

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”

PROJETO DE PESQUISA



CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO: SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

NÍVEL: DOUTORADO

CANDIDATO: TIAGO OSÓRIO FERREIRA

ORIENTADOR: PABLO VIDAL-TORRADO

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Maio de 2002

PROJETO: Variação temporal das condições biogeoquímicas dos solos de mangue do rio Ipaneminha (Ilha do Cardoso – SP)

1. RESUMO

Este plano tem como objetivo dar continuidade aos estudos de pedologia em ambientes estuarinos do litoral do estado de São Paulo, pelo Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ-USP, e levantar informações complementares ao projeto *Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes* (BIOTA – FAPESP). O plano “Variação temporal das condições biogeoquímicas dos solos de mangue do rio Ipaneminha (Ilha do Cardoso – SP)”, objetiva: (a) estudar os efeitos das variações físico-químicas do meio sobre as condições biogeoquímicas dos solos de diferentes compartimentos fisiográficos do manguezal do rio Ipaneminha; (b) determinar quais minerais e espécies de ferro e enxofre predominam no solo nas diferentes estações do ano e sob quais condições geoquímicas; (c); determinar sob quais ambientes biogeoquímicos se encontram os minerais, para deste modo predizer as condições necessárias a sua estabilidade e formação; (d) lançar mão de ferramentas estatísticas para se avaliar o efeito da variabilidade temporal sobre o ambiente de alteração geoquímico de cada compartimento fisiográfico do manguezal; (e) aprofundar os conhecimentos sobre a gênese dos solos de mangue.

2. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

Este plano de trabalho tem como objeto de estudo os solos do manguezal do Rio Ipaneminha (Ilha do Cardoso), adjacente a área de estudo do projeto *Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes (BIOTA-FAPESP)* tendo como um de seus objetivos trazer informações complementares relevantes ao projeto supracitado.

Em função da já destacada importância dos ecossistemas de manguezal, inúmeros estudos são encontrados a cerca de seu papel funcional (econômico, social e ambiental), de sua vegetação e de sua fauna. Pouco se sabe, porém, sobre solos de mangue e, em especial, sobre sua assembléia mineralógica que ainda permanece pouco conhecida.

Faz-se necessário, portanto, o entendimento do ambiente pedo-biogeoquímico, dos parâmetros físico-químicos e das condições específicas para a existência dos minerais através da construção de diagramas de estabilidade relacionados à dinâmica dos elementos essenciais a constituição dos mesmos.

A fração relacionada aos sulfetos ácidos voláteis (sulfetos da fase sólida solúveis em ácido), em particular, tem recebido atenção especial devido sua capacidade de complexar metais bivalentes sendo, portanto, o principal fator regulador da biodisponibilidade destas espécies tóxicas nestes ambientes (Mackey & Mackay, 1996; Otero, 2000).

A exemplo da relação existente entre a fração AVS e os metais pesados, muito da dinâmica de outros poluentes pode ser compreendida através de um

conhecimento mais detalhado da mineralogia e da biogeoquímica dos solos de mangue.

A condição geoquímica dos solos de mangue é submetida a variações sazonais incessantes em função da amplitude das marés, das diferentes estações climáticas (influência sobre o aporte de matéria orgânica, sedimentos continentais pelas chuvas etc) podendo ser ora oxidantes e ora redutoras (Hines, 1989 e Luther, 1991 citados por Otero & Macias, 2002). Este fato age diretamente sobre a dinâmica do Fe e do S, sobre o processo de piritização e, conseqüentemente, sobre a gênese e a constituição mineralógica desses solos.

Sendo assim, o estudo do comportamento das frações pirítica e AVS e das espécies de ferro e enxofre em função da sazonalidade e profundidade se mostra de grande valia, uma vez que permite a identificação das condições necessárias à formação e estabilidade das espécies minerais que se encontram intimamente ligadas à atividade microbiana, a biodisponibilidade de metais pesados e, principalmente, a gênese dos solos de mangue.

3. HIPÓTESE

A estabilidade da fração pirítica, dos sulfetos ácidos voláteis (AVS) e das espécies de ferro e enxofre no solo e água intersticial varia em função do tempo e das diferentes profundidades devido ao estabelecimento de condições geoquímicas distintas em cada estação.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Definição e distribuição dos manguezais

Devido sua riqueza biológica, os ecossistemas costeiros são de grande importância ecológica na medida em que abrigam espécies características desses ambientes, além daquelas que migram para a costa durante a fase reprodutiva. A fauna e a flora associadas a estes ambientes são fonte de alimento e subsistência para as populações humanas além de oferecerem recursos geradores de divisas para o país (CNIO, 1998).

Dentro deste contexto, o manguezal, ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestre e marinho, sujeito ao regime das marés e associado às margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras, desempenha papel fundamental na manutenção e existência de inúmeros ecossistemas localizados fora de seus limites (Schaeffer-Novelli, 1991).

Ambientes marcados por inundações periódicas pela água do mar, variações de salinidade, escassez de oxigênio e solos lodosos, os manguezais constituem-se importantes transformadores de nutrientes em matéria orgânica e produtores de bens e alimentos o que evidencia seu papel sócio-econômico. (Dinerstein et al., 1995; Maciel, 1999; Schaeffer-Novelli, 1999; Menezes, 2000).

Estes ecossistemas costeiros, característicos de regiões tropicais e subtropicais, encontram-se distribuídos ao longo de toda a região limitada pelos trópicos de Câncer e de Capricórnio ocupando uma área de 20 milhões de hectares em todo o mundo. No litoral brasileiro, do Cabo Orange (Amapá) até

Araranguá (Santa Catarina), estas florestas ocupam uma área aproximada de 25.000 km² (Lacerda 1984; Schaeffer-Novelli, 1991; Yokoya, 1995).

