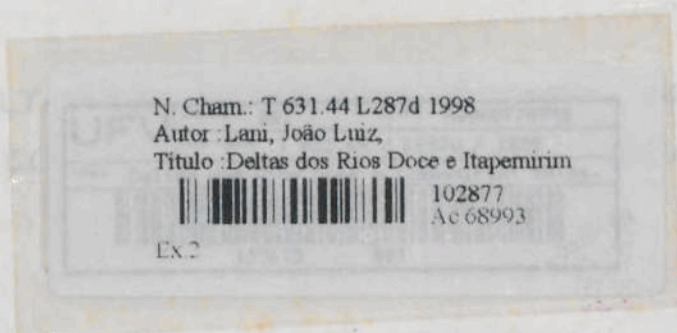


BBT-UFV AC 68993
ID 102877

JOÃO LUIZ LANI



**DELTAS DOS RIOS DOCE E ITAPEMIRIM: SOLOS,
COM ÊNFASE NOS TIOMÓRFICOS, ÁGUA E
IMPACTO AMBIENTAL DO USO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Doctor Scientiae"

BIBLIOTECA CENTRAL
- UFV -

137.673

13.04-98

T
631.44
L287d
-1998
ex. 2.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JANEIRO - 1998

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

L287d
1998

Lani, João Luiz, 1955-

Deltas dos Rios Doce e Itapemirim: solos, com ênfase nos tiomórficos, água e impacto ambiental do uso / João Luiz Lani. – Viçosa : UFV, 1998.
169p. : il.

Orientador: Sérvulo Batista de Rezende
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

1. Solos - Classificação. 2. Solos tiomórficos. 3. Solos hidromórficos. 4. Solos orgânicos. 5. Solos - Fertilidade. 6. Ecossistema. 7. Doce, Rio (ES) - Delta. 8. Itapemirim, Rio (ES) - Delta. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 631.44

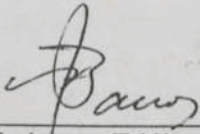
CDD 20.ed. 631.44

JOÃO LUIZ LANI

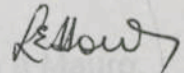
**DELTAS DOS RIOS DOCE E ITAPEMIRIM: SOLOS,
COM ÊNFASE NOS TIOMÓRFICOS, ÁGUA E
IMPACTO AMBIENTAL DO USO**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Solos e
Nutrição de Plantas, para obtenção
do título de "Doctor Scientiae"

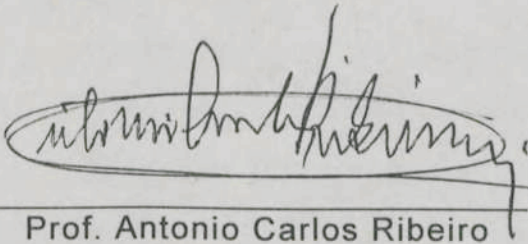
APROVADA: 23 de setembro de 1997



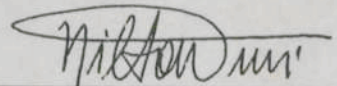
Prof. Nairam Félix de Barros
(Conselheiro)



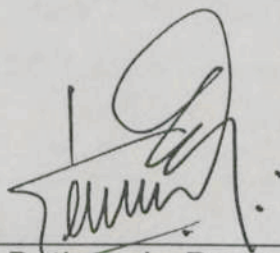
Prof. Luiz Eduardo F. Fontes



Prof. Antonio Carlos Ribeiro



Prof. Nilton Curi



Prof. Sérvulo Batista de Rezende
(Orientador)

AGRADECIMENTO

À Lili e Anny com muito carinho.

À mamãe, Olinda Guerra Lani, "*in memoriam*", que nos deixou ao longo dessa caminhada, apesar do seu grande esforço pela vida; ao papai, Carlos Lani.

Aos meus queridos familiares.

Aos amigos Professores Sérvulo e Mauro.

Aos amigos que em muito nos ajudaram naquela terra longínqua, Leandro, Adela e Lucas Freitas; Prof. Nicholas Camerford; Larry Schwanduz; Jadir Ross e família que tornaram os meses ali vividos muito agradáveis e saudáveis.

Aos colegas e amigos do Departamento de Solos/UFV Júlio César, Jaime Wilson, Walter Abraão, Jairo de Oliveira, Claudio Brustolini, Renato Viana, Sebastião Geraldo (Tãozinho) e Marcos Godoy que em muito me auxiliaram com sua presteza e atenção.

A Carla Eloisa Bayosa Campos e Renato B. de Godoy que fizeram muito além com sua presteza e constante atenção.

AGRADECIMENTO

Aos Conscelheiros que, na esbedoria e no discernimento, contribuíram em muito para o aprimoramento desse trabalho e para a minha formação profissional.

A Deus, na pessoa do Senhor Jesus Cristo, pela sua bondade, conforto nos momentos difíceis e pelas orações respondidas, nas minhas constantes necessidades.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos por proporcionar-me condições para a realização do Curso.

À COMISSÃO FULBRIGHT, na pessoa de Clayna Braga e Dr. Marco Antônio Rocha, e ao CNPq pela bolsa de estudo que me proporcionou o complemento do treinamento na University of Florida e pela confiança depositada.

Aos Professores Sérvulo Batista de Rezende e Mauro Resende pelas orientações recebidas, pelo companheirismo, pela amizade, pelo incentivo e pela paciência, que Deus os recompense bem como as suas respectivas esposas, Maria Aparecida Rezende e Marília Resende.

À EMCAPA, na pessoa do mano José Antônio Lani que muito me ajudou; à Petrobrás na pessoa de Dr. Eros Braga; e à Aracruz Florestal, o nosso mais sincero agradecimento.

Ao Soil and Water Science Department na pessoa do Dr. Jerry B. Sartain pela co-orientação, pelo apoio e incentivo.

Aos amigos que em muito nos ajudaram naquela terra longínqua, Leandro, Arlete e Lucas Freitas; Prof. Nicholas Camerford; Larry Schwandes; Jadir Rosa e família que tornaram os meses ali vividos muito agradáveis e saudosos.

Aos colegas e amigos do Departamento de Solos/UFV Júlio César, Jaime Wilson, Walter Abraão, Jairo de Oliveira, Cláudio Brustolini, Renato Viana, Sebastião Geraldo (Tãozinho) e Marcos Godoy que em muito me auxiliaram com sua presteza e atenção.

A Carla Eloisa Bavose Campos e Renato B. de Godoy que fizeram muito além, com sua presteza e constante atenção.

Aos Conselheiros que, na sabedoria e no discernimento, contribuíram em muito para o aprimoramento desse trabalho e para a minha formação profissional.

A Dr^a Maria das Graças Almeida, uma grande amiga, não somente pela revisão de português.

Ao Sebastião de Souza Garcia e Ilda R. Garcia e seus familiares, que mesmo de longe, muito fizeram.

À Coordenação da Pós-Graduação na pessoa do Prof. Liovando Marciano da Costa pela ajuda e compreensão recebida.

A José Roberto e Rita pela ajuda na editoração desse trabalho.

A você, que por uma falha, esqueci de agradecer, peço perdão, que Deus o recompense.

BIOGRAFIA

JOÃO LUIZ LANI, filho de Carlos Lani e Olinda Guerra Lani, nasceu em São João de Petrópolis, Santa Teresa, Espírito Santo, em 7 de junho de 1955.

Em 1973, concluiu o curso de técnico agrícola no Colégio Agrícola de Santa Teresa e, posteriormente, trabalhou até 1976 na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Espírito Santo (EMATER-ES).

De 1977 a 1980 cursou Agronomia na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). De 1981 a 1988 esteve trabalhando na UFES, sendo que de 1984 a 1987 cursou o Mestrado na Universidade Federal de Viçosa (UFV). A partir de 1988 foi transferido para o Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Em 1993, iniciou o curso de Doutorado na Universidade Federal de Viçosa no sistema "sandwich" com o Soil and Water Science Department da University of Florida.

No período cursado no exterior, dezembro de 1995 a dezembro de 1996 foi bolsista da Comissão Fulbright/CNPq.

2.1.7.3. Des	12
2.1.7.4. Salinidade	12
2.1.8. O arroz e os solos sulfatados ácidos	13
2.1.9. Problemas ambientais	14

3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Descrição geral da área	15
3.1.1. Localização	15
3.1.2. Histórico	16
3.1.3. Aspectos geológicos e geomorfológicos	23
3.1.4. Vegetação	40
3.1.5. Clima	47
3.2. Campo	48
3.2.1. Observações de campo e coleta de amostras de solo	48
3.3. Análises de laboratório	50
3.3.1. Análises físicas	50
3.3.2. Análises químicas	51
3.3.3. Análises Mineralógicas	52
3.3.4. Análises micromorfológicas	52
3.3.5. Água	52
3.3.6. Isolamento de opalas biogênicas e a sua identificação	54

CONTEÚDO

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	Página
EXTRATO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Solos tiomórficos ou solos sulfatados ácidos (SSA)	4
2.1.1. Significância do problema	4
2.1.2. Ocorrência	6
2.1.3. Identificação	7
2.1.4. Acumulação de pirita	8
2.1.5. Desenvolvimento dos solos sulfatados ácidos	8
2.1.6. Condições de desenvolvimento das plantas	9
2.1.7. Toxidez	11
2.1.7.1. Alumínio	11
2.1.7.2. Ferro	11
2.1.7.3. H ₂ S	12
2.1.7.4. Salinidade	12
2.1.8. O arroz e os solos sulfatados ácidos	13
2.1.9. Problemas ambientais	14

3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Descrição geral da área	15
3.1.1. Localização	15
3.1.2. Histórico	16
3.1.3. Aspectos geológicos e geomorfológicos	23
3.1.4. Vegetação	40
3.1.5. Clima	47
3.2. Campo	48
3.2.1. Observações de campo e coleta de amostras de solo	48
3.3. Análises de laboratório	50
3.3.1. Análises físicas	50
3.3.2. Análises químicas	51
3.3.3. Análises Mineralógicas	52
3.3.4. Análises micromorfológicas	52
3.3.5. Água	52
3.3.6. Isolamento de opalas biogênicas e a sua identificação	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1. Plantas	55
4.2. Água	61
4.2.1. Características gerais	61
4.2.2. Classificação das águas	69
4.2.3. Fósforo	72
4.2.4. Equilíbrio químico	75
4.3. Solos	77
4.3.1. Aspectos gerais	77
4.3.2. Toposseqüência - Aluvial ao Orgânico (Fazenda Barra Seca)	85
4.3.3. Queima	92
4.3.4. Parâmetros sedimentológicos	97
4.3.5. Tiomórficos	101
4.3.5.1. Aspectos gerais (Delta do Rio Doce)	101
4.3.5.2. Delta do rio Itapemirim	107
4.3.5.3. pH x inundação (oxi-redução) e calagem	117
4.3.5.4. Critérios classificatórios	122
4.4. Mineralogia	127
4.5. Opalas biogênicas	138
5. RESUMO E CONCLUSÕES	142
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
APÊNDICE	156

EXTRATO

LANI, João Luiz, D.S., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 1998.

Deltas dos rios Doce e Itapemirim: solos, com ênfase nos tiomórficos, água e impacto ambiental do uso. Orientador: Sérvulo Batista de Rezende. Conselheiros: Mauro Resende e Nairam Félix de Barros.

O Delta do rio Doce é uma extensa área de solos que na sua grande maioria foi submetida ao hidromorfismo. Os solos hidromórficos predominam na região do "Vale do Suruaca". Aqueles foram, na sua maioria, drenados pelo DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento, sem maior atenção às conseqüências de uma drenagem excessiva. No delta, ocorrem diversos solos: Areias Quartzosas Marinhas, Gleissolos, Orgânicos, Podzol Hidromórfico, Aluviais e outros. Alguns como, por exemplo, os Gleissolos e Orgânicos podem ser sujeitos ao tiomorfismo. Com o objetivo de identificar esses solos, como eles se relacionam na paisagem; seu uso atual; os efeitos da subsidência dos solos Orgânicos, percorreu-se intensamente a área, coletaram-se amostras de solos, plantas e águas. Estas foram submetidas, conforme a pertinência, a diversas análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas. Maior ênfase foi dada aos solos tiomórficos e, neste particular, incorporaram-se amostras provenientes da Fazenda AGRIL (Riacho - Aracruz, ES), do delta

do rio Itapemirim e de Campos, RJ. Concluiu-se que, sem um planejamento amplo de uso dos solos do delta, de equilíbrio delicado, os danos ecológicos poderão ser desastrosos. A drenagem excessiva e o uso do fogo intensificam a subsidência dos solos Orgânicos. A drenagem tem aumentado a incidência de pragas como o “mofofô” (*Euethiola humilis*, Burm) cujas larvas atacam o sistema radicular das pastagens. São, também, drásticos os efeitos da drenagem nos solos tiomórficos: o abaixamento excessivo do pH da água e, principalmente, do solo elimina toda a vegetação. O “cabeludinho” também conhecido como “beijo de água” e a quaresmeira mirim (*Tibouchina* sp.), são as plantas que resistem, por mais tempo, aos efeitos adversos do baixo pH e dos altos teores de ferro e alumínio. A reinundação por 104 dias, em condições de laboratório, que não foram suficientes para elevar o pH a valores próximos da neutralidade, somente altíssimas aplicações de CaCO_3 elevaram o pH a valores próximos de 6,0, mesmo assim, somente de alguns horizontes ou camadas. Águas transparentes e adstringentes podem servir de critério para identificar solos tiomórficos em condições de campo. O número de caramujos (*Australorbis* sp.), por outro lado, pode servir de critério de identificação das águas eutróficas e estas, por sua vez, podem ser um grande potencial de proliferação da esquistossomose, por fornecerem os elementos necessários à formação das suas conchas. Foram identificadas algumas lagoas próximas à estação da Petrobrás com salinidade e teores de enxofre comparativamente maiores do que os da água do mar, o que leva a crer na contaminação por efluentes de águas servidas industriais. Sugere-se mapear os solos tiomórficos, com urgência, e destiná-los à preservação natural (Classe 6 do Sistema de Aptidão Agrícola das Terras). De fato, nos levantamentos feitos pelo SNLCS e RADAMBRASIL, as áreas de solos tiomórficos foram bastante subestimadas. Estes solos requerem cuidados especiais ao seu manejo, em razão da sua extrema acidez após drenados, o que pode produzir um impacto desastroso ao meio ambiente.

ABSTRACT

LANI, João Luiz, D.S., Universidade Federal de Viçosa, January 1998.

Deltas of Doce and Itapemirim rivers: soils, with emphasis placed on Acid Sulfate Soils (thyomorphic), water and impact in the environment under land use. Adviser: Sérvulo Batista de Rezende. Committee Members: Mauro Resende and Nairam Félix de Barros.

The rio Doce delta is an wide area which the large majority of its soils has been subdued to hydromorphic processes. Hydromorphic soils are dominant in the "Suruaca Valley". Most those soils were lately drained by DNOS with little attention to the excessive drainage consequences. Several soils such as Quartzipsamments, "Gleysols", Histosols, Spodosols, Inceptisols and other are commonly spread out over the delta. Some of them like Gleisols and Organic soils may be subdued to thyomorphic processes. To attain this work the area was intensively travelled for identifying these soils; to realise how they relate among them in the soilscape; which are their present use; to understand the subsidence effects when drained of the organic ones. Physical, chemical, mineralogical and micromorphological analyses were made as they were fitted to a special research purpose. Larger emphasis was placed on the Acid Sulfate Soils (ASS) and as such other soils sites of AGRIL Ranch (Riacho - Aracruz, ES),

Itapemirim river delta and some soil profiles data from Campos city, RJ were also taken to the study. It has been concluded that without a wide planning for soil use in the Doce River delta which has a crytical equilibrium, environmental damage could be disastrous. Excessive drainage and direct fire on to vegetation increase subsidence of organic soils. The actual drainage system has increased a pasture plague known as "mofofô" (*Euethiola humilis*, Burm) which attack the pasture root system. The damage effects in ASS also violent: the intense decrease of the water pH and mostly of the soils pH eliminate the vegetation entirely. "Cabeludinho" known in the area as "mare lip" and a sort of small *Tibouchina* sp. are both resistant plants which endure longer under lower pH, higher aluminum and iron contents. A 104 days flood in laboratory conditions was not sufficient to raise the pH close to neutrality. Only huge lime amounts could rise pH up to values close to 6.0, even though, only in some horizons and layers. Clear and adstringent waters are likely to be used as a criteria for identifying ASS in the field. Snails (*Australorbis* sp.) might also be used as a criteria for identifying eutrophic waters, these, on the other hand, might be an efficient potential for multiplying the esquistossomose disease vectors since the waters contain the elements to make the snail shells. As lagoons close to a petroleum plant (Petrobrás) were found to have more sulphur and salty waters than the sea ones it was inferred that those waters came from industrial outlets. An urgent mapping for the ASS is suggested. These soils should be used as wild life preservation areas (6 class under Brazillian Land Use Capacity System). Actually, the mapped ASS by SNLCS and RADAMBRASIL were underestimated. These soils require especial care for their management since the utmost acidity after drainage might produce dysastrous effects to the environment.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da colonização do Brasil (capitanias hereditárias), há registros, também, da colonização do Delta do rio Doce. A princípio, foram utilizados os solos mais ricos como os Aluviais eutróficos às margens do rio Doce. As maiores dificuldades encontradas, à época, para um maior expansionismo da colonização desta área, foram a presença dos temidos botocudos e, em especial, a febre amarela.

A região consiste de um intrincado de ambientes, com diversas classes de solos, lado a lado, e um sem número de lagoas.

Este estudo objetivou estudar o delta, desde os seus limites com o Grupo Barreiras até o mar, dando-se maior atenção ao "Vale do Suruaca", localizado no norte do delta e a região do Riacho (Fazenda Agril), próximo à cidade de Aracruz.

O "Vale do Suruaca" e a região da Fazenda Agril foram só recentemente desbravadas, em razão de predominar, nelas, solos hidromórficos e a sua drenagem exigia altos investimentos financeiros.

O solo, nessas duas áreas, foi mais intensamente utilizado com pastagens plantadas (brachiaria) e pequenas áreas com arroz (Riacho), a partir do final da década de 60 (1968) com a drenagem promovida pelo Governo Federal, através do Departamento Nacional de Obras e

Saneamento (DNOS), sem uma maior preocupação com as condições de solos e do ambiente em geral. Os princípios básicos que nortearam os trabalhos foram a viabilidade econômica imediata, a retirada da água com a utilização da engenharia e, no que se refere aos fazendeiros, a posse da terra, pois grande parte delas eram terras devolutas.

À exceção do Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Espírito Santo (EMPRESA... - EMBRAPA, 1978) na escala de 1:400.000 e do realizado pelo RADAMBRASIL, (RADAMBRASIL, 1987) na escala de 1:1.000.000, nenhum outro trabalho de mapeamento de solos foi realizado no delta, tão importante nos aspectos ecológicos, quanto no seu delicado equilíbrio.

O "Vale do Suruaca", em particular, apresenta inúmeras lagoas que, muitas vezes, se ligam umas às outras como se fossem vasos comunicantes. A natureza ali apresenta-se como um berçário de peixes, anfíbios e um sem número de pássaros que fizeram desta área hidromórfica o seu último refúgio em toda costa do Estado do Espírito Santo.

Com a drenagem excessiva, uso do fogo e outras práticas nocivas, corre o risco de ser, a longo prazo, uma área irrecuperável. A degradação é intensa e está ocorrendo numa velocidade muito rápida. O elemento humano aí, na sua maioria, são vaqueiros com suas famílias que residem em pequenas casas; os proprietários das terras, na sua grande maioria, residem nas cidades próximas.

Nas grandes fazendas de pecuária, no início, exploram-se as pastagens naturais, posteriormente, plantam o brachiaria. Objetivam, a curto prazo, auferir maiores lucros num custo financeiro menor, daí advém a exploração ambiental e não o seu uso adequado. Exauridos os recursos naturais ou ocorrido o insucesso, as propriedades são vendidas e o capital auferido é transferido para o norte do Brasil, reiniciando-se o ciclo "predatório".

O testemunho de um fazendeiro reflete bem a situação:

"Eu já sei o que está acontecendo, (referia-se à presença dos solos tiomórficos que, com a drenagem, tem o seu pH excessivamente

abaixado o que torna a área inviável para a agricultura); se as terras piorarem, vendo a fazenda e compro uma muito maior no Pará”.

Diante desse desafio, foi elaborado esse trabalho.

A metodologia adotada para a execução foi a de percorrer intensamente a área, coletar amostras de solos, água e algumas plantas para análise, reconstituir o histórico de uso, caracterizar o uso atual e compreender melhor este ecossistema, utilizando-se de mapas, fotos aéreas e oblíquas, imagens de satélite, e entrevistas com alguns proprietários e vaqueiros, que vivem na área.

Deu-se maior atenção aos solos com tiomorfismo e, neste particular, coletaram-se, também, amostras de solos no delta do rio Itapemirim e também em Campos-RJ com objetivo de ampliar-se o conhecimento sobre eles.

Atualmente, o interesse pelos tiomórficos tem aumentado em razão de que, quando drenados, produzem ácido sulfúrico e a revegetação da área torna-se praticamente impossível, além da contaminação da água de superfície e subsuperfície com sérios danos ambientais pela excessiva acidificação.

Este trabalho objetiva, então, responder às seguintes questões:

1. Como identificar os ambientes ali existentes e como eles se relacionam?
2. Quais são os ambientes mais frágeis?
3. Qual é o uso do solo no delta do rio Doce com ênfase na região do “Vale do Suruaca”?
4. Quais as conseqüências deste uso?
5. O ambiente, ali presente, suporta o manejo adotado?
6. Com a queima da matéria orgânica (subsistência), qual o comportamento previsto para o solo subjacente?
7. Será possível recuperar o ambiente tiomórfico?
8. Quais as sugestões para o melhor uso da área?

mas pode-se requerer mais de 100 t/ha¹, o que torna-se inviável economicamente. Além dos aspectos de problemas de incorporação do mesmo. NOVAIS e NEVES (1986), em incubação, chegaram a utilizar equivalente a 60 t/ha¹ de CaCO₃ para elevar o valor de pH de um horizonte tiomórfico (Cg) de 2,2 para 4,4.

A inundação, como por exemplo, com o cultivo de arroz, usualmente, eleva o pH (PONNAMPERUMA, 1972), mas também com isto é possível a toxicidade de ferro e enxofre. Em adição às limitações químicas, há as limitações físicas. Com a drenagem o solo, pode tornar-se cioso. O desenvolvimento radicular pode não atingir a superfície e a reserva de água, na parte subsuperficial do solo, pode não ser aproveitada.

Os solos sulfatados ácidos (SSA) são praticamente o único caso, dentro de solos, onde os problemas são tão severos, que eles podem

2.1. Solos tiomórficos ou solos sulfatados ácidos (SSA)

2.1.1. Significância do problema

Os solos tiomórficos ou sulfatados ácidos (SSA) se desenvolvem como resultado da drenagem de materiais de origem que são ricos em pirita (FeS₂). Eles também são conhecidos como "cat clay" devido ao seu odor desagradável.

A pirita é formada em ambiente de redução, com a presença de matéria orgânica, Fe³⁺ e atividade biológica (*Thiobacillus ferrooxidans*) (RICKARD, 1973). Normalmente, a fonte de enxofre é a água do mar que contém em média 27,10 mg L⁻¹ (DREVER, 1982). Com a drenagem, há a entrada de oxigênio no solo e a pirita se oxida, dando a formação de ácido sulfúrico. O ácido sulfúrico ocorre, onde a produção de ácido excede a capacidade de neutralização do material do solo e, conseqüentemente, há um abaixamento do pH a valores menores do que 4,0 (Equação 1).

Sob estas condições, o desenvolvimento da vegetação é comprometido. O estresse fisiológico é atribuído, principalmente, à toxicidade de alumínio associado a uma deficiência de nutrientes, principalmente, do fósforo. A acidez pode ser corrigida com calcário,

mas pode-se requerer mais de $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, o que torna-se inviável economicamente, além dos aspectos de problemas de incorporação do mesmo. NOVAIS e NEVES (1986), em incubação, chegaram a utilizar equivalente a $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de CaCO_3 para elevar o valor de pH de um horizonte tiomórfico (Cg) de 2,2 para 4,4.

A inundação, como por exemplo, com o cultivo de arroz, usualmente, eleva o pH (PONNAMPERUMA, 1972), mas também com isto é possível a toxidez de ferro e enxofre. Em adição às limitações químicas, há as limitações físicas. Com a drenagem o solo, pode tornar-se coeso. O desenvolvimento radicular pode ficar restrito à superfície e a reserva de água, na parte subsuperficial do solo, pode não ser aproveitada.

Os solos sulfatados ácidos (SSA) são praticamente o único caso, dentre os solos, onde os problemas são tão severos, que eles podem dominar muitos outros aspectos do uso do solo, tais como:

- Trabalhos de engenharia: deve-se observar o tipo de concreto, ferragens, planejamento de estradas, e sistemas de drenagens devido a corrosão;
- Sistema agrícola: inclui a escolha da cultura, doenças, e elevadas quantidades de aplicação de calcário;
- Aspectos econômicos: planejamento social (local e regional);
- Impacto ambiental: eliminação da vegetação e formação de água com valores de pH extremamente baixos.

Na corrosão do concreto, duas situações podem ocorrer (VAN HOLST e WESTERVELD, 1973):

1. A formação de estringita um alumínotricálcio ($3\text{CaOH} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$). Um dos componentes do concreto reage com gesso (CaSO_4) na presença do sulfato. Isto resulta a formação do sulfo-aluminita hidratada ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$). O grande incremento em volume na sua cristalização exerce uma alta pressão no concreto, reduzindo a sua resistência;
2. Sulfato pode causar a formação direta do gesso que também aumenta de volume, embora menos acentuado do que a estringita.

2.1.2. Ocorrência

Os SSA ocorrem em todas as zonas climáticas da Terra (KAWALEC, 1973). São estimados, pelo mapa de solos do mundo pela FAO/UNESCO, em aproximadamente 13 milhões de ha (aproximadamente, três vezes o Estado do Espírito Santo) (BRINKMAN, 1982) (Quadro 1). Sua maior ocorrência é na Zona Tropical. Há probabilidade de ocorrência de uma maior área de materiais sulfatados ácidos cobertos por aluvios ou horizontes orgânicos. A maioria dos SSA ocorrem em áreas da costa em recente ou sub-recente influência marinha. No Brasil, o primeiro trabalho refere-se ao Banhado do Taim (ROQUERO DE LABURU e GARCIA-CASAL, 1973). Eles também ocorrem em regiões de minas de carvão com a presença de materiais piritosos (SOARES, 1994).

Quadro 1 - Distribuição mundial de solos com algum problema (em milhões de ha)

Região	Tiomórficos	Orgânicos	Planosolos	Salinos e sódicos
Ásia e Oriente distante	6,7	23,5	2,7	19,5
África	3,7	12,2	15,9	69,5
América Latina	2,1	7,4	67,2	59,4
América do Norte	0,1	117,8	12,3	16,0
Meio Oeste	0,0	0,0	0,0	53,1
Austrália	0,0	4,1	49,3	84,7
Europa	0,0	75,0	4,0	20,7
TOTAL	12,6	240,0	151,4	322,9

Extraído do mapa de solos do mundo - FAO/UNESCO (BRINKMAN, 1982).

2.1.3. Identificação

A identificação e predição de ocorrência dos SSA são extremamente importantes por razões econômicas e sociais. Em alguns casos, tem havido altos investimentos pelo poder público na drenagem de áreas que tornaram-se impróprias ao uso agrícola, como é o caso de áreas do delta do rio Doce e Paraíba do Sul.

A primeira referência à identificação dos SSA foi de Linnaeus (1735) (Poelman, 1973, citado por BRINKMAN e PONE, 1973) que relatou como argila "vitriolácea", quando trabalhava em classificação de rochas na Holanda.

Valores de pH < 4 sob condições aeróbicas é um fator importante na identificação dos SSA. Este valor de pH é associado à cor amarelo-palha da jarosita e o odor forte do H₂S. Um método satisfatório na identificação dos potenciais SSA é tratar pequenas quantidades de solo com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e, após, medir o valor do pH. Se o pH for menor do que 3,5, há risco extremo de ocorrer a acidificação deste solo, após a drenagem (OSHAY et al., 1990; SEILER, 1992). Eles ocorrem tanto em solos arenosos, orgânicos e argilosos, embora este último seja mais frequente.

Alguns termos e definição utilizados nos SSA:

Solos sulfatados ácidos: é o que apresenta o horizonte sulfúreo.

Horizonte sulfúrico: é composto de material mineral ou orgânico, que após a drenagem artificial, tenha, simultaneamente, pH < 3,5 (H₂O 1:1) e mosqueado de jarosita com matiz 2,5Y ou mais amarelado e croma igual ou maior que 6 (EMPRESA... - EMBRAPA, 1988). A Soil Taxonomy (UNITED... - USDA, 1984) não inclui mais, como característica, a cor (FANNING et al., 1993).

Solos sulfatados pseudo-ácidos: contém um ou mais horizontes com as características de mosqueamento amarelo-palha, típico de sulfatados ácidos, mas não tem o pH < 4, não contém ácidos livres ou mais do que 60% de saturação por alumínio.

A campo os SSA, normalmente estão associados a sedimentos marinhos à vegetação; também tem sido usada extensivamente na identificação e delineamento dos atuais e potenciais solos SSA. Cita-se, como exemplo, *Rhizophora mangle* (América do Sul), ou *Rhizophora racemosa* (Oeste da África). Em áreas de água doce, a combinação de *Imperata brasiliensis*, *Blechum fern*, *Montrichardia arborescens*, *Scleria* e *Rhynchospora ssp.* e *Tabebuia insignis* são comuns nestes ambientes.

2.1.4. Acumulação de pirita

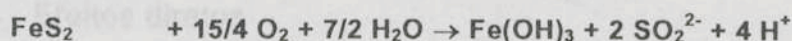
A pirita acumula, em águas estagnadas, sedimentos salinos, onde há presença de matéria orgânica. Bactérias decompõem esta matéria orgânica sob condições anaeróbicas, reduzindo os íons sulfato a sulfito e Fe^{3+} a Fe^{2+} . A principal fonte de sulfato é a água do mar. A pirita, nesta condição, é estável (LINDSAY, 1979). Sob as mais favoráveis condições naturais, a taxa de acumulação de pirita é baixa, na ordem de 10 kg m^{-3} de sedimentos por 100 anos. Isto equivale a 1% de massa seca/100 anos (DENT, 1986).

2.1.5. Desenvolvimento dos solos sulfatados ácidos

Os SSA tornam-se ácidos como um resultado da drenagem. Pirita é estável somente sob condições anaeróbicas; com a entrada do oxigênio tem-se a formação do ácido sulfúrico.

A reação da pirita com oxigênio é um processo lento, mas a pirita é rapidamente oxidada pelo Fe^{3+} em solução. O Fe^{3+} é reduzido a Fe^{2+} , mas o Fe^{3+} é regenerado a partir do Fe^{2+} , pela bactéria *Thiobacillus ferrooxidans*. Esta oxidação catalítica da pirita ocorre somente a $\text{pH} < 4,0$, porque o Fe^{3+} somente é solúvel sob estas condições muito ácidas.

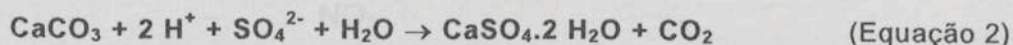
De maneira geral, a oxidação da pirita pode ser representada pela seguinte equação:



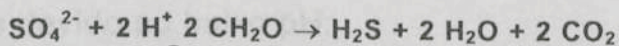
Pirita Oxigênio Fe³⁺ Ácido sulfúrico (Equação 1)
sólida dissolvido coloidal

A acidez elevada dos SSA é responsável pela aceleração do intemperismo ácido dos minerais aluminossilicatos (pH < 4).

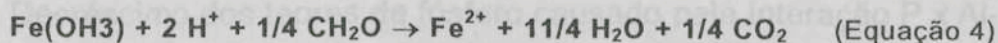
Se carbonatos estão presentes no solo, o que é raro na situação brasileira, ou adicionados, a acidez pode ser neutralizada e há a formação de gesso ou de sulfato de magnésio.



Com a reinundação do solo a acidez diminui (PONNAMPERUMA, 1972), pois ocorrem novamente as condições anaeróbicas e, na presença de matéria orgânica de fácil decomposição, há a redução do Fe³⁺, sulfatos e outras formas oxidadas pelas bactérias anaeróbicas.



Sulfato Matéria orgânica (Equação 3)
dissolvido



A redução da acidez pela reinundação também diminui os níveis de alumínio. Mas pode ocorrer a toxidez por Fe²⁺, H₂S e CO₂.

2.1.6. Condições de desenvolvimento das plantas

Os SSA podem causar problemas físicos, biológicos e químicos para as plantas. RORISON (1973) menciona os seguintes aspectos (Figura 1):

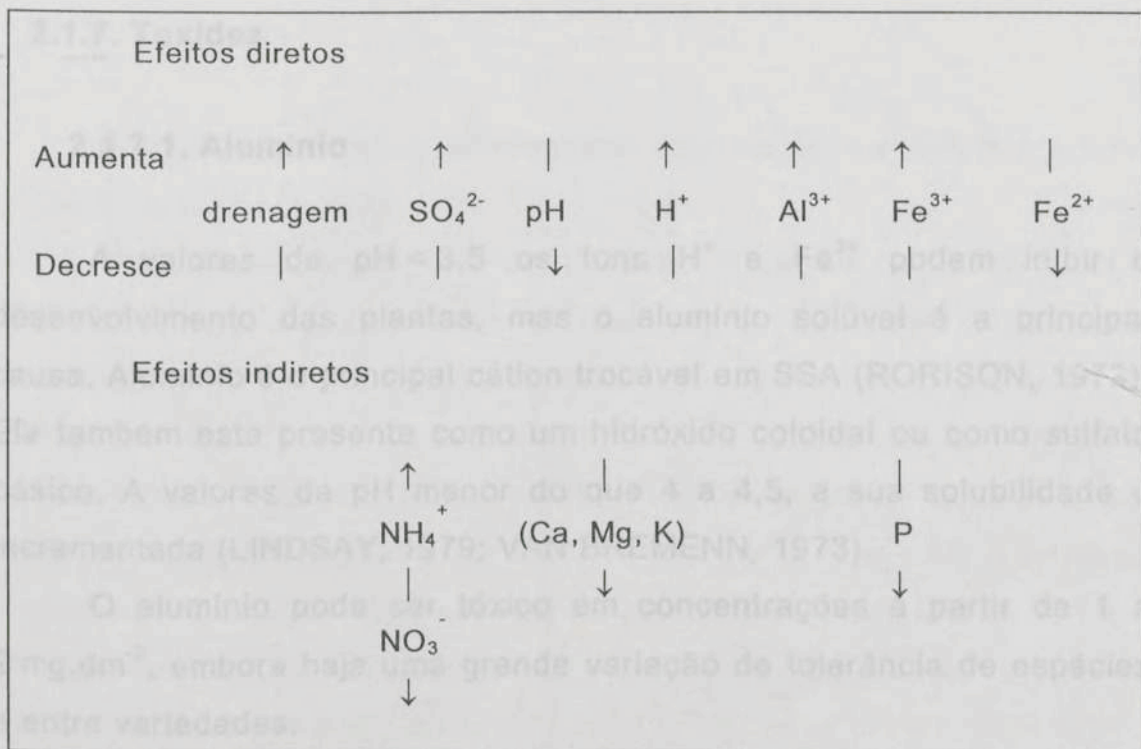


Figura 1 - Alguns efeitos da composição química com a drenagem (Adaptado de RORISON, 1973).

1. Efeitos diretos devido ao baixo pH:

- Toxidez pelos íons hidrogênio;
- Impossibilidade de absorção fisiológica de Ca, Mg e P;
- Incremento na solubilidade e toxidez de Al, Mn e Fe;
- Decréscimo dos teores de fósforo causado pela interação P x Al-Fe;
- Redução na disponibilidade de Mo.

2. Fatores bióticos

- Impedimentos no ciclo do N e sua fixação devido a redução da atividade completa ou parcial das micorrizas e incremento no ataque de patógenos do solo.

3. Acumulação de ácidos orgânicos e outros componentes tóxicos.

2.1.7. Toxidez

2.1.7.1. Alumínio

A valores de $\text{pH} < 3,5$ os íons H^+ e Fe^{3+} podem inibir o desenvolvimento das plantas, mas o alumínio solúvel é a principal causa. Alumínio é o principal cátion trocável em SSA (RORISON, 1973). Ele também está presente como um hidróxido coloidal ou como sulfato básico. A valores de pH menor do que 4 a 4,5, a sua solubilidade é incrementada (LINDSAY, 1979; VAN BREMENN, 1973).

O alumínio pode ser tóxico em concentrações a partir de 1 a 2 mg.dm^{-3} , embora haja uma grande variação de tolerância de espécies e entre variedades.

O alumínio pode ser, em parte, evitado com a inundação da área (DENT, 1986).

2.1.7.2. Ferro

Fe^{2+} pode estar em concentração tóxica em solos inundados. PONNAMPERUMA et al. (1973) relata que pode-se ter valores acima de 90 mol.m^{-3} , após duas semanas de inundação, mas valores entre 9 e 18 mol.m^{-3} são mais comuns.

Há um decréscimo da concentração de Fe^{2+} , a partir da oitava semana, após a inundação (DENT, 1986). Nos antigos SSA, o teor de Fe^{2+} normalmente não é tão alto, porque parte do ferro está nas formas bem cristalizadas de goethita e hematita. Por outro lado, os SSA jovens são os que apresentam maiores valores de Fe^{2+} em solução.

Concentração de Fe^{2+} acima de 9 mol.m^{-3} é tóxico para o arroz (NHUNG e PONNAMPERUMA, 1966), mas diferentes variedades de arroz apresentam uma larga faixa de tolerância.

2.1.7.3. H₂S

H₂S pode ocorrer como resultado da redução do sulfato em solos inundados (Equação 3).

Baixas concentrações de H₂S, em solução na faixa de 1 a 2 x 10⁻⁶ mol.m⁻³, impedem o funcionamento do sistema radicular. Plantas jovens de arroz são especialmente susceptíveis; plantas mais velhas parecem ser mais tolerantes ao H₂S, pois criam condições de oxidação ao redor de suas raízes. Plantas afetadas pelo H₂S são especialmente susceptíveis à infecção ("akiochi" e brusone). A toxidez é associada com solos ricos em matéria orgânica e baixos teores de ferro. A bactéria responsável pela redução do sulfato não atua em condições muito ácidas, então o H₂S somente ocorre a valores de pH em torno de 5.

2.1.7.4. Salinidade

Normalmente, em razão da sua gênese, os SSA têm altas concentrações de sais solúveis como resultado do prolongada influência da água do mar (COSTA e RESENDE, 1994). Sulfatos solúveis podem também ser produzidos pela oxidação da pirita (DENT, 1986). Onde o solo é permeável, estes sais são carregados pela drenagem.

Os níveis de salinidade dos SSA são muitos variáveis. Os mais altos níveis ocorrem em SSA jovens em regiões com uma pronunciada estação seca. Os mais altos valores encontrados foram de 88,7 dS.m⁻¹, em Casamance (África), no período da seca. No período das chuvas, o valor foi de 44,7 dS.m⁻¹. O valor na água do mar foi de 46 dS.m⁻¹ (MARIUS, 1982).

O efeito osmótico da alta concentração de sais solúveis inibe a absorção de água e nutrientes. Em adição, tem-se também a toxidez de Na e Cl. A tolerância à salinidade é ampla em diferentes culturas (AYERS e WESTCOT, 1976). Muitas culturas no campo são afetadas a valores de condutividade eléctrica entre 1,5 a 7 dS.m⁻¹. O máximo nível de tolerância está entre 10 e 20 dS.m⁻¹ (DENT, 1986).

2.1.8. O arroz e os solos sulfatados ácidos

Toxidez de ferro e alumínio são os maiores problemas no desenvolvimento do arroz nos SSA (MOORE e PATRICK, 1989; NHUNG e PONNAMPERUMA, 1966). Não se encontrou toxidez de Mn em SSA na Tailândia, embora RORISON (1973) tenha especulado que também Mn pode ser problema no desenvolvimento do arroz. Há um antagonismo entre Fe e Mn, além do P, K, Ca e Mg (MOORE e PATRICK, 1989). NHUNG e PONNAMPERUMA (1966) recomendam adicionar MnO_2 , para reduzir a toxidez de ferro devido o Fe^{2+} ser oxidado a um potencial redox menor do que o Mn^{2+} (PATRICK e REDDY, 1978; LINDSAY, 1979).

Em relação a cálcio e magnésio, os minerais de Ca e Mg não controlam a solubilidade destes elementos em solução. As reações de troca é que comandam a solubilidade (MOORE e PATRICK, 1989). VAN BREEMEN (1973) verificou o declínio nos teores de cálcio e magnésio, após a drenagem devido a competição pelos sítios de troca pelo Al^{3+} . ATTANANDANA et al. (1982) observaram que cálcio e magnésio correlacionaram-se com a produção de matéria seca do arroz.

MOORE et al. (1990) mencionaram que os mais importantes efeitos no baixo desenvolvimento do arroz foram:

1. Acidez: inclui a combinação dos efeitos do pH, Al tóxico e deficiência de fósforo;
2. Toxidez de ferro: a qual é devido a combinação da falta de outros cátions como o Ca e Mg (atividades dos bivalentes). A toxidez de ferro é o resultado de um múltiplo estresse nutricional e não simplesmente do resultado do excesso de ferro em solução. O incremento do cálcio via calagem reduz a toxidez de ferro.

SATAWATHANANONT (1986) cita os seguintes problemas com o decréscimo do desenvolvimento do arroz associado aos SSA:

Efeito adverso do H^+ ; toxidez de Al^{3+} , Fe^{2+} , e S^{2-} ; estresse eletrolítico; efeitos adversos do CO_2 e ácidos orgânicos e inorgânicos; deficiência de P; baixos teores de bases trocáveis; e impedimento à

atividade biológica. Em razão dos altos teores de boro nos SSA devido, em grande parte, a sua origem marinha e à maior solubilidade de Mo a pH baixos, não se tem registrado deficiência de B nos SSA (MOORE e PATRICK JR., 1991).

2.1.9. Problemas ambientais

As condições físicas, químicas e biológicas de uma área têm envolvimento através de reações com outras áreas - “a interdependência é a lei do universo” (RESENDE et al., 1997). Se há condições para desenvolver os SSA, então efluentes ácidos salinos podem principalmente causar distúrbios na comunidade aquática a jusante. DENT (1986) relaciona os seguintes aspectos do impacto ambiental:

- a) perda do habitat de solos inundados;
- b) mudanças nos aspectos de erosão e sedimentação;
- c) mudança na química da água e desenvolvimento de doenças como tifo, cólera, malária e outras.

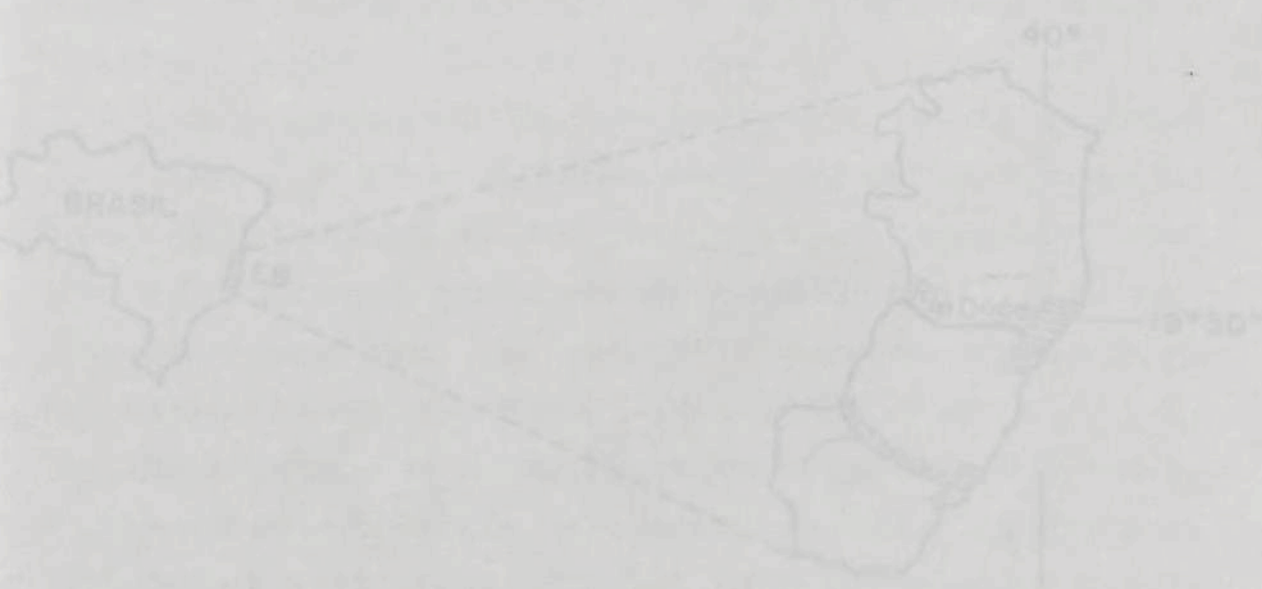


Figura 2 - Localização das principais áreas de estudo.

a. Delta do rio Doce – abrange parte dos municípios de Linhares, São Mateus e Jaguaré com área estimada de 257.000 ha. Em Aracruz foram coletadas amostras na Fazenda AGRIL (Riacho);

b. Delta do rio Itapemirim – a área abrangida corresponde a uma topossucessão no município de Itapemirim, na propriedade do Sr. Luiz Soares, localizada à direita do traço da cidade de Itapemirim em direção ao mar;

c. Campos-RJ – coletaram-se amostras de um Gleja Pouco Húmico (omórfico) na Fazenda Quilombo;

3. MATERIAL E MÉTODOS

d. Dados de perfil de solos de levantamentos realizados pelo ex-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos também foram aproveitados.

3.1. Descrição geral da área

3.1.2. Histórico

3.1.1. Localização

A região do Suruoca, localizada à direita do delta do rio Doce, foi uma zona de várzea, com solos de várzea, e com uma topografia plana. As áreas envolvidas no presente estudo foram (Figura 2):

Formando um pequeno pantanal com drenagem difícil e com as imprevisíveis cheias do rio Doce, chegando a 11 metros acima do nível normal, como ocorreu em janeiro/97, torna-se um desafio muito difícil de vencer para os padrões atuais de agricultura.

Com a intervenção do Governo Federal (através do DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento), procedeu-se à construção de uma barragem de controle de cheias, projeto feito pelo engenheiro Galliani (Figura 3). Os estudos foram avaliados pelo DNOS.

(Figura 3) Os estudos foram avaliados pelo DNOS. sem considerar o custo das máquinas e cercas de US\$ milhões, considerando o custo total de US\$ 10 milhões (ROBERTSON & COL, 1973).

Na elaboração do projeto de drenagem, não se levaram em consideração os tipos de solos e a presença de matéria orgânica e a presença dos tomórficos. Talvez, nos nossos dias, naquela época, sensibilidade para isto, o plano era mais de engenharia, o retrair

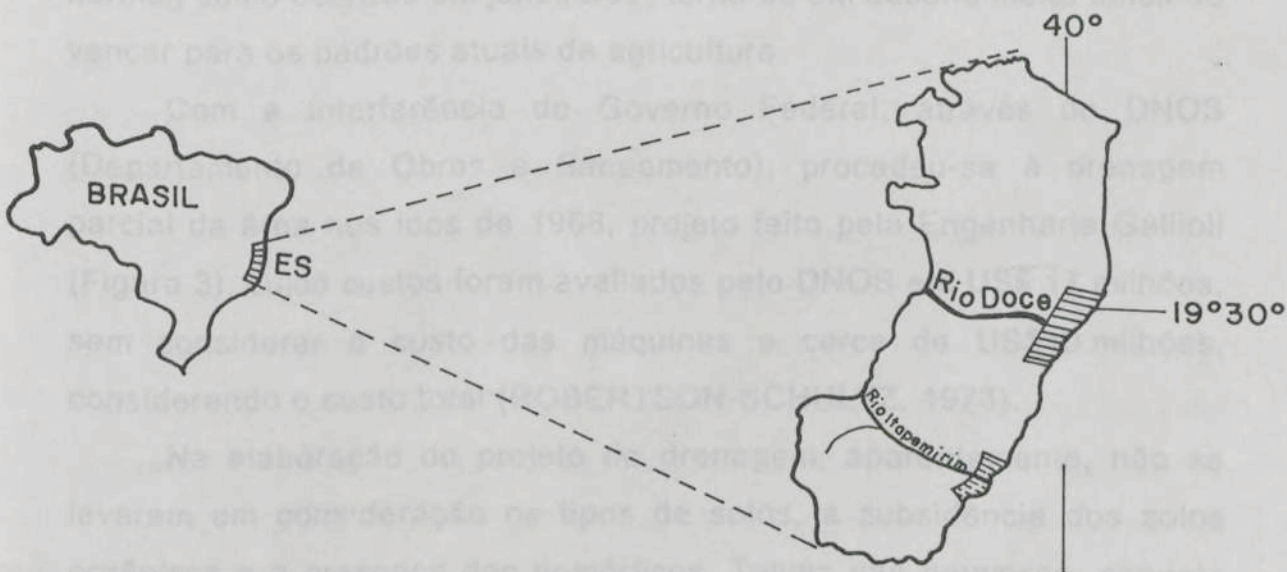


Figura 2 - Localização das principais áreas de estudo.

- a. Delta do rio Doce – abrange parte dos municípios de Linhares, São Mateus e Jaguaré com área estimada de 257.000 ha. Em Aracruz foram coletadas amostras na Fazenda AGRIL (Riacho);
- b. Delta do rio Itapemirim - a área abrangida corresponde a uma topossequência no município de Itapemirim, na propriedade do Sr. Luiz Soares, localizada à direita do trevo da cidade de Itapemirim em direção ao mar;
- c. Campos-RJ - coletaram-se amostras de um Glei Pouco Húmico tiomórfico na Fazenda Cupim;
- d. Dados de perfis de solos de levantamentos realizados pelo ex-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos também foram aproveitados.

3.1.2. Histórico

A região do Suruaca, localizada à direita do delta do rio Doce, foi uma das últimas áreas no Espírito Santo a ser conquistada pelo homem. Formando um pequeno pantanal com drenagem difícil e com as imprevisíveis cheias do rio Doce, chegando a 11 metros acima do nível normal, como ocorrido em janeiro/97, torna-se um desafio muito difícil de vencer para os padrões atuais de agricultura.

Com a interferência do Governo Federal, através do DNOS (Departamento de Obras e Saneamento), procedeu-se à drenagem parcial da área nos idos de 1968, projeto feito pela Engenharia Gallioli (Figura 3), cujos custos foram avaliados pelo DNOS em US\$ 17 milhões, sem considerar o custo das máquinas e cerca de US\$40 milhões, considerando o custo total (ROBERTSON-SCHULTZ, 1973).

Na elaboração do projeto de drenagem, aparentemente, não se levaram em consideração os tipos de solos, a subsidência dos solos orgânicos e a presença dos tiomórficos. Talvez não houvesse, naquela época, sensibilidade para isto; o plano era mais de engenharia, o retirar a água, que o uso agroecológico da região.

Ainda persiste, por parte de alguns pecuaristas, a idéia de que o drenar é a solução, pois o objetivo de expandir e colonizar novas áreas, sem medir as conseqüências, ainda é muito forte.

O Projeto envolvia as seguintes obras, embora parte delas não tenha sido concluída (Figura 3):

1. Um dique de proteção de aproximadamente 32 km ao longo da margem esquerda do rio Doce;
2. Um sistema primário de drenagem de canais de aproximadamente 235 km;
3. Uma rede de drenagem secundária de aproximadamente 162 km;
4. Sistema de bateria de comportas, ao longo dos canais, para permitir o controle do nível d'água. **De suma importância, mas não foi executado;**
5. Previsão de uma tomada de água na Lagoa Juparanã, para irrigação. Atualmente, alguns fazendeiros sugerem esta opção como uma solução para a irrigação de parte da área;
6. Escavações e remoção de aproximadamente 32 milhões de metros cúbicos de terra.

