



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP

FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS – FFLCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

Natalia Golubeff

PROPOSTA METODOLÓGICA DE USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS DESTINADO À OTIMIZAÇÃO DA ESCOLHA DO MELHOR
LUGAR PARA CONSTRUÇÃO DE UMA WETLAND

São Paulo
2012

Natalia Golubeff

PROPOSTA METODOLÓGICA DE USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS DESTINADO À OTIMIZAÇÃO DA ESCOLHA DO MELHOR
LUGAR PARA CONSTRUÇÃO DE UMA WETLAND

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^o. Dr. Jorge Gustavo da Graça Raffo
Área de Concentração: Geografia Física
Linha de Pesquisa: Geoprocessamento e Cartografia

São Paulo
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Golubeff, Natalia

Proposta Metodológica de Uso de Sistema de
Informações Geográficas destinado à otimização da escolha do
melhor lugar para construção de uma Wetland /

Natalia Golubeff; Orientador: Jorge Gustavo da Graça Raffo –
São Paulo, 2012.

136p.; il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia
Física

1. Geoprocessamento. 2. Spring/LEGAL. 3. Wetlands
4. Reúso de Água. 5. Geomorfologia.

I. Raffo, Jorge Gustavo da Graça. II. Universidade de
São Paulo – Programa de Pós-Graduação em Geografia
Física. III. Título de Mestre.

Natalia Golubeff	Proposta Metodológica de Uso de Sistema de Informações Geográficas destinado à otimização da escolha do melhor lugar para construção de uma Wetland	Mestrado FFLCH 2012
------------------	---	---------------------------

Natalia Golubeff

Proposta metodológica de uso de sistema de informações geográficas destinado à otimização da escolha do melhor lugar para construção de uma wetland

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Jorge Gustavo da Graça Raffo

Instituição: Departamento de Geografia – USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. Antonio Carlos Colângelo

Instituição: Departamento de Geografia – USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. Pedro Caetano Sanches Mancuso

Instituição: Faculdade de Saúde Pública – USP

Assinatura: _____



Home

📁 pessoal

📁 apoio

Pesquisas
Vinculadas

Projetos de
Extensão

Projetos de
Pesquisa

Eventos

Publicações

Acervo e
Recursos
Digitais

Países de
Língua
Portuguesa

Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento

Professor André Libault

Projetos de Extensão

Cartografia digital no Ensino Médio.

Este projeto objetiva levar o conhecimento do uso da Cartografia digital aos alunos do ensino médio através do treinamento no uso do software livre "Philcarto".

Este treinamento é realizado com crianças e adolescentes, mas também são realizadas oficinas para professores da rede de ensino, visando que os mesmos sejam futuros disseminadores desta tecnologia com seus alunos. O projeto tem sido implementado em escolas da cidade de São Paulo e será logo aplicado em escolas da rede pública de ensino da cidade de Manaus- Estado de Amazonas.

Coordenação e execução: Professores : Jorge Raffo e Natalia Golubeff

[HOME](#) - [PROJETOS DE EXTENSÃO](#) - [PROJETOS DE PESQUISA](#) - [EVENTOS](#) - [PUBLICAÇÕES](#) - [ACERVO](#)
- [PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA](#) - [DIDÁTICAS](#) -
[LINKS DE INTERESSE EM GEOPROCESSAMENTO](#) - [CONTATO E LOCALIZAÇÃO](#)



Ao

Jorge G.G. Raffo

AGRADECIMENTOS



“Nada valem os espaços físicos, senão apenas pelos humanos habitados.”

Confluências de idéias. Produções acadêmicas. Trocas de conhecimento. Registros de amizade. Efervecências de carinho. Muito, muito trabalho e a dedicação de uma vida inteira projetada ao desenvolvimento ao outro – altruísmo legítimo.

Meu sentimento de agradecimento é extenso... Precitaria de um relatório anexo, no mínimo, na mesma dimensão desta dissertação para expressar a todos:

O meu mais sincero e profundo Muito Obrigada.

RESUMO

Esta dissertação propõe uma metodologia para a escolha do melhor local para se implantar uma wetland construída.

Wetlands Construídas são modelos de ecossistemas projetados pelo homem, especificamente para tratar águas residuais, otimizando processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem em sistemas alagados naturais. Proporcionando por sua vez, um tratamento eficaz, econômico e ambientalmente adequado de esgoto.

O avanço da informática associado com a Geografia tem gerado o recurso “Sistema de Informações Geográficas”, e neste se fundamenta este projeto.

O SIG, permite que os fundamentos teóricos, conceituais e práticos se mesquem às experiências dos projetistas, trazendo à razão uma base matemática expressa em forma de mapas que podem mostrar as diversas variáveis tratadas em muitas questões relacionadas ao planejamento ambiental racionalizado.

Diversos mapas podem ser “cruzados” pelo SIG, com atribuição de pesos vinculados à importância de cada variável para que, desta forma, possam ser determinadas às regiões do espaço geográfico que melhor atinjam todas as condições estabelecidas, cunhadas como “ideais”, na implementação de um tipo de intervenção no espaço analisado, como encontrar lugares ideais para implantar sistemas de tratamento de água como wetland construída acompanhado das prerrogativas do Reúso de Água.

O lugar escolhido para este projeto de pesquisa foi a Serra do Japi, localizada no município de Jundiá, situado a aproximadamente 63 quilômetros da capital do Estado de São Paulo, fazendo divisa com os municípios de Cabreúva, Pirapora do Bom Jesus e Cajamar, pertencente a um dos eixos econômicos de maior relevância do país, segundo Morellato (1992).

Para o desenvolvimento do projeto, foi estabelecido como condição, que o software utilizado fosse de boa qualidade técnica e também gratuito, para que desta forma outros pesquisadores pudessem facilmente testar e fazer uso da metodologia proposta, sem grandes custos, assim como diversas instituições, como pequenos municípios, ONGs etc. Por este motivo que o software Spring, do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, foi escolhido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Localização da Serra do Japi, 1981.	9
Figura 2:	Área de Estudo e Mapa de Drenagem.	10
Figura 3:	Distribuição das principais Unidades Geológicas do Estado de São Paulo.	18
Figura 4:	Faixa de possíveis aplicações de SIG .	30
Figura 5:	Estrutura da linguagem LEGAL.	47
Figura 6:	Característica geral de uma planta pertencente a zonas úmidas, com capacidade de transporte de oxigênio.	50
Figura 7:	Áreas úmidas como zonas de transmissão entre ambientes terrestres e aquáticos.	51
Figura 8:	“População” de Taboas. Tipo de planta de áreas alagadas para uso de tratamento de água municipal	52
Figura 9:	Esquema de um arranjo de wetlands construídos para tratamento de resíduos agrícolas e uso do efluente.	53
Figura 10:	Arranjo de wetland construída para tratamento de lixívia.	54
Figura 11:	Sistema de wetland construída/artificial para tratamento de descarga de efluentes em fossas sépticas.	56
Figura 12:	Detalhamento do projeto de tratamento de água residuária doméstica.	56
Figura 13:	Coastal salt marshes.	58
Figura 14:	Espécies vegetais de alta tolerância a áreas alagadas.	59
Figura 15:	Área Depressiva onde permanecem níveis estáveis de água, com pouca presença de nutrientes.	60
Figura 16:	Teresa Marsh.	67
Figura 17:	Vermilion Country Conservation District Foundation.	68
Figura 18:	Wetlands construídas de fluxo superficial (FS) e fluxo subsuperficial (FSS).	69

Figura 19:	Esquema geral de funcionamento de wetland.	72
Figura 20:	Interpolação de curvas de nível. Spring.	93
Figura 21:	Resultado da Interpolação de curvas de nível. Spring.	94
Figura 22:	Processo de criação do Mapa Hipsométrico. Spring.	95
Figura 23:	Método do Fatiamento para definição de classes. Spring	96
Figura 24:	Folha para acesso aos dados TOPODATA.	108
Figura 25:	Imagem STRM Superior à área de estudo.	110
Figura 26:	Localização da área de estudo na imagem georeferenciada.	111
Figura 27:	Tentativa de melhoramento visual da imagem através de contraste.	112
Figura 28:	Resultado de Contraste. Monocromático.	113
Figura 29:	Suporte à decisão do AHP - Spring	120
Figura 30:	Esboço de Hierarquia de decisão	120
Figura 31:	Critérios de Pesos do AHP	121
Figura 32:	Layers Pareados	131
Figura 33:	Indicadores dos melhores lugares para implantação de wetlands	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais Projetos de Sistemas de Tratamento de Água para abastecimento público e industrial.	74
Tabela 2: Principais projetos de sistemas de tratamento de esgoto doméstico.	74
Tabela 3: Principais projetos de sistemas de tratamento de efluentes industriais.	75
Tabela 4: Comparação entre a eficiência de remoção da concentração de poluentes nas tecnologias de tratamento de água e wetland construída	85
Tabela 5: Valores consagrados de variáveis morfométricas.	101
Tabela 6: Comparação entre diferentes limites rígidos de classes de declividade para avaliação de terras	116
Tabela 7: Valores de fragilidade do solo para as Classes de declividade	117
Tabela 8: Critérios de importância relativa em AHP	119
Tabela 9: Constituição de pesos atribuída por Golubeff, N.	122
Tabela 10: Valores postulados aos atributos segundo a técnica de critério relativo de importância do AHP.	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Agrupamentos de Compartimentos Topográficos.	14
Quadro 2:	Graus de proteção ambiental por tipos de cobertura vegetal.	25
Quadro 3:	Classes de Fragilidade dos tipos de solos.	26
Quadro 4:	Tipos de uso de solo indicados para os diversos intervalos de classe de declive.	26
Quadro 5:	Resumo de escalas medidas, característica principal e operações admitidas	34

LISTA DE MAPAS

Mapa 1:	Mapa da Rede de Drenagem	102
Mapa 2:	Mapa Hipsométrico	103
Mapa 3:	Mapa Fisiográfico	104
Mapa 4:	Mapa Geológico	105
Mapa 5:	Mapa Pedológico	106
Mapa 6:	Mapa de Capacidade do Uso da Terra	107
Mapa 7:	Mapa de Unidades Ecodinâmicas	114

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AHP – Analytical Hierarchy Process/Processo Analítico Hierárquico

Art. – Artigo (referente à Legislação)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

GIS – Geographic Information System

GI Science – Geographical Information Science and Systems

GPS – Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento ALgébrico

MDE – Modelo Digital de Elevação

MNA – Ministério do Meio Ambiente

MNT – Modelo Numérico de Terreno

ONG – Organização Não Governamental

PI – Plano de Informação

SAD 69 – South American Datum – 1969

SDSS – Spatial Decision Support Systems

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

TM – Tematic Mapper

INDICE

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE QUADROS	XIV
LISTA DE MAPAS	XV
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XVI
1 APRESENTAÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivo Específico	
3 JUSTIFICATIVA	5
4 ÁREA DE ESTUDO/APLICAÇÃO	6
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	49
7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS e TÉCNICAS APLICADAS	92
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	119
9 BIBLIOGRAFIA	131

1 APRESENTAÇÃO

Esta dissertação propõe uma metodologia para a escolha do melhor local para se implantar uma wetland construída.

Wetlands Construídas são modelos de ecossistemas projetados pelo homem, especificamente para tratar águas residuais, otimizando processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem em sistemas alagados naturais. Proporcionando por sua vez, um tratamento eficaz, econômico e ambientalmente adequado de esgoto.

A tomada de decisão referente à escolha do melhor lugar para a construção de uma wetland construída tradicionalmente era/é realizada em forma intuitiva por parte dos projetistas.

Naturalmente essa considerada intuição sempre esteve ancorada no conhecimento teórico e na experiência prática de engenheiros civis e a decisão final da escolha do melhor local para a construção de uma área para tratamento de esgoto ou água acabava dependendo mais no processo de inspiração do que essencialmente em um processo racional de análise. Obviamente cada construção possuiu um forte alicerce matemático em sua concepção, mas muitas vezes não detém todos os fatores que a permeiam.

Essa é uma característica observada na maioria dos experimentos de engenharia civil. É considerada uma área de interesse e/ou necessidade para aplicação de uma determinada intervenção e a partir disso, é construído um modelo laboratorial que serve como base experimental para a construção de um Projeto Piloto.

A geografia física, por sua vez, efetua duas análises. Por um lado, ela prevê o estudo do comportamento físico principalmente sob o foco geomorfológico de uma área e por outro a dinâmica da sociedade frente a ela.

Tratar de construções é um tema bastante polêmico, face a sua diversidade de questionamentos, posicionamentos e propostas de soluções.

Quase a totalidade do planeta Terra é habitada e a sua população, ainda que leiga em muitos aspectos, possui uma parcela de participação no comportamento de eventos físicos.

Por esse motivo é que vêm sendo incorporados gradativamente, estudos que se debruçam sobre as questões que envolvem vidas humanas. Quais são os custos e benefícios de uma construção em um determinado lugar? Quais são os impactos que isso poderá causar às vidas humanas? E ao meio ambiente? De que maneira um impacto pode ser minimizado? Como atentarmos às previsões de catástrofes nessa ordem? Quanto vale uma vida? Quanto vale o meio em que se vive?

O avanço da informática associado com a Geografia tem gerado o recurso “Sistema de Informações Geográficas”, o qual permite responder às inquietudes anteriores e neste recurso se fundamenta este projeto.

O SIG, permite que os fundamentos teóricos, conceituais e práticos se mesquem às experiências dos projetistas, trazendo à razão uma base matemática expressa em forma de mapas que podem mostrar as diversas variáveis tratadas em muitas questões.

Estes diversos mapas podem ser “cruzados” pelo SIG, inclusive atribuindo pesos vinculados à importância de cada variável para que, desta forma, possam ser determinadas às regiões do espaço geográfico que melhor atingem todas as condições estabelecidas, cunhadas como “ideais”, na implementação de um tipo de intervenção no espaço analisado.

O desenvolvimento do SIG permitiu que as intervenções dos geógrafos de diversas áreas por sua vez, sejam ainda mais precisas, dado a maneira com que um Sistema de Informações Geográficas trabalha.

O lugar escolhido para este projeto de pesquisa foi a Serra do Japi, localizada no município de Jundiá, situado a aproximadamente 63 quilômetros da capital do Estado de São Paulo, fazendo divisa com os municípios de Cabreúva, Pirapora do Bom Jesus e Cajamar, pertencente a um dos eixos econômicos de maior relevância do país, segundo Morellato (1992).

Para o desenvolvimento do projeto foi estabelecido como condição que o software utilizado fosse de boa qualidade técnica e também gratuito, para que desta forma outros pesquisadores pudessem facilmente testar e fazer uso da metodologia proposta, sem grandes custos, assim como diversas instituições, como pequenos municípios, ONGs etc. Por este motivo que o software Spring, do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, foi escolhido.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Uso dos recursos instrumentais de Sistemas de Informações Geográficas, principalmente da linguagem de programação específica, para montagem de Banco de Dados e análise das variáveis para a identificação de lugares ideais destinados à implantação de um Sistema de Tratamento de Água ou Esgoto.

2.2 Objetivo Específico

Desenvolver em software SPRING um Projeto com Banco de Dados sobre as características fisiográficas especificamente da Serra do Japi.

Caracterizar wetlands naturais e construídas. Transformar as características de wetlands em variáveis.

Especificar graus de importância às variáveis fisiográficas.

Gerar um Modelo Representativo a partir da linguagem de programação LEGAL para identificar os melhores lugares para implantação de Sistema de Tratamento de Água ou Esgoto usando Sistemas de Wetlands.

3 JUSTIFICATIVA

O aumento populacional, juntamente com o crescimento desordenados das cidades, tem levado, paulatinamente, ao desgaste qualitativo e ao consumo irreversível das fontes de abastecimento, incluindo, aqui, as fontes aquíferas para consumo, uso doméstico e agricultura. O esgoto urbano bruto é resultante dos despejos domésticos e industriais, o qual lançado num manancial contribui para sua degradação, afetando a qualidade.

É sabido que o simples despejo de esgotos nos rios, traz conseqüências danosas à saúde, ocorrendo, não raras as vezes, uma relação entre manifestações de doenças de transmissão fecal-oral e a existência de focos de contaminação. Este tipo de situação é minimizada com o tratamento adequado de esgoto/efluente.

Além disso, também com a finalidade de poupar fontes naturais, a água já utilizada pelo homem para consumo próprio, ou para outras finalidades, deve sofrer outros processos de tratamento que permitam a sua reutilização segura.

Sistemas de tratamento e purificação de água, tratamento de esgoto, são serviços de saneamento básico, extremamente importantes para a garantia de uma boa qualidade de vida ao ser humano.

Esse projeto trata de uma proposta metodológica que procura otimizar o encontro dos melhores lugares para implantação de sistemas de tratamento do tipo wetland e reúso de água.

O estudo desta forma, torna-se mais intensificado e profundo para a identificação de variáveis que sejam relevantes a este processo de busca.

E a ordenação/sistematização de características físicas do relevo, assim como características sócio-econômicas é de suma importância nessa proposta, porque será através delas, que poderão ser traçados/projetados cenários e um método sistemático para ofertar a implantação de sistemas de tratamento de água e esgoto através de wetlands construídas.

4 ÁREA DE ESTUDO/APLICAÇÃO

A área de estudo usada no presente projeto de pesquisa foi escolhida em função de sua complexidade geográfica.

Neste momento é importante salientar que a base de mapas que está presente neste projeto foi compilada da Tese de Doutorado de Nilda de Jesus (1999), intitulado: *Inter-relação entre Geologia/Relevo/Solo/Vegetação e atuação dos processos morfodinâmicos da unidade de paisagem Serra do Japi: Uma contribuição à conservação.*

A autora, como poucos pesquisadores, realizou uma extensa, aprofundada e detalhada pesquisa nas bases físicas às quais interessam ao uso neste projeto de pesquisa.

Ressalta-se porém, que para esta dissertação, qualquer base cartográfica que abrigasse as características físicas pertinentes à aplicação em SIG teriam a sua serventia. Essas características físicas no entanto, precisariam ser construídas e desenvolvidas com o mesmo louvor como o que foi aplicado na área que envolve a Serra do Japi, etapa de projeto que, conforme especifica o objetivo, é neste momento, desnecessária.

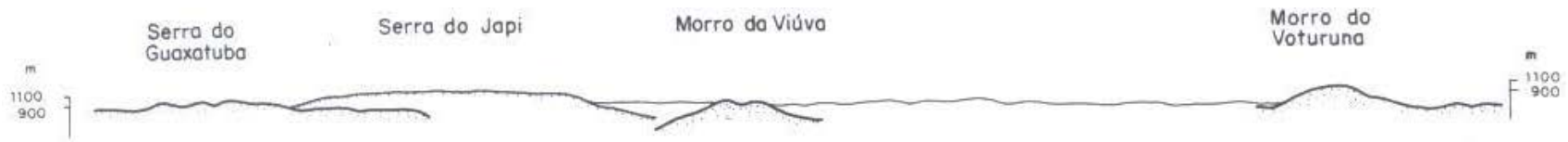


Foto do complexo Japi. Autor desconhecido.

Localização:

A Serra do Japi está localizada no estado de São Paulo, a oeste da Capital Paulista, entre a região metropolitana de São Paulo e Campinas, distanciando cerca de 50 Km da capital, tendo extensão total de 350Km².

Ela faz parte de uma série de pequenas serras florestadas, consideradas espaços florestais peri-urbanos (como áreas importantes para a preservação de serviços ambientais relevantes para o equilíbrio ambiental de metrópoles como São Paulo), envolvidas pelos municípios de Campo Limpo Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Salto, Itu, Cajamar, Pirapora do Bom Jesus e Cabreúva. Sendo a área de maior influência presente nos municípios de Jundiaí e Cabreúva.

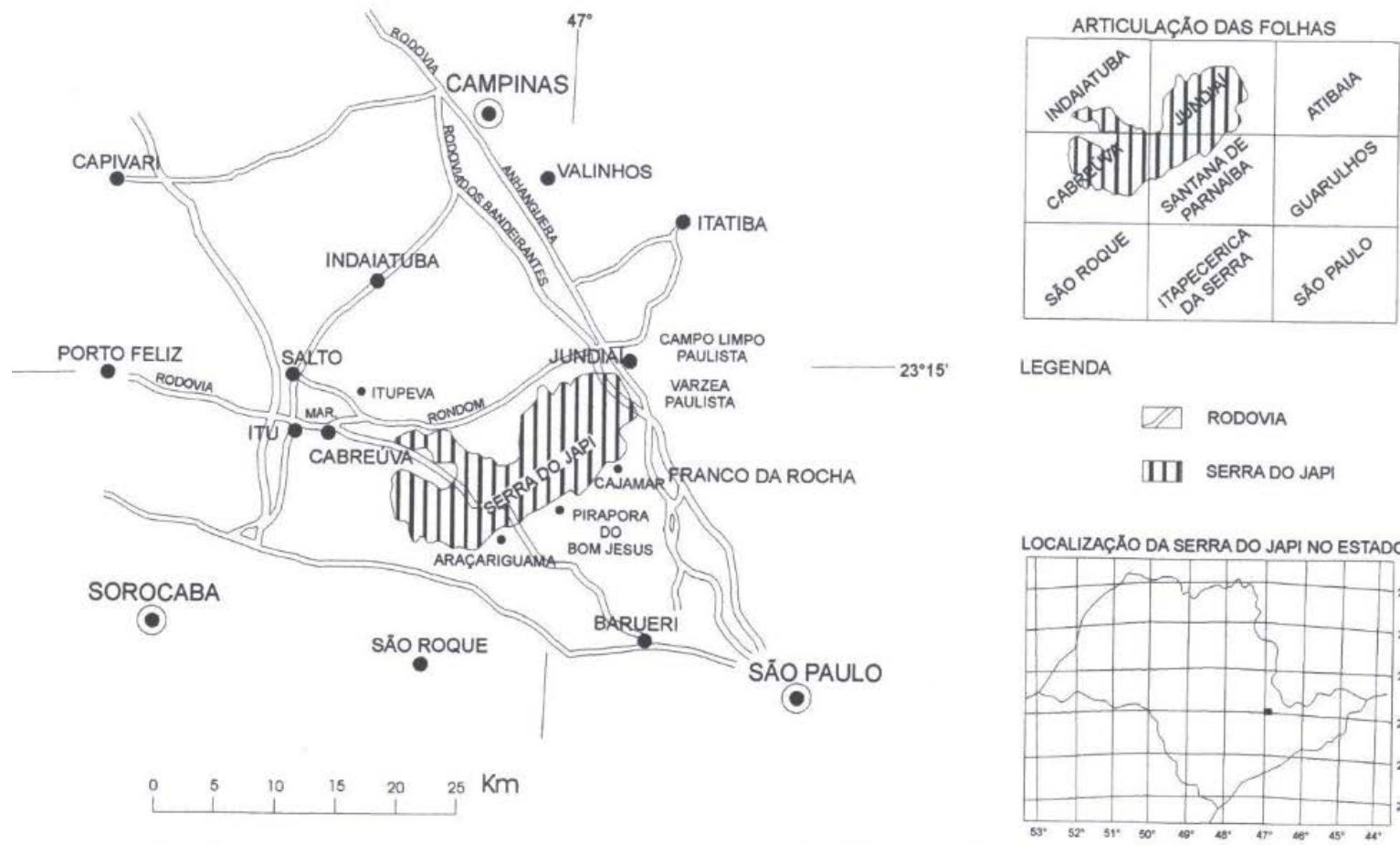


Figura 1 - Localização da Serra do Japi. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. 1:1.000.000. IPT, 1981.

