

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

CRISTIANO ZON

**INFLUÊNCIA DE DRENAGEM SOBRE SOLOS ORGÂNICOS E
PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA. ESTUDO DE
CASO: “VALE DO SURUACA” DELTA DO
RIO DOCE.**

**VITÓRIA
2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

CRISTIANO ZON

**INFLUÊNCIA DE DRENAGEM SOBRE SOLOS ORGÂNICOS E
PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA. ESTUDO DE
CASO: “VALE DO SURUACA” DELTA DO
RIO DOCE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Antônio Sérgio Ferreira de Mendonça, Ph.D.

**VITÓRIA
2008**

DEDICATÓRIA

À Deus
À minha esposa, Janaína;
Aos meus pais, Ivone e Wylson Zon;
Aos meus irmãos, Ivana, Wylson, Benjamim, e Antônio;
À querida Ana (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À Deus por tornar tudo isto possível.

Aos meus pais, irmãos e sobrinhos, por todo o carinho familiar.

Ao meu pai Wylson Zon por ter me apresentado, ensinado e esclarecido a realidade da região.

À Jana pela ajuda incondicional e paciência nos momentos mais difíceis.

Ao Professor Antônio Sérgio, pela orientação, incentivo e principalmente por acreditar que fosse possível a realização deste trabalho.

Ao Professor e colega João Luiz Lani pelas idéias, apoio dado e por participar junto de outros professores de Viçosa na minha formação universitária.

Ao amigo e Professor Felipe Andrade de Alegre, pela amizade e apoio dado em todo o trabalho.

Ao Professor Florindo Braga por sua postura realista e questionadora.

Ao Professor Márcio Francelino pela atenção e sugestões dadas.

Ao programa de bolsa do CNPq pelo apoio financeiro.

Ao Espedito Carvalho pela realização das análises químicas da água.

Ao colega Guilherme Donagema da EMBRAPA Solos, pela realização das análises químicas do solo.

A Rosemary do PPGEA e Rita do Neput, pela assistência e paciência despendida.

Aos funcionários da Fazenda Cedro e moradores da região, pela ajuda nas campanhas de campo.

Aos amigos e amigas do Mestrado na UFES, pela amizade e companheirismo em todo o curso.

Aos amigos do surf e do pedal, por me descontraírem nos momentos cansativos.

Aos animais, em especial ao meu cão “Tigor” (*in memoriam*), por ser o grande companheiro.

RESUMO

As várzeas alagadas apresentam alta riqueza biológica, que devido a suas características hidromórficas, apresentam solos com elevado teores de matéria orgânica. A partir do avanço da agropecuária nesses ambientes, estas áreas são gradualmente drenadas. As águas de drenagem sofrem influência na sua qualidade quando interagem com a camada orgânica deste solo, assimilando várias de suas características físico-químicas. Aliado a isto a drenagem cria um ambiente aeróbico ao solo, proporcionando condições ideais de mineralização da camada orgânica por microorganismos que, associadas ao manejo agrícola, leva-o a um processo de subsidência. O presente estudo foi desenvolvido no Vale do Suruaca, no norte do delta do rio Doce, Espírito Santo, Brasil, e apresenta como objetivos principais: analisar características qualitativas de águas drenadas de solos orgânicos, com ênfase em parâmetros físico-químicos, bem como alterações em solos orgânicos causadas pela drenagem e diferentes tipos de uso e manejo. No que concerne ao solo conclui-se que: o Vale do Suruaca apresenta diferentes tipos de textura (arenosa e argilosa) na camada subsuperficial, abaixo da camada orgânica que, a depender do manejo adotado, recebe uma nova denominação no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, os Neossolos Quartzarênicos (arenosa) e os Gleissolos (argiloso). Concluiu-se ainda que o solo exerce grande influência sobre vários parâmetros de qualidade de água, onde os de maiores variações foram: pH, oxigênio dissolvido, condutividade, cor aparente e turbidez. Os parâmetros que apresentaram os maiores números de violações dos padrões legais de parâmetros de qualidade de águas foram: pH, oxigênio dissolvido, cor aparente e teores de Al. Os resultados do monitoramento das águas demonstraram também a grande influência das condições climáticas sobre os parâmetros de qualidade de água em áreas contendo solos orgânicos.

ABSTRACT

The flooded meadows present high biological wealth, that present soils with high tenors of organic matter due to their hidromorphic characteristics. These are gradually drained with the move forward farming progress. The drainage waters suffer influence in their quality when they interact with the organic layer of the soil, assimilating several of the soils' physiochemical characteristics. Besides this drainage creates an aerobic atmosphere to the soil, providing ideal conditions of mineralization of the organic layer by microorganisms that, associated with the agricultural handling, takes it to a reduction process. The present study was developed in Vale do Suruaca (Suruaca's Valey), in the north of the of Rio Doce's delta (Sweet Rivers' delta), in the state of Espírito Santo, in Brazil, and it presents as main objectives analyzing qualitative characteristics of drained waters of organic soils, with emphasis in physiochemical parameters, as well as alterations in organic soils caused by the drainage and different types of use and handling. Concerning the soil we get to the conclusion that under the organic layer, the Suruaca's Valey presents different texture types (sandy soil and loamy soil) in the subsuperficial layer (under superficial), depending on the chosen handling, it receives a new denomination in the Brazilian System of Classification of Soils, the Neossolos Quartzarênicos for sandy soils and Gleissolos for loamy soils. It's concluded that the soil makes great influence on several parameters of water quality, where the larger variations were pH, dissolved oxygen, conductivity, apparent color and mud. The parameters that presented the largest number of violations of the legal patterns of parameters of water quality were pH, dissolved oxygen, apparent color and tenors of Al. The results of the monitoring of the waters also demonstrated the great influence of the weather conditions on the parameters of water quality in areas that contain organic soils.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A) Unidade de pirita de forma frambóide de solo tiomórfico; B) Aglomerado do mineral; C) Mineralogia da pirita mostrando sua constituição química.	26
Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo.	44
Figura 3 – Lagoa Suruaca em diferentes épocas.	45
Figura 4 – Mapa geológico do Espírito Santo.	47
Figura 5 – Levantamento de classes dos solos do estado do Espírito Santo.	54
Figura 6 – Mapa geral.	55
Figura 7 - Síntese dos trabalhos realizados a campo, em laboratório e escritório.	56
Figura 8 - Fluxograma da metodologia utilizada para a construção dos mapas de uso e ocupação do solo.	58
Figura 9 - Aparelho Hydrolab utilizado para as campanhas de monitoramento da água.	61
Figura 10 – Localização, perfil e vista da paisagem do ponto S2 (Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico) da Região Alta.	65
Figura 11 – Localização, perfil e vista da paisagem do ponto S5 (Neossolo Quartzarênico Hidromórfico) em nível avançado de degradação do horizonte hístico “ambiente aberto”.	66
Figura 12 – Localização, perfil e vista da paisagem do ponto S6 (Organossolo Háplico Hêmico Típico) em nível mediano de degradação do horizonte hístico “ambiente aberto”.	67
Figura 13 – Localização, perfil e vista da paisagem do ponto S8 (Organossolo Háplico Fíbrico Solódico) em nível conservado do horizonte hístico “ambiente aberto”.	68
Figura 14 - Localização, perfil e vista paisagem do ponto S12 (Gleissolo Melânico Tb Eutrófico) em nível mediano de degradação do horizonte hístico “ambiente conservador”.	69
Figura 15 - Localização, perfil e vista paisagem do ponto S13 (Organossolo Háplico Hêmico Tétrico) em nível conservado de degradação do horizonte hístico “ambiente conservador”.	70
Figura 16 - Localização, perfil e vista paisagem do ponto S14 (Gleissolo Háplico Tb Eutrófico) em nível avançado de degradação do horizonte hístico “ambiente conservador”	71
Figura 17 – Presença de conchas marinhas em material do subsolo, escavado na construção de valas.	77
Figura 18- Relação entre CTC total e o teor de Carbono Orgânico do horizonte hístico no ponto S5 (Neossolo Quartzarênico Hidromórfico) no “ambiente aberto”. ”.	80
Figura 19 - Relação entre CTC total e o teor de Carbono Orgânico do horizonte hístico no ponto S12 (Gleissolo Melânico Tb Eutrófico) no “ambiente conservador”. ”.	80
Figura 20 - Carbono Orgânico (CO) dos solos coletados no “Ambiente aberto” na profundidade de 0-20cm, 20-40 cm e 40-60 cm. S8 (Organossolo Háplico Fíbrico Solódico) e S5 (Neossolo Quartzarênico Hidromórfico). ”.	81
Figura 21 - Carbono Orgânico (CO) dos solos coletados no “Ambiente conservador” na profundidade de 0-20cm, 20-40 cm e 40-60 cm. S13 (Organossolo Háplico Hêmico Tétrico) e S14 (Gleissolo Háplico Tb Eutrófico). ”.	82

Figura 22 - Precipitação pluviométrica.	85
Figura 239 - “Dinâmica das Águas”, caminhos percorridos pelas águas.	88
Figura 24 – Valores de pH para os pontos monitorados.	91
Figura 25 - Concentrações de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para os pontos monitorados.	93
Figura 26 - Foz do rio Barra Seca fechada	94
Figura 27 - Concentrações de OD (mg/L de O_2) para os pontos monitorados.	97
Figura 28 – Concentrações de Cor Aparente (mg/L de Pt) para os pontos monitorados.	100
Figura 291 - Concentrações de Turbidez (NTU) para os pontos monitorados.	102
Figura 30 - Concentrações de Sólidos Dissolvidos (mg/L) para os pontos monitorados.	105
Figura 312 - Concentrações de Alumínio (mg/L) para os pontos monitorados.	107
Figura 32 - Concentrações de Nitrogênio Total (mg/L de N) para os pontos monitorados.	109
Figura 33 - Concentrações de Fósforo (mg/L de P) para os pontos monitorados.	111
Figura 3410 - Plantio de coco na região, sobre área de várzea.	111
Figura 353 – Concentrações de DBO (mg/L de O_2) para os pontos monitorados.	113
Figura 3611 - Mapa de uso e ocupação do solo utilizando imagem do ano de 2006...	118
Figura 37 - Quadro de áreas demonstrando a proporção de cada classificação na imagem do ano de 2006.	119
Figura 3812 - A -Presença no solo da fase larval do coleóptero <i>Eutheola humilis</i> Burm, conhecido como “mofofô”. B - Pastagem de <i>Brachiaria mutica</i> , (capim angola), atacada pelo “mofofô”, demonstrando a ausência do inseto no interior dos canais.	123
Figura 39 - A - Vista do perfil do terreno através da vala demonstrando o rebaixamento excessivo do nível do lençol freático. B e C - Ação do fogo em turfa pela superfície e sub-superfície. D - Vista da vala que mesmo seca serve de controle do fogo. E - Vista lateral da vala durante a época chuvosa, aumento do nível do lençol freático, nota-se coloração escura da água de drenagem. F – Vista geral do campo após queima da turfa, nota-se a presença de camadas de turfa remanescentes. G-Detalhe do perfil do solo, no material remanescente horizonte A com turfa e logo abaixo horizonte C com argila (batinga).	125
Figura 4013 - A - Vista geral da lagoa Suruaca, com ocupação da vegetação ao fundo, B - Ocupação da lagoa por macrófitas aquáticas. C - Vista do fundo da lagoa Suruaca indicando baixo nível de água. D - Marca na aninga (<i>Montrichardia arborensces</i>) indicando o baixo nível da água da lagoa Bonita na época seca. E- Ocupação exagerada de macrófitas aquáticas em grande parte da lagoa Bonita. F- Vista da principal macrófitas aquáticas encontrada na lagoa Bonita.	127
Figura 41 - A - Vista geral de uma área arada e gradeada, preparada para plantio de pasto. B - Detalhe da batinga, proveniente da camada subsuperficial, revolvida para cima do terreno.	129
Figura 42 - A – Vista de um trator realizando a “rolagem” de uma área com vegetação alta. B e C- Vista de uma área “rolada”, com a taboa deitada no primeiro plano da foto e ainda em pé, ao fundo D - Capim angola com intenso crescimento sobre a taboa.	130
Figura 43 - Vista de bubalinos da raça Mediterrâneo em propriedade da região.	134
Figura 44 – Comparação entre matéria orgânica (MO) e Oxigênio Dissolvido (OD) para os pontos monitorados.	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de pH para os pontos monitorados	90
Tabela 2 - Concentrações de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para os pontos monitorados	92
Tabela 3 – Concentrações de OD (mg/L de O_2) para os pontos monitorados.....	96
Tabela 4 - Concentrações de Cor Aparente (mg/L de Pt) para os pontos monitorados ..	99
Tabela 5 – Concentrações de Turbidez (NTU) para os pontos monitorados	101
Tabela 6 - Concentrações de Sólidos Dissolvidos (mg/L) para os pontos monitorados	104
Tabela 7 - Concentrações de Alumínio (mg/L) para os pontos monitorados.....	106
Tabela 8 - Concentrações de Nitrogênio Total (mg/L de N) para os pontos monitorados	108
Tabela 9 – Concentrações de Fósforo (mg/L de P) para os pontos monitorados	110
Tabela 10 – Concentrações de DBO (mg/L de O_2) para os pontos monitorados	112
Tabela 11 - Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade de água monitorados na primeira campanha.....	114
Tabela 12 - Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade de água monitorados na segunda campanha.....	114
Tabela 13 - Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade de água monitorados na terceira campanha.....	115
Tabela 14 - Tabela de pontos monitorados coincidentes em campanhas do presente estudo e campanhas de Alcantara 2001.	145
Tabela 15 - Tabela de pontos monitorados coincidentes em campanhas do presente estudo e campanhas de Mendonça et al. 1997.....	146
Tabela 16 - Concentrações de DQO (mg/L de O_2) (à esquerda) e de potássio (mg/L de K) (à direita) para os pontos monitorados	147
Tabela 17 - Concentrações de dureza (mg/L de CaCO_3) (à esquerda) e de salinidade (mg/L) (à direita) para os pontos monitorados.....	148
Tabela 18 - Concentrações de cálcio (mg/L de Ca) (à esquerda) e de magnésio (mg/L de Mg) (à direita) para os pontos monitorados.....	149
Tabela 19 - Concentrações de manganês (mg/L de Mn) (à esquerda) e enxofre (mg/L de S) (à direita) para os pontos monitorados	150
Tabela 20 - Concentrações de sódio (mg/L de Na) (à esquerda) e ferro (mg/L de Fe) para os pontos monitorados	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resultados das análises químicas do material orgânico (Turfa), na condição natural e após a queima parcial (em condições de campo)	23
Quadro 2 – Parâmetros de qualidade da água.	28
Quadro 3 - Localização dos corpos d'água monitorados	52
Quadro 4 - Localização dos pontos de amostragem de solo	53
Quadro 5 – Período de realização das campanhas e monitoramentos.	57
Quadro 6 – Equipamento e métodos utilizados para análise dos parâmetros de água..	59
Quadro 7 – Classificação dos solos.	62
Quadro 8 - Características granulométricas dos perfis analisados	64
Quadro 9 - Resultados das análises químicas dos solos coletados na Região alta.....	74
Quadro 10 - Resultados das análises químicas dos solos coletados do “ambiente aberto”	75
Quadro 11 - Resultados das análises químicas do solos coletados do “ambiente conservador”.	76
Quadro 12 - Classes e percentual de uso e ocupação do solo.	120
Quadro 13 – Resolução CONAMA 357/05.	143
Quadro 14 – Valores gerais de referência para interpretação da análise de solo.....	152

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos
APHA - American Public Health Association
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COD - Carbono Orgânico Dissolvido
COP - Carbono Orgânico Particulado
COT - Carbono Orgânico Total
CTC - Capacidade de Troca Catiônica
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
MOS - Matéria Orgânica do Solo
MPCA - Minnesota Pollution Control Agency
OD - Oxigênio Dissolvido
OMS - Organização Mundial da Saúde
PROVARZEAS - Programa Nacional de Aproveitamento de Várzeas
QS - Qualidade do Solo
SST - Sólidos Suspensos Totais
UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Geral	16
1.1.2 Específicos	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 ORGANOSSOLOS	17
2.1.1 Ocorrência.....	17
2.1.2 Características dos Organossolos.....	18
2.1.3 Mineralização da matéria orgânica.....	21
2.1.4 Subsidência.....	24
2.1.5 Solos Tiomórficos.....	25
2.2 ÁGUA.....	27
2.2.1 Importância	27
2.2.2 Qualidade.....	28
2.2.3 Fatores que afetam a qualidade da água.....	29
2.2.4 Parâmetros de Qualidade de Água	30
2.2.4.1 Cor.....	30
2.2.4.2 Turbidez.....	31
2.2.4.3 Sólidos.....	32
2.2.4.4 Condutividade.....	34
2.2.4.5 Salinidade	35
2.2.4.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)	35
2.2.4.7 Cloretos (Cl ⁻).....	36
2.2.4.8 Oxigênio Dissolvido (OD)	37
2.2.4.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Carbono Orgânico Total (COT) e Dissolvido (COD)	38
2.2.4.10 Alumínio (Al)	39
2.2.4.11 Ferro (Fe).....	40
2.2.4.12 Compostos de Nitrogênio	41
2.2.4.13 Compostos de Fósforo	42
3 MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	44
3.1.1 Vale do Suruaca.....	45
3.1.2 Ecossistemas das planícies costeiras.....	46
3.1.3 Clima	48
3.1.4 Hidrografia.....	48
3.1.5 Geomorfologia.....	49
3.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	49
3.3 TRABALHOS DE CAMPO	57
3.4 TRABALHOS DE ESCRITÓRIO	58
3.5 ANÁLISES LABORATORIAIS	59
3.5.1 Água.....	59

3.5.2 Solo	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
4.1 SOLO	62
4.1.1 Aspectos gerais	62
4.1.2 Características químicas	72
4.1.2.1 pH	72
4.1.2.2 Cálcio e Magnésio	77
4.1.2.3 Potássio e Sódio	78
4.1.2.4 Capacidade de troca catiônica (CTC)	79
4.1.2.5 Carbono orgânico	81
4.1.2.6 Nitrogênio	83
4.1.2.7 Fósforo	84
4.2 ÁGUA	85
4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	89
4.2.2 Condutividade	92
4.2.3 Oxigênio dissolvido (OD)	95
4.2.4 Cor	98
4.2.5 Turbidez	101
4.2.6 Sólidos dissolvidos	103
4.2.7 Alumínio (Al) e Ferro (Fe)	105
4.2.8 Nitrogênio (N)	107
4.2.9 Fósforo (P)	109
4.2.10 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	112
4.3 CORRELAÇÕES	114
4.4 USO E MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA	117
4.4.1 Uso e ocupação do solo	117
4.4.2 Classes e tipos de uso e ocupação do solo	119
4.4.3 Drenagem	123
4.4.4 Manejo do solo	128
5 CONCLUSÕES	131
6 RECOMENDAÇÕES	133
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135
ANEXOS	143
ANEXO A - Resolução CONAMA 357/05	143
ANEXO B - GRÁFICOS	144
ANEXO C – TABELAS E QUADROS	145

1 INTRODUÇÃO

As várzeas naturais apresentam geralmente grande riqueza biológica, principalmente pela alta produtividade, sendo nessas áreas que se reproduzem e desenvolvem grandes quantidades de peixes, répteis, pássaros, mamíferos e macrófitas aquáticas. Além de abrigarem igualmente organismos provenientes de áreas secas quando estes são ameaçados por incêndios, desmatamento ou ocupação agrícola. Este fenômeno ocorre especialmente em várzeas costeiras, nas quais o mar, as águas doces e a terra se combinam de forma complexa e diversificada, tendo como resultado grande produção biológica.

Estas regiões apresentam solos de difícil drenagem (hidromorfismo), que possibilita o acúmulo de matéria orgânica, proveniente de vegetação não decomposta, criando grandes depósitos de turfa que originam os solos orgânicos, tecnicamente denominados de organossolos. Estes possuem coloração preta, cinzenta ou marrom e alta capacidade de retenção de água, sendo rica em substâncias orgânicas.

Atualmente, a exploração da vasta biodiversidade das várzeas naturais tem sido intensificada pela necessidade de novas terras para incremento da produção agropecuária.

Os Organossolos, quando drenados e cultivados, estão sujeitos a mudanças significativas e contínuas em suas características físicas e químicas. Estas modificações fazem parte do processo de consolidação e oxidação da matéria orgânica, o qual, na maioria dos casos em que estes solos são manejados inadequadamente, resulta em: subsidência (diminuição do volume através da mineralização ou queima da camada orgânica do solo); seca e endurecimento drástico da camada superficial, dificultando o manejo. Os solos orgânicos ao perderem esta camada orgânica são

progressivamente transformados em Neossolos Quartzarênicos ou em Gleissolos, acarretando numa exposição respectiva de seu subsolo arenoso ou argiloso.

As águas provenientes das chuvas e dos rios a montante destas áreas, ao passarem por estes solos sofrem mudanças físico-químicas devidas às próprias características do solo, que quando em processo de mineralização, liberam substâncias ricas em ácidos orgânicos de coloração escura, classificados como substâncias húmicas, conferindo acidez e cor à água. Assim, nota-se que fatores como teores de matéria orgânica e minerais, acidez e coloração do solo influenciam diversos parâmetros de qualidade da água, tais como, Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD) , Cor, dentre outros, podendo reduzir o potencial de uso dos recursos hídricos, dessas regiões.

A partir da década de 50, o Governo Federal criou o Programa Nacional de Aproveitamento de Várzeas (PROVARZEAS), com o slogan “Um hectare vale por dez”, que através do antigo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), implementou vários projetos em áreas consideradas propensas à produção agrícola.

O “Vale do Suruaca”, localizado ao norte do Rio Doce, definido como uma das várzeas litorâneas, onde existem várias lagoas com grande importância natural, recebeu, a partir de 1973 por incentivo governamental, dezenas de quilômetros de canais de drenagem, com o objetivo de torná-lo agricultável. Contudo, a implantação destes canais foi realizada sem antes terem sido feitos estudos que indicassem os possíveis impactos que esse tipo de intervenção pudesse ocasionar na relação solo-água daquele ambiente.

Atualmente, mesmo depois de aproximadamente quatro décadas de exploração intensiva e com incessante abertura de canais de drenagem, o Vale do Suruaca ainda representa um importante habitat, apresentando fauna e flora diversificadas, além de oferecer base para diversas atividades econômicas como: turismo, agropecuária e extração de petróleo.

Prévost (1999), Wallage et al.(2006) e Tiemeyer (2007) foram alguns dos autores que analisaram características de organossolos e a influência destes, sobre parâmetros de qualidade.

O presente estudo se justifica no sentido de uma melhor compreensão das características dos solos orgânicos e das variações de parâmetros de qualidade de cursos d'água a jusante com vistas à definição das melhores técnicas de manejo, visando à mitigação de impactos provenientes de atividades antrópicas e, em especial, de atividades de drenagem.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Analisar os efeitos da drenagem dos solos hidromórficos sobre parâmetros de qualidade de água e sobre os próprios solos da região do Vale do Suruaca.

1.1.2 Específicos

- Analisar características qualitativas de águas drenadas de Organossolos, com ênfase em parâmetros físico-químicos;
- Comparar os valores dos parâmetros monitorados com os padrões legais de parâmetros de qualidade de água;
- Analisar alterações em Organossolos causadas pela drenagem e por diferentes tipos de uso e manejo;
- Analisar a inter-relação solo-água existente nas áreas monitoradas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORGANOSSOLOS

2.1.1 Ocorrência

No Estado do Espírito Santo as unidades de mapeamento compostas por estes solos como classe principal totalizam uma área de 1.110 km², ou cerca de 2,43% do território do Estado (EMBRAPA, 1978), não considerando a ocorrência destas classes de solos em unidades de mapeamento dominadas por outras classes (especialmente Solos Aluviais, ou Neossolos Flúvicos). O Projeto RADAMBRASIL (1987) cita a existência no Estado do Espírito Santo de uma extensa faixa de Organossolos paralela à linha costeira, que vai do sul para o norte por 120 km, desde a cidade do Riacho até o baixo Rio São Mateus, prolongando - se até Conceição da Barra.

A influência das características do ambiente é perceptível na formação destes solos. Assim, os Organossolos estão presentes em distribuição por todo o Estado, tendo relação principalmente com a posição da costa litorânea, formados sob sedimentos Quaternários com influência marinha, e também em posição continental, sob influência da formação Barreiras (bacias do rio Itapemirim e Itabapoana, entre outros). Estes solos podem apresentar variações representadas por solos eutróficos, mas no geral predominam solos de baixa saturação por bases, e argilas de atividade baixa (EMBRAPA, 1978).

As classes de solos de maior ocorrência nestes ambientes (hidromórficos) são os Gleissolos e Organossolos (EMBRAPA, 2006). Eles se distribuem de forma bastante abrangentes, associados às áreas de relevo plano e cotas baixas, como em planícies fluviais, vales e regiões próximas da costa litorânea, em que aparece, às vezes, a influência marítima (MUEHE, 1995; PASSOS e BIGARELLA, 1998).

2.1.2 Características dos Organossolos

A saturação do solo com água em consequência do encharcamento dos terrenos, altera, a princípio, a disponibilidade de O_2 no solo. O esgotamento deste acontece a partir da atividade microbiana e a reposição passa a não acontecer na mesma taxa, em virtude da dificuldade da difusão do O_2 que acontece em meio aquoso em velocidade 10.000 vezes menor que no ar (PATRICK e REEDY, 1978).

Na formação dos Organossolos (turfas) define-se que, quando as áreas em posição de menor cota ou depressão de relevo mais pronunciada recebem o aporte de fluxos laterais de água com presença de nutrientes a partir de posições de maior cota e encostas próximas, e esse fluxo se constitui em suprimento de nutrientes para estas áreas de formação dos Organossolos, forma-se um material enriquecido de nutrientes, as turfas ou solos orgânicos topógenos. O desenvolvimento da vegetação leva ao aumento da cota, por meio de “empilhamento” do material orgânico pouco decomposto, o que interrompe este fluxo, passando os nutrientes a serem reciclados no próprio ambiente. De forma distinta, quando a formação ocorre em áreas de relevo mais alto, acima do nível dos rios, onde não há entrada de água proveniente de cotas superiores, forma-se um solo pobre em nutrientes, a turfa ombrógena (DRIESSEN, 1978; ANDRIESSE, 1984).

A formação das turfeiras tem por origem, portanto, três fatores principais: a sedimentação da areia, silte e argila oriunda dos terrenos à montante; a deposição de vegetais que crescem emergindo ou sobrenadando na água e a contribuição das plantas existentes nas bordas da região alagada, as quais posteriormente passam a integrar a turfa. Calcula-se que de 100 a 500 anos são necessários para produzir uma camada de 30 cm de turfa; o tempo realmente necessário depende do tipo de planta de cobertura e das condições ambientais. As turfas mais comuns derivam de musgos, algas e plantas das famílias das esfagnáceas, ciperáceas e gramíneas (KIEHL, 1985).

O ambiente deficiente em oxigênio condiciona uma decomposição lenta da matéria orgânica, provocando seu acúmulo e um ambiente de redução (baixo potencial de oxirredução), que transforma Fe^{+++} e Mn^{++} em formas reduzidas (solúveis), facilitando sua migração ou a toxidez para as plantas. A ausência de Fe^{3+} ou a presença de Fe^{2+} faz com que o solo tenha o aspecto acinzentado, esverdeado ou azulado (gleizado) abaixo da camada de matéria orgânica. A coloração esverdeada ou azulada quase sempre implica na presença de Fe (II) (RESENDE et al., 2002).

Os horizontes podem também ser escurecidos devido à acumulação de matéria orgânica, pois os organismos anaeróbios são menos eficientes na mineralização da matéria orgânica que os aeróbios. Além disso, os processos de redução envolvem, freqüentemente, a produção ou o consumo de H^+ e assim, têm também importante efeito sobre o pH do solo (PONNAMPERUMA, 1972; LINDSAY, 1979; VAN BREEMEN et al., 1998).

Conforme descrito por Lindsay (1979) as reações de redução consomem H^+ e contribuem para o aumento nos valores de pH. Ponnamperuma (1972) e Lindsay (1979) destacam algumas conseqüências importantes da reação de redução: a) a concentração de ferro solúvel na água aumenta; b) o pH eleva-se; c) cátions são deslocados dos sítios de troca; d) as solubilidades do fósforo, molibdênio, manganês e da sílica aumentam; e) a solubilidade de alumínio, zinco e boro diminuem; e f) novos minerais são formados.

A classificação internacional para os Organossolos baseia-se no estágio de decomposição do material orgânico subsuperficial, considerando como "peat" ou turfa, com um teor de matéria orgânica superior a 65%, enquanto "muck" com um teor de 20 a 35% (CARDOSO, 1984).

Em relação ao grau de decomposição das fibras do material turfáceo, Cohen (1983), as descrevem como sendo fibrosa, hêmica e sáprica, cujas caracterizações são apresentadas abaixo:

- Fíbrico – material orgânico, constituído de fibras, facilmente identificável como de origem vegetal;
- Hêmico – material orgânico em estágio intermediário de decomposição entre fíbrico e sáprico;
- Sáprico – material orgânico em estágio avançado de decomposição.

As turfas, classificadas como Organossolos, apresentam, além da matéria orgânica, minerais, restos de animais e microbiota, possuindo coloração preta, cinzenta muito escura ou marrom. A matéria orgânica pode ser dividida em: substâncias frescas (não umedificadas) e substâncias húmicas (MENDONÇA et al., 1997). Kononova (1982) propôs a classificação dos compostos orgânicos em dois grupos: primeiro grupo - resíduos de plantas e animais frescos, parcialmente decompostos; segundo grupo - húmus do solo (substâncias húmicas, produtos diversos de decomposição avançada de resíduos orgânicos e também produtos de resíntese microbiana).

De acordo com Silva e Mendonça (2007) as substâncias húmicas contribuem com cerca de 85 a 90 % do carbono orgânico total (COT) dos solos minerais. São constituídas de macromoléculas humificadas amorfas, variando do amarelo a castanho, sendo o principal componente da matéria orgânica do solo. Mesmo autores diz que, as substâncias húmicas são classificadas em três frações e separadas da seguinte forma: fração ácidos fúlvicos (solúvel em álcali e em ácido), fração ácidos húmicos (solúvel em álcali e insolúvel em ácido) e fração huminas (insolúvel em álcali e em ácido).

De acordo com Waskman (1936), características físicas e químicas especiais importantes são atribuídas a estas substâncias presentes no solo, tais como: cor, estrutura característica, peso por volume, propriedades de coesão e adesão, peso específico, capacidade de retenção de água, permeabilidade, capacidade calorífica, contração, coagulação por eletrólitos, capacidade de troca catiônica, poder de tamponamento e odor específico.

Em relação à capacidade de troca catiônica (CTC), a fração húmica da matéria orgânica apresenta em torno de 400-800 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo bem superiores, portanto, as estimativas feitas para a matéria orgânica do solo como um todo, o que se deve à maior concentração de radicais carboxílicos nessa fração (SPOSITO, 1989; CANELLAS et al., 1999).

Em solos tropicais e subtropicais, a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo. Nesses solos a manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição da sua lixiviação (BAYER e MIELNICZUK, 1999).

2.1.3 Mineralização da matéria orgânica

Na natureza o solo comporta-se como um sistema aberto, trocando matéria e energia com o meio. O sistema atinge um estado estável quando as taxas de adição e perda se equivalem (ADDISCOT, 1992). Dentro desse conceito, a adição de matéria orgânica ocorre via adição de carbono pela síntese de compostos orgânicos no processo da fotossíntese. A quantidade adicionada de carbono em determinadas condições edafoclimáticas depende das espécies e dos sistemas de cultura utilizados. Já as perdas de carbono ocorrem principalmente pela liberação de CO_2 na respiração, pela decomposição microbiana dos resíduos e da matéria orgânica do solo e pelas perdas de compostos orgânicos por lixiviação e erosão. A magnitude desses processos, em dadas condições edafoclimáticas, depende direta ou indiretamente do manejo do solo (MIELNICZUK, 1999).

A matéria orgânica do solo (MOS) apresenta potencial para ser utilizada como atributo-chave da qualidade do solo (QS) (DORAN e PARKIN, 1994; MIELNICZUK, 1999), pois, além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando a infiltração e retenção de água e susceptibilidade à erosão (GREGORICH et al., 1994). Ela também

atua sobre outros atributos, tais como: ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo. Solos tropicais, intensamente intemperizados, apresentam como uma das suas principais características químicas a baixa CTC. Nesses solos, o teor de MOS tem importância preponderante na CTC efetiva (BAYER e MIELNICZUK, 1999). Todavia, em algumas situações, notadamente naquelas induzidas por sistemas de manejo com histórico de adoção de curto prazo, este indicador pode não ser um eficiente discriminador das alterações na QS. Nesse caso, a avaliação de compartimentos da MOS, como a particulada, pode ser uma alternativa de incremento da sensibilidade (FREIXO, 2000; BAYER et al., 2001; 2002). Esta fração desempenha importante função na ciclagem de nutrientes, podendo ser considerada uma fração lábil no solo (CONCEIÇÃO et al., 2005).

A partir do momento que a drenagem permite a entrada de oxigênio no sistema, os Organossolos começam a mudar suas características originais. De acordo com Andriesse (1984), a extração da água e a oxidação da turfa causam a destruição da matéria orgânica e a subsidência (perda de massa e volume) da superfície, cuja velocidade de ocorrência depende da natureza da turfa, da capacidade de absorção de água e da proporção de matéria mineral no solo.

Rosado (2004) num estudo de alterações ocorridas em Organossolo submetido à drenagem intensiva, verificou que ocorreu, dentre outras modificações, a redução do carbono orgânico (C-org) quando comparado à condição natural do solo, onde valores com 52 dag kg⁻¹ de C-org. em ambiente preservado, foi reduzido a 1,7 dag kg⁻¹ em ambiente degradado.

Outro fenômeno associado à drenagem é a secagem irreversível, que promove a formação de novos compostos orgânicos favorecida pela exposição da superfície ao sol, que ocasiona o desenvolvimento de grumos de turfa que são incapazes de absorver água (ANDRIESSE, 1984).

Não menos importante é o processo de combustão espontânea da turfa, onde a entrada de oxigênio promove um aumento da atividade de decomposição da matéria orgânica, através da atuação da fauna microbiana do solo, com conseqüente aumento de temperatura na massa em decomposição. A queima traz resultados imediatos no desenvolvimento dos vegetais, promovidos pela disponibilidade de elementos que estavam complexados à matéria orgânica.

Em trabalho realizado por Lani (1998), foi constatado após queima da turfa uma redução de 89% dos valores de CTC nos Organossolos. 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 1).

Quadro 2 - 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./decrésc. (%)
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	0,6	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	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	-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

Fonte: LANI, 1998.

Quadro 3. Resultados das análises químicas do material orgânico (Turfa), na condição natural e após a queima parcial (em condições de campo)

Fonte: LANI, 1998.

2.1.4 Subsidiência

Nos Organossolos, uma das propriedades importantes para predizer o potencial de uso e os riscos de degradação é o grau de subsidiência (perda de massa e volume). Entre as classes de Organossolos ocorrem diferentes riscos de subsidiência, resultantes de seus atributos, em especial da natureza da matéria orgânica e do ambiente de deposição (CONCEIÇÃO et al., 1999; PEREIRA et al., 2005).

As taxas de subsidiência, segundo revisões de literatura, variam entre 1 e 6 cm por ano (INCORA, 1974; CONCEIÇÃO, 1989). Segundo Andriesse (1984), a subsidiência é muito mais rápida nos primeiros anos, tendendo ao equilíbrio com o decorrer do tempo, diminuindo a sua velocidade. A contração ocorrida durante a secagem dos Organossolos, causada por sistemas de drenagem, é uma importante causa da subsidiência no início do processo. A mudança da densidade do solo, refletida por seu aumento após a drenagem, é uma boa medida para estimar o grau de contração, o qual depende da profundidade de drenagem, do teor de material orgânico e do tipo de material orgânico que forma o solo, se é fíbrico, hêmico ou sáprico (VALLADARES, 2003; PEREIRA et al., 2005).

Rojstaczer e Deverel (1995), avaliando a subsidência de solos do Delta dos rios San Joaquin e Sacramento, na Califórnia, EUA, obtiveram índices de subsidência de até 2,5 cm por ano, em dados coletados entre 1910 e 1988.

A matéria orgânica do solo engloba os resíduos vegetais em estágios variados de decomposição, a biomassa microbiana, as raízes e a fração mais estável denominada húmus (CAMARGO et al., 1999)

2.1.5 Solos Tiomórficos

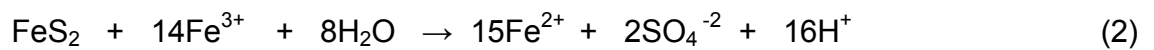
Solos tiomórficos se desenvolvem em ambientes hidromórficos contendo materiais ricos em pirita (FeS_2) que geram acidez a partir da drenagem. Solos para serem classificados como Organossolos ou Gleissolos tiomórficos, devem apresentar horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos dentro de 100 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006).

De modo mais genérico, a maioria dos solos característicos de ambientes costeiros sob condições salinas e de inundação permanente são potenciais solos ácidos sulfatados (PSAS), ou seja, solos que oferecem condições ideais para a formação (piritização) e o acúmulo de materiais sulfídricos oxidáveis (pirita - FeS_2) (FITZPATRICK et al., 1999). A pirita (Figura 1) é o resultado da combinação da condição anaeróbia, fontes de Fe reativo (via aportes de sedimentos inorgânicos), elevados teores de matéria orgânica com fontes prontamente disponíveis de SO_4^{2-} e atuação bacteriana (*Thiobacillus ferrooxidans*) que reduz o sulfato a sulfeto (BREEMEN & BUURMAN, 1998). Onde a principal fonte de sulfato é a água do mar.

A drenagem promove a entrada de oxigênio no perfil do solo, que atua na oxidação da pirita, resultando na formação de ácido sulfúrico. Quando este excede a capacidade de neutralização do material do solo, há uma redução drástica do pH a valores menores que 4,0 (LANI, 1998). A reação descrita por Van Breemen & Pons (1978), é:



A continuidade do aumento do Eh permite a oxidação do Fe^{2+} para Fe^{3+} , e o aumento da atividade deste último reflete-se na continuidade da oxidação da pirita:



Esta elevada acidez, provoca o aumento do intemperismo de minerais de argila, induzindo a formação de sulfato de ferro e alumínio.