O objetivo da drenagem era abrir espaço para a cultura do arroz, cacau e principalmente pecuária. Destas, somente a última tem perdurado até o momento, embora seja notório o declínio gradativo da capacidade de suporte das pastagens.

Com a subsidência do horizonte orgânico, devido a drenagem excessiva, vários problemas têm surgido tais como:

- a. o aparecimento de pragas como o "mofofô" ou "pão-de-galinha" (*Euetheola humilis* Burm), praga de solo, cujas larvas alimentam-se de matéria orgânica, e na falta desta, pela subsidência do horizonte orgânico; têm se alimentado de raízes das pastagens, principalmente da brachiaria;

- b. diminuição da fertilidade dos solos pela própria subsidência da matéria orgânica o que imprime uma lixiviação acentuada de nutrientes, principalmente nos solos com subsuperfície arenosa;
- c. com a retirada da água, diminui a disponibilidade de fósforo e a própria fertilização do solo através da água de drenagem.

No Estudo feito por Robertson-Schultz (1973), empresa canadense, estimaram uma área de 31.100 ha de pastagens naturais nas Areias Quartzosas Marinhas com uma capacidade de suporte das pastagens de um animal/ha/ano. Nas pastagens cultivadas, planejaram uma capacidade de suporte de dois animais/ha/ano. Área prevista para a cultura de arroz de 51.500 ha e para o cacau de 22.680 ha. Todas estas estimativas foram muito otimistas, talvez para viabilizarem economicamente o projeto.

Na década de 70, com o descobrimento de petróleo na Fazenda Cedro e, posteriormente, em outros locais, a Petrobrás necessitou construir estradas e infra-estrutura de apoio o que em muito facilitou a “colonização” da região. Atualmente, há um forte propósito em continuar a drenagem da área, e os pecuaristas, em particular, têm feito isto, em especial, nos últimos locais próximos às grandes lagoas o que leva a um grande risco, pois é ali que se encontram as maiores áreas de solos com tiomorfismo.

Nos primórdios da colonização, a Província do Espírito Santo foi doada pelo rei D. João III ao nobre português Vasco Fernandes Coutinho em 1534. Foi umas das primeiras capitanias do Brasil a ser colonizada.

A capitania não prosperou e, no século 17, havia aí somente 500 homens brancos. A região do rio Doce em 1878 foi mapeada por Cintra e Riviere (EGLER, 1951) como um grande claro sob o título de “terras pouco conhecidas e habitadas pelos indígenas”.

Pelas descrições dos viajantes, a região do rio Doce ficou com a fama de ser uma das mais importantes regiões florestais do Brasil. A seu respeito Hartt menciona:

“em parte alguma do Brasil, nem mesmo no Pará, vi uma floresta mais exuberante do que a do rio Doce”

Com a descoberta das riquezas minerais em Minas Gerais o rio Doce poderia ter sido o meio de transporte natural. Entretanto, a navegação regular

era pouco propícia, já que, na divisa entre as Províncias de Minas Gerais com o Espírito Santo, mais precisamente entre Aimorés e Baixo Guandu, há uma série de cachoeiras que dificultaram a navegação. Além disso, as margens eram densamente cobertas de matas extremamente febris e os índios (Botocudos) atacavam a todos os que se aventuravam a passar por ali. Outro aspecto, talvez o principal, era o interesse do governo central em manter uma única saída, através do Rio de Janeiro, de onde poderia controlar, com mais eficiência, os impostos sobre as riquezas.

Em 1800, Antônio Pires da Silva Pontes assume o governo da Capitania e com o intuito de colonizar a região do rio Doce, estabelece, em obediência à carta régia de D. João VI, em 1808, quartéis localizados em Riacho, Comboios, Regência, Linhares e Porto de Souza com o objetivo de exterminar os temidos Botocudos.

Em 1818, o naturalista francês Saint-Hilaire (AMADO, 1974) ao fazer a viagem, subindo o rio, de Regência a Linhares, encontra, em todo este trajeto, apenas um colono branco e três índios civilizados nas margens do rio Doce. Diziam-se, nesta época, os maiores horrores desta região. O próprio Governador tentara demovê-lo de sua viagem dizendo: "O rio Doce é um inferno". Além do perigo dos índios, havia o perigo muito maior, o da febre (malária) e esta realmente chegou a acometer algumas pessoas que o acompanhavam nesta expedição.

Na descrição desse naturalista, há muitos fatos importantes que permitem compreender melhor a situação atual, pois o seu relato é de uma época em que toda esta região estava ainda bastante preservada. Ele relata alguns fatos que podem auxiliar na compreensão do ecossistema atual; por exemplo:

Clima - Saint-Hilaire cita que havia, na época de matas exuberantes, uma extrema seca e não encontrou, durante toda a viagem, de Riacho a Regência (16 de outubro de 1820) qualquer árvore florescendo. A chuva veio posteriormente conforme sua descrição:

"fazia vento sul, coisa extraordinária nesta estação, provocando extremo frio. Nesta pequena viagem, tivemos chuva muitas vezes e com ela nos regozijamos em favor dos pobres lavradores, que viam com ansiedade o tempo das secas prolongar-se além do comum".

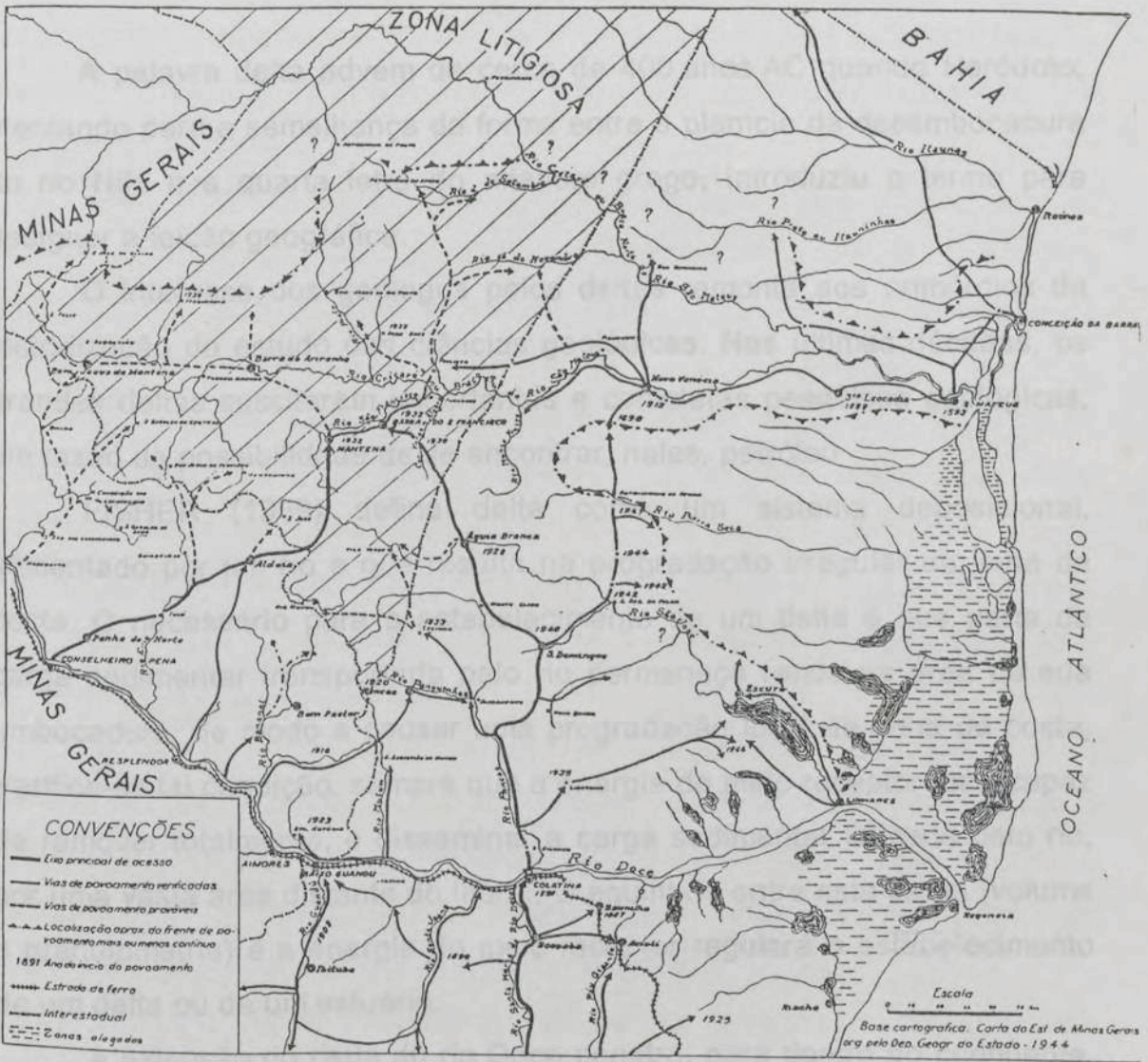
Erosão e Assoreamento: “o canal pelo qual as águas do rio Doce lançam-se no Oceano muda muitas vezes de lugar, mas, só é formado na parte sul do banco de areia; tem cerca de duas braças de largura e nunca mais de 5 a 6 pés de profundidade. Mesmo nas marés altas ou nas estações das águas, apenas permitem a entrada de pequenas embarcações. Numa distância de 22 léguas, da foz até o rio Guandú, barcos de fundo chato podem navegar o rio, navegando à vela; nesta mesma extensão sua largura mais comum é de $\frac{1}{4}$ de légua a $1\frac{1}{2}$, mas seu leito, obstruído pelos resíduos das lavagens da Província de Minas, tem pouca profundidade, sobretudo no tempo da seca”.

“Quase na sua foz, as águas são muito doces e podem ser bebidas; todavia, na época das águas, chegam carregadas de limo avermelhado, que é simplesmente o resíduo da mineração da Província de Minas”.

Malária: “mas existe um perigo que só numerosos desbravamentos poderiam dominar ou diminuir e que, portanto, subsistirá por muito tempo: é a insalubridade de várias regiões vizinhas do rio. Essa insalubridade é causada não só por suas águas como pelas de seus afluentes, que, nas estações de chuvas, transbordam do leito, formando poças e infetando o ar com vapores perigosos. Raramente os que descem e sobem o rio Doce não são atingidos por febres malignas ou intermitentes”.

Aluviais eutróficos: “as margens do rio Doce são de tal modo férteis, que quase três quartas de terra bastam para a vida de Martins; composta de 12 pessoas e ainda sobra, a essa boa gente, abundância de farinha de mandioca para que a possa vender”.

Em 1916, quando se dava a fundação da primeira colônia na margem do rio Doce, ocorreu também um fato importante para a vida do vale que foi a instalação da primeira fazenda de cacau no baixo curso pelo Sr. Filogônio Peixoto, a meio caminho entre Linhares e Regência. Era o início do uso dos solos mais intensamente do lado direito do rio. Em 1928, com a construção da ponte sobre o rio Doce em Colatina, intensifica-se o desbravamento do norte do Espírito Santo, vindo da parte superior do vale para o litoral (EGLER, 1951) (Figura 4).



Fonte: EGLER, 1951.

Figura 4 - Aspectos cronológicos e geográficos da colonização do norte do Estado do Espírito Santo.

Até 1946, Linhares encontrava-se num verdadeiro marasmo, mas, no ano seguinte, o cacau teve um aumento de mais de cinco vezes o seu valor de mercado, o que fez com que a região tomasse um grande impulso no seu desenvolvimento. Somente a partir de 1968, com a drenagem do Suruaca pelo DNOS, é que esta região, em particular, intensificou o uso do solo.

3.1.3. Aspectos geológicos e geomorfológicos

A palavra delta advém de cerca de 400 anos AC quando Heródoto, atentando para a semelhança da forma entre a planície da desembocadura do rio Nilo e a quarta letra do alfabeto grego, introduziu o termo para designar a feição geográfica.

O interesse dos geólogos pelos deltas remonta aos primórdios da metodização do estudo das ciências geológicas. Nas últimas décadas, os grandes deltas suscitaram importantes e completas pesquisas geológicas, em razão da possibilidade de se encontrar, neles, petróleo

FISHER (1969) define delta como um sistema deposicional, alimentado por um rio e que resulta na progradação irregular da linha da costa. O necessário para o estabelecimento de um delta é que parte da carga sedimentar transportada pelo rio permaneça retida na área da sua embocadura, de modo a causar uma progradação local da linha de costa. Verifica-se tal condição, sempre que a energia do meio receptor for incapaz de remover totalmente, e disseminar a carga sedimentar lançada pelo rio, por uma vasta área distante do litoral. O equilíbrio entre esta carga (volume e granulometria) e a energia do meio receptor regulará o estabelecimento de um delta ou de um estuário.

A extensão do delta do rio Doce penetra, para dentro do continente, na sua maior largura, cerca de 38 km até os sedimentos Terciários (Latosolos e Podzólicos Amarelos) e de 130 km de comprimento na direção N-S. A acumulação marinha apresenta, em sua grande maioria, cordões arenosos com disposição N-S, SO-NE e NO-SE refletindo as mudanças de direção das correntes e posicionamentos de antigas linhas de

costa. As acumulações mais antigas formam dois níveis de terraços, situados próximos do contato com os tabuleiros costeiros (Grupo Barreiras), constituindo marcas de paleolitorais, dando a formação dos Podzóis e Areias Quartzosas Marinhas interioranas. Nestes, a água é de boa qualidade (potável).

O delta do rio Doce é um dos mais importantes do litoral brasileiro, excedendo a 2.500 km² de área (BACOCOLI, 1971). Tem as características de delta destrutivo dominado por ondas, cuspidato, com franca predominância das fácies de influência marinha. [As condições de elevada energia conduzem a uma alta razão arenito/folhelho para os depósitos resultantes.]

VAIL et al. (1977) demonstraram que o nível do mar, durante o início do Terciário, foi mais alto que o correspondente ao seu final. Também o nível do mar, na metade do Mioceno e parte do Plioceno, foi mais alto do que o presente nível (Figura 5).

O rio Doce, nesta área, possui o seu vale largo com fundo chato preenchido por aluviões (solos Aluviais) que formam meandros e ilhas, constituindo-se as planícies aluviais, com a ocorrência de lagoas, braços mortos de rios e estuários afogados (rias). Isto resulta da erosão provocada pelo nível de base oscilante, que atingiu a mais baixa posição numa fase precedente à atual (Figura 5).

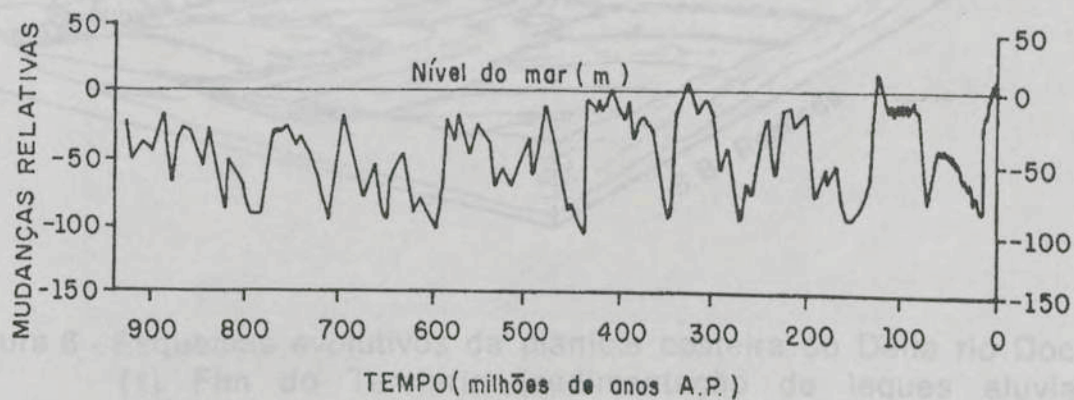
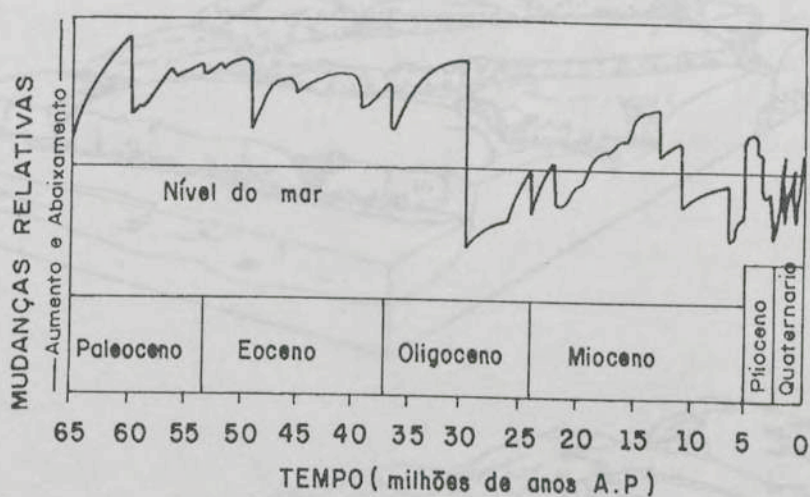
O canal fluvial atual, praticamente destituído de meandros e tributários, lança ao mar um jato carregado de clásticos da intensa erosão a montante. Com a perda da velocidade da corrente ao penetrar no mar, o material mais grosseiro é imediatamente depositado em forma de barra de desembocadura, forçando o rio a mudar a sua foz.

O mar, na condição de alta energia, remove de imediato os materiais finos e redeposita os grosseiros na praia, sob a forma de cordões litorâneos, formando um dique natural (Areia Quartzosa Marinha). Na planície deltaica, sobre os antigos cordões e paleocanais, formam-se lagoas e pântanos (Lagoa Zacarias, Durão e outras) e nesses desenvolvem-se os depósitos biogênicos (Gleissolos e Orgânicos).

Figura 5 - Variação do nível do mar

O delta do rio Doce compreende a parte dos domínios dos depósitos sedimentares, englobando os aspectos marinhos, eólicos e fluviomarinhos que retratam diversas fases de evolução geomorfológica no decorrer do Quaternário (Figuras 6 e 7 e Quadro 2) (RADAMBRASIL, 1987; INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, 1993).

Há uma correspondência entre os aspectos geológicos, geomorfológicos e solos (Quadro 3). São mencionadas as principais unidades, tendo como limite o Terciário a oeste, onde se encontra a cidade de Linhares. As características dos depósitos pleistocênicos e holocênicos são sumarizadas no Quadro 4.



Fonte: VAIL et al. 1977.

Figura 5 - Variação do nível do mar.

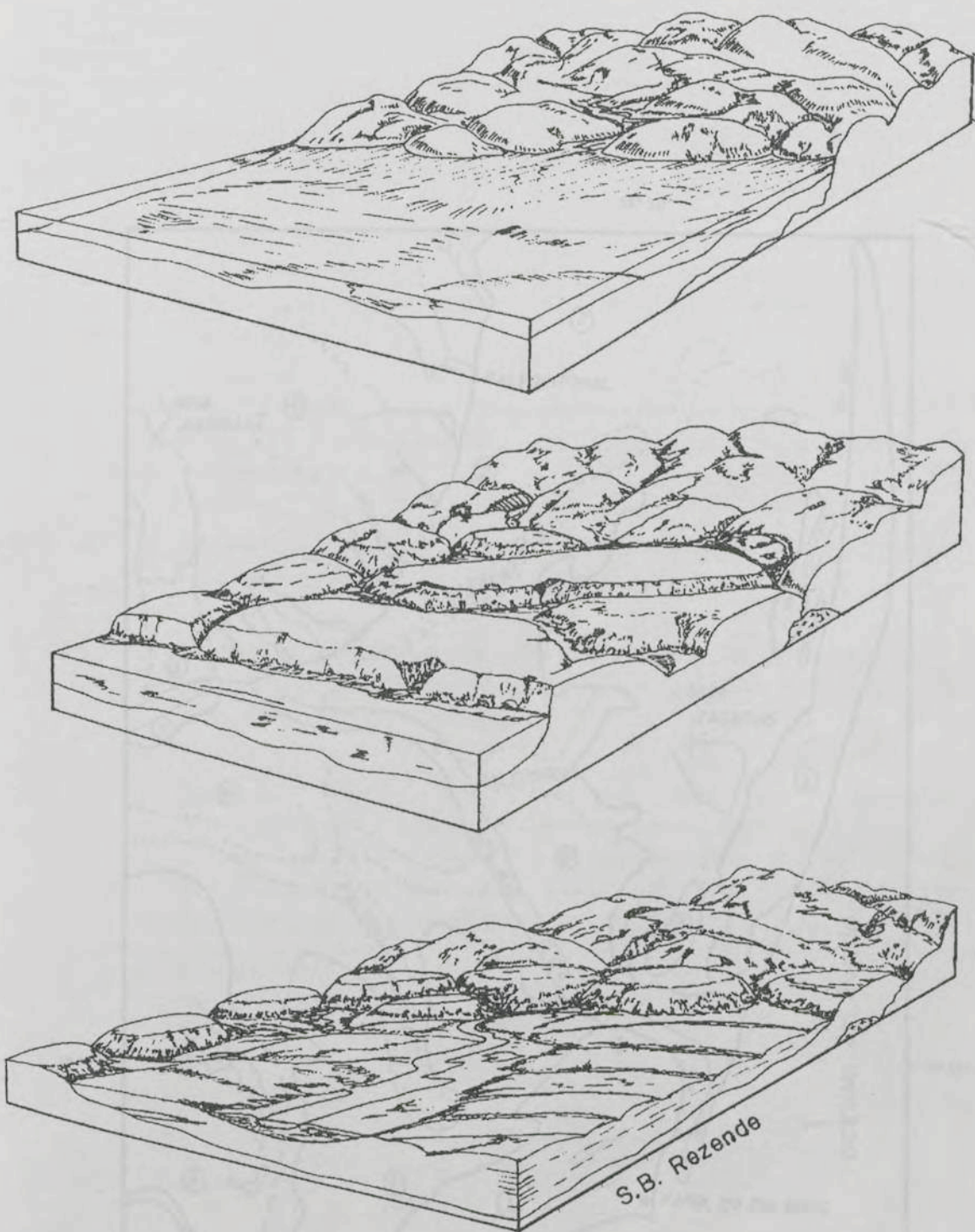


Figura 6 - Esquemas evolutivos da planície costeira do Delta rio Doce. (1) Fim do Terciário (sedimentação de leques aluviais coalescentes do Grupo Barreiras); (2) Dissecação do Grupo Barreiras com a regressão do nível do mar; (3) Formação de cristas praias regressivas, máximo da penúltima transgressão no Pleistoceno superior.

Legenda

Descrição

1. Áreas planas de acumulação marinha - praias, canais de maré, cordões litorâneos e dunas;

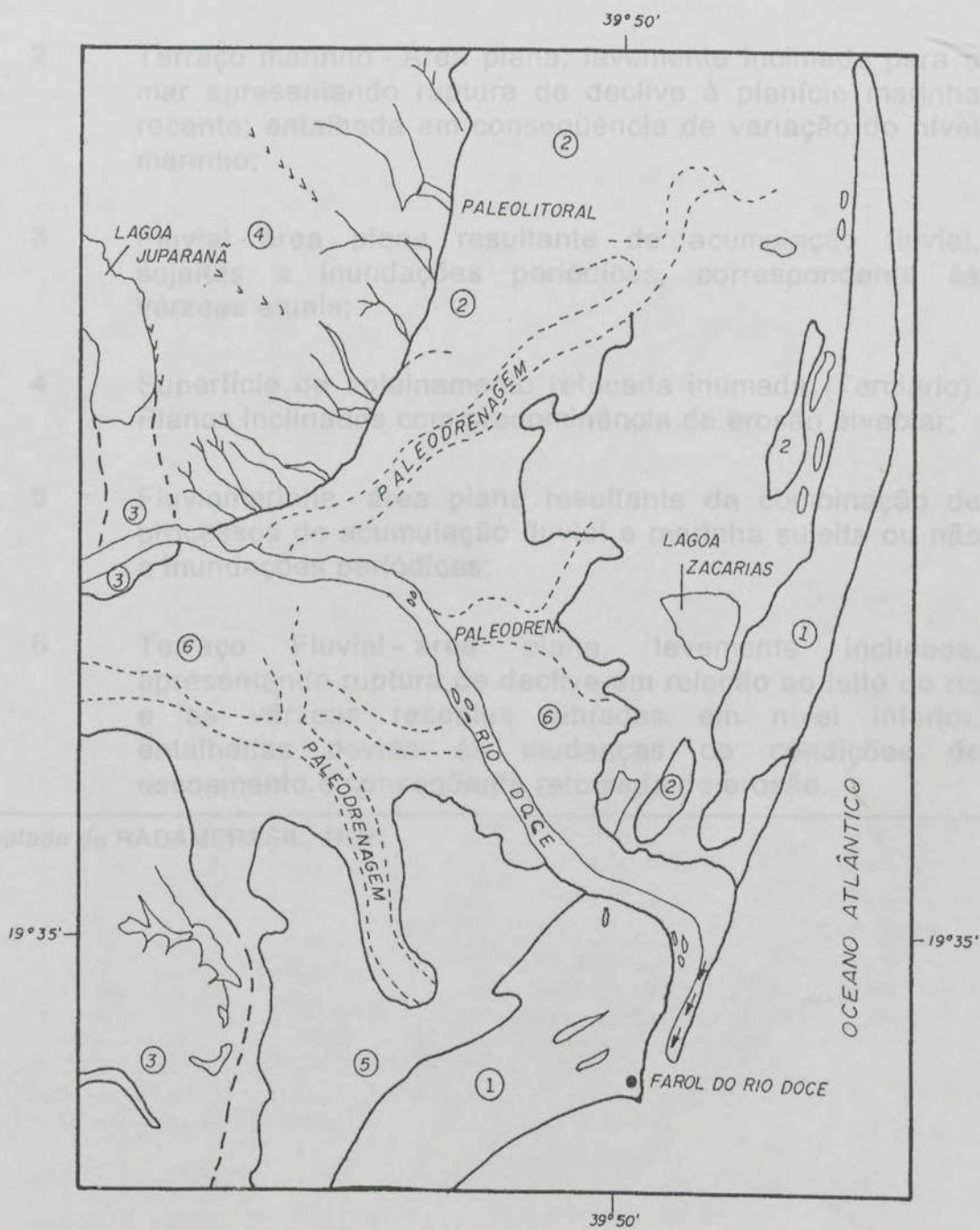


Figura 7 - Delta do rio Doce. Destacam-se a presença de lagoas de barragens e canais abandonados (paleodrenagem) e o paleolitoral (Legenda da Figura 7 no Quadro 2).

Quadro 2 - Legenda da figura 7 - Delta do rio Doce

Legenda	Descrição
1	Área plana de acumulação marinha - praias, canais de maré, cordões litorâneos e dunas;
2	Terraço marinho - Área plana, levemente inclinada para o mar apresentando ruptura de declive à planície marinha recente; entalhada em conseqüência de variação do nível marinho;
3	Fluvial - área plana resultante de acumulação fluvial, sujeitas a inundações periódicas, correspondente às várzeas atuais;
4	Superfície de aplainamento retocada inumada (Terciário). Planos inclinados com predominância de erosão alveolar;
5	Fluviomarinha - área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha sujeita ou não a inundações periódicas;
6	Terraço Fluvial - área plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e as várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhadas devido às mudanças de condições de escoamento e conseqüente retomada de erosão.

Adaptado de RADAMBRASIL, 1987.

	no	(paleolitoral)	Restados da Costa atual. Presença de Caillanassa.	Áreas Quaternárias interiores.
Terciário		Grupa Barreira	Plano, suavemente inclinado para o mar. Vales de fundo chato.	LA e PA

Adaptado de Martin et. al., 1980; RADAMBRASIL, 1987

* Artrópode marinho que vive na parte interior da zona intermaré. LA e PA: Causagió Anacleto e Pedrônio Aguiar.

Quadro 3 - Correspondência entre os aspectos geológicos, geomorfológicos e solos

Era	Período	Unidades		Características gerais	Solos
C e n o z ó i c o	Q u a t e r n á r i o	H o l o c e n o	Terraços arenosos 2	Parte externa da costa marinha, cotas menos elevadas que os Terraços Pleistocênicos; cordões litorâneos próximos e paralelos entre si; granulometria mais fina. Presença da Callianassa* e de minerais pesados;	Areias Quartzosas Marinhas (próximo do mar) e Podzóis Hidromórficos;
			Pântanos e mangues	Textura subsuperficial argilo-siltosa; ricos em matéria orgânica.	Hidromórficos (Gleis e Orgânicos com tiomorfismo);
			Fluviolacustre	Junto a calhas dos rios, podem ser argilosos a arenosos;	Hidromórficos (Gleis e Orgânicos); Aluviais;
		Gleis to ce no	Terraços arenosos (paleolitoral) 2	Feições lineares, afastados da costa atual. Presença da Callianassa.	Podzóis Hidromórficos e Areias Quartzosas interioranas.
	Terciário		Grupo Barreiras	Plano; suavemente inclinado para o mar. Vales de fundo chato.	LA e PA

Adaptado de Martin et. al., 1980; RADAMBRASIL, 1987.

* Artrópode marinho que vive na parte inferior da zona intermaré. LA e PA: Latossolo Amarelo e Podzólico Amarelo.

Quadro 4 - Comparação entre os depósitos pleistocênicos (Podzol Hidromórfico interioranos) e Holocênicos (Areia Quartzosa Marinha)

Características	Depósitos	
	Pleistocênicos	Holocênicos
Solo	Podzol Hidromórfico	Areia Quartzosa Marinha e Podzol Hidromórfico
Localização	Posição interna; adjacente ao Grupo Barreiras	Próximo da linha da costa atual
Idade	30.000 A. P.	Inferiores a 7.000 anos A. P.
Conchas	Ausentes; dissolvidas pelos ácidos húmicos;	Restos de conchas de moluscos
Cor do perfil	Amarelada a acastanhada com a profundidade do perfil;	Coloração mais clara
Coesão	Maior	Menor
Cristas praias	Mais espaçadas e dissipadas;	Alinhamento mais nítidos e menos distanciadas;
Altitude	8 a 9 m diminuindo em direção ao oceano.	5 a 6 m.

Adaptado do Instituto de Geociências, 1993.

A idade prevista para os solos do holoceno é de inferior a 7.000 anos e do Pleistoceno é de 30.000 anos AP (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, 1993).

O modelo evolutivo proposto para o delta do rio Doce enquadra-se no modelo geral evolutivo do litoral brasileiro. A seqüência de eventos, desde o Pleistoceno ao Holoceno atual, envolve um processo de deposição e erosão, pela mudança do nível do mar e alternância de direção dos movimentos das suas ondas; ondas na direção sul - deposição ou construção e ondas na direção norte - erosão. O Quadro 5 e as Figuras 8 a 15 sumarizam tais fatos (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, 1993).

Quadro 5 - Seqüência de eventos do Pleistoceno ao Holoceno na formação do delta do rio Doce, ES

Data (anos A. P.)	Eventos
Pleistoceno	
123.000	<p>Nível marinho mais alto; erosão do Grupo Barreiras com formação de falésias. Os amplos vales escavados no Barreiras foram afogados; curso inferior do rio Doce foi transformado em estuário. Altura do mar: 8 m acima do atual.</p> <p>Deposição das areias pleistocênicas ao sopé das falésias entalhadas no Barreiras. As entradas dos vales afogados foram fechadas por barreiras arenosas que propiciaram a formação das atuais lagoas. O estuário do rio Doce foi colmatado, formando uma ampla planície sedimentar (Figuras 6 e 7) (situação atual).</p>
Holoceno	
Antes de 5.100	<p>Estádio A - Formação de ilhas-barreiras/laguna (nível máximo do mar) (Figura 8)</p>
5.100 a 4.200	<p>Estádio B – Modificações hidrodinâmicas por ondas do setor sul com sucessivas deposições e erosão com a mudança de direção das ondas provenientes do Sul – construção ou deposição; Norte – erosão (Figuras 9a e 9b)</p>
4.200 a 3.900	<p>Estádio C – Rápido abaixamento do nível do mar de 2 a 3 m com a formação de cinco desembocaduras recortando a AM. Ondas do setor sul; aporte arenoso do rio Doce e areias fornecidas pelo abaixamento relativo do nível do mar passou a formar a segunda zona de progradação (Figura 10)</p>
3.900 a 3.600	<p>Estádio D – Erosão dos depósitos arenosos; rápida subida do nível relativo do mar; afogamento das cinco desembocaduras; formação de um único canal. Os paleocanais foram abandonados (Figuras 11a e 11b)</p>
3.600 a 2.700	<p>Estádio E - Formação de dois braços na desembocadura em razão dos sedimentos (Figura 12)</p>
2.700 a 2.500	<p>Estádio F – Erosão, afetando ambas as desembocaduras pela inversão no sentido das ondas e, ou, subida do nível relativo do mar (Figura 13)</p>
2.500 até hoje	<p>Estádio G – Diversas fases de deposição e erosão que culminaram com o fechamento da desembocadura norte (H) e sedimentação acelerada da desembocadura do rio São Mateus (Figuras 14a e 14b)</p>
Sub atual e atual	<p>Depósitos de areia em ambos os lados da foz com o abandono da desembocadura norte – ondas setor sul (Figura 15).</p>

AM: Areia Quartzosa Marinha.

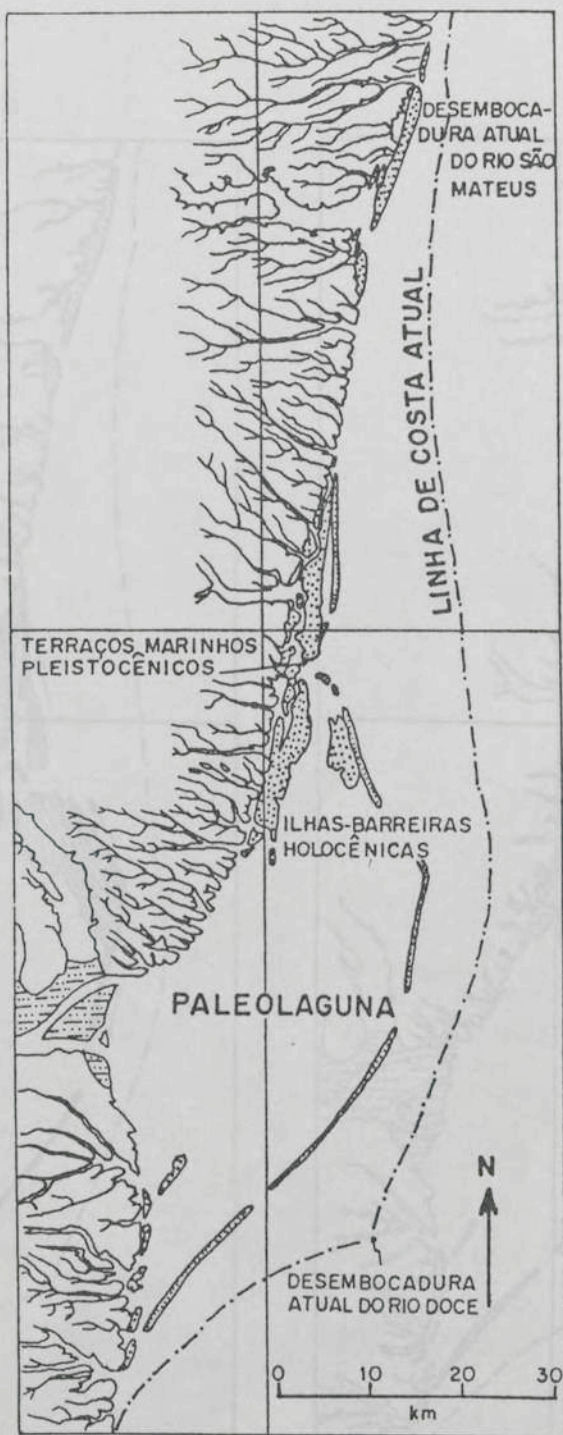


Figura 8 - Estádio A: Situação do sistema ilhas-barreiras/laguna ao redor de 5.100 anos AP. Corresponde ao nível máximo do holoceno. Podem ser observados testemunhos de terraços marinhos pleistocênicos, situação da linha da costa atual e as posições atuais das desembocaduras dos rios Doce e São Mateus.



(A)

(B)

Figura 9 - Estádio B: Primeira fase de construção. Ondas do sul (A). Primeira fase de erosão. Ondas do norte (B).

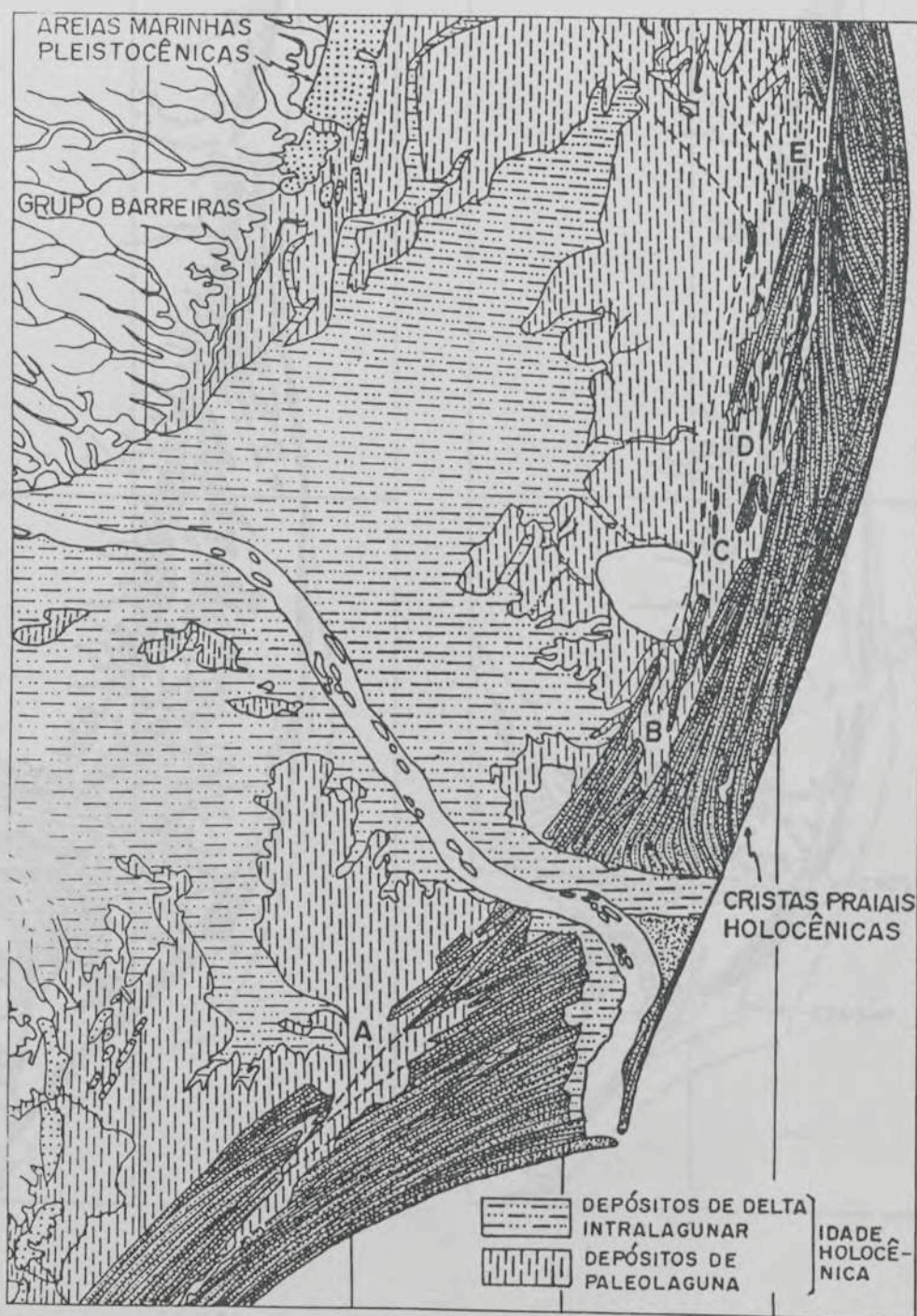
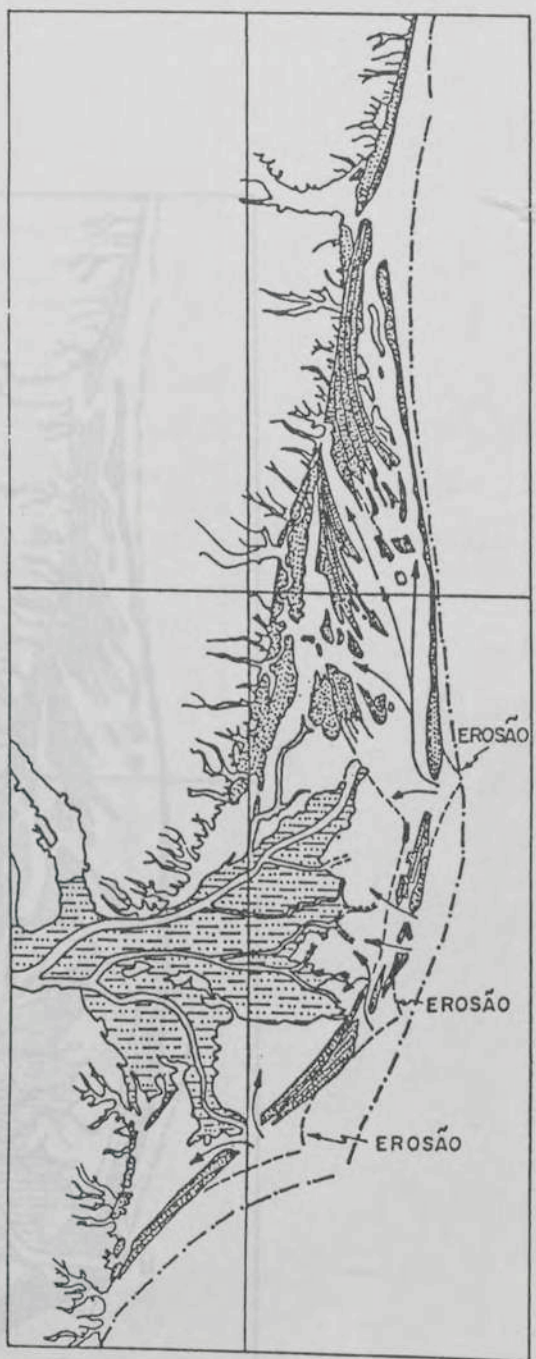


Figura 10 - Estádio C: Configuração do delta intralagunar, com o traçado atual do canal do rio Doce, além das posições (A a E) das paleodesembocaduras do rio Doce sugeridas por descontinuidades nos alinhamentos das cristas praias holocênicas.



(A)



(B)

Figura 11 - Estádio D - Submersão acompanhada de erosão ao redor das desembocaduras dos tributários (A). Abandono das cinco desembocaduras iniciais em benefício de uma desembocadura única (F) (B).



Figura 12 - Estádio E: Progradação acompanhando a formação de duas novas desembocaduras (G e H).

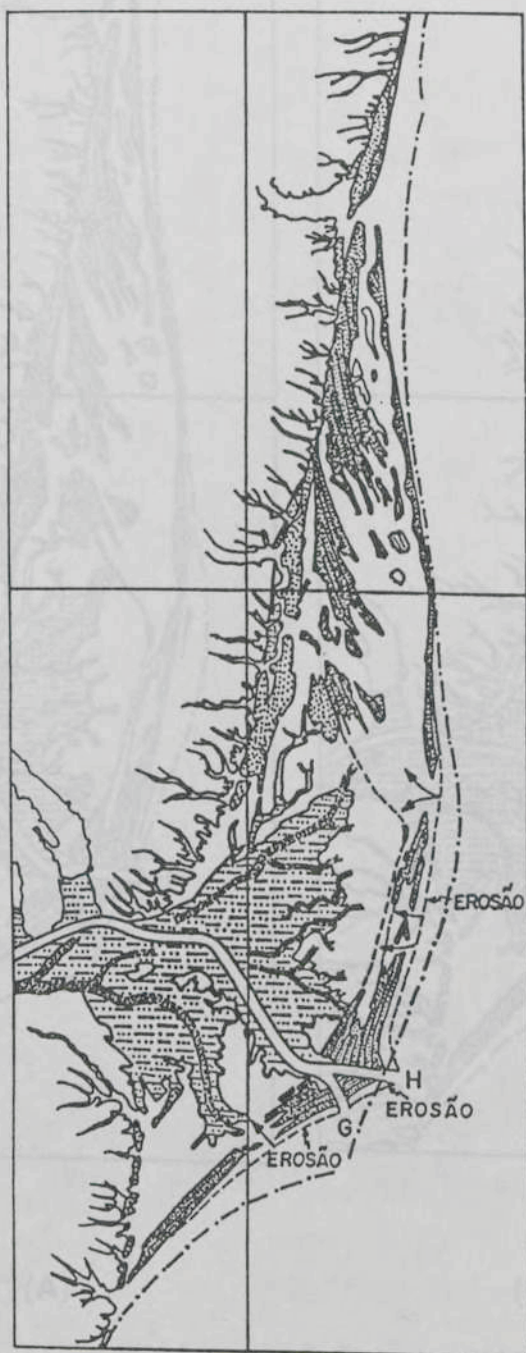
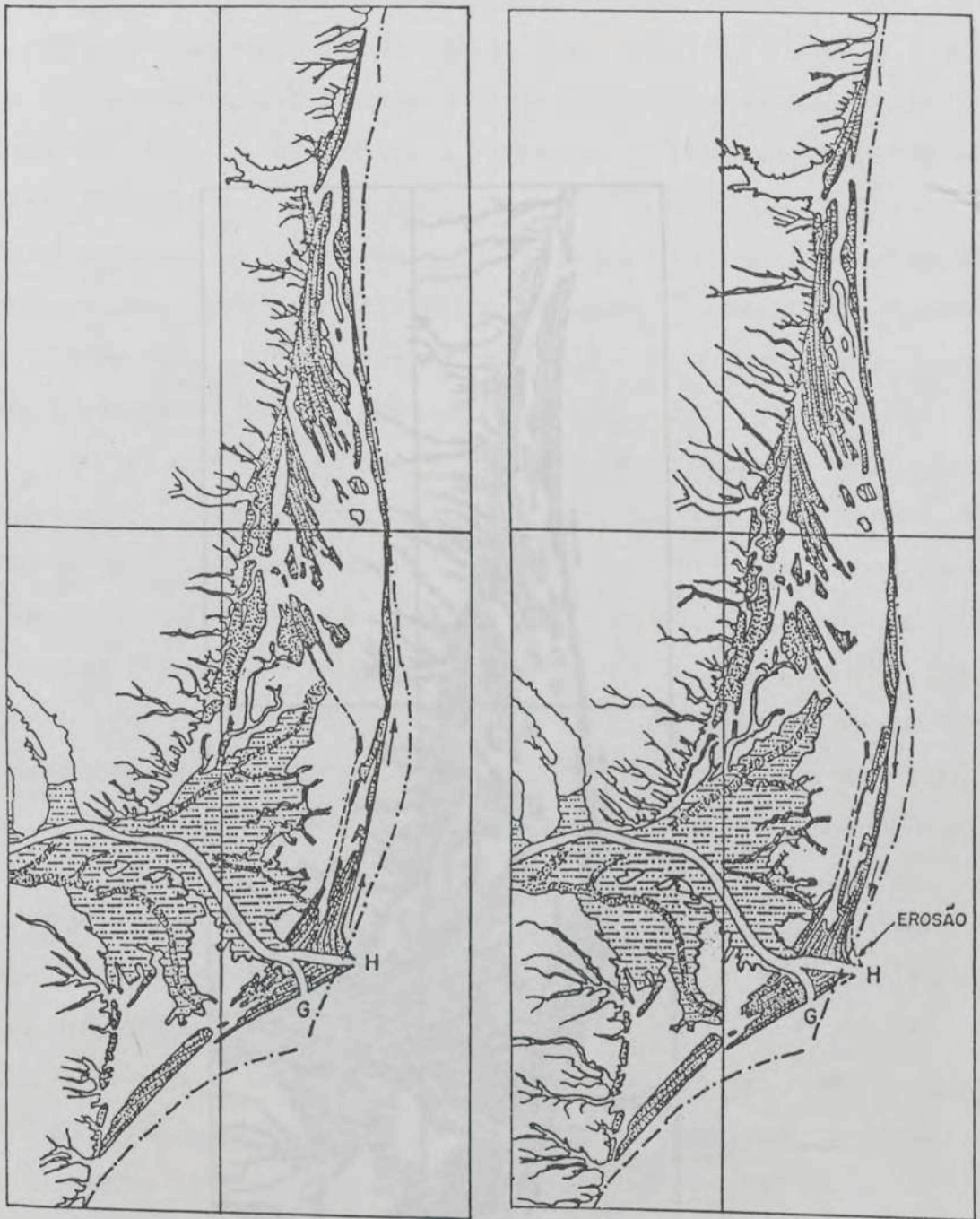


Figura 14 - Estádio G: Diversas fases de deposição e erosão que culminaram com o levantamento da desembocadura norte (H)
 Figura 13 - Estádio F: Época de erosão generalizada pela inversão no sentido das ondas e, ou, subida do nível relativo do mar.



(A)

(B)

Figura 14 - Estádio G: Diversas fases de deposição e erosão que culminaram com o fechamento da desembocadura norte (H) (A) e, sedimentação acelerada da desembocadura do rio São Mateus (B).

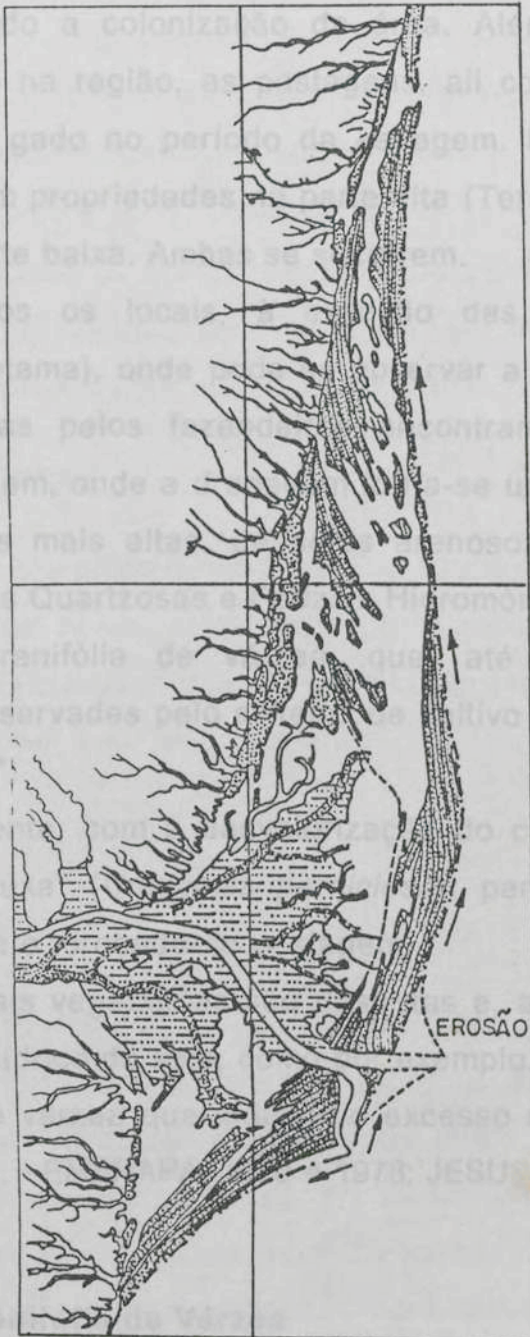


Figura 15 - Subatual e atual: Abandono da desembocadura norte e erosão das zonas de desequilíbrio hidrodinâmico.

3.1.4. Vegetação

A vegetação natural do delta do rio Doce sofreu intensa alteração pela drenagem excessiva, pelo uso do fogo, pela introdução de novas espécies, em especial, a brachiaria e pelo descobrimento do petróleo na década de 1970, o que levou a Petrobrás a construir estradas de acesso, facilitando a colonização da área. Além disto, com a seca intensificando-se na região, as pastagens, ali contidas, serviam como reservas para o gado no período da estiagem. É comum, os maiores fazendeiros terem propriedades na parte alta (Terciário ou Cristalino) e, nesta região, parte baixa. Ambas se socorrem.