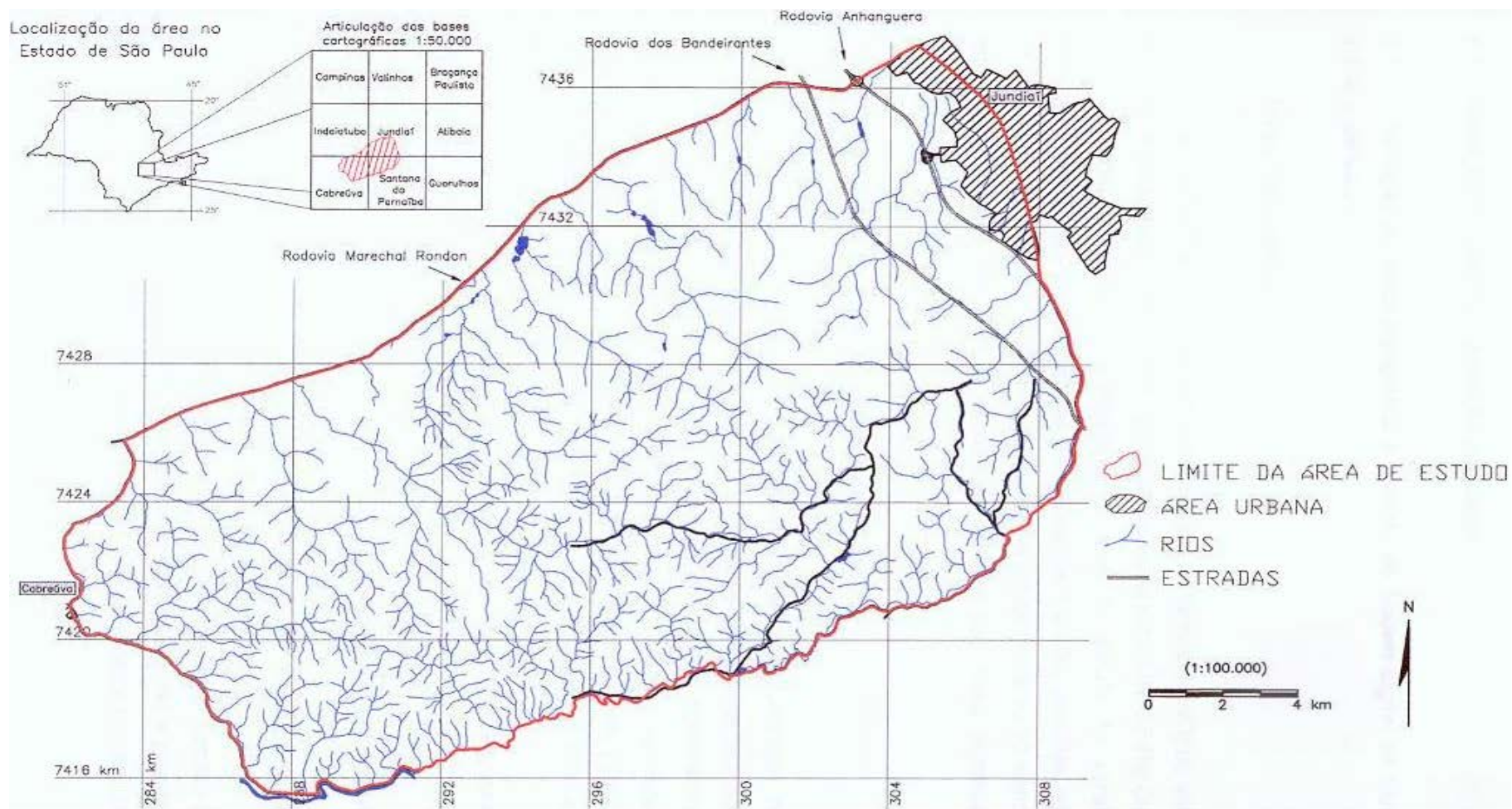


Figura 2: Área de Estudo e Mapa de Drenagem. Org. JESUS (1999).

Fonte: Folhas Topográficas Indaiatuba, Cabreúva, Santana do Parnaíba e Jundiaí. Escala 1:50.000 (IBGE) – Base Topográfica Digital: NEVES (1999)

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

Algumas linhas de abordagem teórica dão suporte ao Projeto em Desenvolvimento.

De um lado, os aportes teóricos que subsidiam a interpretação da paisagem e do relevo, oriundos da Geografia Física, mais especificamente da Geomorfologia e de outro, as teorias e métodos acerca da evolução, desenvolvimento e aplicabilidade de SIG's para projetos de planejamento ambiental e urbano, tratado mais adiante, como "A representação da Paisagem na Cartografia".

Nesta pesquisa, um fator relaciona-se com outro e não há como dissociá-los.

No que concerne o planejamento urbano, cada vez mais exercido pelo que se classifica de Geografia Física Aplicada, "a Geografia contemporânea encontra-se preparada, mais que outras ciências, para os estudos ambientais, pois dispõe dos métodos necessários, com um imenso volume de dados e informações científicas sobre o meio natural e seus recursos, bem como o grau e as formas de sua proteção e aproveitamento econômico (ROSS, 2006).

GERASIMOV (1980) *apud* ROSS (2006), prescreveu quatro orientações científicas principais para os estudos ecológico-ambientais no âmbito da Geografia:

A primeira tratava sobre o controle das transformações do meio ambiente originadas pelas atividades humanas – monitoramento antropogênico.

A segunda sobre os prognósticos geográficos-científicos das conseqüências que implicam a influência das atividades econômicas sobre o entorno (espaço físico-territorial).

A terceira versava a prevenção, debilitamento e eliminação das calamidades naturais.

Por fim, a quarta previa a otimização do meio nos sistemas técnico-naturais que cria o homem.

Completando esse quadro, para Gerasimov a natureza dispunha de recursos para servir à humanidade (ROSS, 2006).

O presente projeto, em seu decorrer, ainda tratará de outros temas relacionados ao plano dos Planejamentos Ambientais, como: uso racional e otimização de processos, avaliação dos impactos ao meio ambiente e ao meio social e relação custoXbenefício.

Muitos desses parâmetros comumente usados para avaliação de projetos em engenharia também são alvo da Geografia. “(...)A Geografia aplicada na Grã-Bretanha, é geralmente realizada para desenvolver investigações lineares, como linhas de rodovias, estudos locais muito detalhados ou lugares específicos que são aplicados em função de projetos de engenharia” (JONES, 1980 *apud* ROSS, 2006).

Mesmo assim, a geografia sempre preocupou-se (*grifo nosso*) em defender e manter um estudo ainda mais abrangentes sobre o diz respeito às ciências da Terra. Neste momento, é imprescindível o destaque ao papel de TRICART (1963), que considera que a:

“(...) Geomorfologia aplicada pode desenvolver-se em dois grandes segmentos, um nas chamadas aplicações indiretas, quando auxilia as pesquisas na Geologia estrutural, na Pedologia e nas pesquisas Biogeográficas; outro nas aplicações diretas... voltadas para a prospecção mineral, nos serviços de obras públicas de grande envergadura, como estradas hidrelétricas, ferrovias, obras de engenharia civil diversas, planejamentos hidráulicos ligados à irrigação, energia, navegação, entre muitas outras” (TRICART, *op. cit.*, pág. 18).

Evolução Geomorfológica e Geológica de Jundiá

A questão levantada pelo geógrafo Aziz Ab' Saber sobre a importância e análise dos estudos sobre quaternário se faz relevante neste momento do trabalho porque em sua Tese de Livre Docência – Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário (1969), ele acredita que “os estudos sobre o quaternário serão certamente aqueles que maiores oportunidades terão para realizar uma integração dos conhecimentos de geociências sobre o território brasileiro. Isto porque, além de se tratar de investigações de forte valor Interdisciplinar, trata-se de estudos básicos do mais alto interesse da geologia e da geomorfologia geral dos países intertropicais”. (pp. 15, 16).

E, “os estudos sobre o quaternário tem o papel de obrigar ao geomorfologista a se interessar pelo conhecimento da estrutura superficial da paisagem”. (*op. cit.*, pag. 16)

Nesse estudo, o autor identifica três níveis de considerações, sendo o primeiro que a “Geomorfologia é um campo científico que cuida do entendimento da compartimentação da topografia regional, assim como, da caracterização e descrição, tão exatas quanto possíveis, das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados”. O segundo “que a Geomorfologia procura obter informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens”, e um terceiro nível que “pretende-se observar a funcionalidade atual e global desta forma de paisagem (dinâmica climática e hidro-dinâmica” (*op. cit.*, pág. 24) (...) porque um cotejo entre a fisiologia de uma paisagem primária e aquela pertencente a uma área similar e contígua, é de todo recomendável para consubstanciar o conhecimento da fisiologia original ou primário de um determinado domínio paisagístico” (*op. cit.*, pág. 25).

De maneira que “todo pesquisador deverá ter uma idéia de suas possibilidades e deficiências operacionais, em relação às técnicas de pesquisa requeridas para cada um deles” (*op. cit.*, pág. 25).

O autor estabeleceu, em termos de uma meso-compartimentação, a presença de agrupamentos de compartimentos topográficos, de história fisiográfica específica, a destacar:

Grandes unidades Geomorfológicas	Compartimentos neogênicos	Compartimentos quaternários
Planalto Atlântico	- Bacia de Taubaté - Bacia de São Paulo	Bacia de Jundiaí Bacia de Gato Preto Bacia de Atibaia Bacia do Alto Jaguari Pequenas bacias detríticas do Alto Paraíba

Quadro 1 – Agrupamentos de Compartimentos Topográficos.
Adap. GOLUBEFF, 2011.

Neste momento, sob a designação geral das superfícies neogênicas (DE MARTONNE, 1940), foram englobados todos os setores de aplainamentos modernos, localizados em compartimentos intermontanos e interplanálticos do Estado de São Paulo. São consideradas velhas planícies de erosão, oriundas predominantemente de fenômenos de pediplanação (diferentes alturas e diferentes paisagens morfológicas e fitogeográficas). E essa designação mostra que nos arredores da bacia de Jundiaí existem penetrações descontínuas das aplainações neogênicas nas áreas serranas interpostas entre a bacia de São Paulo e a depressão periférica. É uma área de pediplanação extensiva situada à retaguarda dos planaltos residuais cretácicos do centro-oeste paulista.

Segundo AB'SABER (1957), Teodoro Sampaio estudou, dividiu e descreveu minuciosamente os núcleos de aglomeração urbana.

Referindo-se a eles em pontos mais altos e pontos mais baixos, deixando base para a percepção da amplitude altimétrica da parcela de sítio urbano que cabia a cada uma delas.

Nesta etapa de seu trabalho, Teodoro Sampaio iniciou as suas pesquisas de campo para a confecção de folhas topográficas sobre a região de São Paulo e seus arredores, incluindo Jundiaí. Esse pesquisador então foi o primeiro autor a definir as informações altimétricas e de certa forma morfométricas, no caso específico de Jundiaí.

Continua Aziz, em seu estudo, que o Prof. Fernando Flavio Marques de Almeida, da Escola Politécnica de São Paulo escreveu um dos mais importantes trabalhos sobre a região de São Paulo. Neste trabalho, o maior mérito advém de uma revisão completa das questões do tectonismo responsável pela gênese da bacia e da análise das superfícies pré-pleiocênicas da região de São Paulo, às quais o autor reagrupa sob dois títulos: *a superfície do Alto-Tietê* (cenozóica) e a do *Japí* (cretácico-eocênica). Por *superfície do Japí*, o Professor Almeida entende a porção paulista da *superfície das cristas médias*, de Emmanuel De Martonne (1940), ou o *penepiano eocênico* de Luís Flôres de Moraes Rego (1932).

Entretanto, não se trata de mera mudança de nome, mas da criação de um título regional, nos moldes usuais da geomorfologia, para designar uma superfície de há muito tempo identificada. Procede sem dúvida, a designação pela qual o Professor Almeida (vinha) propugnando, pois é na serra quartzítica do Japí que a *superfície das cristas médias* está melhor conservada em território paulista (até os dias atuais), E a este autor se deve ainda, a elaboração do primeiro mapa geomorfológico sobre a região de São Paulo.

Tendo por base a excelente documentação cartográfica na escala 1:100.000, representada pelas folhas topográficas da antiga Comissão Geográfica e Geológica, e auxiliado pelos seus conhecimentos de campo. (AB' SABER, 1957, pg. 59)

Quanto aos padrões de drenagem, Aziz relata que as áreas de quartzito forçaram a existência de quadros de drenagem do tipo radial, que se instalou após o entalhamento e a dissecação da antiga *superfície de cristas médias*.

Em posse dessas informações, afirma-se que Ab'Saber foi o primeiro pesquisador a relatar sobre a questão de superfícies pedimentadas do Brasil sudeste, além disso as *Linhas de pedras* (*Stone Lines*) as quais Aziz relata, são testemunhos de grandes oscilações climáticas que fizeram surgir em seus trabalhos, a Teoria dos Refúgios Florestais.

Essa Teoria passa a ser descrita pelo autor no ano de 1972 – em seu trabalho *Participação das depressões e superfícies aplicadas na compartimentação do Planalto Brasileiro*”.

Mas, anterior a essa data (1962), o autor já nos revela estudos iniciais sobre essa Teoria quando apresenta a seguinte Nota de Rodapé:

“(....) De concreto pouco ou quase nada se sabe do ambiente climático que presidiu a sedimentação fluvial e flúvio-lacustre da bacia de São Paulo. Fernando de Almeida, em seu trabalho recente (1955, PP. 26-27) refutou a idéia de Moraes Rêgo a respeito do possível caráter semi-árido da sedimentação regional. José Setzer, por seu turno (1948, p. 92), tece considerações a respeito dos climas que teriam presidido a deposição de camadas de Taubaté, dizendo que a princípio o clima teria sido sub-úmido e, posteriormente, teria havido evolução para o úmido e até mesmo super-úmido. Essas derradeiras condições do ambiente climático, por seu turno, teriam sido as que dominaram quando da deposição das camadas de São Paulo. Evidentemente, trata-se de especulações, ainda possuidoras de pouco valor científico. Lembramos, nesse sentido, que algumas ocorrências de areias feldspáticas descobertas por Teodoro Knecht nos depósitos do Vale do Parateí poderão atestar um ambiente de deposição um tanto mais frio e mais seco do que apontados por Setzer. Nesse sentido, é de se lembrar que na região de Curitiba há evidências iniludíveis de que o clima foi bem mais seco que o atual, muito embora, sem nunca ter sido glacial como erroneamente supôs Paulino Franco de Carvalho (1936). Entre os depósitos da região de São Paulo, os únicos que podem ser considerados bons indicadores do clima do passado são as formações iluviais limoníticas que carpeiam o topo das mais altas plataformas interfluviais das colinas paulistanas. Trata-se no caso, de verdadeiros paleo-solos, funcionando como neo-rochas. Essas concentrações de sesquióxidos ferrosos revelam, sem dúvida, a existência de climas tropicais com estiagem muito mais acentuada do que a atual, durante o fecho da sedimentação fluvial da bacia de São Paulo, em algum momento do pleistoceno inferior. Recentemente foram constatadas diversas ocorrências de bauxita nos suaves terrenos cristalinos da borda meridional da bacia de São Paulo. Tais ocorrências descobertas pelo geólogo Theodoro Knecht, foram estudadas por José Carlos Ferreira Gomes (1956) e por Jesuíno Felicíssimo Júnior e Rui Ribeiro Franco (1956), constituindo excelentes indicadores de paleo-climas modernos da região. A julgar pelas cotas de altitude das ocorrências principais indicadas por Felicíssimo Júnior e R. Ribeiro Franco (1956, p. 36), estando as mesmas situadas entre 750 e 770m a fase de *bauxitização* provavelmente foi posterior ao fecho da sedimentação pliocênica, possivelmente relacionado com o período erosivo que criou o nível intermediário das colinas paulistanas. Após a redação dessa parte do nosso trabalho, tivemos o prazer de ler as conclusões finais das pesquisas de Viktor Leinz sobre o assunto, através das quais, na base de minuciosas análises e cerrada argumentação científica, o ilustre geólogo concluiu que “a decomposição do cristalino coberto pelos sedimentos é um testemunho conservado do tempo pré-sedimentar”. (in “Decomposição das rochas cristalinas na bacia de São Paulo”, Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol. 27, nr. 4, 31 de dezembro de 1956, PP 499-504). Ao longo dos cortes da Via Anhanguera, entre São Paulo e Jundiaí, podem ser observados quatro agrupamentos de testemunhos de sedimentos aparentados com as camadas da bacia de São Paulo (1. Área de Juvenópolis; 2. Área de Gato Preto; 3. Área do Km 42; 4. Área de Jundiaí). Os três primeiros grupos de afloramentos são os que mais se assemelham aos depósitos paulistanos, enquanto o da bacia de Jundiaí são inteiramente diversos sob o ponto de vista litológico. Lembramos que os pequenos testemunhos terciários do km 42 são os mais interessantes sob o ponto de vista de sujeções tectônicas, pois se encontram, aparentemente, em posição de *ângulo de falha*, encravados na contra-encosta de um morro arredondado.

Prossegue:

Tais depósitos da Via Anhanguera estão à espera de um estudo minucioso de petrografia sedimentar, a fim de que possam fornecer melhores elementos para futuras argumentações geológicas e geomorfológicas.(...). (...) Torna-se mister reconhecer que as observações de São Roque e Moreiras, como nas serras do Itaquí e São Francisco são muito difíceis porque aí se processa a imbricação de níveis entre o peneplano pré-glacial e a superfície de Itapeçerica-Cotia. Na porção oriental da Serra do Japi, por seu turno, passa-se diretamente da superfície das cristas médias para a superfície pré-glacial re-entalhada. (AB' SABER, 1957, pp. 215-219 e pp. 245-246)

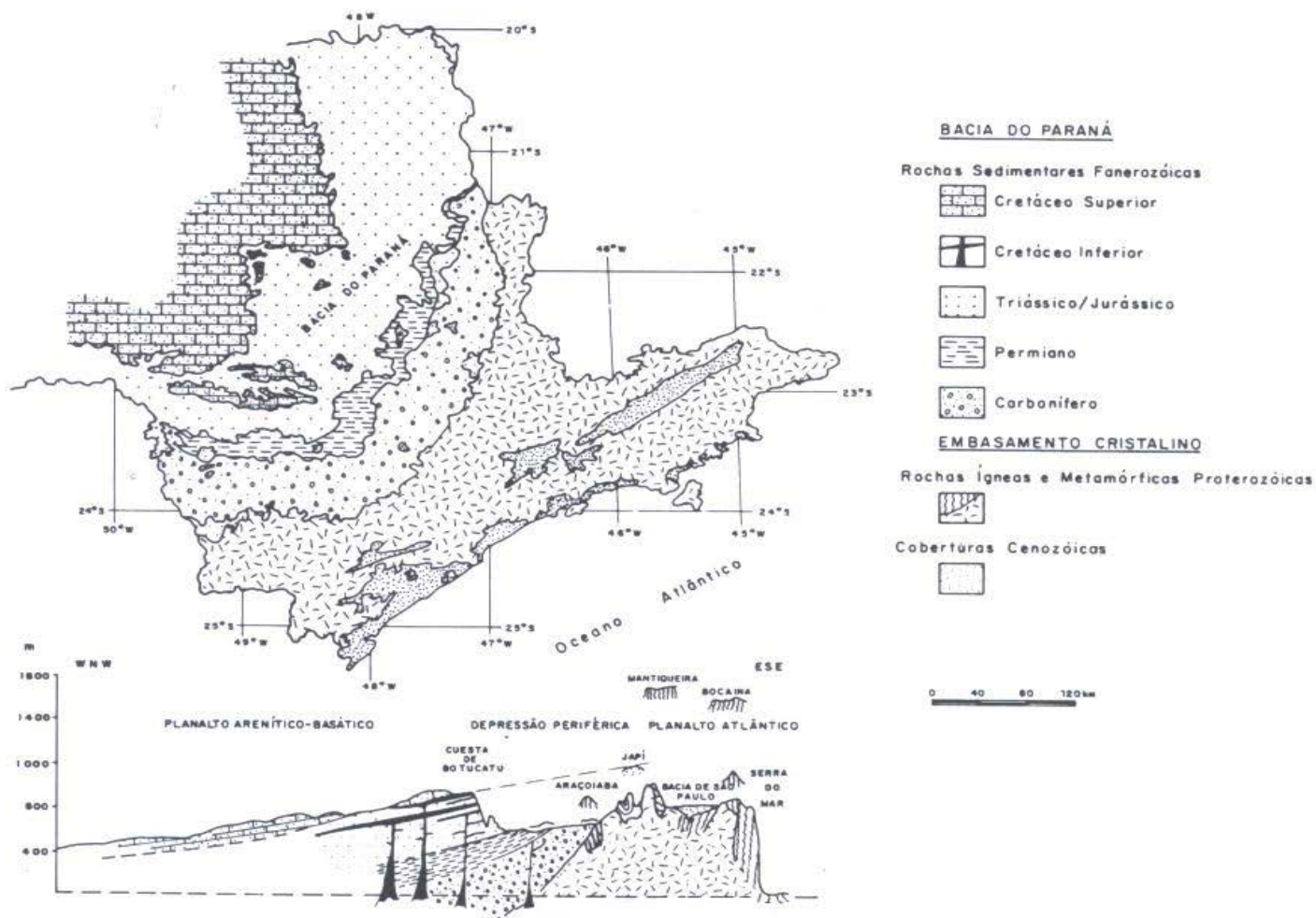


Figura 3: Distribuição das principais Unidades Geológicas do Estado de São Paulo. Ab'Saber, 1956.

De fato, o autor prontificou-se a aprofundar os estudos sobre esses Testemunhos e assim, Japi adquiriu sua relevância geomorfológica, entre outras, muito bem observadas em estudos de cunhos ecológico e biológico, principalmente, destacando-se os estudos ecológicos de MORELLATO.

Segundo MORELLATO (1992), o manejo ambiental das terras da Serra do Japi é de vital importância para manter da melhor forma possível as comunidades vegetais o/ou animais como fontes (itens de produtos biológicos para o homem e, também como fontes de conhecimento científico e de lazer.

A Serra do Japi faz parte de um conjunto de serras que possui ecossistemas com características naturais, e abriga uma considerável diversidade vegetal. Apresentando condições geológicas relacionadas a solos pobres e frágeis com vegetação natural adaptada a solos de baixa fertilidade natural (AB SABER, 1982), com nascentes em toda parte e potencial hídrico em torno de 300 a 350 litros por segundo (GANCELLARA, 1997).

A Serra do Japi representa uma das maiores regiões contínuas de florestas mesófilas semidecíduas no Estado de São Paulo (LEITÃO FILHO, 1992), com áreas de vegetação nos estágios mais avançados do desenvolvimento sucessional (em clímax) preservadas em função, sobretudo da acidentada topografia. É também considerada uma região ecotonal, isto é, uma região com ocorrência de um número elevado de espécies de formações vegetais, as quais encontram-se formando uma faixa de transição entre elas (MORELLATO, 1990).

Existe nesta região uma grande heterogeneidade ambiental composta por uma diversidade geológica, um mosaico dos solos, um gradiente de altitude e diferentes condições climáticas, que ao fato de a Serra do Japi ser uma região ecotonal propicia para esta área diversos habitats plantas e animais, o que confere a Serra uma grande diversidade biológica.

A Serra do Japi é a única área do Estado de São Paulo que não foi totalmente destruída, e representa um dos maiores fragmentos florestais que ainda restam na região.

Os fragmentos florestais restantes permitem a interligação da Serra do Japi com a Serra da Mantiqueira que avança até os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, com a Serra do Mar.

Conseqüentemente. Com a fachada da floresta Atlântica e com a bacia do Rio Tietê, que permite uma ligação com o interior do Estado e com o norte do Estado do Paraná e Mato Grosso do Sul, estes corredores, quando necessário, recuperados tomarão estes espaços importantes para a preservação, particularmente, da fauna migratória (LEITÃO FILHO, 1992).

As características ambientais da Serra do Japi são complexas e ainda muito pouco conhecidas não sendo possível saber qual a forma de manejo mais adequada e o que realmente existe em termos de vegetação e fauna. Todos estes fatores justificam a conservação ambiental desta área, especialmente pelo fato de a Serra do Japi ser uma fonte de variáveis genéticas, constituindo-se num verdadeiro banco genético que podem, através do conhecimento da área, estabelecer modelos seguros para a recuperação das áreas degradadas existentes na região sudeste do País.

Conservar estes ecossistemas significa manejar os seus recursos naturais, ar, água, solo, minerais e espécies vigentes incluindo o homem de modo a conseguir a mais alta qualidade de vida humana sustentada.

O manejo dos recursos naturais requer um conjunto de programas que inclui prospecções, pesquisas, leis, administração, preservação, utilização, educação e treinamento.

A conservação dos recursos naturais compreende a preservação, a manutenção, a utilização sustentada, a recuperação e a melhoria do ambiente natural.

Apresentando como finalidades específicas; manter os processos ecológicos e os sistemas vivos essenciais: preservar a diversidade genética e permitir o aproveitamento perene das espécies e dos ecossistemas (ACIESP, 1987).

Para LEITÃO FILHO (1992) a implantação de um projeto de manejo para a Serra do Japi deveria ser elaborado visando a conservar as diversas faces do ecossistema das florestas semidecíduas de planalto, que abriga espécies ameaçadas de extinção: preservar o patrimônio genético e os processos naturais para garantir a manutenção dos corredores naturais relevantes para a fauna, especialmente a fauna migratória: proteger os diversos mananciais existentes na área e fomentar atividades de pesquisa, de monitoramento e de educação ambiental.

A Serra do Japi contempla mais de uma Unidade de Conservação Ambiental, mas a existência de uma não invalida a outra.

Estas unidades apresentam medidas que têm por intenção principal a conservação das terras da Serra do Japi e o estabelecimento de um plano de manejo que vise a melhor forma de utilização das terras da região.

O Tombamento da APA (Área de Proteção Ambiental) de Cabreúva da APA de Jundiá e da Reserva Biológica, tornaram essas medidas as mais importantes tomadas para a conservação da Serra do Japi.

O Tombamento é específico para uma determinada porção da Serra da Japi, enquanto que, a Área de Proteção Ambiental engloba uma área muito maior, envolvendo todo o território de dois municípios: Jundiá e Cabreúva. Ambos os municípios apresentam como principal objetivo a criação da APA de conservação da Serra do Japi.

O Tombamento inclui algumas diretrizes para o controle do uso da terra dentro de um determinado espaço. A delimitação da área tombada foi feita levando em consideração a atenuação das declividades, entre as encostas da Serra e os patamares e colinas circundantes (SECRETARIA DA CULTURA, 1993).