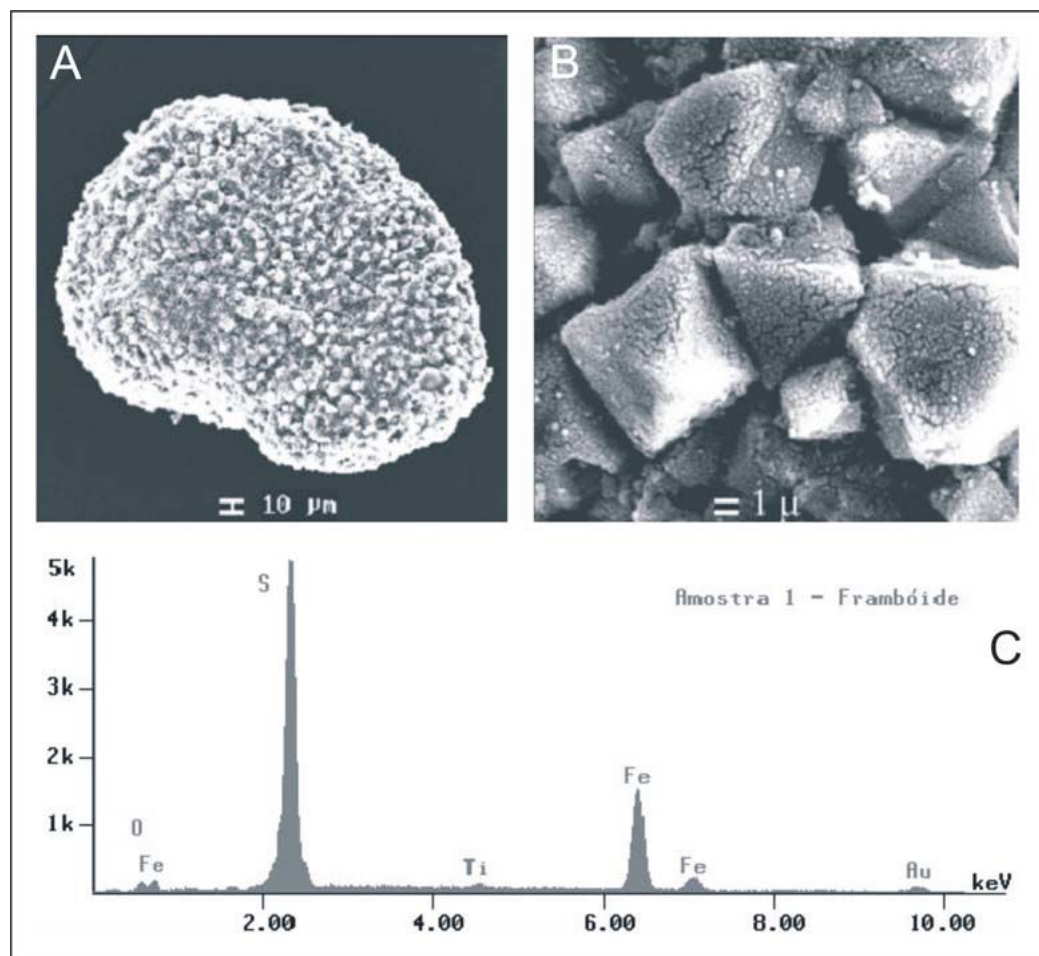


Figura 14 - A) Unidade de pirita de forma frambóide de solo tiomórfico; B) Aglomerado do mineral; C) Mineralogia da pirita mostrando sua constituição química.

Fonte: PINTO, 2005.

Segundo Lani (1998), os problemas relacionados com o pH baixo são os seguintes:

1. Efeitos diretos:

- 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.

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, ocorre a redução do Fe^{3+} , sulfatos e outras formas oxidadas pelas bactérias anaeróbicas (LANI, 1998).

2.2 ÁGUA

2.2.1 Importância

A importância da água para os seres vivos reside no fato de todas as substâncias por eles absorvidas e todas as reações do seu metabolismo serem feitas por via aquosa. Isso acontece porque a água, além de ser quimicamente neutra, possui a capacidade de dissolver um número muito grande de substâncias químicas minerais e orgânicas, sólidas, líquidas ou gasosas, facilitando assim a sua penetração através das membranas celulares e o seu transporte por todo o organismo (BRANCO, 1999).

2.2.2 Qualidade

O conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela fórmula molecular H_2O , isto porque a água, devido às suas propriedades de solvente e a sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água. A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem, onde de maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 1995).

Segundo Rebouças (2002) a qualidade das águas é dependente das características dos ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam, percolam ou ficam estocadas, além de que a qualidade total de uma água pode atingir elevados graus de complexidade. Além disto, a composição das águas superficiais sofre grande influência das chuvas, pois estas podem dissolver e arrastar materiais existentes na superfície do solo.

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. A seguir são apresentados parâmetros determinados rotineiramente em laboratórios de análise de água (VON SPERLING, 1995), (Quadro 2):

Quadro 2 – Parâmetros de qualidade de água.

Parâmetros físicos	cor, turbidez, temperatura, sabor e odor.
Parâmetros químicos	pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro, manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, metais pesados e micropoluentes orgânicos.
Parâmetros biológicos	organismos indicadores, algas e bactérias.

Atualmente os corpos de água são classificados de acordo com a resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 que define as águas como doces, salobras e salinas, baseada na salinidade, sendo as águas consideradas doces, são possuidoras de salinidade até 0,5 partes por mil (500 mg/L), águas salobras, de 0,5 até 30 partes por mil (500 mg/L até 30000 mg/L) e as águas salinas possuidoras de mais de 30 partes por mil (> 30000 mg/L). As águas são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

2.2.3 Fatores que afetam a Qualidade da Água

Para uma dada seção de curso d'água a qualidade de água depende de muitos fatores, incluindo: a proporção do escoamento superficial e da água subterrânea, reações dentro dos limites do curso d' água governadas por processos internos, a mistura de água de tributários de qualidades diferentes (no caso de bacias fluviais heterogêneas) e quantidades de poluentes (MEYBECK et al., 1992).

Segundo Meybeck et al. (1992), na ausência de qualquer impacto humano as concentrações, proporções relativas e taxas de transporte de substâncias dissolvidas nos cursos d'água são altamente variáveis de um local para outro, dependendo das fontes, caminhos e interações com partículas. Já as atividades antropogênicas podem alterar os processos naturais. São consideradas como fontes naturais de elementos para os cursos d' água: desgaste químico da superfície de rochas; precipitação vulcânica; reciclagem de aerossóis oceânicos; erosão eólica continental; degradação da vegetação; lixiviação de solos orgânicos; e entradas atmosféricas.

Em qualquer região ainda não afetada pela atividade humana, a variabilidade na qualidade da água natural depende da combinação dos seguintes fatores ambientais (MEYBECK e HELMER, 1992):

- ocorrência de minerais altamente solúveis ou facilmente desgastados;

- distância da linha costeira;
- razão precipitação/escoamento superficial; e
- ocorrência de turfas, terras úmidas e brejos, os quais liberam grandes quantidades de matéria orgânica dissolvida.

Outros fatores incluem a temperatura ambiente, cobertura dos solos orgânicos, espessura das rochas desgastadas, etc.

Meybeck et al. (1992) citam que as variações de qualidade da água fluvial dependem do regime do rio, isto é, da variabilidade da descarga, do número de inundações por ano e sua magnitude etc. Durante os períodos de inundação, a qualidade da água geralmente apresenta variações marcantes devido às diferentes origens da água: escoamento superficial, escoamento subsuperficial (circulação de água dentro da camada de solo) e descarga da água subterrânea. O escoamento superficial normalmente apresenta alta turbidez e carrega grandes somas de SST (sólidos suspensos totais), incluindo carbono orgânico particulado (COP). O escoamento subsuperficial lixívia carbono orgânico dissolvido e nutrientes (N e P) dos solos e as águas subterrâneas produzem a maioria dos elementos resultante do desgaste de rochas (SiO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+).

2.2.4 Parâmetros de Qualidade de Água

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas.

2.2.4.1 Cor

A cor visível da água é o resultado de comprimentos de ondas eletromagnéticas não absorvidas ou o resultado da presença de substâncias dissolvidas e particuladas. É

possível medir a cor verdadeira e aparente na água. Os minerais naturais tais como oxihidróxidos de ferro e substâncias orgânicas tais como ácidos húmicos conferem cor verdadeira à água. A cor aparente é causada por partículas coloridas e por refração e reflexão da luz nas partículas suspensas (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992).

De acordo com Esteves (1988), compostos húmicos também chamados ácidos húmicos, originam-se principalmente de material alócteno. Este material em decomposição pode ser carreado, em grande quantidade da bacia de drenagem para o interior de lagos e rios, especialmente nas regiões de turfeiras e terrenos arenosos, como por exemplo, regiões de restinga próximas ao litoral. Em conseqüência a cor destes corpos d'água torna-se amarela escura.

Águas naturais possuem cor variando entre 0 e 200 unidades. Cor acima deste valor caracteriza águas de brejos e pântanos, que apresentam altos teores de matéria orgânica dissolvida (HEM, 1985).

Segundo Reynolds et al. apud Kneale e McDonald (1999) é provável encontrar águas ricas em cor após períodos de seca onde, as bacias com a presença de turfa estão sujeitas a queima, a drenagem e locais com sérios problemas de erosão. Os produtos orgânicos aumentam no perfil da turfa quando os níveis d'água estão baixos e a atividade microbiana alta. Desta forma, nos períodos posteriores a chuvas o nível d'água aumenta e lixívia as substâncias orgânicas ricas em cor para dentro d'água (KNEALE & MCDONALD, 1999).

A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece o limite máximo de 75 mgPt/L para a cor em águas classe 2.

2.2.4.2 Turbidez

A penetração da luz na água é alterada por partículas em suspensão que provocam difusão e absorção da luz. A turbidez é a alteração da penetração da luz provocada, por

exemplo, pelo plâncton, bactérias, argilas e silte em suspensão, fontes de poluição que lançam materiais finos e outros (PORTO et al., 1991).

Parâmetros de qualidade de água em rios, como turbidez e SST podem ser fortemente afetados por atividades humanas tais como agricultura e desflorestamento. Entretanto, em certas circunstâncias as mesmas atividades podem ter pequenos efeitos sobre rios. Já em regiões com alta erosão, a agricultura intensiva agrava as taxas de erosão natural (MEYBECK et al., 1992).

O tipo e concentração de material suspenso controlam a turbidez e a transparência. Os valores normais alcançam de 1 a 1.000 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) e os níveis podem ser aumentados pela presença de poluição, de matéria orgânica, outros efluentes, ou escoamento com um alto conteúdo de material suspenso (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

A MPCA (1996) comenta que a turbidez causada nas águas drenando turfas vem da erosão de áreas de mineração e canais. A água turva pode eliminar alguns tipos de peixes e outras vidas aquáticas, por danos aos meios alimentares.

A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece o limite máximo de 100 UNT para águas classe 2.

2.2.4.3 Sólidos

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos na água. Na prática, a classificação é feita separando os sólidos apenas em dois grupos: em suspensão e dissolvidos, onde a separação é feita utilizando-se uma membrana filtrante com poro igual a 0,45 micrômetros (μm). Qualquer partícula que passe é considerada dissolvida e aquela que fica retida é considerada em suspensão (PORTO et al., 1991).

Os sólidos em suspensão estão limitados na legislação ambiental pelos valores de turbidez. Os sólidos em suspensão podem aumentar a turbidez e prejudicar a água esteticamente, assim como reduzir a produtividade do ecossistema pela pouca penetração de luz (PORTO et al., 1991).

Os sólidos suspensos, assim como a turbidez, também podem vir da erosão de áreas de escavação e canais. Os sólidos podem acumular-se em rios, lagos, áreas alagadas e prejudicar os ambientes dos quais dependem muitos peixes, pássaros aquáticos, plantas e outros animais. A decomposição deste material pode também reduzir o oxigênio dissolvido.

Prévost et al. (1999) citam que a concentração de sedimentos suspensos aumentou significativamente e excedeu os limites aceitáveis, para organismos aquáticos durante a abertura de canais e nas semanas seguintes às vazões de pico. Sem efeitos relacionados à drenagem foram encontrados acréscimos de conteúdos de Zn, Fe e Al.

White et al. apud Kneale & McDonald (1999) cita que a fragilidade de uma bacia pode ser identificada pela perda da cobertura vegetal da superfície. A conseqüente erosão traz problemas com aumento de sedimento suspensos, Al, Mn, Fe e alterações na cor da água.

A drenagem de florestas normalmente resulta no aumento de sedimentos suspensos, principalmente durante a abertura de canais e durante períodos de vazões elevadas nas semanas ou nos meses seguintes. Os aumentos das concentrações de N, P, K e Mg e os efeitos variáveis na lixiviação de Fe e Al são citados por Paavilainen e Ptiivtinen apud Prévost et al. (1999).

A Resolução CONAMA nº 357/05 limita em 500 mg/L a concentração máxima de sólidos dissolvidos para águas classe 2.

2.2.4.4 Condutividade

A condutividade elétrica da água é causada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica (PORTO et al., 1991).

A condutividade da maioria das águas doces está entre 10 e 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Contudo, pode exceder 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, especialmente em águas poluídas ou naquelas que recebem grandes quantidades de escoamento superficial de solos (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

Em lagoas costeiras, observa-se freqüentemente um gradiente de condutividade obtendo-se valores mais elevados nas zonas aquáticas situadas mais próximas do oceano e valores decrescentes à medida que essas zonas se afastam do litoral. Nesses ambientes, o teor de condutividade é influenciado pelo transporte atmosférico de minúsculos cristais de cloreto de sódio e pela intrusão oceânica de água subterrânea (VON SPERLING, 2000).

Segundo Hatch (1976), inicialmente a condutividade elétrica decresce em épocas com maior precipitação. O mesmo autor descreve que rios que se localizam em regiões com solos possuindo heterogeneidade química tendem a possuir condutividade igualmente heterogênea.

Prévost et al. (1999) em estudos realizados sobre os efeitos da drenagem de um solo com turfa de floresta sobre qualidade e quantidade de água, a leste de Québec (Canadá), apresentam a tendência num período de cinco anos de qualidade da água do solo e superficial. Neste estudo a condutividade específica da água superficial aumentou significativamente. Este acréscimo foi claramente relacionado com aumento das concentrações de minerais de N ($\text{NH}_4 + \text{NO}_x$), Ca, Mg, Na e S.

2.2.4.5 Salinidade

A concentração de sais minerais dissolvidos na água é expressa como salinidade, que em águas continentais é determinada completamente por quatro cátions principais, cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (Na^{+}) e potássio (K^{+}), e pelos ânions carbonato (HCO_3^{-} ; CO_3^{-2}) , sulfato (SO_4^{-2}) e cloreto (Cl^{-}). Em lagos de regiões costeiras, as concentrações de equivalentes de Na^{+} e Cl^{-} são maiores (WETZEL, 1983).

A variação na distribuição da salinidade é uma das principais características dos sistemas estuarinos. Por essa razão, a salinidade torna-se um importante indicador de mistura e estabilidade da água (NICHOLS & BIGGS, 1985).

A salinidade pode ser medida quimicamente (ppt - partes de sal por mil partes de solução) ou por condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$). A perda de componentes na determinação pelo peso seco e a morosidade da análise química completa dos sais, levaram ao desenvolvimento de métodos indiretos de determinação da salinidade através da medição de propriedades físicas como a condutividade, densidade, velocidade do som ou índice de refração da luz na água.

A Resolução CONAMA n° 357/05 define como águas doces aquelas com salinidade igual ou inferior a $0,5\text{‰}$, como águas salobras aquelas com salinidade entre $0,5\text{‰}$ e 30‰ , e como águas salinas aquelas com salinidade igual ou superior a 30‰ .

2.2.4.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Ress et al. (1989), em estudos realizados no Noroeste da Escócia, citam que as concentrações de carbono orgânico total em correntes de escoamento base e drenagem predominantemente de turfa mostraram estar associadas com os valores de pH da água entre 5 e 6. Correntes com valores de pH de 6,8 - 7,0 e concentrações de COT baixa para escoamento base foram associados com entradas de água de solos

minerais, e foram mais suscetíveis a pronunciada acidificação durante tempestades quando alterado o caminho hidrológico.

Prévost et al. (1999), cita que a drenagem também produziu aumento de pH de uma unidade, resultado atribuído ao aumento do escoamento superficial de uma parte das terras altas da bacia de drenagem.

Em águas não poluídas, o pH é controlado principalmente pelo balanço entre dióxido de carbono (CO_2), íon carbonato (CO_3^{2-}) e íon bicarbonato (HCO_3^-), bem como outros compostos naturais, como ácidos húmicos e fúlvicos (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992).

A MPCA - Minnessota Pollution Control Agency (1996), em descrição dos impactos de atividades associadas com escavação de turfa sobre a qualidade de água, apresenta a acidez, ou baixo pH, ligada à drenagem que conseqüentemente aera a turfa e libera os ácidos (muitas vezes ácidos nítrico e sulfúrico). As águas ácidas podem matar peixes e vida aquática e limitar a produção de ovos.

A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece o intervalo de 6,0 a 9,0 para o pH em águas enquadradas como classe 2.

2.2.4.7 Cloretos (Cl^-)

As concentrações de cloretos em águas doce são normalmente menores que 10 mg/L e algumas vezes menores que 2 mg/L. Altas concentrações de cloretos podem ocorrer próximas a esgotos e outras saídas de resíduos, drenos de irrigação, intrusões de águas salina em áreas áridas e em áreas costeiras úmidas (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

Cloretos estão presentes em baixas concentrações em todas as águas naturais. Exceções ocorrem quando as águas recebem fluxos de águas subterrâneas de elevada concentração de cloreto ou efluentes industriais, ou quando são afetadas por marés

oceânicas. Chuvas próximas a oceanos comumente contêm de uma a várias dezenas de miligramas por litro de cloreto, mas as concentrações observadas decrescem rapidamente na direção do continente (HEM, 1985).

Algumas águas contendo 250 mgCl-/L podem ter um gosto salgado detectável se o cátion for o sódio. Por outro lado, o gosto salgado típico pode estar ausente em águas contendo mais que 1000 mg/L quando os cátions predominantes são cálcio e magnésio (APHA - American Public Health Association, 1995).

A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece o limite máximo 250 mg/L para cloretos em águas enquadradas como classe 2.

2.2.4.8 Oxigênio Dissolvido (OD)

Os conteúdos de oxigênio de águas naturais variam com a temperatura, salinidade, turbulência, atividade fotossintética de algas e plantas e pressão atmosférica. A solubilidade do oxigênio decresce quando a temperatura e salinidade aumentam. Em águas doces ao nível do mar o oxigênio dissolvido (OD) alcança de 15 mg/L a 0°C a 8 mg/L a 25°C (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

Concentrações de OD abaixo de 5 mg/L podem adversamente afetar o funcionamento e sobrevivência de comunidades biológicas e abaixo de 2 mg/L podendo levar à morte de muitos peixes. A medida de OD pode indicar o grau de poluição pela matéria orgânica, a degradação de substâncias orgânicas e o nível de auto-depuração da água (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

Também em corpos d'água, as medidas de OD são vitais para a manutenção de condições oxidantes (aeróbias) para degradar a matéria orgânica e para manter, por exemplo, o fósforo no sedimento dos lagos. Na ausência de OD no fundo de lagos, dosam-se nitratos, que serão uma fonte de OD para bactérias facultativas, mantendo-se assim condições oxidativas junto ao sedimento (PORTO et al., 1991).

Uma das causas de baixos teores de OD, em águas provenientes de áreas com características alagadiças, é a presença de solos hidromórficos, que apresentam fluxo muito lento e grande quantidade de matéria orgânica (MENDONÇA et al., 1997).

A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece o limite mínimo de 5 mg/L para águas enquadradas como classe 2 e classe 7.

2.2.4.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Carbono Orgânico Total (COT) e Dissolvido (COD)

A maior parte das águas doces contém matéria orgânica que pode ser medida como Carbono Orgânico Total (COT). Para fins comparativos, indicação da soma de matéria orgânica presente pode ser obtida por medidas de propriedades relacionadas, principalmente com a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e com a Demanda Química de Oxigênio (DQO) (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

A lixiviação de Organossolos gera nitrogênio (NH_4^+ , NO_3^-) e matéria orgânica dissolvida (carbono orgânico dissolvido - COD e nitrogênio orgânico dissolvido - NOD) nas águas superficiais (MEYBECK et al., 1992).

De acordo com Esteves (1988), o COD em lagos é constituído principalmente por substâncias húmicas que, de acordo com sua solubilização, são classificados em: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina. Dada a sua solubilidade em água, os ácidos fúlvicos constituem a maior fração entre as substâncias húmicas dissolvidas representam, conseqüentemente, o principal responsável pela cor amarelada dos lagos ricos em substâncias húmicas.

Cresser & Edwards apud Cresser et al. (1997), em trabalho sobre acidificação de águas verificaram que a água do solo alcançando os cursos d'água, para descargas de pico, é caracterizada por baixas concentrações de Ca, Mg, Na e Si, altas concentrações de COD (carbono orgânico dissolvido), Fe e Al e concluíram ser fortemente influenciada,

pela química de troca iônica dos horizontes de solo mais elevados (O/A). Para as descargas mais baixas, a água alcançando os rios é caracterizada pela química de menor acidez dos horizontes (B/C), mais baixos, e/ou água derivada de fontes de água subterrânea.

A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece o limite máximo de 5 mg/L para DBO em águas enquadradas como classe 2 e classe 7.

2.2.4.10 Alumínio (Al)

As substâncias húmicas têm a habilidade para combinar com quantidades consideráveis de íons metálicos. Por exemplo, muitos metais podem ser enriquecidos dentro de águas da turfa do solo, tanto que a concentração do metal na turfa pode ser 10.000 vezes maior do que a sua concentração na água. Schnitzer apud, Snoeyink e Jenkins, (1980) estimou que uma solução contendo 100 mg de ácido fúlvico/L pode manter em solução 8,4 mg Fe(III) e 4,0 mg Al(III)/L. A concentração de Fe(III) é maior duas ordens de magnitude do que a esperada em solução na água com pH aproximadamente 7 em equilíbrio com hidróxido férrico (SNOEYINK & JENKIS, 1980). As águas ácidas na drenagem da turfa ajudam a manter o alumínio dissolvido na turfa e carregá-lo para o curso d'água (MPCA, 1996).

Quanto à acidificação de rios, um problema particular associado a esta é a solubilização de alguns metais, particularmente o Al^{3+} , quando o pH alcança valores abaixo de 4,5. Os aumentos resultantes das concentrações de metais podem ser tóxicos para peixes e tornar a água imprópria para outros usos (MEYBECK et al., 1992).

A presença de espécies de alumínio parece disputar uma parte no controle do pH das águas do solo ácido na escala de pH de 3 - 6. O aumento da entrada de ácidos devido à chuva ácida ou à degradação da matéria orgânica de florestas, causa aumento da remoção do alumínio dos solos que têm uma capacidade tamponante baixa. O alumínio solúvel é moderadamente tóxico para a maioria das plantas e os efeitos de acidificação

dos solos são: redução da concentração de alguns elementos essenciais e aumento da concentração de elementos tóxicos (O'NEILL, 1991).

A OMS - Organização Mundial da Saúde, em estudos epidemiológicos não concluídos indica evidências de que lesões cerebrais características do Mal de Alzheimer podem ter relação com a presença de alumínio na água de abastecimento para consumo humano quando superiores a 0,01mgAl/L (WHO apud Batalha, 2000).

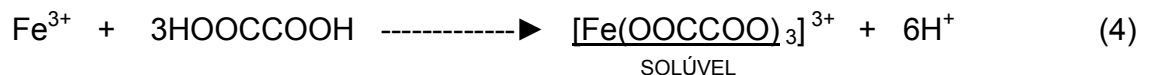
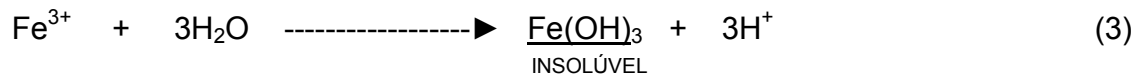
A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece o limite máximo de 0,1mg/L de alumínio dissolvido em águas enquadradas como classe 2.

2.2.4.11 Ferro (Fe)

Complexos metálicos de substâncias húmicas são importantes em águas naturais porque influenciam fortemente a distribuição de metais entre os estados dissolvido e particulado (SNOEYINK & JENKIS, 1980).

Muitos dos compostos orgânicos produzidos durante a decomposição da matéria orgânica podem atuar como agentes complexantes, os quais podem aumentar ou decrescer a solubilidade de um elemento. Os compostos orgânicos com massa molecular relativa alta, tais como aqueles que formam a turfa e as camadas húmicas nos solos, são insolúveis na água. Todavia, os metais conduzem à formação de complexos com estas substâncias que são mantidas em formas imóveis nas camadas superficiais dos solos. Os compostos com peso molecular baixo (valores menores do que 1000), e os quais contêm os grupos OH ou COOH, são mais aptos para formar complexos solúveis com metais e então aumentar a mobilidade destes metais. A ligação do composto orgânico ao íon metálico no complexo impede a reação do íon metálico com outras substâncias químicas. Desta forma, a química dos íons complexados pode ser completamente diferente da química dos íons simples. Por exemplo, Fe (III), muitas vezes precipitará da solução (Eq. 3) quando o pH alcançar

valores acima de 4. Se o ácido oxálico, HOOC-COOH estiver presente, um complexo ferro - ácido oxálico, tal como o trioxalato de ferro (III), $[\text{Fe}(\text{OOC-COO})_3]^{3-}$ é formado, visto que é solúvel a pH's maiores do que 4 (Eq. 4) (O'NEILL, 1991).



A ocorrência de ferro em solução aquosa é dependente das condições ambientais, especialmente oxidação e redução (CHAPMAN & KINSTACH, 1992).

Conforme a MPCA (1996) as águas ácidas na drenagem de turfa também dissolvem ferro, podendo esta ser liberado quando aderido aos sólidos suspensos. Os depósitos de ferro podem obstruir guelras de peixes e depositar espumas prejudiciais nos cursos d'água, lagos e fundos de pântanos.

A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece o limite máximo de 0,3mg/L de ferro dissolvido em águas enquadradas como classe 2.

2.2.4.12 Compostos de Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de sistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago

(ESTEVEES, 1988).

Plantas e microorganismos convertem nitrogênio inorgânico em formas orgânicas. No meio ambiente, nitrogênio inorgânico ocorre em uma faixa de estados de oxidação como nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-), íon amônio (NH_4^+) e nitrogênio molecular (N_2). Ele passa por transformações biológicas e não biológicas no ambiente, como parte do ciclo do nitrogênio (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

O nitrogênio em lagos é proveniente da precipitação, da fixação de N_2 em água e de sedimentos e a portes, devido à drenagem superficial e subterrânea. As perdas de nitrogênio ocorrem devido à descarga de água por fluxos de saída, à redução de NO_3^- a N_2 pela desnitrificação bacteriana e à perda permanente nos sedimentos de compostos de nitrogênio orgânicos e inorgânicos (WETZEL, 1983).

A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece o limite máximo de 3,7mg/L de nitrogênio amoniacal total (N total) para pH menor que 7,5 , 2,0 mg/L de N total para pH entre 7,5 e 8,0, 1,0 mg/L de N total para pH entre 8,0 e 8,5 e 0,5 mg/L de N total para pH maior que 8,5, em águas enquadradas como classe 2.

2.2.4.13 Compostos de Fósforo

Fontes naturais de fósforo vêm principalmente de rochas que sofrem a ação do tempo, da decomposição da matéria orgânica e da precipitação. Fósforo associado com constituintes orgânicos e minerais de sedimentos em corpos d'água pode também ser mobilizado por bactérias e liberado para a coluna d'água (CHAPMAN e KINSTACH, 1992).

Principais controles de solubilidade de fósforo estão relacionados à co-precipitação e à adsorção, bem como à assimilação pela biota. O uso de fosfato pela vegetação aquática e talvez a adsorção de íons fosfato por óxidos metálicos, especialmente óxidos

e hidróxidos de ferro e manganês, podem impedir concentrações maiores de fósforo na água (HEM, 1985).

Fósforo é raramente encontrado em altas concentrações em águas doces, pois é ativamente assimilado pelas plantas. Como resultado, pode haver consideráveis flutuações sazonais na superfície das águas (CHAPMAN & KINSTACH, 1992).

Segundo Snoeyink & Jenkins (1980), concentrações típicas de fósforo total são encontradas em diferentes tipos de água, como esgotos domésticos: 3 - 15 mg/L; drenagem de agricultura: 0,05 - 1 mg/L; superfície de lagos: 0,01 - 0,04 mg/L.

A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece o limite máximo de 0,1mg/L de fósforo total em águas enquadradas como classe 2.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A várzea litorânea do “Vale do Suruaca”, está localizada nos municípios de São Mateus, Jaguaré e Linhares, norte do estado do Espírito Santo, ao norte do delta do rio Doce, indo do litoral até encontrar com os tabuleiros (Figura 2). Círculos azuis representam pontos de monitoramento de água e círculos laranjas representam pontos de amostragem de solos para o presente estudo.

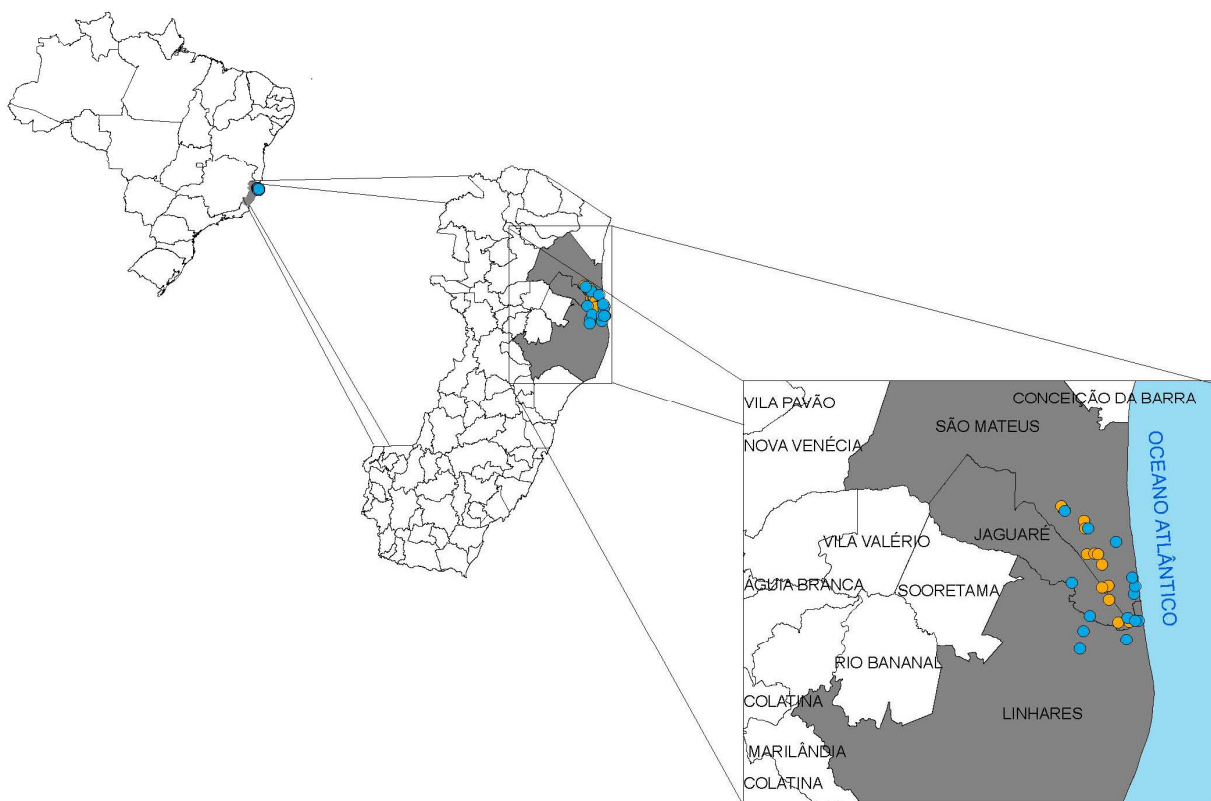


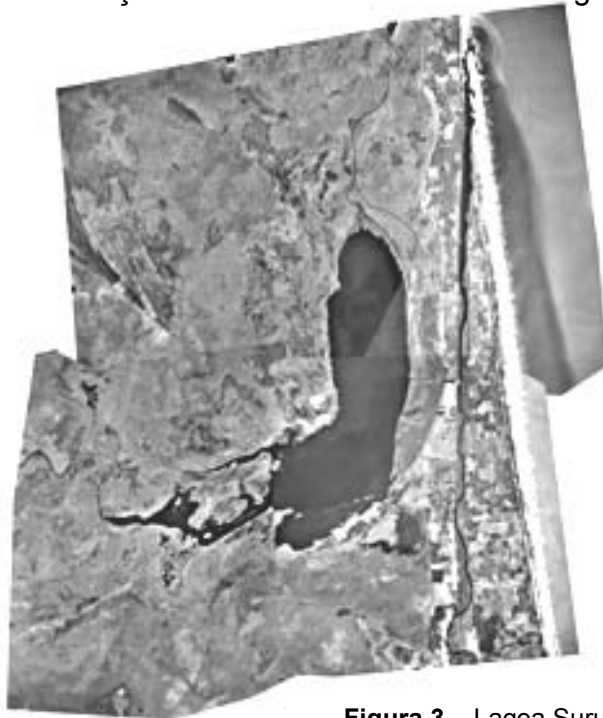
Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo.

3.1.1 Vale do Suruaca

A região do Suruaca, localizada à direita do Delta do rio Doce, foi uma das últimas áreas a ser desbravada no estado do Espírito Santo. Formando um pequeno pantanal com difícil drenagem e com as imprevisíveis cheias do rio Doce, tornou-se um desafio muito difícil de vencer para os padrões atuais de agricultura (LANI, 1998).

No final da década de 60 (1968), o Governo Federal estimulado pelo Programa de Desenvolvimento para a cultura de arroz em várzeas (PRÓVARZEA), promoveu o desbravamento da região através do extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), realizando a construção de canais, com o objetivo de drenar a região, propiciando a implantação de arroz, cacau e pastagem.

A partir daí a drenagem tornou-se uma prática comum entre produtores da região, fato este que levou à construção de um canal ao sul da Lagoa Suruaca, com o objetivo de aumentar a velocidade de saída das águas em período de cheias, o que levou a uma diminuição considerável de sua área alagada. (Figura 3).



Fonte: Força Aérea Brasileira, 1965.



Fonte: Projeto Tamar, 1998.

Figura 3 – Lagoa Suruaca em diferentes épocas.

Tais obras foram feitas sem antes terem sido realizados estudos sobre este delicado ecossistema, com presença de solos hidromórficos altamente sensíveis e berço original de muitas espécies vegetais e animais de hábitos aquáticos, como exemplo: tabuiaia (*Euxenura maguari*) ave de porte alto, conhecido como tuiuiú capixaba, gavião-real (*Falco peregrinus*), jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), onça-pintada (*Panthera onça*), veado-galheiro (*Blastocerus dichotomus*) dentre outras, sendo todas catalogadas na lista do IBAMA de espécies ameaçadas de extinção.

3.1.2 Ecossistemas das planícies costeiras

As planícies costeiras do norte são as mais expressivas do Espírito Santo, adentrando ao continente em grandes extensões. Os três ecossistemas existentes na região norte estão estabelecidos sobre diferentes áreas geomorfológicas (Figura 4), sendo que as Restingas estão localizados sobre os terrenos do Quaternário Holocênico e Pleistocênico. Os Manguezais que também encontram-se sobre os terrenos do Quaternário, ocupam apenas as faixas sobre o Holoceno. Já as Matas de Tabuleiros compreendem as áreas sobre os terrenos do Terciário, com solos característicos do Grupo Barreiras.

Estes ecossistemas são compostos por diversas fitofisionomias, onde cada qual apresenta condições ecológicas distintas, o que faz com que estas regiões do norte do Estado agreguem uma alta diversidade florística e paisagística.

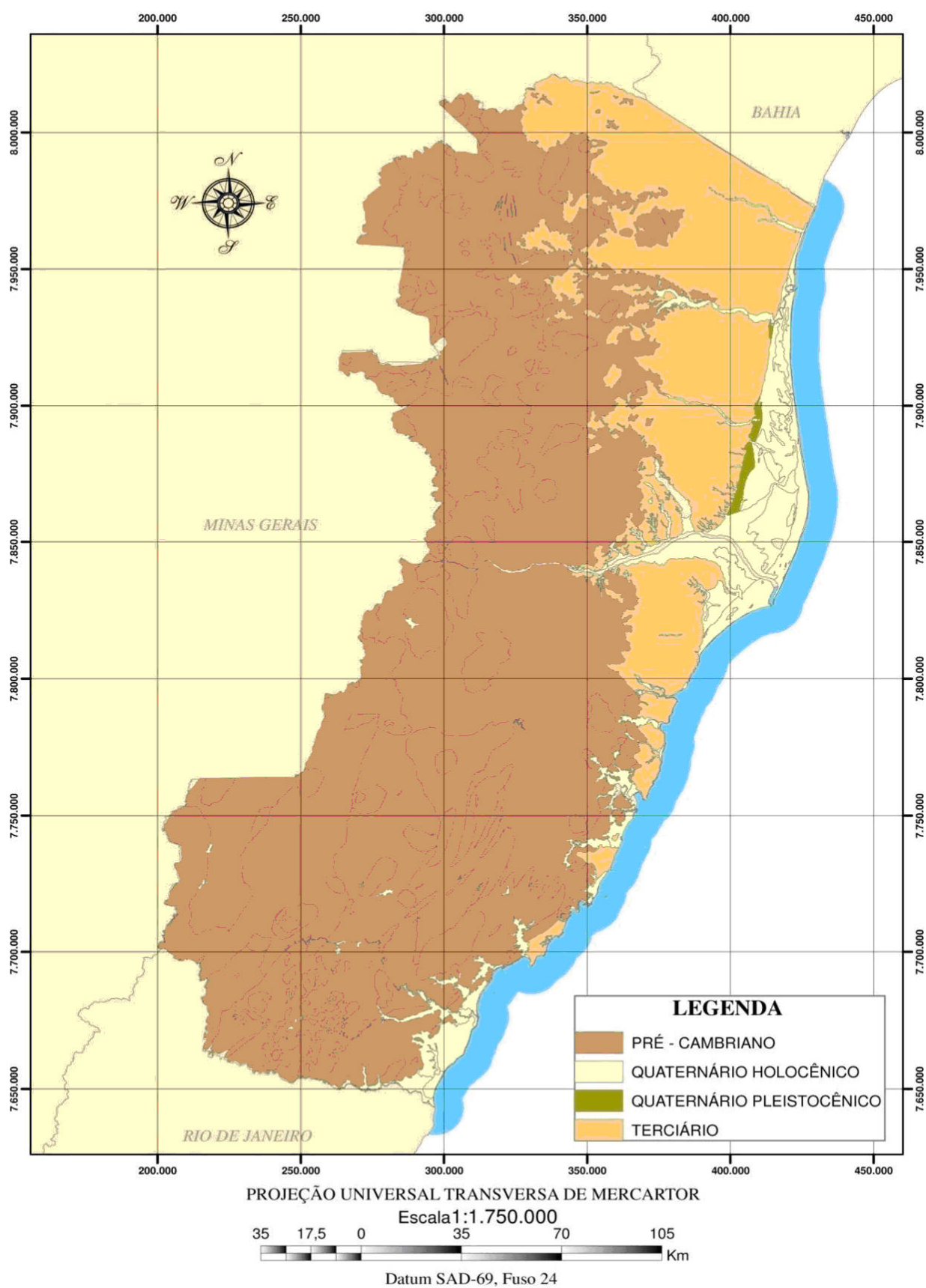


Figura 4 – Mapa geológico do Estado Espírito Santo.
Fonte: Adaptado por IEMA.

