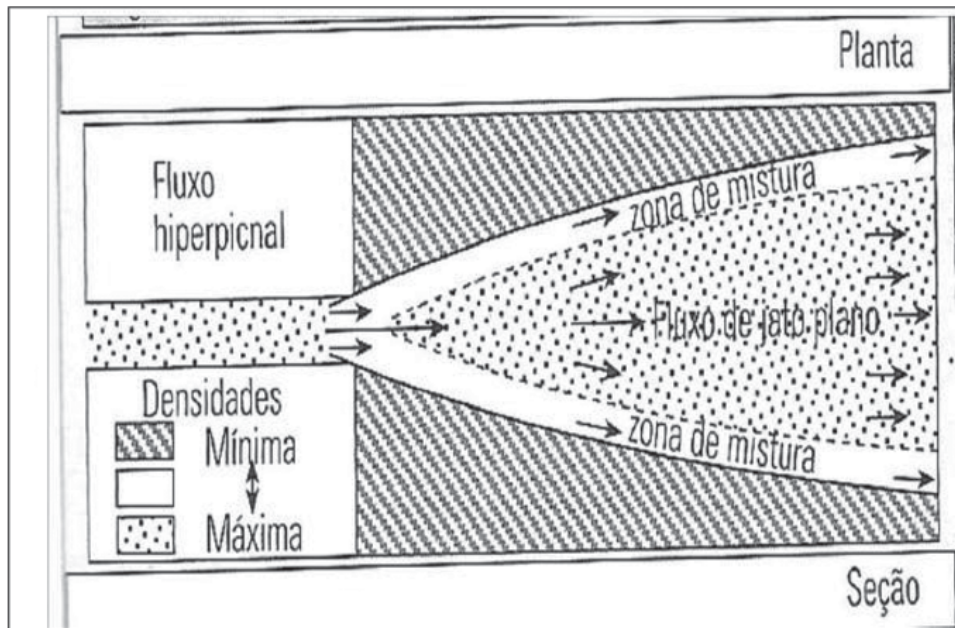


Figura 7. 2 – Fluxo hiperpicnal
(Fonte: Suguio, 2003.)

c) Deltas hipopicnais ou marinhos litorâneos – a densidade do meio transportador é menor que a do meio receptor e, dessa maneira, os sedimentos movem-se pela superfície do meio mais denso. Esta situação é mais característica dos deltas originados por rios que deságuam em mares e oceanos (Figura 7.3).

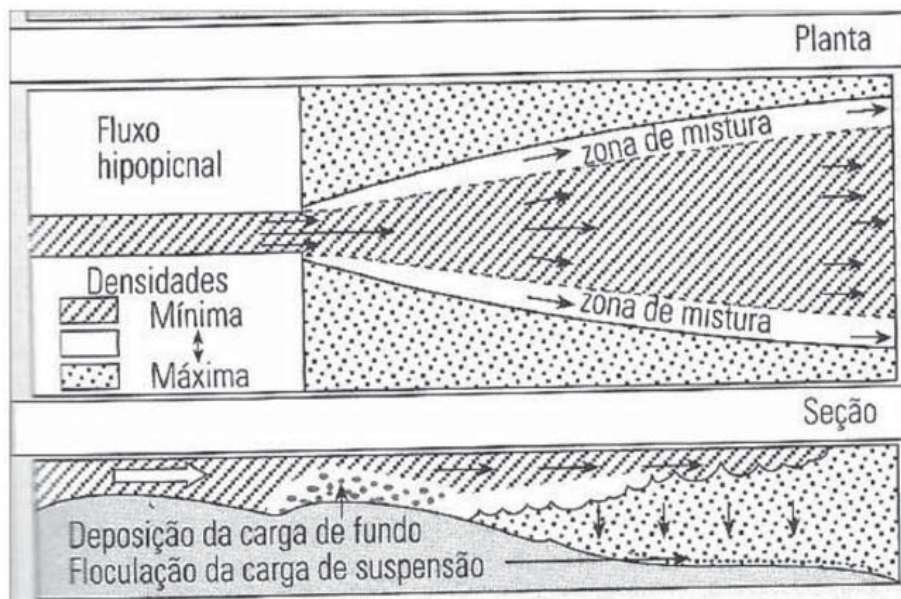


Figura 7. 3 – Fluxo hipopicnal
(Fonte: Suguio, 2003.)