A extensão da área tombada é de 191,70 Km², englobando áreas dos seguintes municípios: Jundiaí com 47,67% e 91,40 Km Cabreúva com 41.16 % e 78,90 Km Pirapora de Bom Jesus com 10,49% e 20,10 Km e Cajamar com 0.68% e 130 Km.

O Tombamento foi determinado pela Resolução número 11, de 08 de março de 1983, do CONDEPHAAT (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Arquitetônico e Turístico). A partir desse momento a Serra do Japi passou a sofrer algumas restrições de uso que garantem a preservação de suas características.

A Resolução do CONDEPHAAT para o Tombamento das áreas da Serra do Japi inclui algumas diretrizes para o controle da organização do espaço regional, mantendo o direito de propriedade dos donos de terra, não se configurando em desapropriação (grifo nosso).

Não é permitido a partilha dos espaços da Serra para fins de loteamento de qualquer tipo, os proprietários de lotes das pequenas glebas terão que submeter o projeto de edificação de suas residências à consideração dos órgãos das Prefeituras dos Municípios de Jundiaí e Cabreúva, e ao CONDEPHAAT.

Os proprietários de fazendas, sítios ou glebas de certo porte poderão utilizar espaços somente para construção de residências de campo. Ex.: propriedades de 0,5 a 1,9 hectares poderão utilizar 20% de suas terras para esse tipo de construção.

O CONDEPHAAT é responsável pela fiscalização e examinará todas as atividades na área tombada, tendo por obrigação impedir abusos inseridos nos projetos, como; desmatamentos; construção de estradas vicinais desnecessárias; abertura de clareiras. Não será tolerado construção ou desmatamentos nas cabeceiras de mananciais e nas proximidades das linhas d'água (AB' SABER, 1989).

No entorno de 300 metros da linha de Tombamento, o controle do espaço adjacente será feito dentro das normas, exigências e diretrizes habituais do CONDEPHAAT.

Ao longo dos canais de escoamento dos rios que saem da Serra, a proteção das águas e da vegetação será feito com maior rigidez até 1.000 metros em relação á base da Serra, visando garantir a qualidade da água e da vegetação de fundo de vale.

A representação da Paisagem na Cartografia

Cartografia Geomorfológica

ROSS (1996) propôs em 1990 e 1992, uma metodologia para cartografia e análise geomorfológica através da Hierarquia de Taxons. Completa: “(...) a cartografia geomorfológica deve mapear concretamente o que se vê e não o que se deduz da análise geomorfológica, portanto, em primeiro plano, os mapas devem representar os diferentes tamanhos de formas de relevo, dentro da escala compatível. Em primeiro plano deve-se representar as formas de diferentes tamanhos e em planos secundários, a representação da morfometria, morfogênese e morfocronologia, que tem vínculo direto com a tipologia das formas. Deve-se aplicar para a cartografia geomorfológica os mesmos princípios adotados para a cartografia de solos e de geologia, onde representa-se o que estes temas tem de concreto, ou seja, os tipos de solos e formações rochosas, para a seguir, dar outras informações relativas a idade, a gênese e as demais características de um modo descritivo no corpo da legenda. (Pag. 310).

Os estudo dos Taxons dão suporte para o entendimento e como podemos interagir com as formas do relevo que apresentam-se em mapeamentos cartográficos.

Principalmente quais são as medidas que devem ser consideradas como padrão para classificação de variáveis em relação aos SIG's.

Para o que se classifica de planejamento ambiental representativo em cartografia, deve-se tomar como base todos esses conceitos para que as intervenções sejam as mais profícuas possíveis.

TRICART (1977) analisou o assunto planejamento ambiental sob o conceito de Unidades Ecodinâmicas, onde o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria dos Sistemas que parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações de equilíbrio dinâmico.

ROSS (1992), inseriu novos critérios para a definição das Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Unidades Ecodinâmicas Instáveis, para que essa ampliação de conceitos subsidiassem as os projetos que tratam de planejamentos ambientais.

Entre eles, aprimorou alguns referenciais morfométricos, desenvolvidos pelo Projeto RadamBrasil, para os estudos de escalas médias e pequenas.

GRAUS DE PROTEÇÃO	TIPOS DE COBERTURA VEGETAL
1 – Muito Alta	Florestas/Matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade
2 – Alta	Formações arbustivas naturais com estrado herbáceo denso. Formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa). Mata homogênea de Pinus densa. Pastagens cultivadas sem pisoteio de gado. Cultivo de ciclo longo como o cacau.
3 – Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas. Pastagens com baixo pisoteio. Silvicultura de eucaliptos com subbosque de nativas.
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta-do-reino, laranja) com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível/terraceamento
5 – Muito Baixa a nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Quadro 2 - Graus de Proteção Ambiental por Tipos de Cobertura Vegetal. ROSS, 1992.

No que tange às fragilidades dos tipos de solos, estabeleceu o seguinte quadro:

CLASSES DE FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLOS
1 – Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa
2 – Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura média/argilosa
3 – Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
4 – Forte	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/arenosa e Cambissolos
5 – Muito Forte	Podzolizados com cascalhos, Litólicos e Areias Quartzosas

Quadro 3 - Classes de Fragilidade dos Tipos de Solos
ROSS, 1992

BIGARELLA, 1979 *apud* GUERRA, 1996, classifica os intervalos de classe de declives e indica diferentes tipos de usos da terra em função dos valores dessas declividades de vertentes.

Intervalos de Classe de Declive		Tipos de uso do solo indicado
Em percentual	Em graus	
<1	<1	- agricultura sem restrições
1 a 6	1 a 3	- agricultura intensiva - medidas de conservação ligeiras
6 a 12	3 a 7	- agricultura com práticas moderadas conservacionistas
12 a 20	7 a 12	- agricultura com rotação - limite do trator - conservação intensiva
20 a 45	12 a 24	- culturas permanentes com restrições
>45	>24	- área de preservação obrigatória por lei

Quadro 4 - Tipos de Uso de Solo Indicados para os diversos intervalos de Classe de Declive.

BIGARELLA, 1979

Esse tipo de classificação para uso do solo é relevante, “(...) porque o substrato rochoso adquire maior importância quando associado à topografia. A natureza geológica instável pode ser evidenciada por pontos de fraqueza estrutural (falhas e fraturas) e pela fragilidade da composição litológica associada a um alto grau de intemperismo. Esses mantos de alteração aumentam de espessura, do topo para a base da vertente, e podem atingir valores superiores a dezenas de metros. A camada mais superficial das encostas, possuidora de vida microbiana, constitui o solo que, muitas vezes, por seu uso irracional, pode atingir elevado estágio de degradação. Dentre as causas mais conhecidas inclui-se erosão, acidificação, acumulação de metais pesados, redução de nutrientes e de matéria orgânica (DREW, 1986; GUERRA, 1995).

Os estudos sobre solos no Brasil datam da década de 50 pela Comissão de Solos do Ministério da Agricultura, quando em 1981 publicou o Mapa de Solos do Brasil (EMBRAPA).

A importância dessa publicação está justamente na determinação dos critérios e atributos que foram adotados à caracterização das classes de solos.

Segundo PALMIERI e LARACH (1996), várias aproximações do sistema nacional (que está em sua terceira série) apresentam concepções e adequações estabelecidas no sistema americano *Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1994)* e no *World Soil Resource (FAO, 1991)*.

A caracterização dos solos segue então, o padrão da EMBPAPA, na sistematização dos mesmos para análise no SPRING, entre outros atributos do relevo, no espaço dedicado aos Métodos e Técnicas, mais adiante.

O uso do SIG no planejamento da Paisagem

LANG & BLASCHKE (2009), também discutem o papel da Representação da paisagem como gênero de planejamento ambiental, porém sob a ótica do universo técnico do SIG. Classifica os métodos do processamento de informações geográficas como adequados no apoio às diferentes tarefas de planejamento e justifica que a utilização de SIGs podem ser derivados de diversas descrições do campo de trabalho da concepção de estrutura de paisagem, dentro de uma certa faixa de escala da assim denominada por FORMAN, 1986 “escala da paisagem”.

E, completam que:

“(...) os Sistemas de Informações Geográficas tiveram suas raízes no planejamento de paisagens e do meio ambiente... embora os sistemas SIG não tenham o seu uso potencial (*grifo nosso*), em muitos casos, totalmente utilizado. (*op. cit.*, pág. 41)

O estudo perpassa por outras variantes, mas ainda assim merece destaque:

“... com um SIG existe a possibilidade, por meio de modelagem, de obter a variante otimizada. Aqui a otimização fica em primeiro plano, por meio da combinação de diferentes fatores. Somos conduzidos por uma idéia de modelo que tentamos transformar num SIG(...) também podemos analisar comparativamente os locais de interesse ou modelar os locais otimizados por planejamento”. (*op. cit.*, pág. 42)

Uma questão que foi apresentada por LANG & BLASCHKE (2009), também foi alvo (e ainda o é), de questionamentos no decorrer do desenvolvimento deste projeto, que é a constatação ou não de designar ao SIG uma metodologia.

Em resposta à questão, os próprios autores escrevem que data o nascimento do SIG em meados da década de 60 e,

“(...) designava uma ferramenta de apoio baseada em computador para o manuseio de grandes volumes de dados, a partir do grande número de conceitos, métodos e campos de aplicação, desenvolveu-se uma ciência completa. GIS atualmente significa *GI Science* (Longley *et al.*, 2001; Goodchild, 1992). Hoje em dia, fala-se mais frequentemente de “*Geographical Information Science and Systems*” (Goodchild, 2003), para ressaltar que aqui há todo um aparato científico, que apresenta todas as características de uma (jovem) ciência” (*op. cit.*, pág. 44)

De maneira que para si e a comunidade científica ficou clara a resposta em função de que o “SIG” engloba as três componentes (publicações internacionais especializadas, manuais e programas de ensino universitário):

“(:) Atualmente existem um grande número de manuais, também em idioma alemão, que tratam dos fundamentos teóricos e da estrutura metodológica, bem como de possíveis aplicações de Sistemas de Informações Geográficas (BURROUGH; MCDONNEL, 1998; HEYWOOD; CORNELIUS, CARVER, 1998; SAURER; BEHR, 1997; DAVIS, 1996). Além disso, há vários livros orientados setorialmente, que mostram a utilização de SIG em determinadas disciplinas de aplicação...” (*op. cit.*, pág.44)

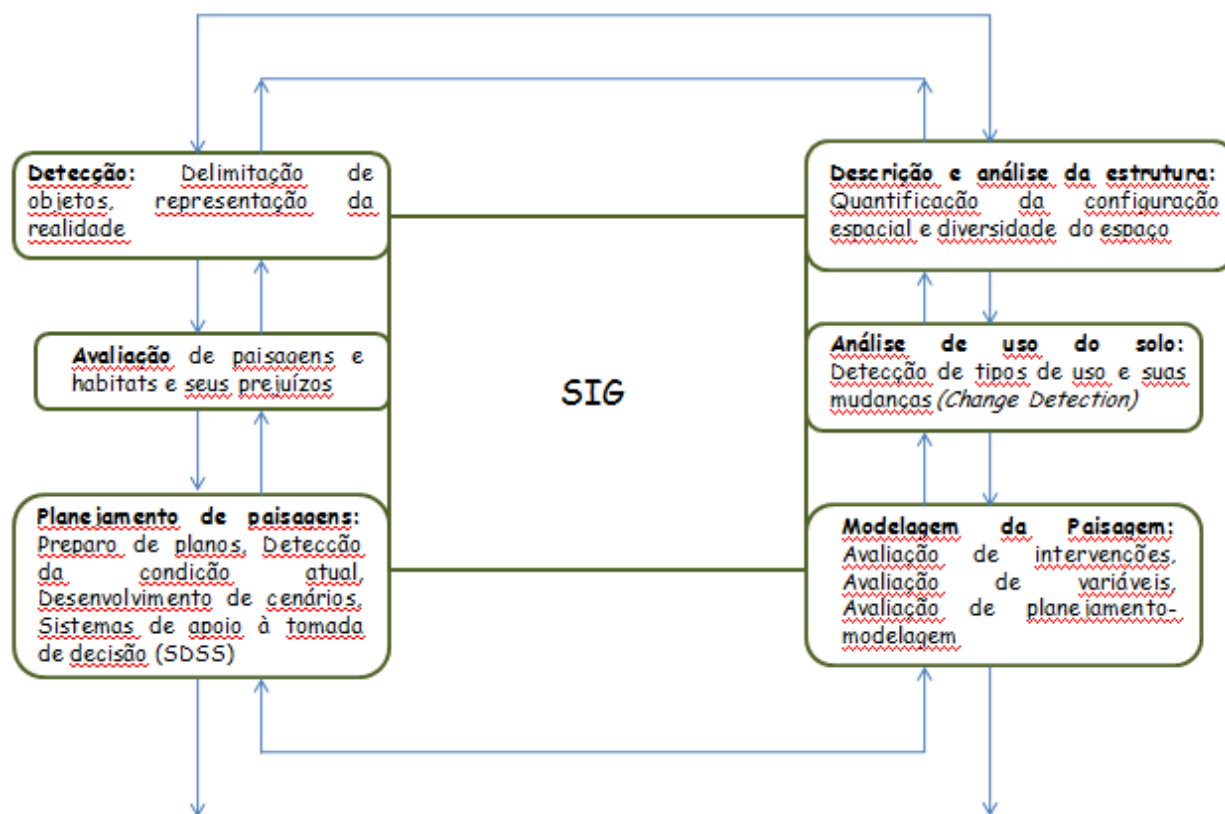


Figura 4 - Faixa de Possíveis aplicações de SIG.

LANG & BLASCHKE, 2009. Adaptado: GOLUBEFF, 2011.

Outro autor que discute a questão do SIG como metodologia é BUZAI (1999) *apud* BARROS (2006), considerando como:

“(...) o uso imperativo em diversas atividades, fez com que o interesse e a necessidade do uso de dados espacializados crescesse muito. Seguramente o desenvolvimento e ampliação do uso das geotecnologias tiveram muito a contribuir nesta mudança de função, levando a se criar uma maior demanda sobre tais produtos e até mesmo uma modificação na metodologia de diversos estudos, chegando-se a considerar a possibilidade de estar em curso uma mudança de paradigma”.

Para TEIXEIRA *et al.* (1992), os SIGs são sistemas construídos por uma série de programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial.

Um sistema de informação geográfica utiliza uma base de dados computadorizada que contém informação espacial (aspectos do meio natural como relevo, solo, clima, vegetação, hidrografia etc e os componentes sociais, econômicos e políticos), permitem uma divisão temática em subsistemas que integram um SIG. Os atributos, então, se referem a esses componentes, sobre os quais atuam uma série de operadores espaciais (conjunto de operações algébricas, booleanas, geométricas). Baseia-se numa tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados, espaciais, não espaciais e temporais e na geração de informações correlatas.

Essa tecnologia é conferida ao que se classifica de Modelo. Um modelo (MENDES e CIRILO, 2001) pode ser uma teoria, uma lei, uma hipótese ou uma idéia estruturada. Também pode ser uma equação, uma função, uma relação ou síntese de dados. Pode incluir também argumentos sobre o “Mundo Real” por meio de representações no espaço (a fim de produzir modelos espaciais) ou no tempo (modelos temporais) e ainda a combinação dos dois (modelos espacial-temporais). Saliente-se que qualquer modelo, por mais sofisticado e elaborado que seja, é apenas uma analogia, porque é diferente do “Mundo Real”(...).

Face à crescente diversidade de estudos relacionados a este tema, tomaremos alguns aspectos apenas. Entre eles, haverá o destaque ao software SPRING, que é instrumento escolhido para esta proposta.

Em um primeiro momento, o modo de tratar o software como um instrumento e não uma ferramenta, se faz presente devido ao motivo de que para a autora, uma ferramenta é como uma chave de fenda. Uma peça que serve para ajustar outra. No caso “apertar o parafuso”. E um software (qualquer que seja) é muito mais que uma ferramenta, é um conjunto de procedimentos (comandos), que combinado a agentes externos (dados), é capaz de extrapolar diversas formas de resultados (análises espaciais).

Um Software poderia ser comparado a um instrumento de percussão. Um combinado a outros, produzem o som. A música. E os *tons*, produzem os arranjos...

E para isso, torna-se imprescindível conhecer *esse instrumento*.

Câmara (1995) Escreveu que as características de um SIG, baseiam-se na inserção e integração, em uma única Base de Dados, das informações espaciais provenientes de meio físico-biótico, de dados censitários, de cadastros urbano e rural e outras fontes de dados como imagens de satélite e GPS.

Além disso, os SIG's oferecem mecanismos para combinação de várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consulta, recuperação e visualização de conteúdos de Bases de dados Geográficos.

CÂMARA (1999) discute um problema que julga fundamental entre a representação de uma geoinformação e o paradigma dos quatro universos – que distingue quatro passos entre o mundo real e sua realização computacional propostos por GOMES E VELHO (1995):

Universos:

Ontológico – formal – estrutural - implementativo

O Universo ontológico inclui os conceitos da realidade a serem representados no sistema (Classes de entidades).

O Universo formal trata ao nível de modelos lógicos ou construções matemáticas que generalizam os conceitos do universo ontológico – são as abstrações de modelos.

O Universo Estrutural trata do mapeamento das entidades que compõem dados geométricos, alfanuméricos e algoritmos que realizam operações.

E o Universo de Implementação completa o processo de representação dos dados coletados e montados. É neste universo que se realizam as escolhas das arquiteturas de software, o uso das linguagens computacionais e os paradigmas de programação.

Estão observadas as etapas de construção de um modelo:

Nomes de entidades da realidade (físicas – altimetria, declividade... e sociais – estados, municípios, lotes, limites urbanos).

Geração de modelos formais (“medição” do mundo real (teoria da medida – citado em CÂMARA (1999)). Essa geração dá a medida de qual poderá ser a importância e o valor de um determinado dado a ser representado.

STEVENS, (1946) *apud* CÂMARA, (1999) determina a “medida” como uma “escala de medida”, dividida em quatro escalas de mensuração: nominal, ordinal, intervalo e razão. Onde os níveis nominal e ordinal são temáticos, isto é, a cada medida é atribuído um número ou nome associado a observação a um tema ou classe. A escala nominal classifica os objetos em classes distintas sem ordem inerentes, como rótulos que podem ser quaisquer símbolos – um exemplo é a cobertura do solo, com rótulos como floresta, área urbana, área agrícola, área de pastagem, wetlands etc.

Ainda um exemplo que bem coloca o autor, é a representação de uma medida nominal – um Mapa Geológico e uma medida ordinal – Mapa de Classes de Declividade.

<i>Escala</i>	<i>Característica</i>	<i>Exemplos</i>	<i>Operações Possíveis</i>
Nominal	Descrição	Tipo de solo, vegetação, uso da terra	Seleção Comparação
Ordinal	Distância	Classes de declividade, aptidão de uso	Mediana Máximo Mínimo
Intervalo	Distância	Altimetria	Diferença Soma
Razão	Valores absolutos	Renda, população, Taxa de natalidade	Operações aritmétricas

Quadro 5 – Resumo de escalas medidas, característica principal e operações admitidas. CÂMARA (1999). Adaptado: GOLUBEFF (2011)

Neste caso, podemos aplicar no modelo de uso da terra, a Aptidão de Implantação de uma Wetland Construída em determinada área usando os “rótulos” como “muito adequado”, “adequado”, “pouco adequado” e “inadequado”.

Já a escala intervalo refere-se aos níveis de medida denominados numéricos, onde as regras de atribuição de valores baseiam-se em uma escala de números reais, tendo o ponto zero arbitrário, uma distancia proporcional entre os intervalos e uma faixa de medidas dentro do limite do infinito, incluindo valores negativos $[-\infty, \infty]$.

E, na escala de razão, o ponto de referencia zero não é arbitrário e sua faixa de valores limita-se entre $[0, \infty]$. Neste caso, o zero é caracterizado como valor de ausência total do que está sendo medido.

CÂMARA (1999) ainda pondera que:

“(...) uma das escolhas básicas que fazemos na modelagem dos fenômenos geográficos é definir se utilizaremos representações no espaço absoluto ou no espaço relativo. Esta escolha depende primordialmente do tipo de análise que queremos realizar. Usualmente, consultas espaciais que envolvem dois tipos de entidades (“quais os rios que cruzam esta estação ecológica?”) requerem a representação no espaço absoluto. O mesmo vale para questões de álgebra de mapas (“áreas “inadequadas” tem declividade maior que 15% ou solos arenosos”). Quando os procedimentos de análise envolvem apenas as relações de conectividade (“como chegar na estação de metrô Clínicas, partindo da estação Liberdade?” ou “qual é a média da mortalidade infantil de meus vizinhos?”) podemos utilizar representações no espaço relativo. Quando falamos em entidades como estradas, linhas de transmissão, conexões de água e esgoto, cadeias de mercado e linhas de comunicação, o espaço relativo é na maioria das vezes plenamente adequado”.

O estudo realizado sobre as questões ontológicas, formais e estruturais que fundamentam (parcialmente) o conceito de espaço, já foram revistas anteriormente.

CÂMARA (*op. cit.*), define um Modelo orientado-a-objetos para dados geográficos como uma versão unificada dos dados geográficos, isto é, com base nos conceitos de geo-campo, geo-objetos e rede. Um Modelo considera a existência de uma classe genérica, chamada de Plano de Informação – PI no SPRING, que captura uma característica comum essencial dos três conceitos básicos: cada instância deles é referente a uma localização no espaço e tem um identificador único (id).

Neste caso, em específico, no SPRING, os conceitos estão contidos no que se chama de Mapa Cadastral. Então funciona muito proximamente a um sistema de objetos relacionais. Onde, um determinado lugar é único, mas as suas características são diversas e podem combinar-se entre si. É o que se usa comumente em Sistemas que envolvem a arquitetura de Banco de Dados Relacional.

Sua definição para Geo-campo foi dada como a representação de um atributo que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica, isto é, para cada ponto do espaço, um campo terá um valor diferente. O modelo de geo-campos enxerga o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual há variação entre os fenômenos observados. No caso, um mapa de vegetação associa a cada ponto do mapa um tipo específico de cobertura vegetal. CÂMARA (1999).

Já um Geo-objeto é uma entidade geográfica singular e indivisível e é caracterizada pela sua identidade, isto é, possui um código identificador – ID (único); suas fronteiras e seus atributos. A geologia e declividade são exemplos de geo-objeto. No exemplo citado, os geo-objetos associados aos distritos de São Paulo são mostrados numa gradação de tons de cinza, cuja intensidade pode ser proporcional a um índice de exclusão social. Mais escuro, mais excluído. SPOSATI (1996) *apud* CÂMARA (1999). CÂMARA (*op. cit.*).

Estruturas de Dados Matriciais

Na arquitetura de software existem algumas diferenças conceituais entre generalização de dados vetoriais e matriciais.

Em um SIG, a estrutura vetorial requer que operadores específicos sejam projetados para cada tipo de objeto. Nos dados vetoriais, a informação geográfica está separada dos atributos, que podem ser reclassificados ou simbolizados. Nos dados matriciais os atributos são geralmente generalizados.

Em SIG's atualmente, é comum a presença de ferramentas de conversão de estruturas matriciais e estruturas vetoriais. Isso pode ser uma fonte de erros, porém, programadores e especialistas nas questões de arquitetura de software, têm se aplicado em diversas técnicas para diminuir esse tipo de “margem de erro” que pode possuir um mapa digital.

Obviamente, esse tipo de questão não é a discussão principal deste projeto de pesquisa, porém é sempre bom levar em consideração que esses tipos de pormenores da arquitetura de um software servem para considerar que, apesar de se trabalhar com um SIG na construção de informações relacionadas a poderes de decisão, todo programa possui erros/falhas em suas estruturas e essas não devem ser ignoradas.

Portanto, os resultados que o software SPRING apresenta em sua versão mais recente, tem sido bastante satisfatórios; mas as tomadas de decisão ainda devem ser criteriosamente analisadas a fim de considerar todas as possibilidades de falhas. Ou maior número delas.

Estas falhas podem estar presentes não só na estrutura do software, como na estrutura de construção do Banco de Dados e ainda nos valores que são transmitidos às variáveis que se deseja analisar. Por esses motivos que o sistema de geoprocessamento é complexo e desmistifica a máxima popular que diz que basta “inserir dados em um programa e desenhar uns mapas que ele resolve o resto sozinho e traz todas as soluções”.

Segundo REICHGELT (1991) a formalização do conhecimento cartográfico no desenvolvimento e aplicação de algoritmos envolve o conceito mais amplo de representação do conhecimento, e pode ser feita sob os pilares da perspectiva da Inteligência Artificial – IA, que preconiza a busca de formalismos para que possam ser usados para representar informações sobre o mundo. A chamada hipótese da representação do conhecimento serve de base aos trabalhos em IA. Então, qualquer sistema, seja ele humano ou artificial, que demonstre um comportamento inteligente, contém uma subestrutura básica de conhecimento. Essa subestrutura é manipulada por uma segunda subestrutura conhecida como motor de inferência, que processa os símbolos da subestrutura básica de conhecimento com o propósito de gerar comportamento inteligente.