3.1.3 Clima

A maior parte da região possui clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, chamado Clima das Savanas Tropicais, temperatura média variando de 20,93 °C no inverno a 26,21 °C no verão, ventos com predomínio absoluto de direção nordeste e umidade relativa média do ar de 83%, valor considerado alto para as temperaturas médias observadas, justificada pela proximidade do mar, que possibilita um fluxo constante de vapor d' água para a atmosfera. A região apresenta um regime pluviométrico com chuvas mal distribuídas no decorrer dos anos e durante o ano, chovendo em média 1.230 mm, onde a estação seca coincide com os meses mais frios do ano, chovendo em torno de 26,5% do total de chuva média anual. Existe grande variação nos totais de chuvas anuais, com alguns anos chuvosos entremeados por alguns secos, devido a fenômenos atmosféricos globais, principalmente os que se denominam de “El Niño” (MENDONÇA et al., 1997).

3.1.4 Hidrografia

A região do Vale do Suruaca de acordo com a Agência Nacional das Águas está localizado na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, na sub-bacia 55 da bacia 5. O rio Mariricu flui na direção norte-sul, na direção dos dois sentidos, ao norte para a foz do rio São Mateus ou ao sul para a foz do rio Barra Nova.

Dentro da região existe o rio Barra Seca que passa pela Reserva Biológica de Sooretama e da Vale, se encontra com as águas do rio Biriba, após ter passado pela lagoa Bonita, e deságua na lagoa Suruaca. O estuário do rio Barra Seca recebe a afluição do rio Ipiranga, que flui no sentido sul-norte.

Cabe observar a existência de diversas lagoas e que grande parte da região é alagada, apresentando uma série de canais de drenagem construídos pelo DNOS ou por fazendeiros da região.

3.1.5 Geomorfologia

De acordo com Suguio et al. (1982) as planícies costeiras da região do rio Doce, é constituída de sedimentos litorâneos arenosos e depósitos areno argilosos fluviais, além de zonas baixas superficialmente turfosas. É cortada por dezenas de cursos d'água, dos quais o rio Doce e São Mateus desempenharam os papéis mais importantes da sedimentação quaternária. A formação desta planície está ligada às oscilações do nível do oceano no Quaternário, que possibilitou a formação de depósitos marinhos, depósitos lacustres e depósitos fluviais.

Na região de estudo existem duas feições geomorfológicas que fazem parte do Domínio dos Depósitos Sedimentares, englobando uma extensa faixa alongada que vai do norte ao sul. Estas feições foram originadas em duas eras geológicas diferentes, idades Terciária e Quaternária.

As unidades geomorfológicas são os Tabuleiros Costeiros e as Planícies Costeiras. Os Tabuleiros Costeiros de idade Terciária estão limitados a oeste pelas elevações cristalinas e a leste pelas planícies litorâneas de idade Quaternária, caracterizando - se por grandes áreas planas e divididas por vales aluviais de dimensões consideráveis, advindos de acumulação fluvial no Quaternário. As Planícies Costeiras estão desde o início dos tabuleiros até a linha de praia, adentrando para o interior através de cursos fluviais, originando vales largos de fundo chato ocupados por sedimentos litorâneos arenosos, depósitos areno - argilosos fluviais e zonas baixas com turfa, as quais assumem proporções significativas nos vales fluviais dos rios Doce e São Mateus (MENDONÇA et al.,1997).

3.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Para melhor entendimento do estudo desenvolvido, apresenta-se a seguir descrição sucinta das várias etapas:

- Escolha da área de estudo;
- Divisão da área em diferentes ambientes;
- Análises dos fluxos de água superficial da área de estudo;
- Escolha de pontos de monitoramento de água e parâmetros de qualidade;
- Escolha de pontos e parâmetros de qualidade de solos representativos dos diferentes ambientes e níveis de degradação referente a drenagem;
- Definição de datas para campanhas de campo;
- Coleta das amostras;
- Análise e comparação de parâmetros de solo e água;
- Comparações entre parâmetros de qualidade de água nas entradas e saídas do sistema;
- Análise conjunta dos parâmetros de solo e de água;
- Análise gráfica e estatística das informações;
- Análise da influência das características do solo sobre parâmetros de qualidade de água.

A área foi inicialmente reconhecida em campanha preliminar para observação da presença de solos predominantemente orgânicos, originalmente formados sobre dois tipos de solo mineral, um de constituição arenosa e outro de constituição argilosa, como também o monitoramento de alguns parâmetros de qualidade de água em corpos d'água drenando estas áreas, através de equipamento portátil denominado Hydrolab (*Quanta*). Os pontos monitorados em “in situ” foram pH, OD, salinidade, turbidez e condutividade.

Como etapa posterior foi feita a seleção de pontos para coleta de água, a partir dos resultados da fase anterior, de forma a verificar as características qualitativas da água drenando tais regiões com a presença de solos com alto teor de matéria orgânica, bem como os pontos de coleta de solo que influenciariam na qualidade da mesma e que possuísem diferentes estágios de decomposição da camada orgânica (ou “horizonte hístico”), de forma a demonstrar os diferentes tipos de manejo sofrido.

Foram selecionados 14 pontos de monitoramento para coletas de água (“Z”) e posteriores análises laboratoriais. Resultados de campanhas de monitoramento realizadas em 1996 e outra realizada em 2001 foram utilizados para facilitar escolha de pontos e futuras discussões (MENDONÇA et al., 1997) (Quadro 3) Quanto às amostras de solos, foram selecionadas 14 pontos de amostragem (“S”), 4 na região alta da era Terciária denominada Formação Barreiras e 10 nas baixadas da era Quaternária, estes com diferentes estágios de mineralização do horizonte hístico e que possuísem inter-relações direta e indireta com os pontos de água (Quadro 4).

A área de estudo foi dividida em duas regiões a depender da constituição do subsolo (Figura 5), um de constituição arenosa sendo chamado de “ambiente aberto” localizado ao norte do vale, indicado no mapa como AMd2 e outro de constituição argilosa sendo chamado de “ambiente conservador” localizado ao sul, indicado no mapa como HGHD. Cada região teve a caracterização das águas de entrada, antes de passar pelo solo orgânico, provenientes de regiões a montante, e das águas de saída depois de passar pelo solo orgânico (Figura 6).

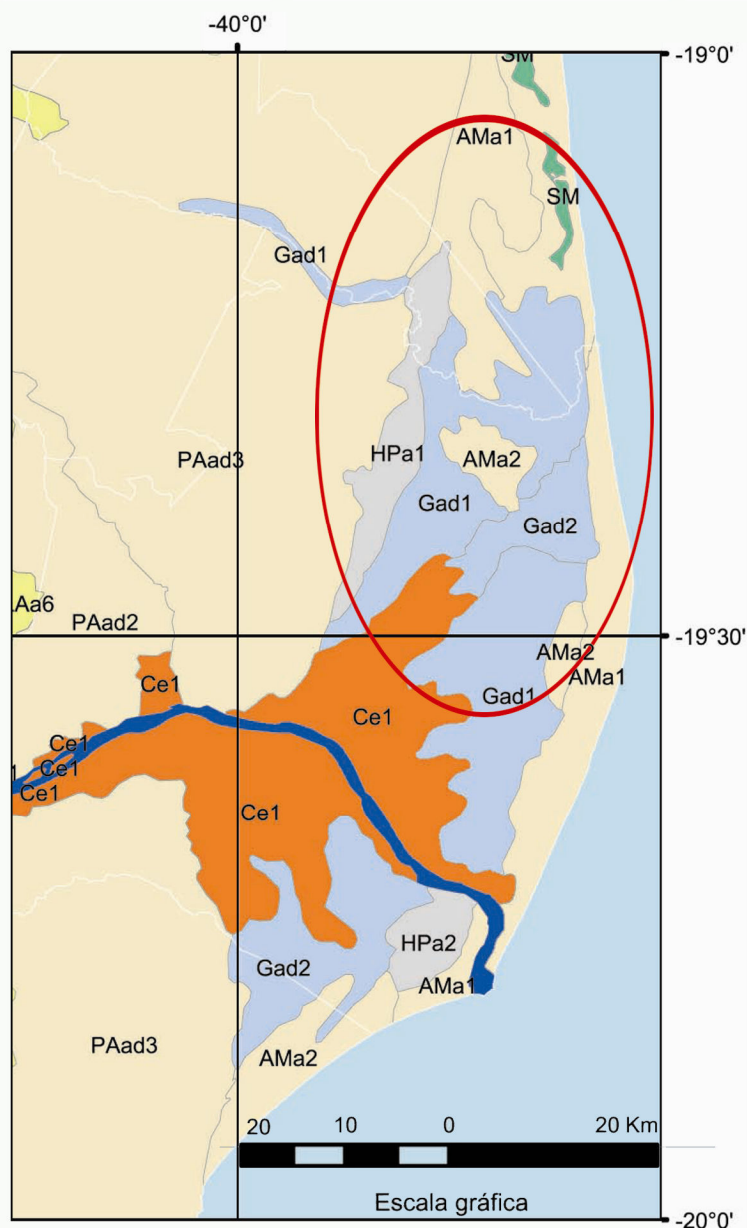
Quadro 3 - Localização dos corpos d'água monitorados

Ponto	Coordenada UTM Fuso 24 S		Localização	Tipo de corpo d'água
	Leste	Norte		
Z02	407480	7892772	Rio Barra Seca	Rio
Z03	409525	7876639	Rio Biriba Ponte de madeira	Rio
Z04	410402	7881047	Lagoa Bonita	Lagoa
Z05	411946	7884696	Rio (ponto de encontro do rio B. Seca e L. Bonita)	Rio
Z06	423012	7883496	Lagoa Suruaca	Lagoa
Z07	420765	7878852	Canal B (DNOS) Ponte de madeira	Canal
Z08	423864	7883608	Rio (encontro da Lagoa Suruaca e Canal B) Ponte de cimento	Rio
Z10	421128	7884246	Canal de drenagem Ponte de madeira	Canal
Z11	422644	7890069	Vala Mestra saída de drenagem da Fazenda Cedro	Canal
Z12	422940	7891859	Canal de drenagem	Canal
Z14	422166	7894052	Rio Mariricu Ponte de Cimento	Rio
Z15	411515	7905974	Córrego Sapucaia	Córrego
Z16	405777	7910162	Córrego dos Macacos	Córrego
Z22	418278	7902706	Canal DNOS	Canal

Quadro 4 - Localização dos pontos de amostragem de solo

Ponto	Coordenadas UTM Fuso 24 S		Localização	Uso Atual
	Leste	Norte		
S1	405572	7910436	Antiga estrada sentido São Mateus, entrada a direita em frente a igreja da Jaqueira, antes da ponte.	Sob vegetação em estágio médio de regeneração.
S2	404990	7911335	Antiga estrada sentido São Mateus, entrada a direita em frente a igreja da Jaqueira, antes da ponte.	Sob vegetação em estágio inicial de regeneração.
S3	410491	7907812	Antiga estrada sentido São Mateus, entrada a direita antes do eucaliptal da Aracruz Celulose.	Vegetação herbácea de brejo
S4	410811	7905921	Antiga estrada sentido São Mateus, entrada a esquerda no eucaliptal da Aracruz Celulose, na Faz. família Marim.	Grupo de árvores de coco e jaca
S5	411151	7899678	Estrada nova de asfalto sentido Palmito, km 17, na margem do asfalto 200m à direita, na Faz. família Marim.	Pastagem quicuí com samambaia
S6	413051	7899822	Em frente trevo p/ Palmito, à direita na estrada de acesso a Estação da Petrobrás Faz. Cedro, na Faz. Queimada	Pastagem quicuí com samambaia
S7	413855	7899693	Em frente trevo p/ Palmito, à direita na estrada de acesso a Estação da Petrobrás Faz. Cedro, na Faz. Queimada	Pastagem de quicuí
S8	414906	7897193	Base da Petrob. no complexo de exploração de gás e petróleo, na Faz. família Brotas.	Vegetação herbácea de brejo
S9	416601	7888636	Estrada sentido Pontal do Ipiranga, lado esquerdo a 500m na Fazenda Cedro	Pastagem angola
S10	421541	7883267	Estrada sentido Pontal do Ipiranga	Vegetação de brejo (taboa)
S11	418866	7883162	Estrada sentido Pontal do Ipiranga	Vegetação de brejo (taboa)
S12	415430	7891616	Estrada sentido São Mateus, à direita, nos fundos do curral de leite da Fazenda Cedro	Pastagem angola
S13	416494	7892091	Estrada sentido São Mateus, à direita, nos fundos do curral de leite da Fazenda Cedro, início vala mestra	Vegetação de brejo (taboa)
S14	414919	7891561	Estrada sentido São Mateus, à direita, nos fundos da casa do vaqueiro do curral de leite da Fazenda Cedro	Pastagem grama estrela

MAPA DE SOLOS DO ESTADO ESPÍRITO SANTO



G06 PODZÓLICOS VERMELHO-AMARELOS DISTRÓFICOS (ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS DISTRÓFICOS)

PVa - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ALÍCO Tb A moderado textura média/argilosa e argilosa fase floresta subperenifolia relevo forte ondulado
PVad - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ALÍCO E DISTRÓFICO Tb A moderado textura média/argilosa fase floresta subcaducifolia relevo ondulado e suave ondulado + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa fase floresta subcaducifolia relevo ondulado e suave ondulado + PODZÓLICO VERME-

LHO-ESCURO EUTRÓFICO Tb A moderado textura média/argilosa fase floresta subcaducifolia relevo ondulado e suave ondulado

PVLd - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO LATOSSÓLICO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa fase floresta subperenifolia relevo forte ondulado e ondulado + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa fase floresta subperenifolia relevo forte ondulado e ondulado

PVd1 - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO A moderado textura média/argilosa e argilosa/muito argilosa fase floresta subcaducifolia relevo forte ondulado e ondulado

PVd2 - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO Tb não abrupto e abrupto A moderado textura argilosa e argilosa/muito argilosa fase floresta subcaducifolia relevo montanhoso e forte ondulado

PVd3 - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO A moderado textura média/argilosa fase floresta subperenifolia relevo montanhoso + LÍTOLICO DISTRÓFICO A moderado textura média e argilosa fase floresta subperenifolia relevo forte ondulado e ondulado + PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO Tb A moderado textura média/argilosa fase floresta subperenifolia relevo forte ondulado

G12 GLEISSOLOS E ORGANOSSOLOS

HOA - SOLO ORGÂNICO ALÍCO textura orgânica fase campo hidrófilo de várzea relevo plano + GLEI HÚMICO ALÍCO Tb A proeminente textura argilosa fase campo hidrófilo de várzea relevo plano

Gad1 - GLEISSOLO ALÍCO DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa e muito argilosa fase campo de várzea relevo plano + SOLO ORGÂNICO ALÍCO E DISTRÓFICO textura orgânica fase campo de várzea relevo plano

Gad2 - GLEISSOLO ALÍCO DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa e muito argilosa fase campo de várzea relevo plano + CAMBISSOLO EUTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + SOLOS ORGÂNICOS ALÍCOS E DISTRÓFI-

COS: textura orgânica fase campo de várzea relevo plano

Gd - GLEI DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + GLEI HÚMICO DISTRÓFICO Tb textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + ALUVIAL DISTRÓFICO Tb A moderado textura média fase campo de várzea relevo plano

GHd1 - GLEI HÚMICO DISTRÓFICO Tb textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + SOLO ORGÂNICO ALÍCO textura orgânica fase campo de várzea relevo plano

GHd2 - GLEI HÚMICO DISTRÓFICO Tb textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + ALUVIAL DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + SOLONCHACK SÓDICO A moderado textura muito argilosa fase campo halófilo relevo plano

GHd3 - GLEI HÚMICO DISTRÓFICO Tb textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + ALUVIAL DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + SOLONCHACK SÓDICO A moderado textura muito argilosa fase campo halófilo relevo plano

GHd4 - GLEI HÚMICO DISTRÓFICO Tb textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + ALUVIAL DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa fase campo de várzea relevo plano + SOLONCHACK SÓDICO A moderado textura muito argilosa fase campo halófilo relevo plano

G14 AREIAS QUARTZOSAS MARINHAS (NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS)

AMa1 - AREIA QUARTZOSA MARINHA HIDROMÓRFICA A incipiente e moderado textura arenosa fase floresta subperenifolia de restinga e campo de restinga

AMa2 - AREIA QUARTZOSA MARINHA HIDROMÓRFICA A incipiente e moderado textura arenosa fase floresta subperenifolia de restinga e campo de restinga + PODZOL HIDROMÓRFICO ALÍCO A moderado e proeminente fase subperenifolia de restinga e campo de restinga relevo plano

GRUPOS DE SOLOS

- | | |
|---|---|
| G01 Latossolos Amarelos Coesos | G10 Cambissolos Eutróficos |
| G02 Latossolos Vermelho-Amarelos | G11 Podzóis Hidromórficos (Espodossolos Hidromórficos) |
| G03 Latossolos Vermelho-Escuros | G12 Gleissolos e Organossolos sem Influência Marinha |
| G04 Latossolos Vermelho-Amarelos Húmicos | G13 Gleissolos sob Influência Marinha |
| G05 Podzólicos Amarelos Ditróficos (Argissolos Amarelos Ditróficos) | G14 Areias Quartzosas Marinhas (Neossolos Quartzarênicos) |
| G06 Podzólicos Vermelho-Amarelos Ditróficos (Argissolos Vermelho-Amarelos Ditróficos) | G15 Aluviais (Neossolos Flúvicos) |
| G07 Podzólicos Eutróficos (Argissolos Eutróficos) | G16 Lítólicos (Neossolos Líticos) e Afloramentos Rochosos |
| G08 Brunizéns Avermelhados (Chernossolos Argilúvicos) | |
| G09 Cambissolos Ditróficos | |

FONTE

FUNDAÇÃO IBGE(1994). Mapa exploratório de solos do Projeto RADAMBRASIL. IBGE, Rio de Janeiro. Escala 1:250000, folhas Governador Valadares SE 24-Y-A, São Mateus SE 24-Y-B, Colatina SE 24-Y-C, Cachoeiro SF 24-V-A, Linhares SE 24-Y-D, Vitória SF 24-V-B e Campos SF 24-V-C.

PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES:

Informações de Unidades de Mapeamento de Solos processadas em março de 2007 com o uso do SIG - GISUNES sob orientação de RESENDE, M.(NEPUT/UFV)

GISUNES:

FEITOZA, H.N. (2006). Integração do Sistema de Informações Geográficas das Unidades Naturais do Espírito Santo - GISUNES ao GEOBASES, Vitória, Incaper/Fundagres. 7pp (trabalho em andamento), objeto de projeto de pesquisa atualmente sob análise do Incaper/Fundagres)

Figura 5 – Levantamento de classes dos solos do Estado do Espírito Santo.

Figura 6 – Mapa geral.

Os trabalhos de campo, laboratório e escritório encontram-se esquematizados na Figura 7.

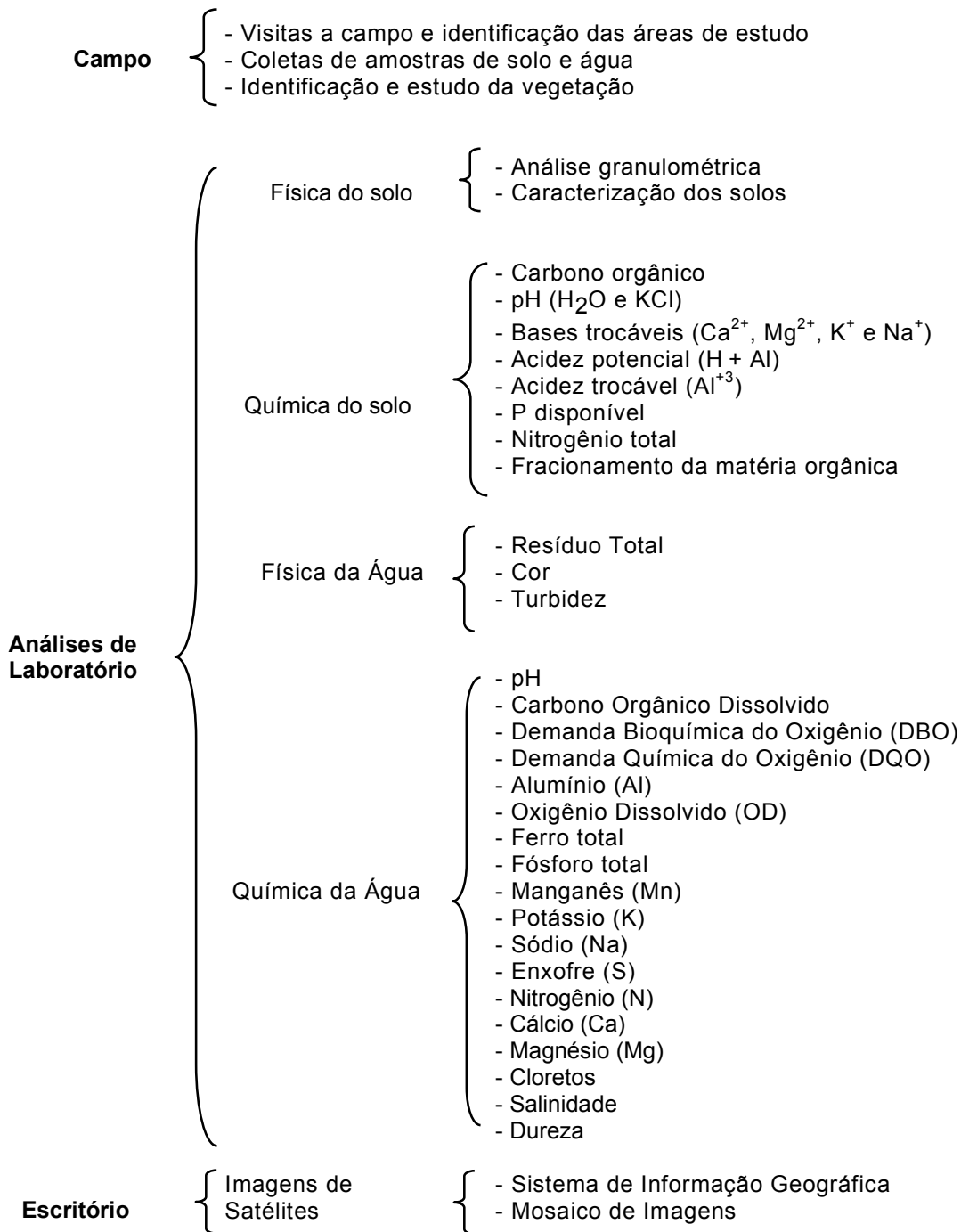


Figura 7 - Síntese dos trabalhos realizados a campo, em laboratório e escritório.

3.3 TRABALHOS DE CAMPO

Na execução do trabalho de campo, foram coletadas as coordenadas geográficas utilizando o aparelho GPS de navegação (Global System Position) modelo Meridian Platinum da Magellan, com a finalidade de georreferenciar os pontos de monitoramento de água, a coleta de amostras de solo e as fotos terrestres.

Foram feitas 3 campanhas de coleta de água, duas na época seca e a terceira depois das chuvas (Quadro 5). Antes da última campanha foram feitas 2 visitas para monitoramento com o Hydrolab (Figura 9), para definir a condição mais propícia de coleta, visto o baixo índice pluviométrico da época. As amostras foram coletadas em garrafas de polietileno e acondicionadas em isopor com gelo, de forma a conservar suas propriedades físico-químicas, até chegarem ao laboratório.

Quadro 5 – Período de realização das campanhas e monitoramentos.

Primeira campanha	16 a 18/06/2007
Segunda campanha	19 a 21/10/2007
Monitoramento com Hydrolab	16 e 17/01/2008
Monitoramento com Hydrolab	30 e 31/03/2008
Terceira campanha	23 a 25/05/2008

Para coleta das amostras de solo foi feito uma campanha no período de 1 a 3 de Dezembro de 2007, sendo coletadas e guardadas em sacos de polietileno até a chegada ao laboratório, onde foram seca a sombra em casa de vegetação.

Para o entendimento das inter-relações solo-água, os pontos de solo foram separados, em 3 regiões de acordo com sua localização e constituição física: região alta, baixada “ambiente aberto” e baixada “ambiente conservador”.

3.4 TRABALHOS DE ESCRITÓRIO

Foram elaborados mapas de uso e ocupação do solo da região do Vale do Suruaca e formação Barreiras através dos programas ArcMap, IDRISI e ERDAS, conforme fluxograma (Figura 8). No ERDAS utilizou-se a classificação não supervisionada pelo algoritmo Isodata. No desenvolvimento do trabalho foram utilizadas imagens do satélite CBERS 2 da órbita 148 e área 128, dos dias 23/06/04 e 11/02/06. Para cobrir a área foi utilizada uma imagem falsa cor (bandas do verde, vermelho e infravermelho), com resolução espacial de 20 metros de 2006.

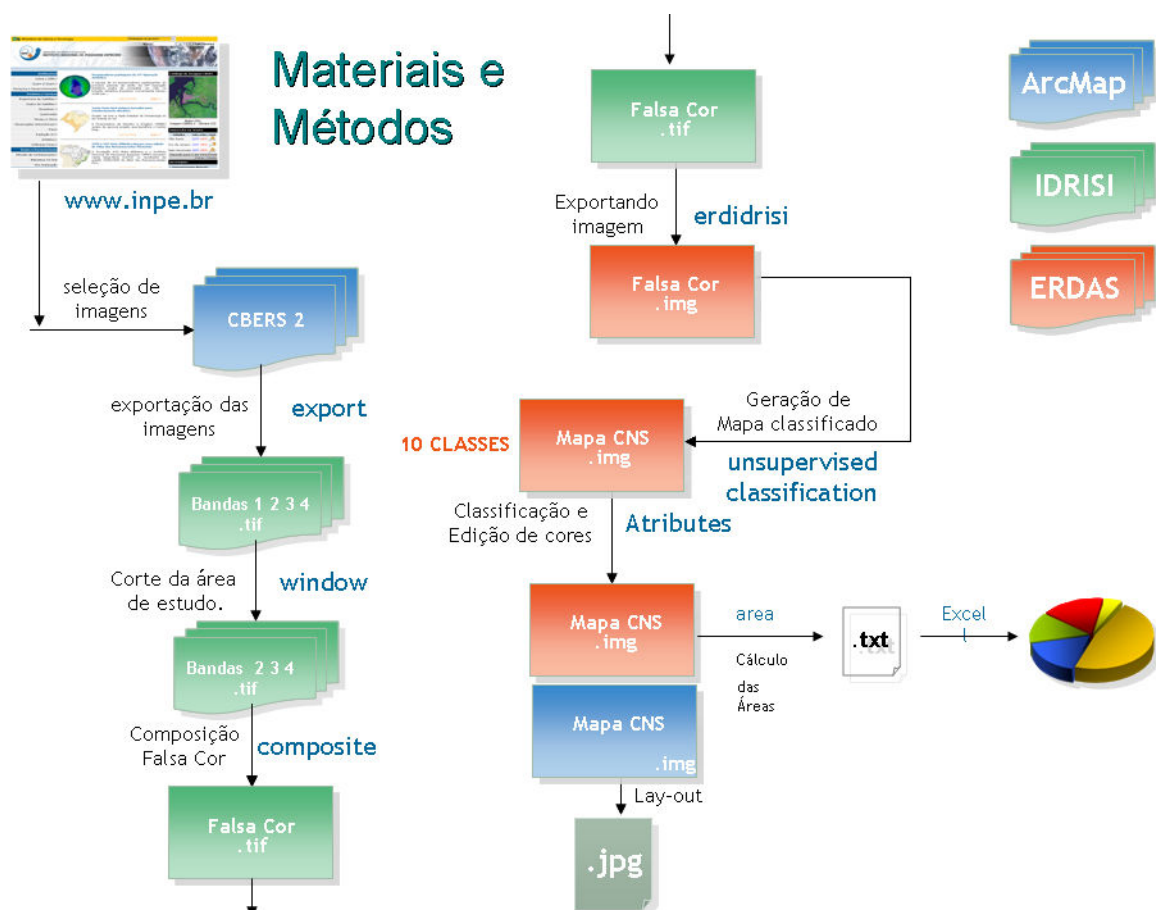


Figura 8 - Fluxograma da metodologia utilizada para a construção dos mapas de uso e ocupação do solo.

Foram elaboradas imagens dos perfis do solo com o objetivo de representar os solos característicos de cada região e os diferentes níveis de degradação nos horizontes hísticos, a partir de fotos de perfis tratados no programa Photoshop. A estes perfis foram associados fotos do local que fossem mais representativos.

A partir de imagens aéreas do Google Earth mosaicadas no programa Photoshop e informações de campo, foram confeccionados mapas de identificação espacial dos pontos de água e solo localizados na região.

3.5 ANÁLISES LABORATORIAIS

3.5.1 Água

As amostras de água foram analisadas segundo o “Standard Methods for the Examination of Water na Wastewater” (APHA, 1995), com exceção dos parâmetros pH, OD, Condutividade, Turbidez e Cor, cujos equipamentos e métodos (Quadro 6) são:

Quadro 6 – Equipamento e métodos utilizados para análise dos parâmetros de água.

pH	Equipamento WTW, pH 323 (Potenciômetro digital)
OD	Equipamento WTW, oxi 320 (Iodeto Azida modificado)
Condutividade	Equipamento WTW, LF 320 (Condutivímetro)
Turbidez	Equipamento HACH, DR 2100 (Turbidímetro)
Cor Aparente	Equipamento HACH, DR 2100 (Colorimétrico)
DBO5	5210 B (Incubação por 05 dias)
DQO	Refluxo fechado
Sólidos Totais	2540 B (Gravimétrico)
SS	2540 D (Gravimétrico)
Cloretos	4500-Cl B (Argentométrico)

Alumínio	3500 Al B (Colorimétrico)
Salinidade	Salinômetro
Mat. Orgânica	Permanganometria
Carbono Orgânico	Gravimétrico / Combustão
Manganês	Colorimétrico
Potássio	Fotômetro de chama
Sódio	Fotômetro de chama
Enxofre	Iodometria
Sulfatos	Espectrofotômetro
Cálcio	EDTA
Magnésio	EDTA
N.Total	Nesler / Colorimétrico

3.5.2 Solo

O pH em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹ foi medido utilizando-se as proporções 1:2,5 (v/v) de solo:solução (EMBRAPA, 1997). O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl conforme EMBRAPA (1997). Ca, Mg, Al e Fe foram extraídos por solução de KCl 1 mol L⁻¹, enquanto K, Na e P foram extraídos pelo extrator de Mehlich 1. A acidez potencial (H+Al) foi determinada conforme EMBRAPA (1997). Os teores de Na, Ca, Mg, Al e Fe nos extratos foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O P foi determinado por espectrofotometria de absorção molecular com comprimento de onda de 725 nm, por meio de reação com ácido ascórbico e o K foi determinado por espectrofotometria de chama. A partir dos resultados obtidos pela análise do complexo sortivo foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica total (T) e efetiva (t), a saturação por bases (V) e a saturação por Al, conforme EMBRAPA (1997).

Os conteúdos de carbono orgânico (C org.) foram determinados através da oxidação por dicromato de potássio e ácido sulfúrico, com aquecimento externo, e titulação com sulfato ferroso amoniacal e indicador ferroin, conforme método proposto por Yeomans e Bremner (1988).



Figura 9 - Aparelho Hydrolab utilizado para as campanhas de monitoramento da água.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para maior compreensão da inter-relação solo e água, inicialmente analisou-se as características físico-químicas do solo, de forma a entender as reações e modificações ocorridas, em virtude da natureza dos Organossolos e do manejo sofrido.

4.1 SOLO

4.1.1 Aspectos gerais

Com base em observações de campo, análises físicas (Quadro 8) e químicas (Quadros 9, 10 e 11), os solos da região foram classificados baseados em critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2006). Onde, os solos da região alta (S1, S2, S3 e S4), da baixada “ambiente aberto” (S5, S6, S7 e S8) e da baixada “ambiente conservador” (S9, S10, S11, S12, S13 e S14), foram classificados (Quadro 7) em:

Quadro 7 – Classificação dos solos.

Região alta	S1, S2 e S4 = Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
	S3 = Organossolo Háplico Fíbrico Típico
Baixada “ambiente aberto”	S5 = Neossolo Quartzarênico Hidromórfico
	S6 = Organossolo Háplico Hêmico Típico
	S7 = Organossolo Háplico Hêmico Tétrico
	S8 = Organossolo Háplico Fíbrico Solódico
Baixada “ambiente conservador”	S9 e S14 = Gleissolo Háplico Tb Eutrófico
	S10 = Organossolo Tiomórfico Tétrico
	S11 = Organossolo Háplico Fíbrico Tétrico
	S12 = Gleissolo Melânico Tb Eutrófico
	S13 = Organossolo Háplico Hêmico Tétrico

De maneira geral, os solos apresentaram características diferentes, quando se comparam as regiões, pois os mesmos se desenvolveram sobre horizontes subsuperficiais diferentes. Os pontos S1, S2, e S4 (Figura 10) possuem subsuperfície de constituição areno-argilas desenvolvidas a partir dos terraços arenosos Holocênicos, onde se encontra em um dos vales alagados o ponto S3. Os pontos S5 (Figura 11), S6 (Figura 12), S7 e S8 (Figura 13) se desenvolveram sobre horizontes subsuperficiais arenosos (“ambiente aberto”) e os pontos S9, S10, S11, S12 (Figura 14), S13 (Figura 15) e S14 (Figura 16) se desenvolveram sobre horizontes subsuperficiais argilosos (“ambiente conservador”).

Nas áreas de baixada percebeu-se que a drenagem excessiva acarretou diminuição do volume do material orgânico. Devido a essa redução do horizonte hístico o solo foi reclassificado, passando de Organossolo para Neossolo na área de “ambiente aberto” e Gleissolo na área de “ambiente conservador”.

Quadro 8 - Características granulométricas dos perfis analisados

Profun- didade	Composição granulométrica da terra fina				Relação Silte/ Argila
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
---cm---	-----g kg ⁻¹ -----				-----%----
-----S1-Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico-----					
0-20	491,66	105,77	47,36	355,20	0,13
40-60	327,18	132,67	49,48	490,67	0,10
80-1,0	308,39	104,39	8,16	579,06	0,01
-----S2-Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico-----					
0-20	754,65	90,73	8,14	146,48	0,06
40-60	460,48	165,88	16,42	357,22	0,05
-----S4-Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico-----					
0-20	558,61	145,58	20,26	275,55	0,07
40-60	384,33	175,61	24,68	415,38	0,06
80-1,0	322,82	150,05	20,75	506,38	0,04
-----S5-Neossolos Quartzarênico Hidromórfico-----					
20-40	791,63	109,38	11,88	87,11	0,14
40-60	863,61	105,14	7,81	23,43	0,33
-----S7-Organossolo Háptico Hêmico Térrico-----					
60-80	624,20	295,61	36,09	44,11	0,82
-----S9-Gleissolo Háptico Tb Eutrófico-----					
0-20	7,34	29,25	348,66	614,75	0,57
20-40	0,22	41,75	404,31	553,72	0,73
40-60	81,67	228,91	374,00	315,42	1,19
-----S10-Organossolo Tiomórfico Sáprico Térrico-----					
40-60	42,34	75,12	331,59	550,95	0,60
-----S12-Gleissolo Melânico Tb Eutrófico-----					
20-40	1,06	20,73	238,17	740,03	0,32
60-80	1,95	66,91	394,11	537,03	0,73
-----S13-Organossolo Háptico Hêmico Térrico-----					
60-80	30,72	76,75	306,13	586,40	0,52
-----S14-Gleissolo Háptico Tb Eutrófico-----					
0-20	73,38	117,95	344,02	464,65	0,74
20-40	34,06	38,95	465,67	461,32	1,01
40-60	92,68	173,82	377,73	355,77	1,06
60-80	7,48	59,42	462,15	470,95	0,98
80-100	294,28	514,68	81,29	109,74	0,74

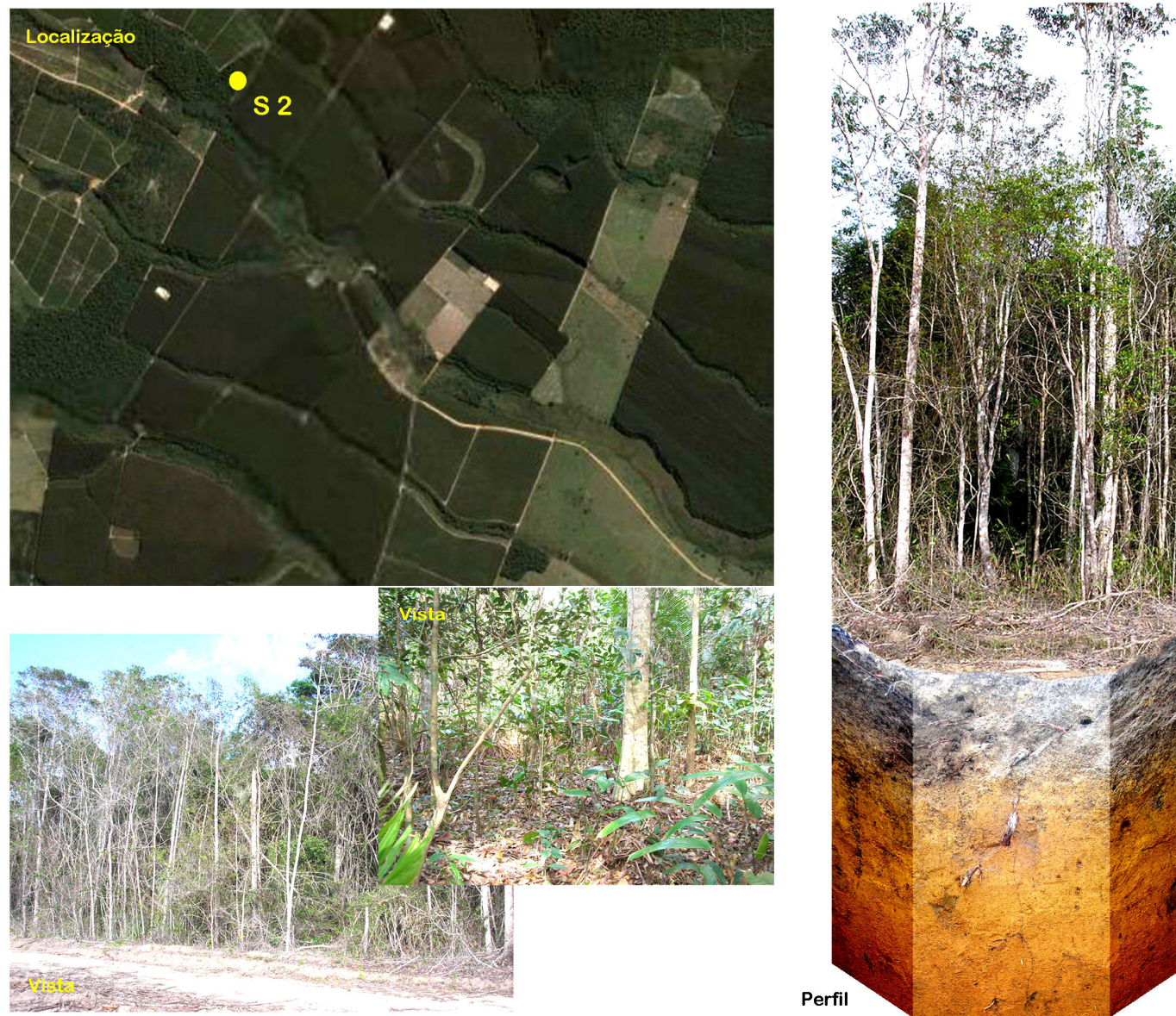


Figura 10 – Localização, perfil e vista da paisagem do ponto S2 (Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico) da Região Alta.