São poucos os locais, à exceção das reservas federais e estaduais (Sooretama), onde pode-se observar a vegetação natural. As reservas deixadas pelos fazendeiros encontram-se nas áreas mais baixas da paisagem, onde a drenagem torna-se um alto investimento ou em parcas áreas mais altas, de solos arenosos, não propícios para pastagens (Areias Quartzosas e Podzóis Hidromórficos). Outra área, são as florestas perenifólia de várzea, que, até recentemente, foram parcialmente preservadas pelo sistema de cultivo de cacau denominado "mata cabrocada".

Recentemente, com a desvalorização do cacau e a chegada da "vassoura de bruxa" (*Crinipellis pernicioso*), parte destas áreas está sendo desmatada e tornando-se pastagem.

As principais vegetações são descritas e, através delas, pode-se inferir o regime hídrico do solo, como por exemplo, os campos de várzea e as florestas de várzea que indicam o excesso de umidade (RUSCHI, 1950; EMPRESA... - EMBRAPA, 1970 e 1978; JESUS, 1988; RADAMBRASIL, 1987).

1 - Floresta Perenifólia de Várzea

Ocorre, junto às margens dos rios, riachos e córregos, estando mais preservada no lado direito do rio Doce; sempre-verde. É uma

floresta densa com árvores de 30 a 40 metros de altura, cobertas por luxuriantes comunidades epífitas de bromeliáceas, orquidáceas, aráceas e pteridófitas; apresenta bom número de palmeiras, onde se destacam o *Astrocarium aculeatissium* e o *Euterpe edulis* (palmito doce).

2 - Floresta Hidrófila

Caracteriza-se por pequeno número de espécies e pelo porte das árvores com 6 a 8 metros de altura. É densa cujo estrato superior é constituído predominantemente pela tabebuia ou pau de tamanco (*Tabebuia cassinoides*) e a imbaúba do brejo (*Cecropia liratiloba*); no estrato médio, tem-se a aninga (*Montrichardia linifera* Schott e Arruda), taboa (*Typhia sominquensis*), arco de barril, guaximbão e gramíneas; no extrato inferior, tem-se as pontederiáceas e lemáceas.

3 - Campos de Várzea

Podem ser higrófilos e hidrófilos, de acordo com o menor ou maior encharcamento das áreas. O relevo é plano, ocorrendo localmente nas áreas de cotas mais baixas, com altitudes inferiores a 20 metros. O fator que mais influi no seu aparecimento é o relevo, condicionando a drenagem.

◆ Higrófilas

São as formações graminóides das várzeas úmidas com drenagens imperfeitas que ocorrem às margens de alguns cursos d'água e faixas contíguas, não sujeitas à grandes flutuações do nível de água. Estas formações são constituídas predominantemente por gramíneas que podem atingir um metro ou mais de altura, algumas vezes densas, outras vezes mais esparsas, podendo apresentar espaços intercalares sem vegetação. Em alguns locais no meio das gramíneas, ocorrem arbustos esparsos, moitas de uma leguminosa espinhosa (*Mimosa* sp.) orelha-de-mico e grama cresciuna.

◆ Hidrófilas

Ocorrem nas várzeas mal drenadas e muito mal drenadas dos brejos e banhados. Esta vegetação é constituída por diversas comunidades facilmente distinguíveis pela estrutura e composição florística, apresentando características graminóides, com feições bem individualizadas:

1 - *Comunidade papiróide* - ereta, densa, que alcança até dois metros de altura, dominada por papiros ou piri-piri (*Cyperus giganteus*); conhecida vulgarmente como tiriricão.

2 - *Comunidade dominada pela taboa* - formação de aspecto graminóide, ereta, densa, com porte aproximado de dois metros de altura. É típica das áreas encharcadas (*Typhia sominguensis*).

3 - *Comunidades relativamente densas* - denominadas por gramíneas duras, apresentando também ciperáceas e, ocasionalmente, ervas.

Tem-se ainda comunidades flutuantes constituídas principalmente por lemáceas, pontederiáceas e salviniáceas.

Nestas várzeas alagadas, ainda aparecem dois tipos de consorciações vegetais: Uma formada pela taboa, embaúba-do-brejo, cana-do-brejo (*Costus spiralisigneus* E. Brow), lírio-do-brejo (*Hedrychium coronarium* koen var. *maximum* Eichl), bananeirinha de flores amarelas (*Cana nepalensis* Hort) e quaresmeira do pântano de flores de cor roxa e rosa (*Tibouchina urceolaris* Cong. *Tibouchina gracilis*, *Tibouchina taxifolia* e *Clidemia hirta*), pontederiáceas e lemáceas. A outra consorciação é constituída por: taboa (*Typhia sominquensis*), aninga (*Montrichardia linifera* Schott e Arruda), imbaúba-do brejo (*Cecropia liratiloba*), pteridófitas (*Asplenium cerratum*), pontederiáceas e lemáceas.

Figura 16 - Ao fundo, Floresta Subperenifolia de restinga. Um primeiro plano, vista do desenvolvimento recente, com a presença de gramíneas e cactáceas.

4 - Restinga

São facilmente identificadas e estão associadas aos solos arenosos - Areias Quartzosas Marinhas (AM) e aos Podzóis Hidromórficos (PH). Na sua maioria, esta vegetação está significativamente alterada pela ação antrópica, através da implantação de pastagens de baixa capacidade de suporte e pelo uso da madeira para serraria e carvão.

Nas AM, próximas do mar, há um gradiente de melhoria no tamanho e no maior número de espécies de plantas, à medida que se distancia do mar. Nas posições côncavas, com a proximidade do lençol freático e com a maior proteção dos ventos marinhos, a vegetação apresenta-se bem mais desenvolvida (Figura 16).

Verifica-se, em primeiro plano (Figura 16), o desmatamento recente com a presença de gramíneas e cactáceas. As pastagens são de baixa capacidade de suporte. A matéria orgânica do horizonte A rapidamente decompõe-se e aparece a cor clara do quartzo com maior nitidez.



Figura 16 - Ao fundo, Floresta Subperenifólia de restinga. Em primeiro plano, vista do desmatamento recente, com a presença de gramíneas e cactáceas.

Considerando-se do mar para dentro do continente, estando restrito à AM percebe-se a seguinte situação:

a. Herbácea - estágio inicial de ocupação; ambiente jovem e instável.

Ocorre próximo à praia, em razão da ação intensiva dos ventos, elevada temperatura e influência de sais. Há uma rigorosa seleção específica, manifestando-se através de algumas adaptações morfológicas como caules estoloníferos e rizomas. As espécies de maior ocorrência são: salsa-da-praia (*Ipomea pes-caprae*), pinheiro-da-praia (*Polygala cyparissias*), cipó-da-praia (*Reminia maritima*) e piaçaba (*Attalea funifera*). A vegetação dispõe-se em faixas contínuas de pequenas larguras paralelas ao mar, segundo a disposição de altos e depressões comuns nesses ambientes. Para o interior do continente, há um aumento progressivo do número de espécies e tamanho das árvores com densidade de vegetação variável (restinga arbustiva). É composta de um estrato herbáceo de espécies com caules estoloníferos como a salsa-da-praia, que confere certa estabilidade ao solo arenoso, a mangabeira (*Hancornia speciosa*), guaru (*Chrysobalanus icaco*) e comandatuba (*Hirtella americana*) e mandacaru-rasteiro (*Cereus fernambucensis*).

b. Arbórea - predomina o cajueiro (*Anacardium occidentale*), araçá (*Psidium* sp.), pau-de-remo (*Styrax* sp.) e indivíduos com grande poder de adaptação como o pau-pombo (*Tapirira guianensis*) e louro (*Nectandra* sp.). De um modo geral, são árvores e arvoretas com altura de aproximadamente sete metros. Apresentam copas bastante irregulares, submata densa e certa abundância de epífitas como a *Epidendrum ellipticum* (orquídea de restinga).

c. Floresta subperenifólia de restinga: é aberta, com árvores que alcançam em média 20 metros de altura, sub-bosque ralo e caracterizado pela predominância de bromeliáceas, aráceas e marantáceas, sendo o estrato inferior herbáceo constituído de poucos indivíduos.

As espécies que ocorrem freqüentemente são: arumbela que é uma cactácea de frutos comestíveis e porte alto, jatobá (*Hymenaea parviflora*), copaíba (*Gallesia gorazema* Moq.), batinga (*Eugenia prasima* Berg.), sapucaia (*Lecythis* sp.), joazeiro (*Zizyphus joazeiro*), figueira (*Ficus pholiana* Miq.), caixeta (*Tabebuia cassinoides* DC.), gaiticica (*Clarisia racemosa* Ruiz et Pav.), pau-sangue (*Pterocarpus violacelus* vog.), várias espécies de orquídeas (*Cirtopodium* sp., *Epidendro* sp. e *Vanila* sp.) e várias espécies de Philodredron.

d. Floresta perenifólia de restinga: é densa, com árvores de 20 metros de altura e sub-bosque denso. Nas árvores, nota-se a presença de musgos e barba-de-velho (*Tillandsia usneoides*) e lianas. Nesta vegetação, são numerosas as mirtáceas, lecitidáceas, fitolacáceas e moráceas, assim como orquídeas e várias espécies de Philodendron. Elas tem sido destruídas para dar lugar às pastagens.

5 - Mangue

Uma das características do mangue é a ausência da vegetação herbácea. Ele está mais presente na foz do rio Barra Seca. São poucas as espécies, em razão da influência das marés. As espécies mais comuns são o mangue-vermelho (*Rhizophora mangue*) o qual desenvolve-se preferencialmente próximo a desembocadura dos rios, ou seja, em locais com maior grau de salinidade. O mangue-branco (*Avicennia racemosa*) e o mangue-amarelo (*Avicennia germinans*) são mais interioranos, com menor salinidade da água.

6 - Campos Halófilos

Predomina o capim cebola ou cebolinha do brejo (*Spartnea* sp.), ou comunidades onde há a predominância da taboa (*Typha sominguenis*), ou por consorciação destas duas espécies e mais a aninga. É comum a presença de áreas desprovidas de vegetação.

Nos locais onde ocorrem os solos tiomórficos, com a drenagem, toda a vegetação morre (Figura 17), sendo que as que mais resistem são a quaresmeira mirim (*Tibouchina* sp.) e uma gramínea entouseirada, baixa, com pêlos em suas folhas, ainda não identificada, mas com uma alta resistência a elevados teores de alumínio, ferro e sódio, vulgarmente conhecida por “beißo-de-égua” ou “cabeludinho”. Esta planta, embora não seja palatável aos animais, segundo alguns fazendeiros, e por outros, é pastejada somente por eqüinos; merece maiores estudos para a compreensão de sua fisiologia o que a torna tão resistente a um ambiente tão inóspito.



Figura 17 - Ambiente de solos tiomórficos. Com a drenagem excessiva, há a morte de todas as plantas.

7 - Campos Antrópicos

O objetivo dos pecuaristas é transformar a região em pastagens. Aparentemente, não estão conscientes do delicado equilíbrio desta região. Utilizam gramíneas resistentes como o quicuío (*Brachiaria humidicola*), na parte alta, este o gado só come, se não tiver outra opção; angola (*Brachiaria mutica*), pangola (*Digitaria decumbens*), pangolinha e tangola na tentativa de substituir a vegetação natural, após a drenagem, roçada, se necessário, e fogo.

Estas gramíneas vão relativamente bem nos solos mais ricos e mais úmidos. Nos solos mais pobres, normalmente arenosos, apesar do esforço dos pecuaristas em implantá-las, em especial, o quicuío, elas são substituídas, a curto prazo, pelo capim pernambuco (*Paspalum maritimum*), de baixa capacidade de suporte de pastoreio. O *Paspalum maritimum* é considerado uma espécie invasora com extraordinário vigor em solos secos e pobres, propagando-se com grande facilidade.

No malhador, lugar onde o gado se reúne durante o dia, sendo mais comum à noite, toda a vegetação é destruída pelo pisoteio excessivo. Semelhantemente, ocorre no despejo, local onde deposita-se a terra retirada das valas de drenagem. Estes locais, se eutróficos, são vegetados pela brachiária.

3.1.5. Clima

O clima pode ser enquadrado no tipo pseudoequatorial ("W" da classificação de Köppen, 1948). A região encontra-se em uma zona caracterizada por chuvas tropicais de verão com estação seca durante o outono e inverno, porém, mesmo na estação seca, pode ser perturbada por precipitações frontais de descargas devidas ao ar polar. Disso resulta (ANDRADE, 1964) um regime pluviométrico semelhante ao equatorial, com chuvas bem distribuídas através do ano, fato que aliás reflete-se na vegetação do Baixo Vale do rio Doce, que lembra a floresta amazônica. A temperatura média anual é de 23°C e a média das máximas é de 31,4°C enquanto que as mínimas atingem valores de 16,2°C (Quadro 6) (EMPRESA... - EMCAPA, 1986).

Quadro 6 - Características climáticas da região do delta do rio Doce (Estação do Vale do Suruaca)

Características	Valores
Temperatura média das máximas	31,4°C
Temperatura média das mínimas	16,2°C
Índice de umidade no verão (PP/ETP)(dez. a fev.)	0,98
Índice de umidade no inverno (junho a agosto)	0,65
Período seco (meses)(agosto)	1
Período úmido (meses)(out. a dez.)	3
Déficit hídrico anual (mm)	217

Fonte: EMPRESA... - EMCAPA, 1986.

PP – precipitação pluviométrica; ETP – evapotranspiração.

Os ventos provêm dos quadrantes NE e SE, atingindo 4 a 5 graus na escala Beaufort. Os de NE-ENE devem ser atribuídos aos ventos alísios desviados, que sopram na maior parte do ano, enquanto que os de SE estão relacionados às frentes frias que chegam periodicamente a costa capixaba principalmente durante o inverno.

Periodicamente, a região é inundada por enchentes do rio Doce. A maior delas foi em janeiro de 1979 e, na última (janeiro de 1997), o rio subiu 11 m acima do seu nível normal.

3.2. Campo

3.2.1. Observações de campo e coleta de amostras de solo

Com o propósito de se estabelecer critérios simples de identificação dos ambientes que compõem o delta do rio Doce, percorreu-se a área intensamente com auxílio de técnicos locais (EMCAPA) e nacionais (EMBRAPA) e também com a ajuda de fazendeiros da região estabelecidos na área há mais de 20 anos.

A área de interesse é muito vasta e tornou as opções variadas e a escolha dos locais das amostragens baseou-se no intuito de formar uma rede de informações que permitissem compreender a área como um todo.

Concomitantemente com o percurso na área, foram-se amostrando os solos, verificando-se vegetação, uso, qualidade da água e outros aspectos que permitissem estratificar os ambientes ali contidos. Definidos os locais de amostragens, deu-se prioridade aos principais horizontes.

Prioritariamente, amostraram-se solos de todas as unidades identificadas por EMPRESA... - EMBRAPA (1971). No decorrer do trabalho, soube-se de outras áreas com problema de tiomorfismo e estas, o delta do rio Itapemirim (quatro perfis - topossequência) e em Campos-RJ (um perfil) foram incorporadas ao trabalho. A localização dos pontos de coletas das amostras de solos encontra-se no Quadro 1A e a síntese das análises realizadas, na Figura 18.

Campo	Identificação das unidades de solos e coleta de amostras de solos	
	Entrevistas com fazendeiros e pesquisadores	
Laboratório	Físicas	Análise granulométrica (dispersão total)
		Análise granulométrica dos sedimentos
		Densidades do solo
		Equivalente de umidade
		Argila dispersa em água
	Química	Retenção de umidade
		Condutividade elétrica
		pH (água e KCl),
		Potencial redox
		Carbono orgânico
Mineralógicas	Bases trocáveis - (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+)	
	Acidez trocável - (Al^{3+} + H^+)	
	Microelementos (Zn, Mn, Cu, Fe, B, Ba, Cd, Ni e Pb)	
	Al^{3+} trocável (KCl e Aluminon)	
	P remanescente e P (Mehlich - 1)	
Água	Nitrogênio total (Kjeldahl)	
	Ataque sulfúrico (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5)	
	Enxofre total	
	Fe, Al e Si por oxalato ácido de amônio	
	Difração de raios X	
Biogênicas	Microscopia eletrônica de varredura	
	Químicas e físicas	
Imagens de satélites	Espículas	
	Sistema geográfico de informações	
Dados de perfis	Sistema de codificação	

Figura 18 - Esquema das principais atividades e análises realizadas.

3.3. Análises de laboratório

Para facilitar a comparação dos dados obtidos, procurou-se, quando possível adotar, nas análises de solos, a metodologia preconizada por EMPRESA... - EMBRAPA, 1977.

3.3.1. Análises físicas

Análise granulométrica (dispersão total), densidades do solo, equivalente de umidade, argila dispersa em água, retenção de umidade (terra fina < 2 mm) foram feitas segundo EMPRESA... - EMBRAPA, 1977. Todas as análises foram feitas no Laboratório de Análises Físicas do Departamento de solos da UFV.

♦ Análise granulométrica dos sedimentos:

Foram escolhidas amostras selecionadas de horizontes diagnósticos de perfis representativos. Com 100 g de material de solo procedeu-se à desagregação física com movimentos leves, com pistilo de madeira de forma a não quebrar os grãos de areia e, posteriormente, procedeu-se à dispersão com $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$. Após sucessivas lavagens, secou-se, pesou-se e o material foi submetido a um conjunto de 22 peneiras de diâmetros de malha que variam de 2 mm a 0,053 mm (Quadro 2A) (SUGUIO, 1973).

Com os dados obtidos, calcularam-se os parâmetros estatísticos (FOLK e WARD, 1957), tais como diâmetro médio (Mz), desvio-padrão inclusivo (σ_I), assimetria gráfica inclusiva (SKI), e a curtose gráfica (KG), a partir das fórmulas constantes (Quadro 3A). Tais parâmetros adotados encontram-se no Quadro 4A.

3.3.2. Análises químicas

- Reação do solo - foram determinados pH em água e em KCl (1 mol.dm^{-3}), na relação 1:2,5 (EMPRESA... - EMBRAPA, 1977).
- Carbono orgânico: determinado pelo método de Walkley-Black (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).
- Bases trocáveis: Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl (1 mol.dm^{-3}) (EMPRESA... - EMBRAPA, 1977).
- Na^{+1} e K^{+1} foram extraídos por Mehlich-1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).
- Alumínio ativo: denomina-se alumínio ativo o extraído com KCl (1 mol.dm^{-3}) e determinado por colorimetria (540 nm) com aluminon (ALVAREZ, 1985). Usou-se ácido tioglicólico (CH_2SHCOOH) a 1% como reagente de trabalho para neutralizar a interferência de Fe. A estabilização da leitura foi feita pela goma arábica em banho-maria a 75°C por 15 minutos, em seguida, repouso, à temperatura ambiente. O reagente de trabalho foi tamponado em pH 3,5 com ácido acético e acetato de amônio, para garantir a solubilidade do alumínio na solução de leitura.
- Acidez extraível ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$): extraída com acetato de cálcio (1 mol dm^{-3}), pH 7 e determinada por titulometria (EMPRESA... - EMBRAPA, 1977).
- Nitrogênio total: método Kjeldahl por câmara de difusão (EMPRESA... - EMBRAPA, 1977).
- Fósforo disponível: extraído por Mehlich-1 e determinado por colorimetria (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).
- Enxofre total: ataque por HCl 1:1, precipitação gravimétrica com BaCl_2 e determinação gravimétrica (EMPRESA... - EMBRAPA, 1977).
- Ataque sulfúrico: as amostras de solo foram solubilizadas com H_2SO_4 1:1 e, no extrato sulfúrico, foram determinados os teores de SiO_2 ; Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO_2 , TiO_2 e P_2O_5 (EMPRESA... - EMBRAPA, 1977). Estas análises foram realizadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Ferro, alumínio, e sílica extraíveis: Os compostos amorfos foram extraídos por solução de oxalato ácido de amônio (EMPRESA... - EMBRAPA, 1977).

- Microelementos: adotou-se o método de digestão por ácidos nítrico e clorídrico concentrados e peróxido de hidrogênio a 30% (método 3050A). A leitura dos elementos foi feita em plasma espectroscópio no Analytical Research Laboratory (University of Florida).

3.3.3. Análises Mineralógicas

- Difractometria de raios X:

Cada amostra recebeu tratamento individualizado, segundo a necessidade, para a identificação dos minerais. Usou-se um difratômetro Rigaku, radiação Cu K α de $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$ com filtro de Cu (WHITTIG e ALLARDICE, 1994; MOORE e REYNOLDS JR., 1989).

3.3.4. Análises micromorfológicas

Blocos de solos foram coletados com as caixas de Kubiena, seguindo as recomendações de FITZPATRICK (1993). As amostras foram secas a 35°C por 4 dias e saturadas com acetona. Posteriormente, foram impregnadas com a resina Polytite T-208 misturada com styrene. Após secagem, os blocos foram cortados e preparados para as observações micromorfológicas.

3.3.5. Água

Com o conhecimento obtido através dos moradores da área, procurou-se coletar amostras de água (13 ao todo) que atendessem aos seus critérios, tais como, as águas com diferentes gostos, cores, adstringência etc (Quadro 7).

Para comparação, coletaram-se amostras do rio Doce, principal rio da região, e também da água do mar. Quando possível, estabeleceu-se como critério a tomada da amostra a 30 cm de profundidade e no meio do rio, córrego ou vala de drenagem. Logo após a coleta, as amostras foram rapidamente trazidas ao laboratório, para o procedimento das análises físicas e química. Em todas as análises, adotaram-se as instruções preconizadas pelo "Standard Methods" (EATON et al., 1995).

Quadro 7 - Locais de coleta das amostras de água

Amostras	Local e Observações	Latitude Sul	Longitude Oeste
01	• A 15 km da saída da BR 101, Fazenda Paulista, em direção à Fazenda Cedro, lado esquerdo, descendo o barranco, na propriedade de Arildo Tessarolo.	18 ^o 52' 11"	39 ^o 48' 16"
02	• Na ponte da Fazenda UNICAFE, no canal principal.	18 ^o 53' 00"	39 ^o 47' 02"
03	• Fazenda de Guido Zon, próximo à Estação da Petrobrás.	18 ^o 54' 29"	39 ^o 47' 19"
04	• A 100 m antes da sede da Fazenda de Wilson Zon, no canal de drenagem, a 50 m distante da estrada, lado esquerdo.	18 ^o 56' 01"	39 ^o 48' 10"
05	• Poço de água para o gado, a 50 m da sede da Fazenda de Wilson Zon.	18 ^o 56' 44"	39 ^o 47' 25"
06	• Após a sede da Fazenda do Sol, na estrada à direita, a 5 km, lado direito, após a ponte de cimento.	19 ^o 17' 20"	39 ^o 47' 02"
07	• Ídem, no canal de drenagem lado esquerdo.	19 ^o 18' 24"	39 ^o 46' 34"
08	• Fazenda do Sol – sede, água potável, na torneira.	19 ^o 17' 41"	39 ^o 49' 52"
09	• Água do mar – praia do Pontal do Ipiranga.	19 ^o 10' 07"	39 ^o 43' 43"
10	• Ponte do rio Barra Seca- próximo a Petrobrás.	19 ^o 07' 09"	39 ^o 44' 30"
11	• Rio Doce - na ponte de Linhares (sede da EMCAPA).	19 ^o 25' 12"	40 ^o 04' 54"
12	• Fazenda AGRIL – Riacho, Aracruz, no antigo talhão de arroz, no lado esquerdo.	19 ^o 40' 45"	40 ^o 00' 45"
13	• Fazenda AGRIL – Riacho, Aracruz, na ponte, local de captação de água.	19 ^o 41' 18"	40 ^o 00' 45"
14	• Rio Amazonas (GIBBS,1972)	-	-
15	• Rio Arrojado-BA (COUTO,1984)	-	-

3.3.6. Isolamento de opalas biogênicas e a sua identificação

No processo de isolamento das opalas biogênicas adotou-se a metodologia preconizada por SCHWANDES e COLLINS, 1994. Após o isolamento das opalas para a caracterização morfológica e obtenção de microfotografias usou-se um microscópio eletrônico de varredura (WILDING e DREES, 1973). O método de isolamento das opalas biogênicas encontra-se descrito no Quadro 5A mais detalhadamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Plantas

As plantas refletem as novas condições ambientais, em consequência da acidificação excessiva dos solos fitorrômicos, pela drenagem, desaparecendo quase todas (Figura 19). Algumas, como o "cabeludinho", também conhecido como "beijo-de-agua" (gramínea, com pilosidade foliar, não palatável pelo gado e ainda não identificada botanicamente) e a guaresmeira mirim (*Tibouchina* sp.) são as últimas a desaparecerem, suportando um ambiente de altos teores de ferro, alumínio e baixíssimo pH. Em razão dessas observações, algumas questões foram levantadas:

- Qual é a sua composição química se comparada com outras plantas mais conhecidas?
- Quais os mecanismos que estas plantas utilizam para suportarem este ambiente tão inóspito?
- Estas plantas teriam algum valor como material genético de tolerância transferível a outras plantas?

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Plantas

Figura 19 - Em primeiro plano, a presença da gramínea "beijo-de-égua"

As plantas refletem as novas condições ambientais, em consequência da acidificação excessiva dos solos tiomórficos, pela drenagem, desaparecendo quase todas (Figura 19). Algumas, como o "cabeludinho", também conhecido como "beijo-de-égua" (gramínea, com pilosidade foliar, não palatável pelo gado e ainda não identificada botanicamente) e a quaresmeira mirim (*Tibouchina* sp.) são as últimas a desaparecerem, suportando um ambiente de altos teores de ferro, alumínio e baixíssimo pH. Em razão dessas observações, algumas questões foram levantadas:

- ♦ Qual é a sua composição química se comparada com outras plantas mais conhecidas?
- ♦ Quais os mecanismos que estas plantas utilizam para suportarem este ambiente tão inóspito?
- ♦ Estas plantas teriam algum valor como material genético de tolerância transferíveis a outras plantas?



Figura 19 - Em primeiro plano, a presença da gramínea “beicho-de-égua” ou “cabeludinho”. Em segundo plano, a presença da quaresmeira mirim. Ao redor, toda a vegetação desapareceu, formando pequenas áreas desérticas.

Para tentar elucidar algumas dessas questões, comparou-se a composição do “cabeludinho” com os teores médios de 14 forrageiras mais comuns no Brasil (GALLO et al., 1974) (Figura 20). Percebe-se que os elementos P, K, Ca e B estão em muito maiores teores nas forrageiras. Por outro lado, os elementos Na, Fe, Al e S estão, respectivamente, cerca de 18, 8, 6 e 4 vezes a mais no “cabeludinho” o que reflete o ambiente tiomórfico. A tolerância desta planta a valores tão elevados de Fe, Al e S é um fato importante que precisa ser mais pesquisado. Os elementos Mg, Co, Cu, Mn, e Zn estão em teores equivalentes. Fato que chama a atenção é a maior quantidade de Mo no “cabeludinho” em um ambiente tão ácido, já que sua maior disponibilidade é maior a pH mais elevado. Tal fato, possivelmente, seja

em razão da origem do sedimento marinho, que dispõe de maiores quantidades desse elemento (MENGEL e KYRKBY, 1982). Em ambientes ácidos, a forma que ocorre é HMoO_4^- (VAN RAIJ, 1991).

Numa análise mais ampla, ambiental, envolvendo água, solo e planta, as relações entre zinco, ferro e manganês permitem separar os ambientes tiomórficos dos não-tiomórficos (Figura 21). O ferro é o elemento que se destaca nesta relação pelos seus altos valores nos tiomórficos.

Neste particular, com relação à tolerância a altos teores de ferro, o “cabeludinho” concentra, em suas folhas, cerca de sete vezes mais ferro do que o limite crítico tóxico sugerido para a cultura do arroz em solos tiomórficos que é de 300 mg kg^{-1} de matéria seca (MOORE e PATRICK, 1989).

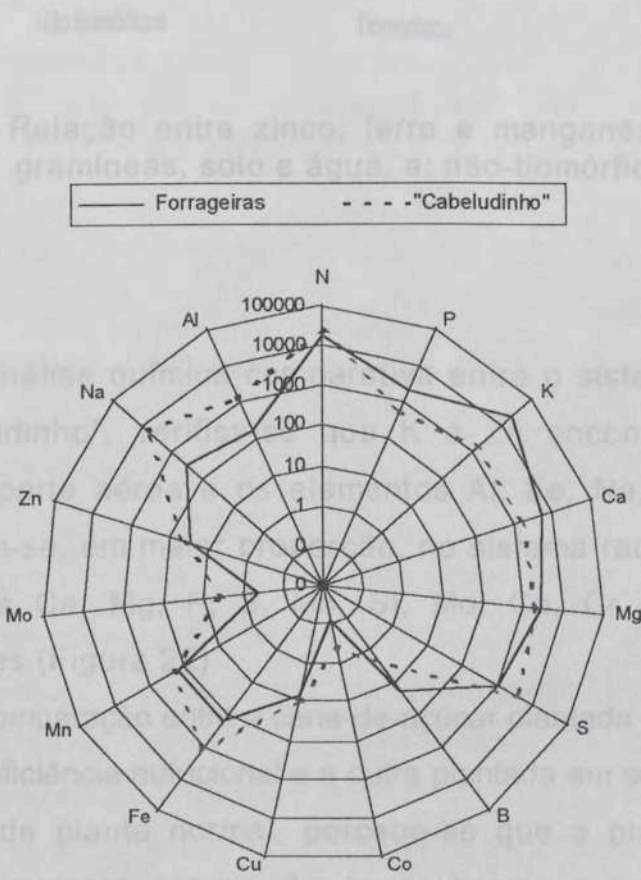


Figura 21 - Relação entre zinco, ferro e manganês, envolvendo várias gramíneas, solo e água. a: não-tiomórficos; b: tiomórficos.

Figura 20 - Composição química da gramínea “cabeludinho” comparada com a composição média de 14 forrageiras comuns no Brasil ($\mu\text{g.g}^{-1}$).

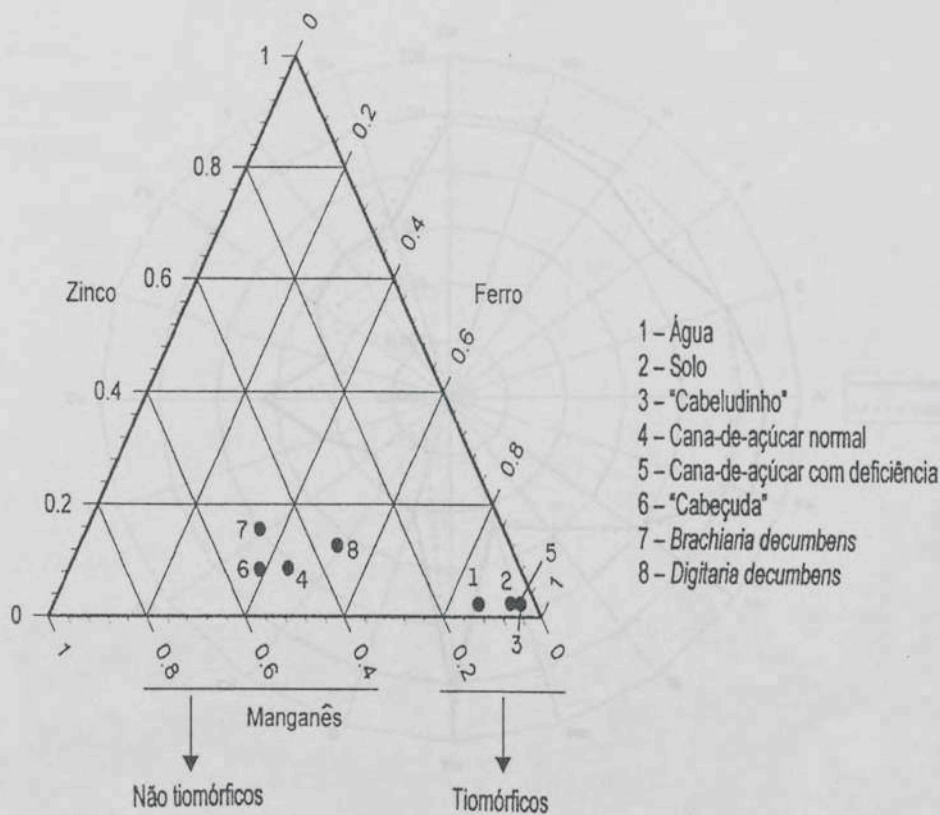


Figura 21 - Relação entre zinco, ferro e manganês, envolvendo várias gramíneas, solo e água. a: não-tiomórficos; b: tiomórficos.

Na análise química comparativa entre o sistema foliar e radicular do "cabeludinho", verifica-se que K e Zn encontram-se em maiores teores na parte aérea e os elementos Al, Fe, Na, B, Cd, Cu, Pb e V concentram-se, em maior proporção, no sistema radicular e com relação aos demais Ca, Mg, P, S, Mn, Si, Mo, Co, Cr e Hg os teores são semelhantes (Figura 22).

Na comparação entre a cana-de-açúcar plantada em solo tiomórfico com aparente deficiência nutricional e a outra plantada em solo não-tiomórfico com aparência de planta normal, percebe-se que a planta com deficiência apresenta maiores teores de ferro, ligeiro aumento de potássio e menores teores de fósforo, cálcio e zinco principalmente (Figura 23).

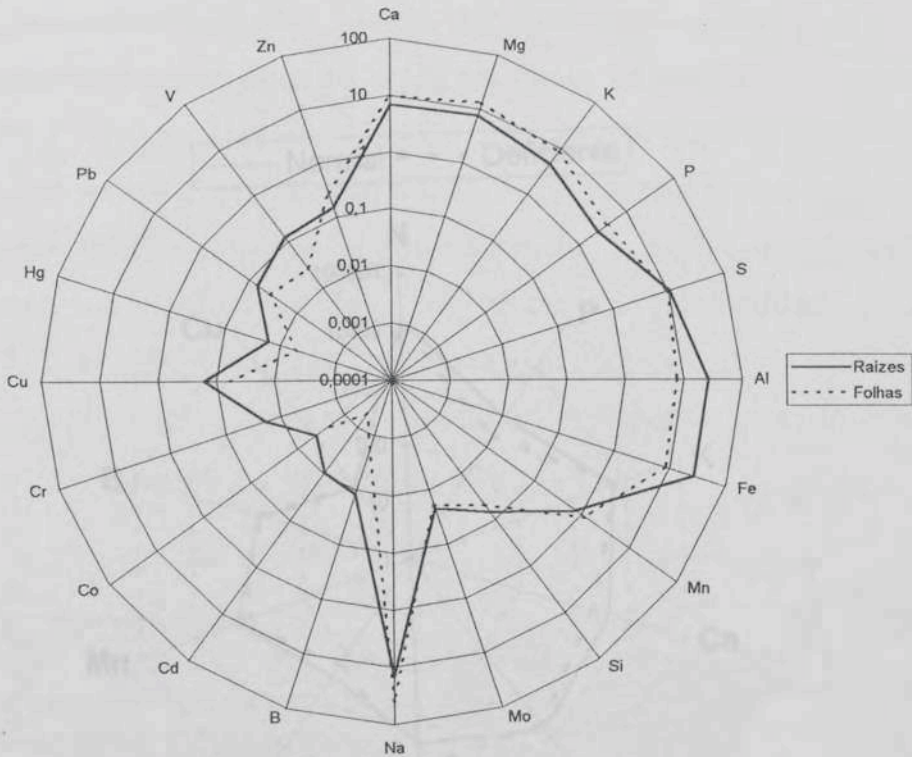


Figura 22 - Análise química comparativa do sistema radicular e foliar da gramínea "cabeludinho".

Figura 23 - Tachas comparativas dos elementos encontrados nas folhas de cana-de-açúcar plantada em solo tiomórfico com aparência de sintomas de deficiências nutricionais e outra

Os maiores teores de ferro nas plantas de ambientes tiomórficos ou afins (Quadro 8) não parecem estar relacionado a outros elementos. Os teores de fósforo, no entanto, parecem sofrer forte influência dos de nitrogênio e potássio (0,85).

TURNER (1969) e STEVENSON (1986) mencionam que a tolerância de plantas a elevados teores de determinados elementos no solo envolve um especializado mecanismo em que as paredes internas das células atuam de forma seletiva a determinados elementos nocivos a elas. A tolerância a um determinado elemento não confere capacidade de tolerância a outro elemento mesmo que ambos tenham raios iônicos semelhantes. Além disto, a planta pode exsudar compostos orgânicos pelas raízes que afetam a atividade biológica e também formam quelatos com os elementos traços, tornando-os menos disponíveis.

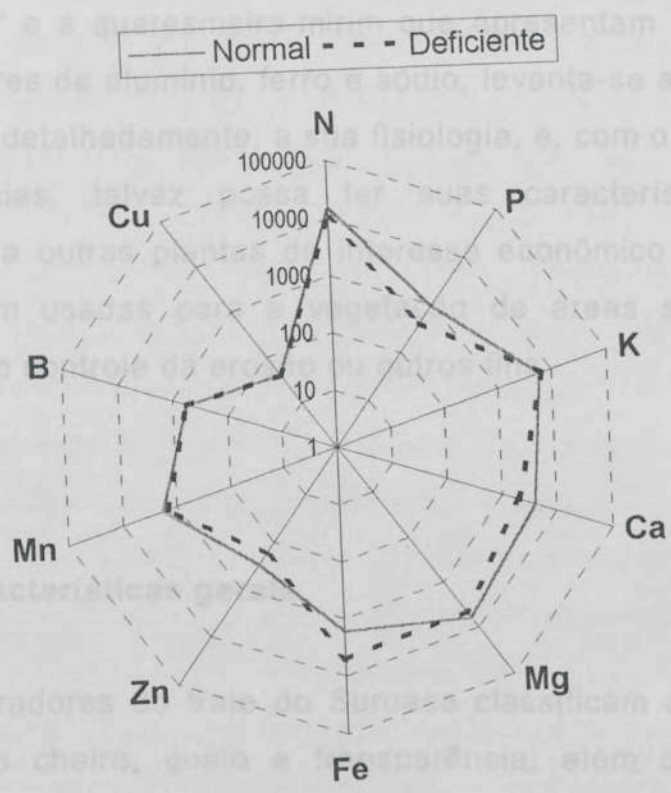
Embora não se tenha verificado, detalhadamente, qual a causa que faz com que estas plantas cresçam neste ambiente, em especial, o "cabeludinho" e a quebra mais acentuada apresentam alta tolerância a elevados teores de alumínio, ferro e sódio, levanta-se a necessidade de estudos, mais detalhadamente, da fisiologia, e, com o envolvimento de outras ciências, para se fazer um levantamento das características benéficas transferíveis a outros tipos de plantas, econômica ou alimentar, que mesmo serem usadas para outros fins, possam ser semelhantes aos tiomórficos no que se refere a estes elementos.

4.2. Água

4.2.1. Características gerais

Os moradores do município de Surubá classificam as águas que ali ocorrem pelo cheiro, gosto e aparência, além dos aspectos do relevo. Na parte de baixo, identificam dois tipos principais de água, sendo uma de cor de café com cheiro forte de purificação, oriunda dos poços (4 m de profundidade) da parte superior, onde predominam os

Figura 23 - Teores comparativos dos elementos encontrados nas folhas da cana-de-açúcar plantada em solo tiomórfico com aparência de sintomas de deficiências nutricionais e outra com aparência normal.



Quadro 8 - Coeficiente de trilha para fósforo relacionando os efeitos diretos e indiretos com outros elementos

Elemento	Efeitos direto	Efeitos indireto				
		N	Fe	Mn	Cu	Ca
N	0,708	-	0,028	-0,018	0,037	0,135
Fe	-0,287	-0,070	-	-0,015	-0,0007	0,064
Mn	-0,066	0,193	-0,068	-	0,040	0,0927
Cu	0,069	0,381	0,003	-0,039	-	0,030
Ca	0,316	0,303	-0,05	-0,019	0,006	-
K	0,85					

Embora não se tenha verificado, detalhadamente, qual a causa que faz com que estas plantas cresçam neste ambiente, em especial, o “cabeludinho” e a quaresmeira-mirim que apresentam alta tolerância a elevados teores de alumínio, ferro e sódio, levanta-se a necessidade de estudar, mais detalhadamente, a sua fisiologia, e, com o envolvimento de outras ciências, talvez possa ter suas características benéficas transferíveis a outras plantas de interesse econômico ou alimentar ou mesmo serem usadas para a vegetação de áreas semelhantes aos tiomórficos no controle da erosão ou outros fins.

4.2. Água

4.2.1. Características gerais

Os moradores do Vale do Suruaca classificam as águas que ali ocorrem pelo cheiro, gosto e transparência, além dos aspectos do relevo. Na parte de baixo, identificam dois tipos principais de água, sendo uma de cor de café, com cheiro forte de putrefação - oriunda dos solos Orgânicos e dos Podzóis Hidromórficos; e outra muito transparente com gosto de “pedra ume” (adstringente) - oriunda dos solos tiomórficos; ambas impróprias ao consumo humano.

A água potável é obtida em algumas propriedades através de poços (4 m de profundidade) na parte superior, onde predominam os Podzóis Hidromórficos ou há proprietários, sem esta opção, que preferem obtê-la em Linhares. Eles aproveitam os latões e o veículo que, pela manhã, levam o leite para a Cooperativa de Laticínios e, no retorno, trazem a água para o consumo humano e doméstico.

Em razão destas informações algumas questões foram levantadas:

- **Quais os principais tipos de água que ali ocorrem?**
- **Quais as suas características físicas e químicas?**
- **Seriam próprias para o consumo humano e irrigação?**
- **Elas se relacionam com os tipos de solos?**

- **Será possível usá-las como uma chave para identificar mais facilmente os ambientes?**
- **Quais são os seus efeitos no meio ambiente e na saúde humana?**

Percebe-se (Quadro 9) a possibilidade de separar as águas em três classes de cores, sendo duas principais, a de cor de café, normalmente com pH relativamente mais elevado e as muito transparentes e adstringentes, no dizer dos pecuaristas, **“aquelas que apertam, parecendo pedra ume”**, com pH muito baixo. As demais apresentam outras características, em razão da peculiaridade de cada uma, como por exemplo, a água potável (amostra 8); água do mar e do próprio rio Doce que, dependendo da época do ano, altera a coloração, em razão da maior ou menor quantidade de sedimentos vindos de montante.

A água de número 3 (Petrobrás) (Quadro10) é atípica ao ambiente natural. Ela apresenta salinidade bastante elevada e o seu teor de sódio excede o contido na água do mar, além dos seus teores elevados de Pb.

Provavelmente, conforme informações colhidas extra-oficialmente, é proveniente de resíduos industriais da Petrobrás que usa uma solução salina, para facilitar a penetração da broca na perfuração dos poços de petróleo. Esta água é depositada em duas lagoas, sujeitas à inundação, que ocorre periodicamente com as cheias do rio Doce. Em janeiro/97 o rio Doce subiu 11 metros acima do seu nível normal, inundando a região. Este fato tem ocorrido, aproximadamente, a cada 10 anos. Com a inundação, poderiam se estender os efeitos maléficos dessa água a uma extensão maior, além de estar, na atualidade, contaminando, possivelmente, o lençol freático. Este fato reveste-se de suma importância, uma vez que o Vale do Suruaca atua como se fossem verdadeiros vasos comunicantes e com isto ter-se-ia o processo de contaminação por estas águas ampliado.

Amostra	Localização (entre parênteses unidade de solo)	Características	Importância
		Cor de café	
1	Fazenda Paulista de Arildo Tessarolo (GP)	Cor de café devido a presença de ácidos orgânicos; água do fundo do perfil de solo;	Avaliar a influência do lençol freático nas propriedades químicas do GP;
2	Canal principal de drenagem; Fazenda UNICAFÉ (PH; GP; GH e O)	Canal com aproximadamente 10 m de largura; águas com certa velocidade;	Avaliar as características das águas de drenagem de uma grande área drenada;
4	Canal de drenagem da Fazenda Barra Seca; (GP)	Presença de argila dispersa e elevado número de caramujos da esquistossomose; usada pelos animais;	Avaliar a água de drenagem do GPe argiloso usada pelo gado;
6	Lado direito; estrada da Fazenda do Sol (GPd)	Vala de drenagem de aproximadamente 2 m de largura; dreno muito extenso;	Comparar com a água transparente do outro lado da estrada (amostra 7); a água drenada vem da parte superior da paisagem; a estrada forma um dique;
10	Na ponte da Foz do rio Barra Seca (PH; GP; GH; O)	Rio com aproximadamente 30 m de largura; cor de café; resultado de praticamente toda a drenagem do Vale do Suruaca, (Bacia do rio Barra Seca);	Verificar a qualidade da água na bacia de drenagem;
		Muito transparentes, baixo pH e adstringentes	
3	Fazenda do Guido Zon/Petrobrás (GP)	Lagoa de águas transparentes; ausência de vegetação aquática e sabor adstringente;	Conforme informações estas lagoas são áreas de depósitos de águas residuais da Petrobrás;
7	Lado esquerdo; estrada da Fazenda do Sol (GPt)	Transparente; vala de drenagem de aproximadamente 2 m de largura, profundo, muito extenso; ausência de vegetação; adstringente; (tiomórficas);	Comparar com água do dreno do outro lado da estrada; neste, a água da parte de baixo da paisagem é drenada;
12	Fazenda AGRIL - dentro do talhão de arroz (GPt e GHt)	Água muito transparente; (tiomórficas);	Verificar a qualidade da água dentro dos talhões de arroz;
13	Faz. AGRIL - local de captação de água para uso doméstico(GPt)	Água muito transparente com presença de vegetação subaquática (tiomórficas).	Avaliar a qualidade da água de drenagem de uma região com solos tiomórficos.

Continua...

Amostra	Localização (entre parênteses unidade de solo)	Características	Importância
Outras características			
5	No barreiro próximo à sede da Faz. Barra Seca (GP)	Cor amarelada, presença de argila dispersa; barreiro com pequena profundidade; usada pelo gado;	Avaliar a água do barreiro (represada) usada pelo gado;
8	Sede da Faz. do Sol	Clara, potável, sem sabor; coletada em poço de Podzol Hidromórfico (4 m);	Comparar com as demais (padrão);
9	Pontal do Ipiranga - água do mar	Coletada próximo da praia; presença de sedimentos;	Comparar com as demais;
11	Rio Doce; sede da EMCAPA	Água turva com presença de sedimentos	Avaliar a qualidade da água do principal rio da região que durante o período das cheias pode inundar a área;

GP: Gleí Pouco Húmido; GH: Gleí Húmido; PH: Podzol Hidromórfico; O: Orgânico; t: tiomórfico; e: eutrófico; d: distrófico.

Quadro 10 - Resultados analíticos das amostras de águas e os critérios de classificação

Análises de água do Delta do rio Doce													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
pH	4,3	5,6	3,0	7,9	7,8	8,3	5,8	6,9	8,0	7,2	7,2	3,0	3,4
Turb**	ntu 1000	5	8	1	12	1	47	9	30	6	130	25	10
ce	dS/m 0,23	0,09	26,70	3,48	3,70	1,11	1,73	0,11	58,80	0,59	0,10	1,01	0,48
alcaln		11		159	128	1737	12	16	103	31	34		
Al	mg/L 0,9	0,5	5,9	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	1,1	78,6	12,1
Si	mg/L 1,4	2,4	0,4	3,6	2,5	2,5	9,3	6,8	1,9	3,8	8,2	4,3	3,3
Salin**	mg/L 52	41	15900	1000	1650	57	160	41	33000	75	30,00	39	35
	0/00 0,05	0,04	15,90	1,00	1,65	0,06	0,16	0,04	33,00	0,08	0,03	0,04	0,04
Durza**	mg/L 37	18	4750	489	599	69	250	37	7190	47	16	40	56
SD**	mg/L 4900	2000	54700	3300	4000	2000	4700	2000	116000	2000	2000	2000	2000
NH ₄	mg/L 0,29	0,14	10,39	0,23	0,09	1,84	6,64	0,09	0,20	0,15	0,00	0,57	0,77
NO ₃	mg/L 94	29	10	21	11	43	11	2	4	15	14	11	2
P	mg/L 0,28	0,07	0,32	0,22	0,23	0,13	0,21	0,04	0,63	0,09	0,11	0,18	0,07
PO ₄	mg/L 0,86	0,21	0,98	0,67	0,71	0,40	0,64	0,12	1,93	0,28	0,34	0,55	0,21
Na	mg/L 22	14	5253	455	526	151	207	9	3995	93	12	16	15
K	mg/L 21	2	109	22	40	13	13	6	587	6	5	3	2
Ca	mg/L 6	3	1336	196	152	44	89	3	331	14	4	14	12
Mg	mg/L 10	2	255	61	75	36	86	4	902	15	1	14	8
S	mg/L 18	2	3	64	47	66	253	5	849	17	2	195	56
SO ₄	mg/L 54	6	10	192	142	197	757	16	2547	51	6	585	167
Fe	mg/L 0,0	0,3	6,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	8,5	0,9
B	mg/L 0,09	0,04	5,19	0,43	0,32	0,41	0,37	0,04	3,81	0,11	0,03	0,04	0,04
Co	mg/L 0,00	0,00	0,02	0,00	0,00		0,05	0,00	0,03	0,00		0,07	0,03
Cr	mg/L 0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,09	0,00	0,00	0,01	0,00
Cu	mg/L 0,03	0,01	0,07	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01
Hg	mg/L 0,00	0,01	0,06	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,00	0,01	0,06	0,01
Mn	mg/L 0,08	0,01	0,95	0,00	0,00	0,00	1,90	0,02	0,02	0,00	0,00	1,04	0,63
Pb	mg/L 0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,08	0,02
V	mg/L 0,00	0,00	0,06	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	mg/L 0,02	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,22	0,05

Classificação geral (Resolução 20 de 18/06/86)

Potabilidade

Águas doce

Salinas

Salobras

ABNT

OMS

CL1 CL2 CL3 CL4

CL5 CL6

CL7 CL8

usphs rec tol

per exc

pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	-	6,5/8,5	6,5/8,6	6,5/8,7	5 a 9	-	-	-	0,9	6,5/9,2
Turb**	ntu 40	100	100	-	-	-	-	-	5	1	5	5	25
Al	mg/L 0,1	0,1	0,1	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
	0/00 0,50	-	-	-	30,00	-	0,5/ 30	-	-	-	-	-	-
SD**	mg/L 500	500	500	-	-	-	-	-	500	500	1000	500	1800
NH ₄	mg/L 0,02	-	1	-	0,4	-	0,4	-	-	-	-	-	-
NO ₃	mg/L 10	10	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
PO ₄	mg/L 0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	mg/L -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	200
Mg	mg/L -	-	-	-	-	-	-	-	125	-	-	5	15
SO ₄	mg/L 250	250	250	-	-	-	-	-	250	-	250	200	400
Fe	mg/L 0,3	-	5,0	-	0,3	-	-	-	0,3	-	0,3	0,3	1,0
B	mg/L 0,75	0,75	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	mg/L 0,20	0,20	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	mg/L 0,02	-	0,5	-	0,05	-	0,05	-	1	-	3	1	1,5
Hg	mg/L 0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	-	-	-	-	-
Mn	mg/L 0,1	-	0,5	-	0,1	-	-	-	0,05	-	0,1	0,1	0,5
Pb	mg/L 0,03	-	0,05	-	0,01	-	0,01	-	0,1/0,05	-	0,1	0,1	-
Zn	mg/L 0,18	-	5	-	0,17	-	0,17	-	5	-	15	5	15

Sugere-se, na impossibilidade de ter-se outra opção de tratamento, que a mesma seja lançada ao mar, em razão do seu maior poder de diluição e este encontra-se bem próximo do local. Estudos mais precisos devem ser efetivados urgentemente.

Para efeito comparativo, são apresentados os critérios de classificação geral das águas (Resolução nº 20 de 18/06/86), em que são classificadas em doces, salinas e salobras e os critérios de potabilidade da ABNT e da Organização Mundial da Saúde (Quadro 10) (DIAS, 1992).