4.2. Os solos de mangue

Segundo Lima & Costa (1975), no Ceará, Lepsch et al. (1983), em São Paulo e Silva & Mattos (1999), em Pernambuco, os solos de mangue têm sido classificados como “*solos indiscriminados de mangue*” podendo ser incluídos, segundo estudos mais recentes, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, na ordem dos Organossolos ou Gleissolos (Prada-Gamero, 2001).

Os solos indiscriminados de mangue são solos halomórficos desenvolvidos a partir de sedimentos marinhos e fluviais com presença de matéria orgânica e que ocorrem em regiões de topografia plana na faixa costeira sob a influência constante do mar. Sendo as variações destes solos os Gley Húmicos, Gley Pouco Húmicos e os Solos Orgânicos (EMBRAPA, 1978).

De acordo com Sylla et al., 1996 os solos sob a vegetação de mangue são potenciais SAS, ou seja, solos hidromórficos constituídos por materiais que geram acidez depois de efetuada a drenagem

De modo mais genérico, a maioria dos solos característicos de ambientes costeiros sob condições salinas e de inundação permanente são potenciais solos ácidos sulfatados (PSAS), ou seja, solos que oferecem condições ideais para a formação (piritização) e o acúmulo de materiais sulfídricos oxidáveis (pirita - FeS₂) (Fitzpatrick et al., 1999). Este tipo de material se faz presente em

um horizonte sulfúrico diagnóstico para a classificação destes solos como Thionic Fluvisols (FAO-UNESCO), Sulfaquepts (Soil Taxonomy) ou tiomórficos (SBCS).

Guthrie (1985), em um estudo visando a classificação e caracterização destes solos na região dos trópicos os classificou (Soil Taxonomy) como: Tropaquepts e Tropaquents (na África) e Aquepts e Aquepts (na Malásia).

Todas as classes de solos que ocorrem em áreas de manguezais estão associadas à influência marcante da água. Nessas áreas, vários solos podem ocorrer: Areias Quartzosas Marinhas e Podzóis hidromórficos (em terraços arenosos), solos hidromórficos como Gleis e Orgânicos com tiomorfismo e solos Aluviais principalmente da era Cenozóica (Lani, 1998).

Os solos desses ecossistemas, de acordo com Cintrón & Schaeffer (1983), por estarem em ambientes de baixa energia, apresentam predominância das frações mais finas (argila e silte), elevadas quantidades de matéria orgânica e sais solúveis em função do contato com o mar. Devido à decomposição da serapilheira e à saturação pela água, são solos reduzidos de cores acinzentadas a pretas com presença de H_2S . Podem ter vários metros de profundidade sendo fracamente consolidados e semi - fluídos.

A inundações a que são freqüentemente submetidos é responsável por importantes alterações físico-químicas nestes solos. Alterações estas que causam: a queda do potencial redox, o aumento dos valores de pH, mudanças drásticas no equilíbrio de minerais e na dinâmica de elementos como o ferro e o enxofre (Ponnamperuma, 1972).

Em função do alagamento, a taxa de difusão do oxigênio no solo sofre uma diminuição de cerca de 10.000 vezes, tornando-se muito inferior à demanda microbiana para oxidação da matéria orgânica. A decomposição desta passa então a ocorrer através de microorganismos anaeróbios e às custas de outros receptores de elétrons que não o O_2 , seguindo-se a seguinte seqüência termodinâmica: NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , CO_2 (metanogênese), N_2 e H^+ . (Ponnamperuma, 1972; Froelich, 1979; Schulz, 2000).

De acordo com VallHay & Lacerda (1980), os solos caracterizam-se por apresentar ampla variação nos valores de pH, CTC e capacidade de retenção de água.

Outras duas características marcantes dos solos de mangue, segundo Hill (1981), são os elevados conteúdos de matéria-orgânica e de enxofre presentes. Sendo assim, a combinação da condição anaeróbia, fontes de Fe reativo (via aportes de sedimentos inorgânicos), elevados teores de matéria orgânica com fontes prontamente disponíveis de SO_4^{2-} , faz dos solos de mangue um ambiente propício à ocorrência da redução bacteriana do sulfato a sulfeto e seu conseqüente acúmulo sob a forma de pirita (FeS_2) (Breemen & Buurman, 1998).

O processo acima explicitado, conhecido por piritização, pode ou não passar por etapas onde ocorra a formação de sulfetos de ferro menos estáveis (precursores da pirita), como a greigita e mackinawita, conhecidos por sulfetos ácidos voláteis (AVS). Outros minerais, como a glauconita (ilita dioctaedral com Fe^{2+} e Fe^{3+} nas posições octaedrais) também podem se formar em função das condições geoquímicas presentes nestes ambientes (Fanning et al., 1989).

4.3. Mineralogia e biogeoquímica dos solos de mangue

A composição mineralógica dos solos de mangue apresenta, com frequência, seqüências relativas de minerais de argila correspondentes, principalmente, à montmorilonita > caulinita > illita > clorita (Prakasa & Swamy, 1987).