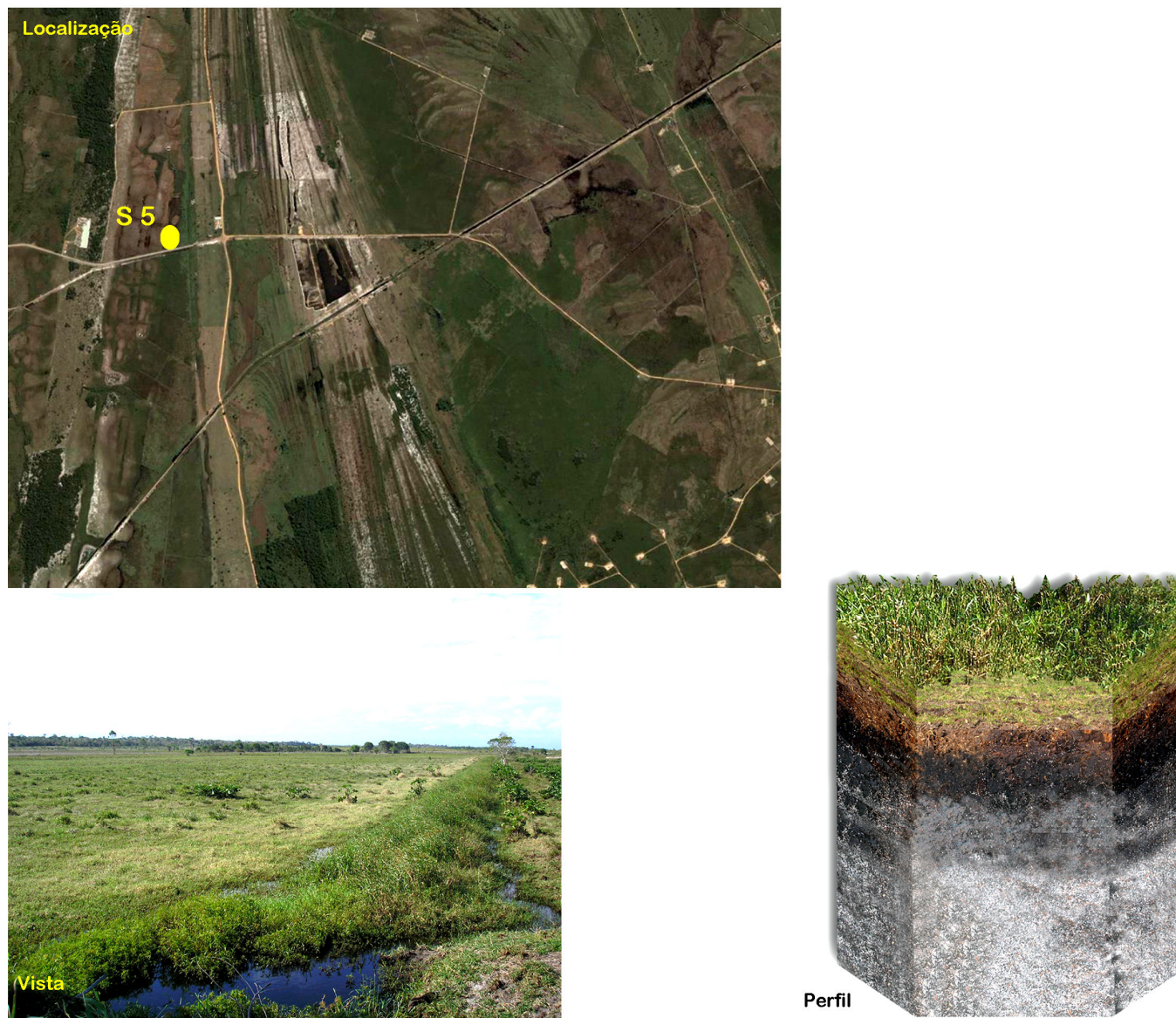


Figura 11 – Localização, perfil e vista da paisagem do ponto S5 (Neossolo Quartzarênico Hidromórfco) em nível avançado de degradação do horizonte hístico “ambiente aberto”.

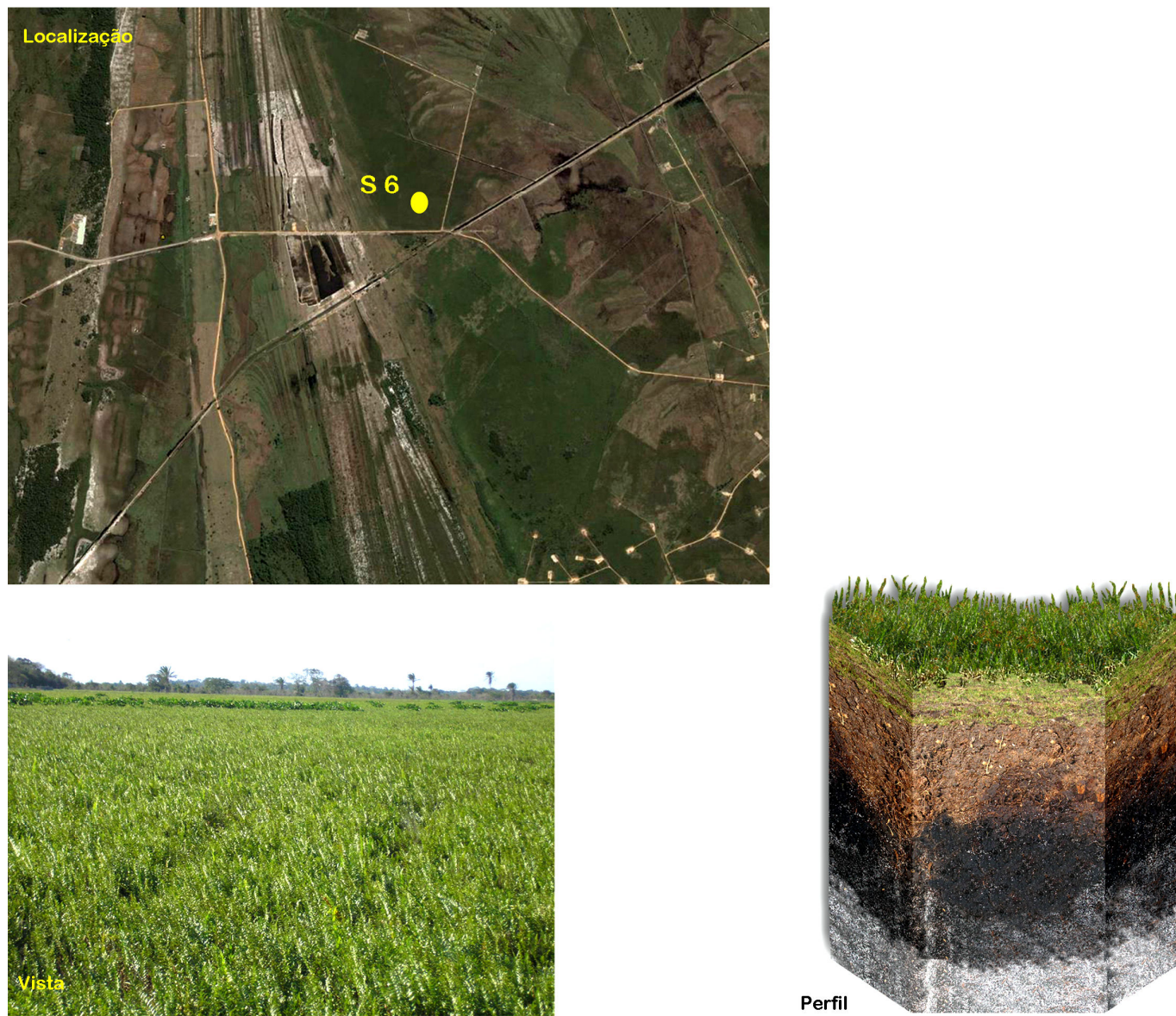


Figura 12 – Localização, perfil e vista da paisagem do ponto S6 (Organossolo Háplico Hêmico Típico) em nível mediano de degradação do horizonte hístico “ambiente aberto”.

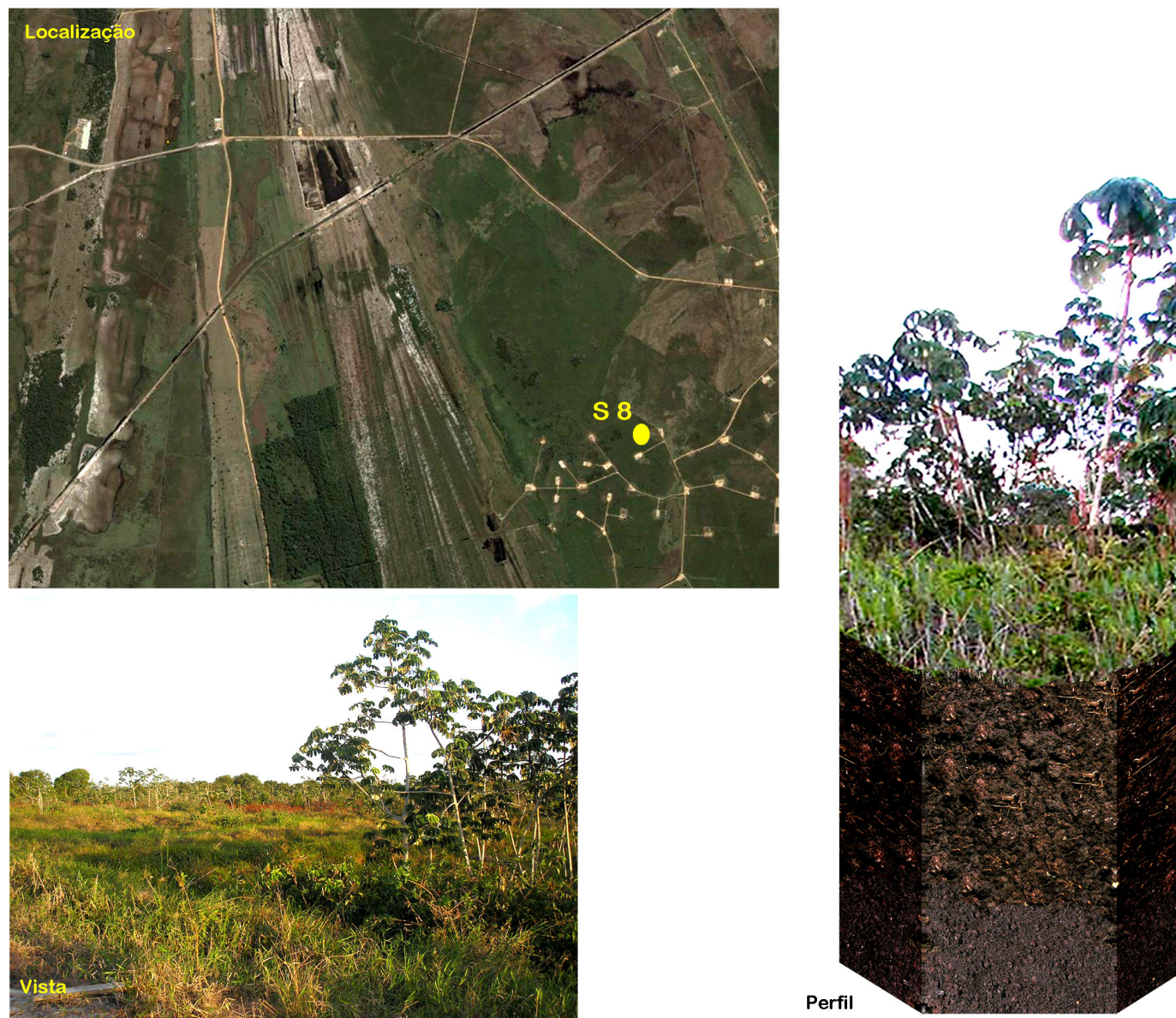


Figura 13 – Localização, perfil e vista da paisagem do ponto S8 (Organossolo Háplico Fíbrico Solódico) em nível conservado do horizonte hístico “ambiente aberto”.

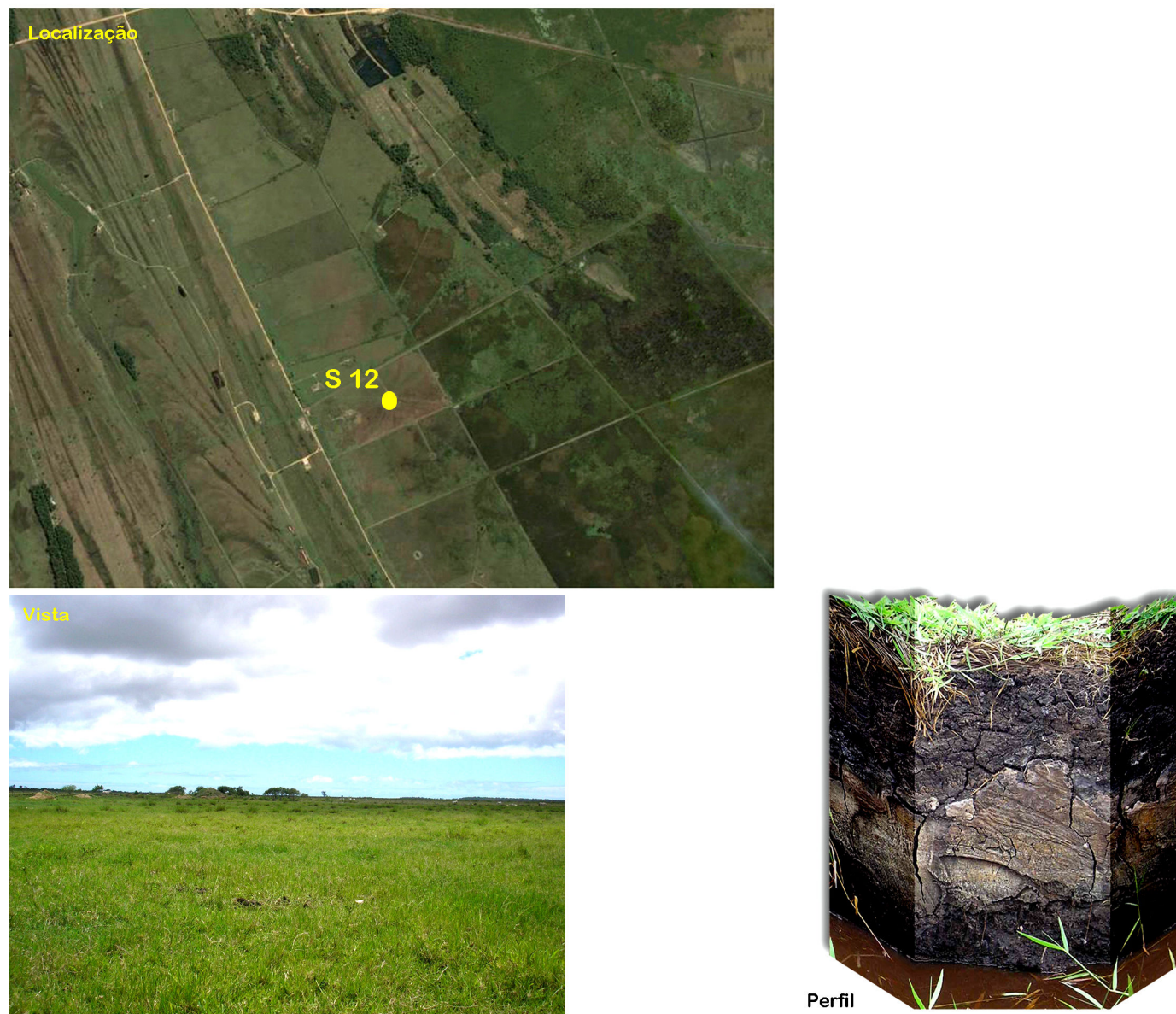


Figura 14 - Localização, perfil e vista paisagem do ponto S12 (Gleissolo Melânico Tb Eutrófico) em nível mediano de degradação do horizonte hístico “ambiente conservador”.

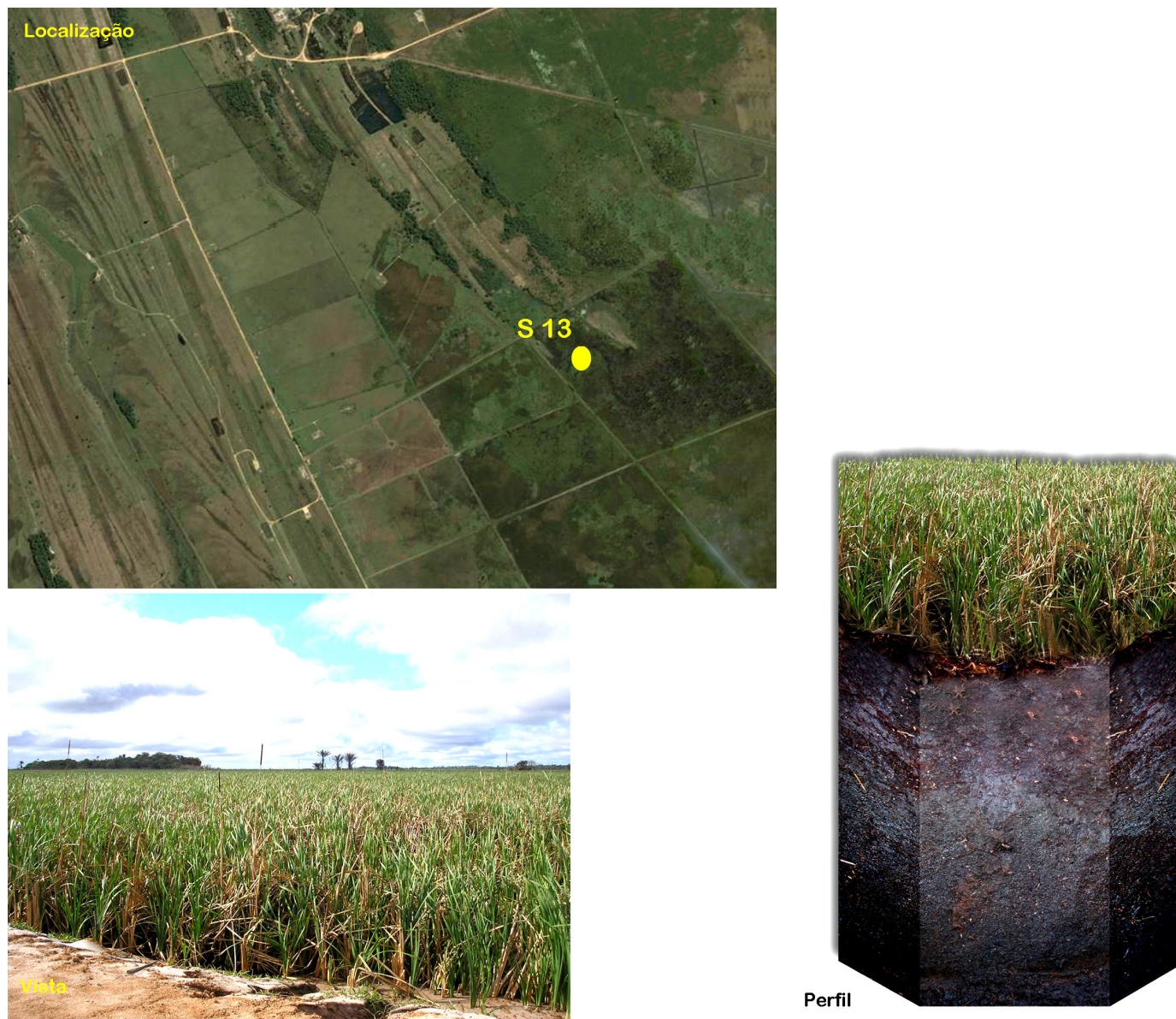


Figura 15 - Localização, perfil e vista paisagem do ponto S13 (Organossolo Háplico Hêmico Tétrico) em nível conservado de degradação do horizonte hístico “ambiente conservador”.

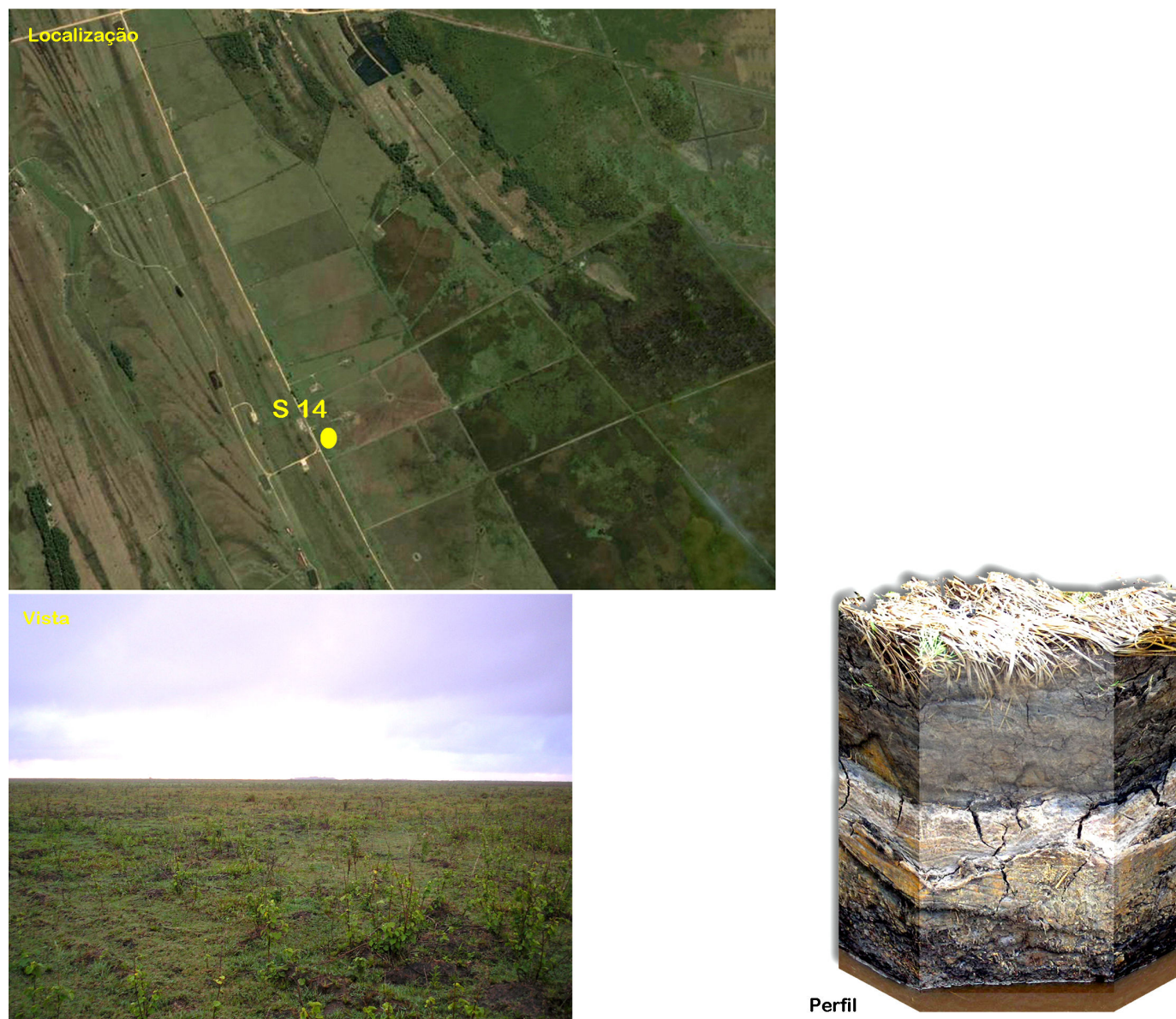


Figura 16 - Localização, perfil e vista paisagem do ponto S14 (Gleissolo Háplico Tb Eutrófico) em nível avançado de degradação do horizonte hístico “ambiente conservador”.

4.1.2 Características Químicas

Os resultados da caracterização química dos solos encontram-se nos Quadros 9, 10 e 11.

4.1.2.1 pH

Para a região alta (Quadro 9) os valores de pH em água variaram de 4,5 a 4,9 sendo considerados solos com média acidez.

Para as áreas de baixada os valores de pH em água dos horizontes hísticos (orgânico) variaram de 3,5 a 4,8 no “ambiente aberto” (Quadro 10), valores estes abaixo do limite inferior para o crescimento adequado para a maioria das plantas cultivadas (VALADARES, 2003). Já no “ambiente conservador” (Quadro 11) os valores de pH em água variaram de 2,4 a 7,8. Observa-se que os valores mais baixos (2,4 - 3,9) no “ambiente conservador” foram encontrados nos pontos S10 e S11, onde a camada de 0-20 cm do S10 apresenta o mais alto teor de Al^{3+} ($24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) dentre todos os pontos amostrados. Indicando a possível presença de horizonte sulfúrico (tiomorfismo).

Esta forte acidez desenvolve-se como resultado da drenagem de materiais de origem ricos em pirita (FeS_2). Se um solo rico em materiais sulfídricos (pirita) é drenado ou se este material é exposto às condições de oxidação, há a formação de ácido sulfúrico. O valor de pH, os quais, nas condições naturais podem estar próximos da neutralidade, após a drenagem ou exposição do material, o pH pode abaixar para menor do que 3,0, induzindo a formação de sulfatos de alumínio e ferro (LANI, 1998).

E outra situação horizontes hísticos apresentaram valores baixos de pH, encontrando-se na faixa citada por Millar et al (1975) que é de 3,5 a 5,0. De maneira geral, o complexo coloidal dos colóides orgânicos, quando saturado com hidrogênio, desenvolve um pH de solo mais baixo que as argilas minerais ácidas, carregadas de

modo semelhante. Em outras palavras, o complexo orgânico funciona como ácido mais forte. Isto significa que, com a mesma porcentagem de saturação de base, os Organossolos possuem um pH mais baixo que os solos minerais (BRADY, 1989).

A ionização do H de ácidos carboxílicos, fenólicos e principalmente, de alcoóis terciários da matéria orgânica, contribui para a acidez do solo. Entretanto, em condições de acúmulo da matéria orgânica e no estágio final de sua mineralização, a oxidação libera elétrons, podendo ocasionar um aumento no pH (McBRIDE, 1994).

Adicionalmente, com a mineralização da matéria orgânica, há liberação de bases (nutrientes ou não) que se encontravam imobilizados nos tecidos, para a solução do solo, propiciando um aumento de seu pH (SOUZA et al., 2007).

Quadro 9 - Resultados das análises químicas dos solos coletados na Região alta

Profundidade ---cm---	pH		Ca	Mg	K	Na	SB	Al ³⁺	H ⁺	H+Al	T	CTC efetiva (t)	V	m	ISNa	CO	N	C/N	P disp
	Água	KCl 1N																	
-----S1-Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico-----																			
0-20	4,70	3,70	0,40		0,05	0,15	0,60	1,10	4,00	5,10	5,70	1,7	11,00	65,00	3	11,1	1,0	11,00	5,00
40-60	4,50	3,90	0,20		0,02	0,04	0,30	1,30	3,30	4,60	4,90	1,6	6,00	81,00	<1	5,1	0,5	10,00	1,00
80-100	4,40	3,90	0,20		0,02	0,03	0,20	1,30	2,70	4,00	4,20	1,5	5,00	87,00	<1	3,2	0,4	8,00	1,00
-----S2-Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico-----																			
0-20	4,70	3,80	0,50		0,07	0,03	0,60	0,40	2,70	3,10	3,70	1,0	16,00	40,00	<1	6,9	0,8	9,00	2,00
40-60	4,70	4,00	0,30		0,05	0,03	0,40	0,90	2,90	3,80	4,20	1,3	10,00	69,00	<1	6,0	0,6	10,00	1,00
-----S3-Organossolo Háptico Fábriço Típico-----																			
0-20	3,90	3,00	2,70	2,60	0,25	0,60	6,10	4,10	53,00	57,10	63,20	10,20	10	40,00	<1	349,70	16,70	21,00	22,00
40-60	3,80	3,10	1,20	1,30	0,06	0,55	3,10	2,10	26,40	28,50	31,60	5,20	10,00	40,00	2	495,70	12,40	40,00	4,00
80-100	3,60	3,10	1,40	3,40	0,03	0,48	5,30	4,30	38,30	42,60	47,90	9,60	11,00	45,00	1	392,90	5,80	68,00	1,00
-----S4-Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico-----																			
0-20	4,90	3,90	0,90	0,80	0,13	0,05	1,90	0,40	7,40	7,80	9,70	2,30	20,00	17,00	<1	14,80	1,20	12,00	8,00
40-60	4,70	4,00	0,60		0,06	0,08	0,70	1,10	5,20	6,30	7,00	1,80	10,00	61,00	1	7,20	0,80	9,00	2,00
80-100	4,50	3,90	0,40		0,03	0,11	0,50	1,10	4,30	5,40	5,90	1,60	8,00	69,00	2	5,10	0,50	10,00	1,00

pH em água, KCl - relação 1:2,5; Ca,Mg, Al³⁺ – extrator KCl 1mol L⁻¹; SB= Soma de bases trocáveis; H+Al – extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; CTC (t) - Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0. V = Índice de saturação por bases; m = Índice de saturação por alumínio; ISNa = 100*Na⁺/T; CO – Carbono orgânico (Yeomans e Bremner, 1988); P disp., K-extrator Mehlich 1.

Quadro 10 - Resultados das análises químicas dos solos coletados do “ambiente aberto”

Profun- didade	pH		Ca	Mg	K	Na	SB	Al ³⁺	H ⁺	H+Al	T	CTC efetiva (t)	V	m	ISNa	CO	N	C/N	P disp
	Água	KCl 1N																	
---cm---																			
-----S5-Neossolo Quartzarênico Hidromórfico-----																			
0-20	4,00	2,80	6,30	9,70	0,26	0,50	16,80	2,50	41,10	43,60	60,40	19,30	28,00	13,00	<1	250,50	7,40	34,00	21,00
20-40	4,20	2,80	1,00	2,30	0,06	0,17	3,50	1,30	11,90	13,20	16,70	4,80	21,00	27,00	1	31,20	1,60	19,00	2,00
40-60	4,70	3,50	0,50	0,50	0,04	0,01	0,50	0,00	0,70	0,70	1,20	0,50	42,00		<1	1,50	0,20	7,00	1,00
-----S6-Organossolo Háplico Hêmico Típico-----																			
0-20	3,70	2,60	11,70	7,40	0,39	2,42	21,90	5,00	120,40	125,40	147,30	26,90	15,00	19,00	2	368,90	8,10	46,00	44,00
20-40	S/AM		13,90	8,50	0,14	2,50	25,00	3,20				28,20		11,00		330,80	13,80	24,00	27,00
40-60	4,00	3,10	12,70	6,20	0,13	2,80	21,80	2,10	28,40	30,50	52,30	23,90	42,00	9,00	5	440,80	15,90	28,00	10,00
60-80	4,20	S/AM			0,12	2,50										482,60	15,60	31,00	4,00
80-100	4,60	3,70	14,40	5,20	0,13	1,60	21,30	0,40	35,20	35,60	56,90	21,70	37,00	2,00	3	436,30	9,70	45,00	1,00
-----S7-Organossolo Háplico Hêmico Tétrico-----																			
0-20	3,70	3,10	6,80	5,70	0,19	2,80	15,50	5,70	74,80	80,50	96,00	21,20	16,00	27,00	3	366,30	16,20	23,00	8,00
20-40	3,60	2,70	5,50	4,30	0,18	2,40										393,00	12,60	31,00	11,00
40-60	3,50	2,80	4,90	6,30	0,10	2,20	13,50	4,80	49,50	54,30	67,80	18,30	20,00	26,00	3	463,10	9,30	50,00	1,00
60-80	4,80	3,80	0,60		0,01	0,09	0,70	0,20	1,10	1,30	2,00	0,90	35,00	22,00	4	5,20	0,30	17,00	1,00
-----S8-Organossolo Háplico Fíbrico Solódico-----																			
0-20	3,70	2,70	3,90	2,90	0,37	1,50	8,70	6,60	65,80	72,40	81,10	15,30	11,00	43,00	2	355,60	15,70	23,00	20,00
20-40	3,80	2,60	6,50	4,70	0,24	0,55	12,00	5,60	78,40	84,00	96,00	17,60	12,00	32,00	<1	331,80	17,40	19,00	22,00
40-60	4,80	4,50	32,40	10,00	0,46	5,00	47,90	0,10	24,00	24,10	72,00	48,00	67,00		7	292,10	15,40	19,00	2,00
60-80	4,60	4,30	47,60	14,60	0,82	8,20	71,20	0,20	28,70	28,90	100,10	71,40	71,00		8	345,60	19,00	18,00	2,00

pH em água, KCl - relação 1:2,5; Ca,Mg, Al³⁺ – extrator KCl 1mol L⁻¹; SB= Soma de bases trocáveis; H+Al – extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; CTC (t) - Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0. V = Índice de saturação por bases; m = Índice de saturação por alumínio; ISNa = 100*Na⁺/T; CO – Carbono orgânico (Yeomans e Bremner, 1988); P disp., K-extrator Mehlich 1.

Quadro 11 - Resultados das análises químicas dos solos coletados do “ambiente conservador”

Profundidade ---cm---	pH		Ca	Mg	K	Na	SB	Al ³⁺	H ⁺	H+Al	T	CTC efetiva (t)	V	m	ISNa	CO	N	C/N	P disp
	Água	KCl 1N																	
-----S9-Gleissolo Háplico Tb Eutrófico-----																			
0-20	6,30	5,60	15,50	7,40	0,54	5,00	28,40	0,00	4,00	4,00	32,40	28,40	88,00	0,00	15	48,50	4,90	10,00	5,00
20-40	7,80	6,90	9,50	5,60	0,30	4,40	19,80	0,00	0,00	0,00	19,80	19,80	100,00	0,00	22	5,80	0,70	8,00	2,00
40-60	8,30	7,40	11,80	1,00	0,04	0,33	13,20	0,00	0,00	0,00	13,20	13,20	100,00	0,00	2	3,30	0,50	7,00	1,00
-----S10-Organossolo Tiomórfico Sápico Tétrico-----																			
0-20	2,40	S/AM	24,00	10,00	0,02	1,90	35,90	24,00	44,50	68,50	104,40	59,90	34,00	40,00	2	314,50	13,30	24,00	4,00
20-40	3,90	3,60	51,00	8,50	0,29	3,30	63,10	2,50	20,40	22,90	86,00	65,60	73,00	4,00	4	119,40	5,10	23,00	3,00
40-60	3,30	3,20	22,00	26,00	0,31	3,00	51,30	6,00	25,20	31,20	82,50	57,30	62,00	10,00	4	82,80	3,00	28,00	2,00
-----S11-Organossolo Háplico Fíbrico Tétrico-----																			
0-20	3,80	3,60	41,20	4,20	0,29	5,30	51,00	2,80	30,30	33,10	84,10	53,80	61,00	5,00	6		11,50		2,00
20-40	3,90	3,70	39,20	6,50	0,35	6,60	52,60	2,00	25,90	27,90	80,50	54,60	65,00	4,00	8	303,30	13,70	22,00	1,00
40-60	3,70	3,60	20,80	7,30	0,33	4,70	33,10	2,50	25,40	27,90	61,00	35,60	54,00	7,00	8	187,30	6,10	31,00	1,00
-----S12-Gleissolo Melânico Tb Eutrófico-----																			
0-20	5,40	5,00	31,90	10,80	1,40	3,90	48,00	0,00	21,10	21,10	69,10	48,00	69,00	0,00	6	281,40	18,70	15,00	1,00
20-40	6,10	5,40	11,40	7,60	0,29	4,40	23,70	0,00	1,70	1,70	25,40	23,70	93,00	0,00	17	10,40	0,90	12,00	1,00
60-80	7,10	6,40	11,30	6,50	0,42	5,70	23,90	0,00	0,20	0,20	24,10	23,90	99,00	0,00	24	5,30	0,50	11,00	7,00
-----S13-Organossolo Háplico Hêmico Tétrico-----																			
0-20	4,60	4,40	38,80	13,20	0,58	5,90	58,50	0,20	37,70	37,90	96,40	58,70	61,00	0,00	6	355,30	18,20	20,00	3,00
20-40	4,50	S/AM	42,10	16,20	0,70	6,70	65,70	0,20	43,50	43,70	109,40	65,90	60,00	0,00	6	316,90	17,80	18,00	1,00
60-80	3,70	3,50	17,30	8,70	0,37	3,90	30,30	1,40	24,80	26,20	56,50	31,70	54,00	4,00	7	14,40	3,30	4,00	1,00
-----S14-Gleissolo Háplico Tb Eutrófico-----																			
0-20	7,80	7,00	18,00	8,60	0,53	1,20	28,30	0,00	0,20	0,20	28,50	28,30	99,00	0,00	4	39,70	3,80	10,00	9,00
20-40	8,20	7,10	20,20	2,00	0,19	0,90	23,30	0,00	0,00	0,00	23,30	23,30	100,00	0,00	4	7,90	0,80	10,00	2,00
40-60	8,30	7,20	14,80	1,60	0,06	0,37	16,80	0,00	0,00	0,00	16,80	16,80	100,00	0,00	2	3,60	0,40	9,00	1,00
60-80	8,30	7,50	10,00	4,60	0,15	4,10	18,80	0,00	0,00	0,00	18,80	18,80	100,00	0,00	22	4,00	0,40	10,00	3,00
80-100	8,50	7,80	4,00	0,40	0,04	0,17	4,60	0,00	0,00	0,00	4,60	4,60	100,00	0,00	4	1,60	0,20	8,00	1,00
pH em água, KCl - relação 1:2,5; Ca,Mg, Al ³⁺ – extrator KCl 1mol L ⁻¹ ; SB= Soma de bases trocáveis; H+Al – extrator acetato de cálcio 0,5 mol L ⁻¹ pH 7,0; CTC (t) - Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0. V = Índice de saturação por bases; m = Índice de saturação por alumínio; ISNa = 100*Na ⁺ /T; CO – Carbono orgânico (Yeomans e Bremner, 1988); P disp., K-extrator Mehlich 1.																			