Corrente de turbidez ou densidade

Corrente de alta turbulência e de densidade mais alta do que a água circundante, contendo até materiais bastante grossos (areia grossa e seixos), que se movem através do fundo de um copo aquoso estacionário (oceano ou lago). Mais de 95% dos exemplos de depósitos de corrente de turbidez conhecidos até o momento são de origem marinha. Este fenômeno pode ser originado em declives bastante suaves, de apenas alguns graus de inclinação, podendo ser iniciado por deslizamento brusco de material recém-depositado. Dá origem a depósitos conhecidos por tubiditos.

SUGUIO, 1998

3. Moore (1966), baseado em Lyell (1832) e Bates (1953), estabeleceu quatro tipos principais de deltas:

- de canhões submarinos – fluxo hiperpicnal em forma de jato plano;
- lacustres – fluxo homopical em forma de jato axial;
- mediterrâneos – fluxo homopical em forma de jato plano; e
- oceânicos – construídos em ambientes de macromarés.

4. Scott e Fisher (1969) estabeleceram dois grandes grupos de deltas:

- Deltas construtivos com predominância de fácies fluviais: lobados e alongados (Figura 7.4).

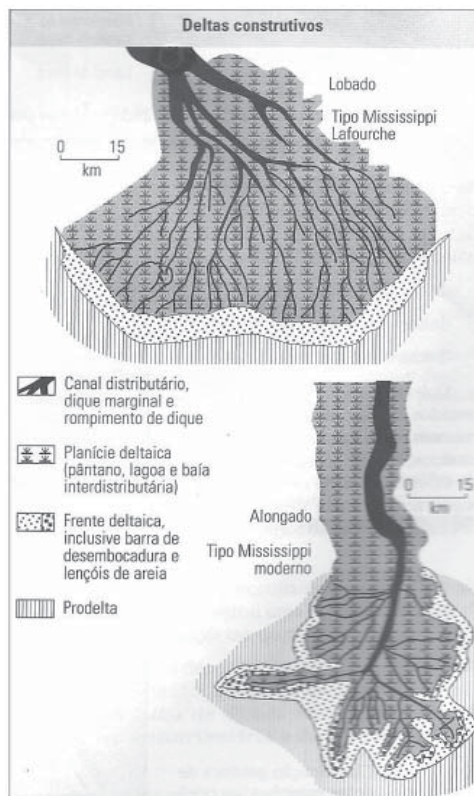


Figura 7. 4 Deltas construtivos
(Fonte: Suguio, 2003.)

b) Deltas destrutivos – sobressaem as fácies de influência marinha, sendo subdividido em (Figura 7.5):

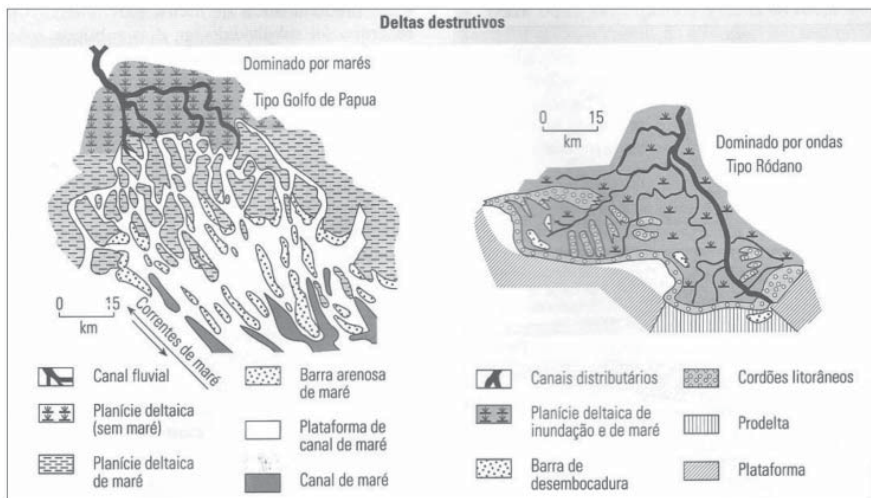


Figura 7.5 – Deltas destrutivos (Fonte: Suguio, 2003.)

- Cúspide ou cuspidado – predominância de ondas;
- Franja ou franjado – dominado por marés.