A glauconita, uma illita dioctaedral com Fe^{2+} e Fe^{3+} nas posições octaedrais (Fanning et al., 1989) e K, Na ou Ca nas intercamadas (Köster, 1982), é um dos argilominerais que pode ser encontrado nos solos de mangue. Formada normalmente em sistemas marinhos de baixa taxa de sedimentação (Amorosi, 1997) e sob condições de temperatura similares às da superfície, este argilomineral apresenta mecanismos de formação que apontam para uma origem pedogenética ou autóctone (Grim, 1968; Rabenhorst & Fanning, 1989; Amorosi, 1997, Kelly & Webb, 1999; Harris & Whiting, 2000).

O ambiente de alteração típico dos manguezais, caracterizado por um meio halomórfico (concentrado em sais e com valores de pH entre 5,0 e 9,6) e hidromórfico (meio não percolante), prioriza um processo salinolítico de alteração que é marcado pela remoção parcial de sílica e bases, permitindo a bissialitização, e conseqüentemente, a formação de argilo-minerais do tipo 2:1 do tipo da glauconita (halmirólise)(Prada-Gamero, 2002).

De um modo geral, a presença de fontes de Fe, K, Al e Si é essencial para a formação de argilominerais desta natureza além de ambientes parcialmente redutores (Kelly & Webb, 1999) ou situados na interface sedimento-água do mar (Hillier, 1995).

A glauconita pode estar associada a concentrações de pirita em zonas redutoras com alta proporção de ferro ferroso (Fanning et al., 1989). Entretanto, a formação da glauconita acontece antes da formação da pirita, ou seja, sob condições redutoras menos intensas e, portanto, antes de uma significativa redução dos sulfatos (S^0 , $S_2O_3^{2-}$, SO_3^{2-} e S_x^{2-}). Uma vez estabelecidas as condições para a estabilidade da pirita a formação dos minerais glauconíticos é interrompida (Kelly & Webb, 1999; Suits & Arthur, 2000).

A piritização está intimamente ligada aos ciclos biogeoquímicos do enxofre e do ferro nestes ambientes e, de acordo com Breemen & Buurman (1998), envolve: a redução do sulfato a sulfeto pela ação da bactéria redutora do sulfato; a oxidação do sulfeto a dissulfeto e a reação deste com minerais de ferro ferroso.

A redução dos oxidróxidos de ferro, anterior a redução do sulfato, libera cátions Fe^{2+} para a água intersticial os quais podem precipitar na forma de carbonatos, fosfatos e sulfetos ou sofrer nova oxidação a ferrihidrita, lepidocrocita e goetita (Canfield et al., 1993).

A exemplo do ferro, as diferentes espécies de enxofre (S^0 , S-orgânico, S-pirítico, AVS e S-total) irão surgir em função de variações físico-químicas no meio (oxidação – redução) e da atividade microbiana, como mostra a **Figura 1**. Neste ciclo, Odum (1988) destaca a importância do “pool de fluxo rápido”, representado pela roda central na figura citada acima, que mostra a ação dos microorganismos nos processos de oxidação (O) e redução (R) e, conseqüentemente, na formação das diferentes espécies de S.

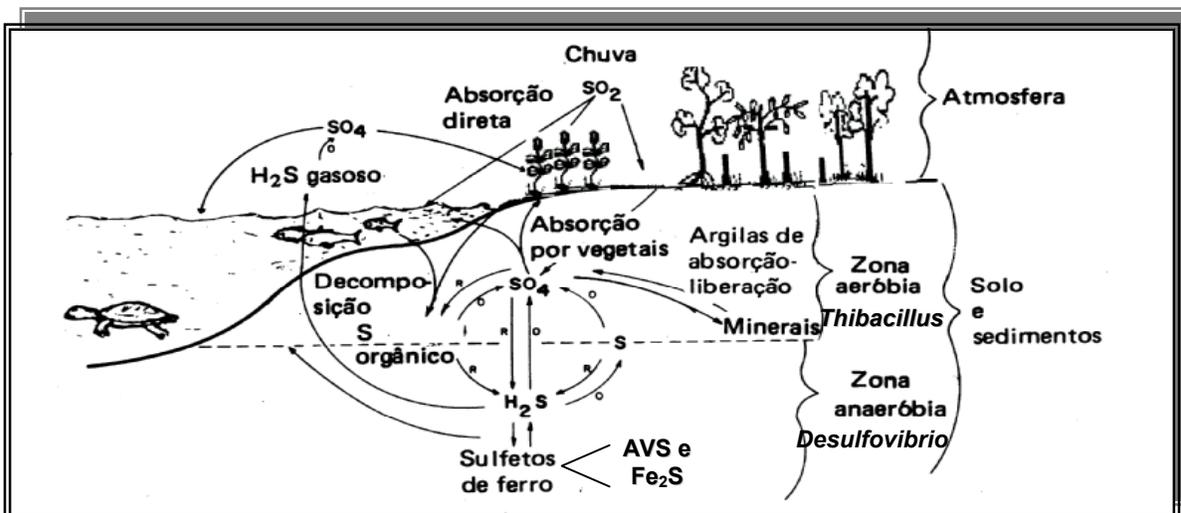


Figura 1. Ciclo biogeoquímico do enxofre (modificada de Odum, 1988).

Fica evidente, portanto, que os ciclos biogeoquímicos do ferro (**Figura 2**) e enxofre se encontram intimamente relacionados, sendo ambos governados por variações físico-químicas do meio em função da amplitude das marés e da sazonalidade.