4.1.2.2 Cálcio e Magnésio

Para a região alta (Quadro 9) os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} estão em baixos níveis quanto à fertilidade (DADALTO e FULLIN, 2001). Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} variaram de 0,2 a 0,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Estes valores também foram encontrados por Rangel (2006).

Para as áreas de baixada os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} estão em bons níveis quanto à fertilidade, nos horizontes hísticos. Os teores de Ca^{2+} apresentaram uma ampla variação entre 3,9 e 47,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e o Mg^{2+} variou de 2,9 a 14,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no “ambiente aberto” (Quadro 10). No “ambiente conservador” (Quadro 11) o Ca^{2+} variou de 11,4 a 51 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e o Mg^{2+} variou de 4,2 a 26 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Altos valores de cálcio e magnésio em Organossolos também foram encontrados por Nascimento (2004) e Vilarinho (2005). Para Lucas (1982), o Ca^{+2} e o Mg^{+2} nos Organossolos são fortemente adsorvidos às partículas orgânicas e, portanto o alto teor de Ca^{+2} não é indicativo de alta disponibilidade do elemento às plantas. Nos horizontes não hísticos os valores de cálcio e magnésio foram baixos para as camadas subsuperficiais arenosas, caracterizando o “ambiente aberto”, ao contrário dos altos valores encontrados nas camadas subsuperficiais argilosas como demonstrado (Quadro 10). Esta quantidade elevada de cálcio pode ser justificada pela presença de conchas marinhas encontrada no horizonte subsuperficial (Figura 17). Isto fortalece a tese de que na região já houve presença do mar.

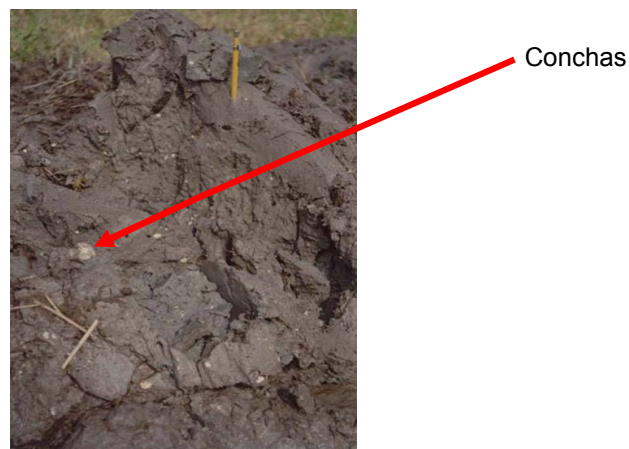


Figura 17 – Presença de conchas marinhas em material do subsolo, escavado na construção de valas.

4.1.2.3 Potássio e sódio

Para a região alta (Quadro 9) os valores de potássio variaram de 0,02 a 0,13 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, valores estes considerados baixos quanto ao nível de fertilidade (DADALTO e FULLIN, 2001). Estes valores também foram encontrados por Rangel (2006).

Para as áreas de baixada os teores de K^+ nos horizontes hísticos estão em baixos níveis quanto à fertilidade (DADALTO e FULLIN, 2001). Os teores de K^+ variaram de 0,10 a 0,82 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ no “ambiente aberto” (Quadro 10). Já no “ambiente conservador” (Quadro 11) os teores de K^+ variaram de 0,2 a 1,40 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Valores baixos de potássio em Organossolo também foram encontrados por Couto (1984), Kiehl (1985), Lamim (1995). Segundo Dolman e Buol (1967), os teores de K são geralmente menores que 0,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, o que pode ser explicado pelo fato de que, embora os Organossolos tenham alta CTC, retêm muito fracamente cátions monovalentes como K^+ e Na^+ . Diferentemente de outros nutrientes, como nitrogênio e fósforo, o teor de potássio na matéria orgânica do solo é extremamente pequeno, pois se restringe ao K na fração orgânica viva. O K^+ não faz parte de nenhuma fração abiótica do solo, pois não integra nenhum composto orgânico estável. Sendo assim ele é lavado do material orgânico logo após a morte das células (ERNANI et al., 2007).

Na região alta os teores de Na^+ foram baixos, variando de 0,3 a 0,15 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (Quadro 9), enquanto que na baixada os teores foram considerados altos no horizonte hístico. Os teores de Na^+ variaram de 0,5 a 8,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, no “ambiente aberto”. (Quadro 10). No “ambiente conservador” (Quadro 11) os teores de Na^+ variaram de 1,2 a 6,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. O índice de saturação por sódio (ISNa), que leva em consideração a CTC total (T) a pH 7,0, foram considerados altos no “ambiente conservador”, onde os pontos S9 e S12 foram classificados como sódicos e o ponto S13 foi classificado como solódico. Estes dados não estão em concordância com o que foi postulado por Adriesse (1988), onde os Organossolos podem apresentar teores de Na^+ de 0,15 a 1,90 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Teores altos encontrados provavelmente são atribuídos à influência marítima, devido a sua proximidade com o mar.

4.1.2.4 Capacidade de troca catiônica (CTC)

Para a região alta os dados obtidos (Quadro 9), mostram baixos valores de CTC total ($T = SB + \text{acidez potencial}$), devido principalmente a baixos valores de soma de bases (SB), variando entre 3,7 e 9,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Para a região de baixada de acordo com as análises, os solos possuem altos valores de T atribuído principalmente aos altos valores de SB. Para o caso do ponto S5 (Neossolo Quartzarênico Hidromórfico) no “ambiente aberto”, é encontrado baixo valor de T abaixo de 20 cm de profundidade, pois não há mais horizonte hístico e sim areia. Na profundidade de 0-20 cm (horizonte hístico) o valor T é de 60,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e à medida que o teor de carbono orgânico diminui em profundidade, ocorre uma redução no valor de T (Quadro 10), chegando a 1,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ na profundidade de 40 cm onde se tem apenas 1,5 g/kg de carbono orgânico. Isto demonstra que Organossolos de subsuperfície arenosa possuem uma alta dependência do horizonte hístico para manter uma CTC elevada, devido à baixa capacidade de retenção de cátions das areias (Figura 18).

Situação diferente é vista no ponto S12 (Gleissolo Melânico Tb Eutrófico) no “ambiente conservador”, que mesmo apresentando horizonte hístico somente na camada de 0-20 cm o valor de T (Quadro 11) não reduz com a mesma intensidade comparada com ponto do “ambiente aberto”, devido a maior capacidade das argilas de reter cátions em sua superfície (Figura 19).

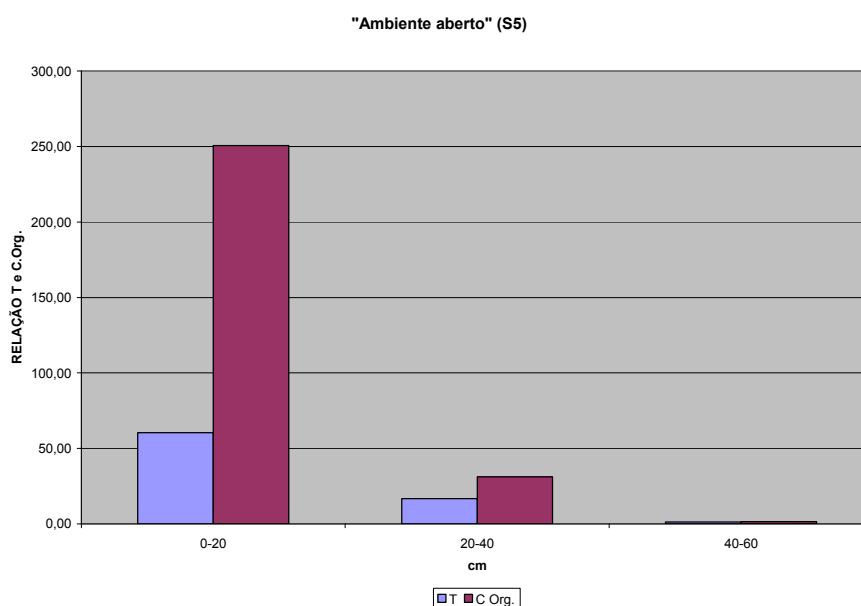


Figura 18 - Relação entre CTC total e o teor de Carbono Orgânico do horizonte hístico no ponto S5 (Neossolo Quartzarênico Hidromórfico) no “ambiente aberto”.

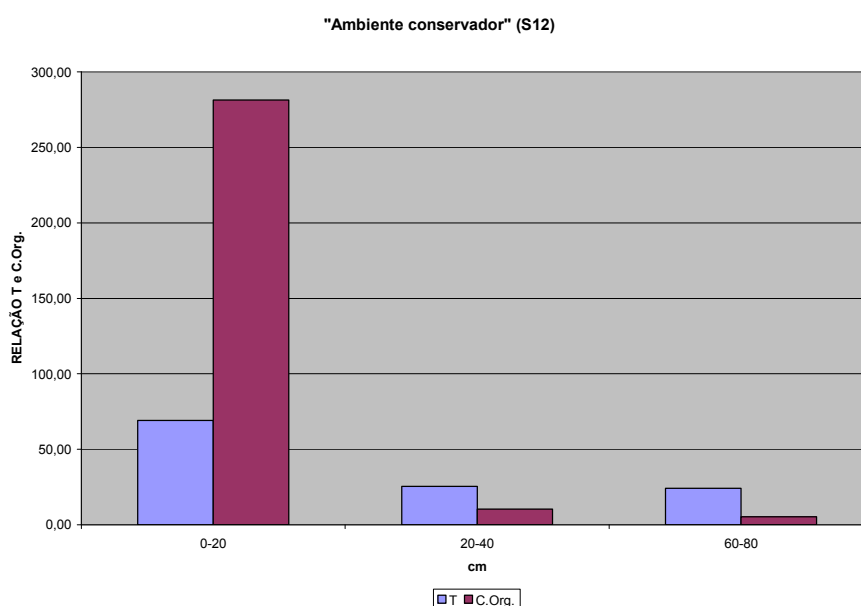


Figura 19 - Relação entre CTC total e o teor de Carbono Orgânico do horizonte hístico no ponto S12 (Gleissolo Melânico Tb Eutrófico) no “ambiente conservador”.

Os valores de saturação por bases ($V\% = SB / \text{acidez potencial}$), excelente indicativo das condições gerais da fertilidade do solo, são maiores nos solos de “ambiente conservador” que nos solos da região alta e de “ambiente aberto”, isto se deve aos

altos valores de SB associado aos baixos valores de acidez potencial ($H+Al$) ocorrido no “ambiente conservador”, já no “ambiente aberto” os baixos valores de $V\%$ se deve aos altos valores de $H+Al$, mesmo possuindo altos valores de SB.

4.1.2.5 Carbono orgânico

Os teores de carbono orgânico estão acima dos apresentados por Kiehl (1985), Brady (1989), Kampf e Schneider (1989), Lepsch et al. (1990), Valladares (2003), Nascimento (2004) e Rosado (2004) . Nos Organossolos são evidentes os elevados teores de carbono orgânico (Quadros 10 e 11).

As amostras retiradas em pontos onde se encontram as turfas preservadas tanto no “ambiente aberto” (Figura 20) quanto no “ambiente conservador” (Figura 21), apresentaram teores de carbono orgânico (CO) superiores aos solos onde se encontram as turfas degradadas, fato este atribuído ao manejo dado ao solo no passado.

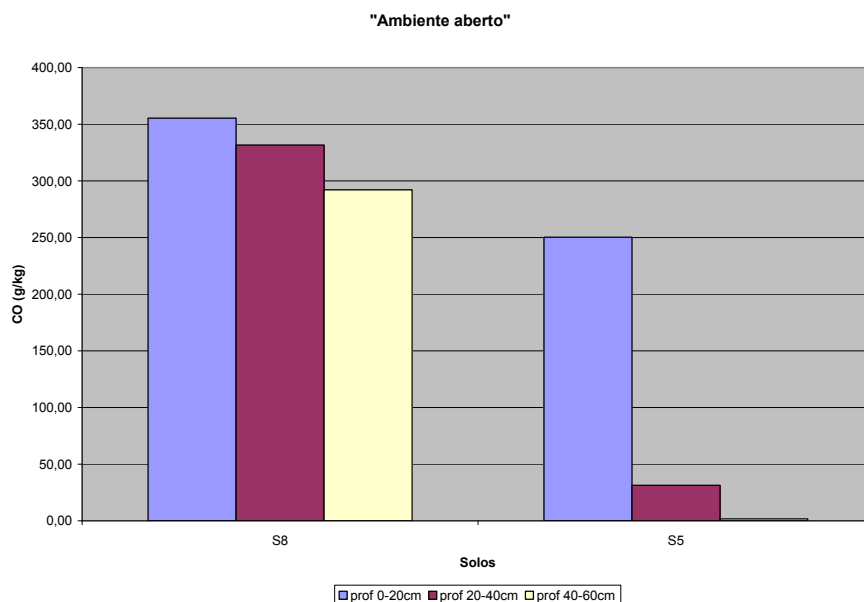


Figura 20 - Carbono Orgânico (CO) dos solos coletados no “Ambiente aberto” na profundidade de 0-20cm, 20-40 cm e 40-60 cm. S8 (Organossolo Háptico Fíbrico Solódico) e S5 (Neossolo Quartzarênico Hidromórfico).

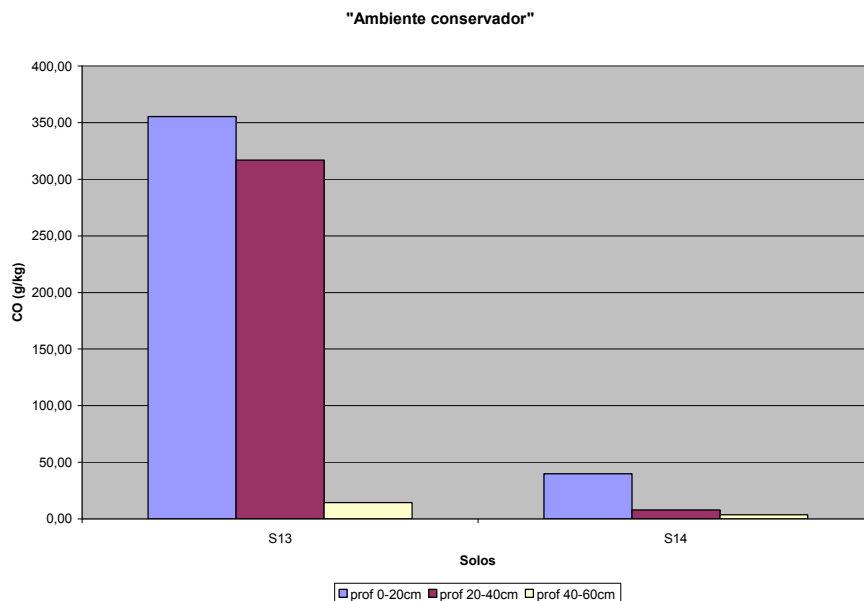


Figura 21 - Carbono Orgânico (CO) dos solos coletados no “Ambiente conservador” na profundidade de 0-20cm, 20-40 cm e 40-60 cm. S13 (Organossolo Háptico Hêmico Tétrico) e S14 (Gleissolo Háptico Tb Eutrófico).

O uso do solo promove alteração nas taxas de adição e de perda de matéria orgânica, resultando numa variação nos seus conteúdos. As taxas de perda de matéria orgânica são afetadas principalmente pela drenagem e também pelo preparo do solo, especialmente pela intensidade do revolvimento, devido a influencia que este apresenta sobre a temperatura, umidade e aeração, grau de fracionamento e incorporação dos resíduos culturais, e pela cobertura do solo (BAYER e MIELNICZUK, 1997).

O teor de matéria orgânica do solo depende do balanço das adições e/ou conservação e de perdas por erosão, lixiviação, queimadas e principalmente mineralização. Perdas por lixiviação podem ser consideradas relativamente desprezíveis (DALAL e MAYER, 1986); por erosão, sua importância depende da situação em que o solo se encontra quanto a relevo e cobertura da superfície; por mineralização, são as mais importantes principalmente nos Organossolos após a drenagem (ROSADO, 2004).

Tanto no “ambiente aberto” quanto no “ambiente conservador” os pontos de turfa degradada e medianamente degradada, os solos são ocupados por pastagens, sem o controle de fluxo de drenagem através de comportas e o manejo rotacionado de piquetes, pelo método Voisan, exceto pelo ponto S12, que possui o manejo de piquetes rotacionado e o controle do nível da água dos drenos desde 2001, contudo devido a intensa utilização, altas taxas de mineralização são encontradas. O manejo sem controle contribui para a redução da espessura do horizonte hístico, com conseqüente redução do carbono orgânico. Isto se deve principalmente a influência da aeração do solo devido à drenagem onde passa a atuar mais ativamente os microorganismos aeróbicos que são mais eficientes na decomposição da matéria orgânica.

Assim o teor de carbono orgânico do solo pode ser considerado um bom indicador de conservação do Organossolo.

4.1.2.6 Nitrogênio

Para a região alta (Quadro 9) os valores de nitrogênio (N) variaram de 0,4 a 1,2 g/kg, valores estes considerados baixos quanto ao nível de fertilidade (DADALTO e FULLIN, 2001).

Para as áreas de baixada os valores encontrados no horizonte hístico foram superiores aos encontrados na região alta variando de 7,4 a 19,0 g/kg no “ambiente aberto” (Quadro 10). Já no “ambiente conservador” (Quadro 11), os valores encontrados variaram de 3,0 a 18,7 g/kg. Os teores de N apresentam uma correlação positiva ($r = 0,85$) com os teores de carbono (C) no solo, indicando que, quanto maiores forem os teores de C maiores serão os teores de N. De acordo com Silva e Mendonça (2007), cerca de 95% do N do solo está associado à matéria orgânica. Porém, a avaliação da disponibilidade de N para as culturas não deve se basear somente no teor de N, mas também na relação C/N. A maioria dos solos tem relação C/N muito alta, fator que pode diminuir a disponibilidade de N para as plantas, devido este nitrogênio encontrar-se em formas não disponíveis (BLOMBÄCK et al., 2003).

A relação C/N no horizonte hístico no “ambiente aberto” teve valor máximo de 50 e mínimo de 18 com média de 30. Já no “ambiente conservador” teve máximo de 31 e mínimo de 10 com média de 19. De acordo com Silva e Mendonça (2007) a mineralização do N da matéria orgânica do solo ocorre simultaneamente com a do C, onde haverá mineralização líquida quando as relações C/N forem menores que 30, quando forem maiores, o processo de imobilização do N irá predominar em relação a sua mineralização. Esta relação C/N nos mostra que os solos do “ambiente conservador” estão em um processo de mineralização maior que os solos do “ambiente aberto”.

4.1.2.7 Fósforo

Para a região alta do Terciário (Quadro 9) os valores de fósforo (P) disponível variaram de 1 a 8 mg/dm⁻³, valores estes considerados baixos quanto ao nível de fertilidade (DADALTO e FULLIN, 2001).

Para as áreas de baixada os teores de P disponível no horizonte hístico variaram de 1 mg/dm⁻³ nas camadas mais profundas a 44 mg/dm⁻³ nas camadas superficiais no “ambiente aberto” (Quadro 10). Já no “ambiente conservador” (Quadro 11), os valores encontrados variaram de 1 a 9 mg/dm⁻³, considerados baixos quanto ao nível de fertilidade (DADALTO e FULLIN, 2001). Baixos valores de P em Organossolos também foram encontrados por Nascimento (2004), ao contrário de Rosado (2004) e Vilarinho (2005) que encontraram maiores valores de P. De acordo com Novais et al. (2007) correlações positivas e significativas entre teor de matéria orgânica (MO) do solo e adsorção de P têm sido freqüentes na literatura, onde a razão principal parece ser, dada ao caráter aniônico da MO, por via de pontes de cátions, como Al, Fe e Ca a ela adsorvidos, que reteriam o P, formando compostos de composição definida e pouco solúvel. Isto pode vir a justificar os baixos valores de P no “ambiente conservador”, visto os altos teores de Ca encontrados no mesmo.

O aumento ou decréscimo dos teores de P no solo depende do balanço, entre, as adições e retiradas. O ponto S12 foi o único que apresentou valores crescentes de P à medida que se aprofunda no perfil do solo, isto se justifica pelo uso intensivo da área por pastoreio rotacionado sem adição de fertilizantes, ocorrendo somente à retirada do mesmo da camada superficial de 0-20 cm.

4.2 ÁGUA

Procurou-se, no presente trabalho, analisar as diferenças entre valores observados de parâmetros de qualidade de água em corpos d'águas superficiais de regiões apresentando solos orgânicos, antes e após períodos chuvosos. Devido ao baixo índice de precipitações pluviométricas registrado no ano de 2007, 882 mm, muito inferior ao valor médio correspondente ao período 2000-2006, 1.350 mm, (Figura 22), o solo se encontrou com acentuado déficit hídrico.

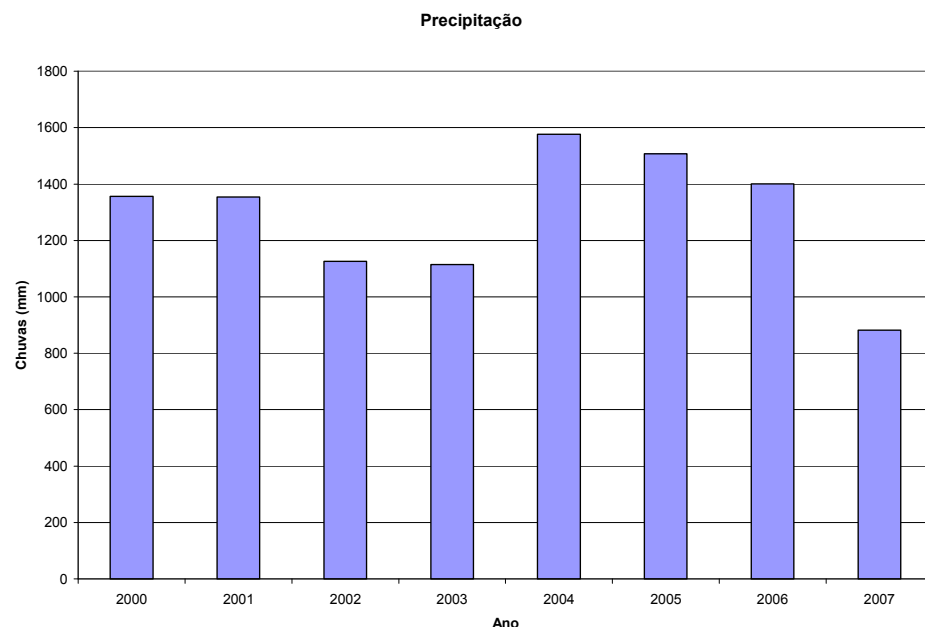


Figura 22 – Precipitação pluviométrica.

Cabe observar que as baixas precipitações ocorridas em 2007 estão em parte relacionadas com o fenômeno climático global denominado “La Niña”.

As baixas precipitações pluviométricas no período de estudo fizeram com que não ocorressem maiores diferenças, previstas, de valores de resultados dos monitoramentos realizados nos períodos chuvoso e seco nos diferentes “ambientes”, não permitindo uma melhor observação dos efeitos da drenagem de Organossolos sobre resultados relativos a vários parâmetros analisados.

Mesmo assim podem ser observadas diferenças relacionadas com precipitações pluviométrica para os parâmetros: pH, condutividade, Oxigênio Dissolvido, cor aparente, turbidez, sólidos dissolvidos, nitrogênio, fósforo e Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Para o melhor entendimento das explicações a respeito dos parâmetros de qualidade analisados, faz-se necessário um maior conhecimento da dinâmica das águas da região, indicando de onde vem e para onde vão os cursos d’água para cada ambiente. Para o “ambiente aberto” (subsuperfície arenosa), as águas de entrada do sistema são provenientes da região alta (Formação Barreiras), formadas pelo córrego dos Macacos (Z16) e córrego Sapucaia (Z15), que passam por canais internos do ambiente de Organossolos até chegar ao canal DNOS (Z22), a partir daí, denominadas de águas de saída, vão em direção ao córrego Barra Nova que deságua no mar.

Para o “ambiente conservador” as águas de entrada são formadas pelo rio Barra Seca (Z02) e lagoa Bonita (Z04), este abastecido pelo rio Biriba (Z03) que se encontram no ponto Z05, deste ponto tomam dois caminhos, um artificial e outro natural. As águas do caminho artificial (por canais), denominadas de águas de saída norte (ASN), passam por dois ambientes de Organossolos de subsuperfície predominantemente argilosa, até chegarem aos pontos de saída dos ambientes (Z10 e Z11), que se unem no ponto de encontro (Z12), passando pela ponte de cimento do rio Barra Nova (Z14) até chegarem ao mar. As águas do caminho natural, denominadas águas de saída sul (ASS), chegam à lagoa Suruaca (Z06) e se encontram na ponte de cimento do rio Ipiranga (Z08), com

águas de drenagem do canal B do DNOS (Z07) e, finalmente deságuam no mar na foz do rio Barra Seca. Estes caminhos são representados no fluxograma “Dinâmica das Águas” (Figura 23).

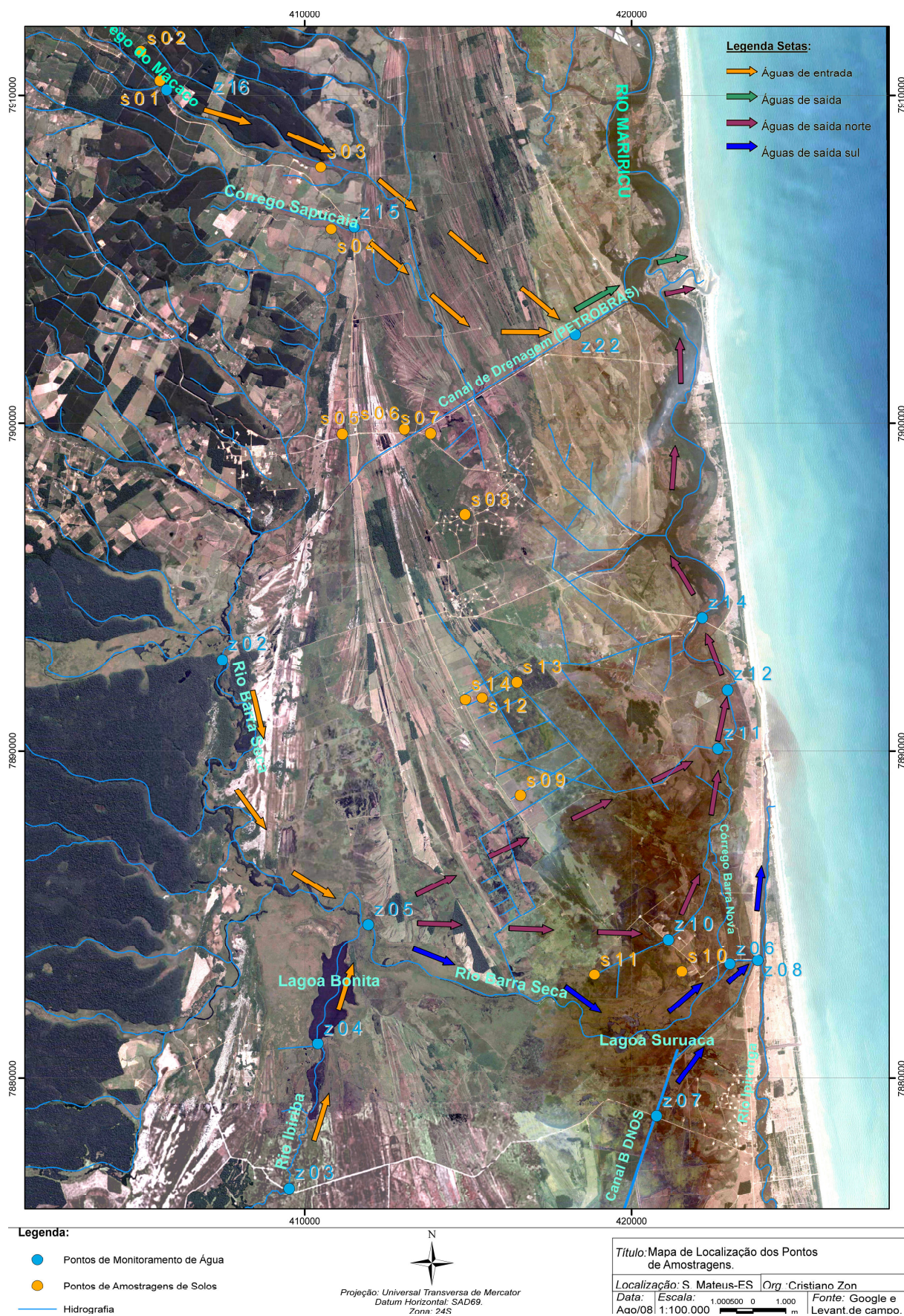


Figura 23 - “Dinâmica das Águas”, caminhos percorridos pelas águas.

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os resultados de monitoramento do parâmetro pH são apresentados na Tabela 1 e Figura 24 para as três campanhas realizadas.

O ponto apresentando menor valor, para todas as campanhas, foi o Z15, que representa águas de entrada no ambiente aberto. Este menor valor, 4,6, ocorreu na 3ª campanha, após período chuvoso. A média dos valores de pH para este ponto (4,8) foi a menor dentre todas as médias dos pontos para as 3 campanhas.

Os pontos representativos da região alta (Z15 e Z16) relacionados com ambiente aberto, foram os que apresentaram as menores médias de valores de pH, 5,4, com máximo de 6,1 e mínimo de 4,6. O valor médio se apresentou abaixo do mínimo recomendado pela Resolução CONAMA 357/05 Quadro 8 (ANEXO A), para águas de classe 2, que corresponde a 6. Os valores de pH do ponto representativo das “águas de saída”, (ponto Z22), se situaram entre 6,3 e 6,9, com média 6,7, indicando aumento na passagem das águas pelo “ambiente aberto”. Esperava-se que a drenagem conduziria a uma acidificação das águas de superfície, conforme observado por Soares (2001). Contudo, fato similar ao verificado no presente estudo foi citado por Prévost et al. (1999), que observou aumento de 4,3 para 5,1 no pH de águas de drenagem de uma floresta sobre turfa. O autor justificou que uma possível explicação para isto seja que as águas de escoamento superficial poderiam ter sido provenientes de bacias de drenagem ocupadas por antigas fazendas abandonadas. No presente estudo provavelmente possa ter acontecido fato similar, visto que a bacia de drenagem relativa ao “ambiente aberto” também é ocupada por fazendas agrícolas. Paavilainen e Päävönen (1995) atribuíram aumentos de pH observados em vários estudos à interceptação de águas subterrâneas mais neutras depois da drenagem.

Para as águas a montante do “ambiente conservador” (pontos Z02, Z03, Z04 e Z05) provenientes do rio Barra Seca, rio Biriba que abastece Lagoa Bonita, Lagoa Bonita e encontro das águas da Lagoa Bonita com rio Barra Seca respectivamente, o pH variou

de 5,1 a 6,8, com média de 5,8. O ponto Z10, água de jusante, apresenta valores próximos a neutralidade na primeira e segunda campanha, tendo ocorrido uma acidificação após período chuvoso, devido às características ácidas dos Organossolos (pontos S10 e S11) de posição próxima.

Tabela 1 – Valores de pH para os pontos monitorados

pH - Poten. Hidrogênio

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	6,04	5,84	5,84
Z 03	6,08	5,98	5,10
Z 04	5,94	6,83	5,20
Z 05	5,85	5,90	5,60
Águas de Saída Norte			
Z 10	6,44	6,24	5,20
Z 11	7,12	6,00	6,70
Z 12	6,68	6,28	6,20
Z 14	6,72	6,62	6,72
Águas de Saída Sul			
Z 06	6,64	6,34	5,80
Z 07	6,10	6,15	5,00
Z 08	6,00	5,90	6,54
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	5,00	5,00	4,60
Z 16	6,10	6,00	5,80
Águas de Saída			
Z 22	6,94	6,34	6,84

■ - fora dos limites CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

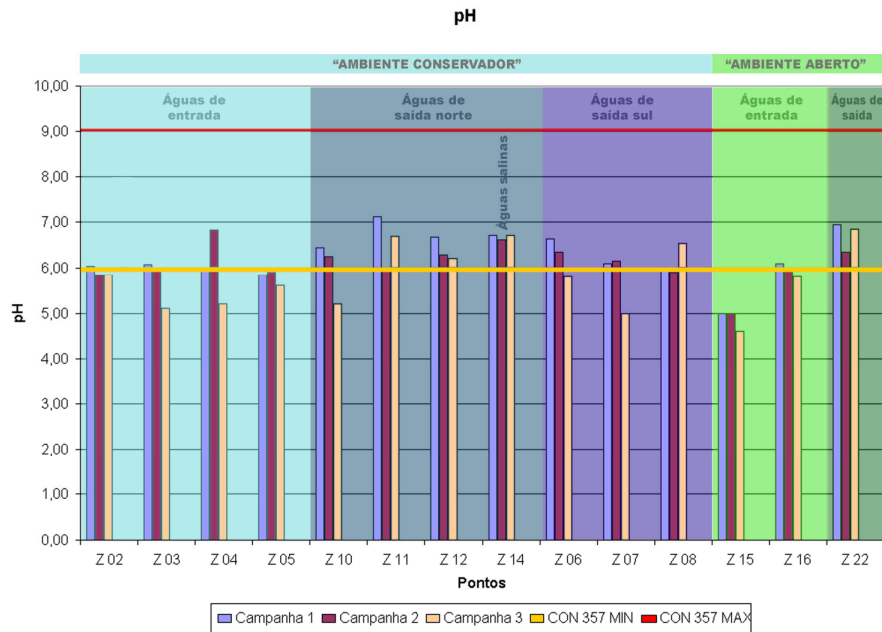


Figura 24 – Valores de pH para os pontos monitorados.

Esta característica pode ser atribuída ao fato da região possivelmente apresentar solos tiomórficos. De acordo com Mello & Abrahão (1998) o processo de drenagem ácida inicia-se quando certos minerais sulfetados, como a pirita (FeS_2), são expostos ao O_2 e água e sofrem oxidação formando sulfatos hidratados. Os produtos da oxidação dos sulfetos, além de serem altamente solúveis, apresentam reação fortemente ácida, de modo que são facilmente dissolvidos na fase líquida, acidificando as águas de drenagem.

A inter-relação solo-água se apresenta também para o ponto de água Z11, que apresenta assim como os solos (S9, S12, S13 e S14) de mesmo local, características menos ácidas. As características menos ácidas do ponto Z11 estão de acordo com citações feitas por McBride (1994) e Souza et al. (2007), que afirma que a mineralização da matéria orgânica libera bases que se encontram imobilizadas nos tecidos, para a solução do solo, propiciando um aumento de seu pH.

O Z12 por ser um ponto de encontro das águas do Z10 e Z11, águas de saída norte (ASN), apresentou uma tendência à acidificação no período chuvoso como o Z10, entretanto com valores menos ácidos como o Z11.

As águas dos pontos Z07 (Canal B do DNOS) e o Z06 (Lagoa Suruaca), águas de saída sul (ASS), por sua vez apresentaram resultados parecidos dos apresentados para o ponto Z10, com uma queda de pH, apresentando média antes do período chuvoso de 6,3, atingindo média de 5,4 em período posterior.

Os pontos Z08 (ponte cimento rio Ipiranga) de ASS e Z14 (ponte cimento rio Mariricu) de ASN, não possuíram diferenças significativas antes e depois do período chuvoso.

4.2.2 Condutividade

Os resultados de monitoramento da condutividade são apresentados na Tabela 2 e Figura 25 para as três campanhas realizadas.

Tabela 2 - Concentrações de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para os pontos monitorados

Condutividade - $\mu\text{S}/\text{cm}$			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	327,0	253,0	199,0
Z 03	414,0	375,0	191,0
Z 04	328,0	252,0	191,0
Z 05	267,0	251,0	239,0
Águas de Saída Norte			
Z 10	303,0	429,0	287,0
Z 11	1.105,0	375,0	1.276,0
Z 12	345,0	372,0	614,0
Z 14	1.640,0	1.794,0	2.130,0
Águas de Saída Sul			
Z 06	268,0	369,0	279,0
Z 07	319,0	258,0	408,0
Z 08	345,0	322,0	775,0
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	295,0	252,0	223,0
Z 16	255,0	375,0	167,0
Águas de Saída			
Z 22	335,0	506,0	446,0

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

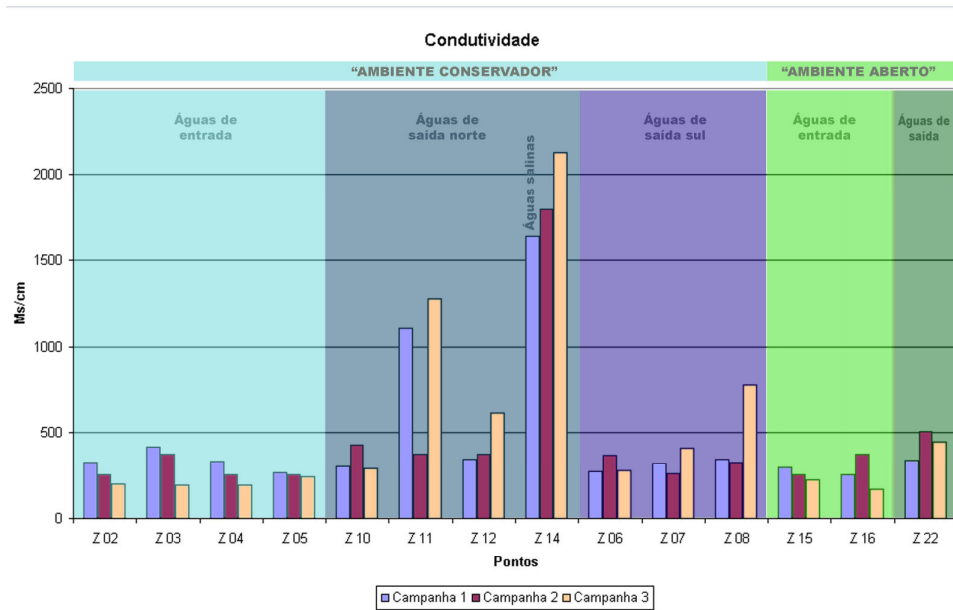


Figura 25 - Concentrações de condutividade ($\mu\text{S/cm}$) para os pontos monitorados.