A água do barreiro (amostra 5), em razão do solo ser eutrófico (Glei Pouco Húmico eutrófico), alta evaporação da região e estar num ambiente fechado (poço), que impede a diluição com outras águas, apresenta salinidade que pode afetar os animais com diarreias temporárias (Quadro 11). Tal fato não foi constatado pelo pecuarista.

O coeficiente de variação (Quadro 12), para a maioria dos elementos analisados, é elevado com uma amplitude dos dados também elevada o que reflete a diversidade de águas ali existentes e a necessidade da estratificação dos ambientes ali contidos para um melhor manejo. Deve-se ressaltar que incluíram-se, nos dados, águas atípicas como a do mar, por exemplo, para comparação.

Quadro 11 - Efeitos das águas salinas em animais domésticos

Salinidade	Comentários
— mg.L ⁻¹ —	
< 1.000	Sem problemas a nenhuma espécie doméstica de interesse econômico;
1.000 - 3.000	Satisfatórias; diarreia apenas temporária e moderados sem afetar saúde ou desempenho;
3.000 - 5.000	Satisfatória, com exceção de aves; nessas, causam fezes aguadas, aumentando a mortalidade e reduzindo o crescimento, principalmente em perus;
5.000 - 7.000	Razoáveis para o gado de corte e leite, ovinos e eqüinos. É bom evitar uso das mais salinas em animais prenhes ou em lactação. Não são aceitáveis para aves;
7.000 - 10.000	Inadequadas para aves e provavelmente para suínos. Risco, se usadas em vacas prenhes ou em lactação; cavalos, carneiros e animais jovens dessas espécies;
> 10.000	Não recomendáveis sob nenhuma condição.

Adaptado de SHIRLEY e CARVALHO, 1976.

Quadro 12 - Parâmetros estatísticos dos dados de água do delta do rio Doce, ES

Parâmetros	pH	Turb.	C. elét.	Alcal.	Dureza	Sólidos totais	NH ⁺ ₄	NO ₃ ⁻	P	K	Ca	Mg	S
Média	6,03	98,77	7,55	247,76	1046	15507	1,65	20,54	0,198	63,68	169,5	113,12	121,37
D. Padrão	1,99	272,9	16,98	561,08	2249,27	334444	3,18	24,84	0,15	159,083	364,24	246,83	232,09
Er. Padrão	0,55	75,71	4,71	187,03	623,84	9275	0,88	6,89	0,043	44,33	101,02	68,46	64,37
C.V.	33,04	276,39	224,99	226,46	215,04	215,66	193	120,93	78,6	250,97	214,89	218,2	191,23
Máximo	8,3	1000	58,8	1736,75	7190	116000	10,39	93,85	0,63	586,9	1335,59	902,09	849,44
Mínimo	3,0	1	0,09	11,25	16	2000	0,0	2,16	0,04	2,03	3,15	1,41	2,02
Amplitude	5,3	999	58,71	1725	7174	114000	10,39	91,70	0,59	584,87	1332,44	900,68	847,42
Assimetria	-0,43	2,74	2,17	2,04	1,85	2,16	1,83	1,93	1,46	2,67	2,48	2,48	2,33
P. Assim.	0,40	0,05	0,1	0,09	0,14	0,10	0,14	0,12	0,19	0,06	0,08	0,076	0,088
Curtose	1,43	9,14	6,52	5,53	4,87	6,43	4,89	5,96	4,72	8,84	8,11	8,05	7,49
P. Curtose	0,04	0,0	0,0	0,003	0,02	0,00075	0,021	0,0021	0,031	0,0	0,0	0,0	0,0
I. C. P (0,05)	1,20	165,05	10,26	432,03	1359,96	20,221	1,92	15,02	0,094	96,63	2002	149,24	140,33
Am. Ideal (10%)	52	3630	2405	2736	2197,52	2210	1773	695	293	2993	2194	2262	1737

Parâmetros	Si	Al	Fe	Na	B	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	V	Zn	RAS
Média	3,86	7,66	1,25	828	0,84	0,018	0,018	0,02	0,0192	0,36	0,024	0,14	0,031	7,54
Desvio Padrão	2,67	21,6	2,74	1712	1,65	0,024	0,033	0,018	0,0198	0,601	0,042	0,024	0,06	9,48
Erro Padrão	0,74	5,99	0,76	474	0,46	0,007	0,009	0,005	0,005	0,166	0,011	0,006	0,0165	2,63
C.V.	69	281,9	218	206	197	134	183	87	102	168	177	162	189	126
Máximo	9,26	78,59	8,52	5252	5,19	0,07	0,09	0,07	0,06	1,9	0,11	0,07	0,22	33,1
Mínimo	0,35	0,0	0,0	9,41	0,03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Amplitude	8,91	78,59	8,52	5443,18	5,16	0,07	0,09	0,07	0,06	1,9	0,11	0,07	0,22	32,4
Assimetria	0,77	2,69	1,79	1,75	1,77	0,865	1,21	1,36	1,17	1,36	1,15	1,4	2,36	1,56
Prob. Assimétrica	0,32	0,061	0,145	0,15	0,15	0,29	0,23	0,2	0,24	0,208	0,25	0,2	0,086	0,18
Curtose	2,26	8,96	4,58	4,35	4,48	2,28	2,60	4,19	2,95	3,61	2,43	3,42	7,67	4,42
Prob. Curtose	0,20	0,0	0,042	0,0066	0,051	0,19	0,32	0,09	0,47	0,24	0,25	0,31	0,0	0,058
Int. Conf. P (0,05)	1,61	13,06	1,65	1035,33	1,0	0,016	0,02	0,011	0,01	0,36	0,025	0,14	0,036	5,73
Am. Ideal (10%)	226	3776	2263	2030	1846	897	1600	367	502	1342	1498	1446	1702	750

A condutividade elétrica (CE) é a característica que mais se relaciona com as demais. Através dela, característica de fácil determinação, pode-se calcular os valores de salinidade, dureza, potássio e sódio com relativa precisão (Quadro 13).

As amostras 4 e 5 apresentam elevados teores de cálcio e magnésio, à exceção da água contaminada (amostra 3) e a do mar (amostra 9). Há, nelas, uma grande quantidade de caramujos (*Australorbis* sp.), cerca de 10 por m² na parte mais rasa do canal de drenagem. Eles são vetores da esquistossomose, o que representa um sério perigo à saúde humana. Alguns exemplares destes caramujos foram analisados sob lupa binocular e, felizmente, não se encontrou neles a cercaria, isto é, não estavam contaminados, mas sabe-se da alta incidência desta verminose em toda a bacia do rio Doce.

Esta constatação permite o seguinte raciocínio:

1. A presença do caramujo demonstra que, se não houver um saneamento básico adequado, esta área tornar-se-á altamente sujeita à contaminação com esta verminose. Há cálcio suficiente na água para a formação das carapaças (sobrevivência dos caramujos). Há, ali, um contato muito íntimo entre o homem e as águas;
2. A começar-se um controle desta verminose, ela deveria iniciar-se pelas águas eutróficas;
3. A presença do caramujo pode ser um indicador de águas eutróficas.

Quadro 13 - Equações de regressão e coeficientes de correlação entre a condutividade elétrica (x) e outros parâmetros não considerando as amostras 3 (Petrobrás) e a do mar (amostra 9)

	Equação	r
Salinidade (\hat{Y}):	$(159,84x^2 - 225,50x + 87,28)$	0,981
Dureza (\hat{Y}):	$28,737x^2 + 45,712x + 15,409$	0,987
Potássio (\hat{Y}):	$2,4643x^2 - 2,1565x + 7,3755$	0,836
Sódio (\hat{Y}):	$16,454x^2 + 77,77x + 1,5527$	0,983

4.2.2. Classificação das águas

Pela classificação de águas para irrigação (Figura 24) (RICHARDS, 1954) as amostras 3 (Petrobrás) e a 9 (do mar), devido a alta salinidade, fogem aos critérios estabelecidos. As demais são classificadas como:

C1S1 - baixa salinidade e baixo RAS (Relação de adsorção de sódio) - Aptas para serem usadas para irrigação sem nenhum cuidado específico; as de número 1 (Fazenda Paulista); 2 (canal principal da Fazenda da UNICAFÉ); 8 (potável - sede da Fazenda do Sol) e 11 (rio Doce).

C2S1 - média salinidade e baixo RAS. Uso possível para plantas tolerantes. Amostras 10 (Foz do rio Barra Seca - a proximidade do mar e a movimentação da maré influenciam a salinidade dessas águas) e 13 (local de captação de água da Fazenda AGRIL - a influência do tiomorfismo no pH, tornando-a uma água extremamente ácida, não considerado neste sistema de classificação, desaconselha-se o uso da mesma para irrigação).

Quanto as demais, é desaconselhável o seu uso na irrigação, a não ser que se façam tratamentos adequados. São classificadas como:

C3S1 - alta salinidade e baixo RAS. Amostra 12 (talhão de arroz - Fazenda AGRIL).

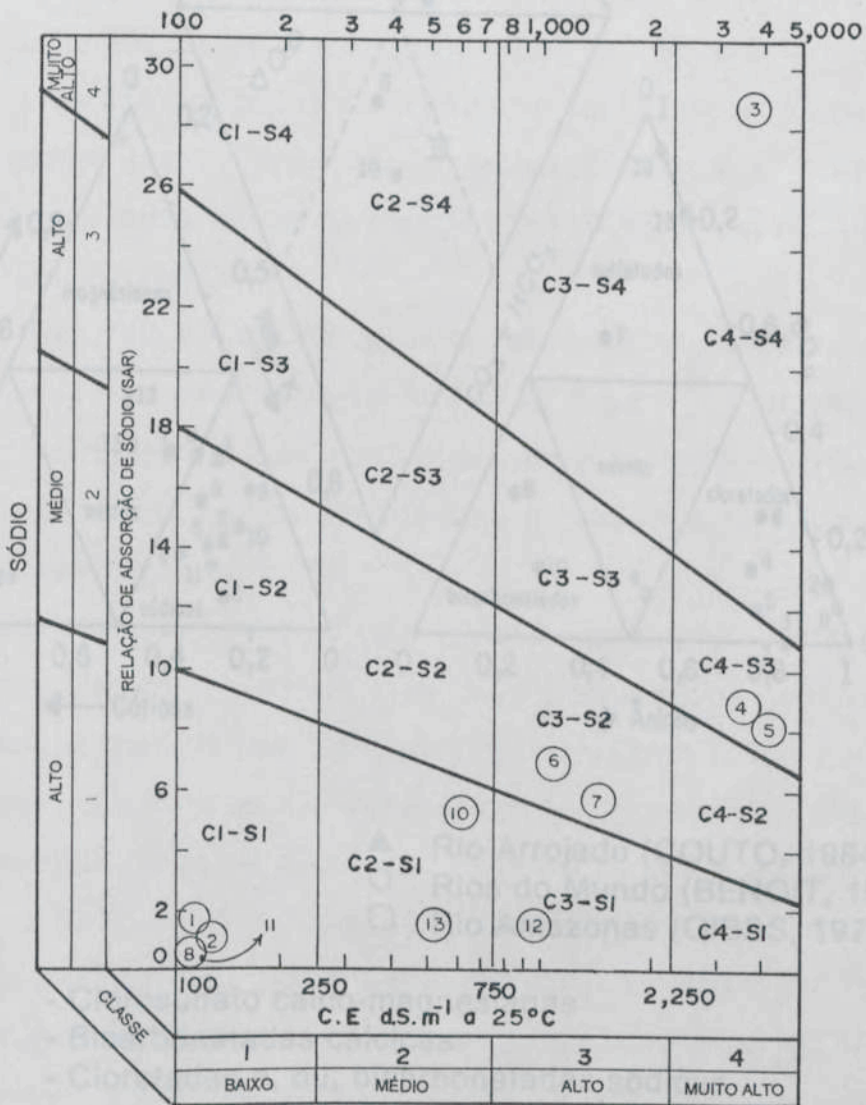
C3S2 - alta salinidade e médio RAS. Amostras 6 e 7 (lado direito e esquerdo da estrada da Fazenda do Sol - canais de drenagem);

C4S3 - muito alta salinidade e alto RAS. Amostras 4 e 5 (ambas na Fazenda Barra Seca);

C4S4 - muito alta salinidade e muito alto RAS. Amostra 3 (Petrobrás).

Quanto ao caráter químico (Figura 25), grande parte das amostras, tais como as de número 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12 e 13 são classificadas como cloro sulfato calco-magnesianas (grupo I) e as amostras 6 e 10 são classificadas no grupo II como bicarbonatadas cálcicas.

Figura 24 - Diagrama para a classificação das águas para irrigação.



Fonte: RICHARDS, 1954.

Figura 24 - Diagrama para a classificação das águas para irrigação.

4.2.3. Fósforo

Os teores de fósforo são elevados em praticamente todas as amostras de água (Quadro 15). Os valores variam de $0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ na amostra de água potável (Fazenda do Rio) a $2,28 \text{ mg.L}^{-1}$ no perfil do Gleio Pouco Húmido (Fazenda do Rio). Portanto, pode-se considerar-se a amostra contaminada (Petrobras) a água do rio em condições atípicas.

Qual ou quais são os fatores que ocasionam estes elevados teores de fósforo?

Para algumas amostras, não foi possível encontrar uma explicação. Por exemplo, a do talha de arrojo, provavelmente, deve-se a resíduos de adubos fosfatados usados na cultura. A do rio doce é possível que seja em razão de sedimentos semelhantes aos fosfatados (COUTO et al., 1985; CURY e FRAMBERTO, 1985).

Os resultados das análises de fósforo em amostras de água apresentaram elevados teores de fósforo em amostras de água (Quadro 15). F. Identificação das amostras de água em termos de presença de fósforo, gibbs (1972) e (1973).

principalmente detergentes, lançados no rio Gocó pelas pequenas e médias cidades (Linhare, Galatna, Governador Valadares etc.) que se desenvolvem ao longo de seu curso. No rio Arrojo, há uma indústria de fósforo contida na própria água, um volume de sedimentos que contém fósforo e sais de fósforo de origem orgânica (veja especificamente a seção 4.2.3.3).

- Grupo I - Clorosulfato calco-magnesianas
- Grupo II - Bicarbonatadas cálcicas
- Grupo III - Cloretadas e, ou, bicarbonatadas sódicas

Fonte: DAVIS DeWIEST, 1966.

Figura 25 - Classificação das águas pelo diagrama de Piper.

4.2.3. Fósforo

Os teores de fósforo são elevados em praticamente todas as amostras de água (Quadro 14). Os valores variam de $0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ na amostra de água potável (Fazenda do Sol) a $0,28 \text{ mg.L}^{-1}$ no perfil do Gleí Pouco Húmico (Fazenda Paulista). Desconsiderou-se a amostra contaminada (Petrobrás) e a água do mar que são atípicas.

Qual ou quais são os fatos que influenciam estes elevados teores de fósforo?

Para algumas amostras, é possível encontrar uma explicação. Por exemplo, a do talhão de arroz, possivelmente, deva-se a resíduos de adubos fosfatados aplicados na cultura. A do rio Doce é possível que seja em razão dos sedimentos dos solos ferríferos a montante que apresentam elevados teores de fósforo total (FONTES et al., 1985; CURI e FRANZMEIER, 1987).

Os resultados analíticos dos sedimentos obtidos na água apresentam teores médios de fósforo ($14,2 \text{ mg.dm}^{-3}$) e elevados teores de ferro e manganês o que corrobora com esta hipótese (Quadro 15). Foram identificados, nestes sedimentos, a presença da mica, goethita, gibbsita e caulinita (Figura 26).

Outro fato, que talvez dê uma maior contribuição a estes elevados teores de fósforo, são os resíduos domésticos e industriais, principalmente detergentes, lançados no rio Doce pelas pequenas e médias cidades (Linhares, Colatina, Governador Valadares etc.) que se desenvolvem ao longo de seu curso. Outra hipótese é a quantidade de fósforo contida na própria água, em razão dessa atravessar um enorme volume de sedimentos, antes de alimentar as fontes de água, fato observado por COUTO (1984) no rio Arrojado. Mas esta hipótese é pouco provável que esteja correta, devido ao alto poder de adsorção de fósforo dos solos dessa região. É possível que o fósforo seja originado da fração orgânica que está sendo mineralizada (veja Queima).

Quadro 14 - Teores de fósforo total em águas de rios, canais e lençol freático de solos brasileiros

Água analisada	Localização	mg.L ⁻¹	Fonte
Rio Arrojado 1	Cerrado	0,026	COUTO, 1984
Rio Arrojado 2	Cerrado	0,021	COUTO, 1984
Rio Arrojado 3	Cerrado	0,027	COUTO, 1984
Lençol freático de Solo Orgânico	Cerrado	0,034	COUTO, 1984
Rio Amazonas	Amazônia	0,013	GIBBS, 1972
Lençol freático de PH 1 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,937	GOMES, 1995
Lençol freático de PH 2 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,386	GOMES, 1995
L. freát. de Areia Quartzosa-Podzol 1 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,221	GOMES, 1995
L. freát. de Areia Quartzosa-Podzol 2 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,004	GOMES, 1995
Lençol freático de Podzol (Cabo Frio)	Restinga, Rio de Janeiro	0,308	GOMES, 1995
Canal de drenagem (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,724	GOMES, 1995
Canal de irrigação de canavial (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,046	GOMES, 1995
Riacho cortando canavial (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,019	GOMES, 1995
Canal Lagoa Feia, Macaé (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,008	GOMES, 1995
Canal rio Una	Restinga, Rio de Janeiro	0,019	GOMES, 1995
Afluentes do rio Madeira	Foz do rio Ji-Paraná	0,016	PESSENDA et al., 1986
Afluentes do rio Madeira	Foz do Jamari	0,006	PESSENDA et al., 1986
Afluentes do rio Madeira	Rio Aripuanã	0,016	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Porto Velho	0,019	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Humaitá	0,022	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Fátima	0,022	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Manicoré	0,019	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	América	0,036	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Fazenda Vista Alegre	0,016	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Uricutituba	0,013	PESSENDA et al., 1986
Média		0,119	CV: 23,72
1. Glei Pouco Húmico (perfil)	Fazenda Paulista	0,28	
2. Canal principal de drenagem	Fazenda UNICAFÉ	0,07	
3. Lagoa de depósitos residuais	Fazenda Guido Zon/ Petrobrás	0,32	
4. Canal de drenagem	Fazenda Barra Seca	0,22	
5. Barreiro	Fazenda Barra Seca	0,23	
6. Canal de drenagem (lado direito)	Fazenda do Sol	0,13	
7. Canal de drenagem (lado esquerdo); tiomórfico	Fazenda do Sol	0,21	
8. Água potável	Fazenda do Sol (sede)	0,04	
9. Mar	Pontal do Ipiranga	0,63	
10. Rio Barra Seca	Foz	0,09	
11. Rio Doce	Linhares	0,11	
12. Talhão de arroz - tiomórfico	Fazenda AGRIL	0,18	
13. Local de captação de água - tiomórfico	Fazenda AGRIL	0,07	
Média (13 amostras)	Delta do rio Doce	0,198	CV: 15,60

PH - Podzol Hidromórfico.

Figura 26 - Difratograma de raios X dos sedimentos pontiados na água do rio Doce, colhido na ponta de Linhares. M - mica; Ka - caulinita; Gb - gibbrite; Gt - goethita.

Quadro 15 - Resultados analíticos dos sedimentos colhidos das águas do rio Doce, em Linhares, ES

Características	Valor
pH (água, 1: 2,5)	8,0
Fósforo (mg.dm^{-3})	14,2
Potássio (mg.dm^{-3})	1.358
Alumínio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,0
Cálcio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	6,1
Magnésio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	2,0
Hidrogênio + alumínio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,3
Soma de bases ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	11,52
CTC efetiva ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	11,52
CTC total ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	11,82
Saturação por bases (%)	97,5
Zinco (mg.dm^{-3})	21,2
Ferro (mg.dm^{-3})	154,0
Manganês (mg.dm^{-3})	94,0
Cobre (mg.dm^{-3})	27,2

P e K – Extrator Mehlich-1; Al, Ca e Mg – KCl 1 mol L⁻¹.

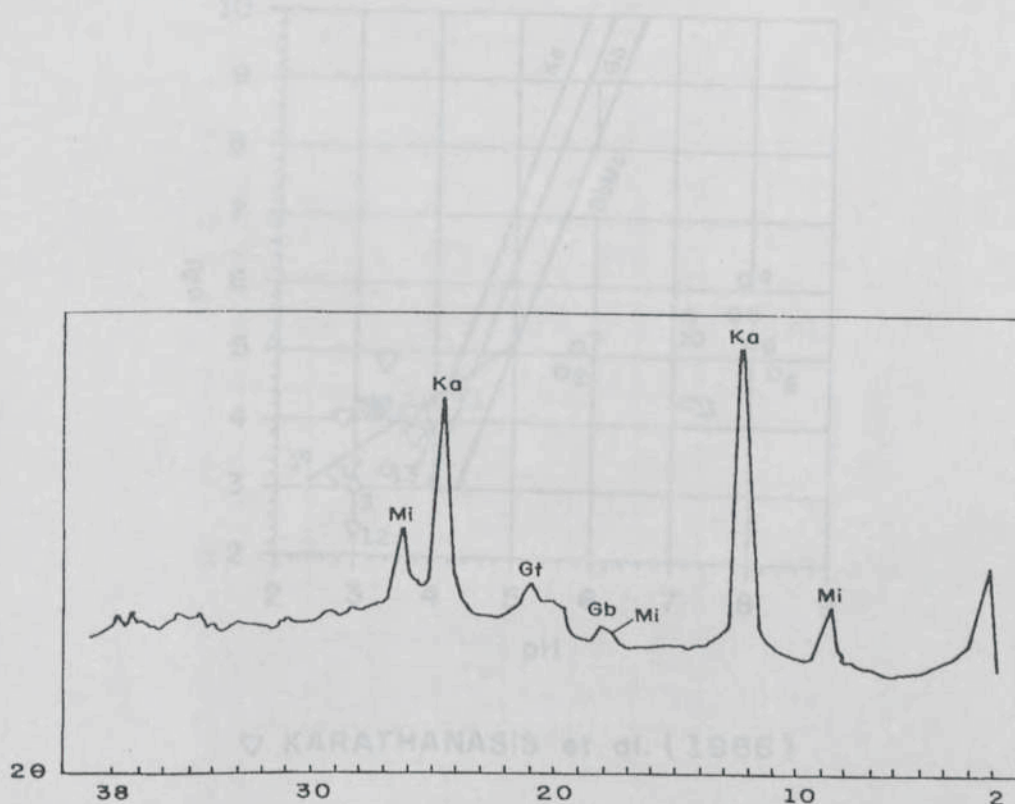
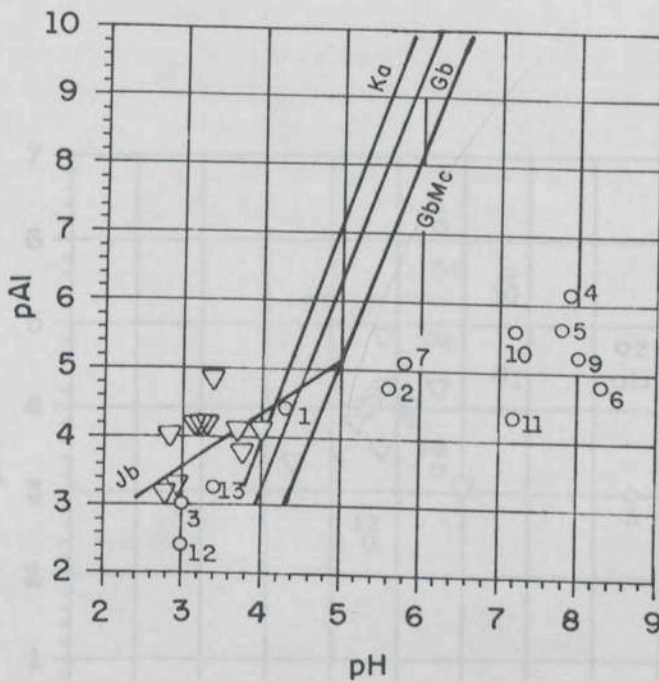


Figura 26 - Difratograma de raios X dos sedimentos contidos na água do rio Doce colhida na ponte de Linhares. M - mica; Ka – caulinita; Gb – gibbsita; Gt - goethita.

4.2.4. Equilíbrio químico

(Figura 28). Esta relação corrobora com as informações obtidas por KARA. Pelo diagrama (Figura 27), é possível identificar os minerais que possivelmente controlam a atividade de alumínio na água. Para as amostras 3 (Petrobrás), 12 e 13 (Fazenda AGRIL - tiomórficas) é a jurbanita. VAN BREEMEN (1973) especula que este mineral pode estar na forma menos cristalina ou presente em quantidades não detectáveis pelos raios X. Na amostra 1 o pAl é controlado pela caulinita e, nas demais, pela gibbsita microcristalina. É possível, ainda, observar, no diagrama, que, pelo pH, pode-se separar três grupos de águas:

- 1 de pH superior a 7,0;
- 2 de pH próximo a 6,0;
- 3 de pH abaixo de 4,3.



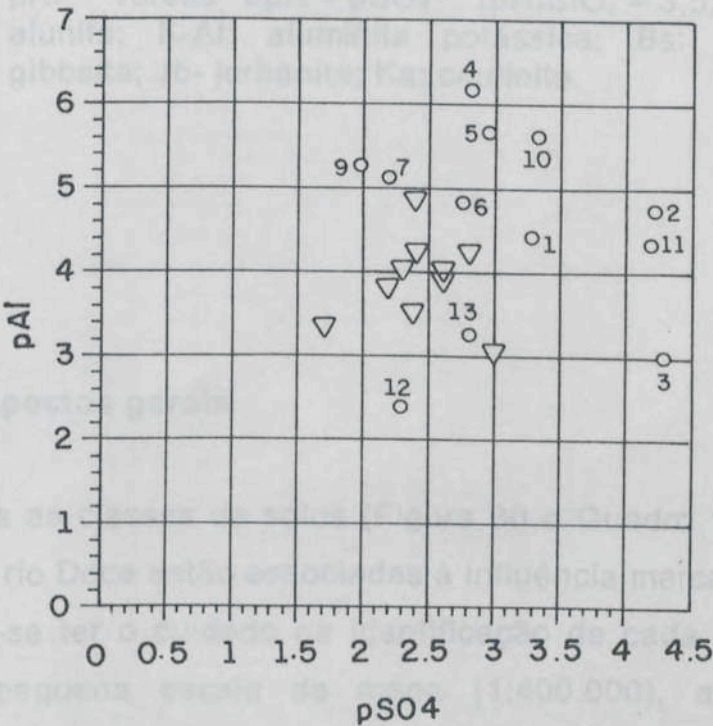
▽ KARATHANASIS et al. (1988)

Figura 27 - Relação entre o pH e pAl^{+3} para água de superfície em referência às linhas de solubilidade de jurbanita (Jb), caulinita (Ka), gibbsita (Gb) e gibbsita microcristalina (GbmC). ($pH_4SiO_4 = 3,5$; $pSO_4^{2-} = 3,0$).

Há uma tendência de relacionamento entre o pSO_4^{-2} e pAl^{3-} (Figura 28). Esta relação corrobora com as informações obtidas por KARATHANASIS et al. (1988); e NORDSTROM e BALL (1986) para águas tiomórficas provenientes de minas de carvão.

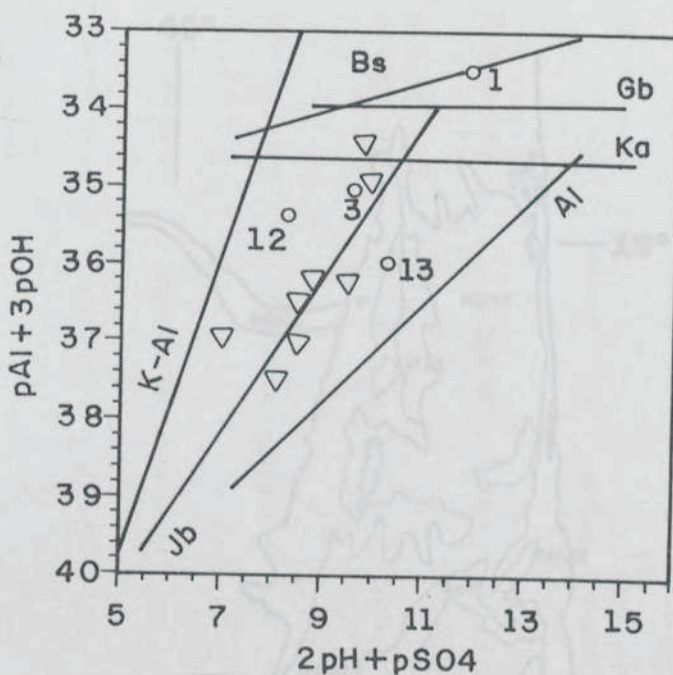
Pelo diagrama de solubilidade dos minerais alumossilicatados e sulfatados aluminosos (Figura 29), a amostra 1 é controlada pela basalunita, a 3 e 12 pela alunita e a 13 pela jurbanita.

Conclui-se que há uma grande diversidade de águas no delta do rio Doce e que as mesmas podem ser usadas na identificação dos ambientes. As águas muito transparentes podem ser tiomórficas; a presença de caramujos identifica as águas eutróficas e devem-se tomar medidas, para não acumular, nas lagoas artificiais, as águas contaminadas.



KARATHANASIS et al. (1988)

Figura 28 - Relação entre pAl^{3+} e pSO_4^{2-} nas amostras de água.



▽ KARATHANANISIS et al. (1988)

Figura 29 - Diagrama de solubilidade de minerais alumossilicatados e sulfatos aluminosos controlados pela dissolução de Al^{3+} no pAl^{3+} versus $2\text{pH} + \text{pSO}_4^{2-}$ ($\text{pH}_4\text{SiO}_4 = 3,5$; $\text{pK}^+ = 4,0$). Al: alunita; K-Al: aluminita potássica; Bs: basalunita; Gb: gibbsita; Jb- jurbanita; Ka: caulinita.

4.3. Solos

4.3.1. Aspectos gerais

Todas as classes de solos (Figura 30 e Quadro 16) que ocorrem no delta do rio Doce estão associadas à influência marcante da água.

Deve-se ter o cuidado na identificação de cada uma delas, pois devido a pequena escala do mapa (1:400.000), as mesmas são agrupadas. Na realidade, têm-se solos arenosos e argilosos, lado a lado, em manchas, que torna difícil mapear, em razão da escala e, no caso, a textura em muito influencia o comportamento de cada uma delas.

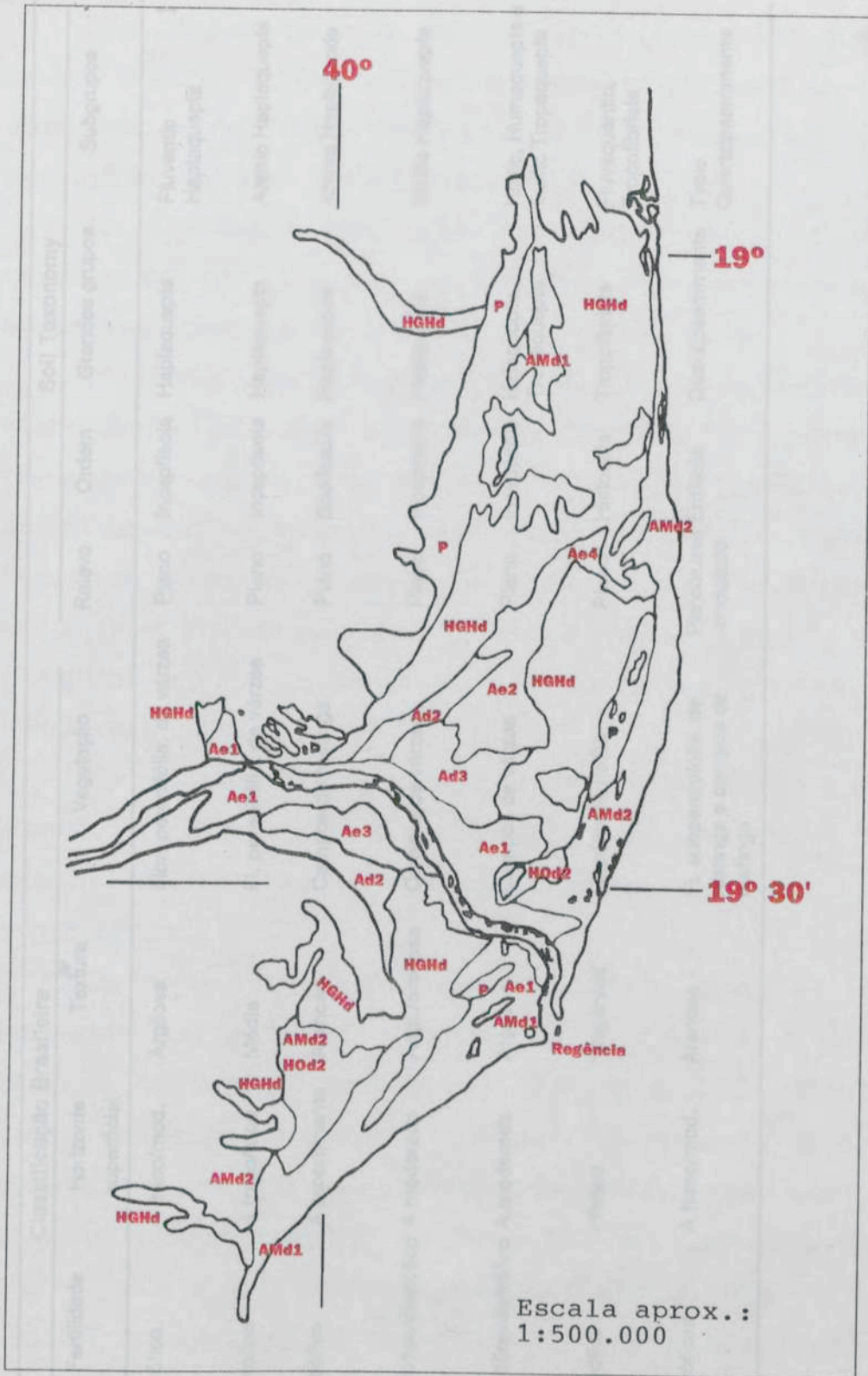


Figura 30 - Distribuição das principais unidades de solos da área de estudo. A: Aluviais; AM: Areia Quartzosa Marinha; HGH: Gleis Húmicos + Solos Orgânicos; HO: Solos Orgânicos + Aluviais; P: Podzol Hidromórfico; e: eutrófico; d: distrófico (EMBRAPA, 1971).

Quadro 16 - Principais classes de solos no Delta do rio Doce e sua correlação com a Soil Taxonomy (USA)

Grandes grupos	Classificação Brasileira			Soil Taxonomy				
	Fertilidade	Horizonte superficial	Textura	Vegetação	Relevo	Ordem	Grandes grupos	Subgrupos
Aluvial	Eutrófico	A fraco/mod.	Argilosa	Flor. perenifólia. de várzea	Plano	Inceptisols	Haplaquepts	Fluventic Haplaquepts
Aluvial	Distrófico	A fraco/mod.	Média	Fl. perenifólia. de várzea	Plano	Inceptisols	Haplaquepts	Arenic Haplaquepts
Podzol Hidromórfico	Distrófico	A proeminente	Arenosa	Campos de restinga	Plano	Spodosols	Haplaquods	Arenic Haplaquods
Glei Pouco Húmico	Eutrófico/distrófico	A moderado	Argil./arenosa	Campos de várzea	Plano	Inceptisols	Halaquepts	Mollic Haplaquepts
Glei Húmico	Eutrófico/distrófico	A moderado	Argilosa	Campos de várzea	Plano	Inceptisols	Halaquepts, Tropaquepts	Histic, Humaquepts e Sulfic Tropaquepts
Orgânicos	Distrófico	Hístico	"Orgânica"	Higrófila/hidrófila	Plano	Histosols	Tropofibrists	Fluvaquentic, Tropofibrists
Areia Quart. Marinha	Distróficas	A fraco/mod.	Arenosa	Fl. subperenifólia. de restinga e campos de restinga	Plano/suave ondulado	Entisols	Quartzipsamments	Typic Quartzipsamments

mod: moderado.

Visualiza-se, tanto no mapa de solos (Figura 30), quanto na de satélite (Figura 31), que os Aluviais eutróficos argilosos acompanham o atual leito do rio Doce e estão cobertos por mata, que foi preservada pelo cultivo do cacau (mata cabrocada).

Os Aluviais distróficos, na sua maioria, arenosos, estão mais distantes do leito atual e sua fertilidade é bem menor nos paleoleitos. Neles predominam as pastagens de capim pernambuco.

Próximo do mar, encontra-se a Areia Quartzosa Marinha distrófica (AMd), que é facilmente identificável no campo pela proximidade do mar, presença da restinga e na imagem de satélite pelas rias. No lado norte, na divisa com o Terciário, encontra-se o Podzol Hidromórfico que impede a drenagem, formando inúmeras lagoas. Entre este e a AMd encontra-se a depressão deltaica com a presença dos solos Gleis e Orgânicos, com a presença ou não do tiomorfismo, em razão da influência do mar.

Em razão deste emaranhado de solos, é possível que a chave de identificação (Figura 32) e a seqüência de perfis idealizados (Figura 33) possam facilitar a identificação dos mesmos a campo, para os não especialistas.

Os teores de argila mais elevados correlacionam-se com a melhor fertilidade dos solos, em especial, no horizonte A. A presença de caulinita de tamanho grande nos Aluviais argilosos associada aos baixos teores de ferro e com a atuação do processo de expansão e contração estimulado mais intensamente pela irrigação (pivô central) e pela alta evapotranspiração da região induzem a uma organização das argilas, face a face, aumentando a densidade do solo (UFV, 1984) e inviabilizando o cultivo de culturas mais sensíveis como o feijão.

Nos Gleis, este fato ocorre após a drenagem, pois, com a mesma, ocorre a oxidação do carbono orgânico do horizonte superficial e surge, à superfície, o horizonte subjacente mais argiloso, caulínítico, com baixos teores de ferro e o mesmo fenômeno ocorre, com maior intensidade, elevando a densidade do solo.

Figura 31 - Imagem de satélite da região do delta do rio Doce.



Figura 31 - Imagem de satélite da região do delta do rio Doce.

LEITURA: Se a condição 1 não é satisfeita, passa-se para 2; daí para a 3 e assim por diante. A leitura é da esquerda para a direita e de cima para baixo. O Glei Húmico Tiomórfico (GHT) é um solo do Delta do Rio Doce, tem cores acinzentadas a menos de 40 cm, não tem horizonte B, nem horizonte hístico maior do que 40 cm, mas tem horizontes hístico ou A mais espesso que 20 cm e possui horizonte sulfúrico, dando pHs muito baixos quando drenados. O Glei Pouco Húmico (GPH) tem horizonte sulfúrico, mas não possui horizontes hístico ou horizonte A > 20 cm.

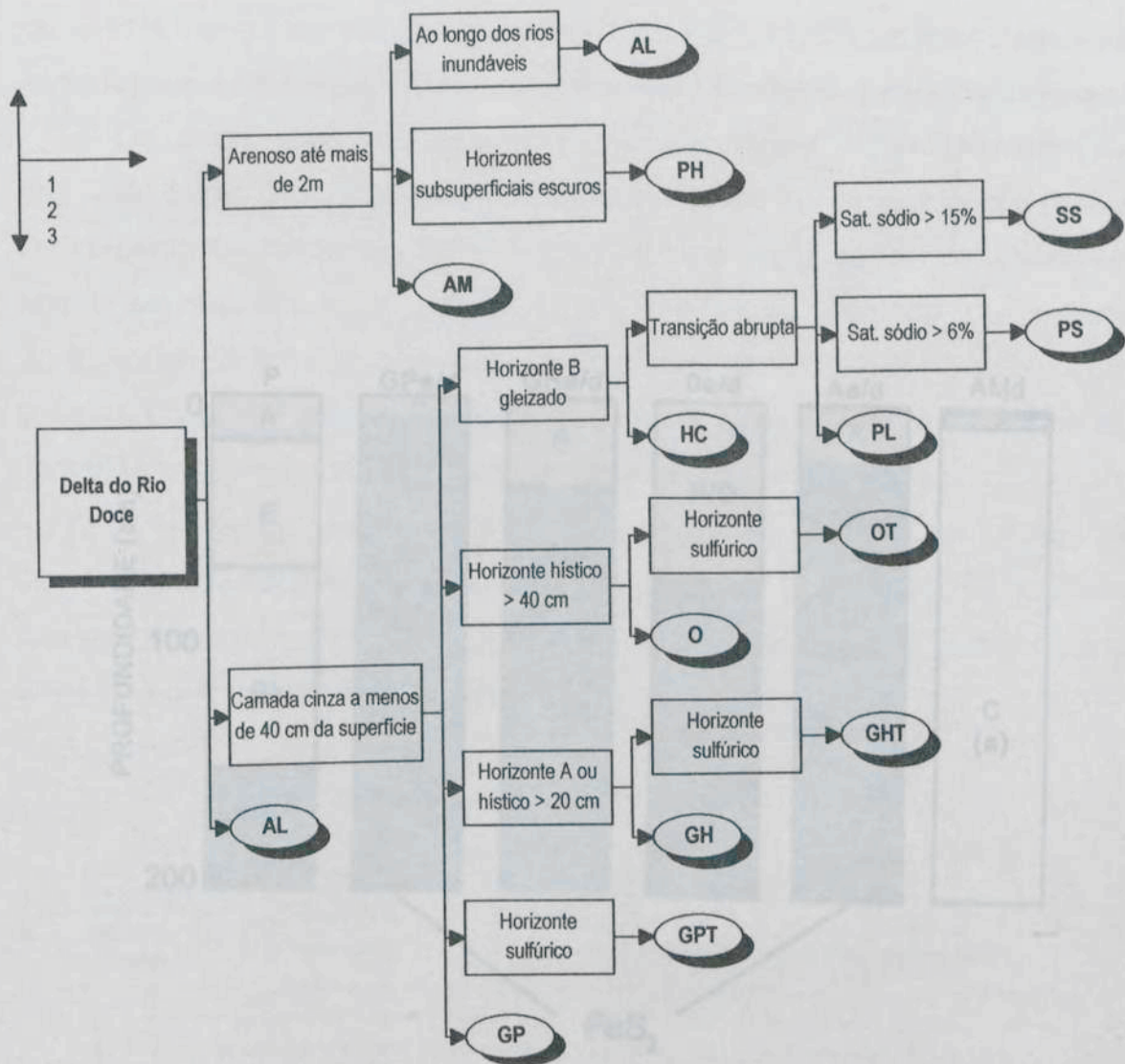


Figura 32 - Chave de identificação dos principais solos encontrados no delta do rio Doce. AL: Aluviais; PH: Podzol Hidromórfico; AM: Areia Quartzosa Marinha; PS: Planossolo Solódico; HC: Hidromórfico Cinzento; PL: Planossolo; SS : Solonetz-Solodizado; O: Orgânico; T: Tiomórfico.

Alguns agricultores, com aumento da densidade do solo, diminuição da capacidade de absorção de nutrientes por plantas, aumento da erosão e redução da capacidade de infiltração de água, adotam práticas de manejo que visam a melhoria da estrutura do solo e, consequentemente, a melhoria da produtividade. Uma das práticas mais utilizadas é a adubação orgânica, que promove a melhoria da estrutura do solo e a retenção de água e nutrientes. A adubação orgânica também promove a melhoria da capacidade de infiltração de água e a redução da erosão.

Outro fato é que, nos solos argilosos, no período das chuvas, pode ocorrer a formação de crostas superficiais, permitindo a redução da infiltração de água e nutrientes. Isso ocorre devido à formação de agregados de argila e matéria orgânica, que se compactam e reduzem a porosidade do solo. Essa compactação pode ser evitada com a aplicação de matéria orgânica, que promove a melhoria da estrutura do solo e a retenção de água e nutrientes.

Os solos arenosos com alta permeabilidade, baixa retenção de umidade, baixa CTC, não são eficientes na retenção de nutrientes (baixa capacidade de troca catiônica). Os nutrientes estão ligados ao ciclo orgânico, concentrando-se nos primeiros 10 cm. A adubação orgânica, por promover a melhoria da estrutura do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes, melhorando a produtividade das plantas.

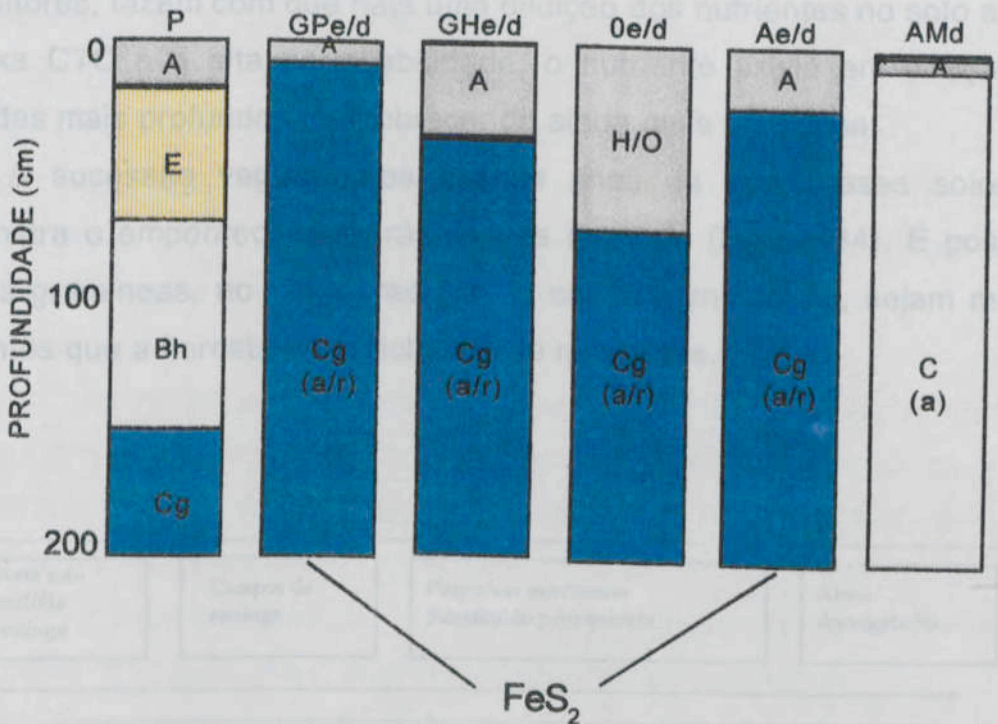


Figura 33 - Perfis idealizados com as principais características diferenciais dos horizontes. A, B, C, E – horizontes; H: camada orgânica; a: arenoso; r: argiloso; e: eutrófico; d: distrófico; g: gleizamento; h: acúmulo iluvial de matéria orgânica. * solos possíveis de ocorrer o FeS₂ (Tiomorfismo).

Figura 34 - Sucessão vegetal nos solos arenosos.

Alguns agricultores, com aumento da densidade do solo, diminuição da capacidade de suporte das pastagens, pela presença de uma vegetação mais tolerante a alta densidade do solo, utilizam a aração ou gradagem pesada e, com isto, misturam este horizonte subsuperficial argiloso ao horizonte superficial já degradado, intensificando, mais ainda, a degradação do ecossistema como um todo.

Outro fato é que, nos Aluviais argilosos, no período das chuvas, pode ter-se um ambiente parcialmente hidromórfico, permitindo a redução do ferro e manganês (formas amorfas), intoxicando culturas mais sensíveis como a pimenta-do-reino, em especial, aquelas situadas nas microdepressões.

Os solos arenosos com alta permeabilidade, baixa retenção de umidade, baixa CTC, não são eficientes na retenção de nutrientes (baixa reciclagem). Os nutrientes estão ligados ao ciclo orgânico, concentrando-se nos primeiros 10 cm. A aração e, ou, gradagem, adotada por alguns agricultores, fazem com que haja uma diluição dos nutrientes no solo e com a baixa CTC e a alta permeabilidade, o nutriente lixivia em direção às camadas mais profundas, empobrecendo ainda mais o sistema.

A sucessão vegetal, nos poucos anos de uso desses solos, já demonstra o empobrecimento rápido dos mesmos (Figura 34). É possível que as gramíneas, no caso presente, o capim-pernambuco, sejam menos eficientes que a floresta na reciclagem de nutrientes.

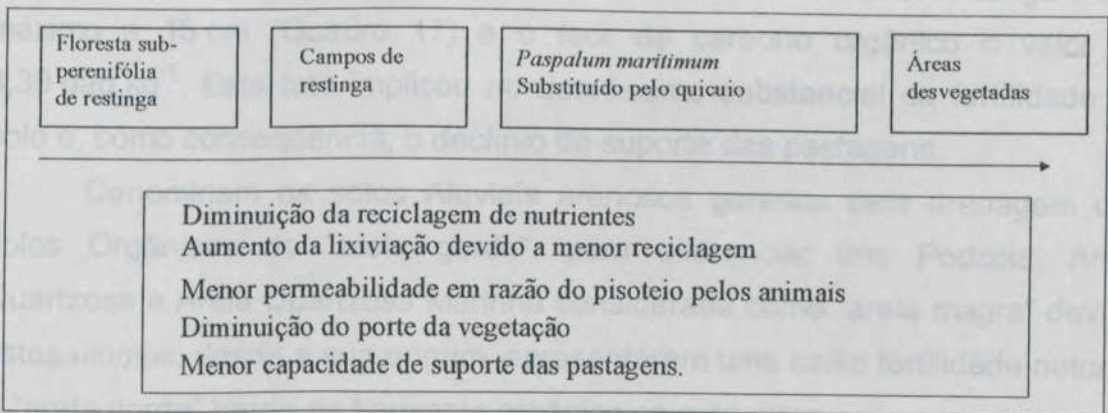


Figura 34 - Sucessão vegetal nos solos arenosos.

4.3.2. Toposseqüência - Aluvial ao orgânico (Fazenda Barra Seca)

Tomando-se a natureza como um laboratório, e que, nela, pode-se ter os experimentos previamente instalados, estudou-se uma parte da área da Fazenda Barra Seca que abrangesse os principais ambientes que ocorrem no Vale do Suruaca; desde a parte mais alta onde ocorrem os solos arenosos, até os solos orgânicos, na parte baixa da paisagem, passando pelos Gleis.

O manejo adotado é o mesmo empregado em toda a região. Consiste basicamente em drenar a área, para ampliar a extensão de solos utilizáveis da fazenda, usando-os com pastagens de brachiaria.

Para comparação, separou-se também um solo Orgânico no seu estado natural.

A área tem a forma de uma sela, sendo que, na parte direita (sul do delta), os solos são arenosos e o declive é mais acentuado com evidências de um dissecamento da paisagem mais intenso. Na parte mais elevada e arenosa, encontram-se a sede da propriedade e as outras construções como curral etc.

Pelo lado esquerdo, o declive é bem menos acentuado e os solos subsuperficiais são argilosos como uma seqüência de Glei Pouco Húmico, Glei Húmico e Orgânico. Naturalmente, nesta seqüência piora a drenagem. O Orgânico, nesta área, é identificado pela presença da taboa e samambaias.

A textura atua como um critério de separação dos solos, os aluviais são arenosos e os Gleis, argilosos.

Em ambos os lados, conforme testemunho do proprietário, havia a presença dos solos Orgânicos com uma camada orgânica de mais de 1 m a cerca de 8 anos atrás. Atualmente, a profundidade do horizonte A atinge o seu máximo a 15 cm (Quadro 17) e o teor de carbono orgânico o valor de $3,39 \text{ dag.kg}^{-1}$. Este fato implicou no decréscimo substancial da fertilidade do solo e, como conseqüência, o declínio de suporte das pastagens.

Denominam os solos Aluviais arenosos gerados pela drenagem dos solos Orgânicos de "areia gorda", para diferenciar dos Podzóis, Areia Quartzosa e Areia Quartzosa Marinha considerada como "areia magra" devido estes últimos, desde a sua origem, apresentarem uma baixa fertilidade natural. A "areia gorda" herda do horizonte orgânico os nutrientes.