5. Galloway (1975) propôs uma classificação ternária, através de um diagrama triangular que tem como membros extremos o fornecimento de sedimentos, o fluxo de energia das ondas e o fluxo de energia das marés, em: (Figura 7.6)

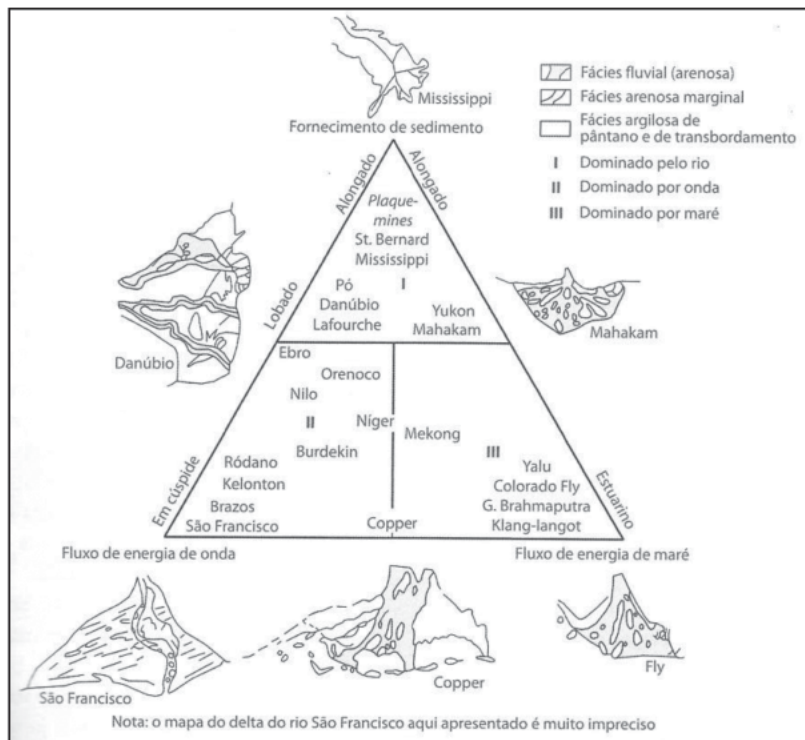


Figura 7.6 – Classificação genética de deltas marinhos ou oceânicos. (Fonte: SUGUIO, 2010.)

- deltas dominados por rios;
- deltas dominados por ondas;
- deltas dominados por marés.

Em suma, o delta resulta, sobretudo, da atividade fluvial somente quando a bacia receptora apresenta baixos níveis de energia das ondas e marés. No entanto, quando os níveis de energia da bacia receptora são elevados, a acumulação deltaica resulta da sedimentação marinha devido a ação das ondas e marés, que retrabalham os sedimentos fluviais.

Subambientes deltaicos

Os deltas compreendem uma porção subaérea que abrange a planície deltaica, situada acima da maré baixa, e a subaquosa representando a porção submersa, separadas pelo limite de influência das marés.

O conceito clássico de delta admite uma subdivisão em três províncias de sedimentação: planície ou plataforma deltaica, frente deltaica e prodelta (Figura 7.7).