Para o “ambiente aberto” as águas de entrada apresentaram valores médio 261, máximo 375 e mínimo 167 $\mu\text{S/cm}$. O ponto Z22, representativo de águas de saída do mesmo ambiente, apresentou os valores médio 423, máximo 506 e mínimo 335 $\mu\text{S/cm}$.

Para o “ambiente conservador” as águas de entrada apresentaram valores médios de 274, máximo 414 e mínimo 191 $\mu\text{S/cm}$. O ponto Z10, representativo das ASN deste ambiente, apresentou os valores médio 339, máximo 429 e mínimo 287 $\mu\text{S/cm}$. O ponto Z11, também representativo das ASN, apresentou os valores médio 918, máximo 1276 e mínimo 375 $\mu\text{S/cm}$. Neste ponto, os maiores valores ocorreram na primeira e na terceira campanha, que apresentaram média 1.190 $\mu\text{S/cm}$. Altos valores apresentados se justificam pelos altos teores de Ca e Mg encontrados nos solos S9, S12, S13 e S14. Aumentos de condutividade em águas de drenagem em Organossolos também foram encontrados por Prévost, (1999) e Soares (2001).

Os pontos citados com altos valores de condutividade apresentaram também altas concentrações de sólidos totais dissolvidos e dos principais íons. A condutividade aumenta com a elevação das concentrações iônicas. Entre os pontos que

apresentaram diferenças significativas de condutividade entre o período seco e chuvoso, Z12, representativo de ASN, situado a jusante do ponto Z11, que na terceira campanha apresentou um valor de 614 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o ponto Z14, que apresentou altos valores em todas as campanhas, com média 1.854, máxima 2130 e mínima 1640 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo ter influência de intrusão de águas marinhas, devido à sua proximidade com o mar e o ponto Z08, representativo de ASS, que teve seu maior valor registrado na terceira campanha, 775 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cabe observar que durante a terceira campanha, realizada em período chuvoso a foz do rio Barra Seca estava fechada (Figura 26) devido as fortes correntes marinhas ocorridas nos dias anteriores ao monitoramento. Isto fez com que as águas provenientes do rio Ipiranga retornassem, causando uma mistura com as águas provenientes da Lagoa Suruaca e Canal B. Desta forma acredita-se que o ponto Z8 teve seus valores alterados, somente durante a esta terceira campanha.



Figura 26 - Foz do rio Barra Seca fechada

Mendonça et al. (1997) citam, quanto às características dos solos orgânicos, que estas apresentam, além da matéria orgânica, minerais que podem causar aumentos de condutividade das águas superficiais sob certas condições, tais como relacionadas com o grau de dissociação, a soma de cargas elétricas e a mobilidade dos íons, assim como temperatura do solo.

4.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

Os resultados de monitoramento de OD são apresentados na Tabela 3 e Figura 27 para as três campanhas realizadas.

No parâmetro OD percebe-se que a maioria (86%) dos pontos apresentou decréscimo em média de OD da ordem de 23%, na terceira campanha após ocorrência de chuvas, em relação às duas campanhas do período seco. Mesma tendência de queda de valores de OD em ambientes alagadiços após período chuvoso, também são apresentados por Mendonça et al.(1997).

Para o “ambiente aberto” as águas de entrada apresentaram valor médio 5,7, máximo 7,4 e mínimo 3,4 mg/l de O₂. Para as águas de saída o ponto Z22 apresentou valores com mesma tendência ao de entrada (em mesma campanha) estando todos acima do limite preconizado pelo CONAMA para águas de classe 2.

Para o “ambiente conservador” os pontos a montante apresentaram valores entre 3,1 e 7,0 mg/l de O₂ e média de 5,1 mg/l de O₂. Para ASN o ponto Z11, as duas primeiras campanhas estão dentro do limite mínimo e a terceira campanha fora do limite mínimo, com 3,2 mg/l de O₂. Já o ponto Z10 todas as campanhas apresentaram valores abaixo do limite mínimo do CONAMA 357/05. Valores baixos de OD também são apresentados pelos pontos Z12 e Z14 para o período chuvoso.

Tabela 3 – Concentrações de OD (mg/L de O₂) para os pontos monitorados**OD - mg/L de O₂**

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	5,6	5,1	3,1
Z 03	4,9	5,2	3,8
Z 04	5,0	7,0	5,2
Z 05	4,8	6,2	5,8
Águas de Saída Norte			
Z 10	3	2,8	3,8
Z 11	5,1	7,1	3,2
Z 12	6,6	5,6	3,6
Z 14	4,8	5,7	2,7
Águas de Saída Sul			
Z 06	5,9	5,1	4,1
Z 07	5,7	6,7	4,7
Z 08	5,5	5,8	5,3
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	6,7	5,0	3,4
Z 16	7,4	7,2	4,7
Águas de Saída			
Z 22	7,6	7,4	5,4

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

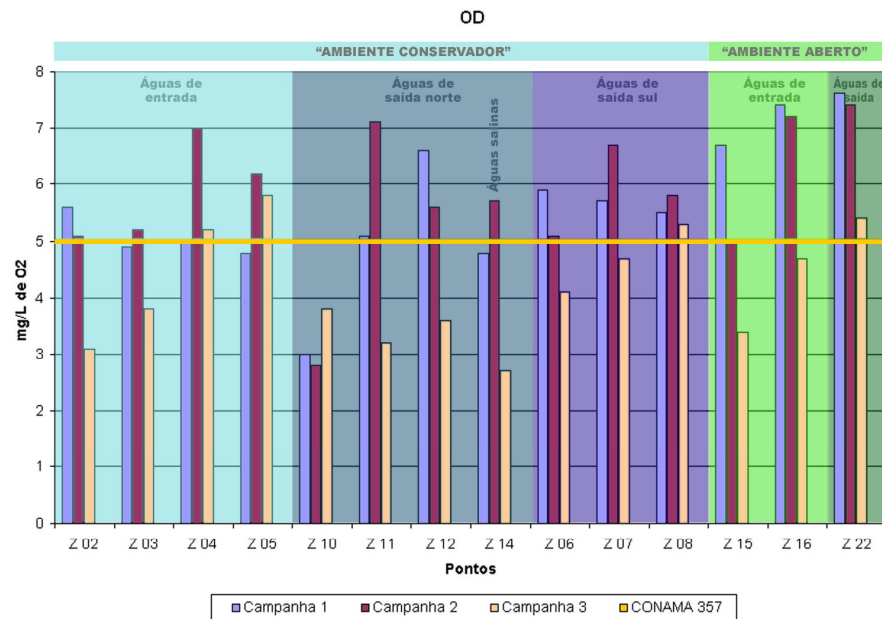


Figura 27 - Concentrações de OD (mg/L de O₂) para os pontos monitorados.

De acordo com Mendonça et al. (1997) as reduzidas concentrações de OD, provavelmente são causadas pela matéria orgânica existente, pelas características alagadiças e pelo fluxo muito lento da água nestas áreas.

O CONAMA 357/05 estabelece valor mínimo de 5mg/l de O₂ para águas Classe 2.

4.2.4 Cor

Os resultados de monitoramento de Cor aparente são apresentados na Tabela 4 e Figura 28 para as três campanhas realizadas.

O resultado do parâmetro cor indica que maiores foram os valores para os pontos águas de saída (drenagem), comparados com pontos de águas de entrada, após a ocorrência do período chuvoso.

Para o “ambiente aberto” as águas de entrada possuíram valores médio 71, máximo 98 no ponto Z15 e mínimo 36 mg/L de Pt para o ponto Z16. Para as águas de saída o ponto Z22 apresentou valores 126 e 110 mg/L de Pt, para primeira e terceira campanha respectivamente.

Para o “ambiente conservador” as águas de entrada apresentaram valor médio de 28, máximo de 56 e mínimo de 11 mg/L de Pt. Para as ASN do ponto Z10 os valores foram baixos na primeira e segunda campanha e o valor maior de 96 mg/L de Pt para a terceira, já no ponto Z11 os valores foram altos na primeira e terceira campanha apresentando 138 e 133 mg/L de Pt respectivamente. Os menores valores do ponto Z10 em relação ao ponto Z11 indicam o forte efeito dos canais de drenagem sobre a lixiviação de substâncias orgânicas, visto que o ponto Z11 apresenta um sistema de drenagem mais abrangente e ramificado que o ponto Z10.

Para ASS o ponto Z07 de monitoramento por se tratar de um canal de drenagem de outras regiões, apresentou em todas as 3 campanhas valores altos, assim como o ponto Z06 na terceira campanha. Mesma tendência de aumento na campanha do período chuvoso foi observada para ASN nos pontos Z12 e Z14.

O parâmetro cor aparente demonstra claramente o efeito da drenagem de Organossolos sobre a qualidade das águas de saída em todos os “ambientes”,

proporcionando indicar, através da caracterização física da água, o tipo de solo existente na região.

Tabela 4 - Concentrações de Cor Aparente (mg/L de Pt) para os pontos monitorados

Cor Aparente - mg/L de Pt			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	11,0	18,6	27,6
Z 03	47,0	38,0	28,0
Z 04	56,0	27,0	24,0
Z 05	12,0	28,0	23,0
Águas de Saída Norte			
Z 10	45,0	36,0	96,0
Z 11	138,0	35,2	133,0
Z 12	44,2	44,2	84,2
Z 14	86,4	37,4	97,4
Águas de Saída Sul			
Z 06	9,8	37,4	87,4
Z 07	87,0	95,0	82,0
Z 08	28,0	18,6	58,6
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	77,4	38,4	98,0
Z 16	47,3	36,3	38,0
Águas de Saída			
Z 22	126,0	39,0	110,0

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;
■ - identificação "Ambiente Conservador";
■ - identificação "Ambiente Aberto"

Os valores apresentados estão em concordância com os obtidos por Wallage et al. (2006), que diz que águas de canais de drenagem de ambientes com presença de turfa, possuem altos valores para cor, devido à presença de substâncias húmicas de coloração escura.

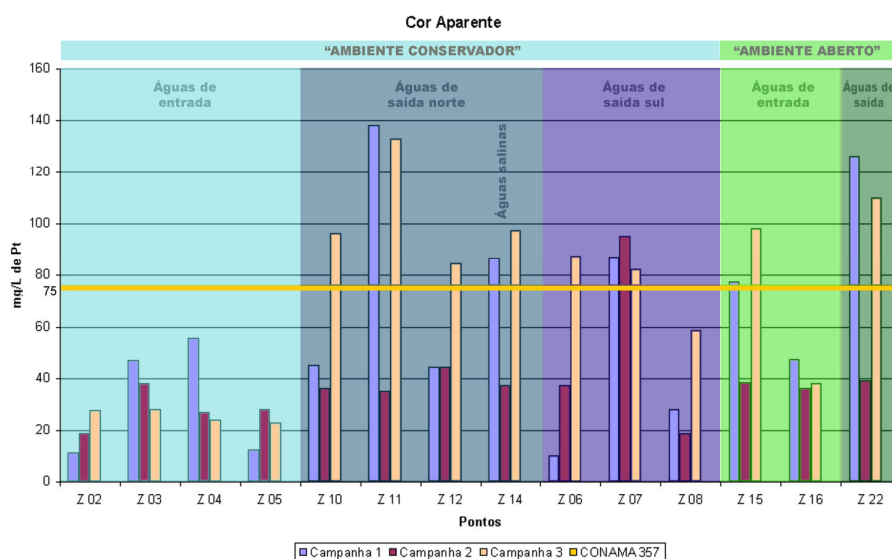


Figura 28 – Concentrações de Cor Aparente (mg/L de Pt) para os pontos monitorados.

Os valores de cor aparente estão relacionados com a presença de substâncias dissolvidas e particuladas, e com a refração da luz nas partículas suspensas (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992). Outro fator influente está relacionado com os locais apresentando influência da presença de Organossolos e canais de drenagem. A chuva lixívia substâncias orgânicas ricas em cor para o curso d'água (KNEALE e MCDONALD, 1999).

Valores apresentados como altos são valores acima do permitido de 75 mg/L de Pt pela resolução CONAMA 357/05, para águas da Classe 2.

4.2.5 Turbidez

Os resultados de monitoramento do parâmetro turbidez são apresentados na Tabela 5 e Figura 29 para as três campanhas realizadas.

Tabela 5 – Concentrações de Turbidez (NTU) para os pontos monitorados

Turbidez - NTU			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	2,7	12,3	18,0
Z 03	36,3	26,3	14,3
Z 04	38,6	18,4	18,4
Z 05	2,8	16,0	15,0
Águas de Saída Norte			
Z 10	16,1	24,0	63,0
Z 11	82,2	23,2	78,0
Z 12	22,3	22,3	47,0
Z 14	62,2	22,0	56,0
Águas de Saída Sul			
Z 06	6,3	6,3	45,0
Z 07	43,2	48,2	54,2
Z 08	12,1	12,1	34,1
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	48,1	24,6	58,0
Z 16	27,8	17,4	27,0
Águas de Saída			
Z 22	71,3	23,0	61,0

 - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;
 - identificação "Ambiente Conservador";
 - identificação "Ambiente Aberto"

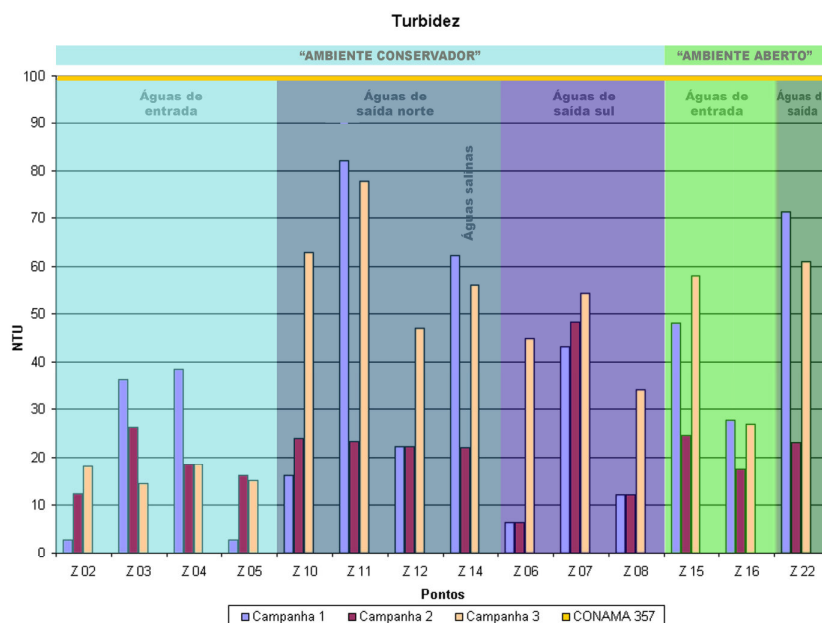


Figura 29 - Concentrações de Turbidez (NTU) para os pontos monitorados.

Observa-se que todos os pontos de águas de saída apresentaram tendência de crescimento no período após as chuvas, indicando um aumento do escoamento superficial. O mesmo foi observado por Soares (2001) onde mais da metade (67%) dos pontos apresentaram mesmo comportamento.

Para o “ambiente aberto” as águas de entrada possuíram valores médio 33,8, máximo 58 e mínimo 17,4 NTU, valores estes, inferiores aos das águas de saída do ponto Z22 que apresentou concentrações 71,3 e 61 NTU para a primeira e terceira campanha respectivamente.

As águas provenientes a montante do “ambiente conservador” apresentaram valores médio 18,3, máximo 38,6 e mínimo 2,7 NTU, apresentando diferenças entre o rio Barra Seca (Z02) e a Lagoa Bonita (Z04), esta mais turbida na primeira campanha. Para as águas de saída norte o ponto Z10 apresentou valores crescentes chegando a 63 NTU na terceira campanha e o ponto Z11 valores 82,2 e 78 NTU para a primeira e terceira campanha respectivamente.

Chapman e Kimstach (1992) mencionam que os níveis de turbidez apresentados pelas águas podem ser influenciados pela presença de matéria orgânica, assim como pelo escoamento com um alto conteúdo de material suspenso. Já a MPCA (1996), cita a influência de áreas de escavação e canais. Observou-se pelos resultados do monitoramento influência dos canais que drenam áreas de solos orgânicos.

O limite para o parâmetro turbidez estabelecido para CONAMA 357/05 é de até 100 NTU, para as águas classificadas como Classe 2. Desta forma nenhum ponto apresentou ocorrências acima do valor preconizado.

4.2.6 Sólidos dissolvidos

Os resultados de monitoramento para sólidos dissolvidos são apresentados na Tabela 6 e Figura 30 para as três campanhas realizadas.

Apenas os pontos de canais de drenagem Z11 e Z14 de ASN apresentaram valores acima do limite máximo do CONAMA 357/05. Os demais pontos tanto de entrada quanto de saída dos dois “ambientes” apresentaram variações insignificantes. Resultados parecidos (sem diferenças) também foram apresentados por Soares (2001).

Conforme citado pela MPCA (1996) os valores um pouco mais elevados de sólidos nos canais artificiais, em relação aos outros pontos monitorados, podem estar associados à erosão sofrida nas laterais dos canais nestas áreas e possivelmente ao acúmulo dos sólidos.

Tabela 6 - Concentrações de Sólidos Dissolvidos (mg/L) para os pontos monitorados

Sólidos Dissolvidos - mg/L			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	171,60	151,62	145,92
Z 03	142,80	135,84	133,90
Z 04	176,10	126,30	134,14
Z 05	184,40	114,46	154,44
Águas de Saída Norte			
Z 10	166,15	168,16	158,05
Z 11	717,50	217,66	417,12
Z 12	207,50	202,60	212,63
Z 14	216,80	816,90	1.016,73
Águas de Saída Sul			
Z 06	183,00	195,87	171,14
Z 07	184,10	173,04	175,77
Z 08	192,10	188,36	225,18
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	155,80	207,92	143,90
Z 16	154,20	166,28	128,16
Águas de Saída			
Z 22	192,60	192,62	181,62

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

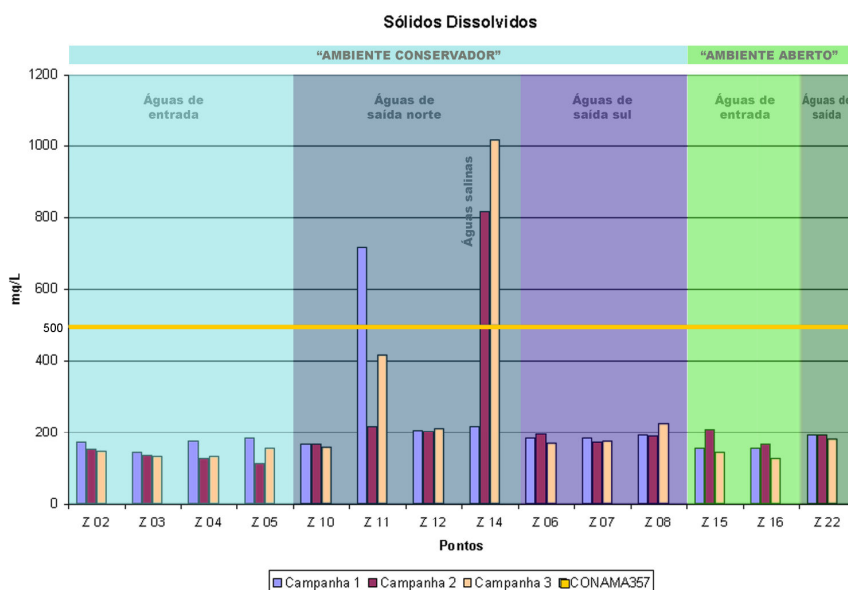


Figura 30 - Concentrações de Sólidos Dissolvidos (mg/L) para os pontos monitorados.

A resolução CONAMA 357/05 estabelece limite para o parâmetro sólidos dissolvidos em 500 mg/L.

4.2.7 Alumínio (Al) e Ferro (Fe)

Os resultados de monitoramento para alumínio são apresentados na Tabela 7 e Figura 31 para as três campanhas realizadas.

Contudo 40% dos pontos apresentaram as concentrações de alumínio pouco acima do limite de 0,1 mg/L de Al, preconizado pelo CONAMA 357/05 para águas de Classe 2. O ponto Z10 que apresentou valores um pouco acima da média, fato este que talvez possa ser atribuído a acidez, levando a um alto nível o de Al nos solos S10 e S11. Pois em razão dos baixos valores de pH, outros elementos potencialmente tóxicos, como Al, As, Mn, Cu, Zn, Pb, etc., se presentes no meio, são solubilizados e mobilizados nas águas de drenagem, aumentando o risco de incorporação de metais tóxicos nos sistemas biológicos bem como a conseqüente biomagnificação na cadeia trófica, afetando, por fim, a saúde humana (MELLO & ABRAHÃO, 1998).

Já o parâmetro ferro, todos os pontos apresentaram valores bem abaixo do limite máximo de 0,3 mg/L de Fe total, Tabela 20 (Anexo C) preconizado pelo CONAMA 357/05 para águas de Classe 2.

De acordo com Soares (2001), a drenagem de solos orgânicos levou ao aumento significativo das concentrações de Al e Fe nas águas dos canais de drenagem. Contudo Prévost (1999) em drenagem de florestas sobre turfas não encontrou variações significativas para os elementos Al e Fe.

Tabela 7 - Concentrações de Alumínio (mg/L) para os pontos monitorados.

Alumínio - mg/L de Al			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	0,11	0,10	0,11
Z 03	0,09	0,08	0,11
Z 04	0,12	0,11	0,12
Z 05	0,10	0,09	0,10
Águas de Saída Norte			
Z 10	0,13	0,12	0,11
Z 11	0,10	0,10	0,11
Z 12	0,09	0,09	0,12
Z 14	0,09	0,09	0,09
Águas de Saída Sul			
Z 06	0,11	0,11	0,11
Z 07	0,11	0,10	0,12
Z 08	0,10	0,08	0,13
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	0,08	0,09	0,09
Z 16	0,09	0,09	0,09
Águas de Saída			
Z 22	0,07	0,10	0,10

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

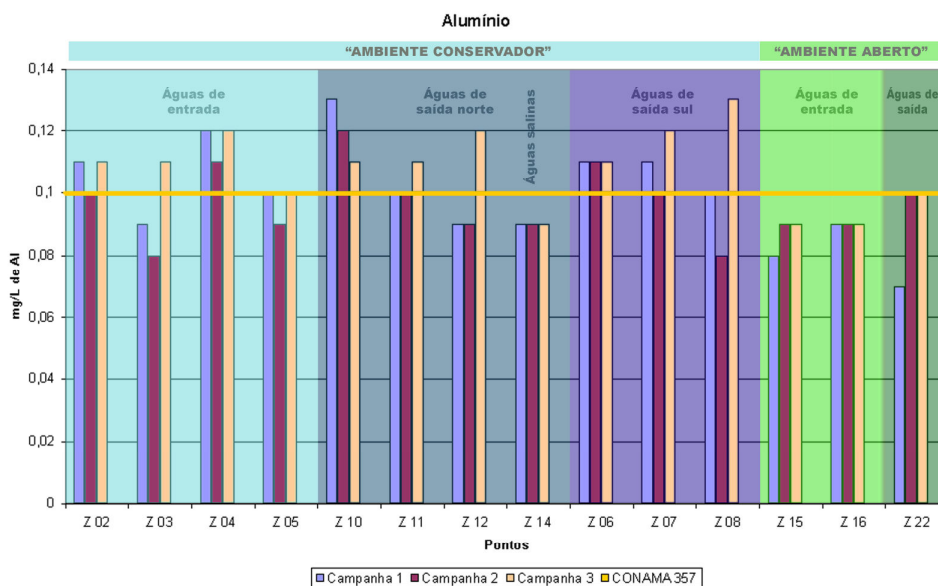


Figura 31 - Concentrações de Alumínio (mg/L) para os pontos monitorados.

4.2.8 Nitrogênio (N)

Os resultados de monitoramento para nitrogênio são apresentados na Tabela 8 e Figura 32 para as três campanhas realizadas.

As águas provenientes a montante do “ambiente aberto” possuíram valores entre 2,7 e 2,3, média 2,4 mg/l de N. Para as águas a jusante não houveram diferenças significativas para nenhum dos pontos.

Para o “ambiente conservador” as águas de entrada obtiveram valores entre 2,8 e 2,1, média 2,3 mg/l de N. Para as águas de saída o ponto Z11 não possuiu diferença significativa com as águas de origem, em nenhuma das campanhas. Já para o ponto Z10 os valores foram maiores em todas as campanhas, com destaque para a primeira campanha com valor de 8,74 mg/l de N, valor este maior que o limite máximo de 3,7 mg/l de N total, de acordo com o CONAMA 357/05 para águas classificadas como Classe 2.

De acordo com Cantarella et al.(2007) o NO_3^- tem baixa interação química com os minerais do solo apresentando grande mobilidade, estando sujeito a lixiviação para as camadas mais profundas, podendo chegar às águas superficiais e ao lençol freático, com potencial de se tornar um contaminante do ambiente. Esta lixiviação tem estreita dependência da quantidade de água que percola no perfil do solo, porém a água e o soluto não se movem uniformemente por causa das interações físicas e químicas com o solo, e se o solo estiver seco, parte da água ficará retida na matriz do solo.

Tabela 8 - Concentrações de Nitrogênio Total (mg/L de N) para os pontos monitorados

N. Total - mg/L de N			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	2,30	2,70	2,82
Z 03	2,45	2,32	2,44
Z 04	2,40	2,08	2,16
Z 05	2,25	2,12	2,18
Águas de Saída Norte			
Z 10	8,74	3,74	3,74
Z 11	2,10	2,48	2,48
Z 12	2,28	2,78	2,78
Z 14	2,25	2,25	2,64
Águas de Saída Sul			
Z 06	2,47	2,47	2,47
Z 07	2,38	3,08	3,08
Z 08	2,30	2,24	2,24
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	2,55	2,70	2,7
Z 16	2,30	2,30	2,30
Águas de Saída			
Z 22	2,18	2,28	2,28

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

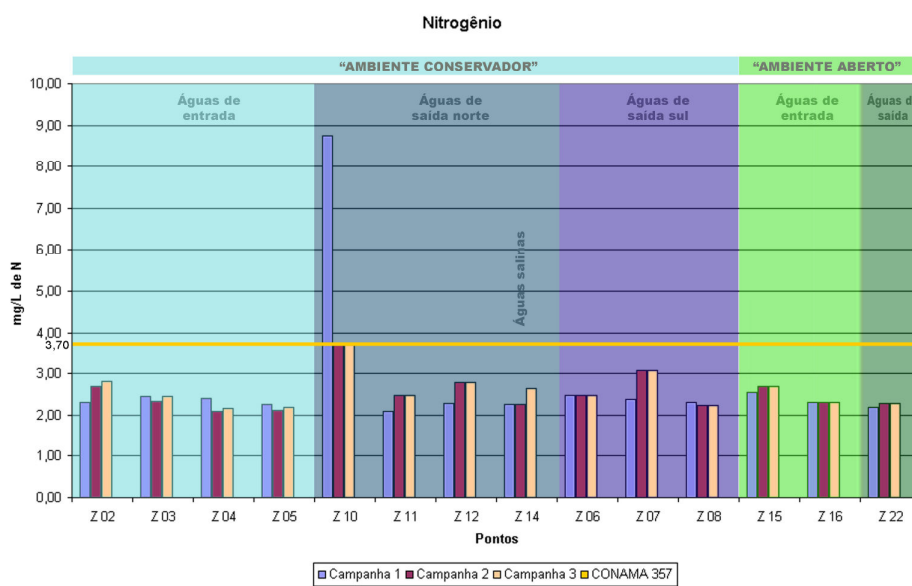


Figura 32 - Concentrações de Nitrogênio Total (mg/L de N) para os pontos monitorados.

4.2.9 Fósforo (P)

Os resultados de monitoramento para fósforo são apresentados na Tabela 9 e Figura 33 para as três campanhas realizadas.

Para o parâmetro fósforo, destaques para os pontos Z10, Z12 e Z14, de ASN, que apresentaram valores de P acima do permitido pela resolução CONAMA 357/05.

Para o “ambiente aberto” as águas de entrada apresentaram valores médio 0,08, máximo 0,10 e mínimo 0,07 mg/l de P. O ponto Z22, água de saída, apresentou valor de 0,1 mg/l de P em todas as 3 campanhas.

Para o “ambiente conservador” as águas de entrada obtiveram valores entre 0,10 e 0,06, média 0,08 mg/L de P. Para as ASN o ponto Z11 teve seus valores maiores que os de entrada e no limite aceito pelo CONAMA 357/05. Já o ponto Z10 foram maiores em todas as 3 campanhas com destaque para a primeira que teve valor de 0,16 mg/L de P, valor este acima do permitido de 0,10 mg/L de P pela resolução CONAMA

357/05, para águas da Classe 2. Estes altos valores talvez possam ser atribuídos a um plantio de coco anão feito alguns anos atrás em uma área de 500 ha (100 mil pés) (Figura 34), dentro da mesma bacia de drenagem, onde foi feita aplicação de fósforo reativo, que possui reação lenta, na cova de plantio, liberando ao longo dos anos fósforo para o meio.

Tabela 9 – Concentrações de Fósforo (mg/L de P) para os pontos monitorados

Fósforo Total - mg/L de P			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	0,07	0,08	0,07
Z 03	0,08	0,08	0,1
Z 04	0,09	0,06	0,08
Z 05	0,06	0,07	0,08
Águas de Saída Norte			
Z 10	0,16	0,11	0,11
Z 11	0,10	0,09	0,09
Z 12	0,11	0,11	0,12
Z 14	0,11	0,11	0,11
Águas de Saída Sul			
Z 06	0,09	0,09	0,09
Z 07	0,07	0,09	0,09
Z 08	0,09	0,07	0,09
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	0,08	0,10	0,10
Z 16	0,07	0,07	0,08
Águas de Saída			
Z 22	0,10	0,10	0,1

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;
■ - identificação "Ambiente Conservador";
■ - identificação "Ambiente Aberto"

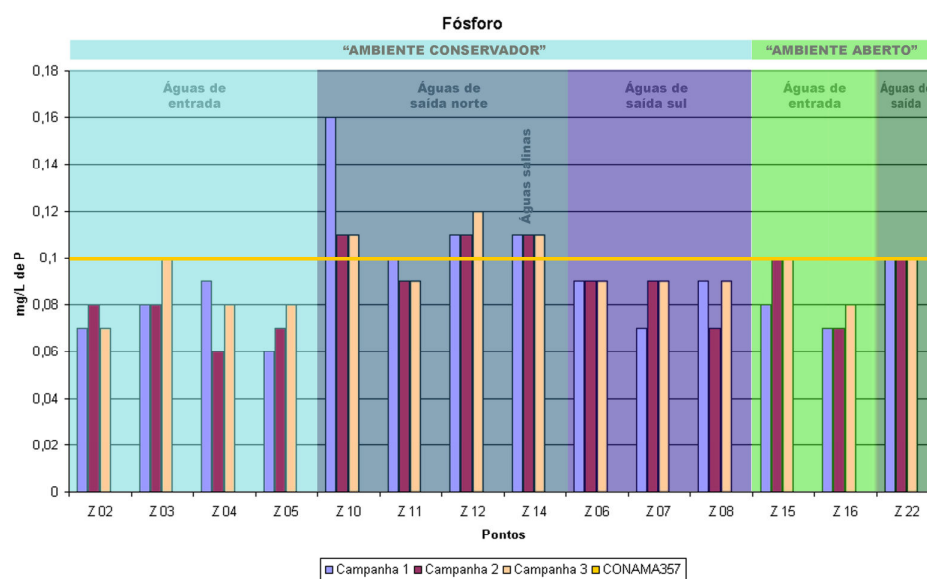


Figura 33 - Concentrações de Fósforo (mg/L de P) para os pontos monitorados.



Figura 34 - Plantio de coco na região, sobre área de várzea.

4.2.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Tabela 10 e a Figura 35 mostram os resultados de monitoramento de DBO das três campanhas realizadas.

As águas a montante do “ambiente aberto” apresentaram valores entre 1,8 e 1,3, média 1,6 mg/l de O₂. O ponto Z22, água a jusante, apresentou baixos valores de DBO em todas as três campanhas, em torno de 1,3 mg/l de O₂.

Tabela 10 – Concentrações de DBO (mg/L de O₂) para os pontos monitorados

DBO 5 - mg/L de O₂

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	2,6	2,6	2,8
Z 03	3,4	2,6	2,4
Z 04	2,1	2,0	1,8
Z 05	3,5	2,5	2,3
Águas de Saída Norte			
Z 10	23,0	8,0	3,5
Z 11	2,4	2,4	2,4
Z 12	1,8	1,8	2,1
Z 14	2,9	2,5	2,3
Águas de Saída Sul			
Z 06	2,1	2,1	2,0
Z 07	2,3	1,9	2,1
Z 08	2,1	2,3	2,0
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	1,7	1,7	1,8
Z 16	1,5	1,3	1,7
Águas de Saída			
Z 22	1,3	1,3	1,2

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;
 ■ - identificação "Ambiente Conservador";
 ■ - identificação "Ambiente Aberto"

Para o “ambiente conservador” as águas de entrada apresentaram valores entre 3,5 e 1,8, média 2,6 mg/l de O₂. Para as águas de saída no ponto Z11 todos os valores foram

baixos, com o valor de 2,4 mg/l de O₂ para todas as 3 campanhas. Já o ponto Z10 apresentou valores na ordem de 23 e 8 mg/l de O₂, para a primeira e segunda campanha respectivamente, valores estes acima dos permitidos pelo CONAMA 357/05. Valores estes coincidentes com os altos valores de nitrogênio para as mesmas campanhas.

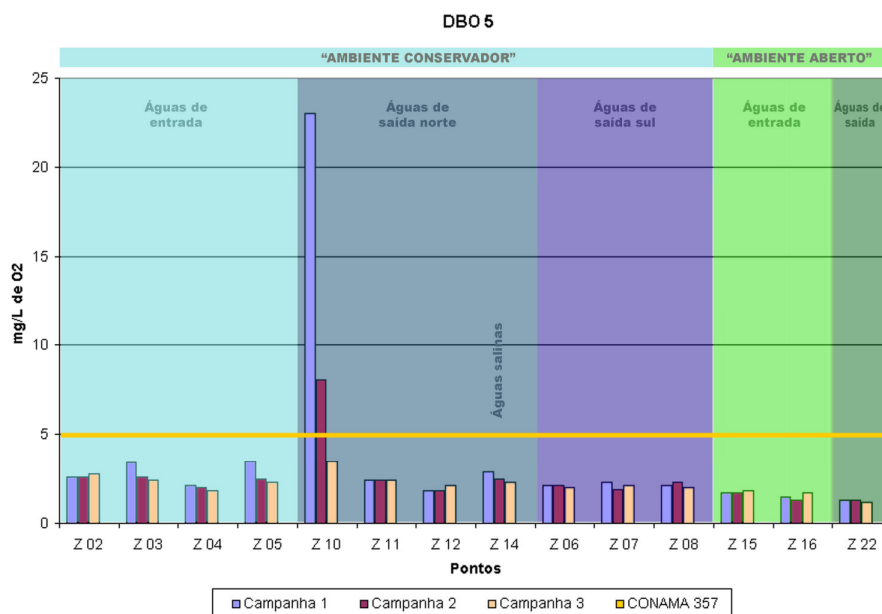


Figura 35 – Concentrações de DBO (mg/L de O₂) para os pontos monitorados.

Os demais pontos não apresentaram diferenças significativas entre as campanhas, ficando todos com valores abaixo do valor máximo permitido pelo CONAMA 357/05 para águas de Classe 2, que é de 5 mg/l de O₂.

Segundo Cresser e Edwards apud Cresser et al. (1997), altas concentrações de DBO podem alcançar os cursos d'água através dos horizontes de solos mais superficiais com um teor considerável de matéria orgânica.

4.3 CORRELAÇÕES

Os valores das correlações entre os valores observados para diversos parâmetros monitorados, são apresentados nas Tabelas 11, 12 e 13 para as três campanhas realizadas.

Tabela 11 - Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade de água monitorados na 1ª campanha.