Quadro 17 - Características químicas das amostras de solo de uma topossequência na região da Fazenda Barra Seca - Vale do Suruaca

Am	Hz	Prof.	pH	pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	SB	T	V	C	N	C/N	P (NC)	Prem.
		- cm -	H ₂ O	KCl	dS.m ⁻¹				- cmol _c .dm ⁻³ -				%		- dag.kg ⁻¹ -				- mg.dm ⁻³ -
Perfil 13: Aluvial eutrófico arenoso - parte superior, plano																			
855	Ap	0-15	6,0	4,0	0,09	3,5	2,7	0,25	0,05	0,0	2,1	6,5	8,6	76	1,71	0,13	13,3	33,5	51,1
856	C1	30-50	6,8	4,8	0,04	1,6	1,6	0,16	0,04	0,0	0,6	3,41	4,0	85	3,97	0,0	0,0	33,5	48,4
Perfil 14: Aluvial distrófico arenoso - parte intermediária, em declive																			
859	Ap	0-10	5,7	4,2	0,02	0,4	0,2	0,01	-	0,1	0,8	0,61	1,5	40	0,55	0,01	39,3	1,1	49,8
860	C1	30-50	5,8	4,5	0,05	1,2	1,1	0,05	-	0,0	1,5	2,35	3,8	61	1,25	0,00	-	6,0	48,8
Perfil 15: Aluvial eutrófico - textura média - fundo da depressão, plano																			
857	Ap	0-15	6,1	4,7	0,12	5,0	1,5	0,06	0,18	0,1	4,7	6,75	11,5	58	3,39	0,21	16,3	16,8	26,8
858	Cg	30-60	5,8	4,1	0,10	3,0	1,1	0,02	0,43	0,4	2,6	4,54	7,5	60	0,23	0,01	16,4	4,9	30,7
Perfil 16: Glei Pouco Húmico eutrófico, argiloso, plano																			
861	Ap	0-11	5,9	5,9	3,04	21,4	14,4	0,19	3,91	0,5	16,0	39,91	56,4	71	12,00	0,68	17,7	14,2	20,5
862	Cg	17-49	6,8	5,7	2,73	12,0	10,9	0,08	4,17	0,0	0,3	27,15	27,5	99	0,78	0,01	111,0	3,1	5,1
Perfil 17: Orgânico distrófico, plano																			
863	cam1	0-30	4,5	3,4	0,48	8,1	8,0	0,11	4,09	0,5	33,7	20,30	54,5	37	39,3	2,05	19,2	4,5	49,8
864	cam2	30-50	4,5	3,6	1,30	7,6	10,3	0,12	2,26	0,6	26,7	20,28	47,6	43	44,4	0,04	1234,0	2,0	52,6
865	cam3	50-70	4,5	4,5	2,24	16,3	4,9	0,17	4,26	0,6	26,7	25,63	52,9	48	48,3	0,03	1610,0	1,8	37,1
Horizonte calcífero																			
866	C	40-60	7,1	0,31	4,7	1,3	0,06	0,96	0,0	0,3	7,02	7,3	96	36,6	0,007	5231,0	0,6	28,3	

Percebe-se pelas características químicas (soma de bases) (Quadro 17), que há um declínio da fertilidade dos Aluviais para o Orgânico. Verifica-se, através dos resultados das análises, o depauperamento do ecossistema podendo-se visualizar o futuro desta região, em termos de fertilidade de solos, a prevalecer o atual manejo. Está havendo um decréscimo da fertilidade muito intensamente nos solos arenosos.

O Aluvial distrófico arenoso (Perfil 14) encontra-se na parte de maior declive e é o que apresenta a menor fertilidade. Possivelmente, dois fatos contribuem para a perda mais intensa de nutrientes desse solo:

1. a erosão laminar devido ao próprio declive, esta, possivelmente, prevalece sobre a lixiviação;
2. e a própria lixiviação.

Por outro lado, verifica-se que o Glei Pouco Húmico eutrófico argiloso comparado com os Aluviais é o que apresenta melhor fertilidade. A associação do declive quase nulo, a presença de altos teores de argila com predomínio de caulinita e evidências de argilas 2:1 e o baixo teor de agentes agregantes, no caso o ferro, fazem com que este ambiente seja considerado um ambiente conservador. Isto é, os nutrientes permanecem no sistema, a lixiviação, perda vertical e a erosão laminar, perda horizontal, são mínimas ou inexistentes.

Outro fator de suma importância que nos Gleis ocorre em relação aos Aluviais é a presença do lençol freático mais elevado que fertiliza o solo. Fato também encontrado por COUTO (1984) nos solos Orgânicos do Vale do rio Arrojado, na Bahia. São águas com pH bastante elevado, cerca de 7,8 e ricas em cálcio (Quadro 18). A salinidade é elevada, demonstrando também a possível influência da água do mar.

Foi identificado, neste local, um horizonte calcífero a uma profundidade de 40-60 cm. São aglomerações de conchas marinhas ainda em perfeito estado. Verifica-se (Quadro 17) que, nesse horizonte, predomina o cálcio, altos valores de carbono orgânico e baixos valores de fósforo disponível. Pela análise de raios X, identificou-se a presença de mica, caulinita e quartzo que deve ser a matriz do solo onde as conchas foram depositadas, e a calcita refere-se às conchas. Constatou-se, também, a presença da pirita, o que é preocupante, pois com a drenagem, surgirão os tiomórficos. Isto demonstra, mais uma vez, o cuidado que se deve ter com a drenagem nessa região.

Quadro 18 - Resultados de análise da água da Fazenda Barra Seca

Parâmetros	Unidades	Barra Seca ¹	Barra Seca ²
pH		7,81	7,97
Alcalinidade (HCO ₃ ⁻)	mg.L ⁻¹	182	156
Cálcio	mg.L ⁻¹	134	136
Dureza total	mg.L ⁻¹	489	599
Enxofre	mg.L ⁻¹	63,92	47,49
Magnésio	mg.L ⁻¹	38	63
N-Nitrato	mg.L ⁻¹	21,41	10,72
Potássio	mg.L ⁻¹	21,6	39,91
Salinidade - NaCl	mg.L ⁻¹	1000	1650
Silício	mg.L ⁻¹	3,56	2,54
Sódio	mg.L ⁻¹	454,56	526,3
Sólidos totais	mg.L ⁻¹	3300	4000
Sulfato	mg.L ⁻¹	100	93
Turbidez	NTU	1,0	12,0
Alumínio	mg.L ⁻¹	0,01	0,03
Boro	mg.L ⁻¹	0,43	0,32
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,0	0,0
Cobalto	mg.L ⁻¹	0,0	0,0
Cobre	mg.L ⁻¹	0,02	0,02
Condutividade elétrica	dS.m ⁻¹	2,0	2,9
Cromo	mg.L ⁻¹	0,0	0,0
Ferro	mg.L ⁻¹	0,6	1,1
Fósforo	mg.L ⁻¹	0,22	0,23
Manganês	mg.L ⁻¹	0,0	0,0
Mercúrio	mg.L ⁻¹	0,02	0,01
N-Amônio	mg.L ⁻¹	0,23	0,09
Vanádio	mg.L ⁻¹	0,02	0,02
Zinco	mg.L ⁻¹	0,01	0,00

1 - a 100 m da sede da Fazenda Barra Seca no canal de drenagem.

2 - no poço de água para o gado, a 50 m da sede da Fazenda Barra Seca.

Identificou-se, também, nos canais de drenagem, a presença de caramujos da esquistossomose, o que demonstra um potencial para o desenvolvimento desta preocupante verminose. Exemplos dos caramujos foram colhidos e, felizmente, não estavam contaminados, mas um trabalho mais amplo sobre os mesmos é necessário. A presença destes caramujos auxilia na identificação das águas e dos solos eutróficos, pois os mesmos necessitam do cálcio para a formação de suas carapaças. Outra implicação prática é que, num possível controle destes caramujos, as águas eutróficas deveriam ser priorizadas.

A vegetação utilizada para pastagem (brachiaria) é exuberante e muito agressiva, o que demonstra que a manutenção do lençol freático mais alto parece ser o melhor caminho a ser adotado.

Como mencionado, a brachiaria (*Brachiaria decumbens*) é agressiva, cresce no solo (horizonte C) tirado da abertura dos drenos e expande-se dentro dos canais de drenagem. Com o emaranhado de folhas e raízes dificulta a movimentação da água nos drenos e a movimentação dos barcos como meio de transporte, tornando-se um problema grave para os pecuaristas. O controle da brachiaria exige muita mão-de-obra e é um trabalho pesado, ou o uso de herbicidas, que, como consequência, contamina o sistema aquático.

Quando os animais comem somente desta gramínea, podem sofrer intoxicação. Este fato foi verificado na área.

Tomando o solo Orgânico como aquele que está em pleno equilíbrio com o ambiente, isto é, na condição natural, ele foi comparado com outros dois solos já submetidos a drenagem. Calculou-se a quantidade de nutrientes contidos em $0,70 \text{ m}^3$ ($1 \times 1 \times 0,70 \text{ m}$) (Quadro 19).

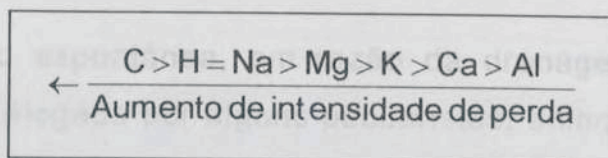
Verificou-se que o Gleí Pouco Húmico eutrófico apresentou maiores teores de cálcio, magnésio e sódio. No Aluvial arenoso, à exceção do fósforo que deve ter sido, conforme testemunho do proprietário, resíduo de adubação, todos os demais elementos estão comparativamente em menor quantidade. Destaca-se uma perda maior para o carbono (94%), em razão da sua mineralização como consequência da drenagem, seguido do sódio e hidrogênio (90%), magnésio (85%), potássio (80%) e cálcio (67%).

Quadro 19 - Quantidades de elementos em 0,70 m³ de solo (considerou-se a profundidade de cada horizonte até 0,70 m de profundidade e uma superfície de 1 m²)

Amostra	HZ	Prof. - cm -	Ag	Af	S - % -	r	rN	s/r	Ca	Mg	K	Na	Al	H	C	P	— kg.g —	
																	dcmolc.m ⁻³	—
Perfil 15: Aluvial eutrófico, textura média - fundo da depressão																		
857	Ap	15	38	41	08	13	06	0,62	75	22	1,0	2,70	1,5	70	6,1	2,58		
858	Cg	55	36	41	06	17	12	0,35	165	60	0,8	23,4	12,0	143	1,7	2,70		
Soma	-	70	-	-	-	-	-	-	240	82	1,8	26,1	13,5	213	7,8	5,28		
Perfil 16: Gleii Pouco Húmico eutrófico argiloso																		
861	Ap	11	03	04	32	61	12	0,52	235	158	2,1	43	5,5	176	13,0	1,56		
862	Cg	59	01	05	31	63	36	0,49	708	643	4,5	346	0,0	17,7	5,4	1,86		
Soma	-	70	-	-	-	-	-	-	943	801	6,6	289	5,5	194	18,4	3,42		
Perfil 17: Orgânico distrófico																		
863	Cam1	30	-	-	-	-	-	-	243	240	3,3	123	15	1011	47	1,35		
864	Cam2	20	-	-	-	-	-	-	152	206	2,5	45	12	534	32	0,40		
865	Cam3	20	-	-	-	-	-	-	326	98	3,4	85	12	534	46	0,36		
Soma	-	-	-	-	-	-	-	-	721	544	9,2	253	39	2079	125	2,11		
Rel. 1	Perfil 15/17	-	-	-	-	-	-	-	-0,67	-0,85	-0,80	-0,90	-0,65	-0,90	-0,94	1,5		
Rel. 1	Perfil 16/17	-	-	-	-	-	-	-	0,31	0,47	-0,28	0,14	-0,86	-0,91	-0,85	0,62		

Relação 1 - perfil 15/17; relação 2 - perfil 16/17. Relação negativa: perda; positiva: ganho ou manutenção do elemento; rN - argila natural.

4.3 A seqüência de perda para todos os elementos foi a seguinte:



O sódio talvez seja um elemento indicador da intensa lixiviação a que estão submetidos os solos arenosos. Por exemplo, no Glei Pouco Húmico argiloso houve um acréscimo de 14% nos teores de sódio. Como pode ter sido este acréscimo? Neste caso, duas hipóteses são prováveis:

1. O acréscimo e a reposição das possíveis perdas são devidas à entrada do elemento via água do lençol freático e, ou;
2. Transporte pelos ventos marinhos, pois o mar está muito próximo.

Os solos arenosos apresentaram, como vantagem em relação ao argiloso, a baixa retenção de fósforo (Quadro 17). O Glei Pouco Húmico argiloso apresentou uma alta retenção de fósforo. Esta informação é muito importante e permite inferir os seguintes aspectos:

1. Deve-se evitar misturar o adubo fosfatado com os solos argilosos devido a retenção do mesmo pelas argilas. Como é um ambiente conservador, recomenda-se o parcelamento do mesmo e sua aplicação à superfície, tendo em vista a presença, à superfície, das raízes da brachiaria;
2. Por outro lado, os solos arenosos, como são muito permeáveis, com baixa retenção de fósforo, recomenda-se também o parcelamento do mesmo, para evitar a sua lixiviação e isto também tem como conseqüência a não eutroficação do lençol freático. Como são solos de baixa retenção de fósforo, o uso intensivo deste elemento, sem os devidos cuidados de manejo, irá eutroficar as lagoas com conseqüências sérias ao meio ambiente.
3. Como se percebe, há dois ambientes bastante distintos, um argiloso com alta retenção de fósforo e o outro arenoso como comportamento inverso. Neste caso, é preciso definir, em ambos os sistemas, qual é o nível crítico de fósforo para, no caso aí presente, à brachiaria.

4.3.3. Queima

A oxidação espontânea, em razão da drenagem excessiva dos solos orgânicos, alegada por alguns pecuaristas, embora não seja ainda comprovada cientificamente, e o uso direto do fogo, como meio de controle de ervas e pragas (mofofo e cigarrinha) ocorrem intensamente na área. O fogo, muitas vezes, torna-se incontrolável, atuando por semanas. É um triste fato, pois praticamente toda a CTC está relacionada à matéria orgânica e esta chega a valores de $95,4 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ nas camadas orgânicas superficiais e decresce a valores de $10,8 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ no horizonte mineral subjacente que está a uma profundidade de 56 cm. Isto demonstra um decréscimo de 89% nos valores da CTC. Semelhante fato ocorre com a soma de bases e o carbono orgânico (EMBRAPA, 1978) (Figuras 35, 36 e 37). A saturação de alumínio, por outro lado, acresce de 20% para 61% (Figura 38).

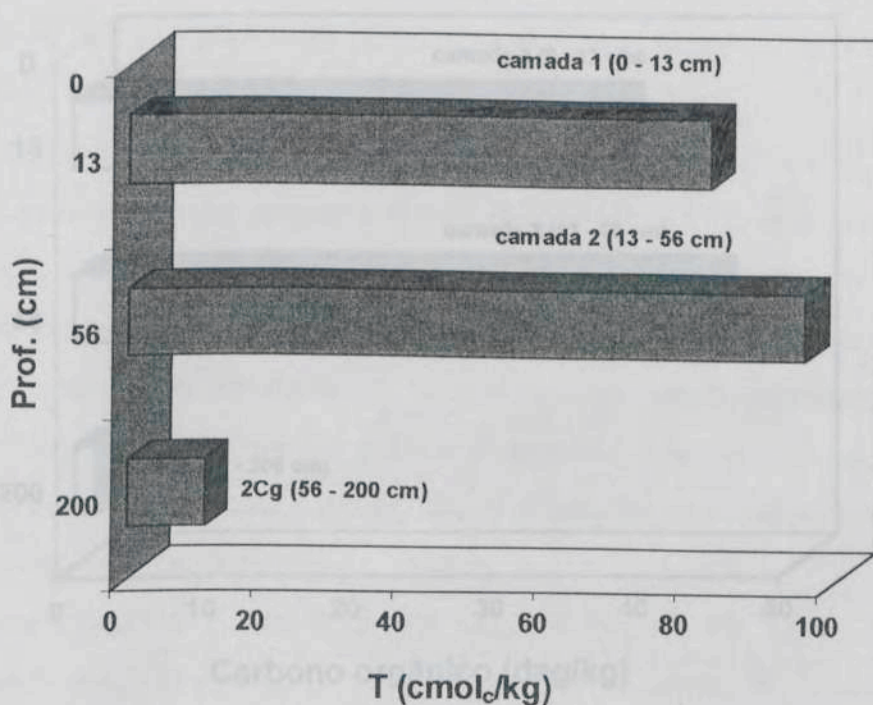


Figura 35 - Capacidade de troca de cátions do solo Orgânico distrófico com a profundidade. (EMBRAPA, 1978).

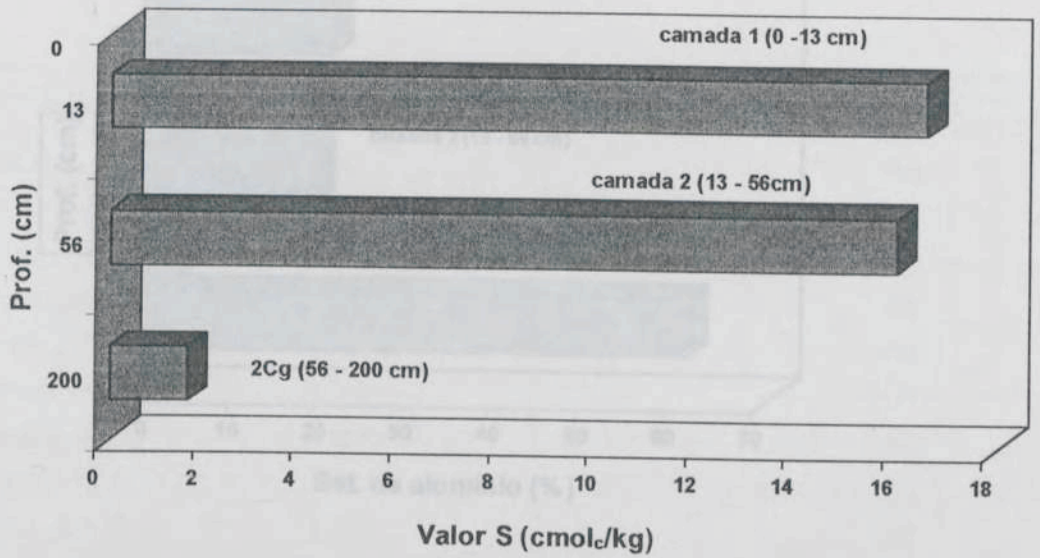


Figura 36 - Valores da soma de bases trocáveis no solo Orgânico distrófico com a profundidade (EMBRAPA, 1978).

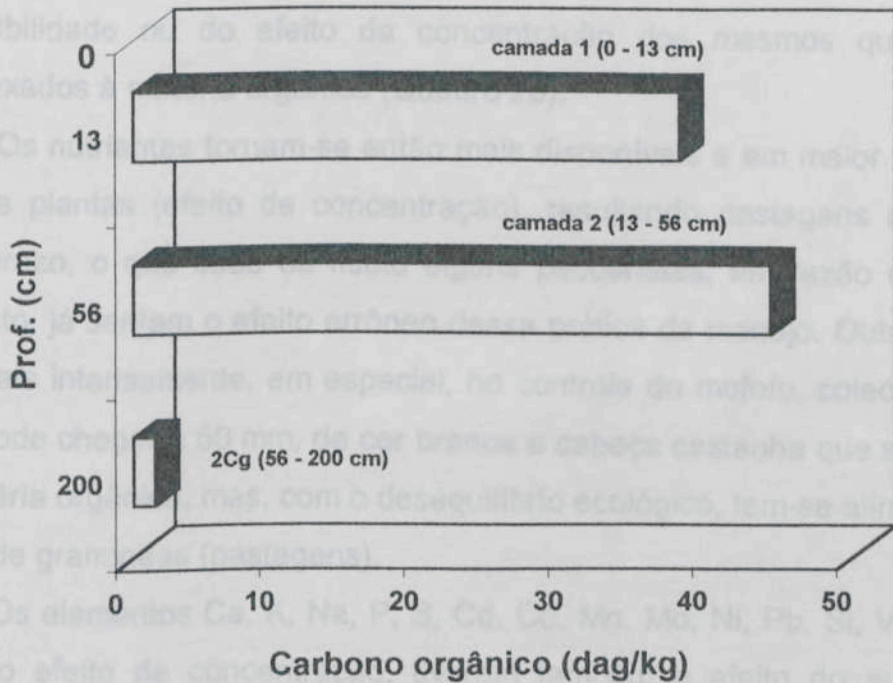


Figura 37 - Teores de carbono orgânico - solo Orgânico distrófico.

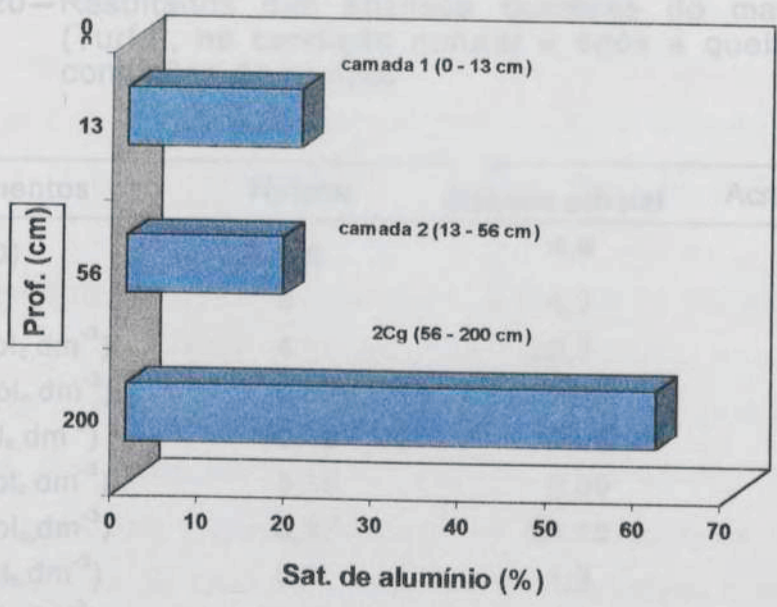


Figura 38 - Saturação de alumínio (m) do solo Orgânico distrófico com a profundidade (EMBRAPA, 1978).

A queima traz resultados imediatos no desenvolvimento das pastagens, pois, com a combustão, tem-se, para alguns elementos, um aumento da disponibilidade ou do efeito da concentração dos mesmos que estavam complexados à matéria orgânica (Quadro 20).

Os nutrientes tornam-se então mais disponíveis e em maior quantidade para as plantas (efeito de concentração), resultando pastagens melhores a curto prazo, o que ilude ou iludiu alguns pecuaristas, em razão de que, no momento, já sentem o efeito errôneo dessa prática de manejo. Outros usam o fogo mais intensamente, em especial, no controle do mofofo, coleóptero, cuja larva pode chegar a 50 mm, de cor branca e cabeça castanha que se alimenta de matéria orgânica, mas, com o desequilíbrio ecológico, tem-se alimentado de raízes de gramíneas (pastagens).

Os elementos Ca, K, Na, P, S, Cd, Co, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, V, Zn e Hg, além do efeito de concentração, tiveram também o efeito do aumento da disponibilidade, por outro lado, Mg e Cu tiveram uma redução nas suas disponibilidades (Quadro 20).

Quadro 20 - Resultados das análises químicas do material orgânico (Turfa), na condição natural e após a queima parcial (em condições de campo)

Elementos	Natural	Queima parcial	Acrésc./decréc. (%)
pH (H ₂ O)	3,9	4,9	26
pH (KCl)	3	4,7	57
Ca (cmol _c .dm ⁻³)	4	20,2	405
Mg (cmol _c .dm ⁻³)	0,9	1,3	44
K (cmol _c .dm ⁻³)	0,12	0,60	400
Na (cmol _c .dm ⁻³)	0,35	2,09	497
SB (cmol _c .dm ⁻³)	5,37	24,19	350
Al (cmol _c .dm ⁻³)	3,3	1,3	-61
H (cmol _c .dm ⁻³)	28,8	4,4	-85
V (%)	13	79	508
C (dag.dm ⁻³)	47,5	17,5	-63
N (dag.dm ⁻³)	2,57	0,67	-74
C/N	18	26	44
P (mg.dm ⁻³)	3,6	163,6	4.444
m (%)	40	6	-85
T (cmol _c .dm ⁻³)	37,47	29,89	-20
S (dag.dm ⁻³)	0,02	0,33	1.550
Elementos traços			
Cd (mg.dm ⁻³)	0,4	1,0	150
Co (mg.dm ⁻³)	1,7	4,2	147
Cr (mg.dm ⁻³)	0	5,9	590
Cu (mg.dm ⁻³)	0,2	0,0	-20
Fe (mg.dm ⁻³)	666	645	-3
Mn (mg.dm ⁻³)	55	196	256
Mo (mg.dm ⁻³)	3	9	200
Ni (mg.dm ⁻³)	2	4	100
Pb (mg.dm ⁻³)	0	7	700
Si (mg.dm ⁻³)	19	370	1847
V (mg.dm ⁻³)	3	5	67
Zn (mg.dm ⁻³)	4	7	75
Hg (mg.dm ⁻³)	1	3	200

Houve também alteração nas relações dos elementos, por exemplo, antes da queima, tinha-se uma relação entre Ca, Mg, Na e K de 33: 7,5: 2,9: 1 respectivamente, e, após, esta relação alterou-se para 34: 2,2: 2: 3,5: 1. O desequilíbrio maior ocorreu entre o cálcio e o magnésio.

Com a combustão das camadas orgânicas, a reciclagem será mais eficiente, se o horizonte subsuperficial for argiloso; neste caso, tem-se um ambiente conservador, mantendo o nutriente por maior tempo à superfície. Por outro lado, se o horizonte subsuperficial for arenoso, a lixiviação será intensa, empobrecendo o sistema mais rapidamente. O solo modifica-se de Orgânico para Aluvial eutrófico, denominado pelos pecuaristas de "areia gorda" e com a continuidade da lixiviação para Aluvial distrófico - "areia magra".

Deve-se ainda observar que, nos horizontes subsuperficiais argilosos, predomina a caulinita de tamanho grande e, com o baixo teor de ferro do solo, tem-se um arranjo destas argilas face a face (UFV, 1984; LANI, 1987; ZANGRANDE e REZENDE, 1989), elevando a densidade do solo, o que é ainda intensificada pelo pisoteio do gado.

Com o aumento da densidade do solo e o pastoreio praticamente extensivo, passa a predominar, nas pastagens, uma vegetação não comestível ou menos palatável para o gado e mais resistente a densidades mais elevadas. Com isto, a capacidade de suporte das pastagens vem diminuindo a cada ano.

Conclui-se que a presença da matéria orgânica neste sistema é de fundamental importância para manter a sua melhor produtividade. Isto só será possível com o controle do fogo e a manutenção do lençol freático alto, o que implica na construção de comportas, conforme previsto no projeto original de drenagem da área (ENGENHARIA GALLIOLI, 1966). Naturalmente, devem-se fazer novos estudos, devido a mudanças ocorridas na região. Outro fato importante é o governo controlar as drenagens particulares, pois elas só devem ser feitas de acordo com um projeto geral de uso da área.

As áreas de influência das lagoas e os solos com tiomorfismo devem ser mantidas como áreas de preservação natural.

4.3.4. Parâmetros sedimentológicos

Os parâmetros estatísticos (FOLK e WARD, 1957) (Quadro 21) dos solos arenosos (Podzol Hidromórfico - PH, Aluviais - A e Areia Quartzosa - AQ e Areia Quartzosa Marinha - AM) demonstram que o diâmetro médio, parâmetro de particular importância que indica a energia do agente transportador, variou de $0,7415 \phi$ a $1,6337 \phi$, o que demonstra a grande amplitude da variação dos sedimentos ali presentes. A campo, pôde-se perceber que os Aluviais variam espacialmente de granulometria, à curta distância, com comportamento diferenciado na retenção de água, e esta influencia grandemente no uso do solo.

O PH, mais adentro ao continente, divisando com os sedimentos do Terciário, antiga praia, apresenta o menor desvio-padrão e os maiores valores de diâmetro médio, que demonstram o selecionamento à superfície de uma granulometria mais grosseira, em consequência da imigração para as camadas mais profundas da areia mais fina ou pelo selecionamento no momento da deposição, fato também observado nos perfis de solos descritos por EMBRAPA (1978) e GOMES (1995).

Quando da coleta das amostras do PH, apesar de não ter chovido recentemente, verificou-se que os horizontes superficiais estavam úmidos e a vegetação natural, mata de restinga, era exuberante. A pastagem, após a derruba da mata, é de pernambuco (*Paspalum maritimum*) e, conforme informações do proprietário, esta gramínea associada naturalmente a leguminosas, torna-se uma pastagem com bom rendimento na alimentação do gado. É possível que o impedimento da drenagem à subsuperfície (horizonte Bh) possa ser um indicador ambiental na manutenção da maior disponibilidade de água por um período maior nessa área, influenciando as condições e o tipo de vegetação natural e maior potencial para uso.

Os valores do desvio-padrão, que permitem inferir a desuniformidade dos sedimentos, são maiores no Aluvial álico, antigo leito do rio Doce, o que demonstra a diversidade de energia ao longo de suas constantes cheias e também nas suas mudanças de leito.

Quadro 21 - Parâmetros sedimentológicos (FOLK e WARD, 1957) e suas qualificações segundo escala dos próprios autores

Amostra	Classe	Hz	Prof. cm	D. médio	D. padrão	Grau de seleção	Sk	Grau de assimetria	KG	Grau de Agudez
810	Aqd	Ap	0-10	1,4602	0,8006	Md. selec.	0,0582	Aprx. Sim.	0,9056	Mesocúrtica
811		AC	10-20	1,5182	0,7814	Md. selec.	-0,0417	Aprx. Sim.	0,8724	Platicúrtica
820	Aep	Ap	0-20	0,8026	0,8637	Md. selec.	0,15	Assim. Pos.	1,1901	Leptocúrtica
821		C1	40-60	0,7843	0,8669	Md. selec.	-0,0066	Aprox. Sim.	1,0168	Mesocúrtica
822	Aa	Ap	0-15	1,1471	0,8711	Md. selec.	0,0017	Aprox. Sim.	0,9453	Mesocúrtica
823		C1	40-60	1,0427	0,8358	Md. selec.	-0,0145	Aprox. Sim.	0,9064	Mesocúrtica
867	PH	A1	0-20	1,5978	0,5427	Md. bem sel.	-0,0157	Aprox. Sim.	0,9765	Mesocúrtica
868		E	40-60	1,6337	0,5506	Md. bem sel.	-0,0527	Aprox. Sim.	0,9838	Mesocúrtica
873	AMd	Ap	0-10	1,3591	0,7552	Md. bem sel.	-0,1819	Ass. Negativa	1,0313	Mesocúrtica
874		C1	10-55	1,2274	0,7796	Md. bem sel.	-0,1355	Ass. Negativa	0,9714	Mesocúrtica
875	Ad	Ap	0-13	0,9113	0,7810	Md. bem sel.	0,1864	Ass. Positiva	1,1592	Leptocúrtica
876		C1	16-60	0,7689	0,7682	Md. selec.	0,0915	Aprox. Sim.	1,0077	Mesocúrtica
879	Ae	Ap	0-14	0,7415	0,7876	Md. selec.	-0,1022	Ass. Negativa	1,0366	Mesocúrtica
880		C1	14-60	0,8715	0,7061	Md. bem sel.	0,0374	Aprox. Sim.	1,0609	Mesocúrtica
Máx.				1,6337	0,8711		0,1864		1,1901	
Mín.				0,7415	0,5427		-0,1819		0,8724	

Sk: Assimetria gráfica inclusiva; KG: curtose gráfica. Aa: Aluvial álico; Ae: Aluvial eutrófico; Aep: Aluvial epieutrófico. Md: moderadamente.

É facilmente perceptível, a campo, a identificação dessa área, através de uma vegetação típica de gramíneas, com folhas mais coriáceas, pontiagudas e que não recobrem perfeitamente o solo, que caracteriza uma menor disponibilidade de água comparadas às do PH, e pela presença do relevo irregular (pequenos barrancos de areia), indicando as depressões do antigo leito.

Pela análise discriminante às características sedimentológicas da fração areia de sedimentos de ambientes variados (SAHU, 1964) (Figura 39), pôde-se inferir alguns aspectos tais como:

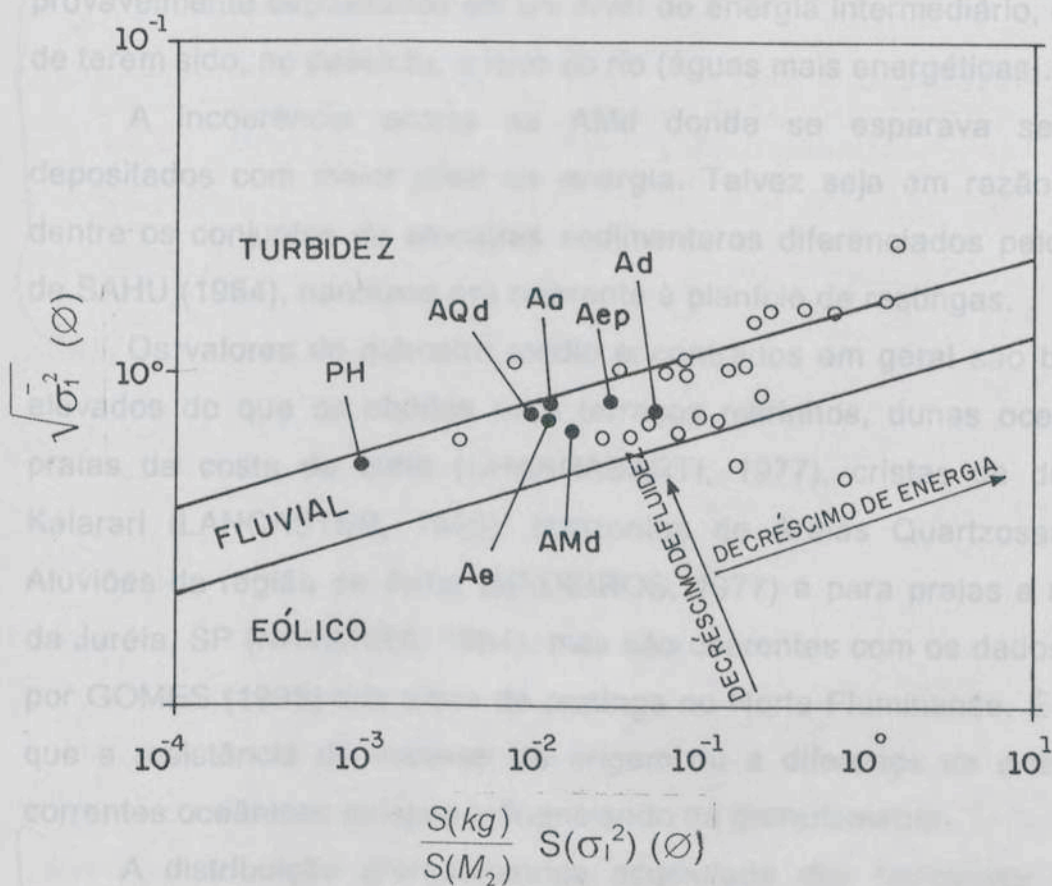


Figura 39 - Diagrama de SAHU (1964) aplicado aos perfis de solos estudados. Dados complementares para comparação de SOUSA (1995) e ABRAHÃO (1995).

Os solos podem ser separados em três grupos, o que demonstra a diferença do nível de energia na deposição dos sedimentos. A sequência do nível de energia seguiu a seguinte ordem:

$$\text{PH} > \text{AQd} > \text{Aa (leito do rio Doce)} = \text{Ae} > \text{AMd} > \text{Aep} > \text{Ad}$$

Estas informações parecem ser coerentes, pois o PH, que faz divisa com os sedimentos Terciários, uma antiga praia, pode ter sido depositado em ambiente com maior turbulência. Por último, os Aluviais, hoje distantes da atual calha do rio, cujos sedimentos, possivelmente, foram depositados por águas mais calmas. Os sedimentos do Aluvial álico foram provavelmente depositados em um nível de energia intermediário, em razão de terem sido, no passado, o leito do rio (águas mais energéticas).

A incoerência ocorre na AMd donde se esperava sedimentos depositados com maior nível de energia. Talvez seja em razão de que, dentre os conjuntos de amostras sedimentares diferenciados pelo método de SAHU (1964), nenhuma era referente à planície de restingas.

Os valores do diâmetro médio encontrados em geral são bem mais elevados do que os obtidos para terraços marinhos, dunas oceânicas e praias da costa da Índia (CHAKRABARTI, 1977), cristas de dunas em Kalarari (LANCASTER, 1986), horizontes de Areias Quartzosas e de Aluviões da região de Jaíba (MEDEIROS, 1977) e para praias e restingas da Juréia, SP (NAVARRA, 1984), mas são coerentes com os dados obtidos por GOMES (1995) nos sítios de restinga no Norte Fluminense. É possível que a resistência do material de origem ou a diferença de energia das correntes oceânicas estejam influenciando na granulometria.

A distribuição granulométrica acumulada dos horizontes da AMd (atual praia) e do PH (antiga praia) indica a afinidade de granulometria entre ambos, sugerindo o mesmo ambiente de sedimentação (Figura 40).

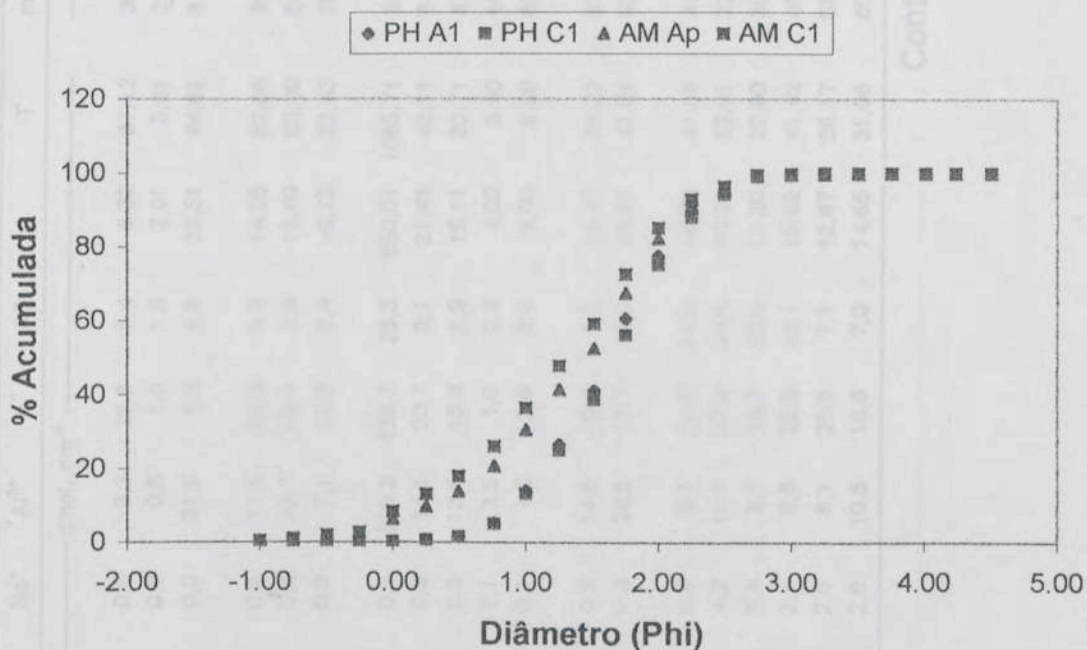


Figura 40 - Relação entre o diâmetro médio e a quantidade de areia acumulada nos horizontes do Podzol Hidromórfico (PH) e da Areia Quartzosa Marinha distrófica (AMd).

4.3.5. Tiomórficos

4.3.5.1. Aspectos gerais (Delta do rio Doce)

Pelos dados de condutividade elétrica em alguns perfis (Quadro 22), o que foi observado a campo, verificou-se o acúmulo de sais à superfície do solo. Há dois tipos principais de camadas salinas, sendo uma de cristais soltos, brancos (Figura 41) e outra de crostas amareladas, empipocadas (Figura 42). Ambas são descontínuas na superfície, acumulando-se mais nas microdepressões.

Pelos dados analíticos e observação microscópica, supõe-se que sejam sais de enxofre vindo da água do mar e do alumínio provenientes da desintegração das argilas silicatadas pelos baixíssimos valores de pH (Figura 43).

Quadro 22 - Resultados analíticos dos solos tiomórficos

AM	Solo	Hz	Prof.	DAP	E. - %	CE	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	cmolc. dm ⁻³			SB	t	T	m	V
							H ₂ O	KCl					Al ³⁺	H ⁺	— % —					
808	GPT	Ap	0-30	0,51	80,5	0,66	3,9	3,0	4,0	0,9	0,12	0,3	3,3	28,8	5,4	8,32	37,12	38	14	
809		Cg1	40-60	1,32	5,9	0,03	5,0	4,3	1,3	0,2	0,01	0,0	0,5	1,6	1,5	2,01	3,61	25	42	
806		Cg2	0-200	1,05		5,80	2,8	2,9	3,4	1,2	0,01	0,0	31,9	8,3	4,6	36,51	44,81	87	10	
825	GHT	Ap	0-20	0,64	56,7	1,74	2,5	2,2	2,0	0,7	0,08	0,5	11,5	38,6	3,3	14,28	52,88	78	6	
827		Cg1	20-40	0,65	37,3	1,90	2,5	2,2	1,4	0,5	0,09	0,6	13,7	39,4	2,5	15,69	55,09	84	5	
828		2Cg2	40-60	0,91	24,4	1,38	2,5	2,3	1,4	0,6	0,03	0,3	7,1	13,3	2,4	9,13	22,43	75	10	
885	GHT	Cam1	5-2		21,60		2,7	2,2	1,5	23,3	0,01	0,5	625,2	435,7	25,3	650,01	1085,71	96	2	
830		Cam3	1-0	1,24	26,5	4,68	2,1	1,9	6,2	1,1	0,01	0,8	14,1	20,7	8,1	21,41	42,11	64	19	
831		Ap	0-10	0,86	25,1	3,74	2,2	2,1	0,7	0,9	0,01	0,3	13,5	15,6	1,9	15,11	30,71	87	6	
832		ACg	10-20	1,15	15,5	1,61	2,8	2,7	0,2	0,3	0,00	0,1	3,5	1,9	0,6	4,00	5,90	86	9	
833		Cg1	20-40	1,27	6,4	1,29	2,7	2,6	0,2	0,3	0,00	0,1	4,5	3,9	0,6	5,00	8,90	89	6	
841	Ot	H1	0-30	0,39	87,4	5,11	1,8	1,7	0,4	0,5	0,07	0,3	14,5	18,8	1,3	15,47	34,27	92	4	
842		H2	30-60	0,46	86,2	7,72	3,0	2,8	1,1	0,6	0,01	0,3	24,5	15,7	2,0	26,21	41,91	93	5	
843	GHT	Ap	0-5	0,67	59,4	5,76	3,3	3,1	6,3	1,1	0,08	5,6	9,1	24,5	13,0	16,58	41,08	41	28	
844		AC	5-30	0,77	53,9	5,25	3,3	3,1	29,0	1,2	0,01	4,2	10,1	22,3	34,4	40,31	62,61	23	51	
845		Cg1	30-45	0,99	47,4	5,72	3,1	3,0	4,2	1,2	0,10	5,4	6,7	10,7	10,9	12,20	22,90	38	39	
847		Ap1	0-10	0,69	69,5	3,65	3,1	3,0	6,2	1,1	0,22	2,6	8,3	25,6	10,1	15,82	41,42	45	23	
848		Ap2	10-30	0,71	58,7	1,55	2,9	2,8	3,4	1,1	0,07	2,5	8,1	25,5	7,1	12,67	38,17	53	17	
849		Cg1	30-70	0,92	50,4	4,42	2,9	2,8	3,2	1,1	0,06	2,6	10,5	16,8	7,0	14,86	31,66	60	20	

Continua...

AM	Solo	Hz	Prof.	DAP	E.	CE	pH	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	SB	t	T	K	m	V
				— cm —	— dag.dm ⁻³ —	— % —	dS.m ⁻¹	H ₂ O	KCl	— cmol _c .dm ⁻³ —										
850	Gpt	Ap	0-10	0,64	67,4	1,28	3,1	3,0	3,8	1,1	0,25	2,4	6,9	20,4	7,6	12,05	32,45	48	22	
851		AC	10-40	0,80	53,1	1,99	3,1	2,8	3,8	1,0	0,09	2,0	7,9	19,1	6,9	12,79	31,89	53	20	
852		Cg1	40-70	1,01	46,9	2,82	3,3	3,0	4,5	1,1	0,14	2,0	6,1	11	7,7	11,84	22,84	44	31	
887	Gpt	Ap	0-22	0,72		3,73	3,6	3,5	8,2	7,9	0,02	0,8	21,1	18,8	16,9	37,22	56,02	56	30	
888		Cg1	22-45	0,93		4,34	3,0	2,9	2,6	8,6	0,01	0,7	24,1	18,8	11,9	35,31	54,11	67	22	
889		Cg2	45-87	1,08		13,23	2,3	3,1	2,6	9,0	0,02	0,5	63,9	96,6	12,1	75,52	172,12	84	7	
Max.					87,4	21,60	5,0	4,3	29,0	23,3	0,25	5,6	625,2	435,7	34,4	650,01	1085,71	96	51	
Min.					5,9	0,03	1,8	1,7	0,2	0,2	0,00	0,0	0,5	1,6	0,6	2,01	3,61	23	2	
Média					47,9	4,45	2,9	2,8	4,1	2,7	0,06	1,4	38,0	38,1	8,2	44,81	82,91	64	18	
s					24,0	4,44	0,6	0,5	5,5	4,9	0,07	1,6	120,5	83,1	7,8	124,48	206,98	22	13	

AM	Solo	Hz	Prof.	C	N	C/N	P (NC)	P rem.	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki	Kr
				— dag.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —	— mg.dm ⁻³ —	— mg.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —	— dag.dm ⁻³ —
808	Gpt	Ap	0-30	47,5	2,57	18,5	3,6	26,0	0,12	5,1	0,6	1,2	0,1		
809		Cg1	40-60	0,5	0,1	5,0	0,7	42,4	0,02						
806		Cg2	0-200	9,7	0,25	38,8	3,4	16,2	0,69	15,4	15,0	2,0	0,9	1,74	1,61
825	Ght	Ap	0-20	37,8	1,45	26,1	1,0	30,7							
827		Cg1	20-40	42,5	1,09	39,0	1,0	23,8		5,5	4,7	1,5	0,2	1,99	1,65
828		2Cg2	40-60	10,8	0,23	47,0	0,3	31,6		9,8	9,3	1,4	0,7	1,79	1,63

Continua...

AM	Solo	Hz	Prof.	C		N	C/N	P (NC)		P rem.	S	— dag.dm ⁻³ —					Kr
				— cm —	— dag.dm ⁻³ —			P (NC)	P rem.			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki	
885	Ght	Cam1	5-2	1,0					36,1	8,66	2,5	1,0	1,9	0,3			
830		Cam.3	1-0	17,1	0,54		31,7	0,8	14,0	4,95	6,7	2,2	15,4	0,4			
831		Ap	0-10	11,1	1,44		7,7	4,6	12,3	0,79	6,6	2,0	2,3	0,3			
832		ACg	10-20	0,8	0,1		8,0	0,5	18,6	0,62	6,9	5,5	2,1	0,5		2,13	1,71
833		Cg1	20-40	0,9	0,08		11,3	0,2	25,3	0,33	3,3	2,6	0,9	0,2		2,16	1,76
841	Ght	H1	0-30	31,9	1,71		18,7	1,3	10,2	1,20							
842		H2	30-60	33,5	1,42		23,6	5,0	23,6	3,36	6,5	4,2	6,3	0,1		2,63	1,34
843	Ght	Ap	0-5	27,3	0,81		33,7	4,2	26,8	0,94	16,4	11,9	3,5	0,6		2,34	1,97
844		AC	5-30	21,8	0,61		35,7	0,8	22,7	0,71	17,5	16,2	4,9	0,8		1,84	1,54
845		Cg1	30-45	5,8	0,16		36,3	0,8	24,7	0,35	28,7	23,4	2,1	1,3		2,08	1,97
847	Ot	Ap1	0-10	33,1	1,18		28,1	5,1	59,9	0,14	13,2	9,2	2,0	0,4		2,44	2,14
848		Ap2	10-30	23,4	1,3		18,0	1,7	27,9	0,42	15,8	13,7	1,9	0,7		1,96	1,80
849		Cg1	30-70	12,9	0,21		61,4	0,7	23,6	0,36	24,8	21,6	2,6	1,2		1,95	1,81
850	Gpt	Ap	0-10	28,4	1,28		22,2	2,2	32,5	0,46	14,9	12,2	2,0	0,6		2,08	1,88
851		AC	10-40	21,0	0,4		52,5	0,8	31,2	0,22	18,3	16,9	3,2	0,9		1,84	1,64
852		Cg1	40-70	7,8	0,1		78,0	0,8	23,6	0,17	27,8	22,4	2,6	1,2		2,11	1,96
887	Gpt	Ap	0-22	1,5	0,56		2,7		5,6	0,92	21	18,0	5,9	0,8		2,03	1,68
888		Cg1	22-45	1,0	0,201		5,0		8,3	0,88	19,2	18,1	3,0	0,7		1,80	1,63
889		Cg2	45-87	0,9	0,144		6,5		5,1	2,36	27,6	21,1	4,1	0,9		2,22	1,98
Max.				47,5	2,6		78,0	5,1	59,9	8,70	28,7	23,4	15,4	1,3		2,63	2,14
Min.				0,5	0,1		2,7	0,2	5,1	0,00	2,5	0,6	0,9	0,1		1,74	1,34
Média				17,2	0,7		27,3	1,9	24,1	1,30	14,3	11,4	3,3	0,6		2,06	1,76
s				14,5	0,7		18,9	1,6	11,8	2,00	8,1	7,5	3,0	0,3		0,23	0,19

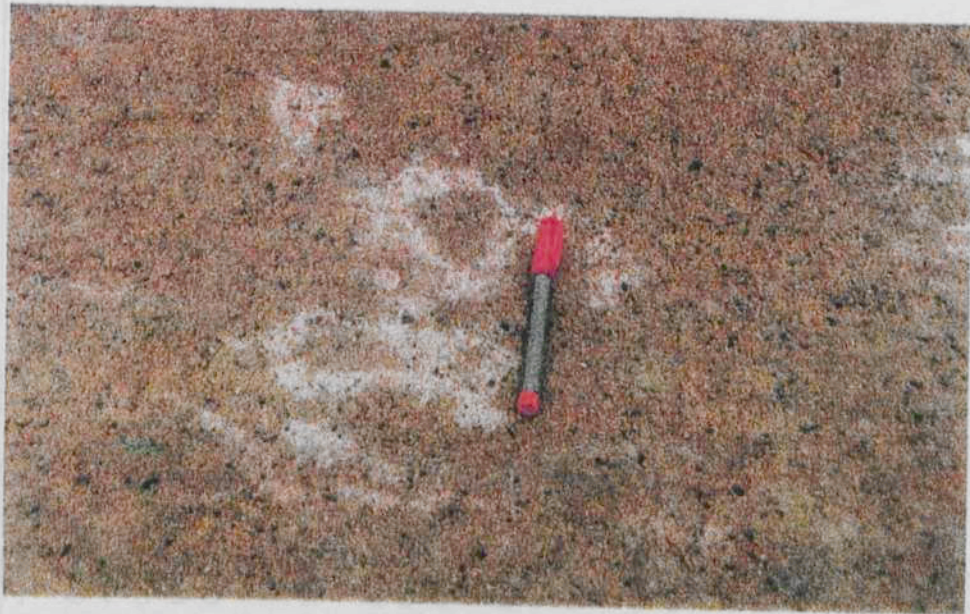


Figura 41 - Sais à superfície do solo Glei Húmico tiomórfico.