Além disso, esses formalismos de representação do conhecimento podem ser discutidos em patamares distintos que oscilam entre um nível conceitual e um nível de implementação. A formalização do conhecimento cartográfico demanda atenção especial aos tipos de primitivas que são necessários para representar aspectos específicos do conhecimento cartográfico. Por sua vez, é importante investigar os possíveis métodos para a aquisição de conhecimento envolvendo especialistas em computação e cartógrafos.

Generalização cartográfica em SIG

Segundo D'ALGE (2007):

“(...) a busca por soluções computacionais para a generalização cartográfica tem gerado uma grande variedade de proposições especulativas, que consideram decompor a generalização cartográfica em elementos acaba sendo uma generalização sobre a generalização (ROBINSON *et al.*, 1995). MCMASTER e SHEA (1992), por exemplo, mencionam que diversos trabalhos propõem modelos e operadores distintos para a generalização de dados vetoriais e matriciais, com a perspectiva de explorar as diferentes estruturas de dados disponíveis em SIG. Alguns modelos conceituais tem sido desenvolvidos com o objetivo de definir e identificar os elementos da generalização cartográfica (BASSEL e WEIBEL, 1988; MCMASTER e SHEA, 1992; WEIBEL e BUTTENFIELD, 1988); e vários algoritmos têm sido propostos na tentativa de replicar tarefas executadas manualmente pelos cartógrafos (MCMASTER, 1987a)”.

Generalização Geométrica e Conceitual

MÜLLER (1989) *apud* D'ALGE (2007), propôs que generalização geométrica e generalização conceitual deveriam ser consideradas separadamente. Generalização geométrica usaria simplificação e deslocamento como elementos básicos, enquanto generalização conceitual fundamentar-se-ia em seleção e classificação. Além disso, a separação entre estes dois tipos de generalização não se daria na mesma escala para qualquer feição cartográfica em qualquer universo temático. Ele sugeriu que seria interessante analisar os processos de transformação que afetam diferentes feições ao longo de uma variação contínua de escala, indo de uma escala muito grande até uma escala pequena. Desta maneira seria possível determinar escalas críticas e garantir um melhor entendimento sobre a aplicabilidade dos procedimentos de generalização para qualquer intervalo de escalas.

Estruturas Topológicas em SIG's

MCMASTER e SHEA (1992) descreveram um modelo conceitual abrangente com o propósito de discutir a filosofia da generalização no domínio digital. O modelo consiste de objetivos filosóficos que justificam “porque” generalizar, de condições que indicam “quando” generalizar e de transformações espaciais e de atributos que definem “como” generalizar. Trata-se de um modelo que impõe uma abordagem tipicamente algorítmica, pois se baseia no uso de transformações espaciais e de atributos para materializar as ações da generalização. O problema é que a aplicação de uma seqüência de transformações envolve parâmetros que se relacionam mutuamente e não são completamente independentes. Na verdade, é muito difícil controlar uma transformação sem interferir nas outras (*op. cit.* Pág.35.)

Alternativamente, modelos conceituais menos abrangentes têm sido propostos com o objetivo de discutir questões mais específicas. BUNDY (1995) E BUNDY *et al.* (1995), por exemplo, destacaram que as estruturas topológicas típicas de um SIG não incluem, de forma explícita, os relacionamentos topológicos. Estes relacionamentos acabam sendo deduzidos por procedimentos de geometria analítica e podem portanto, comprometer a eficiência do SIG. Isso ocorre tanto em sistemas que usam uma estrutura com arcos e nós, que definem polígonos, como faz o SPRING, como em sistemas que tratam seus polígonos individualmente, como se cada um fosse uma ilha, conforme opera o TERRAVIEW (*op. cit.* Pág.46.)

GRÜNREICH (1995) sugeriu que a generalização no domínio digital deveria basear-se em um modelo cartográfico que descrevesse completamente o processo de comunicação da geoinformação através de modelos específicos das disciplinas envolvidas, de modelos projetados para comunicação visual e de modelos resultantes de estudos cognitivos.

Postulou ainda, que o conhecimento sobre generalização precisa ser formalizado e adquirido para que seja possível desenvolver soluções computacionais eficientes (*op. cit.* Pág.48.).

A importância da generalização torna-se inegável porque, segundo BURROUGH, 1986 apud CÂMARA 1995, os limites desenhados nos mapas temáticos como solo, vegetação ou geologia raramente são precisos.

Partindo por esse pressuposto, há de se considerar que é previsível uma margem de erro na escolha de um “lugar ideal” através do instrumental de um SIG, porque o autor considera que:

“(...)não estamos livres dos problemas de erros topológicos associados como superposição e interseção de mapas”.
BURROUGH (*op. cit.*)

O uso do SPRING prevê um ordenamento matricial em sua tipologia, oferecendo assim as características, quanto:

- Ao armazenamento – requer mais espaço;
- Aos algoritmos – possuiu processamento mais rápido e eficiente;
- Às escalas de trabalho – mais adequado para pequenas escalas (1:25.000 e menores);
- À análise, simulação e modelagem – representa melhor os fenômenos com variação contínua no espaço e as simulações e modelagens são consideradas mais fáceis;
- Seu Banco de Dados é não-convencional, onde cada dado tratado pode possuir atributos descritivos e uma representação geométrica no espaço geográfico, opera com armazenamento de dados alfanuméricos em Banco de Dados relacional;
- Gerencia separadamente gráficos e tabelas;
- Apesar de administrar muito bem os dados matriciais – do tipo raster, administra também dados vetoriais e grades;
- Possui uma linguagem espacial relativamente de fácil programação pelo usuário, baseada em álgebra – o LEGAL, incluindo operações booleanas, matemáticas, pontuais (reclassificação e ponderação) e zonais sobre geo-campos e transformações de geo-objetos para geo-campos (reclassificação por atributos e mapas de distância) CÂMARA, YAMAGUCHI e CORDEIRO, 1996;

- Possui sistema inovador, que utiliza modelos de dados orientado-a-objetos, que melhor reflete a metodologia de trabalho de estudos ambientais e cadastrais;
- Está adaptado a complexidade de problemas ambientais que requerem uma forte capacidade de integração de dados entre imagens de satélite, mapas temáticos e cadastrais e modelos numéricos de terreno;
- Todos os dados gerados podem ser totalmente aproveitados em outras topologias de software;
- Dispõe de módulos de importação e exportação de dados para os sistemas AutoCad, Arc/Info e MaxiCad;
- Os algoritmos podem se utilizados para indexação espacial, segmentação de imagens, classificação por regiões e geração de grades triangulares com restrições;
- Possui Base de Dados única, sem necessidade de conversão de dados (independe da versão do Sistema Operacional). Totalmente integrado a um sistema de gerência de Banco de Dados relacional mono-usuário, compatível com o padrão xBase, do tipo SGBD.

Assim, complementando, RUAS E LAGRANGE (1995) investigaram o que é informação e como ela pode ser medida. Definem generalização como um processo que possibilita alterações no nível de percepção dos dados geográficos.

Como as bases de dados tradicionais de um SIG não possuem informação suficiente para realmente permitir a generalização de seu conteúdo, um modelo geralmente considera que as propriedades geométricas dos objetos e seus relacionamentos semânticos e espaciais são requisitos fundamentais para o estabelecimento de qualquer operação de generalização. Informação precisa ser formalizada e suas propriedades devem ser adicionadas ao conteúdo geral do modelo de dados.

BRASSEL e WEIBEL (1988) propuseram um modelo conceitual em que generalizar significa processar mentalmente a informação. Generalização portanto, envolve ordenação, distinção, comparação, combinação reconhecimento de relações, estabelecimento de conclusões e abstração.

Portanto, generalização é considerada um processo intelectual que decompõe a realidade experimentada em um certo número de entidades individuais, selecionando as que são importantes e representando-as em uma nova forma.

Os autores citados identificaram cinco processos distintos de generalização no domínio digital: **Reconhecimento de Estruturas, Reconhecimento de Processos, Modelagem dos Processos, Execução de Processos e Visualização de Dados.**

Reconhecimento de Estruturas identifica os objetos e seus relacionamentos espaciais e estabelece medidas de importância relativa entre os objetos.

A fase de **Reconhecimento de Processos** tem o objetivo de definir o processo de generalização.

Modelagem de Processos compila regras e procedimentos, que são usados na etapa seguinte de Execução de Processos para generalizar a base de dados original.

A **Visualização de Dados** responde pela conversão da base de dados generalizada em um Mapa.

MCMASTER (1987A) fez uma revisão crítica dos desenvolvimentos em generalização de linhas digitais ocorridos durante mais de uma década, a partir de 1970. Ao discutir a natureza da linha digital, ele analisou os diferentes tipos de erros que podem ocorrer no processo de captura de dados lineares. Como resultado, MCMASTER acabou propondo quatro componentes básicos para a generalização de linhas digitais: simplificação, suavização, deslocamento e realce. Ele também desenvolveu algoritmos para a simplificação de linhas e métodos para avaliar o processo de simplificação.

Embora MCMASTER tenha reconhecido que os cartógrafos costumam trabalhar de forma holística, tomando várias decisões ao mesmo tempo, ele ponderou que uma solução computacional requer algoritmos separados para dar consecução a cada um dos componentes básicos, o que parece restringir à típica abordagem algorítmica o universo de possíveis soluções computacionais para a generalização.

Assim, o conceito de estruturas de dados relativos foi introduzido por VAN OOSTEROM (1995) para tornar viável o que eles chamaram de generalização cartográfica instantânea. Trata-se de uma estrutura que tem por objetivo de evitar a redundância de dados e de permitir respostas rápidas com fins de visualização.

Bases de Dados espaciais representam uma aproximação da realidade geográfica porque são comumente criadas através de abstração e de generalização. GOODCHILD (1980), sugeriu que a chave para o sucesso de um SIG é a sua capacidade de poder representar o mundo de forma exata, o que requer acesso eficiente às bases de dados e uso de modelos de dados exatos. Por isso, a informação sobre a qualidade dos dados é importante, pois é ela quem responde pela exatidão da base de dados espaciais.

Exatidão de localização e de atributos, consistência lógica, completeza e metadados são componentes fortemente relacionados com certos tipos de expressão cartográfica (BUTTENFIELD, 1993), e o modo com que esses componentes são individualmente afetados requer uma análise criteriosa.

Modelagem Numérica de terreno

Segundo NAMIKAWA (1995), os aplicativos de modelagem numérica de terreno incluem: geração de grades regulares e triangulares, cálculo de mapas de declividade e exposição de vertentes e cômputo de isolinhas a partir de grades regulares.

No SPRING podem ser criadas grades regulares com qualquer resolução, utilizando vários interpoladores (vizinho mais próximo, média simples, média ponderada, média ponderada por quadrante e média ponderada por cota por quadrante). Grades triangulares também podem ser definidas a partir pontos ou isolinhas. Grades geradas em outros sistemas podem ser importadas. Os modelos numéricos de terreno podem ser criados a partir da digitalização de pontos distribuídos irregularmente pela digitalização de isolinhas. Dados pontuais podem ser combinados para gerar um único MNT.

O SPRING permite ainda obter interativamente perfis, onde o usuário indica a linha poligonal que indica os pontos desejados (pode ter orientação qualquer) e o sistema apresenta o desenho das cotas do modelo numérico de terreno, na direção de interesse.

A Linguagem de Programação LEGAL

A linguagem de programação que compõe a arquitetura do SPRING é a LEGAL – que é uma linguagem de comandos interpretados para uso em análise geográfica (como citado anteriormente), e foi proposta/desenvolvida por Gilberto Câmara Neto (atualmente diretor do INPE - 2011).

Ao que consta em seus trabalhos, CÂMARA e sua equipe sempre se preocuparam em oferecer subsídios para a classe científica e profissional no desenvolvimento de seus mais diversos trabalhos. Assim como VALERIANO, D'ALGE (autores citados neste projeto).

Esses autores disponibilizam, além de suas teses e livros obtidos pela autora em bibliotecas, materiais didáticos para consultas pela internet para todos os interessados e ingressantes nesse universo geomático, das geotecnias.

Essa linguagem tem como objetivo a promoção de um ambiente geral para análise geográfica, incluindo operações de manipulação, o que classificam de Álgebra de Campos, operações de consulta espacial e operações de apresentação de resultados de consulta e manipulação.

Essa manipulação é realizada na forma integrada das operações de consulta espacial, promovendo um ambiente único para manipulação, consulta espacial e apresentação de resultados durante uma sessão de trabalho. E isso, perante a manipulação de dados realizadas por outros SIGs, (que programam operações em pacotes de softwares distintos) é uma operação inovadora. Realiza alterações e as apresenta na seqüência.

A sua estrutura é composta por quatro módulos, formando um ambiente integrador.

- Interpretador de comandos. A leitura é feita linha-a-linha de comando, interpretada e executa a ação solicitada;
- Módulo de Consulta espacial. Uma biblioteca com uma série de operadores e funções (seleção e busca, distância, dentro, cruza). É através dos operadores e funções deste módulo que são recuperados os geo-campos, mapa de geo-objetos, geo-objeto unitário ou uma coleção de geo-objetos ou geo-campos, a serem manipulados posteriormente;

- Módulo de manipulação: Uma biblioteca com operadores e funções para manipulação de dados geográficos modelados conceitualmente como geo-campo e operadores de conversão entre geo-campos e geo-objetos geográficos.
- Módulo de apresentação: Uma biblioteca com operadores e funções para apresentação de dados espaciais.

Este módulo permite o controle de apresentação de forma independente do resultado da operação realizada.

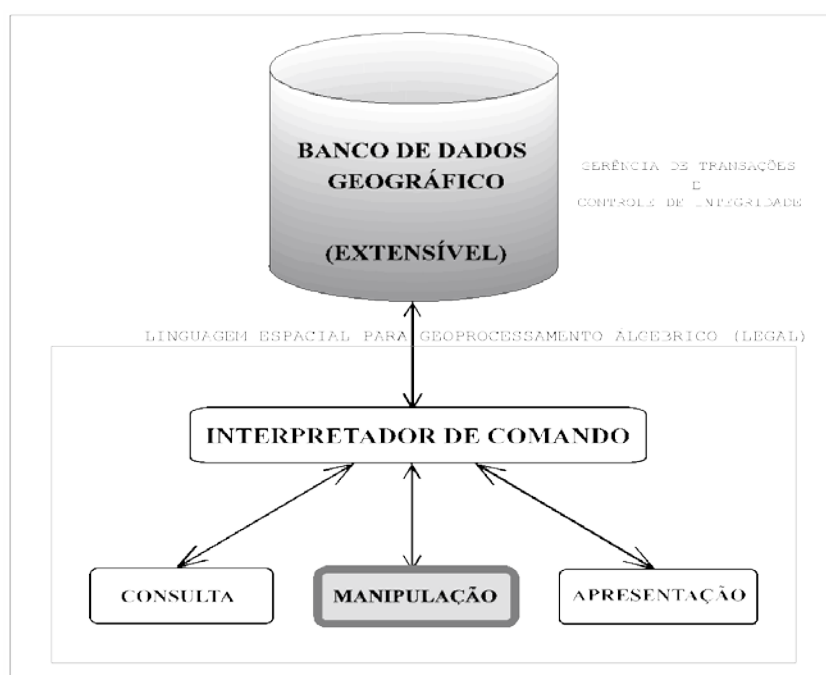


Figura 5 - Estrutura da Linguagem LEGAL. CÂMARA, 1996.

Segundo a proposta da linguagem LEGAL, o módulo de manipulação deverá possuir as seguintes funcionalidades:

- Transformações pontuais entre geo-campos.
- Operações booleanas entre geo-campos.
- Operadores matemáticos pontuais, tais como funções aritméticas e trigonométricas.

- Métodos de classificação contínua, utilizando a função FUZZY, com intervalo [0..1].
- Operações de vizinhança.
- Operações zonais entre geo-campos.
- Operações zonais entre geo-campos e geo-objetos.
- Geração de mapas de geo-objetos a partir de geo-campos
- Geração de geo-campos a partir de mapas de geo-objetos.

Desta forma, todos esses conceitos e lineamentos contribuíram com que, pelo menos houvesse uma noção acerca das possibilidades que oferece o uso do SIG, mais precisamente sobre o universo do SPRING como uma instrumentação técnica aplicada a este estudo.

6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Wetlands

Segundo BASTIAN *et al* (1988), antigamente, Wetlands eram sistemas vistos como terra devastada. A partir da década de 70 é que as *zonas úmidas*, denominadas *wetlands*, passaram a ter um olhar mais cuidadoso de estudiosos. São áreas que fornecem insubstituíveis benefícios às pessoas e ao meio ambiente. Wetlands passaram a ser reconhecidas como sistemas naturais de filtragem de nutrientes, além de contribuir para a recarga de aquíferos.

Além disso, há a presença especial de animais que são comuns a estas áreas, como alguns peixes, plantas específicas, aves aquáticas migratórias e principalmente nos Estados Unidos, Rússia, entre outros países, uma dinâmica vida selvagem que se reproduz nesse tipo de ambiente.

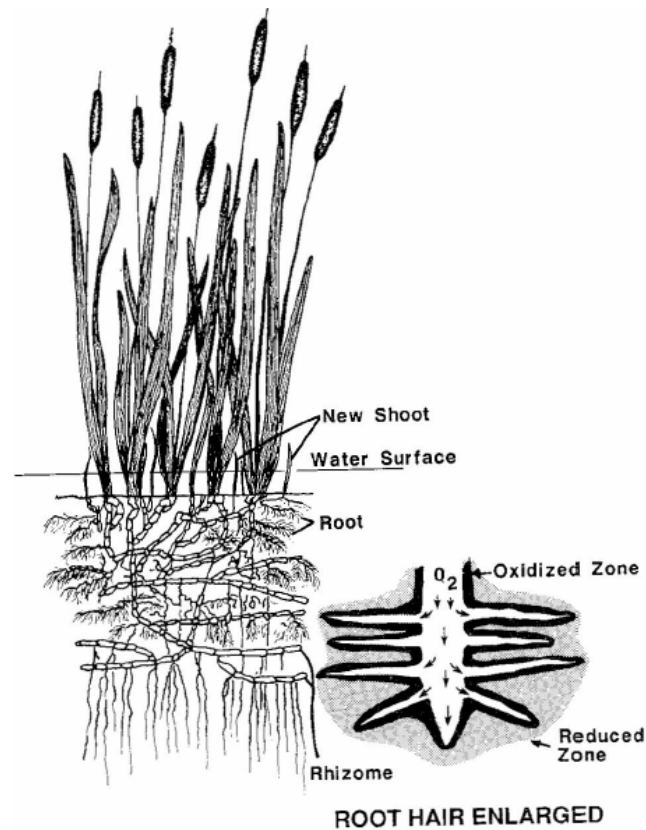


Figura 6: Característica Geral de uma planta pertencente a zonas úmidas, com capacidade única no transporte de oxigênio e suporte de suas raízes que crescem em substratos anaeróbicos. HAMMER & BASTIAN (1988)

Desta forma, wetlands são consideradas áreas de transição entre os ecossistemas aquáticos e terrestres. Fazem parte de sua formação a presença de água doce e a água salobra.

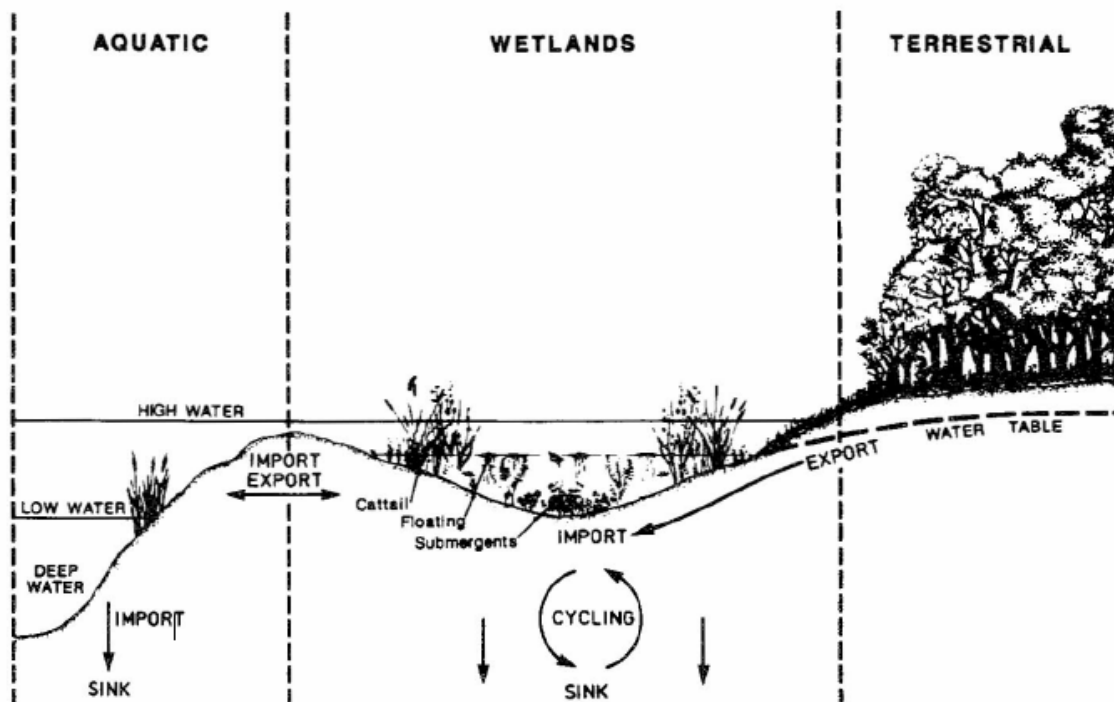


Figura 7: As áreas úmidas são zonas de transição entre ambientes terrestres e aquáticos e são beneficiadas de nutrientes, energia, plantas, animais e insumos oriundos de sistemas vizinhos. HAMMER & BASTIAN (1988)

Naturalmente, através da influência antrópica, essas zonas durante muito tempo (nenhum autor data exatamente um período), foram submetidas a diversas descargas de águas residuais. Águas de minas, de trabalhos agrícolas – fluxos de retorno de irrigação, descargas de águas pluviais urbanas, indústrias, entre outras fontes de água poluída.



Figura 8: “População” de Taboas. Tipo de Planta de áreas alagadas para uso de Tratamento de Água municipal. Benton, Kentucky – EUA. HAMMER & BASTIAN (1988)

Em conseqüência de seu sistema natural de depuração de água, esse tipo de sistema vem sendo gradativamente estudado e implementado nas mais diversas formas de arranjos, que se classificam atualmente como wetlands construídas.

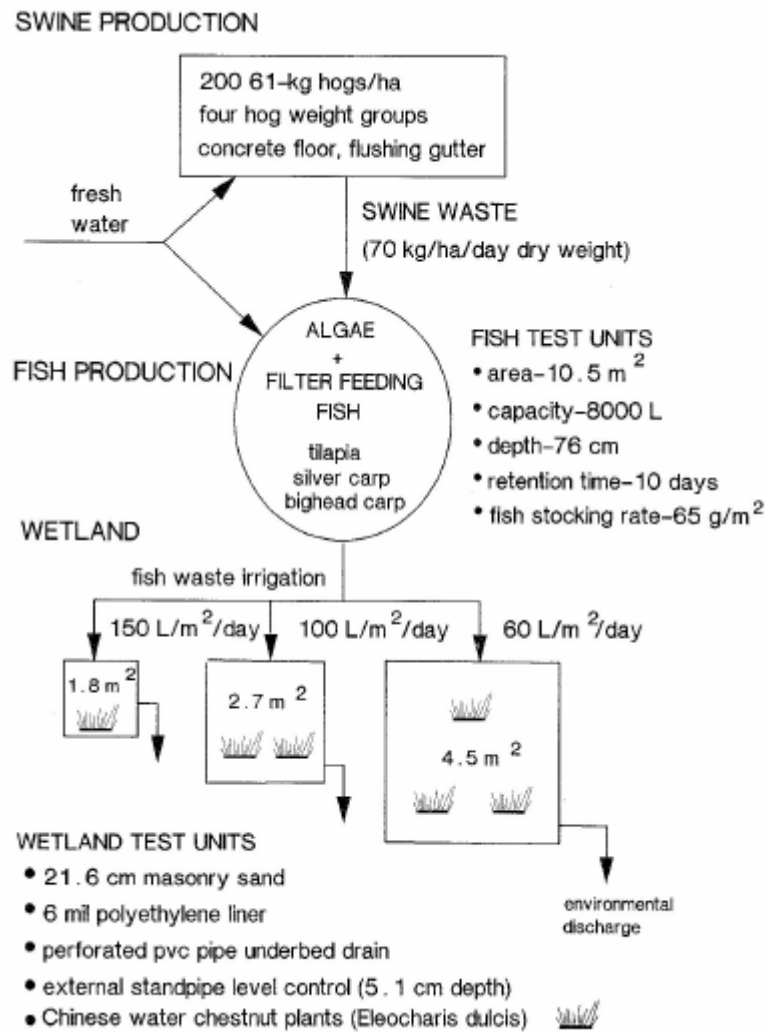


Figura 9: Esquema de um “Arranjo” de wetlands construídos para tratamento de resíduos agrícolas e uso do efluente tratado na aqüicultura. MADDOX & KINGSLEY (1988)

Os estudos ao longo do tempo têm demonstrado que zonas úmidas são capazes de fornecer os mais altos níveis de tratamento de águas residuais.