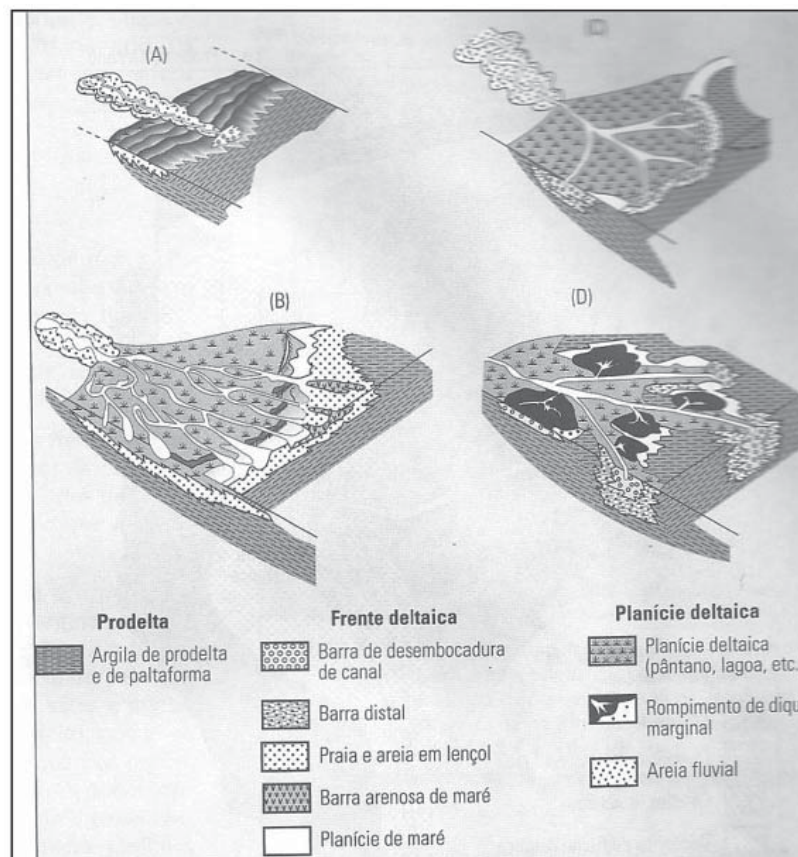


Figura 7.7 – Arcabouços faciológicos dos deltas destrutivos e construtivos (Fonte: Suguio, 2003.)

1. Planície ou plataforma deltaica

Constitui a superfície subhorizontal adjacente à desembocadura da corrente fluvial. Abrange a parte predominante subaérea da estrutura deltaica onde, em geral, a corrente fluvial principal subdivide-se em vários distributários deltaicos (ativos e abandonados) e as áreas entre estes tributários (planícies interdistributárias), onde se desenvolvem lagos, pântanos, etc.).

Os principais depósitos sedimentares associados à planície deltaica são:

- Depósitos de preenchimento de canais – compostos de sedimentos grossos e finos, que preenchem um canal abandonado pelo rio. Consistem em areias sílticas, que passam para argilas sílticas e argilas. Além dos depósitos de preenchimento de canais típicos, ocorrem também as barras de meandros e as barras de canais entrelaçados.
- Depósitos de diques naturais – formam áreas levemente elevadas, que flanqueiam os canais distributários e são construídos por deposição de sedimentos mais grossos da carga em suspensão durante as enchentes. Consistem em argilas sílticas perturbadas mais comumente por raízes de plantas (fitoturbações). Associados aos diques naturais, também podem aparecer os chamados depósitos de rompimento de diques naturais, que se apresentam na forma de pequenos leques.
- Depósitos de planície interdistributária – são constituídos por sedimentos argilosos acumulados nas áreas baixas da planície deltaica, entre os distributários ativos e abandonados, quando ocorre extravasamento dos canais distributários.
- Depósitos paludiais ou pântanos – são formados quando a área inundada entre os distributários, torna-se suficientemente rasa para suportar vegetação. Existem pântanos de vegetação rasteira (marsh), constituídos por água salgada, doce ou salobra, que se desenvolvem próximo ao mar, e os de vegetação de maior porte (swamp), que são de água doce e situam-se mais para o interior dos continentes. Nos pântanos do tipo marsh, quando ocorrem em zonas costeiras de clima quente e úmido, desenvolvem-se os manguezais que são caracterizados por vegetação típica (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, etc.) e no swamp originam a turfa.

Os depósitos lacustres de argila orgânica com laminação, formam-se em áreas pantanosas do tipo marsh, resultantes do afogamento na área.

2. Frente deltaica

Esta província forma a área frontal de deposição ativa do delta que avança sobre os depósitos de prodelta, sendo constituída por siltes e areias finas fornecidos pelos principais distributários deltaicos (Figura 7.8).