1ª Coleta	DQO	DBO5	OD	ST	SD	SS	Cl	C Org.	Turbidez	Cor Apar.	Al	Fe	P	N	Mn	K	Na	S	pH	Condu.	Salin.
DQO	1,00																				
DBO5	1,00	1,00																			
OD	-0,86	-0,86	1,00																		
ST	0,72	0,76	-0,70	1,00																	
SD	0,75	0,76	-0,64	0,63	1,00																
SS	0,32	0,36	-0,49	0,58	0,09	1,00															
Cl	-0,10	-0,10	-0,24	0,51	-0,22	0,68	1,00														
C Org.	0,75	0,76	-0,64	0,63	1,00	0,09	-0,22	1,00													
Turbidez	0,49	0,52	-0,44	0,83	0,42	0,57	0,58	0,42	1,00												
Cor Apar.	0,51	0,55	-0,43	0,82	0,41	0,54	0,49	0,41	0,99	1,00											
Al	0,39	0,36	-0,53	0,01	0,15	0,05	-0,16	0,15	-0,29	-0,26	1,00										
Fe	0,69	0,69	-0,50	0,49	0,49	0,05	-0,62	0,49	0,14	0,18	0,59	1,00									
P	0,89	0,88	-0,72	0,69	0,57	0,39	0,25	0,57	0,60	0,62	0,22	0,56	1,00								
N	0,60	0,55	-0,40	-0,10	0,34	-0,19	-0,16	0,34	-0,19	-0,13	0,56	0,41	0,52	1,00							
Mn	0,99	0,98	-0,81	0,64	0,72	0,26	-0,13	0,72	0,43	0,47	0,41	0,70	0,89	0,68	1,00						
K	0,86	0,87	-0,69	0,76	0,74	0,29	-0,20	0,74	0,61	0,63	0,22	0,62	0,79	0,44	0,86	1,00					
Na	0,09	0,12	-0,24	0,22	0,45	-0,10	-0,45	0,45	-0,09	-0,13	0,16	0,36	-0,14	-0,27	0,02	0,03	1,00				
S	0,82	0,83	-0,79	0,71	0,60	0,40	0,17	0,60	0,52	0,53	0,48	0,66	0,70	0,38	0,80	0,73	0,10	1,00			
pH	0,35	0,36	-0,31	0,50	0,41	0,32	0,47	0,41	0,52	0,54	-0,01	0,24	0,59	0,02	0,34	0,32	0,04	0,43	1,00		
Condu.	-0,08	-0,08	-0,25	0,52	-0,18	0,65	1,00	-0,18	0,59	0,49	-0,16	-0,63	0,25	-0,15	-0,12	-0,17	-0,44	0,18	0,47	1,00	
Salin.	-0,10	-0,10	-0,24	0,51	-0,22	0,68	1,00	-0,22	0,58	0,48	-0,16	-0,63	0,24	-0,17	-0,14	-0,20	-0,44	0,17	0,47	1,00	1,00

Tabela 12 - Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade de água monitorados na 2ª campanha.

2ª Coleta	DQO	DBO5	OD	Mat. Org.	Dureza	ST	SD	SS	Cl	C Org.	Turbidez	Cor Apar.	Al	Fe	P	N	K	Na	S	pH	Condu.	Salin.
DQO	1,00																					
DBO5	0,99	1,00																				
OD	-0,77	-0,78	1,00																			
Mat. Org.	0,42	0,37	-0,42	1,00																		
Dureza	-0,23	-0,33	0,24	0,39	1,00																	
ST	-0,03	-0,02	-0,03	0,64	0,33	1,00																
SD	0,41	0,36	-0,42	1,00	0,39	0,68	1,00															
SS	-0,07	-0,05	-0,11	0,44	-0,05	0,62	0,69	1,00														
Cl	0,05	0,06	-0,05	0,62	0,33	0,98	0,62	0,51	1,00													
C Org.	0,59	0,52	-0,39	0,39	0,24	0,02	0,37	0,13	0,07	1,00												
Turbidez	0,03	0,03	0,14	-0,13	-0,28	0,04	-0,14	0,46	0,03	0,31	1,00											
Cor Apar.	-0,08	-0,11	0,17	-0,03	-0,17	0,03	-0,04	0,53	-0,01	0,41	0,87	1,00										
Al	0,57	0,53	-0,26	0,22	0,07	-0,15	0,21	-0,06	-0,12	0,61	0,00	0,10	1,00									
Fe	0,13	0,03	-0,27	0,20	0,16	-0,30	0,19	0,18	-0,35	0,47	0,20	0,47	0,37	1,00								
P	0,39	0,33	-0,43	0,56	0,21	0,48	0,56	0,45	0,48	0,51	0,30	0,31	0,20	0,34	1,00							
N	0,77	0,72	-0,67	0,34	-0,24	-0,14	0,33	0,26	-0,14	0,67	0,42	0,40	0,52	0,59	0,57	1,00						
K	0,21	0,10	-0,20	0,46	0,27	-0,07	0,46	0,01	-0,10	0,33	-0,12	0,08	0,44	0,71	0,49	0,40	1,00					
Na	-0,19	-0,14	-0,12	-0,16	-0,18	-0,16	-0,16	0,07	-0,17	-0,14	-0,15	0,09	-0,05	0,27	-0,48	-0,14	-0,20	1,00				
S	0,32	0,31	-0,26	0,54	0,27	0,22	0,53	0,29	0,22	0,40	-0,03	0,20	0,32	0,28	0,04	0,30	-0,02	0,41	1,00			
pH	0,07	0,10	0,21	0,13	-0,03	0,30	0,13	0,10	0,40	0,06	-0,03	0,06	0,41	-0,11	0,00	-0,14	0,11	0,15	0,13	1,00		
Condu.	0,04	0,04	-0,04	0,64	0,35	0,98	0,65	0,50	1,00	0,07	0,01	-0,01	-0,13	-0,34	0,46	-0,16	-0,08	-0,16	0,24	0,40	1,00	
Salin.	0,03	0,05	-0,05	0,60	0,31	0,98	0,60	0,52	1,00	0,04	0,04	-0,01	-0,13	-0,36	0,46	-0,15	-0,13	-0,16	0,21	0,39	1,00	1,00

Tabela 13 - Matriz de correlação entre parâmetros de qualidade de água monitorados na 3ª campanha.

3ª Coleta	DQO	DBO5	OD	Mat. Org.	Dur.	ST	SD	SS	Cl	C Org.	Turb.	Cor Apar.	Al	Fe	P	N	K	Na	S	pH	Cond.	Sal.	Ca	Mg
DQO	1,00																							
DBO5	0,52	1,00																						
OD	-0,65	-0,44	1,00																					
Mat. Org.	0,68	0,58	-0,85	1,00																				
Dureza	0,21	-0,01	-0,13	0,20	1,00																			
ST	0,21	0,06	-0,53	0,53	0,53	1,00																		
SD	0,69	0,57	-0,85	1,00	0,20	0,53	1,00																	
SS	0,42	0,21	-0,74	0,62	0,49	0,85	0,63	1,00																
Cl	0,08	0,00	-0,40	0,22	0,54	0,82	0,23	0,84	1,00															
C Org.	-0,29	0,09	0,08	-0,06	0,04	-0,09	-0,09	-0,17	-0,10	1,00														
Turbidez	0,15	0,01	-0,41	0,34	0,48	0,47	0,33	0,53	0,52	0,42	1,00													
Cor Apar.	0,14	-0,05	-0,43	0,31	0,48	0,52	0,30	0,56	0,60	0,39	0,98	1,00												
Al	0,09	0,16	0,27	-0,26	0,18	-0,35	-0,26	-0,20	-0,22	0,05	-0,18	-0,19	1,00											
Fe	0,06	0,10	-0,11	-0,02	-0,35	-0,47	-0,03	-0,23	-0,35	0,34	0,01	0,02	0,19	1,00										
P	-0,20	0,08	-0,42	0,31	0,18	0,50	0,31	0,53	0,56	0,17	0,61	0,66	-0,11	0,03	1,00									
N	0,26	0,71	-0,47	0,44	-0,06	0,04	0,43	0,23	0,05	0,40	0,43	0,34	0,07	0,36	0,41	1,00								
K	-0,03	0,07	-0,29	0,18	0,03	0,04	0,17	0,23	0,30	0,46	0,60	0,62	-0,06	0,40	0,54	0,41	1,00							
Na	-0,28	-0,05	0,45	-0,46	-0,35	-0,35	-0,46	-0,46	-0,42	0,01	-0,79	-0,79	0,27	0,17	-0,56	-0,23	-0,55	1,00						
S	-0,24	-0,46	0,17	-0,44	0,23	-0,09	-0,44	0,01	0,14	0,33	0,25	0,30	0,28	0,00	0,02	-0,29	0,02	-0,02	1,00					
pH	0,16	-0,20	-0,14	0,17	0,64	0,64	0,17	0,48	0,71	-0,14	0,42	0,51	-0,07	-0,37	0,33	-0,25	0,24	-0,46	0,01	1,00				
Condu.	0,08	0,00	-0,40	0,22	0,54	0,82	0,23	0,84	1,00	-0,10	0,52	0,60	-0,22	-0,36	0,56	0,05	0,30	-0,42	0,14	0,71	1,00			
Salin.	0,07	-0,01	-0,38	0,19	0,53	0,79	0,20	0,82	1,00	-0,09	0,52	0,60	-0,19	-0,33	0,56	0,05	0,32	-0,42	0,16	0,71	1,00	1,00		
Ca	0,16	-0,08	-0,07	0,15	0,99	0,52	0,15	0,44	0,51	0,06	0,50	0,50	0,16	-0,38	0,17	-0,10	0,01	-0,37	0,27	0,67	0,52	0,51	1,00	
Mg	0,32	0,45	-0,39	0,50	0,79	0,57	0,49	0,56	0,54	0,23	0,61	0,59	0,13	-0,32	0,43	0,35	0,30	-0,54	0,01	0,52	0,54	0,53	0,77	1,00

Os maiores valores de correlação da condutividade, com os demais parâmetros, foram observados para cloretos e sólidos totais, apresentando fortes correlações positivas. Relativamente a cloretos, o coeficiente de correlação foi 1,00, para todas as três campanhas. Relativamente a sólidos totais, os coeficientes foram 0,52, 0,98 e 0,82 para a primeira, segunda e terceira campanha, respectivamente.

Quanto às correlações do OD com demais parâmetros (Tabelas 11, 12 e 13) verificou-se que as maiores correlações ocorreram com os parâmetros matéria orgânica e sólidos dissolvidos durante a terceira campanha, ambos possuindo coeficiente de correlação negativo na ordem de -0,85. Isto é demonstrado na Figura 17 (Anexo B), visto que para maiores valores de matéria orgânica os valores de OD decrescem. Exceto para os pontos Z06, Z14 e para todos os pontos do “ambiente aberto”, que talvez se justifica pela baixa ocorrência de escoamento superficial em solos de subsuperfície arenosa, onde prevalece o processo de infiltração.

As correlações da cor aparente com os demais parâmetros (Tabela 11, 12 e 13), a turbidez foi o que mais se destacou com valores de coeficiente de correlação 0,99, 0,87 e 0,98 para a primeira, segunda e terceira campanha respectivamente.

A turbidez melhor se correlacionou com o parâmetro cor aparente (visto anteriormente) e com sólidos totais na primeira campanha com coeficiente de correlação de 0,83.

O carbono orgânico melhor se correlacionou com sólidos dissolvidos na primeira campanha com coeficiente de correlação de 1,0, para a segunda e terceira campanha, o parâmetro sólido suspenso também se correlacionou com coeficientes 0,68 e 0,53 na segunda e terceira campanha respectivamente.

Quanto às correlações do nitrogênio com os demais parâmetros (Tabela 11, 12 e 13), a DBO foi o que mais se destacou com valores de coeficiente de correlação 0,55, 0,72 e 0,71 para a primeira, segunda e terceira campanha respectivamente.

Quanto às correlações do parâmetro DBO com os demais parâmetros (Tabelas 11, 12 e 13) verificou-se que as maiores correlações foram dadas com o parâmetro nitrogênio, apresentando valores de coeficiente de correlação positiva de 0,55, 0,72 e 0,71 para a primeira, segunda e terceira campanhas, respectivamente.

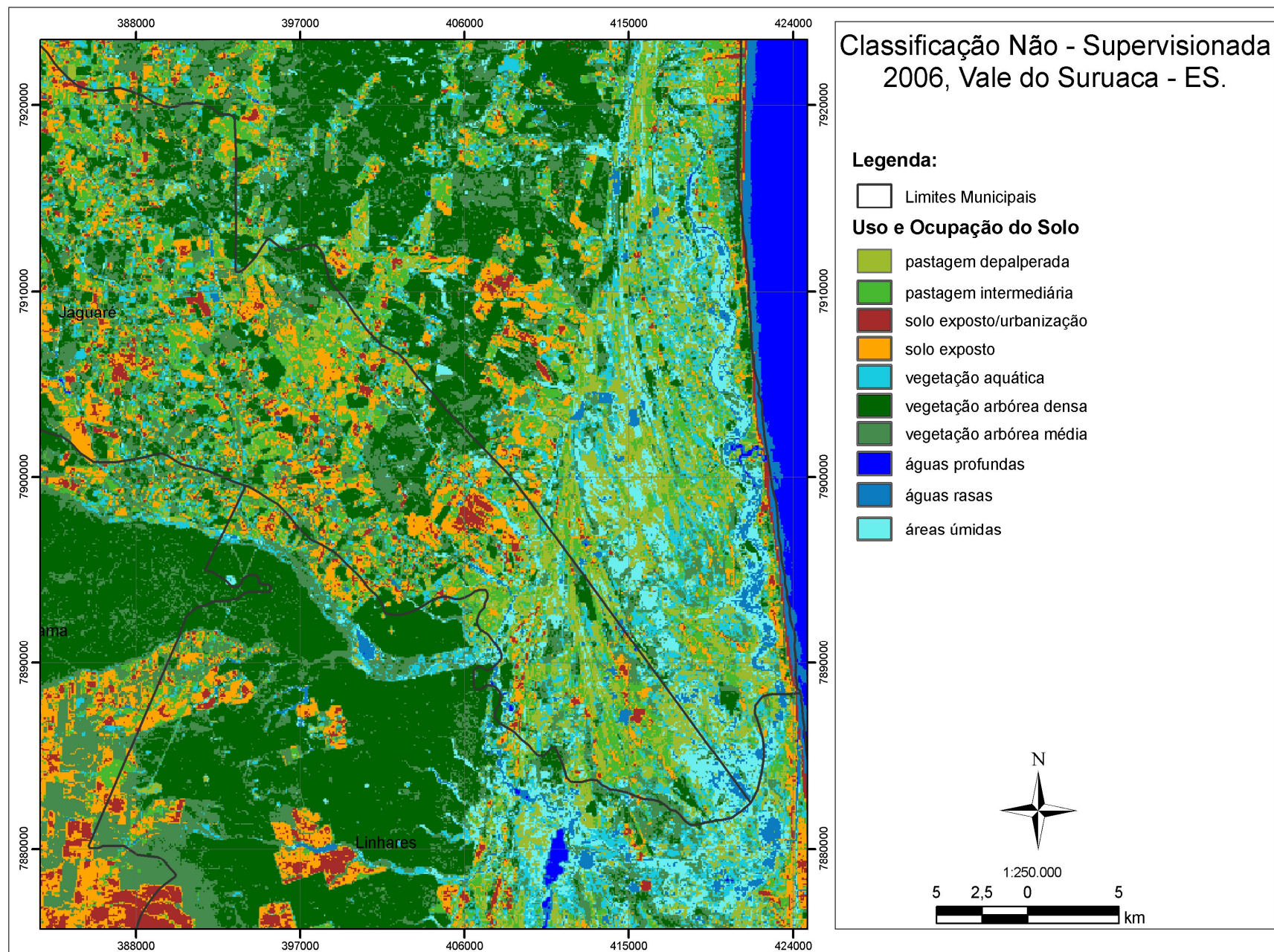
4.4 USO E MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA

4.4.1 Uso e ocupação do solo

Para auxiliar na análise de uso e manejo do solo, e teste das ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG) no auxílio em análises ambientais, foram elaborados mapas de uso e ocupação (Figura 36), com o uso de imagens do satélite CBERS 2, do ano de 2006.

As classificações para a imagem de 2006 foram feitas utilizando a composição falsa cor (resultado da união das bandas espectrais verde, vermelha e infravermelha), sendo a mais apropriada no processo de classificação, pois a região do infravermelho possui maior resposta espectral da vegetação.

A área de estudo é uma região composta por diversas categorias de uso e ocupação do solo, compondo uma imagem bastante estratificada. Desta forma, a classificação não supervisionada proporcionou um resultado satisfatório para o mapeamento da área em questão, em relação à classificação supervisionada.



A Figura 37 demonstra a proporção de 41% da área da imagem composta por vegetação arbórea, devido aos seguintes fatos: a região possui as duas maiores reservas da mata atlântica do Espírito Santo, somadas aos extensos plantios de eucalipto, e a vegetação arbórea média se confunde com as características dos pixels da vegetação aquática, muito comum na região, por possuírem respostas espectrais muito próximas.

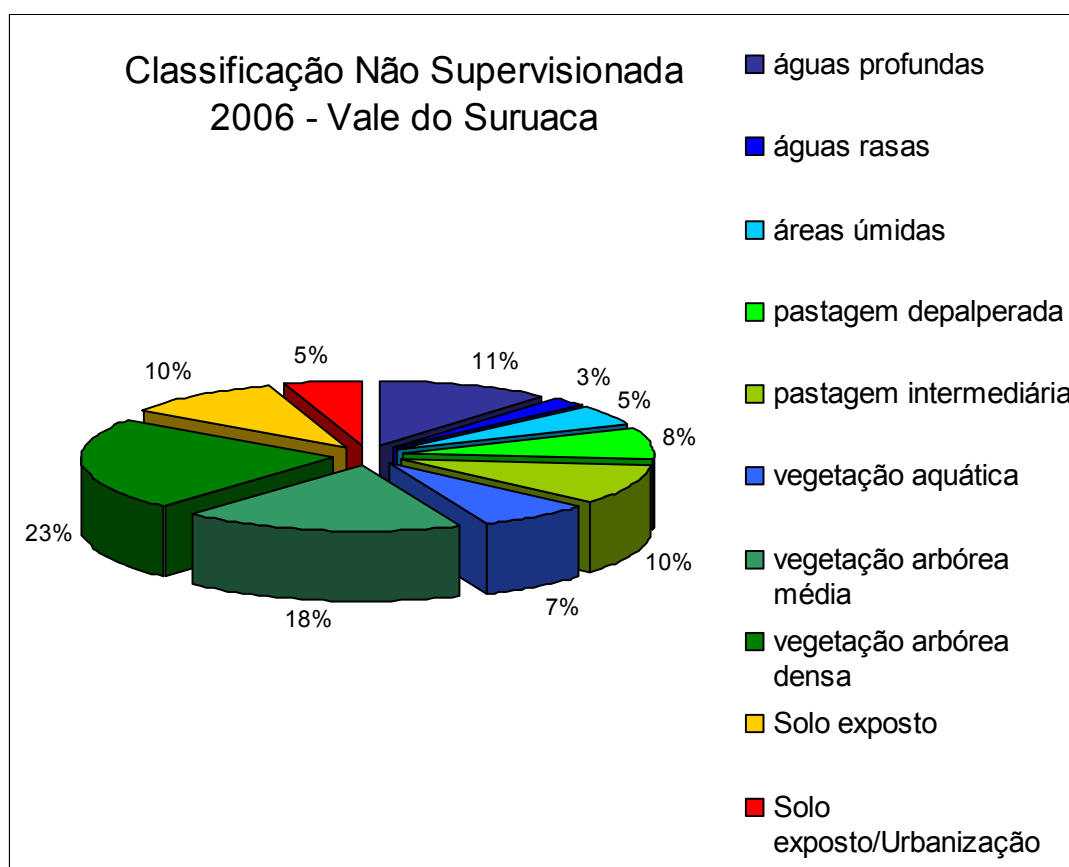


Figura 37 - Quadro de áreas demonstrando a proporção de cada classificação na imagem do ano de 2006.

4.4.2 Classes e tipos de uso e ocupação do solo

O processamento da classificação supervisionada das imagens de satélite resultou na identificação de 10 classes dominantes de uso e ocupação dos solos, assim individualizadas: Águas Profundas, Águas Rasas, Áreas Úmidas, Vegetação Aquática, Pastagem Depalperada, Pastagem Intermediária, Vegetação Arbórea Média,

Vegetação Arbórea Densa, Solo Exposto e Solo Exposto/Urbanização. O Quadro 12 apresenta os resultados das classes mapeadas.

Quadro 12 - Classes e percentual de uso e ocupação do solo

Classe	%	Área (km²)
Águas Profundas	11	299,12
Águas Rasas	3	81,57
Áreas Úmidas	5	135,96
Vegetação Aquática	7	190,34
Pastagem Depalperada	8	217,54
Pastagem Intermediária	10	271,92
Vegetação Arbórea Média	18	489,47
Vegetação Arbórea Densa	23	625,43
Solo Exposto	10	271,92
Solo Exposto / Urbanização	5	135,96
TOTAL	100	2.719,23

a) Classe Águas Profundas

Nesta classe a absorção da radiação eletromagnética aumenta de acordo com a profundidade da água, assim quanto maior a profundidade, menor vai ser o nível de reflectância. Esta classe abrange águas do oceano, rios, foz dos rios e lagos profundos (Lagoa Bonita).

b) Classe Águas Rasas

Esta classe por ter menor profundidade possui um nível de reflectância maior em relação a classe anterior, demonstrando a baixa profundidade das áreas indicadas. Abrange águas da beira mar, rios e lagos rasos como exemplo Lagoa Suruaca, que apresenta grande ocupação de Vegetação Aquática.

c) Classe Áreas Úmidas

Esta classe está no entorno das águas rasas e profundas onde o solo é mais drenado, encontram-se algumas espécies do gênero *Cyperaceae* (Cabeçudo), algumas gramíneas *Brachiária mútica* (Capim Angola), *Pennisetum clandestinum* (Capim Quicuí) e indivíduos sub-arbustivos de *Tibouchina henricquiana* (Quaresmeira-mirim), *Typhía dominguensis* (Taboa) e *Montrichardia arborensces* (Aninga).

d) Classe Vegetação Aquática

Nessa classe as características dos pixels se confundem com as da vegetação arbórea média, por possuírem respostas espectrais muito próximas. Estas áreas correspondem as espécies macrófitas aquáticas, sendo que entre estas estão *Salvinia auriculata*, *Nymphaea ampla*, *Nymphaeoides* sp. Como também a *Typhía dominguensis* (Taboa) e *Montrichardia arborensces* (Aninga).

e) Classe Pastagem Depalperada

Esta classe abrange áreas de solos de regiões mais altas em que se apresentam com fertilidade baixa, o que torna, a pastagem degradada e com baixa capacidade de suporte pela pecuária. Nestas áreas encontram-se *Panicum maximum* (Colonião) e *Paspalum* sp (Pernanbucó) e *Brachiária* sp (Brachiarão, Decumbens, etc.).

f) Classe Pastagem Intermediária

Esta classe ocorre mais nas planícies de inundação, principalmente, a partir dos trechos em que o vale fluvial alarga-se em áreas planas e mais baixas, principalmente onde ocorrem solos com a presença de material orgânico, tornando um ambiente mais fértil para as pastagens, que por estarem em melhores condições nutricionais e de umidade possuem uma cor verde intenso, diferente da classe anterior. Nestas áreas encontram-se *Brachiária mútica* (Capim Angola), *Pennisetum clandestinum* (Capim Quicuí), dentre outros.

g) Classe Vegetação Arbórea Média

Esta classe corresponde às áreas com vegetação de baixo porte, como: capoeiras, estágio inicial de regeneração, áreas agrícolas cultivadas com *Jacaratia sp.* (Mamão), *Cocos nucifera* (Coqueiro), *Coffea canéfora* (Café conilon) dentre outros, e também as áreas de reflorestamento com a espécie *Eucalyptus sp* em desenvolvimento.

h) Classe Vegetação Arbórea Densa

Nessa classe, a assinatura espectral é facilmente detectável, aparecendo na coloração verde intenso na composição estudada. A classe Vegetação Arbórea Densa agrega principalmente os remanescentes florestais primários as matas secundárias e também as áreas de reflorestamento com a espécie *Eucalyptus sp* desenvolvidas.

i) Classe Solo Exposto

Esta classe corresponde às áreas onde toda a cobertura vegetal do solo foi removida pelo uso antrópico e por areias da beira da praia. Estão incluídos nesta classe:

- Áreas erodidas pelo processo de voçorocamento;
- Áreas com deslizamentos de terra, associados às chuvas intensas;
- Áreas degradadas por manejo agrícola inadequado, conduzindo à diminuição da fertilidade natural do solo e, conseqüentemente, da cobertura vegetal;
- As áreas de solo arado, um dos estágios do ciclo agrícola; e
- Aterros.

j) Classe Solo Exposto / Urbanização

Esta classe corresponde à classe anterior e as áreas em que a vegetação natural foi modificada pelo homem, para diversos usos, principalmente construção e também por áreas com agricultura e pecuária, próximas a construções, extrativismo, povoados, pistas de pouso e estradas.

4.4.3 Drenagem

Stephens e Roe, citado por INCORA (1974), afirmam que o controle eficiente da água é o principal fator para o desenvolvimento agrícola dos Organossolos. A falta de habilidade no manejo da lâmina d'água leva a perdas da produção, seja por inundação ou por seca. A drenagem excessiva pode acarretar problemas de subsidência, com a diminuição do volume do material orgânico, seja por contração, compactação, mineralização, combustão ou erosão eólica. Alguns autores afirmam que a oxidação acompanhada da decomposição do material orgânico é o principal fator da subsidência dos Organossolos, causada pela drenagem excessiva. Para reduzir o problema, deve-se manter o lençol freático a uma profundidade mínima – em torno de 30 cm de profundidade, segundo Hilbert et al. (2000) e Souza Júnior et al. (2001).

O ataque de pragas é um dos problemas que ocorrem associados à subsidência. O “mofofô” ou “pão de galinha” (*Eutheola humilis* Burm), é um coleóptero que em sua fase larval se alimenta de matéria orgânica, e na falta desta, irá se alimentar das raízes dos capins, formando grandes reboleiras de capim morto. Quando o nível do lençol aumenta após a estação chuvosa ocorre o encharcamento dos solos, que promove o controle natural desta praga, permitindo que o capim volte a se desenvolver (Figura 38).

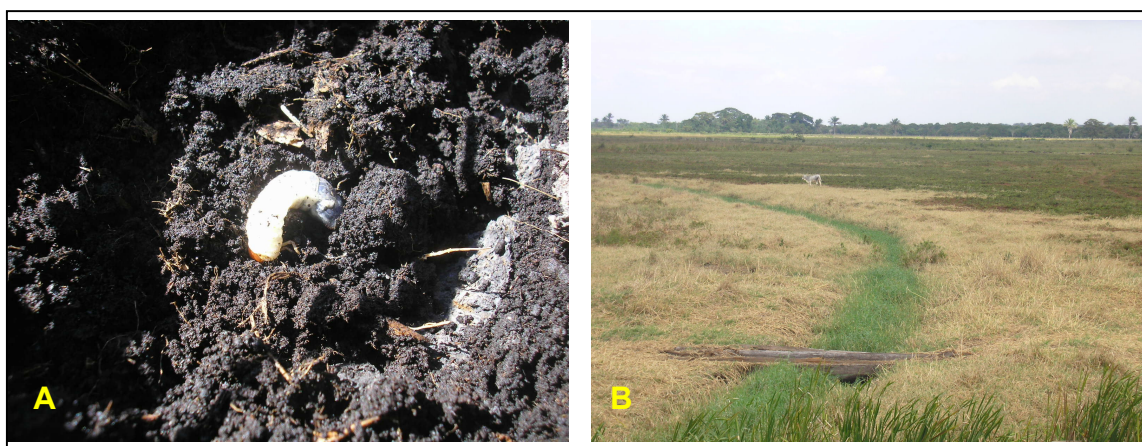


Figura 38 - A - Presença no solo da fase larval do coleóptero *Eutheola humilis* Burm, conhecido como “mofofô”. B - Pastagem de *Brachiaria mutica*, (capim angola), atacada pelo “mofofô”, demonstrando a ausência do inseto no interior dos canais.

Muitas foram às causas da subsidência encontradas na região, dentre elas, a queima da matéria orgânica acarretada pela combustão espontânea ou para o controle de pragas. A turfa por ser constituída de vegetais, é um substrato altamente poroso e rico em carbono, que ao secar armazena grande quantidade de oxigênio em seu interior, se transformando num material altamente inflamável. Em condições aeróbicas a mineralização ocorre em função do ataque de microorganismos do solo, o que promove um aumento de temperatura pela ação dos mesmos, surgindo daí a combustão espontânea (Figura 39). O nível do lençol freático quando muito baixo permite que o fogo alcance todo o perfil seco da turfa, queimando por dias o subsolo orgânico. Nestas condições o fogo somente é controlado através da reentrada de água no sistema ou com abertura de valas até atingirem o subsolo mineral, de forma a isolar a área queimada.

Após a queima, os elementos Ca, K, Na, P, S, Cd, Co, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, V, Zn e Hg, contidos no material orgânico, além do efeito de concentração, tiveram também o efeito do aumento da disponibilidade, na camada superficial do solo. Quando ocorre o período das chuvas estes elementos sofrem a ação do escoamento superficial, que os leva até os canais de drenagem, apresentando um aumento de condutividade, cor, turbidez e salinidade.



Figura 39 - A - Vista do perfil do terreno através da vala demonstrando o rebaixamento excessivo do nível do lençol freático. B e C - Ação do fogo em turfa pela superfície e sub-superfície. D - Vista da vala que mesmo seca serve de controle do fogo. E - Vista lateral da vala durante a época chuvosa, aumento do nível do lençol freático, nota-se coloração escura da água de drenagem. F - Vista geral do campo após queima da turfa, nota-se a presença de camadas de turfa remanescentes. G-Detalhe do perfil do solo, no material remanescente horizonte A com turfa e logo abaixo horizonte C com argila (batinga).

O rebaixamento do nível do lençol freático da região ao longo do tempo, em decorrência da drenagem excessiva é percebida em campo, principalmente em épocas de seca. Em função da drenagem a Lagoa Suruaca sofreu um rebaixamento acentuado do nível da água, com conseqüente diminuição do espelho d'água, e ocupação exagerada da vegetação, em especial da taboa (*Typhía dominguensis*), que ocupa grande parte de sua área. Este fato ocorreu devido à construção de um canal de ligação com o rio Ipiranga, próximo à sua foz, promovendo uma nova saída de água da lagoa (Figura 40).



Figura 40 - A - Vista geral da lagoa Suruaca, com ocupação da vegetação ao fundo, B - Ocupação da lagoa por macrófitas aquáticas. C - Vista do fundo da lagoa Suruaca indicando baixo nível de água. D - Marca na aninga (*Montrichardia arborenses*) indicando o baixo nível da água da lagoa Bonita na época seca. E- Ocupação exagerada de macrófitas aquáticas em grande parte da lagoa Bonita. F- Vista da principal macrófitas aquáticas encontrada na lagoa Bonita.

4.4.4 Manejo do solo

De acordo com Bayer e Mielniczuk (1997) as taxas de perda de matéria orgânica são afetadas pelo preparo do solo, especialmente pela intensidade do revolvimento, devido à influência que este apresenta sobre a temperatura, umidade e aeração, ruptura de agregados, grau de fracionamento e incorporação dos resíduos culturais, e pela cobertura do solo.

O preparo de solo anterior ao plantio através da utilização de arados e grades niveladoras, prática esta desenvolvida para solos compactados pelo gelo no hemisfério Norte, ainda é muito utilizado por produtores no Brasil. Não muito diferente, os produtores rurais do “Vale do Suruaca” utilizam estes métodos no preparo do solo das várzeas e ilhas arenosas para implantação de capins e culturas anuais, que consiste no revolvimento das camadas superiores do solo, rico em matéria orgânica, colocando para baixo a camada fértil e levando para cima a parte mineral mais pobre do perfil, prejudicando em dias o que a natureza levou centenas de anos para formar (Figura 41).

Isto talvez possa ser exemplificado pelo ponto S14 do “ambiente conservador”, onde foi feito o revolvimento do solo, segundo depoimento do proprietário. De acordo com a análise granulométrica (Quadro 8), percebe-se que neste ponto não existe uma mudança gradual da composição granulométrica da camada superior para a camada inferior, onde na composição areia fina os teores são 117,95, 38,95, 173,82, 59,42 e 249,28 g/kg-1 nas camadas 0-20, 20-40, 40-60 , 60-80 e 80-100 cm, respectivamente. Na composição areia grossa ocorre com a mesma tendência.

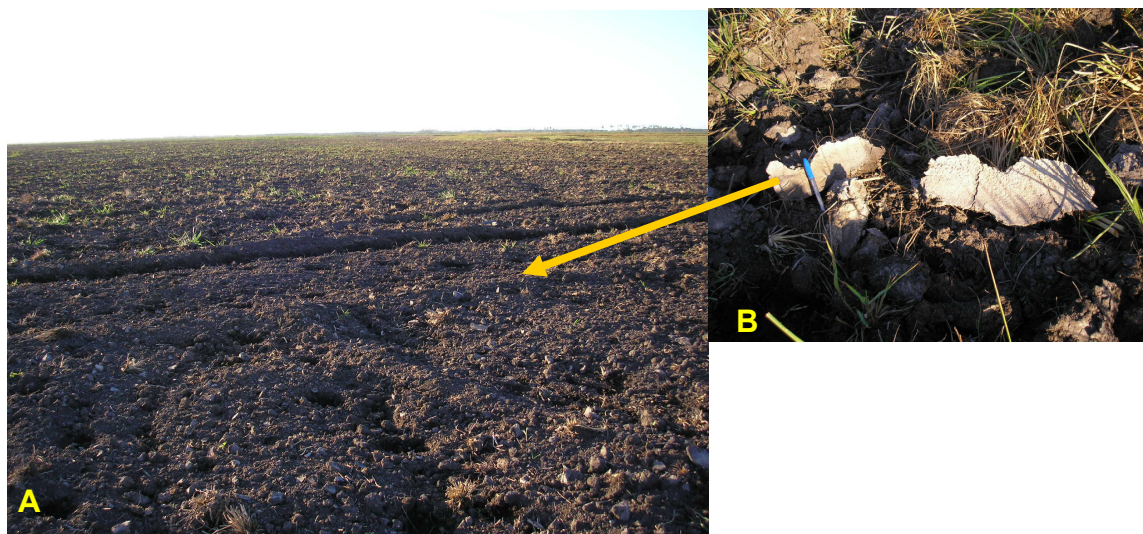


Figura 41 - A - Vista geral de uma área arada e gradeada, preparada para plantio de pasto. B - Detalhe da batinga, proveniente da camada subsuperficial, revolvida para cima do terreno.

Em locais de difícil drenagem ainda com boa camada orgânica remanescente, são encontradas vegetações típicas do local como a aninga (*Montrichardia arborensces*) e a taboa (*Typhía dominguensis*), que também estão sendo incorporadas como áreas de pastagem. Desta forma alguns produtores aprendem a cada dia a produzir com o menor impacto possível e a aproveitar os benefícios da dinâmica de áreas alagadas, onde vêem estas plantas não como invasoras, mas como grandes produtoras de biomassa que anualmente podem ser incorporadas ao solo, através de práticas conservacionistas de plantio e manutenção de forrageiras. Esta prática consiste em anualmente “deitar” a vegetação, com a utilização de um implemento denominado “rolo” puxado por um trator duplado (com 8 pneus), de forma a permitir que a luz solar atinja a superfície das folhas do capim que estão previamente plantadas no extrato inferior da vegetação, permitindo assim que o capim cresça e se desenvolva sobre a taboa “rolada”, que volta em novas brotações logo após o início do período chuvoso (Figura 42).

Esta prática beneficia o acúmulo de material orgânico sobre o solo aumento da CTC do solo. Com isso os elementos tendem a permanecer no sistema por mais tempo, diminuindo os processos de perda de nutrientes por lixiviação, para os cursos d'água.



Figura 42 - A – Vista de um trator realizando a “rolagem” de uma área com vegetação alta. B e C- Vista de uma área “rolada”, com a taboa deitada no primeiro plano da foto e ainda em pé, ao fundo D - Capim angola com intenso crescimento sobre a taboa.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados das análises físico-químicos das águas drenadas de várzeas contendo Organossolos no Vale do Suruaca no norte do delta do rio Doce, conclui-se que há influência deste solo sobre vários parâmetros de qualidade de água.

O monitoramento das águas demonstrou a influência das condições climáticas sobre os parâmetros de qualidade de água em áreas contendo Organossolos. Observou-se que houve diferenças entre os períodos de estiagem e períodos chuvosos, mesmo com o baixo índice pluviométrico apresentado no período chuvoso.

As diferenças nos parâmetros de qualidade de água entre os períodos de estiagem e chuvosos foram maiores nas áreas de subsuperfície argilosa, se comparadas com as de subsuperfície arenosa, provavelmente devido ao fato do baixo índice pluviométrico do período não ter sido suficiente para repor o déficit hídrico do solo, prevalecendo o processo de infiltração sobre o processo de escoamento superficial em áreas arenosas.

Verificou-se que os valores dos parâmetros em pontos monitorados localizados nos canais de drenagem, variaram mais do que os dos pontos localizados em cursos d'água naturais, nos diferentes períodos monitorados.

Os parâmetros de qualidade de água que apresentaram maiores variações entre os períodos monitorados foram: pH, OD, condutividade, cor aparente e turbidez.

Os parâmetros que apresentaram os maiores números de violações dos padrões legais de parâmetros de qualidade de águas foram: pH, OD, cor aparente e Al.

O Vale do Suruaca apresenta diferentes tipos de textura (arenosa e argilosa) da camada subsuperficial, abaixo da camada orgânica que, a depender do manejo adotado, apresenta uma nova tipologia no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

A composição da camada subsuperficial é importante na avaliação e classificação dos Organossolos, pois influencia na dinâmica do carbono. Camadas subsuperficiais arenosas tendem a perder água com rapidez, permitindo uma lixiviação dos nutrientes. Solos com camadas subsuperficiais argilosas tendem a preservar mais a umidade do solo, mantendo por mais tempo os nutrientes no sistema.

A drenagem excessiva das águas intensifica a decomposição da matéria orgânica, elevando o processo de subsidência da camada orgânica do solo, expondo o solo a possíveis queimas espontâneas.

O manejo errôneo do solo permite perdas consideráveis da matéria orgânica do solo, com conseqüente redução do horizonte hístico.

A relação C/N pode ser considerada um indicador de taxas de mineralização da camada orgânica. Desta forma as áreas de subsuperfície argilosa, apresentaram maiores níveis de mineralização, em relação aos solos de subsuperfície arenosa.

6 RECOMENDAÇÕES

- Estudos adicionais em outras bacias apresentando solos orgânicos, para melhor compreensão da dinâmica da inter-relação solo água e dos processos de degradação nestas regiões;
- Estudos para análise da possível entrada de água doce nos sistemas do delta, acompanhada de construção de comportas para a retenção da água, na época das secas, de forma a elevar o nível do lençol freático na região, com o intuito de desacelerar o processo de subsidência deste solo e o ataque de pragas às culturas;
- Definição de atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação, para o monitoramento da qualidade dos Organossolos, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo que degradam o solo;
- Consideração da região como um sistema único e completo, de forma que ações sejam feitas em conjunto e de forma planejada, pois ações isoladas e pontuais, sem planejamento, prejudicam o sistema como um todo;
- Difusão dos conhecimentos e resultados adquiridos em pesquisas realizadas, aos produtores e técnicos que atuam nestas áreas, de forma a minimizar os impactos causados pelas práticas do dia a dia.
- As propriedades rurais da região devem utilizar capins das variedades resistentes à umidade como: Angola (*Brachiaria mutica*), Pojuca (*Paspalum atratum*), Canarana (*Echinochloa sp*), Amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*), Ermáttria (*Hermathria altíssima*), dentre outros, e animais da espécie Bubalina, que se adaptam muito bem a ambientes alagados (Figura 43), para que a drenagem não seja uma prática indispensável e tão requerida por proprietários da região.