No entanto, apesar do solo possuir um gradiente de reciclagem de nutrientes, algumas preocupações inquietam cientistas quanto aos possíveis efeitos deletérios de materiais tóxicos e agentes patógenos presentes em algumas águas residuárias e uma possível degradação desse próprio ambiente devido à “massificação” das cargas poluidoras.

Portanto, wetlands construídas ou artificiais servem como sistemas controlados, projetados para o tratamento de águas residuárias e também para a proteção de áreas úmidas naturais.

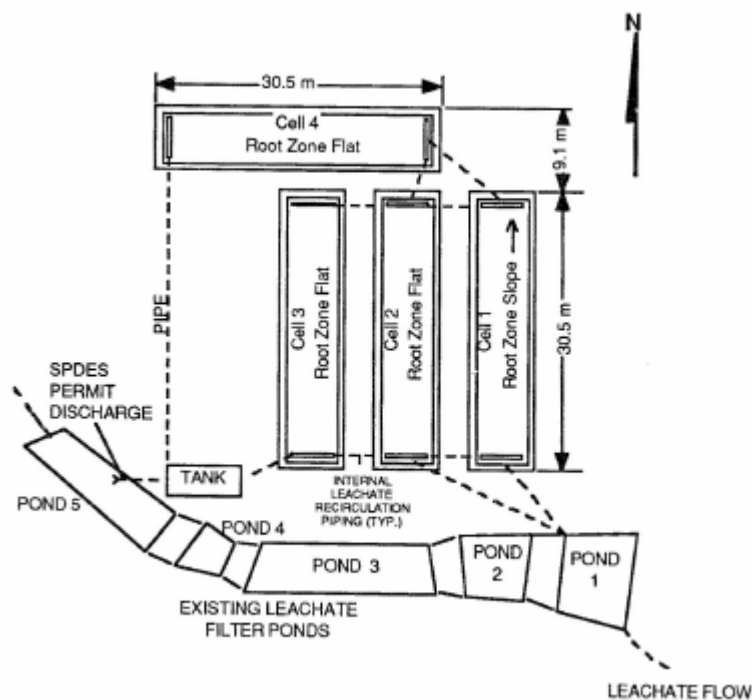


Figura10: Arranjo de wetland construída para tratamento de lixívia.

A EPA – United States Environmental Protection Agency é uma Agência de Proteção Ambiental dos governo federal dos Estados Unidos, também chamada de USEPA, é um órgão encarregado de proteger a saúde humana e o meio ambiente, através de constituição de Normas e Leis aprovadas em Congresso.

Foi proposta e fundada pelo então presidente Richard Nixon e entrou em funcionamento em 03 de Dezembro de 1970, depois da apresentação de um Plano de Reestruturação Ambiental, e atua até os dias atuais, criando e promulgando políticas regulatórias para diversos fins de meio ambiente, inclusive para as zonas úmidas.

Conceito / Definição de Wetlands

Sem origem concreta, o termo Wetlands é uma expressão relativamente nova, englobando diversos sistemas aos quais se classificam como brejos, pântanos, charcos, turfas...

Zonas Úmidas foram definidas então pela EPA, como *“áreas que são inundadas ou saturadas por águas superficiais ou subterrâneas, com uma frequência e duração, suficientes para suportar, em circunstâncias normais, a prevalência de uma vegetação tipicamente adaptada à vida em condições de solo saturado”* EPA (1970).

Ainda tratando sobre a definição citada, wetlands naturais são sistemas integrados entre solo e vegetação que transitam desde pântanos à mangues. Para fins de regulamentação, quase todas as zonas úmidas naturais são consideradas águas dos Estados Unidos. Wetlands naturais parecem realizar todas as transformações bioquímicas dos componentes das águas residuais que ocorrem em sistemas de tratamento de esgotos convencionais, fossas sépticas, campos de dreno, e outras formas de tratamento da água.

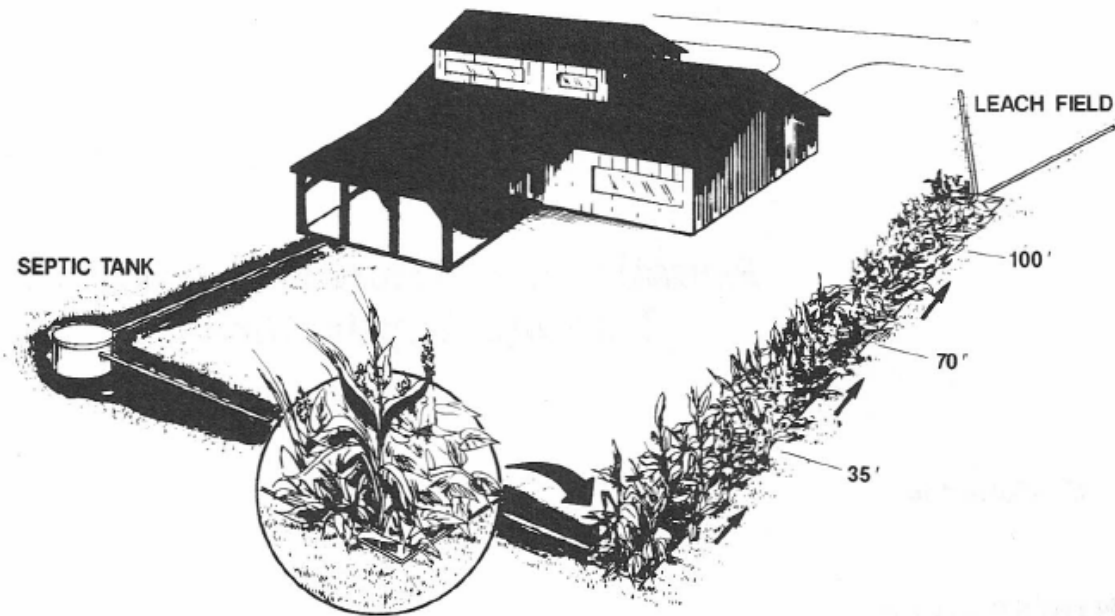


Figura 11: Sistema de wetland construída/artificial para tratamento de descarga de efluentes em fossas sépticas. WOLVERTON (1988)

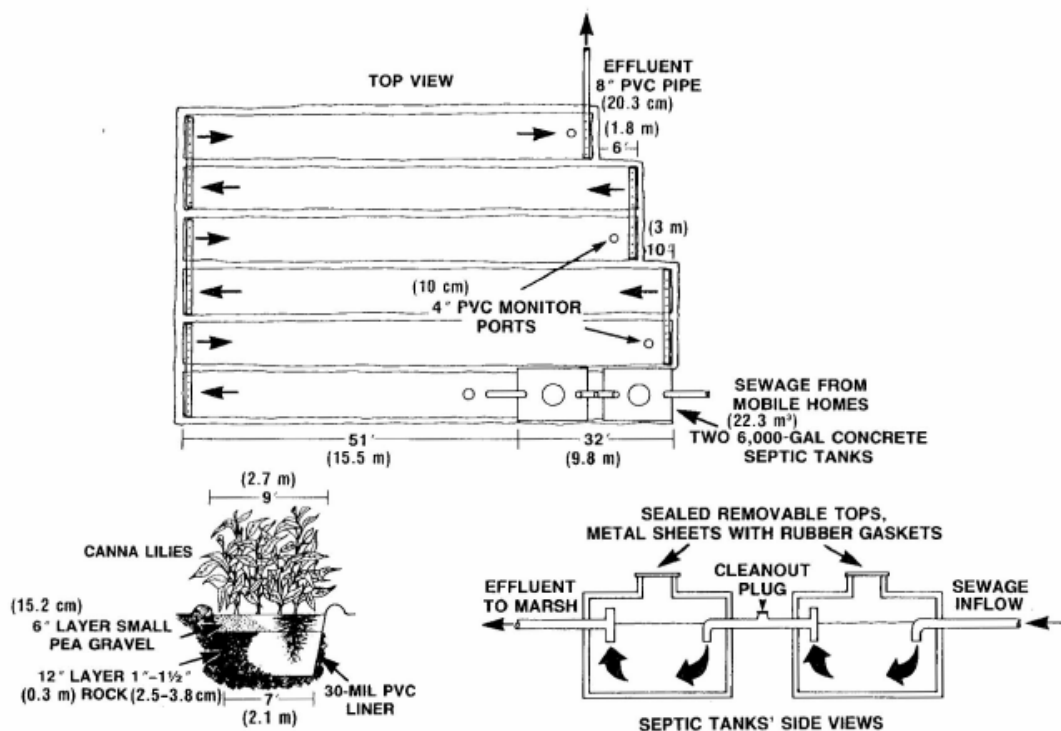


Figura 12: Detalhamento do projeto de tratamento de água residuária doméstica. WOLVERTON (1988)

Entre outras, as definições e os termos relacionados às áreas úmidas são muitos e, em sua maioria, confusos. Como as características das áreas úmidas situam-se num contínuo entre as de ambientes aquáticos e terrestres, as definições tendem a ser arbitrárias (Mitsch & Gosselink, 1986).

Wetlands (áreas alagadas) constituem um tipo de ecossistema que passam significativa parte, ou toda parte do tempo, cobertos por água a pouca profundidade (Mitsch & Gosselink, 1993).

Wetlands são classificados como "áreas alagadas", "terras alagadas", "áreas úmidas (zonas úmidas)" permanente ou temporariamente, conhecidos na maior parte do mundo como banhados, brejos. São também denominados de: pântanos, pantanal, charcos, varjões e alagados, turfa ou água, natural ou artificial, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima com menos de seis metros de profundidade na maré baixa."

Em outras palavras, áreas úmidas são zonas "de transição entre sistemas terrestres e aquáticos, onde o lençol freático, periodicamente, está à superfície do solo ou o inunda, e baías pouco profundas" (Definição proposta pelo United States Fish and Wildlife Service e pela Convenção de RAMSAR).

No entanto, é possível identificar algumas características comuns como a presença de água rasa ou solo saturado de água, o acúmulo de material orgânico proveniente da vegetação e a presença de plantas e animais adaptados à vida aquática.

Os estudos realizados no Brasil aprofundaram pouco os aspectos conceituais relacionados a estes termos, especialmente em relação a palavra banhado, que é utilizado principalmente no Rio Grande do Sul, onde estes ecossistemas ocupam, ou ocupavam, grandes extensões da zona costeira e também de regiões mais internas.

A palavra banhado provém do termo espanhol "bañado", devido a influência dos países vizinhos.

O limnólogo argentino Ringuelet (1962) refere-se ao termo "bañados" como correspondente a palavra "marshes" do idioma inglês, os quais são definidos como áreas de solo cobertas por uma delgada lâmina de água, com vegetação palustre e sem o desenvolvimento de uma população limnética. Este mesmo autor destaca que ambientes deste tipo recebem a denominação de brejal no Brasil, sendo designados como higrótopos por Melo Leitão (1942) apud Ringuelet (1962).



Figura 13: "Coastal salt marshes". HAMMER (1992)

AB'SABER (1957), tratou em seus estudos, o termo banhado segundo critérios geomorfológicos. Tratando o termo como *Planícies de inundação sujeitas a enchentes anuais*. Ele classificou como zona de “banhados” marginais e meandros abandonados, com solos argilosos escuros, permanentemente encharcados com altitude variando entre 718 e 722 metros.

E,

Planícies de inundações sujeitas a inundações periódicas – Classificação como Zonas Largas e contínuas, domínio de aluviões argilo-arenosas recentes e solos turfosos de várzea com altitude variando entre 722 e 724m. (AB' SABER, *op.cit.*; pág. 107)



Figura 14: Espécies vegetais de alta tolerância a áreas alagadas. HAMMER (1992)



Figura 15: Área depressiva onde permanecem níveis estáveis de água, com pouca presença de nutrientes. Inglaterra. HAMMER (1992).

Na classificação de vegetação do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) os banhados aparecem como Áreas Pioneiras de Influência Fluvial.

As zonas úmidas naturais têm prioridade sobre as zonas artificiais, como as áreas de armazenamento de água (reservatórios, barragens, albufeiras), tanques de aquacultura e os terrenos irrigados (inclusive arrozais (da China)).

São grandes tipos de áreas úmidas:

- ✓ Pântanos florestados (inclusive turfeiras florestadas)
- ✓ Pântanos herbáceos (inclusive pântanos, charcos, brejos...)
- ✓ Planícies de inundação (áreas inundáveis)
- ✓ Corpos de água não fundos (lagos não fundos, lagoas costeiras, ...)
- ✓ Áreas baixas e úmidas das cabeceiras de rios (como os 'bas-fonds' da África Ocidental e os sul-americanos 'páramos')

Estas são "zonas de transição terrestre-aquáticas que são periodicamente inundadas por reflexo lateral de rios e lagos e/ou pela precipitação direta ou pela água subterrânea e que resultam num ambiente físico-químico particular que leva a biota a responder com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas, fenológicas e/ou etológicas e a produzir estruturas de comunidades características para estes sistemas".

Neste diagnóstico se procurou abarcar as categorias que seguem: banhados de água doce; lagunas e banhados costeiros de água salobra; lagos de origem fluvial, banhados, pântanos ribeirinhos; lagos de água doce e pântanos adjacentes; campinas e savanas inundadas temporariamente; florestas de pântanos, florestas temporariamente inundadas; turfeiras.

Estas categorias ainda correspondem a uma tipologia bastante genérica, especialmente no que se refere aos banhados.

Porém, o conceito mais aceito no Brasil pelos cientistas é proposto por Cowardin (1979) apresentado no artigo - "Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas para Tratamento de Águas" (Salati, 2003):

“ÁREAS ALAGÁVEIS SÃO ÁREAS DE TRANSIÇÃO ENTRE SISTEMAS AQUÁTICOS E TERRESTRES ONDE O NÍVEL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS É SUPERFICIAL OU PRÓXIMO DA SUPERFÍCIE DO SOLO OU COBERTAS POR CAMADA RASA DE ÁGUA. AS ÁREAS ALAGÁVEIS DEVEM TER UM OU MAIS DOS SEGUINTE ATRIBUTOS:

- (1) PELO MENOS PERIODICAMENTE, ESSAS ÁREAS SÃO, PREDOMINANTEMENTE, O HABITAT DE HIDRÓFITAS,
- (2) O SUBSTRATO CONSTITUI-SE, PREDOMINANTEMENTE, DE SOLOS HIDROMÓRFICOS POBREMENTE DRENADOS, E
- (3) OU O SUBSTRATO NÃO É SOLO PROPRIAMENTE DITO (NESTES CASOS, SÃO SEDIMENTOS POBREMENTE CONSOLIDADOS) E SE ENCONTRA SATURADO POR ÁGUA OU COBERTO POR RASA CAMADA DE ÁGUA POR ALGUM TEMPO EM CERTA PARTE DO ANO”.

Wetlands na remoção de nutrientes/Depuração da água

Curiosamente, as Normas que foram determinantes para que essas áreas fossem usadas como sistemas depuradores de água, foram definidas e especificadas pela EPA, mediante resultados bioquímicos na dinâmica de tratamento de águas de um pantanal. Isso denota a irrefutável perfeição da natureza, sua complexidade e a necessidade do homem em reproduzi-la nos mais variados aspectos demandados pela sociedade.

Essas Normas devem atender aos padrões de qualidade de água a jusante do tratamento. Normalmente, o que analisa em termos de qualidade da água, são as reduções de concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos (SS), e nutrientes, como a amônia, outras formas de nitrogênio e fósforo, que as zonas úmidas podem eficazmente remover.

Já a capacidade de remoção de fósforo varia entre os tipos de zonas úmidas e depende em grande parte, a características específicas do local, como tipo de solo e fatores poluentes.

A remoção e altas taxas de redução de patógenos em águas residuais descarregadas para as zonas úmidas têm sido relatados como "elevado" em alguns lugares, mas "variável" em outros.

No entanto, numerosas variáveis de bactérias coliformes e salmonelas (rotineiramente utilizados como indicadores de patógenos humanos, mas também produzidos por animais selvagens) complicam monitoramento de patógenos humanos nas zonas úmidas de águas residuais receber descargas. Níveis de muitos compostos orgânicos e inorgânicos presentes nas águas residuais são muito reduzidos pela passagem através de zonas úmidas.

Inicialmente, os metais pesados parecem ser removidos por adsorção de solos e sedimentos de zonas úmidas e há intensa modificação microbiana, embora estudos a longo prazo são necessários para determinar a medida exata dos mecanismos de circulação e remoção. Muitos compostos orgânicos são degradados pela microrganismos associados a áreas úmidas do solo, sedimento e vegetação.

Embora pareça que muitas zonas úmidas têm alguma capacidade para melhorar a qualidade das águas residuais, por escoamento superficial, ou descargas industriais, algumas das zonas úmidas estão claramente não adequadas para uso no dia a dia para tratamento de água. Potencialmente a alteração de comunidades bióticas das zonas úmidas naturais por adições de águas residuais é de grande preocupação para a EPA e grupos interessados na preservação das zonas úmidas existentes.

Maiores custos e exigências de energia de um sistema natural de tratamento das zonas úmidas incluem um manejo adequado, custos de terreno, sistemas de terraplenagem, e o sistema de distribuição de águas residuais. Além da vigilância para assegurar a manutenção da “biota pantanal”, os problemas operacionais que podem demandar precisam ser considerados, incluindo o potencial de criação de moscas ou mosquitos, desenvolvimento de odor, e manutenção de estruturas de controle de fluxo.

Wetlands Construídas

Uso de sistemas alagados construídos para tratamento de águas residuais aproveita os mesmos princípios de um sistema natural, porém dentro de um ambiente mais controlado.

Pequenas wetlands foram criadas expressamente para efeito de tratamento de águas residuais, enquanto alguns sistemas de maior escala têm sido desenvolvidos envolvendo múltiplos objetivos de utilização, tais como o uso dos efluentes de águas residuais tratados como uma fonte de água para a criação de plantas ou restauração de pântanos.

Sistemas alagados construídos para tratamento podem ser estabelecidos em quase qualquer lugar (inclusive em terras com usos alternativos limitada), especialmente quando as águas residuais exigirem tratamento. Eles podem ser construídos em ambientes naturais, ou podem implicar numa extensa construção, terraplenagem, construção de barreiras impermeáveis, contenções, tais como tanques ou trincheiras.

A vegetação de áreas úmidas pode ser estabelecida em substratos que vão desde despojos cascalho ou argila ou turfa. Alguns sistemas de reciclagem de pelo menos uma porção do efluente pode ser tratado por recarga de águas subterrâneas subsuperficialmente.

Outros arranjos podem agir como fluxo através de sistemas, descarregando efluente final para as águas superficiais.

Os banhados construídos têm diversas aplicações em todo o país e ao redor do mundo. Eles podem ser projetados para realizar uma variedade de tratamento. As muitas vantagens de alagados construídos incluem a flexibilidade de localização local, tamanho ideal para a carga de resíduos previstos, potenciais para tratar mais esgoto em áreas menores do que as zonas úmidas naturais.

Wetlands Construídos para Tratamento de Águas Residuais

Sistemas construídos com vegetação típica de zonas úmidas para o tratamento municipais e efluentes industriais, águas pluviais urbanas, resíduos agrícolas, drenagem ácida de minas, lixiviados, e outras fontes de água contaminada mostram a grande promessa devido à maior possibilidade de controle de processo e menos chance de causar efeitos ambientais adversos.

O valor de uma Wetland

O valor de áreas úmidas é numeroso; e remete a uma variedade de funções executadas e serviços prestados por áreas úmidas, que inclui:

- provisão de água
- reposição de águas subterrâneas
- controle de enchentes (armazenamento de correntes de água)
- purificação da água
- manutenção da biodiversidade
- estabilização do (micro-)clima
- valores culturais (o papel das áreas úmidas ou paisagens de áreas úmidas na cultura de uma comunidade)
- apoio à agricultura
- apoio à saúde pública.

Uso Sustentável e Uso Racional de Wetland e/ou áreas úmidas

O conceito de uso racional de wetlands foi definido na Convenção de Ramsar como:

"O uso sustentável das fontes de recursos das áreas úmidas para o benefício da humanidade de modo que seja compatível com a manutenção das propriedades naturais do sistema de áreas úmidas".

Esse conceito ainda é complementado como "o uso humano das áreas úmidas que permita a obtenção de um máximo de benefícios de maneira contínua para as gerações presentes, ao mesmo tempo em que se mantém o potencial para satisfazer as necessidades das gerações futuras"

O uso racional de wetlands é "o uso sustentável dos recursos das áreas úmidas para o benefício da humanidade de modo que seja compatível com a manutenção das propriedades naturais do ecossistema das áreas úmidas".

E, complementando... As propriedades naturais do ecossistema estão definidas como "as componentes físicas, biológicas ou químicas, como a terra, a água, as plantas, os animais e os nutrientes, e as interações entre eles".



Figura 16: Teresa Marsh - Valencia - Espanha, 1990.



Figura 17: Vermilion County Conservation District Foundation, Canadá,1980.

Tipos/Alternativas de Wetlands

Wetlands então, podem ser classificadas de diversas formas, com uso de vários tipos de plantas - variando somente em relação ao uso pretendido.

As *wetlands* podem ser projetadas e operadas para que exista uma quantidade adequada de água que permita o estabelecimento da vegetação. Porém, se a vazão de entrada for limitada ou se esta for variável no tempo, uma *wetland construída* para tratamento pode chegar ao ponto de se tornar seca, impossibilitando a fixação da vegetação.

Quando é necessário proteger a qualidade da água do lençol freático, então são adicionadas camadas impermeáveis de solo ou de membranas geossintéticas.

Tais camadas de solo são freqüentemente constituídas de bentonita ou então emprega-se mantas sintéticas de cloreto de polivinila (PVC) ou de polietileno de alta densidade (HDPE).

Um componente final para a formação do solo de uma *wetland construída* para tratamento, é constituído por plantas apresentando propriedades de enraizamento adequadas.

O solo tem que permitir amplas raízes para a estabilidade estrutural e nutrição das plantas. A maioria das plantas de *wetlands construídas* geralmente apresentam um crescimento lento ou morrem quando colocadas em solos densos ou solos contendo pedras grandes e angulosas. Uma capa argilosa (tipicamente de 0,2 a 0,3m de espessura) é recomendada para que as espécies vegetais prosperem.

São descritas três alternativas/tipos de wetlands:

Wetlands construídas de Fluxo Superficial (FS), fluxo subsuperficial (FSS) e wetlands naturais de fluxo superficial (KADLEC & KNIGHT, 1996).

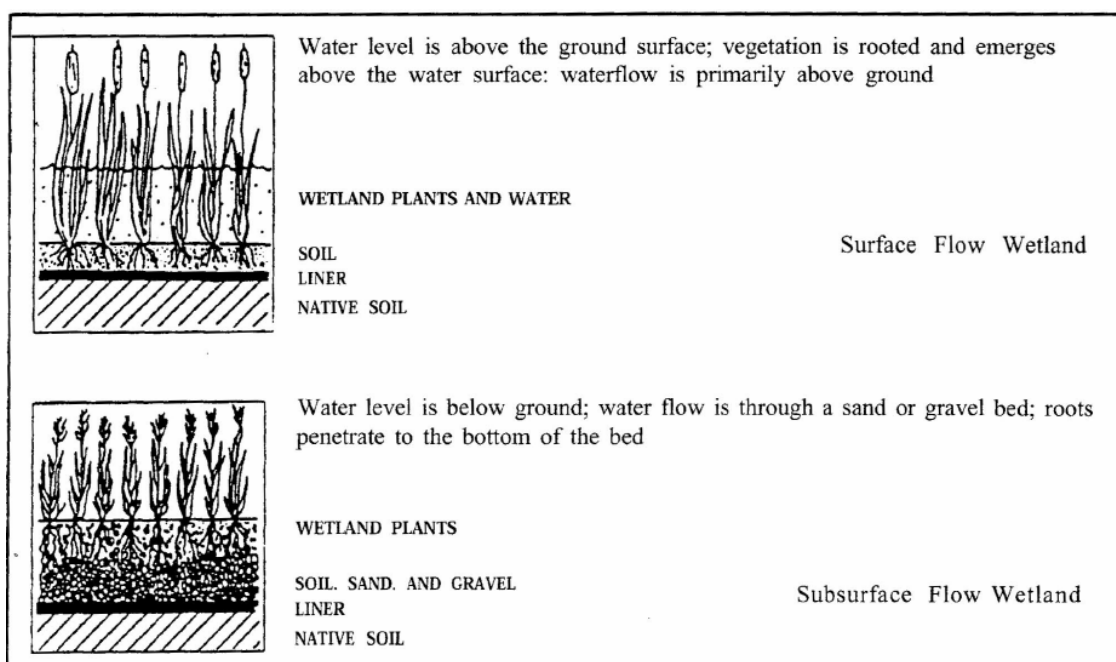


Figura 18: Wetlands construídas de Fluxo Superficial (FS) e fluxo subsuperficial (FSS) – MOSHIRI (1993)

Wetlands construídas de Fluxo Superficial (FS)

Estas wetlands construídas procuram reproduzir o comportamento de wetlands naturais, principalmente aquelas que apresentam fluxos superficiais rasos.