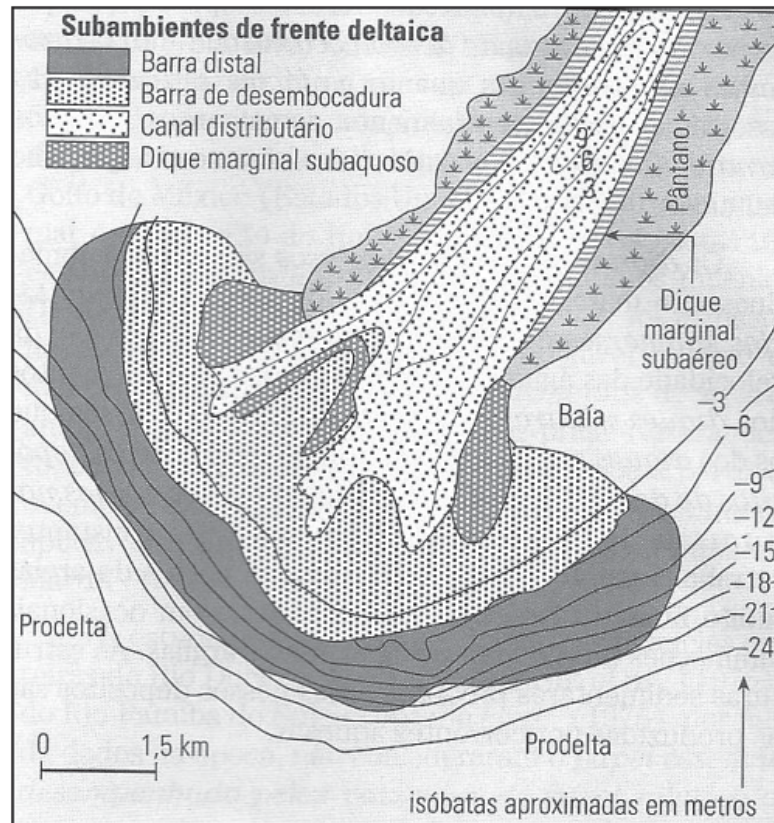


Figura 7.8 – Vários subambientes de sedimentação associados à frente deltaica. (Fonte: SUGUIO, 2003.)

Os principais depósitos associados à frente deltaica são:

- Depósitos de barra distal – são formados por sedimentos da faixa frontal progradante do delta, predominando siltes e argilas.
- Depósitos de barra de desembocadura de distributário – são oriundos da sedimentação da carga do rio na boca do canal distributário, sendo constituídos por areia e silte e sujeitos a constantes retrabalhamentos, pelas correntes fluviais e pelas ondas.
- Depósitos de canais distributários submersos – correspondem ao prolongamento natural subaquático dos canais distributários subaéreos, que se alargam ao atingir a frente deltaica e terminam pela deposição de barras arenosas de desembocadura.
- Os diques naturais submersos – são cristas submarinas localizadas nas margens dos canais distributários submersos e formados pela redução da velocidade das águas na frente deltaica. Os sedimentos são compostos de areias muito finas e siltes, bem selecionadas, com ocasionais laminações finas de restos de plantas e argilas.

3. Prodelta

A sedimentação prodeltaica é essencialmente argilosa e representa a parte mais avançada de deposição do sistema deltaico. A construção de um delta tem início com a deposição de argila marinha na bacia receptora que está sotoposta aos sedimentos das duas províncias anteriores – planície deltaica e frente deltaica.

No delta do rio Mississippi (Estados Unidos), os sedimentos prodeltaicos atingem espessuras superiores a 400 m e as argilas dessa província contêm quantidades moderadamente altas de matéria orgânica.

Duas feições geológicas diretamente associadas à deposição prodeltaica argilosa são:

- Planícies de lama, que são formadas quando o fornecimento de lama fluvial sobrepuja a capacidade de dispersão de processos costeiros. Continuando a deposição de sedimentos argilosos fluviais, uma linha de praia arenosa pode ser isolada por trás de uma planície de lama, e os depósitos praias assim isolados recebem o nome de depósito de chenier; e
- Diápiros de lama que são projeções de lama dentro dos depósitos de barra de desembocadura ou extrusões de lama, formando ilhas próximas à desembocadura dos distributários.

A Figura 7.9 permite visualizar o modelo deposicional do delta do rio Doce (ES).