Figura 43 - Vista de bubalinos da raça Mediterrâneo em propriedade da região de estudo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISCOT, T.M. Entropy and sustainability. *European Journal of Soil Science*, Dordrecht, v.46, p.161-168, 1992.

ANDRIESSE, J.P. *Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais aliado às possibilidades brasileiras*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, Curitiba, 1984. Anais. Curitiba, p.11-34 1984.

ANDRIESSE, J. *Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais aliados às possibilidades brasileiras*. In: Simpósio sobre Solos Orgânicos. EMBRAPA, Brasília (DF), 1984.

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed. New York, 1995.

BATALHA, B. L. *Água potável: o imperativo da atualização* [on line]. Disponível: http://www.ambiental-lab.com.br/forum_05_result.html [capturado em 2000].

BAYER, C. e MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.9-26.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. e ERNANI, P.R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant Soil*, 238:133-140, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; PILLON, C.N. e SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1473-1478, 2001.

BLOMBÄCK, K.; ECKERSTEN, H.; LEWAN, E.; ARONSSON, H. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. *Agricultural Systems*, v.76, p.95-114. 2003.

BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7.eds. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 878p, 1989.

BREEMEN, N.V. & BUURMAN, P. *Soil Formation*. Kluwer: Netherlands, 1998. 376p.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A., CAMARGO, F.A.O. (Eds.) *Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Genesis, p.69-90, 1999.

CANTARELLA, H. In : NOVAIS, R. F. et al. (Org). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, p 376-449.

CARDOSO, A. *Caracterização e classificação dos solos orgânicos*. In : SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, Curitiba, Anais... Curitiba, 1984.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. *Ciência Rural*, v. 33, n. 6, nov-dez, 2003.

COHEN, A.D. Obtaining more precise description of peats by use of oriented microtome section of peats by use of oriented microtome sections. In: JARRET, P.M. Testing of Peats and Organic Soils, ASTM820, New York, *American Society for Testing and Materials*, p. 37-51, 1983.

CONCEIÇÃO, M. Natureza do húmus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí - Santa Cruz, RJ. Itaguaí. (Tese de Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 169p, 1989 .

CONCEIÇÃO, M.; MANZATTO, C.V.; ARAÚJO, W.S.; MARTIN NETO, L.; SAAB, S.C.; CUNHA, T.J.F. e FREIXO, A.A. Caracterização de solos orgânicos do Estado do Rio de Janeiro, propriedades físicas e morfológicas como subsídios à classificação. Rio de Janeiro, *Embrapa Solos*, 6p. (Pesquisa Andamento - Embrapa Solos, 4), 1999

CONCEIÇÃO, P.C.; CARNEIRO, T.J.; MIELNICZUK, J. e SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:777-788, 2005.

COUTO, E.G. Caracterização, gênese e uso de solos utilizados pelos agricultores do alto vale do Rio Arrojado, Bahia. Viçosa. (Tese de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 119p, 1984..

CHAPMAN, D. e KIMSTACH, V. The selection of water quality variables. In : CHAPMAN, D. e BORAH, C. (Org.). *Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 1. ed. Cambridge, Great Britain : University Press, 1992.

CRESSER, M. S., DA WOOD, A. M., RESS, R. M. Influence of precipitation composition on the chemistry of streams draining from peat examined using, Na:Ca:Mg ratio. *Wat. Res.*, Great Britain, V. 31, n. 9, p. 2253-2260, 1997.

DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo, 4ª Aproximação. Sociedade Espiritossantense de

Engenheiros Agrônomos, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Vitória. 2001. 275p.

DALAL, R. C.; MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soil under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland: II. Total organic carbon and its rate loss from soil profile. *Australian Journal of Soil Research*. Melbourne, v.24. p.281-292, 1986.

DOLMAN, J.D.; BUOL, S.W. A study of organic soils (Histosols): In the tidewater region of North Carolina. *North Carolina Agricultural Experiment Station*, Tech. Bul., n.181, 47p., 1967.

DORAN, J.W. e PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. eds. Defining soil quality for a sustainable environment. *Madison, Soil Science Society of America*, 1994. p.3-22. (Publication Number, 35).

DRIESSEN, P. M. Peat Soils. In: Chemical and Electrochemical changes in rice soils. International Rice Research Institute, Philippines, 1978, p.763 – 778.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, digital, site: www.cnps.embrapa.br/sibcs, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de solos do estado do Espírito Santo. Boletim 45, Rio de Janeiro. 461p. 1978.

ERNANI, P.R et al. In : NOVAIS, R. F. et al. (Org). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, p 551-594.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de liminologia. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988.

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

FREIXO, A.A. Caracterização da matéria orgânica de Latossolos sob diferentes sistemas de cultivo através de fracionamento físico e espectrografia de infravermelho. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. 86p. (Tese de Mestrado)

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M. e ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.*, 367-375, 1994.

HATCH, A. B. Some chemical properties of forest stream water in western Austrália. Western Austrália: Forest Departament. 1976. 26p. (Bulletin, 89).

HEM, J. D. Study and interpretation of the chemical caharacteristics of natural water. 3rd ed., Washington: U. S. Geological Survey, 1985.

HILBERT, D.W.; ROULET, N. e MOORE, T. Modelling and analysis of peatlands as dynamical system. J. Ecol., 88:230-242, 2000.

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, <http://www.iema.es.gov.br>

INCORA. Mapificacion caracterizacion y clasificacion de los suelos organicos del Valle de Sibundoy. Bogotá. Instituto Colombiano de la Reforma Agraria – INCORA, 1974. 148p.

KAMPF, N.; SCHNEIDER, P. Caracterização de solos orgânicos do Rio Grande do Sul: propriedades morfológicas e físicas como subsídios à classificação. R. Bras. Ci. Solo., Campinas, v.13, n.2, p.227-236, 1989.

KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, Eds.Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KNEALE, P. E. & McDONALD, A.T. Bridging the gap between science and management in upland catchments. In.: Water quality : processes and policy. John Wiley & Sons Ltd, 1999.

KONONOVA, M. M. Materia orgánica del suelo : su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona: Oikos - tau S. A. 364 p. 1982.

LAMIM, A. B. Caracterização de turfa Litorânea e estudo da adsorção competitiva de cádmio, cobre, chumbo e zinco. – Viçosa: UFV, 1995. 118p. (Tese Mestrado).

LANI, J.L. Deltas dos Rios Doce e Itapemirim: solos, com ênfase nos tiomórficos, água e impacto ambiental do uso. Universidade Federal de Viçosa, 1998, 169p. (Tese de Doutorado).

LEPSCH, I. F.; QUAGGIO, J. A .; SAKAI, E.; CAMARGO, O . A & VALADARES, J. M. A S. Caracterização, classificação e manejo agrícola de solos orgânicos do Vale do Ribeira de Iguape, SP. Instituto Agronômico, Campinas (SP), 1990 (Boletim Técnico 131).

LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York: John Wiley, 444p. 1979.

LUCAS, R.E. Organic soils (Histosols): formation, distribution, physical and chemical properties and management for crop production. Research Report, Farm Science, Michigan State University. n.435, 80p, 1982.

McBRIDE, M. B. Environmental chemistry of soils. Oxford, Oxford Press University, 1994. 406p.

MELLO, J. W. V. & ABRAHÃO, W. A.P. Geoquímica da drenagem ácida. In: DIAS, L. E. & MELLO, J. W. V. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1998. p.45-57.

MENDONÇA, A. S. F. et al. Relatório de impacto ambiental : Atividades da PETROBRÁS no Norte do Estado do Espírito Santo. Vitória: UFES, 1997. p. 45-60.

MEYBECK, M., HELMER, R. Rivers. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, Deborah. (Org.). Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 1. ed. Cambridge, Great Britain : University Press, 1992. p. 239-312.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. e CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecosistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.1-8.

MILLAR, E.C.; TURK, L.M., FOTH, H. D. Fundamentos de la ciencia del suelo. México, D.C., Centro Regional de Ayuda Técnicas, 1975. 164 p.

MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY. Peat operations and environmental protection. 1996.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação, 3ª ed. Editora UFV, 319 p. 2005.

MUEHE, D. O Litoral Brasileiro e sua compartimentalização. In: Geomorfologia do Brasil. Guerra, A. J. T. & CUNHA, S. B. (organizadores). Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1995, p. 273-339.

NASCIMENTO, P. C. Gênese dos solos hidromórficos do Estado do Espírito Santo, com ênfase na matéria orgânica e no enxofre. . Universidade Federal de Viçosa, 2004, 164 p. (Tese de Doutorado).

NICHOLS, M. M.; BIGGS, R. B. Estuaries. In: Coastal Sedimentary Environments. New York: Springer-Verlang. 1985. p.77-173.

NOVAIS, R. F. et al. (Org). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, 1017p.

O'NEILL, P.. Environmental Chemistry. 1. ed. London : Chapman & Hall, 1991. p, 136-177.

PAAVILAINEN, E., PÄIVÄNEN, J. Peatland forestry: Ecology and principles. Ecological Studies 111. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 1995.

PASSOS, E. e BIGARELLA, J.J. Superfícies de Erosão In: Geomorfologia do Brasil Guerra, A . J. T. & CUNHA, S. B. (organizadores). Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998, p.107 -141.

PATRICK, W. H. e REEDY, C.N. Chemical Changes in Rice Soils. In: Chemical and Electrochemical changes in rice soils. Internacional Rice Ressearch Institute, Phillipines, 1978, p.361-379.

PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. e VALLADARES, G.S. Organossolos: Ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. In: TORRADO, P.V.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P. e CARDOSO, E.J., eds Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v.4. p.233-276.

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, New York. p.24-29, 1972.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S.J. Caracterização e alterações da qualidade da água. In : PORTO, R. L. (Org.). Hidrologia Ambiental. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. v. 3, p. 3-4. e p. 27-66.

PRÉVOST, Mareel, PLAMONDON, André P., BELLAU, Pierre. Effects of drainage of a forested peatland on water quality and quantity. Journal of Hidrology, v. 214, p. 130-143, 1999.

PROJETO RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Projeto Radambrasil. Volume 34 (Folha SE.24 Rio Doce). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, Rio De Janeiro, 1987.

RANGEL, O. J. P. Estoque e frações da matéria orgânica e suas relações com o histórico de uso e manejo de Latossolos. Universidade Federal de Lavras, 2006,171p. (Tese de Doutorado).

REBOUÇAS, A. C.: Água Doce no Mundo e no Brasil. Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. In: Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga, José Galizia Tundisi – Cap. 01- 2ª edição – São Paulo: Editora Escrituras, 2002.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 4. ed. Viçosa, MG, 2002. 338p.

RESS, R. M., PARKER-JERVIS, F., CRESSER, M. Soil effects on water chemistry in three adjacent upland streams at Glenclyc in Northeast Scotland. *Wat. Res., Great Britain*, v. 23, n. 4, p. 511 - 517, 1989.

ROJSTACZER, S. e DEVEREL, S. J. Land subsidence in drained histosols and highly organic mineral soils of California. *Soil Sci. Soc. of America*, 59:1162-1167, 1995.

ROSADO, V. B. Solos orgânicos no sul do Estado do Espírito Santo: indicadores, uso e manejo. Universidade Federal de Viçosa, 2004, 75p. (Tese de Mestrado).

SNOEYINK, V. L. e JENKIS, D. *Water Chemistry*. John Wiley & Sons. Canada, 1980. 76 p. 235 p. 238 p.

SOARES, J. C. A. Influência da drenagem de solos com presença de turfas sobre parâmetros de qualidade de água. Universidade Federal do Espírito Santo, 2001, 134p. (Tese de Mestrado).

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In : NOVAIS, R. F. et al. (Org). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, p. 206-268.

SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO, M.R. e OLIVEIRA, L.B. Propriedades químicas e manejo de solos tiomórficos da várzea do Rio Coruripe, Estado de Alagoas. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:811-822, 2001

SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. Oxford: Oxford University Press, 1989. 222p.

TIEMEYER, B.; FRINGS, J.; KAHLE, P.; KÖHNE, S.; LENNARTZ, B. A comprehensive study of nutrient losses, soil properties and groundwater concentrations in a degraded peatland used as an intensive meadow – Implications for re-wetting, *Journal of Hydrology* 345, p. 80– 101, 2007.

WAKSMAN, S. A. *Húmus*. Baltimore : William and Wilks Co., 1936. 481 p.

WETZEL, R. G. *Limnology*. Philadelphia, Saunders Company, 1983.

WALLAGE, Z. E.; HOLDEN, J.; MCDONALD, A. T. Drain blocking: An effective treatment for reducing dissolved organic carbon loss and water discolouration in a drained peatland. *Science of the Total Environment* 367, p. 811–821, 2006.

VALLADARES, G.S. Caracterização de Organossolos, auxílio à sua classificação. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003. 142p. (Tese de Doutorado) .

VAN BREEMEN, N. & PONS, L. J. Acid Sulfate Soils and Rice. In: Chemical and Electrochemical Changes in Rice Soils. International Rice Research Institute Phillipines, 1978, p.739-759.

VAN BREEMEN, N.; BUBURMAN, P. Soil Formation. Kluwer Acad. Pub. Dordrecht. 377p. 1998.

VILARINHO, E. S. Solos e indicadores ambientais na região do canal Caboclo Bernardo, sul do delta do Rio Doce, ES. Universidade Federal de Viçosa, 2005, 145p. (Tese de Mestrado).

VON SPERLING, E. Avaliação dos estado trófico de lagoas e reservatórios tropicais. Bio Engenharia Sanitária e Ambiental. Encarte Técnico, ano III, p. 68-76, 1994.

VON SPERLING, M.. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. Capitulo 1, p. 22-39.

ANEXOS

ANEXO A - Resolução CONAMA 357/05

Quadro 13 - Resolução CONAMA 357/05

CLASSE 2 - ÁGUAS DOCES		
PADRÕES CONAMA		
PARÂMETROS	VALOR	
Cor	máximo	75 mg PT/L
Turbidez	máximo	100 UNT
Sólidos Dissolvidos Totais	máximo	500 mg/L
Salinidade	= ou <	0,5 ‰
pH	entre	6 e 9
OD	mínimo	5 mg/L
DBO	máximo	5 mg/L
Al	máximo	0,1 mg/L
Fe	máximo	0,3 mg/L
N	máximo	3,7 mg/L para pH < 7,5
	máximo	2,0 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0
	máximo	1,0 mg/L para 8,0 < pH ≤ 8,5
	máximo	0,5 mg/L para pH > 8,5
P	máximo	0,1 mg/L

ANEXO B - GRÁFICOS

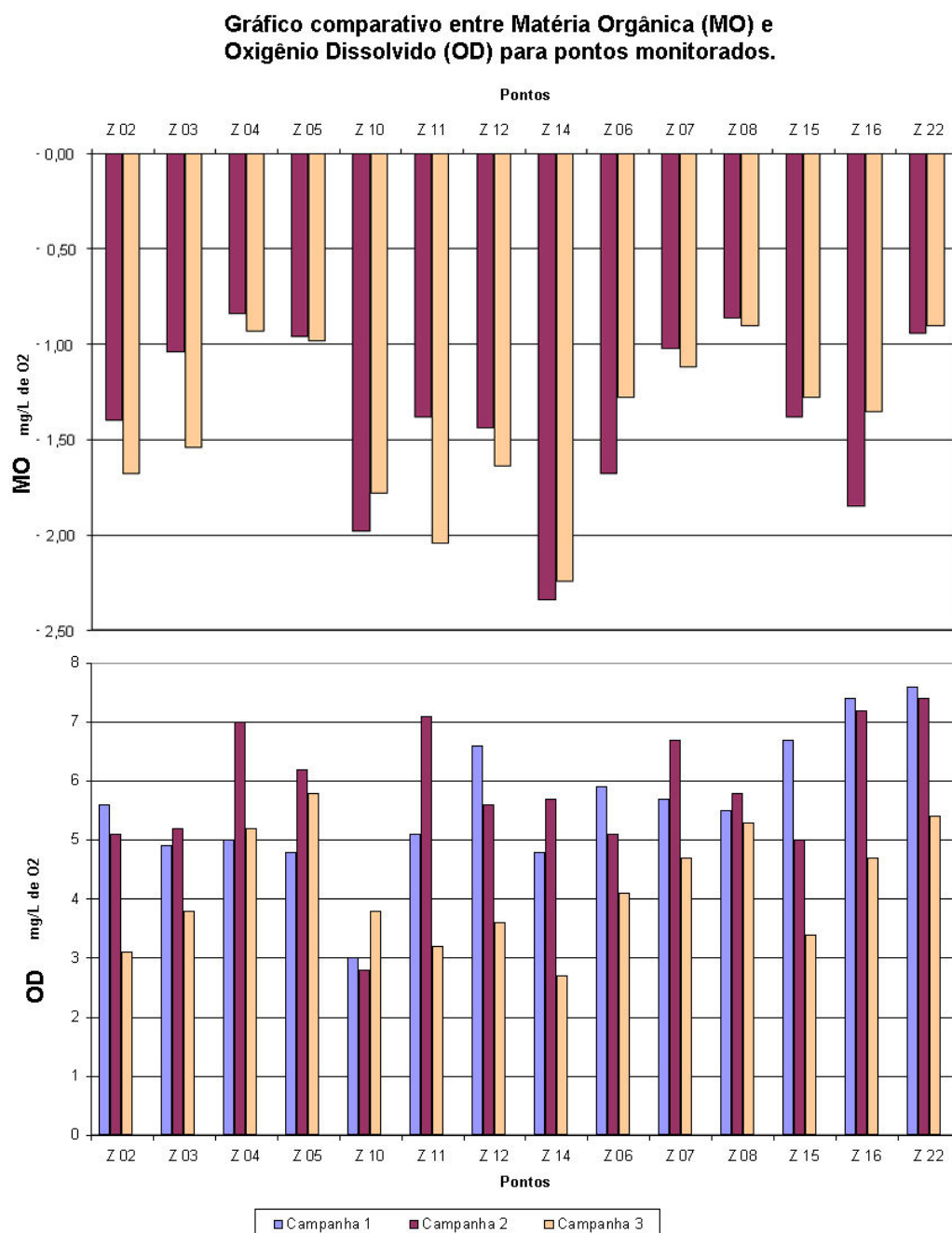


Figura 44 - Comparação entre matéria orgânica (MO) e oxigênio dissolvido (OD) para os pontos monitorados.

ANEXO C – TABELAS E QUADROS

Tabela 14 - Pontos monitorados coincidentes em campanhas do presente estudo e campanhas de Soares 2001.

PONTOS	Campanha	PARÂMETROS						
		pH	DBO	OD	Cor Aparente	Turbidez	ST	AI
Z 07	1 ^a	6,10	2,3	5,7	87	43,2	187	0,11
	2 ^a	6,15	1,9	6,7	95	48,2	176	0,10
	3 ^a	5,00	2,1	4,7	82	54,2	178	0,12
SU 17		4,0	-	1,2	-	-	-	-
SU 17/1 ^a		5,7	2,8	2,0	1685,0	68,2	297,0	0,30
SU 17/2 ^a		5,8	3,8	2,2	2070,0	88,8	360,0	0,36
Z 06	1 ^a	6,64	2,1	5,9	9,8	6,3	185	0,11
	2 ^a	6,34	2,1	5,1	37,4	6,3	198	0,11
	3 ^a	5,80	2	4,1	87,4	45	173	0,11
SU 03		5,9	-	2,2	-	-	-	-
SU 03/1 ^a		6,2	0,9	2,5	332,0	5,1	135,0	0,17
SU 03/2 ^a		6,2	3,5	2,6	262,0	6,5	148,0	0,14
Z 08	1 ^a	6,00	2,1	5,5	28	12,1	194	0,10
	2 ^a	5,90	2,3	5,8	18,6	12,1	190	0,08
	3 ^a	6,54	2	5,3	58,6	34,1	227	0,13
SU 04		5,6	-	3,3	-	-	-	-
SU 04/1 ^a		6,2	1,3	2,9	370,0	11,2	125,0	0,10
SU 04/2 ^a		6,4	3,7	2,2	446,0	18,0	150,0	0,10
Z 14	1 ^a	6,72	2,9	4,8	86,4	62,2	220	0,09
	2 ^a	6,62	2,5	5,7	37,4	22	820	0,09
	3 ^a	6,72	2,3	2,7	97,4	56	1.020	0,09
BN 22		-	-	-	-	-	-	-
BN 22/1 ^a		6,5	2,0	3,0	1025,0	19,0	243,0	0,62
BN 22/2 ^a		6,4	2,4	0,2	923,0	36,1	300,0	0,49

Tabela 15 - Pontos monitorados coincidentes em campanhas do presente estudo e campanhas de Mendonça et al. 1997.

PONTOS	Campanha	PARÂMETROS										
		pH	DBO	DQO	OD	Cor Aparente	Turbidez	ST	SS	Salinida- de	Condu- tividade	Cloretos
Z 02	1ª	6,04	2,6	8	5,6	11	2,7	174	2,4	0,18	327	41
	2ª	5,84	2,6	7,5	5,1	18,6	12,3	154	2,38	0,14	253	33
	3ª	5,80	2,8	8,5	3,1	27,6	18	148	2,08	0,11	199	25
57-R.Barra Seca	28/10/1996	6,1	2,0	42,0	2,9	162,0	24,0	94,0	56,0	0,1	125,0	22,00
57-R.Barra Seca	18/12/1996	6,6	4,0	12,0	7,4	377,0	14,0	133,0	1,0	0,0	90,0	24,00
Z 04	1ª	5,94	2,1	7,5	5,0	56	38,6	178	1,9	0,18	328	42
	2ª	6,83	2,0	4,5	7,0	27	18,4	128	1,7	0,16	252	33,8
	3ª	5,20	1,8	4,9	5,2	24	18,4	136	1,86	0,11	191	24
LB 03	9/12/1996	6,2	1,0	82,0	?	407	3,0	180,0	20,0	0,0	78	30
Z 03	1ª	6,08	3,4	9,6	4,9	47	36,3	145	2,2	0,23	414	52
	2ª	5,98	2,6	5,6	5,2	38	26,3	138	2,16	0,21	375	49
	3ª	5,10	2,4	5,2	3,8	28	14,3	136	2,10	0,11	191	24
33 - R.Biriba	16/12/1996	5,8	4,0	79,0	3,0	240,0	7,0	132,0	8,0	0,0	42,0	28,00
Z 07	1ª	6,10	2,3	6,1	5,7	87	43,2	187	2,9	0,21	319	48
	2ª	6,15	1,9	5,1	6,7	95	48,2	176	2,96	0,15	258	35
	3ª	5,00	2,1	5,6	4,7	82	54,2	178	2,23	0,24	408	53
51-Canal B	28/10/1996	4,6	2,0	78,0	5,5	195,0	23,0	931,0	16,0	0,5	1000,0	173,00
51-Canal B	15/12/1996	6,2	5,0	115,0	2,8	350,0	5,0	301,0	18,0	0,1	140,0	49,00
Z 08	1ª	6,00	2,1	7,3	5,5	28	12,1	194	1,9	0,22	345	50,6
	2ª	5,90	2,3	6,3	5,8	18,6	12,1	190	1,64	0,18	322	42
	3ª	6,54	2	5,3	5,3	58,6	34,1	227	1,82	0,43	775	96
53 - P.R.Ipiranga	30/10/1996	6,2	1,0	64,0	5,8	198,0	8,0	347,0	5,0	0,2	440,0	76,00
53 - P.R.Ipiranga	15/12/1996	7,4	3,0	49,0	3,7	260,0	8,0	192,0	4,0	0,1	160,0	47,00
Z 06	1ª	6,64	2,1	6,2	5,9	9,8	6,3	185	2	0,16	268	36
	2ª	6,34	2,1	6,2	5,1	37,4	6,3	198	2,13	0,18	369	45
	3ª	5,80	2	5,8	4,1	87,4	45	173	1,86	0,16	279	35
543	24/10/1996	6,5	1,0	34,0	2,8	152,0	3,0	247,0	13,0	0,1	205,0	49,00
LS 01 S	4/12/1996	6,5	1,0	53,0	2,2	137	5,0	101,0	31,0	0,0	84	31
Z 15	1ª	5,00	1,7	5,2	6,7	77,4	48,1	158	2,2	0,16	295	37
	2ª	5,00	1,7	5,2	5	38,4	24,6	210	2,08	0,16	252	34
	3ª	4,60	1,8	5,5	3,4	98	58	146	2,1	0,12	223	28
58 - C.Sapucaia	17/10/1996	4,8	2,0	56,0	3,2	273,0	1,0	61,0	ND	0,0	95,0	23,00
58 - C.Sapucaia	15/12/1996	6,9	2,0	50,0	2,6	280,0	1,0	162,0	2,0	0,0	59,0	21,00
Z 14	1ª	6,72	2,9	8,8	4,8	86,4	62,2	220	3,2	0,92	1640	208
	2ª	6,62	2,5	6,8	5,7	37,4	22	820	3,1	1,18	1794	234
	3ª	6,72	2,3	6,4	2,7	97,4	56	1.020	3,27	1,04	2130	267
P 08	13/10/1996	6,9	1,0	65,0	4,5	67,0	25,0	993,0	36,0	0,8	1594,0	363,00

Tabela 16 - Concentrações de DQO (mg/L de O₂) (à esquerda) e de potássio (mg/L de K) (à direita) para os pontos monitorados**DQO - mg/L de O₂**

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	8,00	7,50	8,50
Z 03	9,60	5,60	5,20
Z 04	7,50	4,50	4,90
Z 05	9,20	5,80	5,30
Águas de Saída Norte			
Z 10	65,00	28,00	5,70
Z 11	7,00	6,30	8,30
Z 12	5,10	5,10	6,10
Z 14	8,80	6,80	6,40
Águas de Saída Sul			
Z 06	6,20	6,20	5,80
Z 07	6,10	5,10	5,60
Z 08	7,30	6,30	5,30
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	5,20	5,20	5,50
Z 16	4,80	4,20	4,90
Águas de Saída			
Z 22	4,60	4,30	4,30

 - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;
 - identificação "Ambiente Conservador";
 - identificação "Ambiente Aberto"

Potássio - mg/L de K

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	1,58	1,48	1,41
Z 03	1,80	1,36	1,40
Z 04	1,74	1,52	1,48
Z 05	1,67	1,24	1,32
Águas de Saída Norte			
Z 10	2,38	1,70	1,80
Z 11	2,04	1,54	1,64
Z 12	1,80	1,86	1,76
Z 14	1,43	1,43	1,40
Águas de Saída Sul			
Z 06	1,76	1,76	1,76
Z 07	1,63	1,42	1,46
Z 08	1,40	1,30	1,38
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	1,98	1,62	1,54
Z 16	1,70	1,70	1,64
Águas de Saída			
Z 22	1,68	1,58	1,60

 - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;
 - identificação "Ambiente Conservador";
 - identificação "Ambiente Aberto"

Tabela 17 - Concentrações de dureza (mg/L deCaCO₃) (à esquerda) e de salinidade (mg/L) (à direita) para os pontos monitorados**Dureza (T) mg/L CaCO₃**

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02		78,00	36,00
Z 03		22,00	34,00
Z 04		28,00	28,00
Z 05		44,00	18,00
Águas de Saída Norte			
Z 10		28,00	64,00
Z 11		42,00	182,00
Z 12		32,00	44,00
Z 14		80,00	134,00
Águas de Saída Sul			
Z 06		68,00	40,00
Z 07		24,00	92,00
Z 08		14,00	210,00
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15		64,00	28,00
Z 16		84,00	84,00
Águas de Saída			
Z 22		102,00	66,00

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

Salinidade - mg/L

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	0,18	0,14	0,11
Z 03	0,23	0,21	0,11
Z 04	0,18	0,16	0,11
Z 05	0,16	0,15	0,13
Águas de Saída Norte			
Z 10	0,16	0,24	0,16
Z 11	0,61	0,21	0,71
Z 12	0,22	0,21	0,34
Z 14	0,92	1,18	1,04
Águas de Saída Sul			
Z 06	0,16	0,18	0,16
Z 07	0,21	0,15	0,24
Z 08	0,22	0,18	0,43
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	0,16	0,16	0,12
Z 16	0,15	0,14	0,09
Águas de Saída			
Z 22	0,18	0,29	0,25

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

Tabela 18 - Concentrações de cálcio (mg/L de Ca) (à esquerda) e de magnésio (mg/L de Mg) (à direita) para os pontos monitorados**Cálcio - mg/L de Ca**

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02		8,14	5,43
Z 03		5,32	5,32
Z 04		4,76	4,98
Z 05		9,36	3,40
Águas de Saída Norte			
Z 10		4,83	9,66
Z 11		9,84	27,47
Z 12		5,38	6,10
Z 14		16,70	20,22
Águas de Saída Sul			
Z 06		15,60	6,04
Z 07		5,78	13,90
Z 08		4,23	31,69
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15		14,80	4,98
Z 16		17,40	12,80
Águas de Saída			
Z 22		24,60	14,02

 - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

 - identificação "Ambiente Conservador";

 - identificação "Ambiente Aberto"

Magnésio - mg/L de Mg

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02		1,38	0,65
Z 03		0,63	0,63
Z 04		0,39	0,61
Z 05		2,24	0,48
Águas de Saída Norte			
Z 10		0,42	1,59
Z 11		2,67	1,62
Z 12		0,67	0,77
Z 14		4,96	1,38
Águas de Saída Sul			
Z 06		4,72	0,72
Z 07		0,78	0,64
Z 08		0,27	1,47
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15		4,12	0,61
Z 16		5,30	0,63
Águas de Saída			
Z 22		7,36	0,66

 - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

 - identificação "Ambiente Conservador";

 - identificação "Ambiente Aberto"

Tabela 19 - Concentrações de manganês (mg/L de Mn) (à esquerda) e enxofre (mg/L de S) (à direita) para os pontos monitorados**Manganês - mg/L de Mn**

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	0,01	0,01	0,01
Z 03	0,01	0,01	0,01
Z 04	0,01	0,01	0,01
Z 05	0,01	0,01	0,01
Águas de Saída Norte			
Z 10	0,02	0,01	0,01
Z 11	0,01	0,01	0,01
Z 12	0,01	0,01	0,01
Z 14	0,01	0,01	0,01
Águas de Saída Sul			
Z 06	0,01	0,01	0,01
Z 07	0,01	0,01	0,01
Z 08	0,01	0,01	0,01
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	0,01	0,01	0,01
Z 16	0,01	0,01	0,01
Águas de Saída			
Z 22	0,01	0,01	0,01

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

Enxofre - mg/L de S

Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	0,01	0,02	0,01
Z 03	0,01	0,01	0,02
Z 04	0,02	0,01	0,02
Z 05	0,02	0,02	0,01
Águas de Saída Norte			
Z 10	0,03	0,02	0,01
Z 11	0,02	0,01	0,02
Z 12	0,01	0,01	0,01
Z 14	0,02	0,02	0,01
Águas de Saída Sul			
Z 06	0,02	0,02	0,02
Z 07	0,02	0,02	0,02
Z 08	0,01	0,01	0,02
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	0,01	0,01	0,02
Z 16	0,02	0,02	0,01
Águas de Saída			
Z 22	0,01	0,01	0,02

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

Tabela 20 - Concentrações de sódio (mg/L de Na) (à esquerda) e ferro (mg/L de Fe) (à direita) para os pontos monitorados

Sódio - mg/L de Na			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	3,70	3,40	3,30
Z 03	3,72	3,32	3,30
Z 04	3,45	3,42	3,44
Z 05	3,80	3,20	3,28
Águas de Saída Norte			
Z 10	2,90	2,60	2,45
Z 11	2,84	1,70	1,57
Z 12	3,10	2,80	2,30
Z 14	2,86	2,86	2,76
Águas de Saída Sul			
Z 06	3,70	3,70	3,40
Z 07	3,20	3,48	3,42
Z 08	3,10	3,20	3,28
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	2,78	2,64	2,44
Z 16	3,10	3,10	3,04
Águas de Saída			
Z 22	3,30	2,30	2,36

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

Ferro Total - mg/L de Fe			
Pontos Monitorados	Campanha 1 jun/07	Campanha 2 out/07	Campanha 3 mai/08
" Ambiente Conservador "			
Águas de Entrada			
Z 02	0,09	0,09	0,09
Z 03	0,07	0,07	0,09
Z 04	0,10	0,07	0,07
Z 05	0,08	0,06	0,08
Águas de Saída Norte			
Z 10	0,11	0,09	0,09
Z 11	0,07	0,06	0,08
Z 12	0,09	0,10	0,10
Z 14	0,06	0,06	0,07
Águas de Saída Sul			
Z 06	0,10	0,10	0,11
Z 07	0,09	0,10	0,10
Z 08	0,08	0,06	0,08
" Ambiente Aberto "			
Águas de Entrada			
Z 15	0,07	0,09	0,09
Z 16	0,09	0,09	0,09
Águas de Saída			
Z 22	0,08	0,08	0,08

■ - fora do limite CONAMA para águas Classe 2;

■ - identificação "Ambiente Conservador";

■ - identificação "Ambiente Aberto"

Quadro 14 - Valores gerais de referência para interpretação da análise de solos

PARÂMETRO		UNIDADE*	CLASSIFICAÇÃO**				
			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Fósforo – Mehlich-1							
- Cultura perene	- Solo argiloso	mg/dm³	-	< 5	5 – 10	> 10	-
	- Solo textura média	mg/dm³	-	< 10	10 – 20	> 20	-
	- Solo arenoso	mg/dm³	-	< 20	20 – 30	> 30	-
- Cultura Anual	- Solo argiloso	mg/dm³	-	< 20	20 – 40	> 40	-
	- Solo textura média	mg/dm³	-	< 40	40 – 60	> 60	-
	- Solo arenoso	mg/dm³	-	< 60	60 – 80	> 80	-
- Hortaliças	- Solo argiloso	mg/dm³	-	< 30	30 – 60	> 60	-
	- Solo textura média	mg/dm³	-	< 60	60 – 100	> 100	-
	- Solo arenoso	mg/dm³	-	< 100	100 – 150	> 150	-
Fósforo-resina	- Plantas florestais	mg/dm³	< 3	3 a 5	6 a 8	9 a 16	> 16
	- Culturas perenes	mg/dm³	< 6	6 a 12	13 a 30	31 a 60	> 60
	- Culturas anuais	mg/dm³	< 7	7 a 15	16 a 40	41 a 80	> 80
	- Hortaliças	mg/dm³	< 11	11 a 25	26 a 60	61 a 120	> 120
Enxofre		mg/dm³	-	< 5	5 – 10	> 10	-
Potássio	- Cultura perene/anual	mg/dm³	-	< 60	60 – 150	> 150	-
	- Hortaliça	mg/dm³	-	< 80	80 – 200	> 200	-
Cálcio		cmol _c /dm³	-	< 1,5	1,5 - 4,0	> 4,0	-
Magnésio		cmol _c /dm³	-	< 0,6	0,6 – 1,0	> 1,0	-
Acidez Trocável (Al)		cmol _c /dm³	-	< 0,4	0,4 – 1,0	> 1,0	-
Acidez Potencial (H+Al)		cmol _c /dm³	-	< 2,6	2,6 – 5,0	> 5,0	-
Matéria Orgânica (MO)		dag/dm³	-	< 1,6	1,6 – 3,0	> 3,0	-
Ferro		mg/dm³	< 20	21 – 31	31 – 200	> 200	-
Zinco		mg/dm³	< 4,1	4,1 – 6,9	7,0 – 40,0	> 40,0	-
Cobre		mg/dm³	< 0,6	0,6 – 1,5	1,6 – 20,0	> 20,0	-
Manganês		mg/dm³	< 6	6 – 11	12 – 130	> 130	-
Boro		mg/dm³	≤ 0,15	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61 - 0,90	> 0,90
Sódio	- Solo argiloso	mg/dm³	-	< 60	60 - 100	> 100	-
	- Solo textura média	mg/dm³	-	< 40	40 - 80	> 80	-
	- Solo arenoso	mg/dm³	-	< 20	20 - 50	> 50	-
Cloro		mg/dm³	-	< 25	-	-	-
Silício		mg/dm³	-	< 8,0	-	-	-
Soma de Bases (SB)		cmol _c /dm³	-	< 2,1	2,1 – 5,0	> 5,0	-
CTC Efetiva (t)		cmol _c /dm³	-	< 2,6	2,6 – 6,0	> 6,0	-
CTC a pH 7,0 (T)		cmol _c /dm³	-	< 4,6	4,6 – 10,0	> 10,0	-
Saturação de Alumínio (m)		%	-	< 21	21 – 40	41 – 60	> 60
Saturação de Bases (V)		%	< 26	26 - 50	51 - 70	71 - 90	> 90
Saturação de Ca na CTC a pH 7,0		%	< 40	40 - 60	60 - 65	> 65	-
Saturação de Mg na CTC a pH 7,0		%	< 7	7 - 10	10 - 15	> 15	-
Saturação de K na CTC a pH 7,0		%	< 3	3 - 5	5	> 5	-
Índice de saturação de Na		%	-	< 20,0	-	-	-
Relação Ca:Mg		-	-	-	4 : 1	-	-
Relação Ca:K		-	-	-	15 : 1	-	-
Relação Mg:K		-	-	-	5 : 1	-	-
Fósforo – remanescente			Estimativa da textura do solo				
			Argilosa		Média		Arenosa
		mg/dm³	0 - 10		10 - 40		40 - 60

pH em água	-	Acidez			Neutro	Alcalinidade	
		Elevada	Média	Fraca		Fraca	Elevada
		$\leq 5,0$	5,1 – 6,0	6,1 - 6,9	7,0	7,1 - 7,8	$> 7,8$
pH em CaCl_2	-	Acidez					
		Muito alta	Alta	Média	Baixa	Muito Baixa	
		$< 4,4$	4,4 - 5,0	5,1 a 5,5	5,6 a 6,0	$> 6,0$	

* Equivalência entre unidades: $\text{mg/dm}^3 = \text{ppm}$; $\text{cmol}_e/\text{dm}^3 = \text{meq}/100 \text{ cm}^3 = \text{mmol}_e/\text{dm}^3 \div 10$; $\text{dag/dm}^3 = \%$

** As informações acima são baseadas nos Manuais de Recomendação de Adubação dos Estados do Espírito Santo (2001 e 2007), Minas Gerais (1999) e São Paulo (1996), além de informações desenvolvidas pelos Profissionais da FULLIN;

OBS.: Para culturas irrigadas de elevada produtividade, os valores acima devem ser reconsiderados em função da cultura e dos investimentos.