Figura 42 - Crostas salinas amareladas com aparência de "pipocas" ligadas umas as outras no solo Glei Húmico tiomórfico.

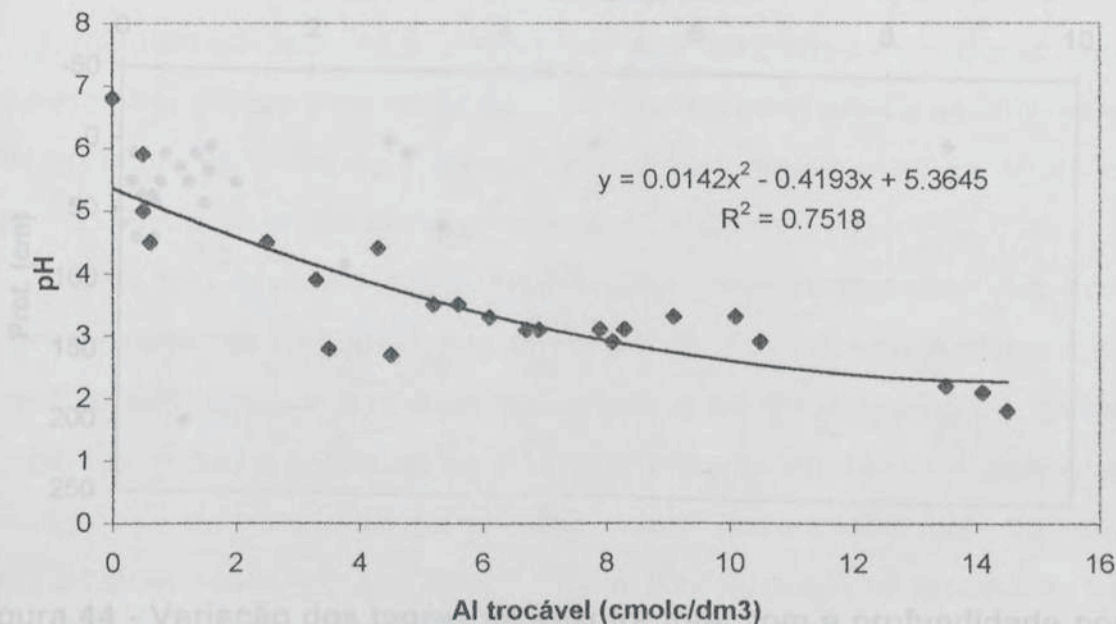


Figura 44 - Variação dos íons trocáveis com a profundidade nos solos com tiomorfismo.

Figura 43 - Relação entre o pH e alumínio trocável nos solos com tiomorfismo.

Estes sais apresentam, em razão dos seus altos teores de alumínio ($625,2 \text{ cmolc/dm}^3$), um alto poder tampão na alteração do pH,

A presença desses sais à superfície, supõe-se que sejam oriundos da inundação periódica da área, devido ao impedimento da drenagem nos canais pela invasão das plantas nos mesmos e, também, com o levantamento do nível do lençol freático pelo movimento das marés. Após a inundação, com a intensa evaporação que ocorre na região, as camadas de sais acumulam-se à superfície.

Este fato tem algumas implicações práticas, pois percebe-se que ocorre a tiomorfização do solo pelo processo inverso do observado comumente que é a influência do lençol freático marinho, no presente ou no passado, via subsuperfície. Neste caso, tem-se a entrada do enxofre em maior intensidade via superfície, lixiviando, posteriormente, no perfil, o que pode ser observado pelo maior acúmulo de enxofre nas camadas ou horizontes superficiais do solo (Figura 44).

Pelas análises, todos os perfis são tiomórficos. Apresentam valores de pH menores que 3,5; presença de jarosita, altos teores de enxofre (EMBRAPA, 1977; USDA, 1996); e de alumínio trocáveis.

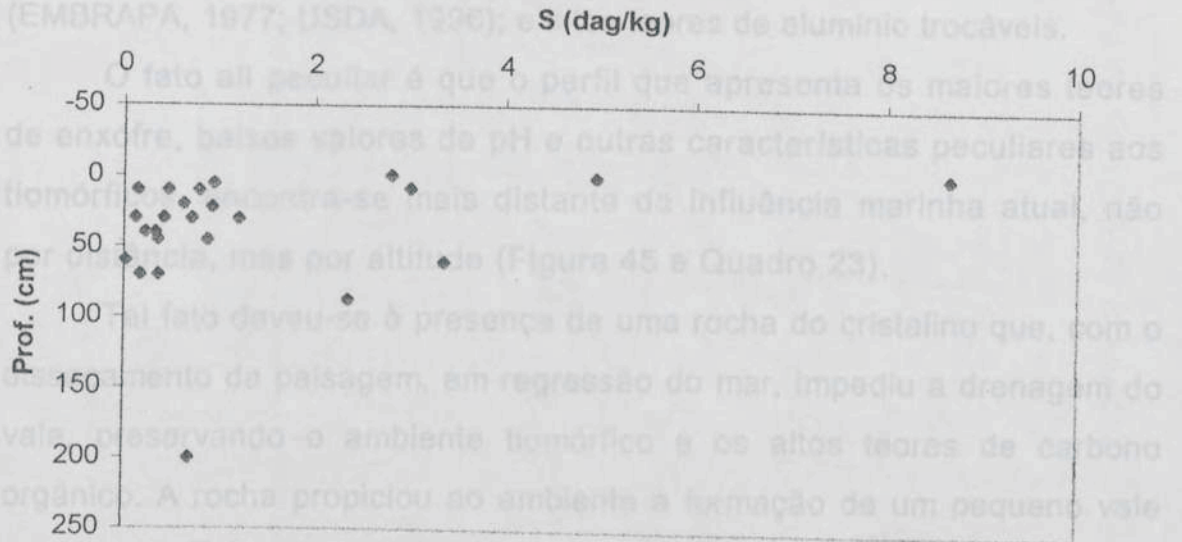


Figura 44 - Variação dos teores de enxofre total com a profundidade nos solos com tiomorfismo.

Estes sais apresentam, em razão dos seus altos teores de alumínio ($625,2 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), um alto poder tampão na alteração do pH, consumindo no processo reativo grandes quantidades de CaCO_3 .

Sugere-se, na opção do uso agrícola destes solos, o que não é recomendável em termos de sustentabilidade, que evite a inundação dos mesmos com esta água contaminada e que as crostas salinas sejam retiradas da superfície, evitando assim a sua lixiviação no perfil.

4.3.5.2. Delta do rio Itapemirim

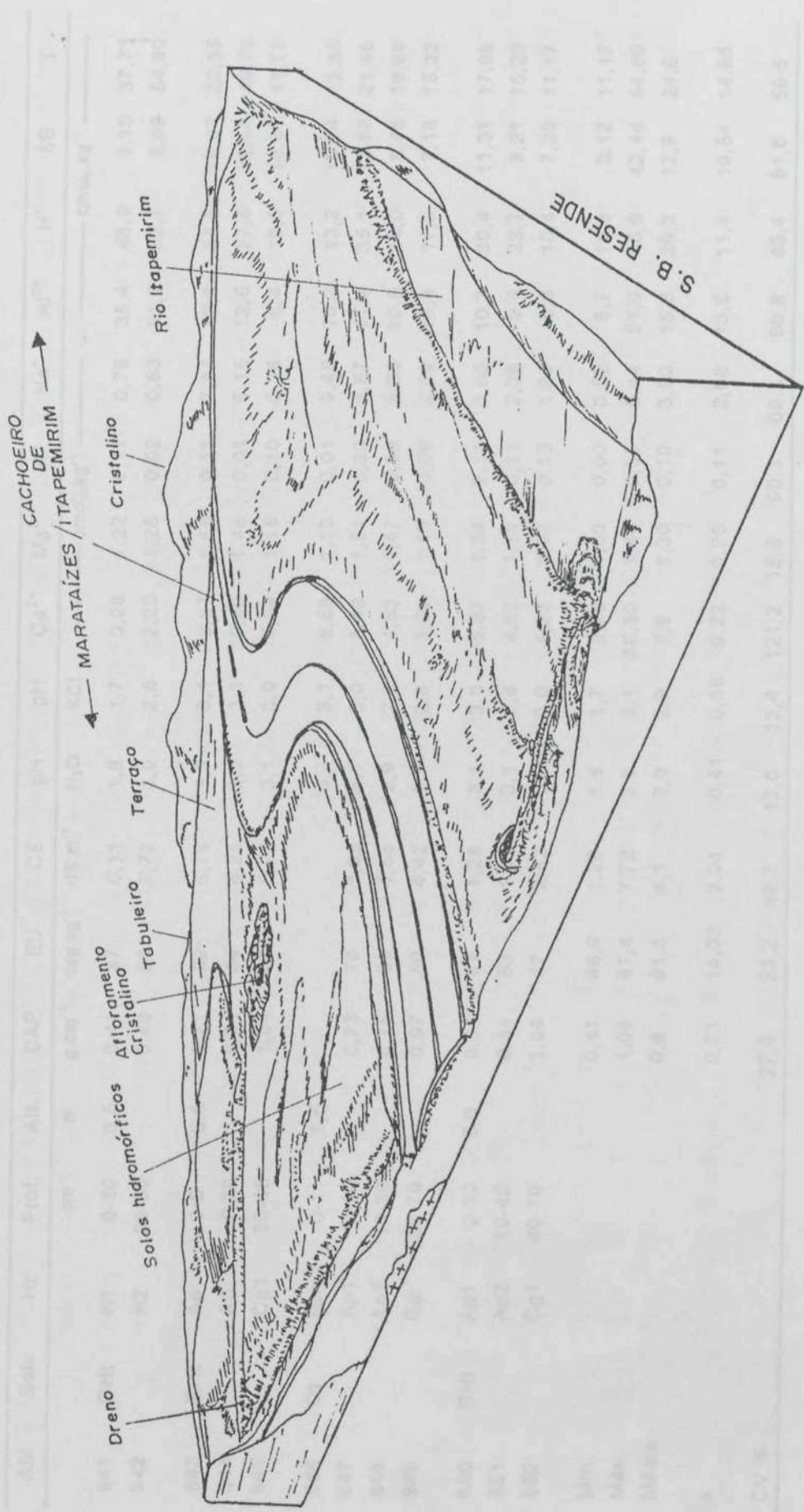
Em decorrência do aumento da intensidade de drenagem dos solos litorâneos em todo o Estado do Espírito Santo, para o uso agrícola ou para uso imobiliário, foi também amostrada uma toposequência (quatro perfis) que apresentava características de solos com tiomorfismo no delta do rio Itapemirim.

Pelas análises, todos os perfis são tiomórficos. Apresentam valores de pH menores que 3,5; presença de jarosita; altos teores de enxofre (EMBRAPA, 1977; USDA, 1996); e altos teores de alumínio trocáveis.

O fato ali peculiar é que o perfil que apresenta os maiores teores de enxofre, baixos valores de pH e outras características peculiares aos tiomórficos, encontra-se mais distante da influência marinha atual, não por distância, mas por altitude (Figura 45 e Quadro 23).

Tal fato deveu-se à presença de uma rocha do cristalino que, com o dissecamento da paisagem, em regressão do mar, impediu a drenagem do vale, preservando o ambiente tiomórfico e os altos teores de carbono orgânico. A rocha propiciou ao ambiente a formação de um pequeno vale suspenso. Esta característica tem seus desdobramentos de suma importância nesta região. Pois, como o Terciário ali foi dissecado mais intensamente (RADAMBRASIL, 1983), ocorre o aparecimento de rochas do cristalino, às vezes, no fundo do vale, impedindo a drenagem. É possível que se tenha, à semelhança desta situação aqui localizada, maiores áreas com influência do tiomorfismo a montante dos vales, em cotas mais elevadas, o que não era de se esperar.

Nos dados analíticos (Quadros 23, 24 e 25), destacam-se os baixos valores de pH, sendo que uma amostra atingiu o valor extremo de 1,8. O pH variou de 1,8 a 3,3 com um coeficiente de variação relativamente baixo (13,6%). Dentre todos os elementos, o manganês apresentou o maior valor de desvio-padrão (Quadro 24) e o menor valor foi para os teores disponíveis de cromo ($s = 0,3$) seguido dos teores trocáveis de potássio.



Continua...

Figura 45 - Blocodiagrama da área de ocorrência dos solos hidromórficos (tiomórficos) no delta do rio Itapemirim.

Quadro 23 - Resultados analíticos das amostras de solos coletadas no delta do rio Itapemirim

AM	Solo	Hz	Prof.	Alt.	DAP	EU	CE	pH	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	SB	t
			cm	m	g.cm ⁻³	dag.kg ⁻¹	ds.m ⁻¹	H ₂ O	KCl	cmolc.kg ⁻¹	cmolc.kg ⁻¹	cmolc.kg ⁻¹	cmolc.kg ⁻¹	cmolc.kg ⁻¹	cmolc.kg ⁻¹	cmolc.kg ⁻¹	cmolc.kg ⁻¹
841	GHT	H1	0-30	6,5	0,41	87	5,11	1,8	1,7	0,98	1,22	0,17	0,76	35,4	45,9	3,13	37,73
842		H2	30-60		0,48	86	7,72	3,0	2,8	2,29	1,25	0,02	0,53	51,0	32,7	4,09	54,60
843	GHT	Ap	0-5	5,8	0,71	59	5,76	3,3	3,1	8,87	1,55	0,11	7,84	12,8	34,5	18,37	23,35
844		AC	5-30		0,81	54	5,25	3,3	3,1	35,80	1,48	0,01	5,15	12,5	27,5	42,44	49,76
845		Cg1	30-45		1,04	47	5,72	3,1	3,0	4,04	1,15	0,10	5,18	6,4	10,3	10,47	11,73
846	Ot	cam1	0-1	5,5				3,3	3,1	8,58	1,10	0,01	9,45	10,2	13,2	19,14	19,85
847		Ap1	0-10		0,73	70	3,85	3,1	3,0	8,49	1,51	0,30	3,57	11,4	35,1	13,87	21,66
848		Ap2	10-30		0,75	59	1,55	2,9	2,8	4,53	1,47	0,09	3,36	10,8	34,0	9,45	16,89
849		Cg	30-70		0,97	50	4,42	2,9	2,8	3,30	1,13	0,06	2,69	10,8	17,3	7,18	15,32
850	GHT	Ap1	0-10	5,0	0,67	67	1,28	3,1	3,0	5,67	1,64	0,37	3,63	10,3	30,4	11,31	17,98
851		Ap2	10-40		0,84	53	1,99	3,1	2,8	4,52	1,19	0,11	2,38	9,4	22,7	8,21	15,23
852		Cg1	40-70		1,06	47	2,82	3,3	3,0	4,25	1,03	0,13	1,89	5,8	10,4	7,30	11,17
Mín.					0,41	46,9	1,28	1,8	1,7	0,98	1,03	0,00	0,52	5,7	10,3	3,12	11,17
Máx.					1,06	87,4	7,72	3,3	3,1	35,80	1,64	0,36	9,44	51,0	45,9	42,44	54,60
Média					0,8	61,8	4,1	3,0	2,9	7,6	1,30	0,10	3,90	15,6	26,2	12,9	24,6
s					0,21	14,33	2,04	0,41	0,38	9,22	0,20	0,11	2,68	13,5	11,4	10,54	14,65
CV %					27,0	23,2	49,3	13,6	13,4	121,2	15,6	90,3	69,3	86,8	43,4	81,6	59,5

Continua...

Quadro 23, Cont.

AM	Solo	T	m	V	C	N	C/N	P (NC)			S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	ki	kr	Al/Fe
								cmol.kg ⁻¹	— % —	— dag.kg ⁻¹ —								
841	Ght	84,35	92	4	31,9	1,71	18,7	1,3	10,2	1,20								
842		87,84	93	5	33,5	1,42	23,6	5,0	23,6	3,36	6,5	4,2	6,3	0,14	2,63	1,34	1,05	
843	Ght	65,69	41	28	27,3	0,81	33,7	4,2	26,8	0,94	16,4	11,9	3,5	0,6	2,34	1,97	5,34	
844		82,44	23	51	21,8	0,61	35,7	0,8	22,7	0,71	17,5	16,2	4,9	0,78	1,84	1,54	5,19	
845		27,21	38	39	5,8	0,16	36,3	0,8	24,7	0,35	28,7	23,4	2,1	1,32	2,08	1,97	17,49	
846	Ot	42,53	35	45	13,2			17,8										
847		60,31	45	23	33,1	1,18	28,1	5,1	59,9	0,14	13,2	9,2	2	0,4	2,44	2,14	7,22	
848		54,25	53	17	23,4	1,3	18,0	1,7	27,9	0,42	15,8	13,7	1,9	0,7	1,96	1,8	11,32	
849		35,32	60	20	12,9	0,21	61,4	0,7	23,6	0,36	24,8	21,6	2,6	1,16	1,95	1,81	13,04	
850	Ght	52,06	48	22	28,4	1,28	22,2	2,2	32,5	0,46	14,9	12,2	2	0,6	2,08	1,88	9,58	
851		40,35	53	20	21,0	0,4	52,5	0,8	31,2	0,22	18,3	16,9	3,2	0,85	1,84	1,64	8,29	
852		23,43	44	31	7,8	0,1	78,0	0,8	23,6	0,17	27,8	22,4	2,6	1,24	2,11	1,96	13,53	
Mín.		23,43	23	4	5,8	0,1	18	0,7	10,2	0,14	6,5	4,2	1,9	0,14	1,84	1,34	1,05	
Máx.		87,84	93	51	33,5	1,71	78	17,8	59,9	3,36	28,7	23,4	6,3	1,32	2,63	2,14	17,49	
Média		54,6	52,1	25,4	21,7	0,8	37,1	3,4	27,9	0,80	18,4	15,2	3,1	0,8	2,1	1,8	9,2	
s		22,09	21,12	14,50	9,76	0,57	19,26	4,83	12,10	0,92	6,90	6,17	1,45	0,38	0,26	0,24	4,82	
CV %		40,4	40,6	57,0	45,0	68,5	51,9	140,6	43,4	121,9	37,5	40,7	46,7	48,4	12,4	13,2	52,4	

Quadro 24 - Microelementos disponíveis detectados nas amostras de solos coletadas no delta do rio Itapemirim

AM	Classe	Hz	Prof.	- cm -													
				Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Si	V	Zn	Hg
mg.kg ⁻¹																	
841	GHT	H1	0-30	33,0	2,1	0,0	10,7	9162	19	2	5	130	0	27	14	13	1
842		H2	30-60	3,6	12,8	0,0	5,2	2066	39	19	26	170	0	772	168	57	5
843	GHT	Ap	0-5	2,6	9,1	0,0	5,7	1567	61	15	18	153	31	543	118	40	4
844		AC	5-30	1,2	1,5	0,0	11,2	1155	94	6	2	76	21	76	10	6	1
845		Cg1	30-45	0,2	1,1	0,0	10,2	362	126	4	1	51	0	116	10	6	1
846	Ot	Cam.1	0-1	1,0	1,0	1,0	2,0	659	199	10	1	282	9	699	2	9	3
847		Ap1	0-10	0,0	1,0	0,0	7,0	438	58	6	1	106	2	29	7	5	2
848		Ap2	10-30	0,0	0,0	0,0	2,0	336	63	6	0	66	1	28	8	6	1
849		Cg	30-70	1,0	1,0	0,0	0,0	698	61	5	0	53	3	67	9	7	1
850	GHT	Ap1	0-10	0,0	0,0	0,0	10,0	586	55	4	0	82	1	19	5	2	1
851		Ap2	10-40	0,0	0,0	0,0	12,0	659	49	5	0	56	2	72	8	5	1
852		Cg1	40-70	0,0	0,0	0,0	12,0	406	55	3	0	49	5	127	9	4	1
Mín.				0,0	0,0	0,0	0,0	336	19	2	0	49	0	19	2	2	1
Máx.				33,0	12,8	1,0	12,0	9162	199	19	26	282	31	772	168	57	5
Média				3,6	2,5	0,1	7,3	1508	73,3	7,1	4,5	106,2	6,3	214,6	30,7	13,3	1,8
s				9,35	4,10	0,30	4,30	2468	47,71	5,11	8,47	69,10	9,81	-	53,62	17,04	1,40
CV %				263,3	166,0	331,7	58,6	163,7	65,1	72,1	188,2	65,1	156,9	131,4	174,8	127,8	76,6

Quadro 25 - Teores de ferro e alumínio nas amostras de solos do delta do rio Itapemirim e suas relações

AM	Solo	Hz	Prof. - cm -	g. kg ⁻¹						%				
				Fe _{ox}	Fe _s	Al _{troc.}	Al _{al}	Al _s	Fe _{ox} /Fe _s	Al _{troc.} /Al _s	Al _{al} /Al _s	Al _{troc.} /Al _s		
841	Ght	H1	0-30	47,1		31,9	1,4						4,5	
842		H2	30-60	47,4	44,1	45,9	3,8	22,3		107	206	17		8,2
843	Ght	Ap1	0-5	26,4	24,5	11,5	0,5	63,1		108	18	1		4,6
844		Ap2	5-30	18,6	34,3	11,3	0,9	85,9		54	13	1		8,2
845		Cg	30-45	3,4	14,7	5,8	0,6	124,0		23	5	1		11,3
846	Ot	Cam.1	0-1											
847	Ght	Ap1	0-10	19,2	14,0	10,3	0,9	48,8		137	21	2		8,4
848		Ap2	10-30	9,0	13,3	9,7	0,9	72,6		68	13	1		9,6
849		Cg1	30-70	6,9	18,2	9,7	0,8	114,5		38	8	1		8,6
850		Ap1	0-10	13,8	14,0	9,3		64,7		99	14			
851	Ap2	10-40	13,8	22,4	8,5		89,6		62	9				
852	Cg1	40-70	3,9	18,2	5,2		118,7		21	4				
Min.				3,4	13,3	5,2	0,5	22,3		21	4	1		4
Máx.				47,4	44,1	45,9	3,8	124,0		137	206	17		11
Média				19,0	21,8	14,0	1,2	80,4		72	31	3		8
S				15,6	10,2	12,1	1,1	32,7		39,5	61,7	6,0		2,3
CV %				81,8	46,7	86,7	84,9	40,7		55,2	196,9	182,0		29,3

Ox.: oxalato; s: ataque sulfúrico; al: aluminon e Al_{troc.}: Alumínio trocável.

Os teores de carbono foram, em média, bastante elevados, cerca de $21,7 \text{ dag.kg}^{-1}$ com uma amplitude entre 5,8 e $33,5 \text{ dag.kg}^{-1}$.

Os teores de enxofre, outro ponto importante, teve um valor médio de $0,8 \text{ dag.kg}^{-1}$ com uma variação entre 0,14 e $3,36 \text{ dag.kg}^{-1}$.

Os solos são muito argilosos com teores de argila em torno de 80%. Apresentam baixos teores de areia, cerca de 1% e os teores de silte são, em média, de 11%, o que é característico dos solos do Grupo Barreiras (EMBRAPA, 1978; RADAMBRASIL, 1983; UFV, 1984; LANI, 1987; ZANGRANDE e REZENDE, 1989).

Os teores de alumínio trocável extraídos com KCl são bastantes altos com valores variando entre 5,2 e $45,9 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$. Por outro lado, os valores encontrados pelo método do aluminon (ALVAREZ V., 1985) variam de 0,5 a $3,8 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$. Tudo indica que este último método esteja subestimando os teores de alumínio troçável contido nos solos, pois os valores de pH são muitos baixos, o que faz com que as argilas silicatadas sejam decompostas e liberem o alumínio da sua constituição, podendo formar novos minerais (CARSON et al., 1982; FANNING e FANNING, 1989).

Ao se verificar a distribuição do alumínio no perfil (Figura 46), verifica-se que não há uma variação significativa com a profundidade em ambos os métodos de determinação, KCl e aluminon.

Algo que chama atenção nos dados (Quadro 25), são as relações entre o ferro extraído pelo oxalato, pelo ataque sulfúrico e os diferentes teores de alumínio extraídos.

Percebe-se que os teores de ferro extraído pelo oxalato ocorrem em maior quantidade na parte superior do perfil, ao contrário do alumínio trocável em que não houve esta variação. A explicação possível é que, como a fonte supridora de ferro é o Barreiras e este encontra-se na borda dos Gleis e aqui, são muito argilosos, com altos valores de densidade aparente, em especial na parte superior do horizonte B (EMBRAPA, 1978; UFV, 1984), haja um fluxo lateral de ferro, enriquecendo o horizonte superior do Glei. Constatou-se a campo

junto, com a água de drenagem a presença da possível ferridrita ("ferrugem"). A exceção ocorrida trata-se do perfil à montante onde houve o represamento pela rocha.

A condutividade elétrica varia com a altitude (Quadro 23), isto é, a medida que se penetra para dentro do vale, há um acréscimo dos seus valores. Este ponto é importante, pois, no primeiro caso, a parte superior está contaminando a parte de baixo pela erosão superficial.

Pelos critérios adotados por EMBRAPA (1977), tomando como base a saturação por sódio, os perfis 20, 21 e 22 apresentam característica solódica e a amostra 846 é sódica (acima de 20% de saturação por sódio).

Algo não compreensivo é o caso da amostra 841 em que o teor de alumínio trocável é superior ao do alumínio extraído pelo ataque sulfúrico. É possível que a razão da diferença seja devido a diferentes metodologias adotadas, pois, por exemplo, o ataque sulfúrico, aparentemente, só ataca a fração argila.

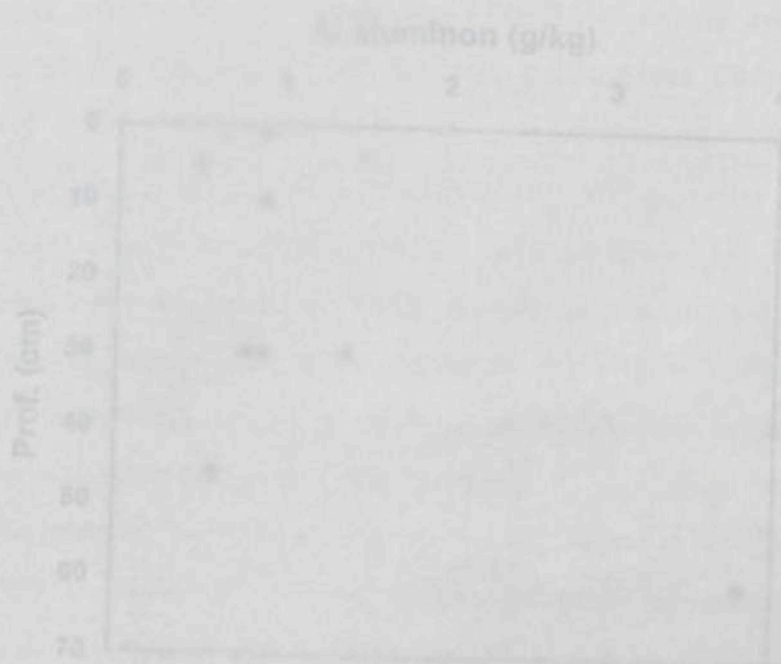


Figura 46 - Distribuição dos teores de alumínio trocável e alumínio extraído com aluminon com a profundidade.

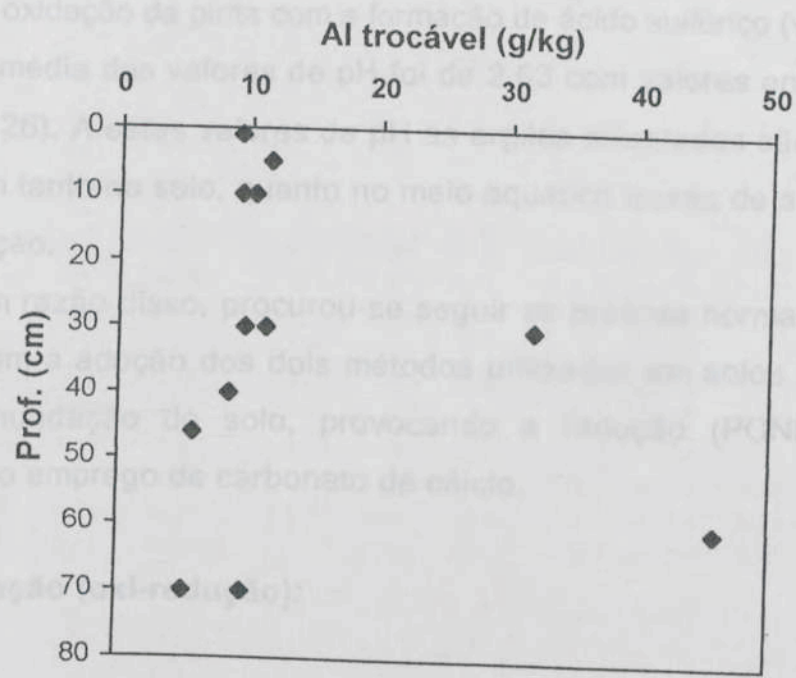
Os valores de pH dos solos foram extremamente baixos devido a oxidação da pirita durante a inundação (veja cap. 2)

A média dos valores de alumínio trocável com a profundidade variou entre 1,80 e 3,50

(Quadro 26). Os solos são ácidos e liberam tanto alumínio trocável quanto alumínio extraído com aluminon em função de sua constituição.

Em função disso, procurou-se avaliar as condições de inundação e a liberação de alumínio trocável e alumínio extraído com aluminon em função da profundidade. Os resultados são apresentados na Figura 46. Os solos são ácidos e liberam tanto alumínio trocável quanto alumínio extraído com aluminon em função de sua constituição.

e inundação (oxidação-redução) e salinidade



Com a submersão em água as amostras de solo por 104 dias em laboratório, parou-se que houve o abaixamento do pH e aumento do pH de 0,6 ponto (valor médio). O valor máximo atingido foi de 5,07 e o pH atingiu o seu mínimo de 3,50.

Os resultados são apresentados na Figura 47. Os solos são ácidos e liberam tanto alumínio trocável quanto alumínio extraído com aluminon em função de sua constituição.

Os resultados são apresentados na Figura 46. Os solos são ácidos e liberam tanto alumínio trocável quanto alumínio extraído com aluminon em função de sua constituição.

Os resultados são apresentados na Figura 46. Os solos são ácidos e liberam tanto alumínio trocável quanto alumínio extraído com aluminon em função de sua constituição.

Os resultados são apresentados na Figura 46. Os solos são ácidos e liberam tanto alumínio trocável quanto alumínio extraído com aluminon em função de sua constituição.

Os resultados são apresentados na Figura 46. Os solos são ácidos e liberam tanto alumínio trocável quanto alumínio extraído com aluminon em função de sua constituição.

Figura 46 - Distribuição dos teores de alumínio trocável e alumínio extraído com aluminon com a profundidade.

4.3.5.3. pH x inundação (oxi-redução) e calagem

Os valores de pH dos solos tiomórficos são extremamente baixos devido a oxidação da pirita com a formação de ácido sulfúrico (vede cap. 2).

A média dos valores de pH foi de 2,63 com valores entre 1,80 a 3,50 (Quadro 26). A estes valores de pH as argilas silicatadas são decompostas e liberam tanto no solo, quanto no meio aquático teores de alumínio de sua constituição.

Em razão disso, procurou-se seguir as práticas normais da elevação do pH com a adoção dos dois métodos utilizados em solos de várzea que são a inundação do solo, provocando a redução (PONNAMPERUMA, 1972), e o emprego de carbonato de cálcio.

◆ Inundação (oxi-redução):

Com a submersão em água de amostras de solo por 104 dias em laboratório, percebeu-se que houve o abaixamento do pe e aumento do pH em 0,6 ponto (valor médio). O valor máximo atingido de pH foi de 5,07 e o pe atingiu o seu mínimo valor a -1,69. O delta pe médio foi de -4,75 (Quadro 26 e Figura 47). Os maiores acréscimos de pH ocorreram nos primeiros 20 cm (Figura 48), talvez em razão dos maiores teores de carbono orgânico ali contidos, embora, no conjunto dos dados, não tenha havido correlação entre o aumento do pH e os teores de carbono orgânico.

Embora o aumento do valor de pH não tenha sido expressivo, nas condições de campo, pôde-se observar que, com a inundação da área, houve o recobrimento da área com a vegetação típica, eliminando-se, parcialmente, com isto, o deserto químico.

Justifica-se, pois apesar da possível pequena alteração do pH com a inundação, aumenta-se, nas condições de ambiente redutor, a solubilidade do ferro e manganês, que podem até atingir níveis tóxicos, sílica e fósforo, além dos microelementos como cobalto (útil aos animais), cobre e zinco (PONNAMPERUMA, 1972; VAN BREEMEN, 1982, SPARKS, 1995).

Quadro 26 - Valores de pH e pe dos solos tiomórficos no primeiro dia e após 104 dias de submersão com água.

Am	Solo	Hoz.	Prof.	pH		pe		Delta		C	Fe ₂ O ₃ ¹
				1º dia	104 dias	1º dia	104 dias	pe	pH		
cm											
808	GPt	Ap	0-30	3,3	4,054	4,74	-1,689	-5,743	1,44	47,5	2,0
806		Cg	30-200	3,5	5,743	3,07	0,845	-4,899	-0,43	9,7	
825	GHt	Ap	0-20	2,3	5,068	3,12	0,507	-4,561	0,82	37,8	
827		Cg1	20-40	2,4	5,405	2,75	1,520	-3,885	0,35	42,5	1,5
828		2Cg2	40-60	2,5	5,068	3,09	0,507	-4,561	0,59	10,8	1,4
885	GPt	Cam1	5-2	1,8	5,405	2,65	2,703	-2,703	0,85	0,97	1,9
891		Cam2	2-1	2,1	6,588	2,95	0,845	-5,743	0,85	17,1	
830		Cam3	1-0	1,9	6,757	2,56	1,520	-5,236	0,66	17,1	
831		Ap	0-10	2,2	6,757	2,72	1,014	-5,743	0,52	11,1	2,3
832		ACg	10-20	2,7	5,912	2,81	1,014	-4,899	0,11	0,8	2,1
833		Cg1	20-40	2,6	6,081	2,67	1,351	-4,730	0,07	0,9	0,9
841	GHt	Ap	0-30	1,8	6,081	2,37	1,943	-4,139	0,57	31,9	6,3
842		AC	30-60	2,4	4,476	3,18	0,676	-3,801	0,78	33,5	
843	GHt	Ap	0-5	2,8	4,476	3,32	0,000	-4,476	0,52	27,3	3,5
844		AC	5-30	2,5	5,490	2,96	0,338	-5,152	0,46	21,8	4,9
845		Cg1	30-45	3,0	4,561	3,18	0,338	-4,223	0,18	5,8	2,1
847	GPt	Ap	0-10	2,8	4,730	3,42	-0,253	-4,983	0,62	33,1	2,0
848		AC	10-30	2,8	5,068	3,02	0,253	-4,814	0,22	23,4	1,9
849		Cg	30-70	2,9	5,321	3,05	0,338	-4,983	0,15	12,9	2,6
850	GPt	Ap	0-10	2,9	4,730	5,07	-0,338	-5,068	2,17	28,4	2,0
851		AC	10-40	2,8	5,405	3,23	0,422	-4,983	0,43	21	3,2
852		C1	40-70	3,0	4,730	3,32	0,422	-4,307	0,32	7,8	2,6
887	GPt	Ap	0-22	2,9	4,730	3,95	0,338	-4,392	1,05	1,56	5,9
888		C1	22-41	2,4	5,743	3,07	0,591	-5,152	0,67	1,01	3,0
889		C2	45-87	3,5	5,912	2,98	0,422	-5,490	1,28	0,94	4,1
Média				2,63	5,37	3,17	0,63	-4,75	0,61	17,87	2,81
V. máx.				3,50	6,76	5,07	2,70	-2,70	2,17	47,50	6,30
V. mín.				1,80	4,05	2,37	-1,69	-5,74	-0,43	0,80	0,90
D. Pad.				0,47	0,74	0,61	0,83	0,69	0,51	14,36	1,46
C.V. %				17,78	13,77	19,35	133,26	14,48	84,36	80,36	32,03

1 - Fe₂O₃ do ataque sulfúrico.

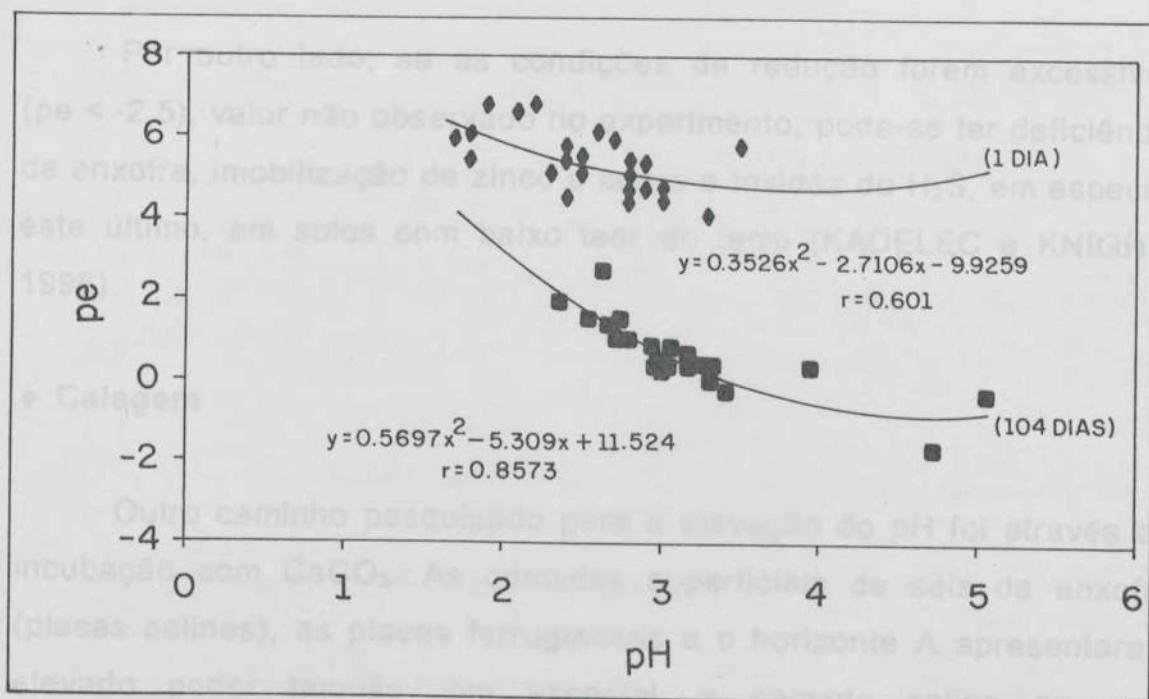


Figura 47 - Relação entre os valores de pH e pe determinados após o primeiro dia e 104 dias dos solos submersos em água, em condição de laboratório.

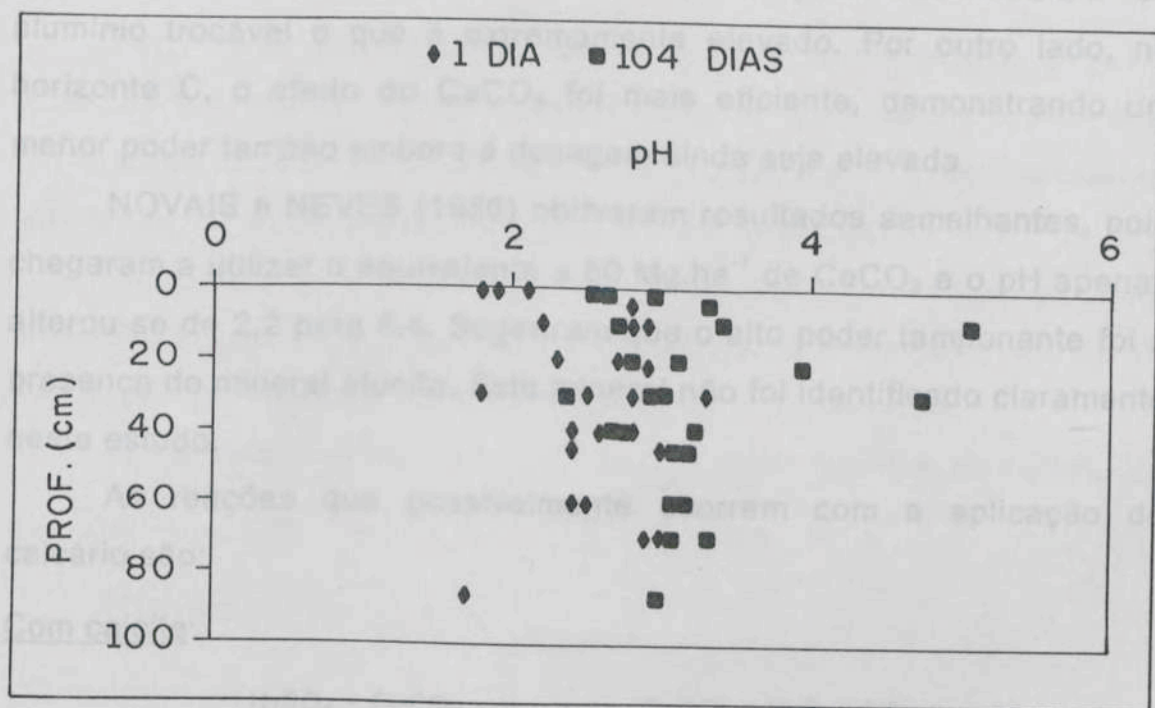


Figura 48 - Valores de pH, das amostras de solos submersos em água, em condições de laboratório, determinados, após o primeiro dia e 104 dias.

Por outro lado, se as condições de redução forem excessivas ($p_e < -2,5$), valor não observado no experimento, pode-se ter deficiência de enxofre, imobilização de zinco e cobre e toxidez do H_2S , em especial este último, em solos com baixo teor de ferro (KADELEC e KNIGHT, 1996).

◆ Calagem

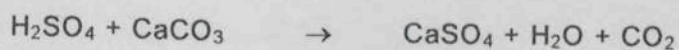
Outro caminho pesquisado para a elevação do pH foi através da incubação com $CaCO_3$. As camadas superficiais de sais de enxofre (placas salinas), as placas ferruginosas e o horizonte A apresentaram elevado poder tampão, em especial, a camada salina na qual praticamente não houve alteração dos valores de pH, apesar da dosagem ser equivalente a $38,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de $CaCO_3$ e o pH atingir o seu máximo a 3,26 (Figura 49). Este fato se deve aos elevados teores de enxofre e alumínio trocável destas camadas.

Nas placas salinas, constatou-se a presença de $625 \text{ cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$ de alumínio trocável o que é extremamente elevado. Por outro lado, no horizonte C, o efeito do $CaCO_3$ foi mais eficiente, demonstrando um menor poder tampão embora a dosagem ainda seja elevada.

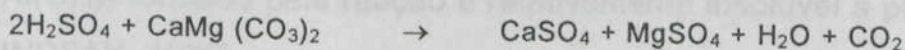
NOVAIS e NEVES (1986) obtiveram resultados semelhantes, pois chegaram a utilizar o equivalente a $60 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de $CaCO_3$ e o pH apenas alterou-se de 2,2 para 4,4. Sugeriram que o alto poder tamponante foi a presença do mineral alunita. Este mineral não foi identificado claramente neste estudo.

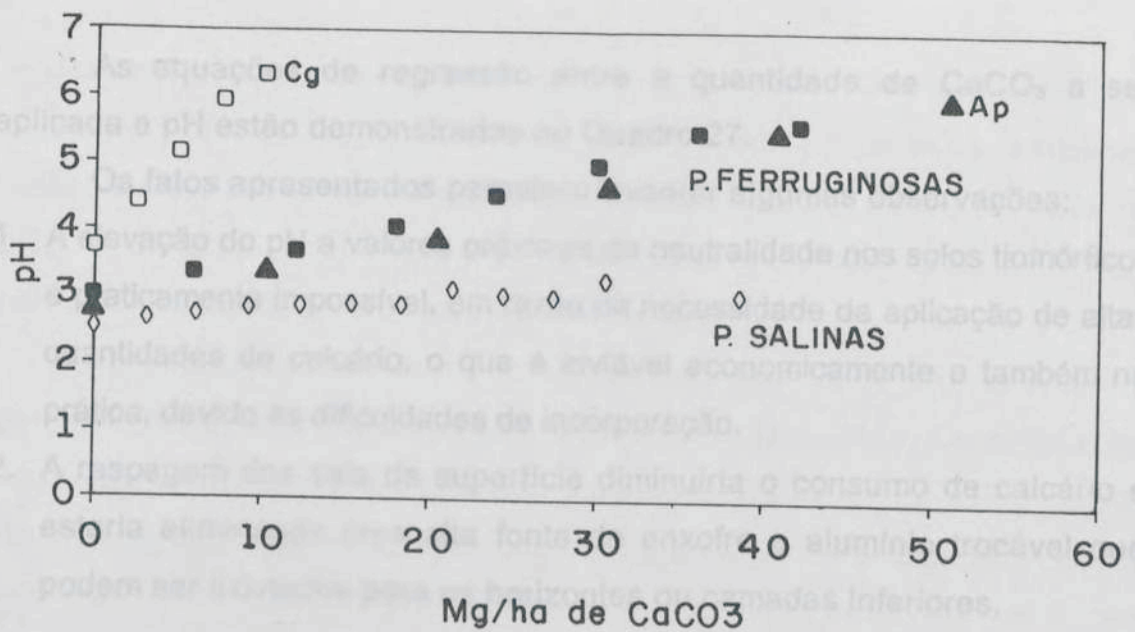
As reações que possivelmente ocorrem com a aplicação do calcário são:

Com calcita:



Com dolomita:





◇ P. SALINAS ■ P. FERRUGINOSAS ▲ Ap(0-8cm) □ Cg(8-50cm)

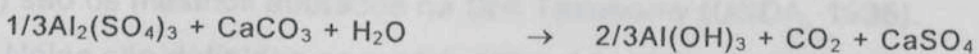
Figura 49 - Variação do pH com a aplicação do CaCO₃ nas diferentes camadas ou horizontes.

Percebe-se que os principais compostos formados são o gesso (CaSO₄) e o sulfato de magnésio. Como eles apresentam solubilidade em água diferenciada no caso de 2.200 mg.L⁻¹ e de 70.000 mg.L⁻¹, respectivamente, permanecerá no solo por mais tempo o sulfato de cálcio.

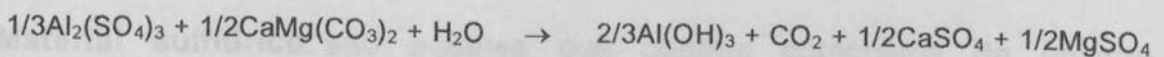
Outro fato que ocorre é a necessidade de neutralizar a acidez proveniente dos metais, no caso particular, o alumínio um produto da dissolução das argilas silicatadas em razão da extrema acidez.

As reações de neutralização que se processam são as seguintes:

Calcita:



Dolomita:



O Al(OH)₃ formado pela reação é relativamente insolúvel a pH acima de 5,0 (LINDSAY, 1979).

As equações de regressão entre a quantidade de CaCO_3 a ser aplicada e pH estão demonstradas no Quadro 27.

Os fatos apresentados permitem levantar algumas observações:

1. A elevação do pH a valores próximos da neutralidade nos solos tiomórficos é praticamente impossível, em razão da necessidade da aplicação de altas quantidades de calcário, o que é inviável economicamente e também na prática, devido às dificuldades de incorporação.
2. A raspagem dos sais de superfície diminuiria o consumo de calcário e estaria eliminando uma alta fonte de enxofre e alumínio trocável que podem ser lixiviados para os horizontes ou camadas inferiores.

Quadro 27 - Equações de regressão entre a quantidade de CaCO_3 ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e os valores de pH

Horizonte	Prof. (cm)	Equação	r
Cam 1	5-1	$\hat{Y} = -25,168x^2 + 197,7x - 343,73$	0,882
Cam 2	1-0	$\hat{Y} = 1,239x^2 + 3,86x - 20,551$	0,996
Ap	0-8	$\hat{Y} = 3,523x^2 - 16,946x + 26,384$	0,965
Cg1	8-30	$\hat{Y} = 1,442x^2 - 11,484x + 24,221$	0,951

4.3.5.4. Critérios classificatórios

Os critérios adotados para identificar os tiomórficos na Classificação Brasileira de Solos (EMBRAPA, 1977b – 4ª aproximação; versão ainda não oficial) são os mesmos adotados na Soil Taxonomy (USDA, 1996).

Nelas são definidos os critérios para identificar materiais sulfídricos e o horizonte sulfúrico como descritos a seguir:

Material sulfídrico: são aqueles que contêm compostos de enxofre oxidáveis e ocorrem em solos de natureza mineral ou orgânica, localizados em áreas encharcadas, com valor de pH maior que 3,5, os quais, se

incubados na forma de camada com 1 cm de espessura, sob condições aeróbicas úmidas (capacidade de campo), em temperatura ambiente, mostram um decréscimo de pH de 0,5 ou mais unidades para um valor de pH 4,0 ou menor (1:1 por peso em água, ou com um mínimo de água para permitir a medição) no intervalo de 8 semanas.

Os materiais sulfídricos acumulam-se em solos ou sedimentos permanentemente saturados, geralmente com água salobra. Os sulfatos na água são biologicamente reduzidos a sulfetos. Os materiais sulfídricos se acumulam, nas áreas costeiras, como os pântanos ou próximo dos deltas dos rios, onde não ocorrem sedimentos calcários. Eles também podem ocorrer em água doce se elas contêm enxofre. Nas terras altas, pode-se ter acúmulo de material sulfídrico, em similar maneira, no passado geológico.

Se um solo que contém materiais sulfídricos é drenado ou se este material sulfídrico é exposto às condições de oxidação, há a formação de ácido sulfúrico. O valor de pH, o qual, nas condições naturais, pode estar próximo da neutralidade, após a drenagem ou exposição do material, o pH pode abaixar para menor do que 3.

O ácido sulfúrico pode induzir a formação de sulfatos de alumínio e ferro. O sulfato de ferro, jarosita, ao segregar-se, forma mosqueados amarelos, cor de palha fresca, o que caracteriza o horizonte sulfúrico.

Amostras de material sulfídrico oxidadas, após dois meses, tornam-se extremamente ácidas e o horizonte sulfúrico é comprovado se o pH for menor do que 3,5.

A transição dos materiais sulfídricos para o horizonte sulfúrico normalmente requer poucos anos e pode ocorrer com poucas semanas. Uma amostra de material sulfídrico oxidada lentamente na sombra por dois meses torna-se extremamente ácida.

Horizonte Sulfúrico: deve ter no mínimo 15 cm de espessura e pode ser composto de material mineral ou orgânico que tenha um valor de pH igual a 3,5 ou menos (1:1 por peso em água, ou com um mínimo de água para permitir a medição), e demonstre evidências que o baixo pH é causado por ácido sulfúrico.

Quadro 28. A comprovação é evidenciada por uma ou mais das seguintes características:

1. Concentração de jarosita, ou
2. Presença de materiais sulfídricos ou;
3. 0,05 % ou mais de sulfato solúvel em água.

Esta definição não especifica a cor da jarosita (que pode ter croma 3 ou maior), nem requer necessariamente a sua presença o que era exigido nas versões anteriores.

A cor nos solos tiomórficos identifica os seus vários estágios no processo de sulfurização. Partindo da cor preta dos materiais sulfídricos em ambiente reduzidos até a cor avermelhada da hematita (ambiente muito oxidado e longo tempo de exposição dos materiais sulfídricos), passando pela cor amarelada da goethita.

A oxidação dos materiais sulfídricos pode produzir uma variedade de materiais sulfatados relativamente solúveis tais como a melanterita, rozenita, copiapita que apresentam diferentes cores, mas que são fases de transição na formação da jarosita. Na continuidade do processo de oxidação, pode ocorrer a ferridrita, lepidocrocita, goethita e hematita (FANNING et al., 1993).