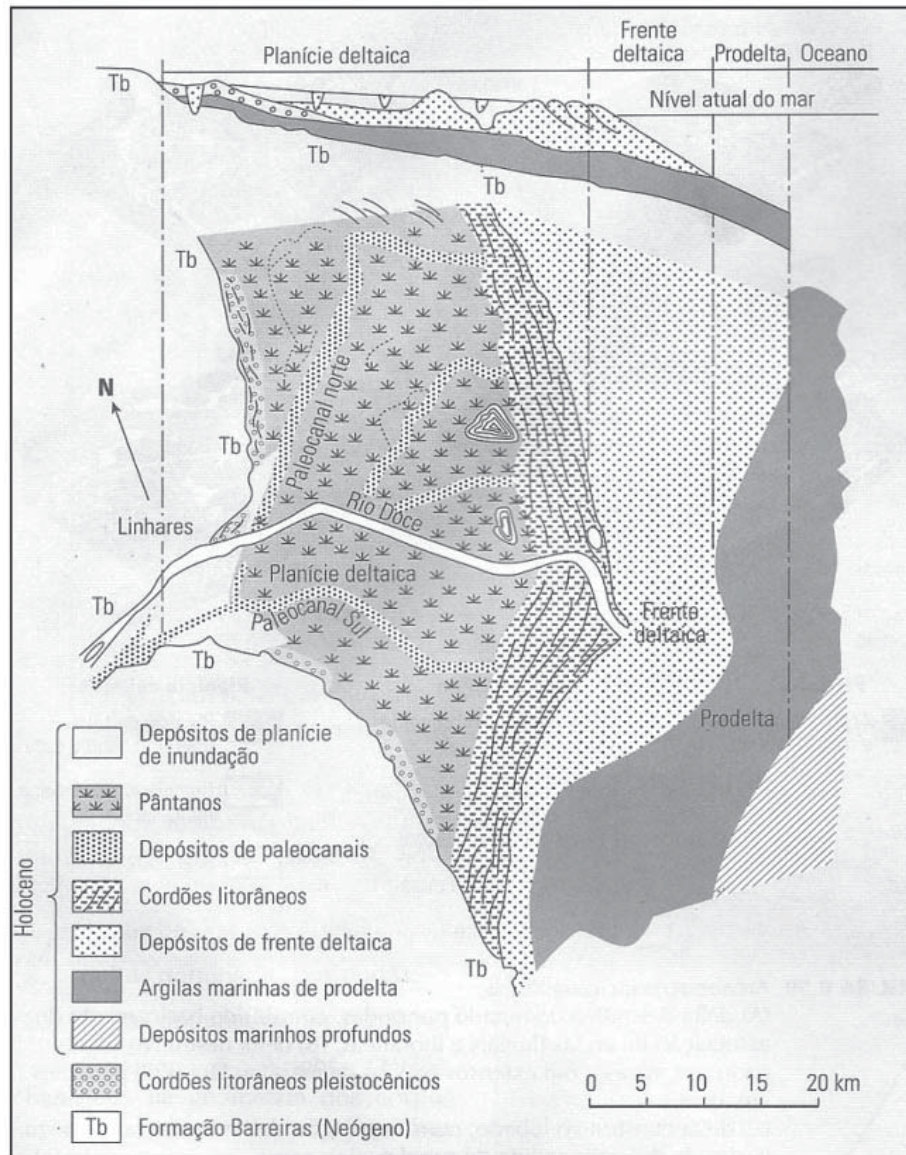


Figura 7.9 – Modelo deposicional de delta do rio Doce (ES).
(Fonte: SUGUIO, 2003.)

O CRESCIMENTO DOS DELTAS

À medida que um delta desenvolve-se adentro, a foz de seu rio também avança nessa direção, por algumas centenas ou milhares de ano deixando no percurso a planície deltaica, com uma elevação de poucos metros acima do nível do mar, que encerram grandes áreas de terras úmidas, rochosas porque armazenam água e constituem o habitat de muitas espécies de plantas e animais.

Em muitas áreas, as terras úmidas deltaicas sofreram controle das cheias com a construção de barragens, que reduziu o seu aporte sedimentar e com os grandes diques artificiais que evitaram as cheias menores, mas freqüentes, que alimentavam as terras alagáveis deltaicas.

Os deltas crescem pela adição de sedimentos e afundam à medida que ocorre compactação das partículas e subsidência da crosta devido ao peso da carga sedimentar. A cidade de Veneza, parcialmente edificada no delta do rio Pó (Itália) vem sofrendo um processo de afundamento devido a subsidência crustal.

Deltas quaternários brasileiros

Associadas às desembocaduras dos principais rios que deságuam no oceano Atlântico, ao longo da costa brasileira, existem zonas de progradação que Bacoccoli (1971), interpretou como deltas. O rio Amazonas, seria do tipo altamente destrutivo dominado por marés, enquanto que os dos rios Parnaíba, Jaguaribe, São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul seriam do tipo altamente destrutivo dominado por ondas.

No exame dos parâmetros considerados importantes por diversos autores que estudaram os diferentes deltas, verifica-se que todos ignoraram o papel das flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário. Essas variações podem resultar da mudança real do nível do mar (eustasia) e das modificações do nível dos continentes (tectonismo e isostasia).