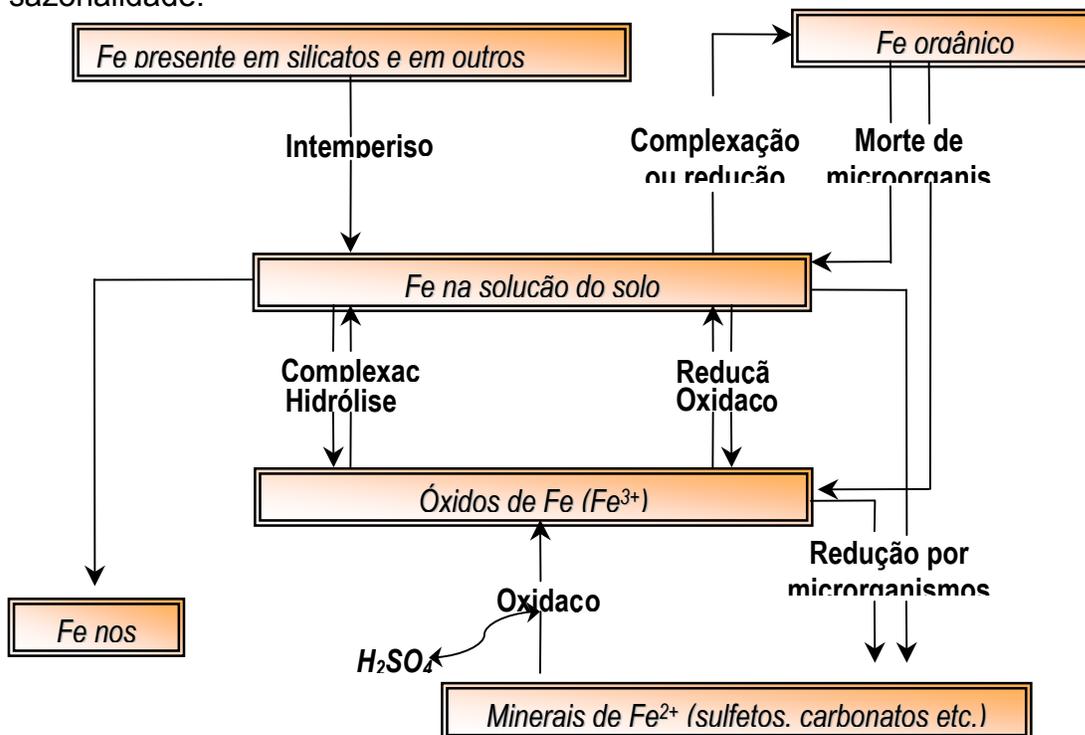


Figura 2. Ciclo biogeoquímico do ferro (modificada de Murad & Fisher, 1985).

5. OBJETIVOS

1. Detalhar o comportamento biogeoquímico do ferro e do enxofre em função de variações temporais (diferentes estações climáticas) e da profundidade, assim como a ação de outros fatores (carbono orgânico dissolvido) na dinâmica desses elementos.
2. Determinar quais minerais e espécies de ferro e enxofre predominam no solo nas diferentes estações do ano e sob quais condições geoquímicas.
3. Determinar sob quais ambientes biogeoquímicos se encontram os minerais para deste modo predizer as condições necessárias a sua estabilidade e formação.
4. Fazer uso de ferramentas estatísticas para se avaliar o efeito da variabilidade temporal sobre o ambiente de alteração geoquímico de cada compartimento fisiográfico do manguezal.
5. Aprofundar os conhecimentos sobre gênese dos solos de mangue.

6. PLANO DE TRABALHO E CRONOGRAMA

- Obtenção de amostras semi-deformadas em tubos de policarbonato (5 cm x 50 cm) em cada compartimento fisiográfico do manguezal (transição mangue – restinga, bosque *Rhizophora*, bosque *Laguncularia*, franja ocupada por *Spartina*) além da obtenção de amostras do leito do rio (amostrador tipo XXXXX). As amostras serão obtidas mensalmente sempre nos mesmos locais, para se evitar variações espaciais.
- Transporte das amostras no sentido vertical e sob refrigeração (4°C), para posterior estratificação nas profundidades de 0-1, 1-2, 2-3, 3-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30 cm e então congeladas para posterior análise.
- Extração da água intersticial a partir de amostras descongeladas a 4°C. Para isso, uma porção da amostra (35ml) será extraída sob fluxo de nitrogênio segundo a metodologia proposta por Roden & Tuttle (1993).
- Retirada de amostras semi-deformadas com o amostrador para solos inundados nas profundidades 0-20, 30-50 e 60-80 cm para análises físicas e químicas de rotina para fins de levantamento.
- Início dos procedimentos analíticos.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Se estenderá por um período de 3 anos, a partir de Julho de 2002 até Julho de 2005, conforme mostrado abaixo:

ATIVIDADES	2002			2003			2004			2005		
	Jul- Ago	Set- Out	Nov- Dez	Jan- Abr	Mai- Ago	Set- Dez	Jan- Abr	Mai- Ago	Set- Dez	Jan- Abr	Mai- Ago	Set- Dez
<i>Revisão de bibliografia</i>												
<i>Visitas preliminares e definição dos padrões de amostragem</i>												
<i>Amostragens definitivas</i>												
<i>Análise granulométrica e química de rotina</i>												
<i>Especiação do Ferro</i>												
<i>Especiação do S</i>												
<i>Análise química de teores totais e COD</i>												
<i>Análise mineralógica</i>												
<i>Tratamento estatístico dos dados</i>												
<i>Revisão de bibliografia</i>												
<i>Redação de artigos e tese</i>												

7. MATERIAL E MÉTODOS

7.1. Localização Geográfica da área de estudo

A área de estudo está localizada no litoral sul do estado de São Paulo, na Ilha do Cardoso, situada no município de Cananéia, entre os paralelos 25°03'05" - 25°18'18" e os meridianos 47°53'48" - 48°05'42", (**Figura3**), a 280 km da capital. Consiste na floresta de mangue do rio Ipaneminha e na vegetação de restinga adjacente a esta. A área encontra-se inserida no Complexo-Estuarino-Lagunar de Iguape e Cananéia. Esta região consiste em um dos setores que compõem a Planície Lagunar de Iguape/Cananéia situada entre a barra do rio Ribeira e o canal Arapira, na divisa do Estado do Paraná onde predomina a sedimentação marinha, responsável pela formação de canais, braços de mar e o emaranhado de ilhas. (Ivanauskas, 1997).