Elas apresentam quatro configurações distintas:

- dispositivo de entrada do afluente;
- dique
- plantas
- dispositivo de saída do efluente

Os dispositivos de entrada de wetlands construídas são projetados de modo a se tentar otimizar o fluxo superficial do material afluente com relação à eficiência de tratamento.

As plantas são as principais responsáveis pela reciclagem de sais minerais e também funcionam para remover substâncias contendo metais pesados e compostos orgânicos tóxicos.

Os dispositivos de saída em wetlands construídas de fluxo superficial coletam a água superficial e a dirigem para jusante. Tais dispositivos são também utilizados para controlar o fluxo do efluente.

Wetlands Construídas de Fluxo Subsuperficial (FSS)

Tais sistemas tratam as águas residuárias passando-as através de meios porosos contendo raízes de plantas, por meio de fluxos horizontais ou verticais.

Os componentes principais de uma *wetland construída* do tipo FSS são apresentados:

- Sistema de entrada do afluente
- Dique
- Meio poroso
- Tipos de Plantas
- Sistema de controle de saída do efluente

O sistema de entrada e a configuração do dique em wetlands construídas de FSS apresentam objetivos análogos aos das wetlands do tipo FS, porém eles são projetados de um modo diferente, pois a operação destes devem manter todo o fluxo subsuperficial, ou sua maior parte, através do meio poroso.

Wetlands Naturais de Fluxo Superficial

As *wetlands naturais* usadas para o tratamento de águas residuárias necessitam de um menor esforço do ponto de vista de projeto do que as *wetlands construídas*.

Nas *wetlands naturais* somente o efluente a ser tratado é um dado de projeto, as outras variáveis de projeto são pré-fixadas. Do ponto de vista qualitativo, *wetlands naturais* incluem os mesmos componentes que as *wetlands construídas*:

- Sistema de entrada do afluente
- Área submersa da wetland
- Vegetação natural
- Meio poroso
- Sistema de saída do efluente

A distribuição do fluxo de entrada em wetlands naturais pode afetar a eficiência de remoção de poluentes. Isso pode ocorrer devido a caminhos preferenciais, onde ocorre redução do tempo de detenção hidráulica.

Podem ser incluídas estruturas de saída em *wetlands naturais*, porém, na maioria dos casos, é viável manter a configuração do fluxo natural de saída.

Uma semelhança entre wetlands é o custo de construção. O mesmo está diretamente relacionado a intensidade do fluxo afluente e a taxa projetada de remoção de poluentes para ambos os sistemas.

Os projetos dos sistemas construídos devem ser na maioria, suficientes para alcançar as metas de tratamento, porém para isso, os projetos devem ser mais seguros do ponto de vista de remoção de poluentes, o que pode aumentar substancialmente os custos de construção, pois as áreas devem tornar-se maiores.

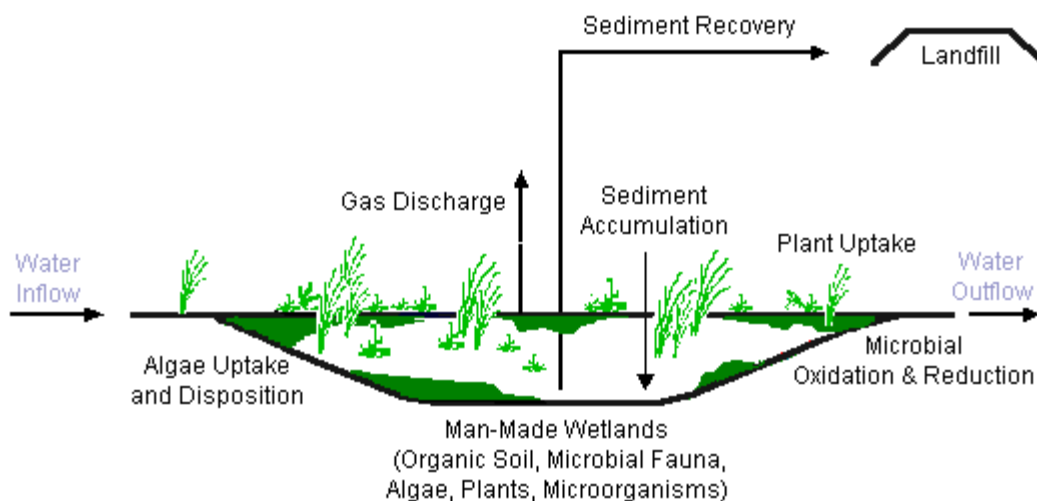


Figura 19: Esquema Geral de Funcionamento de Wetland. (autor desconhecido)

Além dessas três alternativas, pode-se ainda combiná-las entre si, ou com outras tecnologias naturais e criar sistemas híbridos que satisfaçam necessidades específicas.

Cada alternativa tem vantagens e desvantagens para aplicações diferentes. E, um grande número de variações de projeto existem para cada uma dessas alternativas.

No Brasil, uma dessas ditas variações foi feita por SALATI & RODRIGUES (1982), com a construção de um lago artificial nas proximidades de um córrego altamente poluído (Rio Piracicamirim), localizado em Piracicada/SP, em 1985, pela Construtora Ambiental Ltda., atualmente, Instituto de Ecologia Aplicada.

E sua patente está sendo amplamente utilizada em trabalhos de tratamento de água, tratamento de esgoto e abastecimento de água, apresentados nas tabelas a seguir.

Sistemas de Tratamento de Água para Abastecimento Público e Industrial Localização	Vazão	Solos Filtrantes	Canal com Plantas Aquáticas
Prefeitura Municipal de Piracicaba (Rio Piracicaba – SP) Estação Experimental	40 l.s ⁻¹	5.000 m ² fluxo descendente	4.320 m ²
IRCOSA - Indústria de Couros - Caruaru - PE Abastecimento industrial	12 l.s ⁻¹	1.500 m ² fluxo descendente	3.000 m ²
Prefeitura Municipal de Analândia (Córrego do Retiro – SP) Abastecimento público (6.480 habitantes)	15 l.s ⁻¹	2.016 m ² fluxo descendente	1.590 m ²
Parque Ecológico do Tietê (Rio Tietê, São Paulo – SP) Estação Experimental	0,6 l.s ⁻¹	135 m ² fluxo descendente e ascendente	325 m ²
SABESP – Carapicuíba (Rio Cotia – SP) Estação Experimental	1 l.s ⁻¹	26 m ² fluxo descendente	60 m ²
SABESP - Região do Baixo Cotia (Rio Cotia – SP) Projeto	1700 l.s ⁻¹	–	175.245 m ²
SANEPAR - Curitiba (Rio Palmital – PR) (Projeto)	1000 l.s ⁻¹	160.000 m ² fluxo descendente	530.000 m ²

Tabela 1: Principais projetos de Sistemas de Tratamento de Água para Abastecimento Público e Industrial, realizados pelo Instituto de Ecologia Aplicada, utilizando Sistemas de Wetlands Construídas.

Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico Localização	Vazão	Tratamento Primário	Solo Filtrante	Canal com Plantas Aquáticas
Mineração Taboca, Vila de Pitinga - AM (4.000 habitantes)	10,2 l.s ⁻¹	Tanque de decantação	2.200 m ² fluxo ascendente	1.880 m ²
Cyanamid Química do Brasil, Iracemápolis - SP (50 habitantes)	0,08 l.s ⁻¹	Gradeamento Tanque de decantação e Caixa de brita	20 m ² fluxo descendente	40 m ²
Condomínio Vila Romana, Piracicaba - SP (120 habitantes)	0,5 l.s ⁻¹	Tanque anaeróbico	94,5 m ² fluxo ascendente	74 m ²
ETE - Bairro de Emaús, Ubatuba - SP (300 habitantes)	0,52 l.s ⁻¹	Gradeamento Fossa séptica Caixa de brita	108,04 m ² fluxo ascendente	49,5 m ²
Albrás Alumínio Brasileiro S/A - Vila dos Cabanos, Barcarena-PA (13.000 habitantes)	67 l.s ⁻¹	Gradeamento Caixa de areia Biodigestor de fluxo ascendente Decantador Imhoff	3.300 m ² fluxo descendente	5.000 m ²
SEMAE - ETE Engenho Central I, Piracicaba – SP	1 l.s ⁻¹	Gradeamento Fossa séptica Caixa de brita	1.300 m ² fluxo ascendente 1.300 m ² fluxo descendente	–
SABESP, Barueri - SP	0,1 l.s ⁻¹	Tratamento Convencional	26 m ²	60 m ²
Estação Experimental			fluxo descendente	
SABESP, Porangaba – SP Estação Experimental	0,1 l.s ⁻¹	Tanque de decantação	40 m ² fluxo ascendente e descendente	37,5 m ²
SEMAE – ETE Engenho Central II, Piracicaba - SP Under Construction	6 l.s ⁻¹	Gradeamento Fossa séptica Caixa de brita	4.500 m ² upflow/ downflow 6.100 m ² downflow	12.200 m ²
Hotel Refúgio do Corsário, Ubatuba - SP (120 habitantes) (em construção)	0,3 l.s ⁻¹	Fossa séptica Gradeamento Caixa de brita Caixa de areia	75 m ² fluxo ascendente/ descendente 60 m ² descendente	108 m ²

Tabela 2. Principais projetos de Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico, realizados pelo Instituto de Ecologia Aplicada, utilizando Sistemas de Wetlands Construídas.

Sistemas de Tratamento de Efluentes Industriais Localização	Vazão	Tratamento Primário	Solo Filtrante	Canal com Plantas Aquáticas
Curtume Santo Antônio Ltda., São Sebastião do Paraíso - MG Estação Experimental	5 l.s ⁻¹	Canal de estabilização Caixa de brita	2.160 m ² fluxo descendente	520 m ²
Ripasa S.A. Celulose e Papel, Limeira - SP	10 l.s ⁻¹	Canal de estabilização	3.240 m ² fluxo descendente	-
Usina Costa Pinto S.A., Açúcar e Alcool, Piracicaba - SP	200 l.s ⁻¹	Canal de fermentação	10.000 m ² fluxo descendente	-
Burns Philp Brasil Comércio de Alimentos – Unidade de Pederneiras – Estação Experimental	0,5 l.s ⁻¹	-	240 m ² fluxo ascendente	180 m ²

Tabela 3. Principais projetos de Sistemas de Tratamento de Efluentes Industriais, realizados pelo Instituto de Ecologia Aplicada, utilizando Sistemas de Wetlands Construídas.

Sistemas de *Wetlands* Com Solos Filtrantes (Sistema DHS – Patente PI-850.3030)

As *wetlands* com solos filtrantes são sistemas constituídos por camadas superpostas de brita , pedrisco e solo cultivado com arroz. As dimensões dos módulos de solos filtrantes, bem como a espessura da camada do solo, variam de acordo com o efluente a ser tratado e da eficiência que se deseja atingir. Pela experiência obtida pode-se filtrar até 100-300 l/s/há.

A ação depuradora dos solos filtrantes se dá através de sua ação como filtro mecânico, filtro físico-químico e filtro biológico.

Ação de filtragem mecânica: depende fundamentalmente da estrutura granulométrica do solo e da sua composição;

Ação de filtragem físico-química: retenção de cátions e ânions. Esta ação está intimamente ligada à capacidade de troca catiônica do solo;

Ação biológica: exercida através de diversos mecanismos:

c.1) ação de microorganismos do solo que decompõem a matéria orgânica, ativam os processos biogeoquímicos e atuam sobre microorganismos que existem nas águas poluídas;

c.2) Ação de plantas que crescem nos solos e retiram nutrientes ao mesmo tempo em que mantêm a permeabilidade do solo através de seu sistema radicular. Os solos filtrantes devem então ter características especiais, isto é, alto coeficiente de condutividade hidráulica e alta capacidade de troca catiônica, exigências que são atingidas com a incorporação de vermiculita expandida e matéria orgânica fibrosa, sendo que esta correção é dosada a cada caso em função da qualidade do solo disponível na região. Os sistemas de solos filtrantes funcionam, dependendo do efluente a ser tratado, com fluxo descendente (Figura 1a e 3a) ou ascendente (Figuras 2a e 3a).

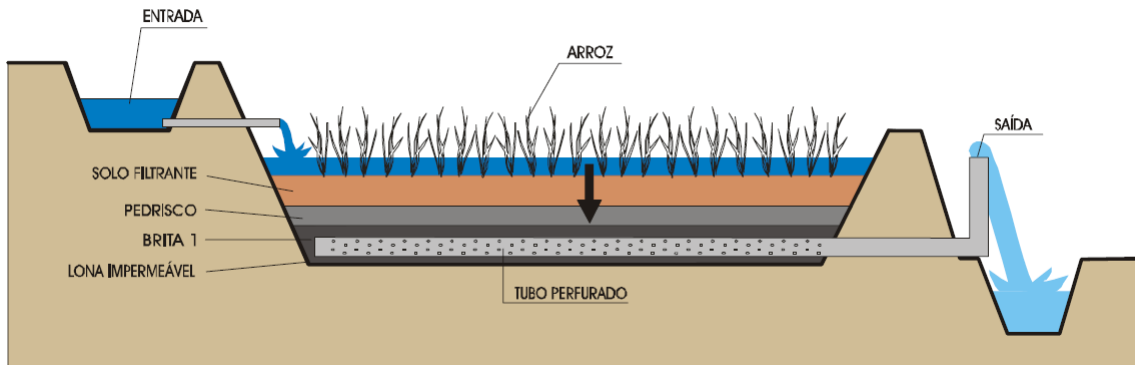


Figura 1a.: Desenho esquemático de um solo filtrante com fluxo descendente. A água a ser tratada é lançada sobre o solo cultivado com arroz ou outra macrófita emergente.

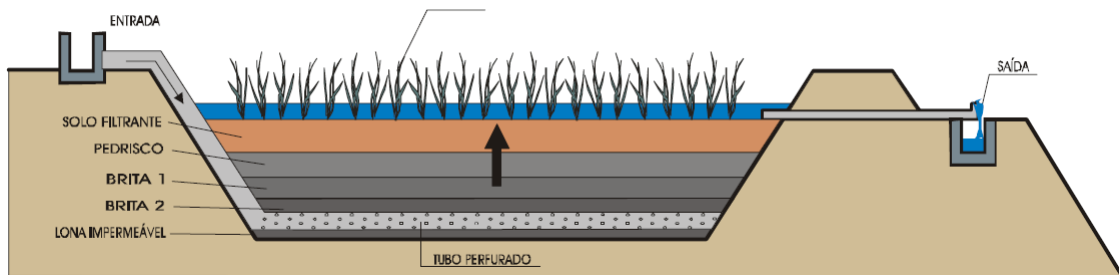


Figura 2a.: Desenho esquemático de um canal de solo com fluxo ascendente. A água a ser tratada é introduzida sob o sistema de drenagem sobre o qual está colocada a camada de solo filtrante.

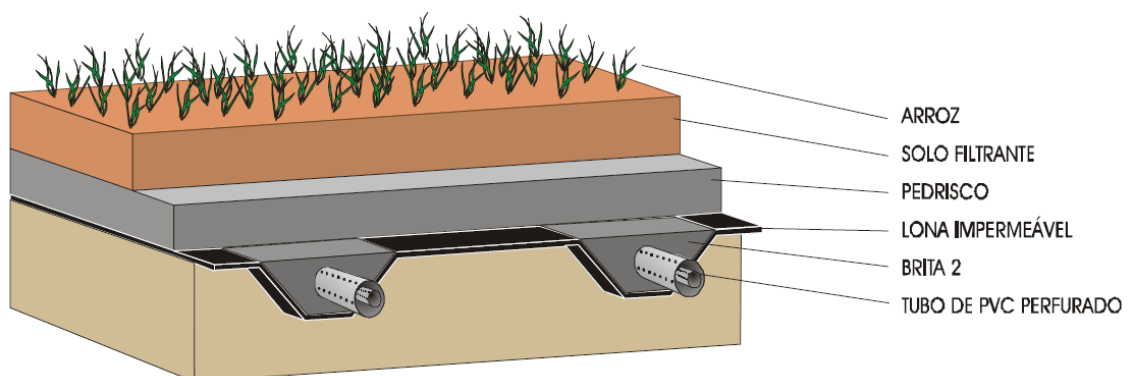


Figura 3a.: Desenho esquemático da estrutura de um solo filtrante. Esse tipo de configuração é utilizada tanto para solos filtrantes de fluxo ascendente como para fluxo descendente.

O sistema de solo filtrante com fluxo ascendente é normalmente utilizado no tratamento secundário e terciário de esgoto urbano. As vantagens do funcionamento com fluxo ascendente são: diminui os custos do tratamento primário convencional associando-se esta tecnologia à fossas sépticas ou simplesmente caixas de decantação; evita o contato direto com o efluente a ser tratado, eliminando desta forma problemas de mau odores e proliferação de insetos.

Procurando se aumentar a eficiência do sistema DHS e diminuir ainda mais a eficiência necessária do tratamento primário, algumas modificações foram introduzidas para permitir uma remoção de partículas dos tubos de drenagem. Neste tipo de projeto um tubo complementar de menor diâmetro e com perfurações menores é introduzido no tubo de drenagem convencional. Este tubo permite um sistema de dupla difusão e também a remoção do tubo central para limpeza e manutenção (SALATI, FILHO, 1996).

Desempenho de Wetlands Construídas

As “*wetlands naturais*” apresentam uma grande capacidade de alterar a qualidade das águas, que por elas passam através da ação de diversos mecanismos físicos, químicos e biológicos. Por esta razão, as *wetlands* têm sido introduzidas no tratamento de águas poluídas na forma de “*wetlands construídas*”.

Estas, têm sido empregadas no tratamento de águas residuárias domésticas, industriais, agrícolas e em ambientes urbanos e rurais em geral.

Do ponto de vista da remoção de poluentes, a literatura (KADLEC & KNIGHT, 1996), relata que estas *wetlands* apresentam uma capacidade de remoção de nutrientes tais como: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Organismos Patogênicos, Sólidos em Suspensão, Nutrientes, Metais Pesados e Compostos Orgânicos Tóxicos, itens que serão brevemente apresentados no item " Parâmetros de Avaliação de Qualidade de Águas quanto a viabilidade de seu uso", mais adiante.

Wetlands construídas são caracterizadas por serem uma forma de tratamento de baixa tecnologia em contraposição a outras formas de tratamento relativamente de alta tecnologia, tais como o processo de lodos ativados, tratamentos físico-químicos e outros.

Desta maneira, o custo de tratamento característico de wetlands tende a ser inferior que o de outras formas de tratamento mais avançadas, devido à sua simplicidade intrínseca (U.S.EPA, 2000).

Todavia, o custo de implantação de *wetlands construídas* pode ser vantajoso em função da magnitude das áreas envolvidas para implantá-las e do movimento de terra associado. Sua aplicação prática funciona mais comumente no tratamento de águas residuárias de pequenas comunidades e indústrias, embora não estejam restritas somente a estes casos.

Parte da capacidade de remoção de poluentes por uma *wetland* se dá às custas de processos envolvendo interações poluentes-solo. O fenômeno de sorção desempenha papel fundamental neste processo e depende das características do solo e de cada poluente considerado. É importante que a *wetland* apresente uma camada de solo que dificulte a percolação dos poluentes para o lençol freático.

As atividades biológicas que ocorrem dentro de *wetlands* são de grande importância para o bom desempenho destas como removedoras de poluentes.

As plantas desempenham papel fundamental na melhoria da qualidade da água, absorvendo vários poluentes, ou então adsorvendo-os em suas raízes de grande superfície específica e caules submersos. Assim, a seleção e o manejo da vegetação devem ser cuidadosamente analisados para que sejam obtidas remoções satisfatórias dos poluentes.

Também deve-se analisar a possibilidade de ocorrência do efeito de cargas tóxicas à biota local, para que esta não deixe de cumprir a função para a qual foi projetada.

Microorganismos decompositores atuam sobre a matéria orgânica biodegradável, consumindo a DBO disponível.

Em relação ao estudo da qualidade dos efluentes resultantes de tratamento de água por *wetlands*, é importante verificar a possibilidade de estes estarem contaminados ou não por organismos patogênicos (considerando a origem do efluente). Os contaminantes na água a ser tratada, devem ser um dos objetos de estudo para o dimensionamento e manejo adequado de uma *wetland*.

A vazão que flui de uma *wetland* é uma das principais variáveis para o dimensionamento geométrico e a escolha dos parâmetros que definem a capacidade de remoção de poluentes em *wetlands*. A vazão apresenta, em geral, variações diárias e sazonais, devendo a *wetland* estar bem dimensionada para comportar estas variações.

A elaboração do projeto então é considerado fator essencial do bom funcionamento de uma *wetland*. De uma *wetland* de respostas adequadas.

Parâmetros de Avaliação de Qualidade de Águas quanto a viabilidade de seu uso Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas resultantes de sistemas de tratamento são: a cor, a turbidez, os níveis de sólidos em suas diversas frações, a temperatura, o sabor e o odor.

São indicadores preliminares importantes para a caracterização da qualidade química da água, como por exemplo, os níveis de sólidos suspensos (associados a turbidez), concentrações de sólidos dissolvidos (associados a cor), sólidos orgânicos (voláteis) e sólidos minerais (fixos).

As suas aplicações nos estudos e fenômenos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e de caracterização e controle de qualidade de águas para abastecimento público e residuárias (esgotos), tornam as características físicas indispensáveis à maioria dos trabalhos envolvendo qualidade de águas.

A influência do Ph sobre esses sistemas aquáticos naturais, dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia de diversas espécies. Seu efeito indireto é muito importante, podendo determinadas condições de ph contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

Nos ecossistemas formados nos tratamentos biológicos de esgotos, o ph é também uma condição que influi decisivamente no processo. Normalmente, a condição de ph que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a de neutralidade, tanto em meio aeróbios como nos anaeróbios.

O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Conferindo cor e sabor à água, sua presença provoca manchas em roupas e utensílios sanitários. No tratamento de águas para abastecimento, deve-se destacar a influência da presença de ferro na etapa de coagulação e floculação. O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos os mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara.

Metais pesados são elementos químicos que apresentam número atômico superior a 22. Podem ser definidos também em relação a saúde pública: metais pesados são aqueles que apresentam efeitos adversos à saúde humana.

Eles surgem nas águas naturais devido aos lançamentos de efluentes industriais tais como gerados em indústrias extrativistas de metais, indústrias de tintas e pigmentos e, especialmente, as galvanoplastias, que se espalham em grande número nas periferias das grandes cidades.

Além disso, estão presentes também nos resíduos de indústrias de couros, peles e produtos similares, indústrias do ferro e do aço, lavanderias e indústrias de petróleo.

Desta forma, os metais pesados podem inviabilizar os sistemas públicos de água, uma vez que estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários são muito caros.

Aos sistemas aquáticos naturais ou sistemas de tratamento biológico de esgotos, são também padrões de classificação das águas naturais e de emissão de esgotos.

O cloro é um agente desinfetante largamente utilizado no Brasil, onde a desinfecção praticamente confunde-se com cloração. Pode ser aplicado em diversos pontos do sistema de tratamento de águas, com diferentes finalidades.

É a cloração da água final tratada, ou pós-cloração, que garante a presença do cloro na água até os pontos de consumo, garantindo a sua qualidade biológica.

Aliás, esta é uma das vantagens do uso do cloro com relação a outros processos de desinfecção que não tenham ação residual. A cloração não é um processo muito recomendável para a desinfecção de esgotos, devendo ser indicada apenas em situações de emergência.

Especialmente esgotos brutos ou “in natura” e até mesmo os esgotos tratados em nível secundário, são muito ricos em partículas com dimensões suficientes para incorporar os microorganismos em suas estruturas, protegendo-os, por conseguinte, da ação do cloro.

Além disso, o excesso de cloro provoca efeitos adversos aos ecossistemas aquáticos dos corpos receptores, trazendo prejuízos inclusive para a fauna ictiológica.

Uma aplicação interessante de cloro é no controle de intumescimento dos lodos ativados devido ao desenvolvimento excessivo de organismos filamentosos, o que provoca a flutuação do lodo nos decantadores secundários e a perda acentuada de sólidos biológicos com o efluente final.

O oxigênio se dissolve nas águas naturais proveniente da atmosfera, devido à diferença de pressão parcial.

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície, depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez, apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa.

Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Este fenômeno ocorre em maior extensão em águas poluídas, ou mais propriamente, em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo que são utilizados como nutrientes pelas algas.

Esta fonte não é muito significativa nos trechos iniciais de rios à jusante de fortes lançamentos de esgotos.

A turbidez e a cor elevadas dificultam a penetração dos raios solares e apenas poucas espécies resistentes às condições severas de poluição conseguem sobreviver.

A contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido, bem como após terem se desenvolvido também os protozoários que, além de decompositores, consomem bactérias clarificando as águas e permitindo a penetração da luz.

Esse efeito pode “mascarar” a avaliação do grau de poluição de uma água, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação.