Martin et al. (1993) revelaram que as variações do nível relativo do mar foram muito importantes na construção dos complexos deltaicos quaternários brasileiros, sendo possível constatar que parte dessas planícies exibe sedimentos pleistocênicos e holocênicos. Finalmente, a existência de deltas intralagunares (ou intraestuarinos) nas planícies costeiras das desembocaduras dos rios Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ) corresponde ao estágio de culminação do nível relativo do mar, acima do atual entre 5 mil e 6 mil anos A.P. (Antes do Presente).

CONCLUSÃO

Como vimos, o conceito de delta é muito amplo, tendo em comum o fato de constituírem-se em zonas de progradação vinculadas a um curso fluvial. O regime fluvial, os processos costeiros, os fatores climáticos e o comportamento tectônico do sítio estrutural são os fatores fundamentais que controlam a sedimentação deltaica. A partir das interações entre as dinâmicas fluvial e marinha, os deltas foram classificados por diferentes autores, apresentando três províncias de sedimentação, que foram influenciadas pelas variações do nível relativo do mar durante o Quaternário.

O processo de deltação é essencialmente controlado por atividades fluviais somente quando a bacia receptora se caracteriza por baixa energia dos processos costeiros.



RESUMO

O termo delta vem recebendo várias conotações à medida que novas áreas de sedimentação costeira vinculadas a um curso fluvial vêm sendo estudadas. Os principais fatores que controlam a formação de um delta estão relacionados com o regime do rio, processos costeiros, comportamento estrutural do sítio deposicional e fatores climáticos. Várias classificações de deltas foram realizadas, destacando-se a de Scolt e Fisher (1969) que classificaram em construtivos, dominados por ondas com predominância de fácies fluviais e destrutivos, dominados por marés, em que sobressaem as fácies de influência marinha. As três províncias de sedimentação deltaica estão representadas pela planície deltaica, frente deltaica e prodelta que crescem pela adição de sedimentos. A tectônica controla a formação do delta pela subsidência da região deltaica. As variações do nível relativo do mar durante o Quaternário foram importantes na construção dos complexos deltaicos brasileiros.



AUTOAVALIAÇÃO

1. Discuta, com o seu grupo de estudo, a relevância dos estudos do Quaternário na evolução dos deltas marinhos brasileiros e elaborem um pequeno texto.
2. Indique, fazendo comentários, os diferentes tipos de deltas explicando as causas dessa variação.
3. Analise as alterações na dinâmica costeira do ambiente deltaico decorrentes do represamento de águas.
4. Quais são os problemas mais freqüentes para a urbanização nos terrenos de sedimentação deltaica?



PRÓXIMA AULA

Na próxima aula estudaremos o tema Recifes Biológicos e de Arenito iniciando com os conceitos e sua importância. Abordaremos as classificações dos recifes e sua relação com os paleoníveis do mar.

REFERÊNCIAS

- BANDEIRA JUNIOR A.N.; PETRI, S.; SUGUIO, K. The Doce River delta. An example of highly destructive wave – demarcated delta on the Brazilian Atlantic coastline, State of Espírito Santo. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. **Proceedings**: 275-295. São Paulo, 1979.
- BACOCOLI, G. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros – uma tentativa de classificação: **Boletim Técnico Petrobrás** 14: 5-38, Rio de Janeiro, 1971.
- BATES, C.C. Rational theory of delta formation. **Bull. American Assoc. Petr. Geologists**, 37(9): 2 119-2 162, 1953.
- GALLOMAY, W.E. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: BROUSSARD, M.L. (Ed.). **Deltas – models for exploration**. Houston (USA): Houston Geological Society, 1975. p. 87-98.
- GUERRA, Antonio Teixeira; GUERRA, José Antonio Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.
- MARTIN, Louis; SUGUIO, Kenitiro; FLEXOR, J. M. As flutuações do nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica dos “deltas” brasileiros. **Boletim IG-SP, Publicação Especial**. 15: 1-186. São Paulo, 1993.
- SCOTT, A.J.; FISHER, W.L. **Delta systems and deltaic deposition**. Discussion notes. Austin: Department of Geological Sciences, Bureau of Economic Geology, University of Texas, 1969.
- SUGUIO, Kenitiro. **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2003.
- SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.