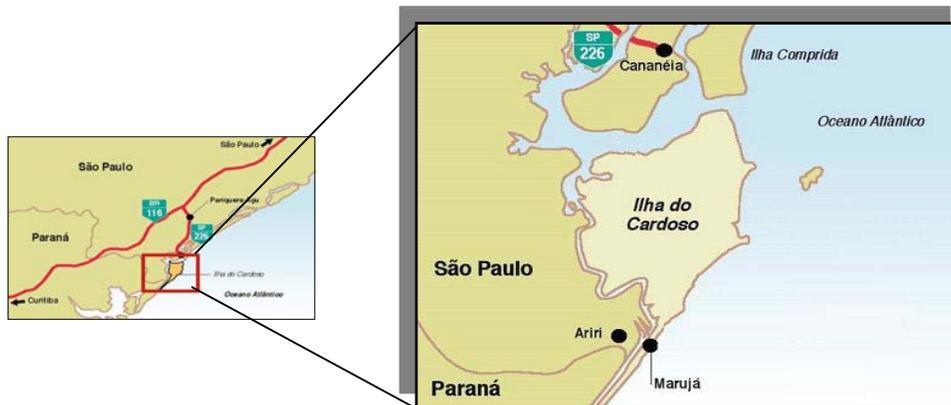


Figura 3. Localização geográfica da Ilha do Cardoso.

7.2. Evolução, geomorfologia e geologia da região

O litoral paulista, do ponto de vista geomorfológico, pode ser subdividido em quatro compartimentos distintos: planícies costeiras de Cananéia/Iguape, Itanhaém/Santos, Bertioga/Ilha de São Sebastião e Caraguatatuba/Ubatuba. Dentro deste contexto, a Ilha do Cardoso se encontra ocupando a porção meridional da planície costeira de Cananéia/Iguape, delimitada (a nordeste e sudoeste) pelo embasamento cristalino e cobrindo uma área de aproximadamente 2.500 km². A geologia da ilha é de rochas pré-cambrianas metamórficas (filitos, micaxistos, migmatitos e gnaisses) e de sedimentos quaternários localizados em suas bordas ao longo do canal de Ararapira (**Figura 4**) (Suguio & Tessler, 1992; São Paulo, 1990).

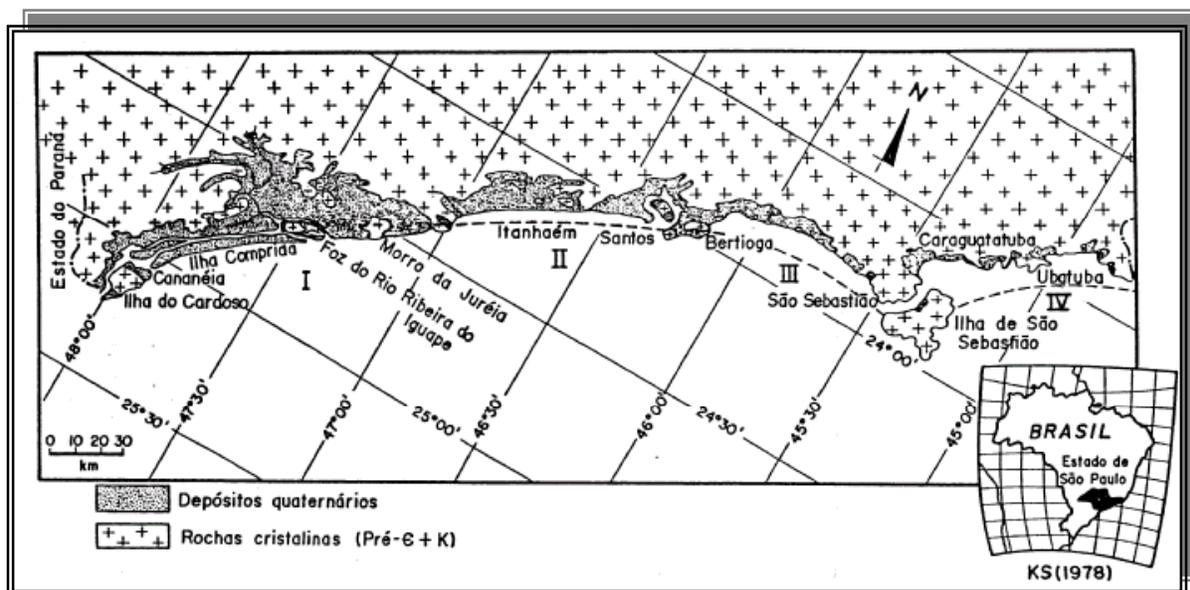


Figura 4. Geologia e compartimentação geomorfológica das planícies costeiras do Estado de São Paulo (Sugiuo & Tessler, 1992).