A concentração de oxigênio dissolvido é também o parâmetro fundamental nos modelos de autodepuração natural das águas. Essa medida de concentração pode ser utilizada, para se estimar as eficiências necessárias na remoção de constituintes orgânicos biodegradáveis pelas estações de tratamento de esgotos a serem construídas.

A determinação da concentração de oxigênio dissolvido em águas é também imprescindível para o desenvolvimento da análise da DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, que representa o potencial de matéria orgânica biodegradável nas águas naturais ou em esgotos sanitários e muitos efluentes industriais.

Historicamente, o primeiro parâmetro a ser utilizado para quantificar a presença de matéria orgânica em águas foi a determinação da concentração de sólidos voláteis.

Assim, introduziu-se em seguida o teste da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO. A DBO acusa apenas a fração biodegradável dos compostos orgânicos, uma vez que o processo é de natureza bioquímica. A principal fonte de matéria orgânica nas águas naturais é sem dúvida, a descarga de esgotos sanitários.

Em um esgoto predominantemente doméstico, 75% dos ditos sólidos em suspensão e 40% dos sólidos dissolvidos são de natureza orgânica. As proteínas são os principais constituintes do organismo animal, ocorrendo em menor extensão nas plantas.

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido a presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela uréia na água.

Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes.

A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos: fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas, a fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para as presenças de amônia e nitratos nas águas, as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico, bem como para a dissolução de amônia e nitratos.

A tabela a seguir estará mostrando qual é a eficiência de remoção da concentração de poluentes nos efluentes bruto e tratado.

Os núcleos urbanos que tenham parte ou a totalidade dos efluentes lançados sem tratamento devem, sempre que solicitados, apresentar uma estimativa de carga poluente calculada apenas em termos de DBO relativa à parcela da população urbana não atendida por ETE's e considerando o coeficiente de poluição per capita de 54g/DBO.hab.dia.

Sistemas	Eficiência média de remoção	Sistemas	Eficiência média de remoção
	DBO5 (%)		DBO5 (%)
Tratamento primário melhorado quimicamente (baixa dosagem)+Biológico +desnitrificação parcial	95	Lagoa aerada facultativa	75
Precipitação primária (alta dosagem)+Biológico +desnitrificação	97	Lagoa aerada mistura completa – lagoa sedimentação	75
Tratamento primário (tanques sépticos)	30	Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + lagoa de maturação	80
Tratamento primário convencional	30	Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + lagoa de alta taxa	80
Tratamento primário avançado (a)	45	Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + remoção de algas	85
Lagoa facultativa	75	Infiltração lenta	90
Lagoa anaeróbia - Lagoa facultativa	75	Infiltração rápida	85
UASB + Flotação por ar dissolvido	83	Escoamento superficial	80
UASB + lagoas de Polimento	77	<i>Terras úmidas construídas (Wetlands)</i>	80
UASB + lagoa aerada facultativa	75		
UASB + lagoa aerada mist. Compl. + lagoa de decantação	75	UASB + filtro biológico percolador de alta carga	77
UASB + escoamento superficial	77		
Lodos Ativados Convencional	85	Lodos Ativados – aeração prolongada	90
Lodos Ativados – batelada	90		
Lodos Ativados convenc. c/ rem. Biol. N		Lodos Ativados convenc. c/ rem. Biológica de N/P	85

Tabela 4: Comparação entre a eficiência de remoção da concentração de poluentes nas tecnologias de tratamento de água e wetland construída.

Considerações físicas para implantação de wetlands construídas

Wetlands construídas podem ser desenvolvidas de maneira a serem formadas como uma espécie de bacia rasa, onde a camada mais profunda deve ser uma superfície impermeabilizada para contenção de água superficial ao solo. Essa condição (simplista) reproduz o comportamento de uma zona úmida.

Esse tipo de “tanque” pode ser construído, grosso modo, em qualquer lugar na paisagem, fazendo-se pertencer a mesma.

Então, para que haja um funcionamento idêntico aos sistemas de zonas úmidas naturais, o fator mais importante na concepção de um projeto desse porte é a análise hidrologia, porque é através dela que se constituem as funções de wetlands naturais e esse é o principal fator do sucesso ou fracasso no processo. Portanto há de se considerar que:

- pequenas mudanças na hidrologia podem ter efeitos bastante significativos sobre uma zona úmida e sua eficácia do tratamento
- devido à grande área de superfície da água e sua profundidade rasa, o sistema de wetland construído interage fortemente com a atmosfera através da precipitação e evapotranspiração (perda combinada de água por evaporação da superfície da água e perda através da transpiração pelas plantas)
- a densidade da vegetação de uma área alagada afeta fortemente sua hidrologia, em primeiro lugar, obstruindo os caminhos de fluxo como a água que acaba criando um caminho sinuoso através da rede de caules, folhas, raízes e rizomas que, por outro lado, bloqueiam o tanque da exposição ao vento e ao sol.

Vantagens de construção de wetlands

Wetlands construídas são rentáveis e tecnicamente viáveis para o tratamento de águas residuárias e escoamento por várias razões, a determinar:

- zonas úmidas podem ser menos dispendiosas do que a construção de outras opções de tratamento
- despesas de operação e manutenção (energia e materiais) são baixas
- operação e manutenção requerem apenas alguns períodos e não tempo contínuo, no local da estação
- zonas húmidas são capazes de tolerar flutuações (influências de águas pluviais)
- preparam águas para reuso
- eles fornecem habitat para muitos organismos característicos desse tipo de área
- elas podem ser construídas para se encaixar harmoniosamente na paisagem
- são sistemas ambientalmente sensíveis e essa abordagem é vista com bons olhos pelo Público em geral
- entidades internacionais promovem, na medida do possível, formas de manejo e atividades em defesa desses tipos de ecossistemas pelo alto valor ambiental que utilitariamente possuem. Principalmente a EPA como citada anteriormente.

Reúso de Água

As águas de tratamento, assim como águas residuárias, possuem, em sua grande maioria, formas de re-utilização. Na natureza, é sistematicamente aplicado o que se convencionou de Ciclo Hidrológico.

Esse ciclo é o responsável natural, direto e indireto no tratamento de água de qualquer origem. Seja água “*in natura*”, seja água “*contaminada*”.

Já o homem, por sua vez, independente a qual arranjo pertence, rural ou urbano, grande ou pequeno, previu a necessidade de tratar a água. Principalmente a água “para abastecimento”. Isto porque a água “*in natura*” nunca é pura. Contendo em seu fluido, diversos “contaminantes” naturais, como galhos de árvores, folhas, excrementos animais, insetos, animais putrefados etc.

Partindo desse pressuposto, na história da Humanidade, houve gradativamente, a busca de tecnologias para tratamento de águas para abastecimento, do tratamento das águas usadas e descartadas (esgotos) e determinação de padrões de água. Esses padrões nada mais são do que elementos indicativos químicos presentes nas águas, que asseguram ou não o grau de potabilidade da mesma. Isto é, se uma água pode ser ingerida por um ser humano ou usada para algum outro fim. Essa caracterização fez com que a água merecesse cada vez mais estudos apurados e especializados através de suas técnicas de tratamento e assim, a água que a natureza trata através de seu Ciclo, foi reclassificada, rearranjada, recodificada e um dos aspectos mais atuais desse universo de possibilidades as quais pode ser aplicada a água, foi o que se normatizou reuso de água.

Em linhas gerais, pode-se reusar uma água proveniente de qualquer tipo de tratamento, desde que se obedecem algumas diretrizes e normatizações. Esse tipo de “re-condução” de água é um meio de devolver ao meio ambiente uma água muito mais saudável e principalmente de se racionalizar a água doce que se extrai desse meio ambiente, já que diversos estudos têm demonstrado que ela é finita e requer formas racionais (conservadoras?) de uso e manejo.

MANCUSO (2003), trabalha os aspectos sistêmicos e tecnológicos acerca do reuso de água, definindo-os como:

“(..) arranjos lógicos de sequências de processos e operações unitárias, adequados aos vários tipos de reuso”.

E:

“Como grande parcela de toda a água utilizada pelo homem destina-se à agricultura, o reuso de água para essa finalidade e os processos de infiltração ganharam destaque(...)”.

A aplicação de usos benéficos de água de reuso, segundo CULP (1980) e RICHARD (1998) *apud* MANCUSO (*op. cit.*) são:

NÍVEL 1: rega de folhagens, fibras têxteis, sementes, pomares e vinhedos.

NÍVEL 2: rega de pastagem para gado leiteiro e de corte, campos de golfe, jardins públicos, canteiros de rodovias, bosques urbanos e lagos ornamentais.

NÍVEL 3: similar ao nível anterior.

NÍVEL 4: aplicações onde a remoção de nitrogênio se faz necessária.

NÍVEL 5: aplicações agrícolas para produtos comestíveis, em parques e jardins escolares e para enchimento de lagos para recreação e contato primário.

NÍVEL 6: similar ao nível anterior.

NÍVEL 7: similar ao nível anterior.

NÍVEL 8: piscicultura.

NÍVEL 9: culturas alimentícias, parques, playgrounds, irrigação de pátios escolares gramados e para lagos recreacionais de acesso restritivo (Atendimento pleno ao “Título 22 do Código da Califórnia”).

NÍVEL 10: recarga de lençóis por injeção no solo e recarga de lençóis por meio de bacias de recarga.

NÍVEL 11: torres de resfriamento, água de processo, caldeiras e geradores de vapor.

NÍVEL 12: torres de resfriamento, água de processo, caldeiras e geradores de vapor.

Considerando estes níveis é que verificamos a extensa ordem de aplicação de água de reuso.

Assim, o reuso de água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água (níveis anteriores) e de como ela tenha sido usada anteriormente. BREGA e MANCUSO (2003).

Isso porque:

“(…) entre uma comunidade que capta água de um rio contendo os esgotos de uma grande metrópole e uma outra cidade às margens de outro grande rio onde apenas algumas pessoas despejam esgotos, existem diferenças em termos de diluição, distâncias percorridas pelos efluentes e fatores naturais referentes à recuperação da qualidade desses rios. Sendo assim, é impossível determinar o preciso instante em que foi iniciado o reuso de água. (grifo nosso). BREGA e MANCUSO (*op.cit.*).

Assim, os autores tratam o conceito de reuso sobre a base de que a sua caracterização deve levar em conta o volume de esgoto recebido pelo corpo de água, relativamente ao volume de água originalmente existente no rio. (pp 22-23).

Na tentativa de se obter o melhor conceito sobre o Reúso de água, os autores colocam em discussão o termo “reciclagem de água”, onde por conta de sua definição, acaba por tornar-se um produto muito diferente da concepção verdadeira ou mais próxima de “reuso”:

“O termo reciclagem é definido como reuso interno da água para o uso original, antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou outro ponto qualquer de disposição. Por outro lado, o termo reuso é utilizado para designar descargas de efluentes que são subsequentemente utilizados por outros usuários, diferentes do original”. (pág. 24).

Chegando ao conceito mais aceito, citado pelo autor LAVRADOR FILHO (1987), *apud* MANCUSO e SANTOS (2003):

“Reúso de Água: é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas”.

O reúso de água então, é revisto e são catalogadas as suas mais diversas aplicações no âmbito internacional.

Para este projeto, encontrar lugares ideais para implantar sistemas de tratamento de água como wetland construída acompanhado das prerrogativas do Reúso de Água, somente faz o sistema de tratamento ser mais completo e adequado às demandas a que um planejamento ambiental racionalizado ou conservacionista contemporâneo requer.

7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICAS APLICADAS

Em primeiro plano foi determinado o levantamento bibliográfico acerca do universo mundial de wetlands.

O que são, como operam, quais os conceitos adaptados em cada um dos países que tratam sobre estudos variados de zonas úmidas, as suas características mais comuns, suas aplicações e adaptabilidades.

Em seguida, o software de tratamento de dados geográficos que mais condizia com a aplicação dos dados encontrados e quantificados, como citado anteriormente através de seu comportamento da arquitetura de software pertencente ao universo de um SIG, o SPRING do INPE.

O terceiro procedimento foi marcado pela busca de uma área que, geomorfologicamente possuiria dados relativamente complexos em sua estrutura para a elaboração de um Modelo que permitisse a intersecção de dados geográficos para a obtenção de pontos ideais para implantação de wetlands. Esta etapa foi primordial para que fossem catalogadas e classificadas informações sobre o objeto de estudo, mais precisamente, das características fisiográficas que envolvem a Serra do Japi.

Nesta etapa, todo o levantamento cartográfico apoiou-se sobre JESUS (2004) e o Banco de Dados da região disponível pelo Instituto Brasileiro de Geografia – IBGE.

Ainda segundo JESUS (2004), a delimitação da área de estudo foi definida de acordo com o agrupamento da compartimentação geomorfológica e orientação das estruturas de falhas que delimitam os domínios estruturais definidos na área de estudo de NEVES (1999) e SILVA (2000), e seguindo os limites das rodovias Anhanguera – SP 300 e Marechal Rondon – SP 300.

A área de estudo, assim como suas características como Rede de Drenagem, Geologia, Relevo, Uso da Terra e Vegetação foram reconstruídas no software SPRING, criando assim o Projeto Japi – um arquivo digital contendo um Banco de Dados necessário para que houvesse a possibilidade de se efetuar as correlações e abstrações necessárias ao Modelo proposto no objetivo do projeto.

Todos os mapas seguiram a ordem das cartas planialtimétricas em escala de 1:50.000 :

- Os dados do mapa topográfico em seu formato digital foram utilizados para a elaboração do primeiro Modelo Numérico de Terreno (MNT), tendo como a altimetria como base para elaboração desse modelo;

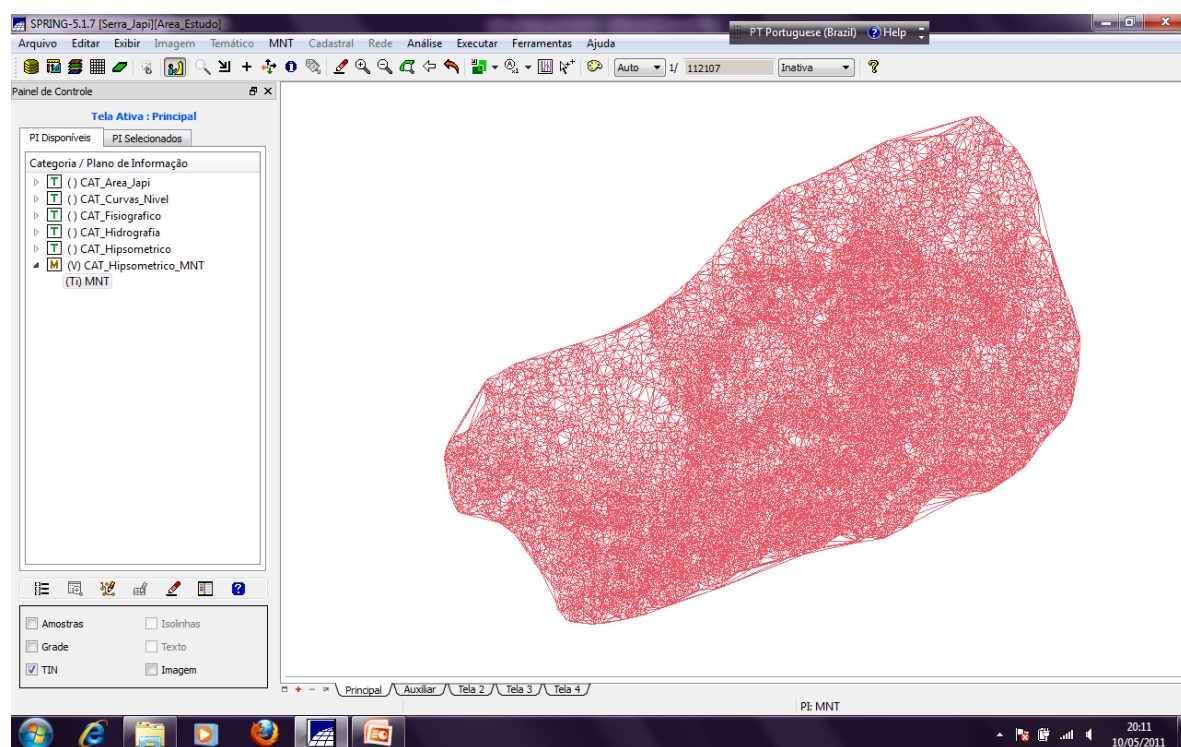


Figura 20: Interpolação de curvas de nível. Método: Triangulação de Delaunay.

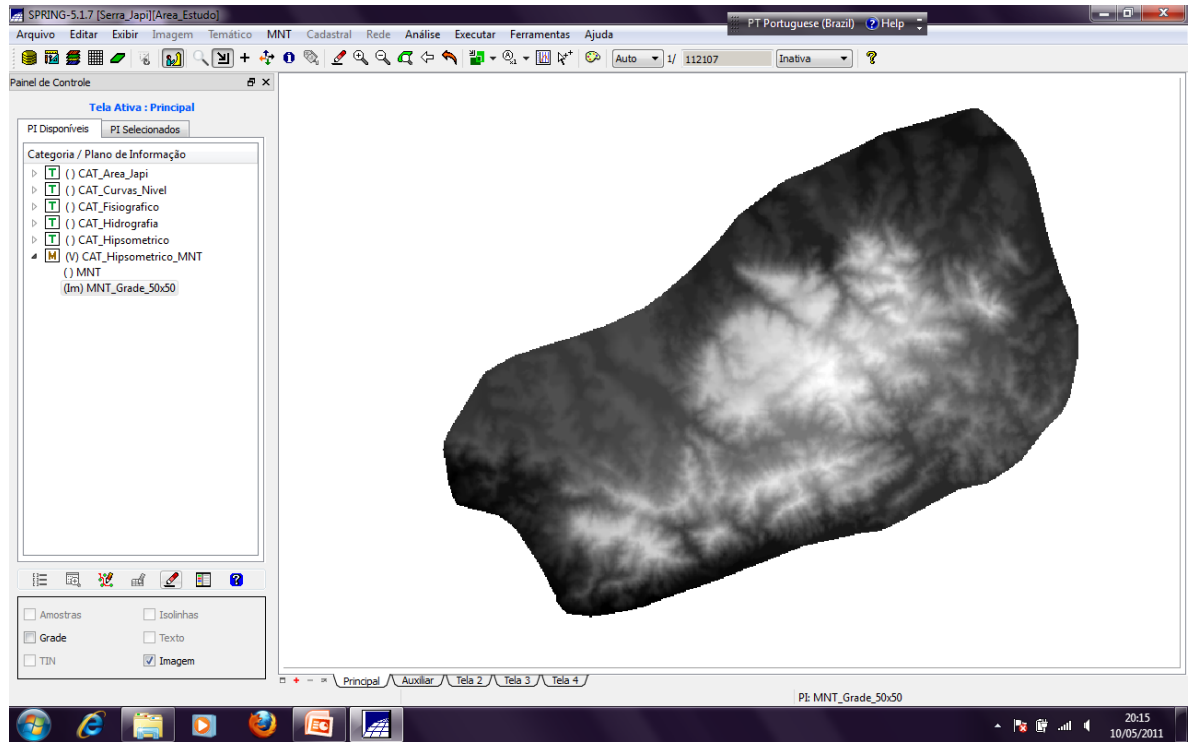


Figura 21: Resultado da interpolação de curvas de nível. Método: Grade Retangular.

- A criação do mapa Hipsométrico foi gerado através do MNT definindo sete intervalos altitudinais;

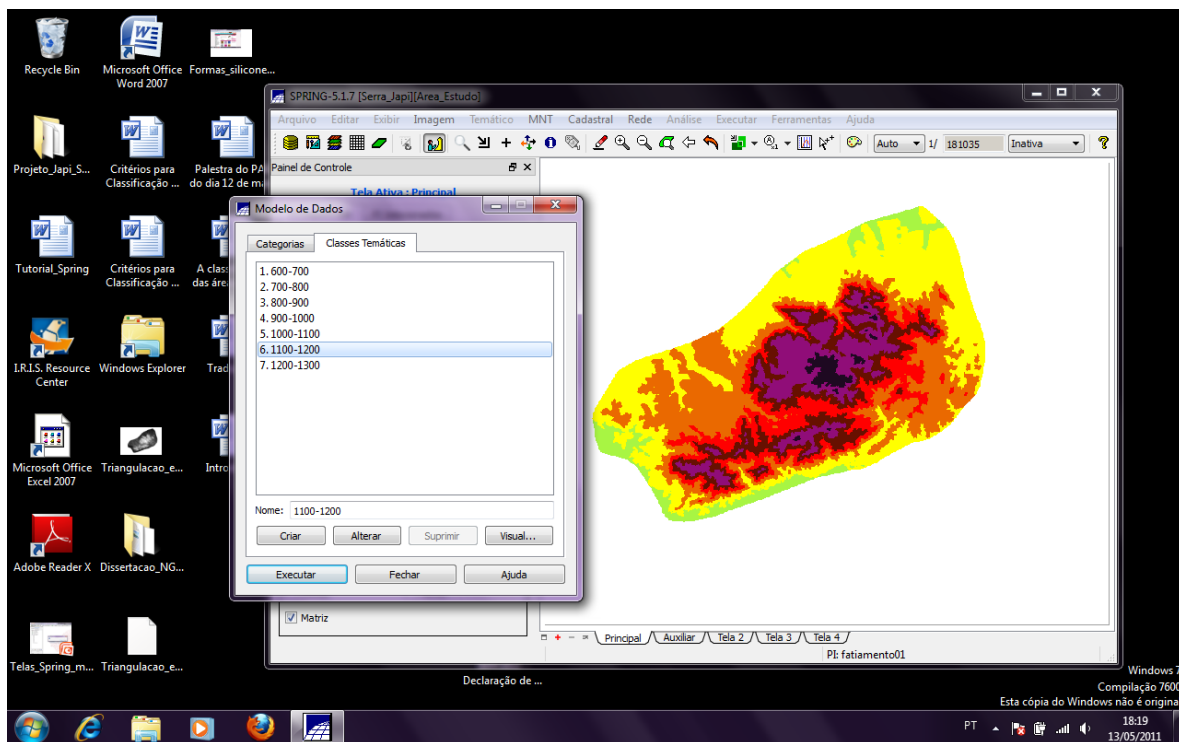


Figura 22: Processo de Criação do Mapa Hipsométrico e definição de classes. GOLUBEFF, 2011.

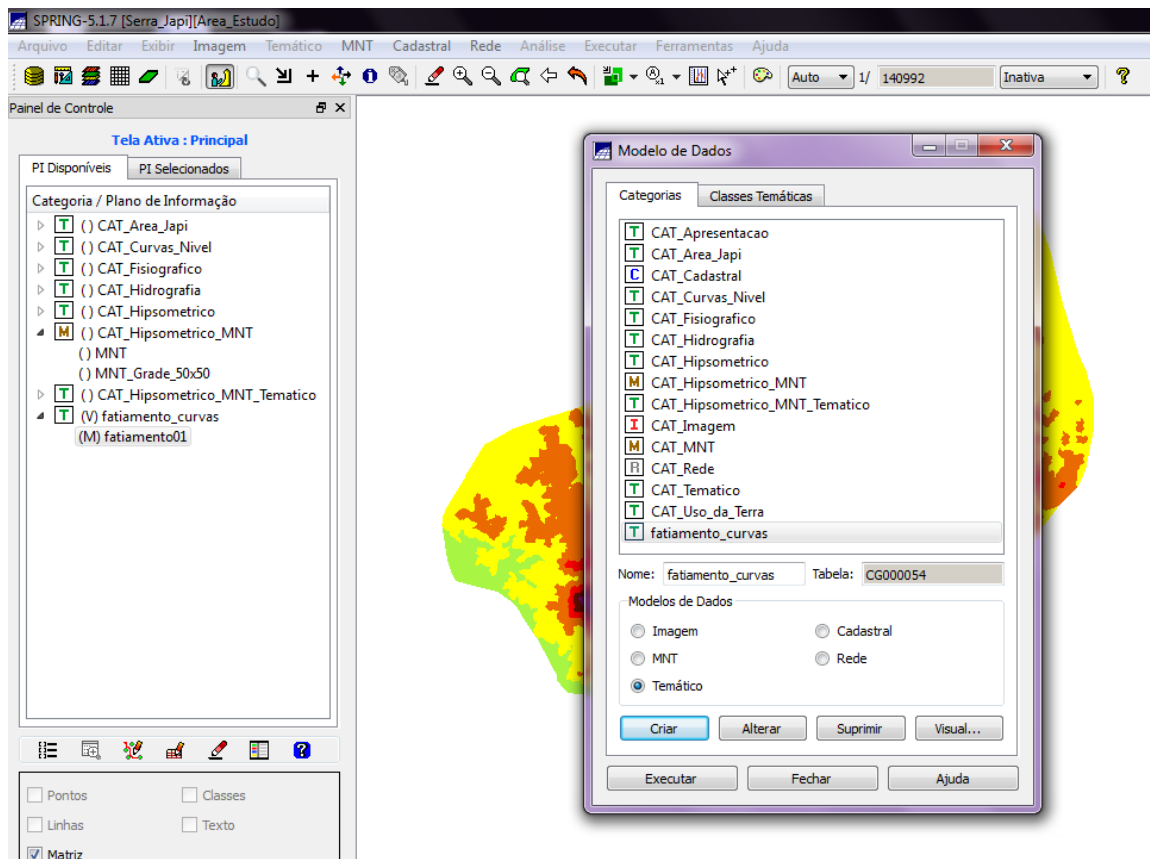


Figura 23: Método do Fatiamento para a definição das classes.