Nos diferentes horizontes descritos (Quadro 28), os horizontes A apresentaram, como matizes Munsell predominantes, os 2,5Y e o N2, o que evidencia possivelmente a influência da matéria orgânica com a sua cor escura. O mesmo aconteceu nos horizontes intermediários como os AC. Por outro lado, nos horizontes C, destacam-se a presença de cores amareladas (10YR) e até a presença de cores avermelhadas (5YR). Nestes horizontes C, o croma foi inferior a 4 e o valor Munsell inferior a 6. A maior evidência da cor amarelada e avermelhada deve-se possivelmente a menor influência da matéria orgânica nestes horizontes.

Houve uma tendência entre as relações do valor Munsell e os teores de ferro total (ataque sulfúrico) e o pH (Figura 50). Ocorreu o inverso com os teores de carbono orgânico (Figura 51). Por outro lado, não houve tendência do croma Munsell com nenhum parâmetro.

Quadro 28 - Características de cor, pH, carbono orgânico e Fe₂O₃ (ataque sulfúrico)

Amostra	Horiz.	Prof.	pH	C	Fe ₂ O ₃	Cor			
						Matiz	Valor	Croma	Descrição
		cm		dag.kg ⁻¹	dag.kg ⁻¹				
PRJ16	O ₂	10-0		21,0	-	N2/			Preto
808	Ap	0-30	3,9	47,5	1,2	2.5Y	2	1	Cinzento
825	Ap	0-20	2,5	37,8	-	2.5Y	3	0	Cinz.muito escuro
831	Ap	0-10	2,2	11,1	2,3	2.5Y	3	0	Cinz.muito escuro
841	Ap	0-30	1,8	31,9	-	N2.5/			Preto
843	Ap	0-5	3,3	27,3	3,5	N2.5/			Preto
847	Ap	0-10	3,1	33,1	2,0	N2.5/			Preto
850	Ap	0-10	3,1	28,4	2,0	N2.5/			Preto
887	Ap	0-22	3,6	15,2	5,9	2.5Y	4	2	Bruno-aciz.-escuro
BT45	A1	0-17	5,0	13,9	2,0	N2/			Preto
PRJ16	A1	0-25	4,4	4,8	5,7	N2/			Preto
4RCC	Ap	0-8	2,6	20,8	10,9	2.5Y	3	0	Cinz.muito escuro
PRJ16	ACg	25-45	4,6	2,1	6,8	N4.5/			Cinzento-escuro
848	AC	11232	2,9	23,4	1,9	N2.5/			Preto
851	AC	14885	3,1	21,0	3,2	N2.5/			Preto
844	AC	11079	3,3	21,8	4,9	N/	3	4	Cinz.muito escuro
842	AC	30-60	3,0	33,5	6,3	5Y	3	1	Cinz.muito escuro
832	ACg	7580	2,8	0,8	2,1	5YR	2,5	1	Preto
809	Cg1	40-60	5,0	0,5	-	10YR	4	4	Bruno-amar.-escuro
827	Cg1	20-40	2,5	42,5	1,5	5YR	2,5	2	Bruno-averm.-escuro
833	Cg1	20-40	2,7	0,9	0,9	7.5YR	4	2	Bruno
845	Cg1	30-45	3,1	5,8	2,1	5Y	4	1	Cinzento-escuro
849	Cg1	30-70	2,9	12,9	2,6	5Y	4	1	Cinzento-escuro
852	Cg1	40-70	3,3	7,8	2,6	2.5Y	3	1	Cinz.muito escuro
888	C1	22-45	3,0	1,0	3,0	N3/			Cinz.muito escuro
828	Cg2	40-60	2,5	10,8	1,4	7.5YR	4	2	Bruno
806	Cg2	200	2,8	9,7	2,0	2.5Y	3	2	Cinz.-oliváceo-bruno
889	C2	45-87	2,3	0,9	4,1	N3/			Cinz.muito escuro
PRJ16	C1g	45-80	4,7	1,4	9,7	10YR	5	1	Cinzento
PRJ16	C2g	80-115	4,1	3,6	11,9	5Y	4	1	Cinzento-escuro
PRJ16	C3g	115-140	4,5	3,5	5,9	5Y	3,5	1	Cinz.muito escuro
4RCC	Cg1	20-46	3,0	0,5	1,1	7.5YR	4	2	Bruno
4RCC	2Cg2	46-62	2,8	0,9	1,0	10YR	4	1	Cinzento-escuro
4RCC	2Cg3	62-102	3,0	1,3	0,4	5YR	4	1	Cinzento-escuro
4RCC	2Cg3	62-102	3,1	3,2	0,5	5YR	4	1	Cinzento-escuro
PES87	IIICg	120-140	2,6	2,0	6,0	N5			Cinzento
PES87	Bg21	17-34	4,9	0,8	2,7	5Y	6	1	Cinzento
PES87	Bg22	34-56	4,7	0,7	6,5	5Y	6	1	Cinzento
PES87	Bg3	56-76	4,3	0,05	2,7	N4/			Cinzento-escuro

PRJ 16 (perfil 16) EMBRAPA, 1979; PES87 (perfil 87) EMBRAPA, 1978.

Figura 50 - Relação entre Valor Munsell e os teores de óxido de ferro extraído pelo ataque sulfúrico e pH.

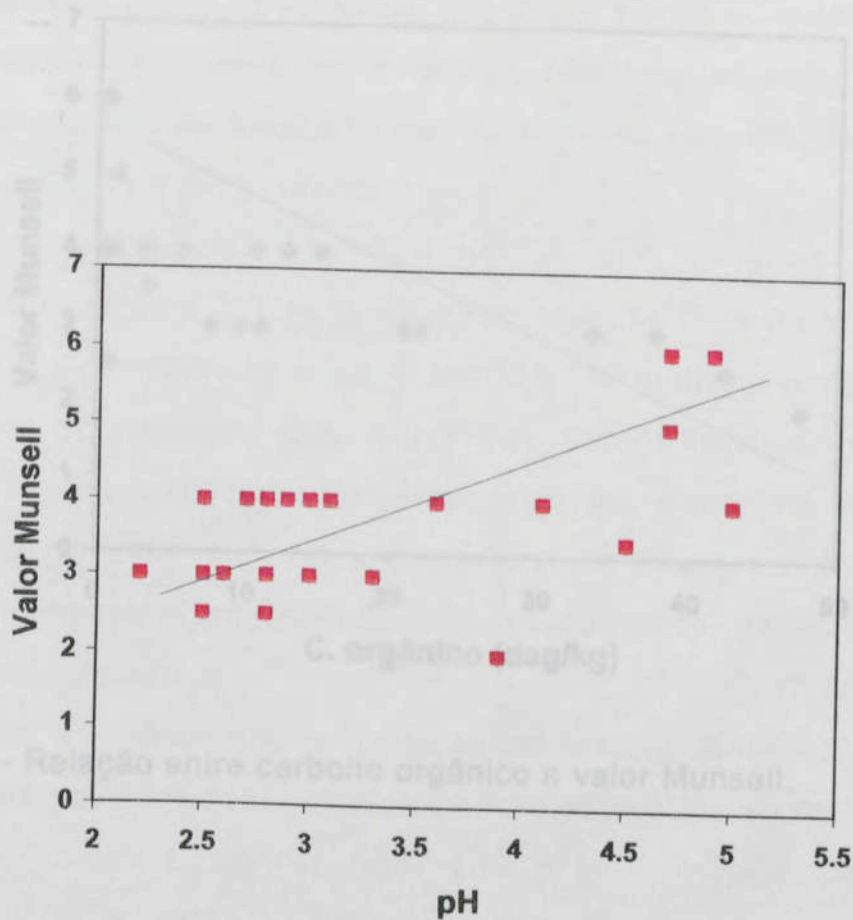


Figura 51 - Relação entre carbono orgânico e valor Munsell.

4.4. Mineralogia

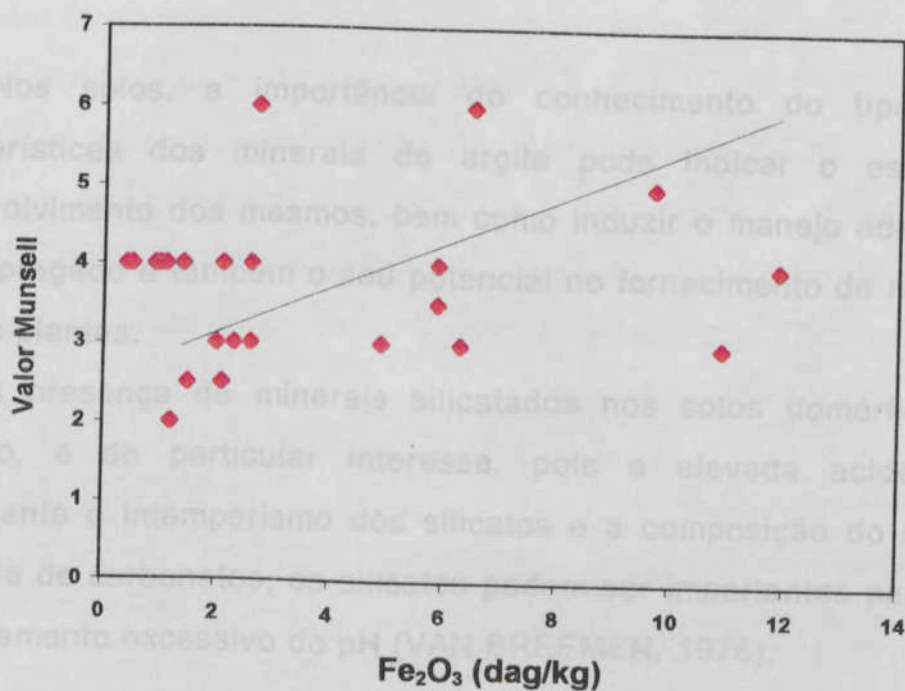


Figura 50 - Relação entre Valor Munsell e os teores de óxido de ferro extraído pelo ataque sulfúrico e pH.

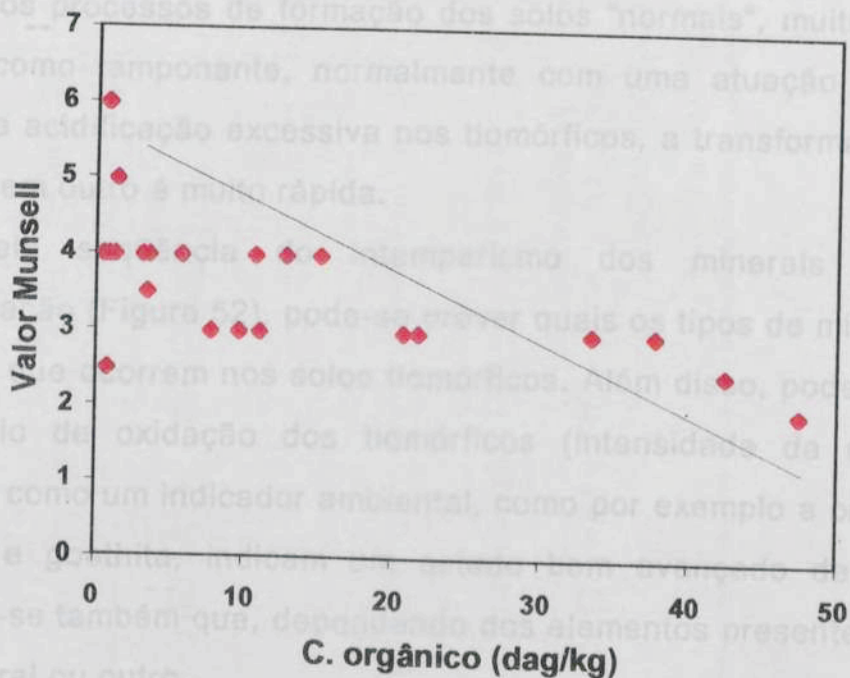


Figura 51 - Relação entre carbono orgânico e valor Munsell.

4.4. Mineralogia

Nos solos, a importância do conhecimento do tipo e das características dos minerais de argila pode indicar o estágio de desenvolvimento dos mesmos, bem como induzir o manejo adequado a ser empregado e também o seu potencial no fornecimento de nutrientes para as plantas.

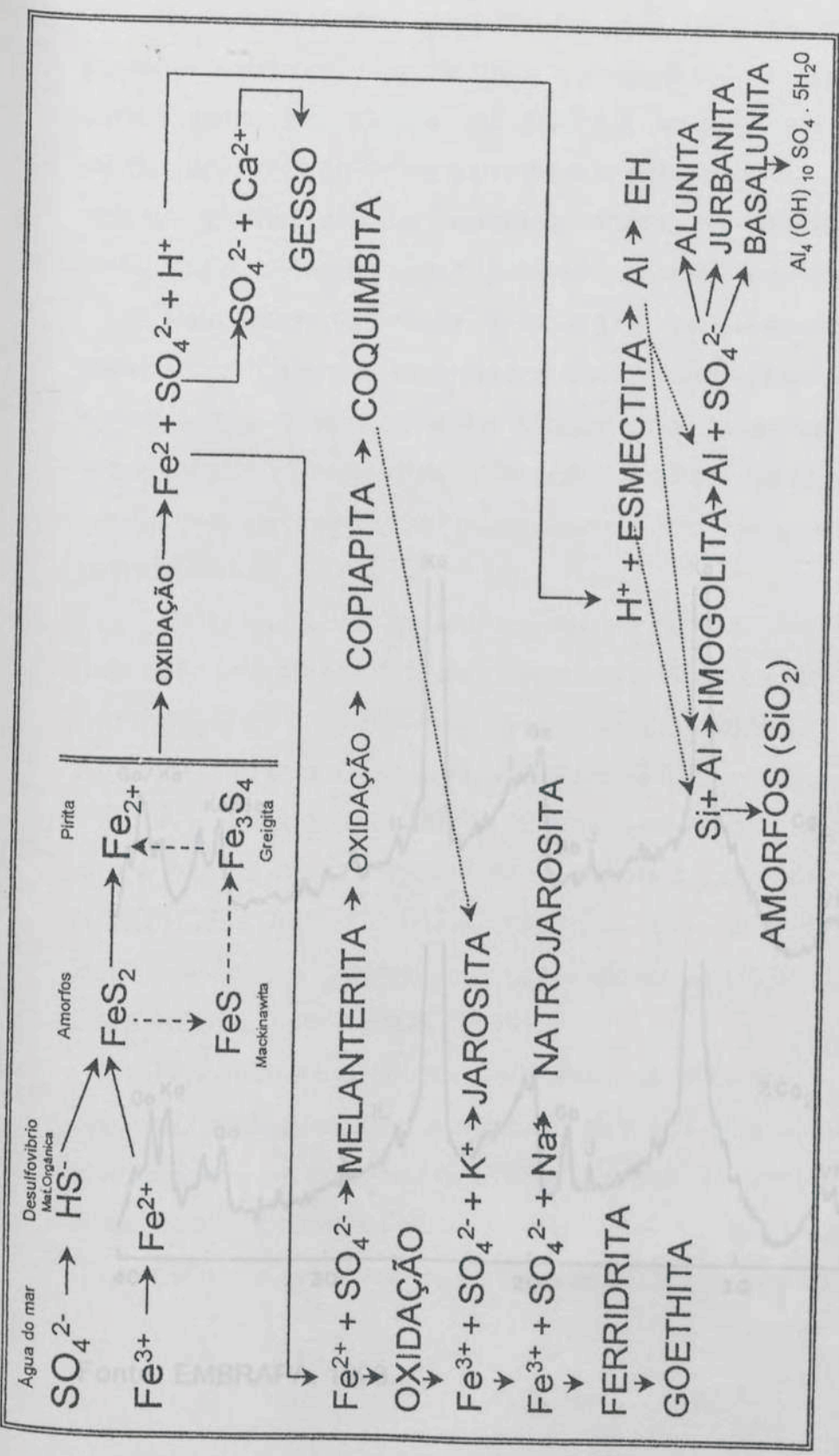
A presença de minerais silicatados nos solos tiomórficos, por exemplo, é de particular interesse, pois a elevada acidez afeta diretamente o intemperismo dos silicatos e a composição do solo. Na ausência de carbonatos, os silicatos podem ser importantes para evitar o abaixamento excessivo do pH (VAN BREEMEN, 1976).

Nos processos de formação dos solos "normais", muitos minerais atuam como tamponante, normalmente com uma atuação lenta, mas devido a acidificação excessiva nos tiomórficos, a transformação de um mineral em outro é muito rápida.

Pela seqüência do intemperismo dos minerais e a sua neoformação (Figura 52), pode-se prever quais os tipos de minerais e as reações que ocorrem nos solos tiomórficos. Além disso, pode-se avaliar o estágio de oxidação dos tiomórficos (intensidade da drenagem), atuando como um indicador ambiental, como por exemplo a presença de jarosita e goethita, indicam um estado bem avançado de oxidação. Percebe-se também que, dependendo dos elementos presentes, ter-se-á um mineral ou outro.

Pode-se prever que a formação da alunita, $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$, só acontecerá em solos com ausência ou baixíssimos teores de ferro. Caso contrário, ter-se-á, preferencialmente, a formação da jarosita (RODRIGUES e LOPES, 1984). A natrojarosita só é formada na presença abundante de sódio (ÖBORN e BERGGREN, 1995). É difícil encontrá-la no solo, pois sua solubilidade chega a ser 8.000 vezes mais que a jarosita (KASKHAY et al., 1975).

Nos solos tiomórficos foram identificados, na fração argila, a presença da vermiculita com ilhas de hidróxido de alumínio, caulinita, gibbsita, goethita, ilita e jarosita (Figura 53). A difração de raios X da alunita, proveniente de mineral padrão adquirido, é apresentada na Figura 54.

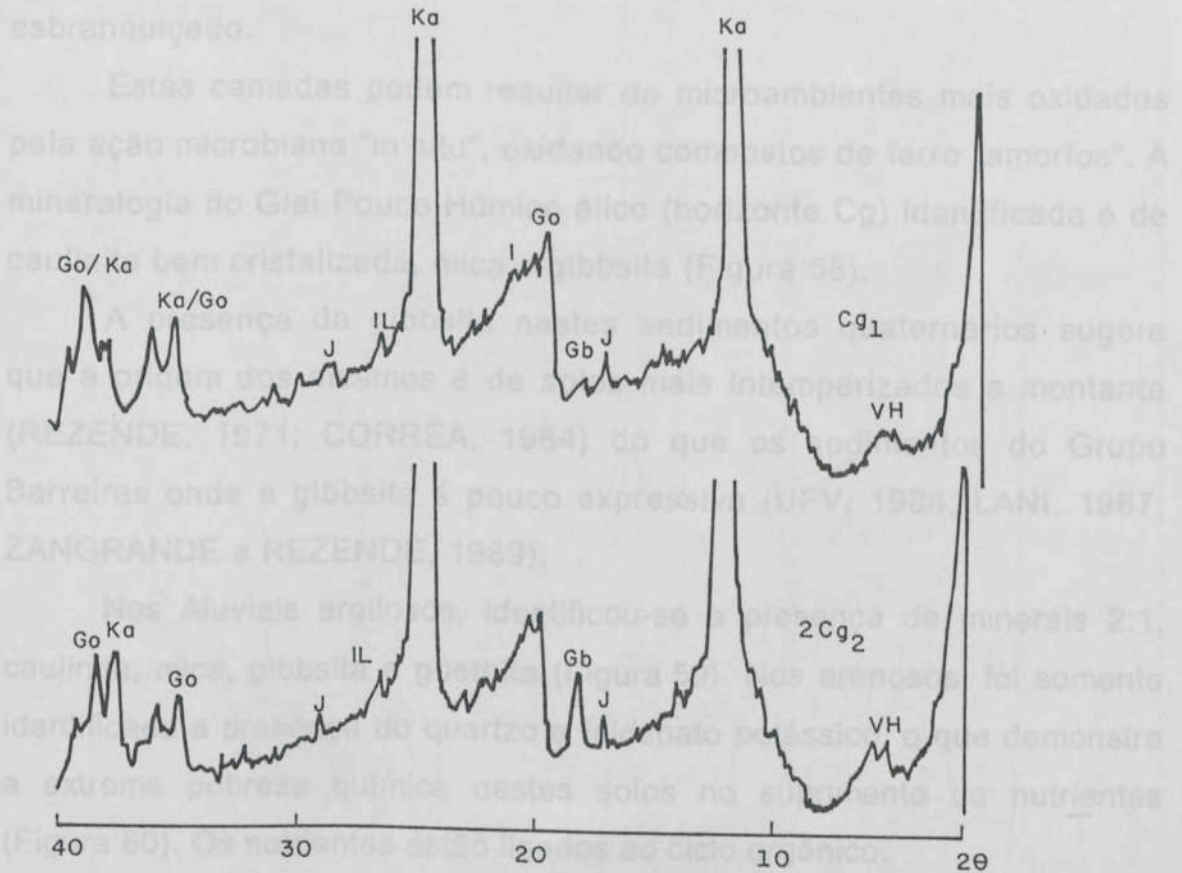


Fonte: Adaptado de DONNER e WARREN, 1977 e KÄMPF et al., 1996.

Figura 52 - Sequência de intemperização e neoformação dos minerais nos solos Tiomórficos. EH - esmectita com ilhas de hidróxido de alumínio.

Na porção mais oxidada do solo (amarelada) foi identificada somente a presença da caulinita e jarosita pelo raios X. A jarosita das partes mais amareladas foi também microfotografada, através do microscópio eletrônico de varredura (Figura 55). Na análise pontual do próprio microscópio de varredura, foram identificados os elementos ferro, sódio, alumínio, silício, potássio, cálcio e oxigênio (Figura 56).

Pela micromorfologia (Figura 57), percebeu-se o acúmulo de materiais ferruginosos amarelados identificados como jarosita pelo raios X, em câmaras sem conexão aparente com a porosidade. A matriz é argilo-siltosa com clara estratificação. Ocorrem áreas de coloração mais variegadas, apresentando mosqueados, em meio ao plasma pálido, esbranquiçado.



Fonte: EMBRAPA, 1993.

Figura 53 - Difractogramas de raios X da fração silte + argila do Gleic Pouco Húmico tiomórfico. VH – vermiculita com hidróxido de alumínio; Ka – caulinita; J – jarosita; Go – goethita; Gb – gibbsita; IL – ilita.

Na porção mais oxidada do solo (amarelada) foi identificada somente a presença da caulinita e jarosita pelo raios X. A jarosita das partes mais amareladas foi também microfotografada, através do microscópio eletrônico de varredura (Figura 55). Na análise pontual do próprio microscópio de varredura, foram identificados os elementos ferro, sódio, alumínio, silício, potássio, carbono e oxigênio (Figura 56).

Pela micromorfologia (Figura 57), percebeu-se o acúmulo de materiais ferruginosos amarelados identificados como jarosita pelo raios X, em câmaras sem conexão aparente com a porosidade. A matriz é argilo-siltosa com clara estratificação. Ocorrem áreas de coloração mais variegadas, apresentando mosqueados, em meio ao plasma pálido, esbranquiçado.

Estas camadas podem resultar de microambientes mais oxidados pela ação microbiana "in situ", oxidando compostos de ferro "amorfo". A mineralogia do Glei Pouco Húmico álico (horizonte Cg) identificada é de caulinita bem cristalizada, mica e gibbsita (Figura 58).

A presença da gibbsita nestes sedimentos quaternários sugere que a origem dos mesmos é de solos mais intemperizados a montante (REZENDE, 1971; CORRÊA, 1984) do que os sedimentos do Grupo Barreiras onde a gibbsita é pouco expressiva (UFV, 1984; LANI, 1987; ZANGRANDE e REZENDE, 1989).

Nos Aluviais argilosos, identificou-se a presença de minerais 2:1, caulinita, mica, gibbsita e goethita (Figura 59). Nos arenosos, foi somente identificada a presença do quartzo e feldspato potássico, o que demonstra a extrema pobreza química destes solos no suprimento de nutrientes (Figura 60). Os nutrientes estão ligados ao ciclo orgânico.

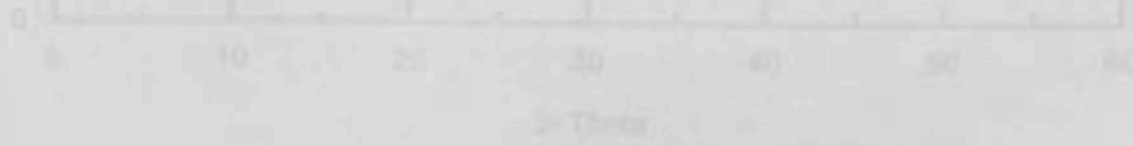


Figura 54 - Difratograma de raios X da caulinita proveniente de mineral padrão esquerdo.

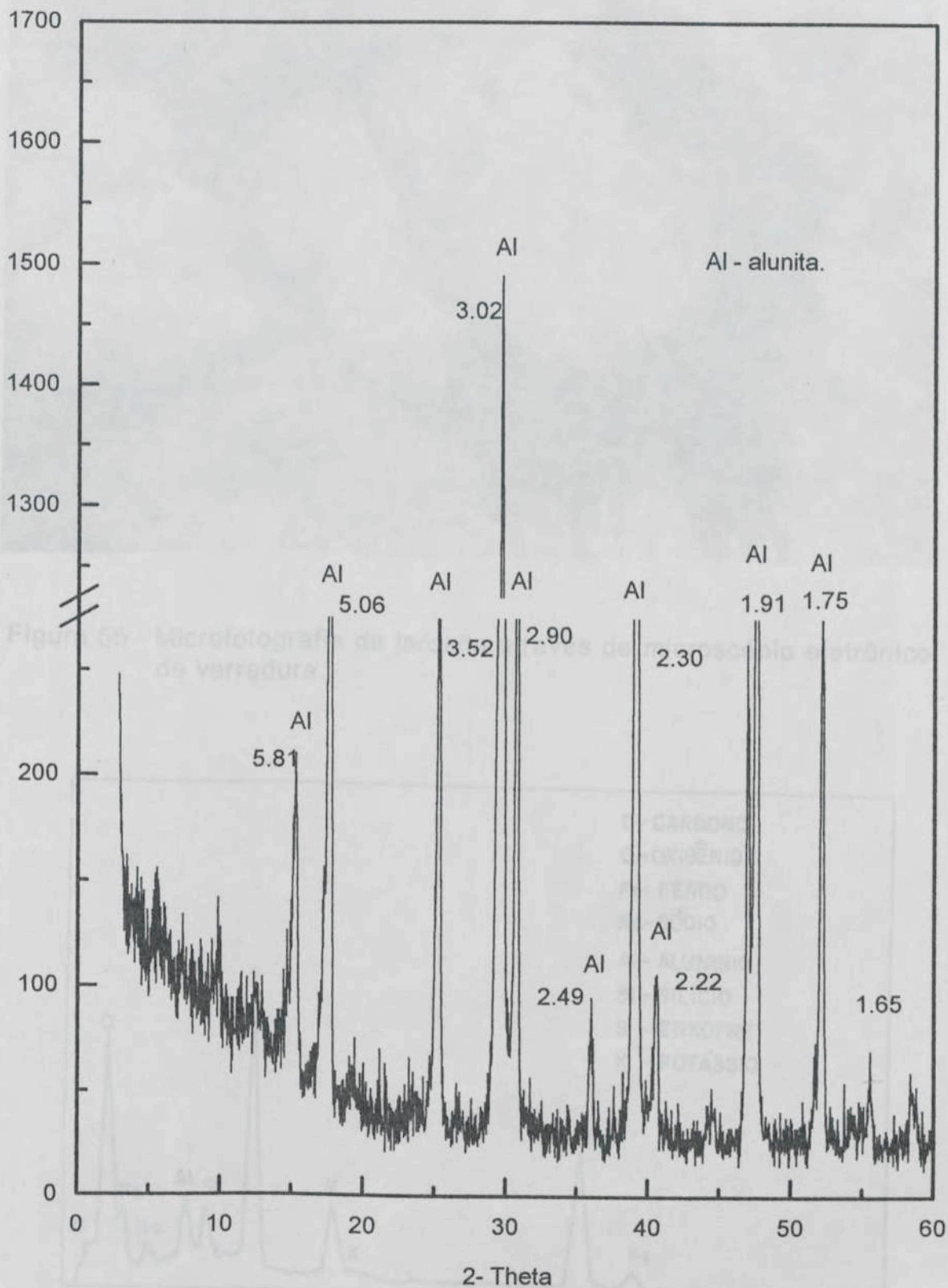


Figura 54 - Difratoograma de raios X da alunita proveniente de mineral padrão adquirido.

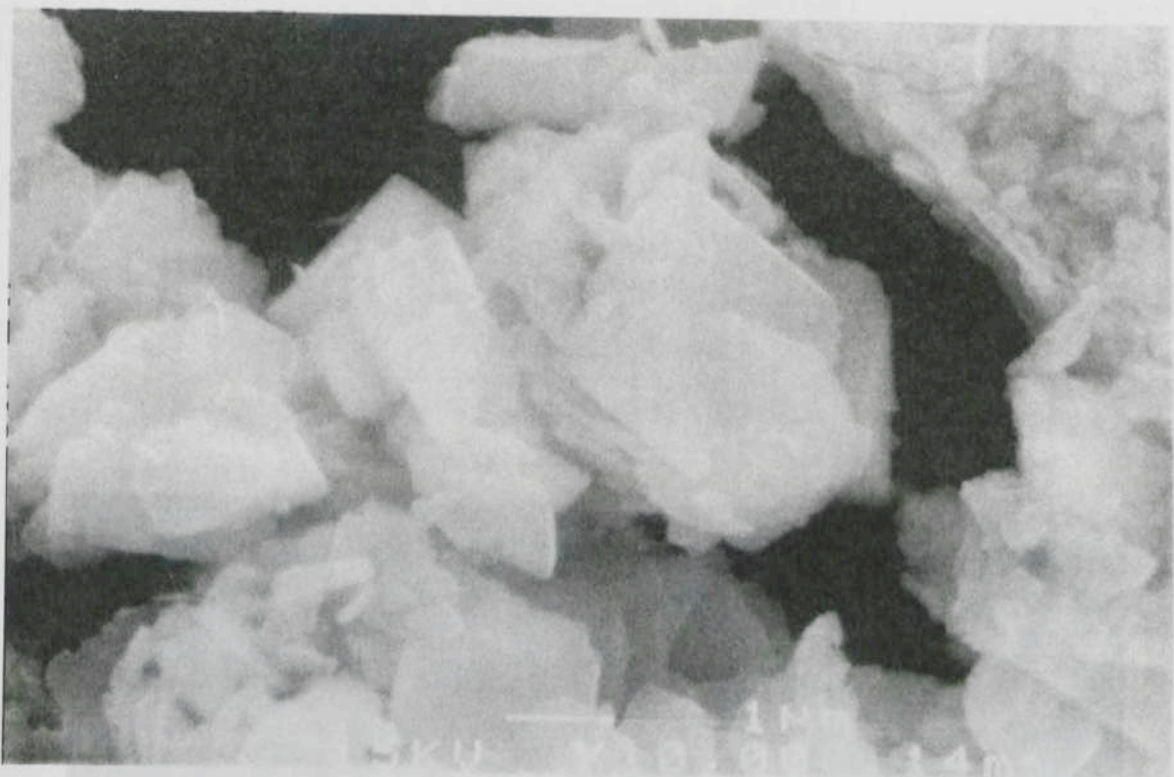


Figura 55 - Microfotografia da jarosita através de microscópio eletrônico de varredura.

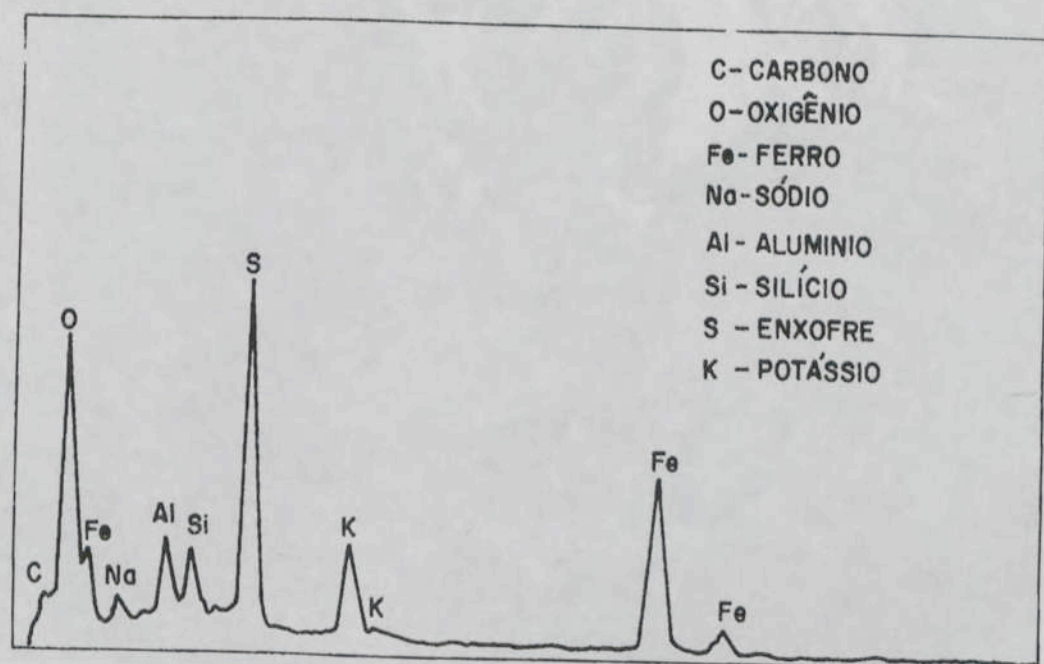


Figura 56 - Elementos identificados na parte amarelada ('jarosita') do Glei Pouco Húmico tiomórfico através da análise pelo microscópio eletrônico de varredura.



Figura 57 - Micromorfologia da porção das partes amareladas ("jarosita") do Gleis Pouco Húmico tiomórfico (horizonte C).

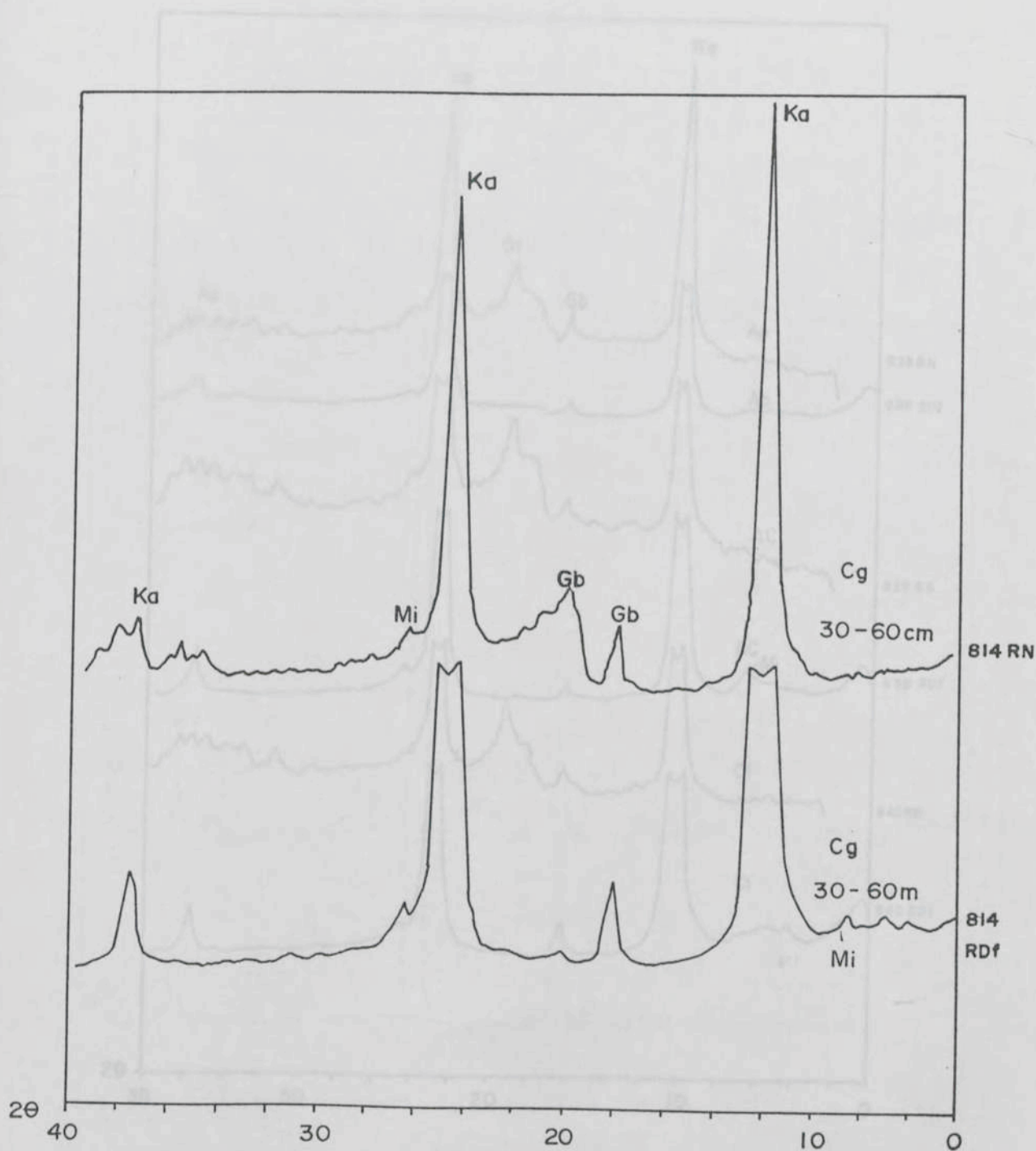


Figura 58 - Difratoograma de raios X da fração silte + argila do horizonte Cg do solo Gleis Pouco Húmico álico. Mi - mica; Ka - caulinita; Gb - gibbsita; RN - argila natural e RDf - argila desferrificada.

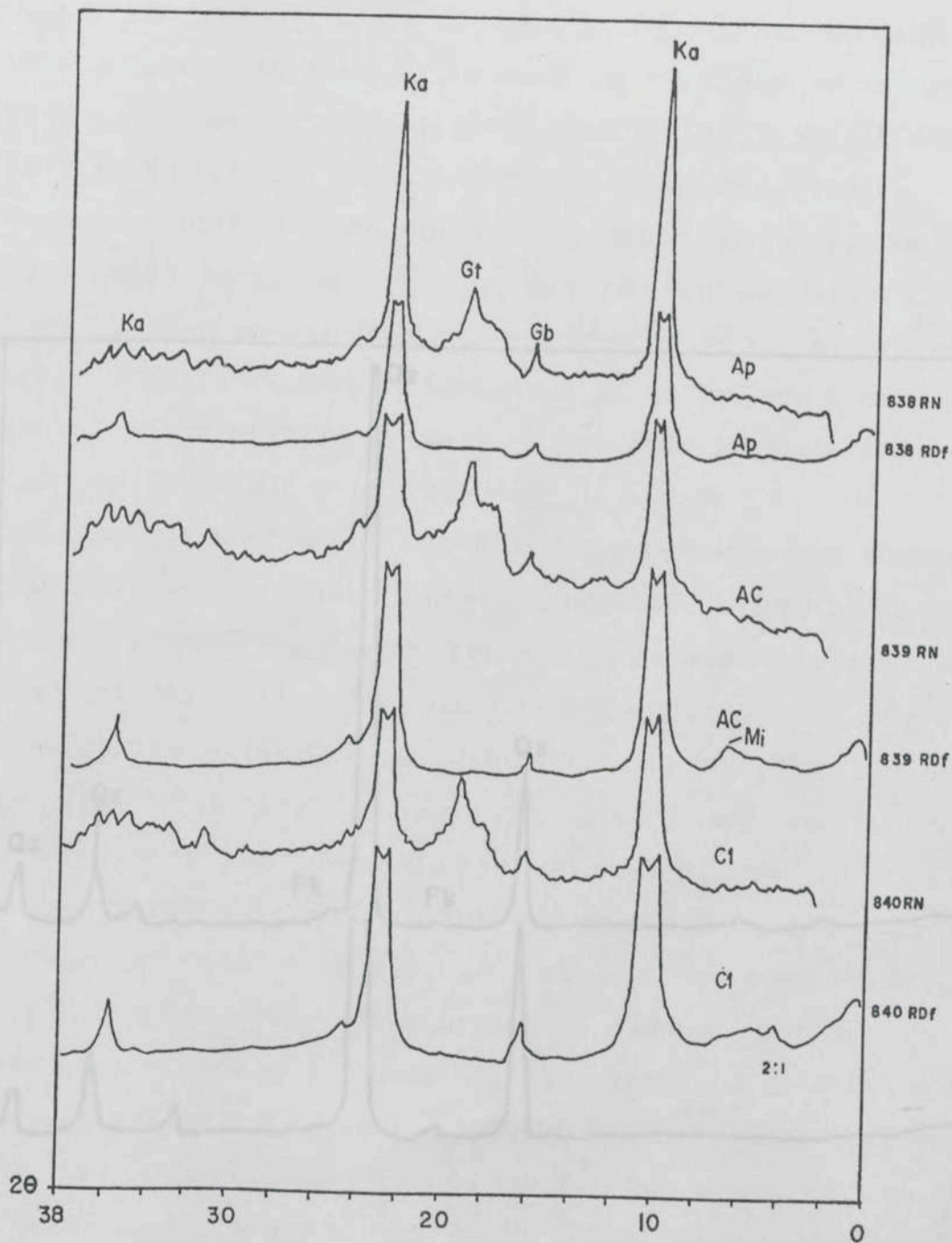


Figura 59 - Difratoqramas de raios X do solo Aluvial eutr6fico argiloso (Estação Experimental da Emcapa). Ka - caulinita; Gb - gibbsita; Mi - mica, RN - argila natural e RDf - argila desferrificada.

4.5. Opálas biogênicas

Na tentativa de descobrir novas ferramentas que facilitem a identificação dos sedimentos, as lacustres ou marinhas, bem como se os mesmos foram sujeitos a fortes transportes, procurou-se identificar, em algumas amostras de solo, a presença de espículas de esponjas, também conhecidas como "pó-de-nico" (SMITHSON, 1959; STONE et al., 1970; COSTA et al., 1992; SCHWANDES e COLLINS, 1994).

As espículas são corpos pontiagudos, como pequeníssimas agulhas, sendo parte das esponjas, que são animais aquáticos de ambiente marinho ou lacustre, multicelulares. É um dos animais mais primitivos. Elas concentram e precipitam silício na forma de sílica hidratada (opálas) ou cálcio na forma de carbonato de cálcio, formando as espículas (GARRONE et al., 1981).

Na camada superficial do perfil do solo, constatou-se a presença de espículas tanto de origem lacustre, como marinha (Figura 61), além de fitólitos e diatomáceas (Quadro 29). Nos horizontes subsuperficiais desta camada (Ap e ACg), identificou-se somente espículas lacustres além de fitólitos e diatomáceas (Figura 62). No horizonte Cg1 (20-40 cm), não foi identificada. Espiraram-se espículas tanto lacustres como marinhas em todos os horizontes devido a possível presença de sedimentos lacustres e marinhos.

Pelas observações, é possível inferir por duas hipóteses. Como o solo é homórfico, certamente sofreu a influência do mar como fonte de espóreas, logo as espículas são quase bem como indicadores de origem lacustre e marinha. Porém, a hipótese de origem lacustre é a mais correta, pois conforme observação de um morador, a área do local de amostragem era um antigo rio, isto sendo verdadeiro, a formação do solo homórfico está relacionada com a influência do rio, na formação do solo. Esta hipótese é a mais correta, pois a influência do rio é mais forte do que a do mar. A influência do mar é mais fraca e atua na superfície que decresce com a profundidade (Quadro 29).

Figura 60 - Difratoogramas de raios X do solo Aluvial distrófico arenoso. Qz - quartzo e Fk - feldspato potássico.

4.5. Opalas biogênicas

Na tentativa de descobrir novas ferramentas que facilitem a identificação dos sedimentos, se lacustres ou marinhos, bem como se os mesmos foram sujeitos a longos transportes, procurou-se identificar, em algumas amostras de solo, a presença de espículas de esponjas, também conhecidas como "pó-de-mico" (SMITHSON, 1959; STONE et al., 1970; COSTA et al., 1992; SCHWANDES e COLLINS, 1994).

As espículas são corpos pontiagudos como pequeníssimas agulhas, sendo parte das esponjas, que são animais aquáticos de ambiente marinhos ou lacustres, multicelulares. É um dos animais mais primitivos. Elas concentram e precipitam silício na forma de sílica hidratada (opalas) ou cálcio na forma de carbonato de cálcio, formando as espículas (GARRONE et al., 1981).

Na camada superficial do perfil do solo, constatou-se a presença de espículas tanto de origem lacustre, como marinha (Figura 61), além de fitólitos e diatomáceas (Quadro 29). Nos horizontes subsuperficiais a esta camada (Ap e ACg), identificou-se somente espículas lacustres além de fitólitos e diatomáceas (Figura 62). No horizonte Cg1 (20-40 cm), nada foi identificado. Esperavam-se espículas tanto lacustres como marinhas em todos os horizontes, devido a possível presença de sedimentos lacustres e da influência do mar. Qual a causa desse fato?

Pelas observações, é possível enveredar por duas hipóteses: Como o solo é tiomórfico, certamente sofreu a influência do mar como fonte de enxofre, logo as espículas não atuam bem como indicadores de origem dos sedimentos. A outra hipótese é que a observação está correta, pois conforme informação de um morador, a área do local de amostragem era um antigo rio. Isto sendo verdadeiro, o tiomórfico está sendo formado de cima para baixo e, isto, na atualidade. Esta hipótese é reforçada pelos elevados teores de enxofre e valores da condutividade elétrica na superfície que decrescem com a profundidade (Quadro 29). Neste caso as espículas estão identificando perfeitamente a origem dos sedimentos.

Quadro 29 - Biogênicos identificados no Glei Húmico tiomórfico (Fazenda AGRIL)

Horz.	Prof.	pH	S	CE.	Espículas		Observações
					Lacustre	Marinha	
	cm		dag.kg ⁻¹	dS.m ⁻¹			
Cam1	1-0	2,1	4,95	4,7	X	X	Fitólitos e diatomáceas
Ap	0-10	2,2	0,79	3,7	X	-	Diatomáceas
ACg	10-20	2,8	0,62	1,6	X	-	Espículas inteiras com canal axial largo
Cg1	20-40	2,7	0,33	1,3	-	-	Não observado

S – enxofre; CE – condutividade eléctrica.

A presença de espículas inteiras (horizonte ACg) caracteriza que os sedimentos sofreram pouco transporte (SMITHSON, 1959; JONES e BEAVERS, 1963; HARTS e FULLER, 1974). Outro fato importante é que, neste mesmo horizonte, observaram-se as espículas com o canal axial aberto. Isto demonstra que houve a dissolução da sílica, o que ocorre a pH mais elevado do que o encontrado na atualidade. Para que tal fato tenha acontecido, haveria a necessidade da presença de carbonatos de cálcio ou hidróxido de sódio. A presença destes compostos é inviável ao pH atual (2.8). Conclui-se, então, que este horizonte teve, no passado pH mais elevado e que pelo menos os horizontes Ap e ACg são de origem fluvial. A ausência de espículas no horizonte Cg1 está de acordo com informações obtidas por SCHWANDES e COLLINS (1984) nos solos da Flórida em que encontrou maior número de espículas somente nos horizontes superficiais.

Figura 81 - Espículas de esponjas de ambiente marinho. Somente estas têm pelo menos uma de suas extremidades na forma de cotonete (foto de microscópio eletrônico de varredura).

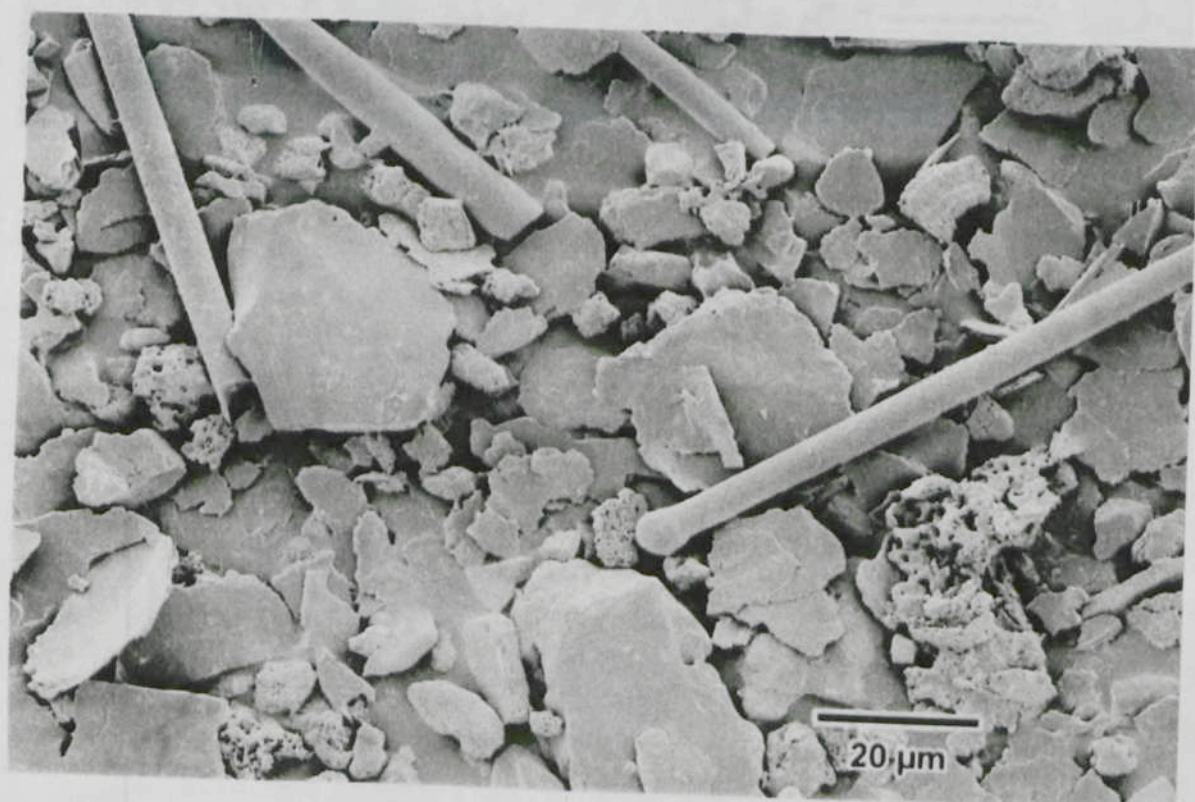


Figura 61 - Espículas de esponjas de ambiente marinho. Somente estas tem pelo menos uma de suas extremidades na forma de cotonete (foto de microscópio eletrônico de varredura).