A planície costeira Cananéia/Iguape, e outras presentes na costa brasileira são o resultado de flutuações do nível do mar e alterações paleoclimáticas. Até cerca de 5.150 anos A.P., a maior parte da costa brasileira se encontrava submersa devido à Última Transgressão (Transgressão Santos). Esta ocasionou a formação de extensos sistemas lagunares, geralmente preenchidos por sedimentos areno-argilosos e ricos em matéria orgânica, em cujas margens se encontram hoje os depósitos de manguezal (Sugiuo et al., 1985).

7.3. Clima

A região de estudo, localizada abaixo da área definida pelos trópicos, apresenta características típicas de subtropicalidade. As temperaturas médias oscilam entre 21° - 22°C e 17° - 20°C para as baixadas e escarpas da Serra do

Mar, respectivamente, sendo os meses mais frios marcados por temperaturas mínimas absolutas de 10°C e os mais quentes por máximas absolutas de 35°C. Quanto a pluviosidade, os valores totais anuais de chuva variam de 1.700 a 2.000mm sendo o mês de fevereiro o mais chuvoso (médias de 250 a 400mm) e julho o menos chuvoso (médias de 100 a 150mm). Sendo, segundo Köeppen, o clima da região do tipo Cfa, mesotérmico úmido sem estação seca definida (São Paulo, 1990; Sztutman, 2000).

7.4. Métodos Analíticos

7.4.1. Amostras de 0-20, 30-50 e 60-80 cm

- Determinação de pH e Eh no momento da coleta nas amostras de 0-20, 30-50 e 60-80 cm por meio de equipamento portátil.
- Eliminação de sais solúveis para posterior análise química de rotina para fins de levantamento (granulometria, química) (EMBRAPA, 1997).
- Determinação da condutividade elétrica (CE), no extrato de saturação (EMBRAPA, 1997) para estimativa de salinidade.
- Teste para constatação da presença de materiais sulfídricos segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1999).
- Determinação do pH de oxidação segundo a metodologia proposta por Konsten et al. (1988) (citados por Otero et al., 2000).
- Análise mineralógica das frações argila, silte e areia por meio de um difratômetro de raios-X sendo as amostras preparadas segundo a metodologia proposta por Jackson (1969).

- Obtenção de imagens em microscópio eletrônico de varredura (MEV) juntamente com a microanálise de raios-X por espectrometria de energia dispersiva (EDS) (Souza-Santos, 1989).

7.4.2. Amostras de solo estratificadas e água intersticial

- Determinação das espécies de S (S^0 , $S_{\text{ORGÂNICO}}$, S_{SO_4} e $S_{\text{PIRÍTICO}}$), na água intersticial e no solo segundo as metodologias propostas por Fortin et al. (1993) e Huerta-Diaz & Morse (1990).
- Determinação do Fe_{AMORFO} (ferridrita) por meio da extração com oxalato ácido de amônio 0,2 M a pH 3,0 no escuro (EMBRAPA, 1997).
- Determinação do $Fe_{\text{TROCÁVEL}}$ através de extração com DTPA e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1997).
- Determinação de óxidos de ferro livre via extração com CBD e posterior leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1997).
- Determinação de sulfetos ácidos voláteis (AVS) através do método de Kostka & Luther (1994). De acordo com este método, o sulfeto da fração AVS é volatilizado (a H_2S), a partir de amostras previamente deaeradas com N_2 , por meio de HCL 6N. O gás é conduzido via fluxo de nitrogênio para frascos contendo acetato de Zn. A concentração de sulfetos é então determinada por meio colorimétrico (espectrofotômetro do UV – visível) (Cline, 1969).
- Cálculo do Fe-AVS assumindo-se a relação S:Fe de 1:1 (Kostka & Luther, 1994).
- Determinação de Fe-cristalino através do cálculo (Kostka & Luther, 1994):

$$\text{Fe}_{\text{CRISTALINO}} = \text{Fe}_{\text{CBD}} - (\text{Fe}_{\text{-AMORFO}} + \text{Fe}_{\text{AVS}})$$

- Determinação do Fe_{PIRÍTICO} pelo método da extração seqüencial proposto por Huerta-Díaz & Morse (1992).
- Determinação de teores totais de Fe, Al, Si, Ti e Mn através de digestão com água régia + HF e aquecimento em microondas - CEM (Chen & Ma, 2001) para posterior análise dos extratos por espectrometria ótica de emissão atômica com fonte de plasma (ICP-OES).
- Determinação de C e S total via combustão seca em Analisador de Carbono *Leco*.
- Determinação de carbono orgânico dissolvido através de combustão (680 °C) em analisador elementar com um catalizador de platina e um detector de CO₂ (Michael et al., 1999).

8. FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em função de uma amostragem em diferentes períodos sazonais os resultados serão analisados de modo a se determinar qual o efeito da variabilidade temporal e da profundidade sobre as condições biogeoquímicas do solo, os minerais e as espécies de ferro e enxofre.

As análises descritas no item 7.4.1 fornecerão os dados necessários para a classificação e estudo mineralógico detalhado dos solos do rio Ipaneminha.

Os valores de pH, Eh e CE serão utilizados juntamente com as análises do item 7.4.2 para caracterizar as condições geoquímicas existentes na área de estudo. Este tipo de informação, cruzada com resultados das análises

mineralógicas (DRX e MEV) e teores totais permitirá se obter diagramas de estabilidade dos minerais encontrados. Além disso, com estes dados espera-se elucidar sob quais formas as espécies de Fe e S analisadas estão presentes no solo o que permitirá um panorama das condições de biogeoquímicas do ambiente e da dinâmica desses elementos no solo nas diferentes épocas do ano.

As diferenças sazonais nas concentrações das espécies de Fe e S e da concentração de COD serão determinadas por uma análise de variância (ANOVA) não-paramétrica (Teste de Kruskal – Wallis) utilizando-se o software SYSTAT 5.0 (Systat, 1992).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMOROSI, A. Detecting compositional, spatial, and temporal attributes of glaucony: a tool for provenance research. **Sedimentary Geology**. v. 109, p.135-153, 1997
- BREEMEN, N.V. & BUURMAN,P. **Soil Formation**. Kluwer: Netherlands, 1998. 376p.
- CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la ecología del manglar**. Montevideo, Uruguay: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe, 1983. 109p.
- CHEN, M.; MA, L.Q. Comparison of three aqua regia digestion methods for twenty Florida soils. **Soil Science Society of América Journal**. v.65, p.491-499, 2001.
- COMISSÃO NACIONAL INDEPENDENTE SOBRE OS OCEANOS **O Brasil e o mar**: relatório dos tomadores de decisão do país. Rio de Janeiro: CNIO, 1998. 408p.
- DINERSTEIN, E.; OLSON, D.M.; GRAHAM, D.; WEBSTER, A.; PRIMM. S.; BOOKBINDER, M.; LEDEC, G. **A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean**. World Bank and World Wildlife Foundation. Washington, DC: WWF, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA DE SOLOS. SNLCS **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo**. Boletim Técnico no. 45. Rio de Janeiro, 1978. p370 – 379.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. Embrapa-CNPS, 2. ed. rev. atual Rio de Janeiro. 212 p. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA DE SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FANNING, D.S; KERAMIDAS, V.Z.; EL-DESOKY, M.A. Micas. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B (Ed.) **Minerals in soils environments**. 2.ed. Madison: SSSA, 1989. p.551-634

FITZPATRICK, R.W.; HICKS. W.S.; BOWMAN, G.M. **East Trinity Acid Sulfate Soils Part 1: Environmental Hazards**. Queensland: CSIRO Land and Water, 1999. 77p.

FORTIN, D., LEPPARD, G.G., TESSIER, A. Characteristic of lacustrine diagenetic iron oxyhydroxides. **Geochim. Cosmochim Acta**. V.57, p.4391-4404, 1993.

FROELICH, P.N.; KLINKHAMMER, G.P.; BENDER, M.L.; LURDTKE, N.^a; HEATH, G.R.; CULLEN, D.; DAUPHIN, P.; HAMMOND, D.; HARTMAN, B.; MAYNARD, V. Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the

eastern equatorial Atlantic: Suboxic diagenesis. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. V.43, p.1075-1090, 1979.

GRIM, R.E. **Clay mineralogy**. 2.ed. Chicago: McGraw-Hill, 1968. 596p.

GUTHRIE, R.L. Characterizing and classifying wetland soils in relation to food production. In: **Wetland soils: characterization, classification and utilization**. Los Baños, Laguna, Philippines:IRRI,1985. p.11-20.

HARRIS, L.C.; WHITING, B.M. Sequence-stratigraphic significance of Miocene to Pliocene glauconite-rich layers, on-and offshore of the US mid-atlantic margin. **Sedimentary Geology**. v. 134, p.129-147, 2000.

HILL, D.E. Soils in tidal marshes of northeast. **Soil Science**. v.133, n.5, p.298-304, 1982.

HILLIER, S. Erosion, sedimentation and sedimentary origin of clays. In: VELDE, B. (Ed.) **Origin and mineralogy of clays: clays and de environment**. Berlin: Springer, 1995. cap.4, p.162-214

HUERTA-DIAZ, M.A., MORSE, J.W. A quantitative method for determination of trace metal concentrations in sedimentary pyrite. **Mar.Chem.** v.29, p.119-114, 1990.

HUERTA-DIAZ, M.A., MORSE, J.W. Pyritization of trace metals in anoxic marine sediments. **Geochim. Cosmochim. Acta** v.56, p.2681-2702, 1992.

IVANAUSKAS, N.M. Caracterização florística e fisionômica da floresta atlântica sobre a formação Pariquera-Açu, na zona da murraria costeira do Estado de São Paulo. Campinas, 1997. Dissertação (M.S.) – Universidade Estadual de Campinas.

JACKSON, M.L. (Ed.) **Soil chemical analysis: a advanced course**. Madison: Chapman & Hall, 1969. 894p.

KELLY, J.C.; WEBB, J.A. The genesis of glaucony in the Oligo-Miocene Torquay group, southeastern Australia: petrographic and geochemical evidence. **Sedimentary Geology**. v. 125, p. 99-114, 1999.

KÖSTER, H.M. The crystal structure of 2:1 layer silicates. In: VAN OLPHEN, H.; VENIALE, F. (Ed.) **Proceedings International Clay Conference**. Bologna-Pavia: Elsevier, 1981. p.41-72.

KOSTKA, J.E., LUTHER, G.W. Partitioning and speciation of soil phase iron in saltmarsh sediments. **Geochim. Cosmochim. Acta**. v.58, p.1701-1710, 1994.

LACERDA, L.D. Manguezais: florestas de beira-mar. **Ciência Hoje**, v.3, n.13, p.63-70, julho/agosto 1984.

LANI, J.L. Delatas dos rios Doce e Itapemirim; solos, com ênfase nos Tiomórficos, água e impacto ambiental do uso. Viçosa, M.G., 1998. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. 169p

LEPSCH, I.F.; SAKAI,E.; AMARAL, A.Z. **Levantamento pedológico de reconhecimento semidetalhado da Região do Rio Ribeira do Iguape no Estado de São Paulo**. Campinas: SAA/IAC,1983. Folha SG.23-V-A-IV-2, Escala 1:100.000.