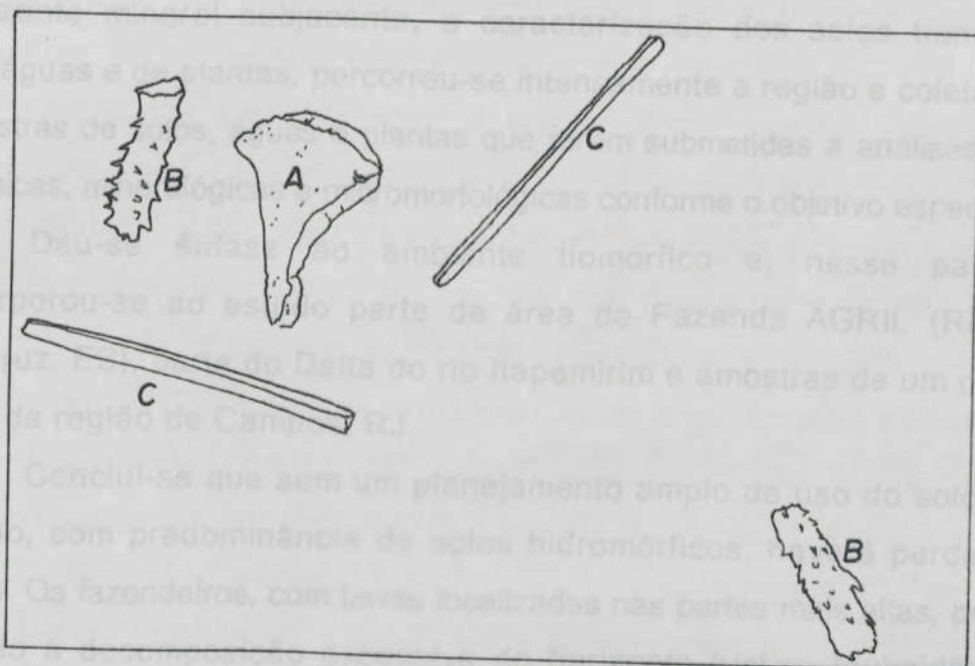
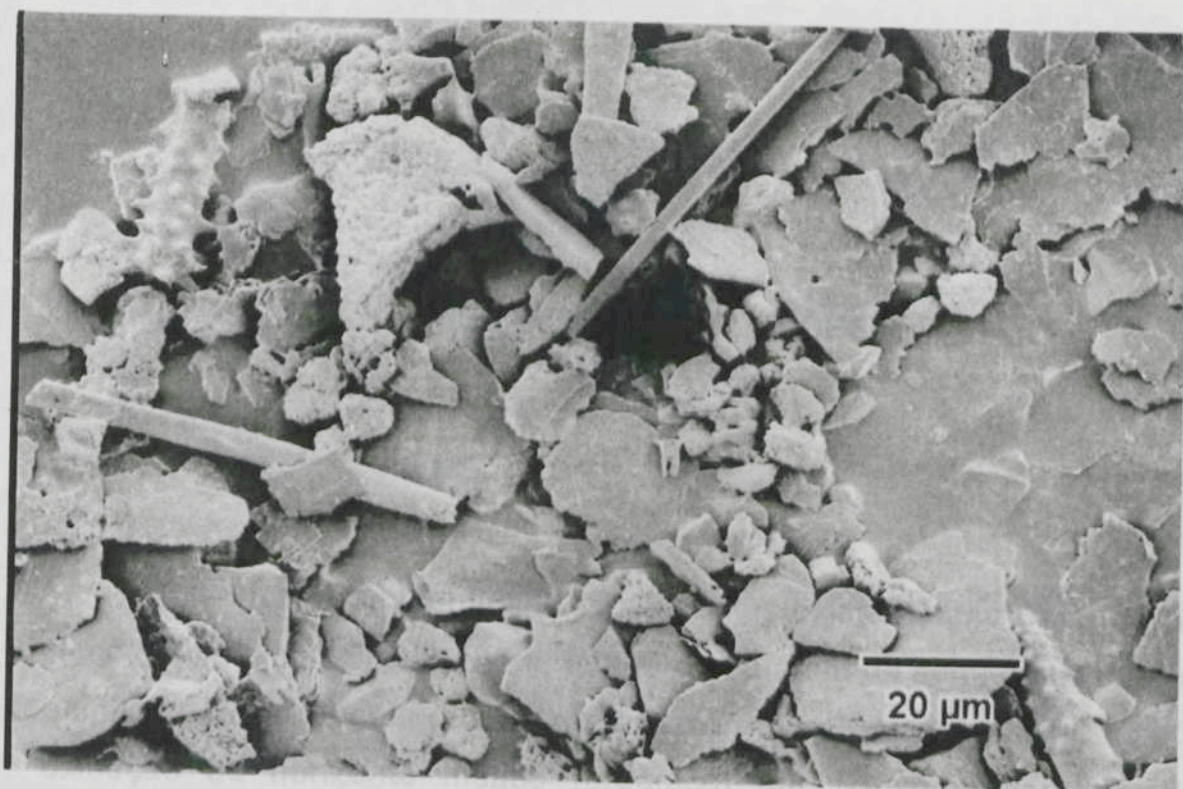


Figura 62 - Biogênicos identificados (foto de microscópio eletrônico de varredura). A: fitólitos de gramíneas; B e C: espículas de esponjas de ambiente lacustre.

A área de solos tiomórficos é bem maior que a mapeada pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos, e pelo Projeto RADAMBRASIL. Com a drenagem destes o pH decresce a valores extremamente baixos, chegando a 1,8. Somente com essas aplicações de CaCO_3 , equivalente a $50 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, eleva-se o pH a valores próximos de 6,0.

A reinundação por 104 dias, em condições de laboratório, não foi suficiente para elevar o pH a valores próximos da neutralidade.

A planta, denominada vulgarmente de "cabeludinho" ou "beijo-de-água", não identificada botanicamente, e a quaresmeira-mina (*Tibouchina* sp) são as que mais resistem a este ambiente inóspito de altos teores de ferro, manganês, alumínio e pH extremamente baixo. O "cabeludinho" apresentou altos teores de alumínio, ferro e sódio quer no sistema radicular quer no tecido foliar.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Na tentativa de identificar os ambientes existentes no Delta do rio Doce, como eles se relacionam, qual é o uso atual do solo, quais são os ambientes mais frágeis quanto a este uso; nos solos Orgânicos, com a oxidação do horizonte hístico (orgânico) qual o comportamento do horizonte mineral subjacente, a caracterização dos solos tiomórficos, das águas e de plantas, percorreu-se intensamente a região e coletaram-se amostras de solos, águas e plantas que foram submetidas a análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas conforme o objetivo específico.

Deu-se ênfase ao ambiente tiomórfico e, nesse particular, incorporou-se ao estudo parte da área da Fazenda AGRIL (Riacho – Aracruz, ES), parte do Delta do rio Itapemirim e amostras de um perfil de solo da região de Campos, RJ.

Conclui-se que sem um planejamento amplo de uso do solo dessa região, com predominância de solos hidromórficos, haverá perdas para todos. Os fazendeiros, com terras localizadas nas partes mais altas, perderão devido a decomposição excessiva do horizonte hístico (subsidência) e com isso maior incidência de pragas, principalmente o mofofô (*Euetheola humilis* Burm). Os criadores das partes baixas perdem, com a drenagem excessiva, pelo aparecimento em alguns casos dos solos tiomórficos.

A área de solos tiomórficos é bem maior que a mapeada pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos, e pelo Projeto RADAMBRASIL. Com a drenagem destes o pH decresce a valores extremamente baixos, chegando a 1,8. Somente com altas aplicações de CaCO_3 , equivalente a $50 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, eleva-se o pH a valores próximos de 6,0.

A reinundação por 104 dias, em condições de laboratório, não foi suficiente para elevar o pH a valores próximos da neutralidade.

A planta, denominada vulgarmente de “cabeludinho” ou “beicho-de-égua”, não identificada botanicamente, e a quaresmeira mirim (*Tibouchina* sp) são as que mais resistem a este ambiente inóspito de altos teores de ferro, manganês, alumínio e pH extremamente baixo. O “cabeludinho” apresentou altos teores de alumínio, ferro e sódio quer no sistema radicular, quer na parte aérea. Os maiores teores de alumínio e ferro foram encontrados no sistema radicular.

Os solos Orgânicos, com horizonte subsuperficial arenoso, estão sendo submetidos a intensa lixiviação de nutrientes. Por outro lado, os de horizonte subsuperficial argiloso retêm os nutrientes com maior eficiência. Estes, na sua grande maioria, são eutróficos.

As águas transparentes e adstringentes podem identificar os ambientes tiomórficos. Foram identificadas lagoas, próximas a estação das Petrobrás, cujas águas apresentaram salinidade e teores de enxofre comparativamente maiores do que os das águas do mar. Isto levou a assunção de serem águas de resíduos industriais, o que leva ao risco de contaminação das águas da região e, em especial, do lençol freático.

Caramujos (*Australorbis* sp.) são abundantes nas águas eutróficas e estes podem servir de critérios para identificá-las. Os maiores teores de cálcio devem facilitar a formação da sua carapaça e são um perigo potencial ao desenvolvimento da esquistossomose.

Recomenda-se mapear com urgência os solos tiomórficos e destiná-los a área de preservação ambiental (Classe 6 do Sistema de Aptidão Agrícola das Terras).

BACCOCOLI, G. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros: uma tentativa de classificação. *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1/2, p.5-38, 1971.

BENOIT, R.J. Geochemistry of eutrophication. In: ROHICH, G.A. (Ed.). *Eutrophication: causes, consequences, correlates*. 3.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1971. p.614-630.

BRINKMAN, R. Social and economic aspects of the reclamation of Acid Sulphate Soil areas. In: DOST, H., VAN BREEMEN, N. (Eds.). *Acid sulphate soils*. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1972. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRINKMAN, R., POISS, L.J. Recognition and prediction of acid sulphate soils conditions. In: DOST, H. (Ed.). *Acid sulphate soils*. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1973. p.169-203.

ABRAHÃO, W.A.P. **Gênese de camadas adensadas em solos de tabuleiros costeiros no Sul da Bahia**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 114p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

ALVAREZ V., V.H. **Análise química do solo**. Viçosa, MG: UFV, 1985. 77p. (Mimeografado)

AMADO, M. **Viagem ao Espírito Santo e rio Doce**. Belo Horizonte: Tatiaia, 1974. 121p.

ANDRADE, G.O. Os climas. In: AZEVEDO, A. (Ed). **Brasil: a terra e o homem**. São Paulo: Nacional, 1964. p.397- 457.

ATTANANDANA, T., VACHAROTAYAN, S., KYUMA, K. Chemical characteristics and fertility status of acid sulphate soils of Thailand. In: DOST, H., VAN BREEMEN, N. (Eds.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1982. p.137-156.

AYERES, R.S., WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1976. 97p. (Irrigation and Drainage, Paper, 29)

- BACOCOLI, G. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros: uma tentativa de classificação. **Boletim Técnico da PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v.14, n.1/2, p.5-38, 1971.
- BENOIT, R.J. Geochemistry of eutrophication. In: ROHICH, G.A. (Ed.). **Eutrophication: causes, consequences, corretives**. 3.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1971. p.614-630.
- BRINKMAN, R. Social and economic aspects of the reclamation of Acid Sulfate Soil areas. In: DOST, H., VAN BREEMEN, N. (Eds.). **Acid sulphate soils**. Wazeninzen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1982. p.21-36.
- BRINKMAN, R., PONS, L.J. Recognition and prediction of acid sulphate soils conditions. In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1973. p.169-203.
- CARSON, C.D., FANNING, D.S., DIXON, J.B. Alfisols and ultisols with acid sulfate wathering features in Texas. In: KITTRICK et al. (Eds.). **Acid sulfate weathering**. Madison: Soil Science Society of America, 1982. p.127-146. (Publicação especial, 10)
- CHAKRABARTI, A. Polymodal composition of beach sands from the east coast of India. **Journal Sediment Petroleum**, Washington, D.C., v.47, p.634-641, 1977.
- CORRÊA, G.F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do planalto de Viçosa**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- COSTA, C., RESENDE, M. **Guiné-Bissau: o ambiente agrícola, o homem e o uso da terra**. Porto, Portugal: Clássica, 1994. 290p.
- COSTA, L.V., KELLER, W.D., JOHNS, W.D. Espículas de esponjas em solos de João Pinheiro, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.39 n.226, p.597-603, 1992.

- COUTO, E.G. **Caracterização, gênese e uso de solos utilizados pelos pequenos agricultores do alto vale do rio Arrojado, Bahia.** Viçosa, M.G.: UFV, 1984. 119p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- CURI, N., FRANZMEIER, D.P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some Oxisols in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.153-158, 1987.
- DAVIS, S.N., DeWIEEST, R.J.M. **Hidrology.** New York: Wiley, 1966. 463p.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo.** Viçosa, MG: UFV, 1981. 17p. (Boletim de extensão, 29)
- DENT, D. **Acid sulphate soils:** a baseline for research and development. Wageningen: Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, 1986. 203p. (Public, 39)
- DIAS, G.F. **Educação ambiental:** princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1992. 399p.
- DONNER, H.E., WARREN, C.L. Carbonate, halide, sulfate and sulfide minerals. In: DIXON, J.B. (Ed.). **Minerals in soil environments.** Madison: Soil Science Society of America, 1977. p.75-96.
- DREVER, J.I. **The geochemistry of natural waters.** New Jersey: Prentice Hall, 1982. 437p.
- EATON, A.D., CLESCERI, L.S., GREENBERG, A.E. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19. ed. Washington, D. C.: AWWWA, WEF., 1995. 1082p.
- EGLER, W.A. A zona pioneira ao norte do rio Doce. **Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro, v.13, n.2, p.223-264, 1951.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: 1977a. 212p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
 Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - 4ª aproximação**. Rio de Janeiro: 1977b. 169p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
 Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: 1978. 461p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
 Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 1979. Não paginado.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
 Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos (3ª aproximação)**. Rio de Janeiro: 1988. 122p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
 Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo**. Escala 1:400.000. Rio de Janeiro: 1971.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
 Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório dos solos sob influência da CIA Vale do rio Doce**. Rio de Janeiro: 1970. 154p. (Boletim Técnico, 13)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).
 Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Reunião de classificação, correlação e interpretação de aptidão agrícola de solos, 1, 1979**, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: SNLCS/SBCS, 1979. 276p.
- EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMCAPA).
Carta agroclimática do Espírito Santo. Esc. 1:400.000. Vitória, 1986.

- ENGENHARIA GALLIOLI. **Várzea litorânea entre os rios Doce e São Mateus, região da lagoa Suruaca (Estado do Espírito Santo), Plano de Saneamento, Relatório.** Rio de Janeiro: 1966. Não paginado. (Processo, 376, agosto 1966)
- ENGENHARIA GALLIOLI. **Várzea litorânea entre os rios Doce e São Mateus, região da Lagoa Suruaca (Estado do Espírito Santo), Plano de saneamento, estimativa sumária de custo.** Rio de Janeiro: 1970. Não paginado.
- FANING, D.S., FANNING, M.C.B. **Soil: morphology, genesis and classification.** New York: John Wiley and Sons, 1989. 395p.
- FANNING, D.S., RABENHOST, M.C., BIGHMAN, J.M. Colors of acid sulfate soils. In: BIGHAM, J.M., CIOLKOSZ, E.J. **Soil color.** Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, 1993. p.91-108. (Special Public, 31)
- FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário da língua portuguesa.** 2.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1838p.
- FISHER, W.L. Facies characterization of Gulf Coast Basin delta systems, with Holocene analogues. **Transactions Gulf Coast Association of Geological Societies**, Washington, D.C., v.19, p.239-261, 1969.
- FITZPATRICK, E.A. **Microscopy and micromorphology of soils.** Chichester: John Wiley, 1993, 304p.
- FOLK, R.L. A Review of grain-size parameters. **Sedimentology.** Washington, D.C., v.6, p.73-93, 1966.
- FOLK, R.L., WARD, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sediment Petroleum.** Washington, D.C., v.27, p.3-27, 1957.
- FONTES, M.R., FABRIS, J.O., RESENDE, M. et al. Concreções ferruginosas de alguns solos brasileiros. II. Caracterização mineralógica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, v.9, n.2, p.119-123, 1985.

- FOY, C.D. Physiological effects of hydrogen, aluminum and manganese toxicities in acid soil. In: ADAMS, F. **Soil acidity and liming**. Madison, Wisconsin, USA: 1984. p.57-86.
- GALLO, J.R., HIROCE, R., BATAGLIA, O.C. et al. Composição química inorgânica de forrageiras do Estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, v.3, n.1, p.115-37, 1974.
- GARRONE, R., SIMPSON, T.L., POTTU-BOUMENDIL, J. Ultrastructure and deposition of silica in sponges. In: SIMPSON, T.L., VOLCANI, B.E. (Eds.). **Silicon and siliceous structure in biological systems**. New York: Springer-Verlog, 1981. p.495-525.
- GIBBS, R.J. Water chemistry of the Amazon River. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.36, p.1061-1066, 1972.
- GOMES, J.B.V. **Caracterização, gênese e uso de solos de três sítios de restinga sob diferentes coberturas vegetais no Estado do Rio de Janeiro**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 158p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- HART JR., C.W., FULLER, S.L.H. **Pollution ecology of freshwater invertebrates**. New York: Academy Press, 1974. 389p.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. **As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de "deltas" brasileiros**. São Paulo: USP, 1993. 186p. (Boletim IG-USP. Publ. Especial, 15)
- JESUS, R.M. A reserva florestal da CVRD. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 6, 1988, Nova Prata, RS, **Anais...** Nova Prata, RS: CVRD, 1988. p.59-111.
- JONES, R.L., BEAVERS, A.H. Sponges spicules in Illinois soils. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, Madison, v.27, p.438-440, 1963.
- × KADLEC, R.H., KNIGHT, R.L. **Treatment wetlands**. Boca Raton: Lewis, 1996. 893p.

- KÄMPF, N., SCHNEIDER, P., BOHNEN, H. et al. Chemical and mineralogical properties of minesoils from Southern Brasil. In: ANNUAL MEETING, 88, 1996, Indianapolis. **Agronomy Abstracts...** Indianapolis: American Society of Agronomy, 1996. p.268.
- KARATHANASIS, A.D., EVANGELOU, V.P., THOMPSON, Y.L. Aluminum and iron equilibria in soil solutions and surface waters of acid mine watersheds. **J. Environ. Qual.**, Madison, v.17, n.4, p.534-542, 1988.
- KASKHAY, C.M., BOROVSKAYA, Y.B., BABAZADE, M.A. Determination of G_{1298}^0 of synthetic jarosite and its sulfate analogues. **Geochem. Int.**, Philadelphia, v.12, n.3, p.115-121, 1975.
- KAWALEC, A. Word distribution of acid sulphate soils. In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1973. p.293-295.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: com un studio de los climas de la Terra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 369p.
- LANCASTER, N. Grain-size characteristics of linear dunes in the southwestern kalarari. **J. Sed. Petrol.**, Washington, D.C., v.56, p.395-400, 1986.
- LANI, J.L. **Estratificação de ambientes na Bacia do rio Itapemirim no Sul do Estado do Espírito Santo**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 114p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 439p.
- MARIUS, C. Acid sulphate soils of mangrove area of Senegal and Gambia. In: DOST, H., VAN BREEMEN. (Eds.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1982. p.103-136.
- MARTIN, L. **Mapa geológico do quaternário costeiro do Estado da Bahia. Texto explicativo**. Escala 1:250.000. Salvador: Secretaria das Minas e Energia, Coordenação da Produção Mineral, 1980. 57p.

- * MEDEIROS, L.A.R. **Caracterização e gênese de solos derivados de calcários e de sedimentos terciários de região de Jaíba, norte de Minas Gerais.** Viçosa, MG, UFV, 1977. 107p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1977.
- NOVAIS, R.F., NEVES, J.C.L. Estudos sobre a correção e fertilização
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Bern: Viçosa, International Potash Institute, 1982. 655p.
- MOORE, D.M., REYNALDS JUNIOR, R.C. **X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals.** New York: Oxford University Press, 1989. 332p.
- MOORE, JR., P.A., PATRICK JR., W.H. Aluminum, boron and molybdenum availability and uptake by rice in acid sulfate soils. **Plant and Soil**, Madison, v.136, p.171-181, 1991.
- MOORE, P.A., ATTANANDANA, T., PATRICK, W.H. Factors affecting rice growth on Acid Sulfate Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.54, p.1651-1656, 1990.
- PESSEDA, L.C.R., FERREIRA, J.R., TANCREDI, A.C.E.N.S. et al.
- MOORE, P.A., PATRICK, W. H. Effect of zinc deficiency on alcohol dehydrogenase activity and nutrient uptake by rice. **Agronomy J.**, Madison, v.80, p.882-885, 1988.
- MOORE, P.A., PATRICK, W.H. Iron availability and uptake by rice in Acid Sulfate Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.53, p.471-476, 1989.
- MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts.** Baltimore: 1975. 22p.
- NAVARRA, C.T. Praias e restingas da Juréia. In: LACERDA, L.D., ARAÚJO, D.S.D. et al. **Restingas: origens, estrutura e processos.** Niterói, CEUFF, 1984. p.27-34.
- NHUNG, M.M., PONNAMPERUMA, F.N. Effects of calcium carbonate, manganese dioxide ferric hydroxide, and prolonged flooding on chemical and eletrochemical changes and growth of rice in a flooded acid sulphate soil. **Soil Sci.**, Baltimore, v.102, p.29-41, 1966.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p.

NORDSTROM, D.K., BALL, J.W. The geochemical behavior of aluminum in acidified surface waters. **Science**, Washington, v.232, p.54-56, 1986.

NOVAIS, R.F., NEVES, J.C.L. **Estudos sobre a correção e fertilização de solos de várzea da AGRIL Ltda para o cultivo de arroz**. Viçosa, MG: UFV, 1986. 38p. (Relatório parcial)

ÖBORN, I., BERGGREN, D. Characterization of jarosite-natrojarosita in two northern Scandinavian soils. **Geoderma**, Amsterdam, v.66, p.213-225, 1995.

OSHAY, T., HOSSNER, L.R., DIXON, J.B. A modified hydrogen peroxide oxidation method for determination of potencial acidity in pyritic overbunden. **J. Environ. Qual.**, Madison, v.19, p.778-782, 1990.

*PATRICK JR., W.H., REDDY, C.N. Chemical changes in rice soils. In: **Soils and rice**. Los Baño, Philippines:IRRI, 1978. p.361-379.

PESSENDA, L.C.R., FERREIRA, J.R., TANCREDI, A.C.F.N.S. et al. Caracterização química das águas de alguns rios do Estado de Rondônia. In.: ESTEVES, A.F. (Ed.). **Acta Limnologica Brasiliensia**. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas aquáticos e terrestres. São Carlos: Sociedade Brasileira de Limnologia, 1986. v.1, p.179-199.

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

PONNAMPERUMA, F.N., ATTANANDANA, T., BEYE, G. Amelioration of three sulphate soils for lowland rice. In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement. 1973. v.2, p.391-406.

POOLPIPATANA, S., HUE, N.V. Differential acidity tolerance of tropical legumes grown for green manure in acid sulfate soils. **Plant and Soil**, Madison, v.163, p.131-139, 1994.

RADAMBRASIL - PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais – folha SE. 24 rio Doce**. Rio de Janeiro: 1987. 548p.

- RADAMBRASIL - PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais – folha SF. 23/24**. Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: 1983. 775p.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B. et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 2. ed. Viçosa, MG: NEPUT, 1997. 367p.
- REZENDE, S.B. **Estudo de crono-topossequência em Viçosa**. Viçosa, MG: UFV, 1971. 71p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1971.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkaly soils**. Washington, D.C.: USDA, 1954. 160p. (USDA, 60)
- RICKARD, D.T. Sedimentary iron formation. In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, 1973. v.1, p.28-65.
- ROBERTSON-SCHULTZ. **Estudo preliminar do potencial para o desenvolvimento do Vale do Suruaca, Estado do Espírito Santo**. São Paulo, 1973. 29p.(Mimeografado)
- RODRIGUES, R.C., LOPES, H.A. Physical conditions in alunite precipitation as a secondary mineral. In: DREVER, J.I. (Ed.). **The chemistry of wathering**. Boston: Reidel, 1984. p.121-142.
- ROQUERO DE LABURU, C., GARCIA-CASAL, J. Suelos de sulfatados ácidos del "Banhado do Taim". Rio Grande do Sul, (El Brasil). In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. Land Reclamation and Improvement, 1973. v.2, p.229-242.
- RORISON, I.H. The effect of extreme soil acidity on the nutrient uptake and physiology of plants. In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, v.2, 1973. p.223-254.
- RUSCHI, A. Fitogeografia do Estado do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Prof. "Melo Leitão"**. Santa Teresa, Série Botânica, v.1, p.1-353, 1950.

- SAHU, B.K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. **J. Sed. Petrol.**, New York, v.34, p.73-83, 1964.
- SATAWATHANANONT, S. **Redox, pH and ion chemistry of acid sulphate rice soils in Thailand**. Louisiana: Louisiana State Univ., 1986. 105p. Tese (Ph.D in Soil Science) – Louisiana State University, 1986.
- STONE, E.L., DANFON, J.E., ZEPF, D.G. Dermalitis caused by sponge spicules. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Madison, v.34, p.151-154, 1970.
- SCHWANDES, L.P., COLLINS, M.E. Distribution and significance of freshwater sponge spicules in selected Florida soils. **Trans. American Microscopical Society**. Washington, D.C., v.113, n.3, p.242-257, 1994.
- SEILER, E. **Acid sulfate soils** - their formation and agricultural use. Hannover: Institute for Scientific Co-operation, 1992. p.92-110. (Natural Resources and Development, 35)
- SHIRLEY, R.L., CARVALHO, J.H. A água como fontes de minerais. In.: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, p.34-50. 1976.
- SINGH, R.N., GRUBE JR., W.E., SMITH, R.M. et al. Relation of pyritic sandstone weathering to soil and minesoil properties. In: KITTRICK, J.A., FANNING, D.S., HOSSNER, L.R. **Acid sulphate weathering**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, 1982. p.169-191. (Special Publication, 10)
- SMITHSON, F. Opal sponge spicules in soils. **Journal Soil Science**, London, v.10, p.105-109, 1959.
- SOARES, E.R. **Mobilidade de metais pesados em materiais provenientes do complexo carbono-energético de Candiota-RS**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 58p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- SOUSA, A.R. **Solos da planície Aluvial do Vale do Pajeú em Serra Talhada (PE): ambiente agrícola e uso da terra**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 145p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- SPARKS, D.L. **Environmental soil chemistry**. New York: Academic, 1995. 267p.
- STEVENSON, F.J. **Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 379p.
- STONE, E.L., DAWSON, J.E., ZEEUW, C.D. Dermatite caused by sponge spicules. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.34, p.151-152, 1970.
- SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992. 171p. (Biblioteca de ciências naturais, v.15)
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 317p.
- TURNER, R.G. Heavy metal tolerance in plants. In: RORISON, I.H. **Ecological aspects of the mineral nutrition of plants**. Oxford: Blackwell, 1969. p. 399-410.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Soil Survey Staff. **Soil Taxonomy: a base of soil classification for mapping and interpreting soil survey**. Washington, DC.: 1975. 754p. (Agriculture handbook, 436)
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Soil Survey Staff. **Keys to soil taxonomy**. 7. ed. Washington, DC.: 1996. 644p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo rio Doce e da Região Norte do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, MG, UFRV, 1984. 153p.
- VAIL, P.R., MITCHUM JUNIOR., R.M., THOMPSON, S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level – global cycles of relative changes of sea level. **American Association of Petroleum Geologists Memoir**. Tulsa, OK, n.26, p.83-87, 1977.

- VAN BREEMEN, N. **Genesis and solution chemistry of acid sulfate soils in Thailand**. Wageningen: Agricultural University Wageningen, 1976, 263p. Thesis (Doctor in Soil Science and Geology). - Agricultural University Wageningen, 1976.
- VAN BREEMEN, N. Genesis, morphology and classification of Acid Sulfate Soils in Coastal Plains. In: KITTRICK, J.A., FANNING, D.S. et al. (Eds.). **Acid sulfate weathering**. Madison: Soil Science Society of America, 1982, p.95-108.
- VAN BREEMEN, N. Soil forming processes in acid sulphate soils. In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1973. v.1, p.66-128.
- VAN HOLST, A.F., WESTERVELD, G.J.W. Corrosion of concrete foundations in potential Acid Sulphate Soils and subsoils in The Netherlands. In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, 1973. v.2, p.373-382.
- VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos/Ceres, 1991. 343p.
- WHITTIG, L.D., ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Society of America, 1994. pt.1, p.331-359.
- WILDING, L.P., DRESS, L.R. Scanning electron microscopy of opaque forms isolated from forest soils in Ohio. **Proc. Soil Sci. Soc. Amer.**, Madison, v.37. p.647-650, 1973.
- ZANGRANDE, M.B., REZENDE, S.B. Características de um Podzólico Vermelho Amarelo abrupto dos platôs litorâneos do norte do Estado do Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.36, n.204, p.147-172, 1989.

APÊNDICE

Quadro 1A - Localização e identificação das amostras de solos (perfis) coletados

Amostra	Lab. (m)	Horiz.	Prof. (cm)	Localização	Latitude Sul	Long. Oeste
1.1	805	Ap	0-30	Perfil 1 - faz. Fazenda Mourão, Itapetininga Após a casa da faz. de 060, subseqüentemente à estrada, a 200m, lado esquerdo, após a curva da esquerda.	19° 17' 30"	50° 47' 02"
1.2	806	Cg1	40-60			
1.3	808	Cg2	>200			
1.4	807	Ap	0-30	Perfil 1 - após a quinta parcela em campo.		
2.1	810	Ap	0-10	Perfil 2 - faz. Fazenda Mourão idem acima, mais a frente, a 100m da casa da faz. de 200m.	19° 17' 30"	50° 47' 02"
2.2	811	C1	30-20			
3.1	812	Ap	0-30	Perfil 3 - faz. Fazenda Mourão, Itapetininga faz. Fazenda Mourão, próximo ao poço de água para o gado.		
3.2	814	Cg	30-60			
4.1	815	Ap	0-10	Perfil 4 - faz. Fazenda Mourão, Itapetininga A 50m do mar, na faz. de 60 de Barra Negra, na parte superior.	19° 07' 00"	50° 44' 30"
4.2	816	C1	30-60			
5.1	818	Ap	0-30	Perfil 5 - faz. Fazenda Mourão, Itapetininga Lado esquerdo a faz. de 60 101 (Bedequero) em direção a Regência, estrada asfaltada.		
5.2	819	C1	20-30			
6.1	820	Ap	0-20	Perfil 6 - faz. Fazenda Mourão, Itapetininga Lado esquerdo a faz. de 60 101 (Bedequero) em direção a Regência, estrada asfaltada.		
6.2	821	C1	40-20			

Continua

Quadro 1A - Localização e identificação das amostras de solos (perfis) coletados

Amostra	Lab. (n°)	Horiz.	Prof. (cm)	Localização	Latitude Sul	Long. Oeste
1.1	808	Ap	0-30	<u>Perfil 1- Glei Pouco Húmico tiomórfico</u> Após a sede da Faz. do Sol, próxima estrada à direita, a 5km, lado esquerdo, após a ponte de cimento.	19° 17' 20"	39° 47' 02"
1.2	809	Cg ₁	40-60			
1.3	806	Cg ₂	-200			
1.4	807	Ap	0-30	Ídem - após a queima parcial no campo.		
2.1	810	Ap	0-10	<u>Perfil 2- Areia Quartzosa distrófica</u> Ídem acima, mais a frente, a 100 m do curral da Faz. do Sol, lado direito.	19° 17' 20"	39° 47' 02"
2.2	811	C1	10-20			
3.1	812	Ap	0-30	<u>Perfil 3- Glei Pouco Húmico, m. argiloso, álico</u> Fazenda Lindenberg, próximo ao poço de água para o gado.		
3.2	814	Cg	30-60			
4.1	815	Ap	0-10	<u>Perfil 4 - Areia Quartzosa Marinha, distrófica</u> A 50 m do mar, na foz do rio Barra Seca, na parte superior.	19° 07' 09"	39° 44' 30"
4.2	816	C1	30-60			
5.1	818	Ap	0-20	<u>Perfil 5 - Aluvial eutrófico, tex. Média</u> Lado esquerdo a km da BR 101 (Bebedouro) em direção a Regência, estava arado.		
5.2	819	C1	20-60			
6.1	820	Ap	0-20	<u>Perfil 6 - Aluvial epieutrófico, arenoso</u> Lado esquerdo a 20 km da BR 101 (Bebedouro) em direção a Regência, estava arado.		
6.2	821	C1	40-60			

Continua...

Quadro 1A, Cont.

Amostra	Lab. (n°)	Horiz.	Prof. (cm)	Localização	Latitude Sul	Long. Oeste
7.1	822	Ap	0-15	<u>Perf. 7 – Aluvial – paleodrenagem</u> Lado esquerdo a 20 km da Br 101 (Bebedouro) em direção a Regência (Foz do rio Doce).	18° 25' 12"	40° 4' 54"
7.2	823	C1	40-60			
12.3	840	C1	24-60			
8.1	867	A1	0-20	Perfil 8 - Podzol Hidromórfico A 15 km da BR-101, Faz. Paulista, em direção a Faz. Cedro, lado direito, sob floresta perenifólia de restinga.	18° 52' 11"	39° 48' 6"
8.2	868	E	40-60			
9.1	825	Ap	0-20	Fazenda AGRIL <u>Perfil 9 - Gleí Húmico tiomórfico, A Proeminente.</u> Fazenda AGRIL, no canal de drenagem do talhão de arroz, Riacho, Aracruz. (Material seco colhido na vala de drenagem).	19° 40' 45"	40° 0' 45"
9.2	827	Cg1	20-40			
9.3	828	Cg2	40-60			
10.1	885	Cam. 1	5-2	<u>Perfil 10 - Gleí Húmico tiomórfico, A Proeminente.</u> Fazenda AGRIL, no interior do talhão de arroz, Riacho, Aracruz. Crosta superficial – placas salinas	19° 40' 45"	40° 0' 45"
10.2	891	Cam. 2	2-1			
10.3	830	Cam. 3	1-0			
10.4	831	Ap	0-10			
10.5	832	ACg	10-20			
10.6	833	Cg1	20-40			
11.1	834	O1	8-0			
11.2	835	A1	0-10			
11.3	836	AC	10-22			
11.4	837	C1	22-40			

Continua...

Quadro 1A, Cont.

Amostra	Lab. (n°)	Horiz.	Prof. (cm)	Localização	Latitude Sul	Long. Oeste
12.1	838	Ap	0-12	<u>Perfil 12 - Aluvial distrófico, argiloso.</u> Estação Experimental da EMCAPA, Linhares, sob pivô central.	19° 25' 12"	40° 4' 54"
12.2	839	AC	12-24			
12.3	840	C1	24-60			
13.1	855	Ap	0-15	Wilson ZON – Fazenda Barra Seca <u>Perfil 13 - Aluvial eutrófico arenoso</u> Lado esquerdo, a 100m da sede da Faz. Barra Seca, Wilson Zon, na parte superior.	18° 56' 44"	39° 47' 25"
13.2	856	Cg1	30-50			
14.1	859	Ap	0-10	<u>Perfil 14 – Aluvial distrófico arenoso</u> Lado esquerdo, a 150m da sede da Faz. Barra Seca, Wilson Zon, na parte intermediária.	18° 56' 44"	39° 47' 25"
14.2	860	Cg	30-50			
15.1	857	Ap	0-11	<u>Perfil 15 – Aluvial eutrófico, textura média.</u> Lado esquerdo, a 250 m da sede da Faz. Barra Seca, Wilson Zon, no fundo da depressão.	18° 56' 44"	39° 47' 25"
15.2	858	Cg	17-49			
16.1	861	Ap	0-15	<u>Perfil 16 – Glei Pouco-Húmico eutrófico, argiloso.</u> Lado direito, a 500 m da sede da Faz. Barra Seca, W. Zon, após o poço de água para o gado.	18° 56' 44"	39° 47' 25"
16.2	862	Cg	30-60			
17.1	863	Cam.1	0-30	<u>Perfil 17 - Orgânico distrófico</u> A 1 km da estrada da sede da Faz. Barra Seca, W. Zon, no canal de drenagem, lado esquerdo.	18° 56' 44"	39° 47' 25"
17.2	864	Cam.2	30-50			
17.3	865	Cam.3	50-70			

Continua...

Quadro 1A, Cont.

Amostra	Lab. (n°)	Horiz.	Prof. (cm)	Localização	Latitude Sul	Long. Oeste			
18.1	866	C1	40-60	<u>Perfil 18 (Amostra - Horizonte conchífero)</u> A 50 m da estrada em direção da sede da Faz. Barra Seca, W. Zon, no canal de drenagem.	18° 56' 44"	39° 47' 25"			
19.1	841	H1	0-30	<p>ITAPEMIRIM</p> <p><u>Perfil 19 – Orgânico tiomórfico</u> Parte superior do vale, próximo ao plantio de seringueira, na prop. de Luis Soares, antes do trevo, na chegada de Itapemirim.</p> <p><u>Perfil 20 - Glei Húmico tiomórfico, m. argiloso.</u> A 300 m abaixo do Perfil 19.</p> <p><u>Perfil 21 – Orgânico tiomórfico</u> A 50 m abaixo do Perfil 20.</p>	18° 07' 09"	39° 44' 30"			
19.2	842	H2	30-60						
20.1	843	Ap	0-5						
20.2	844	AC	5-30						
20.3	845	Cg1	30-45						
21.1	846	C. sup.	1-0						
21.2	847	Ap1	0-10						
21.3	848	Ap2	10-30						
21.4	849	Cg	30-70						
22.1	850	Ap	0-10				<u>Perfil 22 - Glei Húmico tiomórfico, m. argiloso</u> A 100 m abaixo do Perfil 21.	18° 40' 45"	40° 09' 48"
22.2	851	AC	10-40						
22.3	852	Cg1	40-70						
23.1	887	Ap	0-22				<p>CAMPOS DOS GOITACAZES</p> <p><u>Perfil 23 - Glei Pouco Húmico tiomórfico</u> Campos, RJ, Usina Cupim, próximo a Lagoa Feia.</p>		
23.2	888	Cg1	22-45						
23.3	889	Cg2	45-87						
				<u>PERFIS (AMOSTRAS) COMPLEMENTARES</u>					

Continua...

Quadro 1A, Cont.

Amostra	Lab. (n°)	Horiz.	Prof. (cm)	Localização	Latitude		Long.	
					Sul	Oeste		
24.1	817	Ap	0-13	<u>Perfil 24 - Aluvial distrófico arenoso</u> A 2km da BR 101 (Bebedouro) em direção a Regência, lado direito.	-1,00			
24.2	876	C1	13-60		-0,75			
25.1	877	Ap	0-7	<u>Perfil 25 - Aluvial eutrófico argiloso</u> A 30 km da BR 101 (Bebedouro) em direção a Regência, lado direito. Uso: cana-de-açúcar.	-0,50			
25.2	878	C1	7-28		-0,25			
26.1	879	Ap	0-14	<u>Perfil 26 - Aluvial eutrófico arenoso - cana</u> A 30 km da BR 101 (Bebedouro) em direção a Regência, lado direito. Uso: cana-de-açúcar.	0,00			
26.2	880	C1	14-60		0,25			
27.1	873	Ap	0-10	<u>Perfil 27 - Areia Quartzosa Marinha distrófica</u> A 80 m do mar, na foz do rio Barra Seca, na depressão, ao lado da estrada em direção a São Mateus.	0,50		19° 07' 09"	39° 44' 30"
27.2	874	C1	10-55		0,75			
28.1	883	Ap	0-8	<u>Perfil 28 - Gleí Húmico tiomórfico</u> Fazenda AGRIL, no interior do talhão de arroz, Riacho, Aracruz.	1,00		19° 40' 45"	40° 00' 45"
28.2	884	Cg1	8-30		1,25			
29.1	886	Cam.1	0-20	<u>AMOSTRA 29 - Orgânico distrófico</u> No lado esquerdo da estrada em direção à Fazenda. Cedro, na Fazenda da UNICAFÉ.	1,50			

Fonte: FOLK e WARD, 1957.

45, 410, 425, 450, 475, 494 e 485 são os valores dos diâmetros em micras ϕ (phi), obtidos na curva de frequência acumulada dos percentis de 5, 10, 25, 50, 75, 84 e 95 respectivamente.

Quadro 2A - Diâmetro de malha das peneiras utilizadas na separação dos diversos tamanhos de partículas da fração areia

	Métrica	Escalas Tyler	(Phi) = -log2 D
Muito bem selecionada	2,000	9	-1,00
Bem selecionada	1,680	10	-0,75
	1,410	12	-0,50
Moderadamente selecionada	1,190	14	-0,25
Pobrem selecionada	1,000	16	0,00
	0,840	20	0,25
Muito pouco selecionada	0,710	24	0,50
Extremamente pouco selecionada	0,590	28	0,75
	0,500	32	1,00
	0,420	35	1,25
	0,350	42	1,50
Muito não selecionada	0,297	48	1,75
	0,250	60	2,00
Negativa	0,210	65	2,25
Aproximadamente neutra	0,177	80	2,50
	0,149	100	2,75
Positiva	0,125	115	3,00
Muito positiva	0,105	150	3,25
	0,088	170	3,50
	0,074	200	3,75
	0,062	250	4,00
Muito positiva	0,053	270	4,25

D = diâmetro da fração , em milímetro.

Mesocúrtica	0,87 a 0,90
Leptocúrtica	0,90 a 1,11
Muito leptocúrtica	1,11 a 1,50
Extremamente leptocúrtica	1,50 a 2,00
> 2,00	> 2,00

Quadro 3A - Fórmulas dos parâmetros estatísticos

Diâmetro Médio	$Mz = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$
Desvio Padrão Gráfico Inclusivo	$\sigma_1 = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$
Assimetria Gráfica Inclusivo	$Sk_1 = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2(\phi 50)}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2(\phi 50)}{2(\phi 95 - \phi 5)}$
Curtose Gráfica	$KG = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2,44(\phi 75 - \phi 25)}$

Fonte: FOLK e WARD, 1957.

$\phi 5, \phi 16, \phi 25, \phi 50, \phi 75, \phi 84$ e $\phi 95$ são os valores dos diâmetros em escala ϕ (phi), obtidos na curva de frequência acumulada aos percentis de 5, 16, 25, 50, 75, 84 e 95 respectivamente.

Quadro 4A - Escalas qualitativas sugeridas por FOLK e WARD, 1957

Parâmetros		Limites			
Desvio Padrão Gráfico Inclusivo (σ_1)					
Muito bem selecionado			< 0,35		
Bem selecionado	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	0,35 - 0,50
Moderadamente selecionado					0,50 - 1,00
Pobremente selecionado					1,00 - 2,00
Muito pobremente selecionado					2,00 - 4,00
Extremamente mal selecionado					> 4,00
Assimetria Gráfica Inclusiva (Sk_1)					
Muito negativa					-1,0 a -0,3
Negativa					-0,3 a -0,1
Aproximadamente simétrica					0,1 a 0,3
Positiva					0,1 a 0,3
Muito positiva					0,3 a 1,0
Curtose Gráfica (KG)					
Muito platicúrtica					< 0,67
Platicúrtica					0,67 a 0,90
Mesocúrtica					0,90 a 1,11
Leptocúrtica					1,11 a 1,50
Muito leptocúrtica					1,50 a 3,00
Extramamente leptocúrtica					> 3,00

ϕ_5 , ϕ_{16} , ϕ_{25} , ϕ_{50} , ϕ_{75} , ϕ_{84} e ϕ_{95} são parâmetros dos diâmetros em escala ϕ obtidos na curva de frequência acumulada, correspondentes aos percentis de 5, 16, 25, 50, 75, 84 e 95% respectivamente.

(ϕ_{ϕ})	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
0,0	3,85	5,45	4,72	5,35	5,55	5,20
0,5	5,46	5,64	5,43	5,73	5,78	5,64
1,0	6,23	5,78	5,36	5,92	5,93	5,84
1,5	6,42	5,95	5,38	6,12	6,09	6,02
1,8	6,64	6,30	4,92	6,42	6,25	6,30
2,1	6,81	6,54	6,42	6,66	6,33	6,48
2,5	6,91	6,65	6,54	6,80	6,54	6,64
3,2	7,12	6,82	6,78	6,97	6,81	6,76
3,7	7,37	7,02	7,00	7,23	7,07	7,09
4,2	7,48	7,18	7,34	7,39	7,25	7,28

Quadro 5A - Valores de pH com diferentes dias de incubação utilizando CaCO_3 - Glei Pouco Húmico tiomórfico (Horizonte Cg; Prof. 6-50 cm) (Amostra 872)

CaCO_3 (t.ha ⁻¹)	pH					
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
0	3.48	3.48	3.29	3.83	3.88	3.75
2.5	4.22	4.19	4.01	4.49	4.45	4.42
5.0	5.04	4.94	5.0	5.34	5.17	5.16
7.6	5.41	5.76	5.79	6.09	5.97	5.95
10.1	6.3	6.27	6.17	6.53	6.3	6.33
12.6	6.58	6.9	6.2	7.17	6.93	6.93
15.1	7.26	7.32	6.8	7.46	7.36	7.36
17.6	7.45	7.59	7.33	7.89	7.61	7.71
20.2	7.57	7.65	7.68	7.98	7.74	7.85
22.7	7.7	7.74	7.75	7.98	7.91	7.9
25.2	7.71	7.78	7.77	7.95	7.76	7.92
31.5	7.7	7.79	7.81	8.05	7.86	7.94

Quadro 6A - Valores de pH com diferentes dias de incubação utilizando CaCO_3 - Aluvial argiloso (Horizonte Ap; Prof. 0-7 cm) (Amostra 877)

CaCO_3 (t.ha ⁻¹)	pH					
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
0.0	5.65	5.45	4.92	5.35	5.53	5.20
0.5	5.46	5.64	5.44	5.75	5.78	5.64
0.9	6.33	5.74	5.56	5.93	5.93	5.84
1.4	6.43	5.95	5.88	6.13	6.09	6.02
1.9	6.64	6.36	6.03	6.43	6.33	6.30
2.3	6.81	6.54	6.43	6.60	6.52	6.48
2.8	6.91	6.65	6.54	6.80	6.64	6.64
3.2	7.12	6.82	6.78	6.97	6.81	6.76
3.7	7.33	7.02	7.03	7.25	7.07	7.03
4.2	7.40	7.18	7.14	7.39	7.25	7.20

Quadro 7A - Valores de pH com diferentes dias de incubação utilizando CaCO₃ - Glei Húmico tiomórfico (Crosta superficial - placas amarelas; Prof. 1-0 cm) (Amostra 882)

CaCO ₃ (t.ha ⁻¹)	pH					
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
0	2.65	2.6	2.58	3.09	3.01	3.01
6	3.04	3	2.97	3.41	3.36	3.36
12	3.42	3.32	3.31	3.77	3.7	3.68
18	4.02	3.87	3.73	4.22	4.2	4.07
24	4.33	4.22	4.17	4.65	4.57	4.55
30	5.12	4.6	4.8	5.15	4.99	5.01
36	5.38	5.24	5.19	5.37	5.48	5.51
42	5.53	5.51	5.28	5.64	5.55	5.62
48	6.02	5.95	5.99	6.24	6.13	6.11
54	6.14	6.33	6.09	6.58	6.45	6.52
60	6.78	6.63	6.62	6.98	6.56	6.7
75	7.13	7	6.93	7.32	7.1	7.2

Quadro 8A - Valores de pH com diferentes dias de incubação utilizando CaCO₃ - Glei Húmico tiomórfico (Horizonte Ap; Prof. 0 - 8cm) (Amostra 883)

CaCO ₃ (t.ha ⁻¹)	pH					
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
0.0	2.45	2.42	2.37	2.93	2.91	2.84
10.2	3.11	3.09	3.02	3.50	3.41	3.39
20.4	4.90	3.65	3.57	3.98	3.91	3.87
30.6	4.35	4.47	4.60	4.76	4.65	4.70
40.8	5.11	5.29	5.34	5.66	5.55	5.50
51	5.68	5.94	5.87	6.00	6.03	6.02
61.2	6.48	6.60	6.54	6.82	6.70	6.64
71.4	7.16	7.14	7.03	7.20	6.98	6.94
81.6	7.22	7.32	7.27	7.55	7.35	7.48
91.8	7.31	7.37	7.41	7.64	7.45	7.51
102	7.41	7.29	7.24	7.64	7.42	7.52
127.5	7.50	7.42	7.48	7.77	7.56	7.63

Quadro 9A - Valores de pH com diferentes dias de incubação utilizando CaCO_3 - Gleí Húmico tiomórfico (Horizonte Cg1; Prof. 8-30 cm) (Amostra 884)

CaCO_3 (t.ha ⁻¹)	pH					
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
0.0	4.07	2.85	2.77	3.26	3.20	3.25
3.1	7.69	7.56	7.78	7.90	7.80	7.96
6.1	7.76	7.70	7.91	8.00	7.92	8.01
9.2	7.74	7.75	7.93	8.03	7.98	8.05
12.2	7.36	7.87	7.94	8.07	8.01	8.09
15.3	7.85	7.86	7.99	8.12	8.02	8.11
18.3	7.92	7.85	7.98	8.09	8.03	8.12
21.3	7.93	7.88	8.03	8.11	8.06	8.16
24.4	7.95	7.92	8.02	8.11	8.10	8.15
27.4	7.92	7.89	8.03	8.15	8.10	8.17
30.5	7.92	7.92	8.05	8.17	8.12	8.19
38.1	7.99	7.97	8.07	8.19	8.18	8.25

Quadro 10A - Valores de pH com diferentes dias de incubação utilizando CaCO_3 - Gleí Húmico tiomórfico (Camada 1 - crosta salina; Prof. 5-2 cm) (Amostra 885)

CaCO_3 (t.ha ⁻¹)	pH					
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
0.0	2.37	2.24	2.25	2.83	2.74	2.54
3.1	2.44	2.40	2.29	2.69	2.67	2.67
6.1	2.59	2.67	2.40	2.76	2.83	2.75
9.2	2.63	2.60	2.53	2.97	2.93	2.84
12.2	2.71	2.90	2.50	3.01	2.91	2.85
15.3	2.81	2.70	2.57	3.11	2.96	2.88
18.3	2.83	2.80	2.67	3.16	2.96	2.87
21.3	2.89	2.80	2.76	3.17	3.04	3.11
24.4	2.96	2.85	2.73	3.20	3.02	3.03
27.4	2.98	2.90	2.82	3.22	3.16	3.00
30.5	2.98	2.90	2.87	3.23	3.14	3.26
38.5	3.00	3.00	2.89	3.25	3.22	3.04

1A - Isolamento de opalas biogênicas e a sua identificação

O primeiro passo consistiu em eliminar a matéria orgânica com água oxigenada (H_2O_2). Posteriormente dispersar a argila com hexametáfosfato (calcon) ou NaOH e sinfonar a argila dispersa. Posteriormente separar através de peneira a fração silte da areia. Finalmente com o uso de um líquido de alta densidade separar as espículas da fração silte. Os passos serão minuciosamente relatados:

1. Peneirar o solo usando peneira número 10 (2 mm);
2. Pesar 10 g de solo e coloca-lo em um becker de 600 ml. Adicionar aproximadamente 300 ml de água e posteriormente 25 ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30%;
3. Deixar a amostra digerindo todo o dia. Adicionar mais H_2O_2 até que a solução esteja clara (sem a presença de matéria orgânica);
4. Remover da chapa quente e adicionar 50 ml de calgon a 5% e agitar;
5. Deixar a amostra em repouso por 90 minutos e após sinfonar a solução argilosa (água mais argila);
6. Adicionar mais água, agitar, deixar em repouso por mais 90 minutos e sinfonar novamente. Repetir este passo mais uma vez ou até que toda a argila seja retirada do becker;
7. Separar o silte da areia (peneiramento): colocar o conteúdo do becker em uma peneira número 325 (45μ) e usar uma pizeta para auxiliar a separação da fração silte da areia;
8. O conteúdo do becker (silte + água) deixar em estufa a $100^\circ C$ até evaporar toda a água;
9. Colocar aproximadamente 250 mg de silte em um tubo de centrífuga de 15 ml e adicionar 5 ml de solução de bromato de zinco (144 g em 50 ml de água). Esta solução tem uma gravidade específica de $2,3 \text{ g.cm}^{-3}$;

10. Misturar a solução e centrifugar a 2.000 rpm por 10 minutos. O quartzo ficará no fundo e as biogênicas no sobrenadante;
11. Colocar a solução em um outro tubo de centrífuga, adicionar água e centrifugar novamente a 2.000 rpm por 10 minutos. A biogênica opala concentrar-se-á no fundo;
12. Reciclar o bromato de zinco: colocar a solução de água mais o bromato de zinco em um becker e adicionar mais água. Com o uso da centrífuga descartar a água;
13. Colocar o bromato de zinco e a solução (água) em um recipiente. O bromato pode ser reciclado. Adicionar mais água no tubo de teste e centrifugar novamente. Após, descartar a água;
14. Adicionar água e centrifugar novamente. Descartar o sobrenadante (água) e adicionar outros 2 ml de água;
15. Dispersar o silte em 2 ml de água, agitar e retirar 20 μ L da solução. Colocar a amostra em uma placa de hemacitômetro com grade e cobrir com uma lamínula. As opalas biogênicas podem ser contadas usando a grade;
16. Se a amostra estiver muito concentrada acrescentar mais água no tubo de centrífuga e então a contagem pode ser feita usando um microscópio;

C: 2000 (A + B + C + D + E) (ml de solução)

Peso da amostra

C: número de opala biogênica por grama de solo;

A: número na seção A; E.