LIMA, F.A.M.; COSTA, R.S. Estudo preliminar das áreas de manguezais no estado do Ceará: área principais de ocorrência na faixa costeira de 38°36'W – 41°15'W. **O Solo**, v.67, p.10-12, Jun./Nov. 1975.

MACKEY, A.P.; MACKAY, S. Spatial distribution of acid-volatile sulphide concentration and metal bioavailability in mangrove sediments from the Brisbane river, Austrália. **Environmental Pollution**. v.93, n.2, p.205-209, 1996.

MACIEL, N.C. Alguns aspectos de ecologia do manguezal. In: CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS, 3.,Recife, 1991. **Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste**. Recife: Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos, 1991. P.9-37.

MENEZES, L.F.T. A riqueza ameaçada dos mangues. **Ciência Hoje**, v.27, n.158, p.63-67, Março 2000.

MICHAEL, L.P.; PAUL K.; WESTERHOFF M.; LARRY B. **Transformations in dissolved organic carbon through constructed wetlands**. *Wat. Res.* V. 34, n. 6, p. 1897-1911, 2000.

MURAD, E.; FISHER, W.R. The geobiochemical cycle of iron. In: STUCKI, J.W.; GOODMAN, A.; SCHWERTMANN, U. (Eds.) **Iron in soils and clay minerals**. Bad Windsheim, 1985. cap.1, p.1-19.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Trad. de R.I. Rios e C.J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.

OTERO.X.L.; MACIAS, F. Variation with depth and season in metal sulfides in salt marsh soils. **Biogeochemistry**. (no prelo), 2002.

OTERO.X.L. Biogeoquímica de metais pesados em ambientes sedimentários marinhos. Santiago de Compostela, 2000. 308p. Tesis (D.R.) – Universidad de Santiago de Compostela.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soil. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.29-96, 1972.

PRADA-GAMERO, R.M. Mineralogia, físico-química e classificação dos solos de mangue do Rio Iriri no canal de Bertioga (Santos, SP). Piracicaba, 2001. 76p. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PRADA-GAMERO, R.M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T.O. Mineralogia, físico-química dos solos de mangue do Rio Iriri no canal de Bertioga (Santos, SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. (no prelo), 2002.

PRAKASA, R.M.; SWAMY, A.S.R. Clay mineral distribution in the mangrove of the Godavari delta. **Clay Research**, v.6, n.2, p.81-86, 1987

RABENHORST, M.C; FANNING, D.S. Pyrite and trace metals in glauconitic parent materials of Maryland. **Soil Science Society of America Journal**, v.53, n.6, p.1791-1797, 1989.

RODEN, E.; TUTTLE, J.H. Inorganic sulfur cycling in mid and lower Chesapeake Bay sediments. **Marine Ecology**. v.93, p.101-118.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Divisão do Planejamento do Litoral. **Macrozoneamento do complexo estuarino-lagunar de Iguape e Cananéia: plano de gerenciamento costeiro**. São Paulo, 1990. 158p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezais Brasileiros. São Paulo, 1991. 42p.
Tese (Livre-Docência) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha**. São Paulo: IO/USP, 1999. 56p.

SHULZ, H.D. Redox Measurements in Marine Sediments. In: SCÜRING, J.; SHULZ, H.D.; FISCHER, W.R.; BÖTTCHER, J.; DUIJNISVELD, W.H.M. (Eds.) **Redox: Fundamentals Processes and Applications**. Berlin: Springer, 2000. cap.19, p.235-246.

- SILVA, H.P.; MATTOS, J.T. Utilização do sensoriamento remoto na análise do meio físico visando a avaliação de áreas degradadas. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Pernambuco, 1999. **Anais**. Pernambuco: CFETP, 1999. p.1-7.
- SOUZA-SANTOS, P. **Ciência e tecnologia das argilas**. São Paulo: EDUSP, 1989. 1089P.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L., FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. Flutuações do nível do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v.15, n.4, p.273-286, agosto 1985.
- SUGUIO, K.; TESSLER, M.G. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). **Publicação Especial Instituto Oceanográfico**, n.9, p.1-33, 1992.
- SUITS, N.S.; ARTHUR, M.A. Sulfur diagenesis and partitioning in holocene Peru shelf and upper slope sediments. **Chemical Geology**. v.163, p.219-234, 2000
- SYLLA, M.; STEIN, A.; MENSVOORT, M.E.F. van; BREEMEN, N. van. Spatial variability of soil actual and potential acidity in the mangrove agroecosystem of west Africa. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.60, p.219-229, 1996.

SYSTAT(1992) SYSTAT for Windows. 5Th ed. Systat Evanston, IL.

SZTUTMAN, M. O mosaico vegetacional da Planície Litorânea de Cananéia/Iguape e suas relações com o ambiente: um estudo de caso do Parque Estadual da Campina do Encantado, Pariquera-Açu (SP). Piracicaba, 2000. Dissertação (M.S.) – Universidade Estadual de São Paulo.

VALLHAY, J.; LACERDA, L.D. Alterações nas características do solo após a fixação de *Neoregelia cruenta* (R. Gran) L. Smith (Bromeliaceae), em um ecossistema de restinga. *Ciência e Cultura*, v.32, p.863-867, 1980. Piracicaba, 11 de Dezembro de 2000.

YOKOYA, N. S. Distribuição e origem. In: SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (Ed.) **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. cap.2, p.9-12.