- Os dados do mapa Geológico foram compilados a partir dos mapas publicados nos seguintes trabalhos: JESUS (2004), BATISTA et. Al. (1986, 1987), HACKSPACHER (1994), GALEMBECK (1997) e NEVES (1999).
- O mapa de capacidade do uso da Terra, contendo as Unidades de conservação do solo e as restrições do uso.
- O mapa Fisiográfico representa as feições de relevo da área de relevância.
- O mapa Pedológico, concentrações de tipos de solos.
- O mapa de Declividade e Orientação de Vertentes a ser gerado através do MNT usando-se comandos do SPRING;

Esses dados primários e principais foram escaneados e em seguida usados como “pano de fundo” para a digitalização (poligonização) em SPRING release 5.1.7.

No momento da criação do Banco de Dados de Projeto, as imagens escaneadas foram georeferenciadas utilizando-se a Projeção Cartográfica UTM/SAD69.

Além dessa sistematização de dados, a implantação de uma wetland construída, pode ser otimizada através de um processo abrangente de investigação no local, incluindo o local selecionado, e combinação de variáveis de meio ambiente com variáveis sócio-econômicas para efetuar as análises, avaliações, construção de obras de reparação de terrenos e arranjos.

A escolha do local é baseada em estudos geológicos, geotécnicos, hidrológicos e outras informações ambientais que possam influenciar na performance da construção. Seleção de um local adequado, com presença de solos bem desenvolvidos, bom acesso e potencial de inundação baixo. Essa breve descrição do tipo de local faz com que ele seja um sítio ideal (preliminar) para avaliação de variáveis para seleção.

A questão-alvo do projeto que é usar um instrumento (Spring) para operacionalizar procedimentos de busca e encontro de lugares, é de extrema valia, porém, no decorrer do desenvolvimento desta etapa as maiores questões fundamentaram-se em outros processos.

O mais importante é a questão que se levanta a cada trabalho de mapeamento, que trata sobre Variáveis.

O que são, quais as suas “origens”, quais são seus valores consagrados, quais melhores formas de utilização sem que haja a presença de grandes equívocos ou erros de aplicação.

Variáveis morfométricas, são encontradas segundo diversas fontes, dentre as já citadas; INPE, EMBRAPA, IPT, CSIRO, ITC. Além dos especialistas dos estudos de classificação de relevo como SILVA *et al.* (2007), ROSS (2006), MONTEIRO (2000), ZOENNEVELD (1989), MEIJERINK (1988), ABREU (1982), TRICART (1977), SOTCHAVA (1977), AB'SABER (1969), BERTRAND (1968), DAVIS (1899), GERASIMOV (1969), GRIGORIEV (1968), DE MARTONNE (1951), entre outros.

Segundo consideração da própria autora, a natureza funciona de maneira lógica, há um questionamento de que poderia até mesmo funcionar sob o prisma matemático, de forma que um SIM não é um NÃO, e vice-versa.

E mesmo essa citada Natureza nos transmitir desta forma, a sua simplicidade, ela é aparente, porque todos os processos lógico-matemáticos que a envolvem são profundamente dotados de detalhes, transformando então essa aparente simplicidade em sistemas altamente complexos e inter-relacionados.

Essa leitura faz com que não haja exatamente um valor fixo para uma *variável* (no caso). Essa variável tem, muitas vezes, uma relevância que apenas se aplica ao contexto a qual está inserida. Pode ser que em outro essa variável seja totalmente desprezível ou nula. Um peso e uma medida diferente.

A acuidade nas leituras da infinidade de estudos setorizados mostra (vez ou outra) como isso é possível.

De maneira que cada vez mais, sistemas de planejamento ambiental têm se tornado multidisciplinares, para que se alcancem resultados mais próximos às demandas.

Esse projeto, até este momento, trata de buscar valores e os mesmos foram aplicados a apenas *uma* característica e demanda local.

Isso não descarta a importância dessa proposta, muito pelo contrário, acredita-se que uma dada “parametrização” tenha também a sua funcionalidade aplicada à outras áreas, mas é uma proposta que ainda está presente no *campo das idéias*. Estatisticamente, os testes e aplicações a um maior número de amostras, assegura um melhor resultado, ou, menos impreciso.

Wetlands, em sua grande maioria são sistemas de purificação de água, que são analisados por cientistas e estudiosos no assunto, (em torno de 90%) sob o ponto de vista biológico e físico-químico. Ponto de vista ecológico, digamos assim.

E existe uma ausência legítima para tratar desses sistemas sob o ponto de vista geográfico.

Neste sentido vale citar que SOTCHAVA (1978) *apud* ROSS (2006) explicava que o conceito de ecossistemas é “fundamentalmente” biológico, porque esta concepção associa-se à ecologia, cujo centro de preocupação é a vida animal e vegetal. E tomam como um único elementos ou um único componente da natureza como referência.

Sob o ponto de vista holístico, pode-se construir uma wetland em qualquer lugar (segundo o gradiente de efluente a ser tratado). Sob o ponto de vista geográfico, a análise torna-se um pouco mais profunda, baseada em alguns dos fundamentos teórico-metodológicos descritos anteriormente. Enfatizando inclusive a Teoria dos Geossistemas de que são sistemas que abrangem complexos biológicos, envolvendo a totalidade dos componentes naturais na perspectiva de suas conexões, inter-relações de dependências mútuas e seus aspectos funcionais, sendo, portanto, de espectro mais amplo do que a concepção ecossistêmica.

O geossistema para os geógrafos soviéticos é investigado por meio de transectos, estações experimentais, análises de laboratório, métodos gráficos e estatísticos, modelagem e mapeamento em grande escala, resultando em uma teoria de dimensão geográfica. SOTCHAVA (*op. cit.*).

A questão do SIG, é que o seu desenvolvimento cada vez mais crescente, têm impulsionado, em larga escala, uma integração de diversas variáveis para análises de mapeamento de dados geográficos.

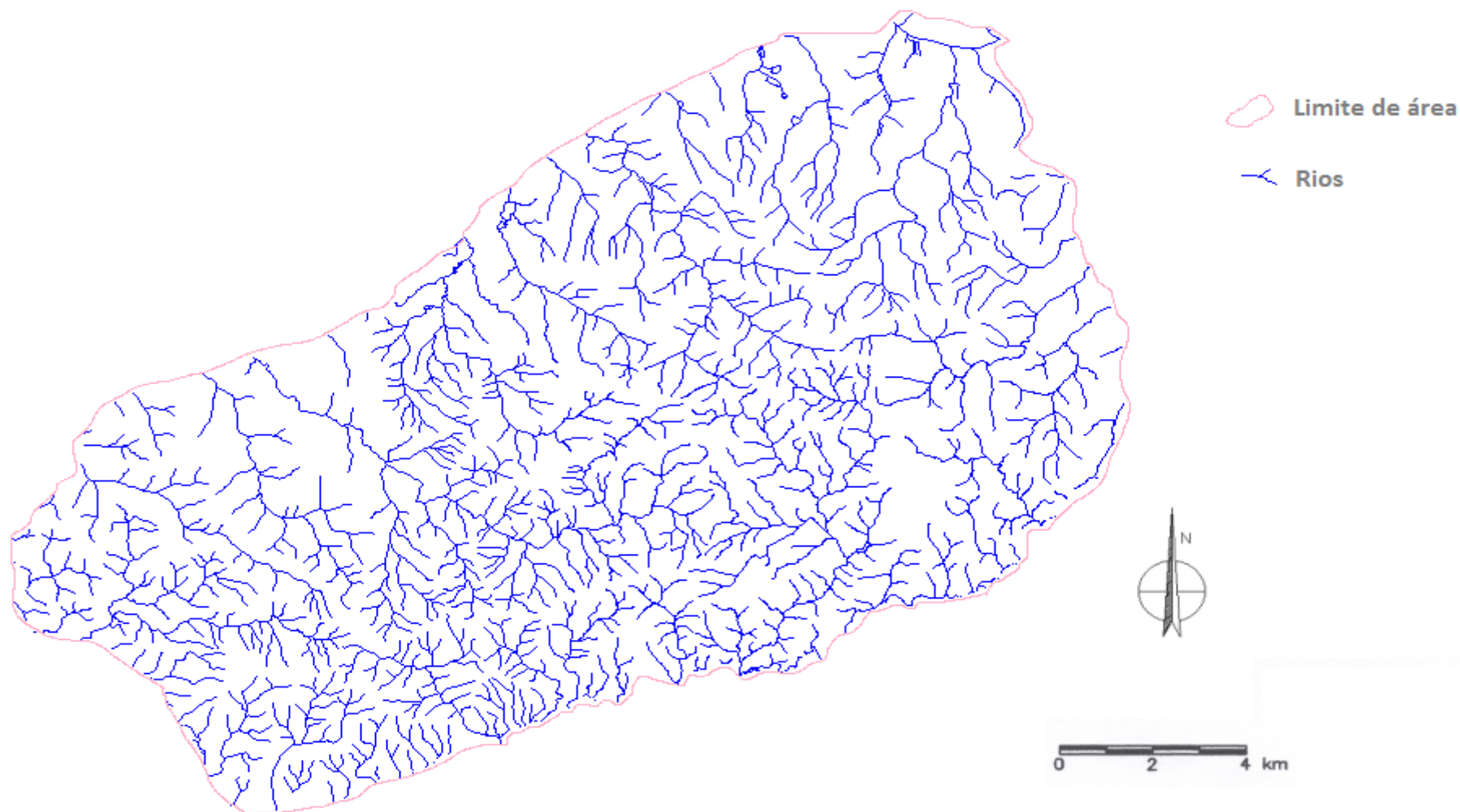
Mas esta integração está diretamente ligada à dados coletados. E, ainda são fundamentalmente, a forma de manipulação desses dados, que podem gerar possíveis erros metodológicos, comprometendo resultados e cenários.

Isso ocorre porque ao integrar mapas de diferentes origens, gerados por diferentes especialistas, métodos e base de dados, há de se haver um cuidado com a compatibilidade dos limites de unidades, porque os limites de unidades de mapas temáticos elaborados individualmente raramente coincidem, como ocorre com os limites da planície aluvial do mapa geomorfológico, que deveriam, mas nem sempre coincidem com aqueles dos aluviões (sedimentos inconsolidados) do mapa geológico e dos solos aluviais do mapa pedológico ZONNEVELD (1989).

Por este motivo, até o momento, foram usados valores consagrados de variáveis, como apresenta a Tabela a seguir:

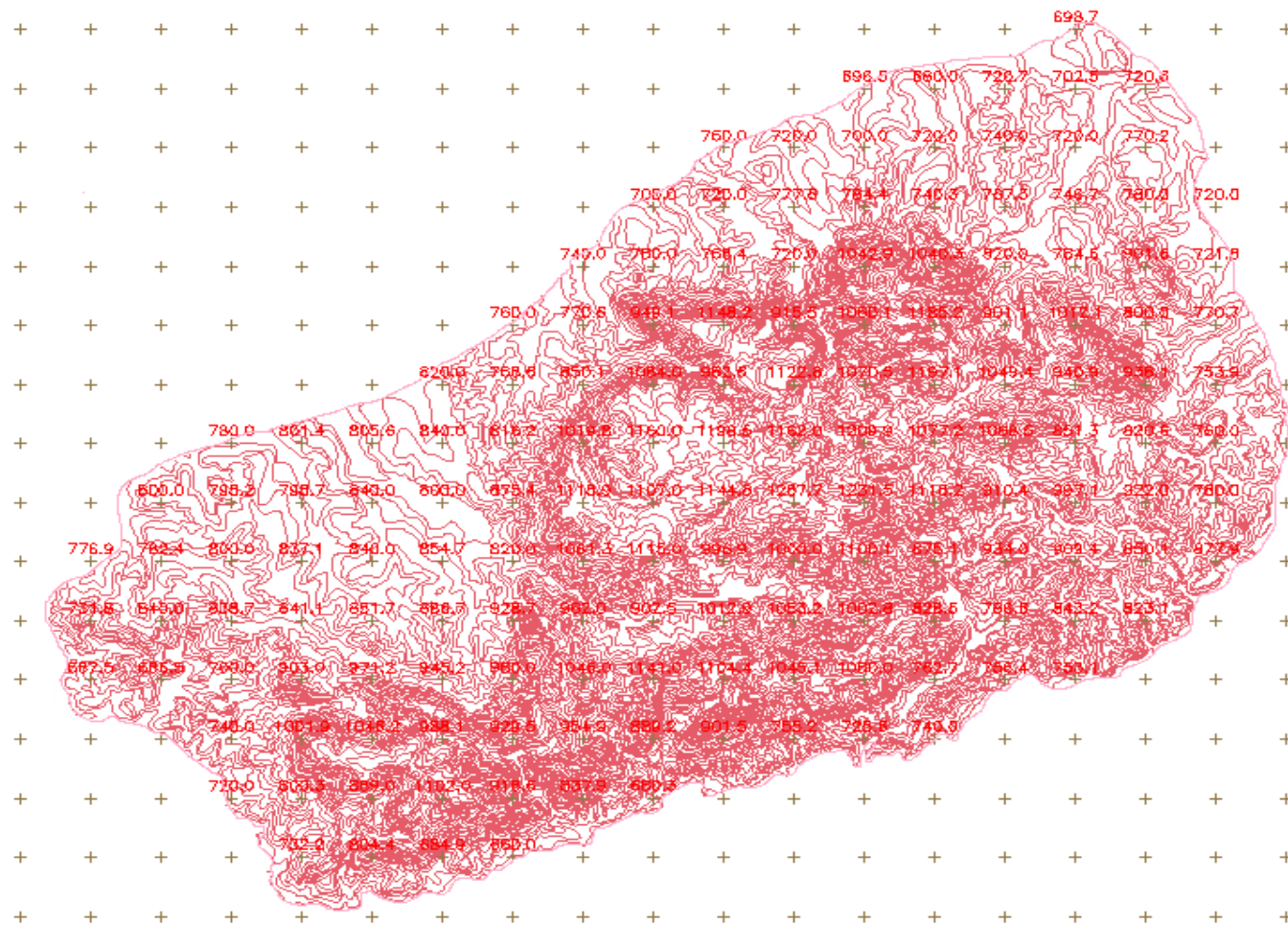
Variáveis	Classes	Categorias
Altitude Absoluta dominante	> 1000 m	Muito Alta
	1000 – 600 m	Alta
	600 – 300 m	Média
	300 – 100 m	Baixa
	< 100 m	Muito Baixa
Amplitude Altimétrica média	> 200 m	Muito Alta
	200 – 100 m	Alta
	100 – 40 m	Média
	40 – 20 m	Baixa
	< 20 m	Muito Baixa
Declividade Dominante	> 50%	Muito Alta
	50% – 20%	Alta
	20% - 6%	Média
	6% - 2%	Baixa
	< 2%	Muito Baixa
Grau de Fragilidade das Classes de Declividade	> 30%	Muito Forte
	30% - 20%	Forte
	20% - 12%	Média
	12% - 6%	Fraca
	< 6%	Muito Fraca
Fragilidade de Solos	Podzolizados com cascalhos, litólicos e areias quartzosas	Muito Forte
	Podzólico vermelho-amarelo textura média/arenosa, cambissolos	Forte
	Latossolo vermelho-amarelo, terra roxa, terra bruna, podzólico vermelho-amarelo com textura média/argilosa	Média
	Latossolo amarelo e vermelho-amarelo com textura média/argilosa	Fraca
	Latossolo roxo, Latossolo vermelho-escuro e vermelho-amarelo com textura argilosa	Muito Fraca
	Latossolo roxo, latossolo vermelho-escuro, vermelho-amarelo com textura argilosa	Muito Fraca
Densidade de Drenagem (comprimento total x área)	> 20	Muito Alta
	20 – 7,5	Alta
	7,5 – 3,0	Média
	3,0 – 0,5	Baixa
	< 0,5	Muito Baixa
Orientação de Vertentes	Sem orientação preferencial	N, S, L, O, NO, NE, SE, SO
Forma dominante dos Topos		Plano
		Arredondado
		Angular
Forma das Vertentes – Curvatura Vertical		Convexa
		Rétilínea
		Côncava
		Composta
Forma das Vertentes - Curvatura Horizontal		Convergente
		Planar
		Divergente
		Composta
Forma dos Vales		Abertos
		Fechados
Processos Morfodinâmicos		Erosão Laminar
		Erosão em sulcos (ravinas)
		Movimentos de Massa

Tabela 5: Valores consagrados de variáveis morfométricas.



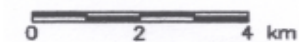
Mapa 1: Mapa da Rede de Drenagem

Fonte: Folhas Topográficas Indaiatuba, Cabreúva, Santana do Parnaíba e Jundiá. (JESUS, 2004). Escala 1:50.000 (IBGE). Base Digital: GOLUBEFF (2011)



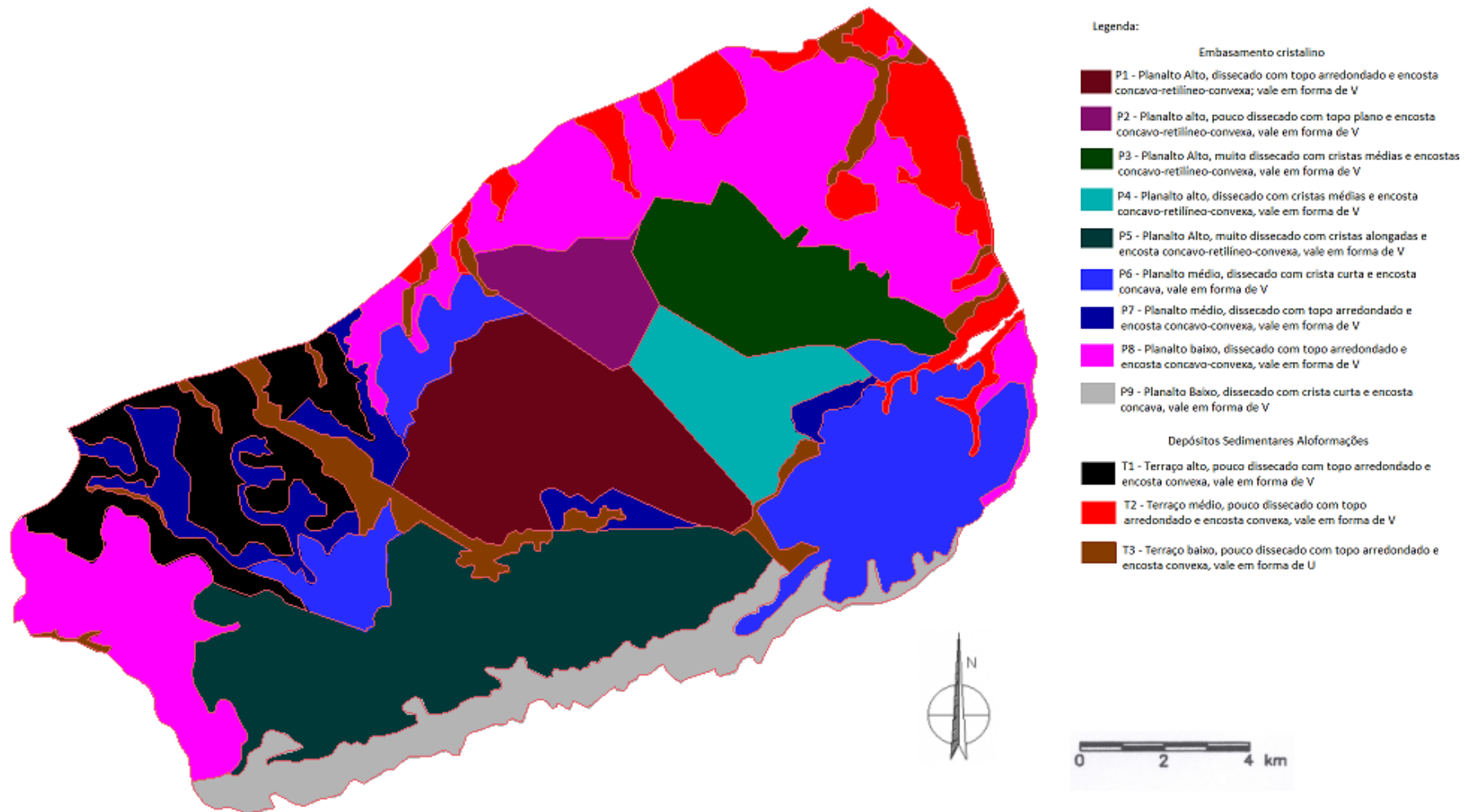
Altitudes em Metros

600 - 1300



Mapa 2: Mapa Hipsométrico

Fonte: Folhas Topográficas Indaiatuba, Cabreúva, Santana do Parnaíba e Jundiá. (JESUS, 2004). Escala 1:50.000 (IBGE). Base Digital: GOLUBEFF (2011)

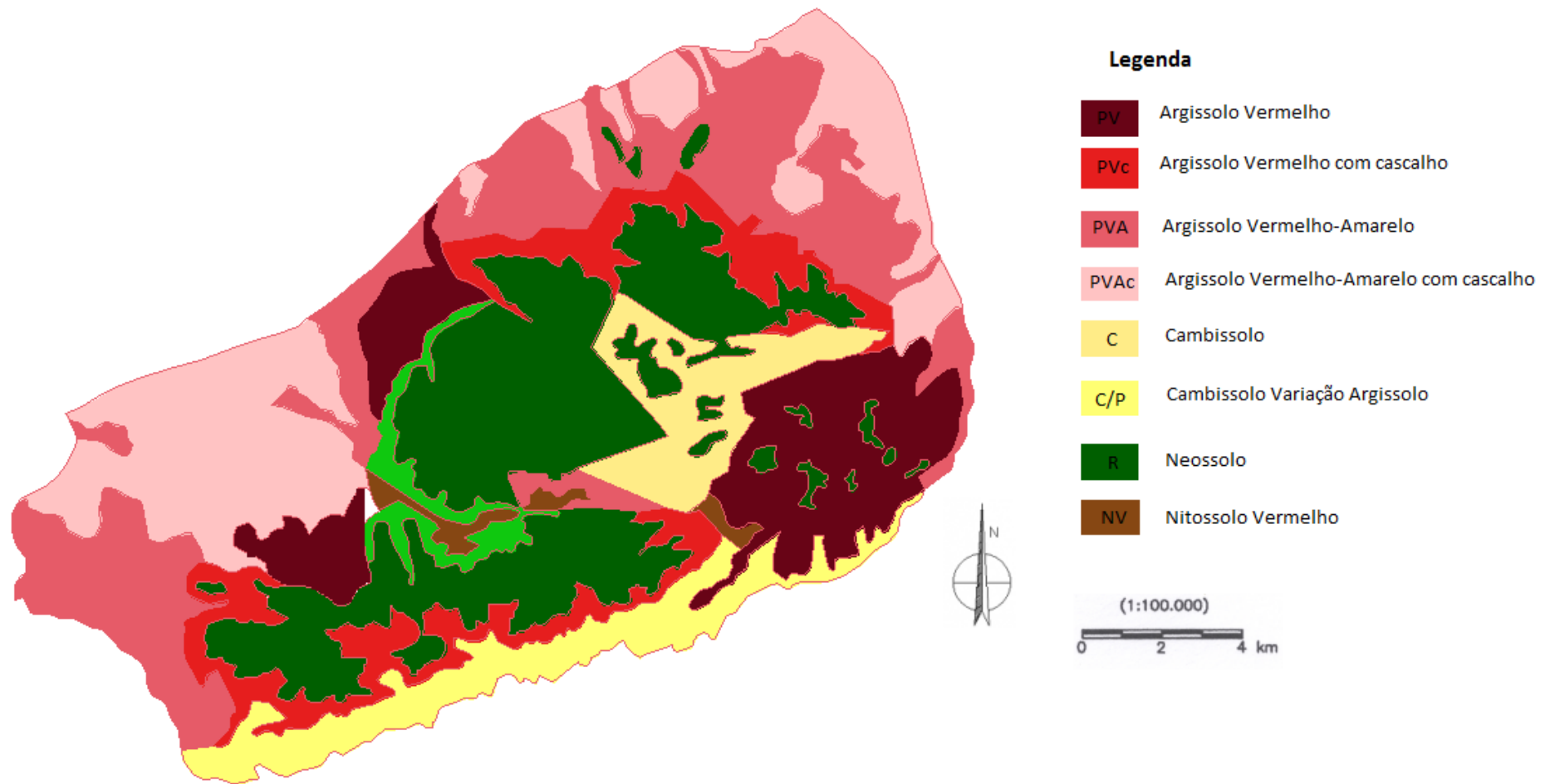


Mapa 3: Mapa Fisiográfico

Fonte: Folhas Topográficas Indaiatuba, Cabreúva, Santana do Parnaíba e Jundiá. (JESUS, 2004). Escala 1:50.000 (IBGE). Base Digital: GOLUBEFF (2011)

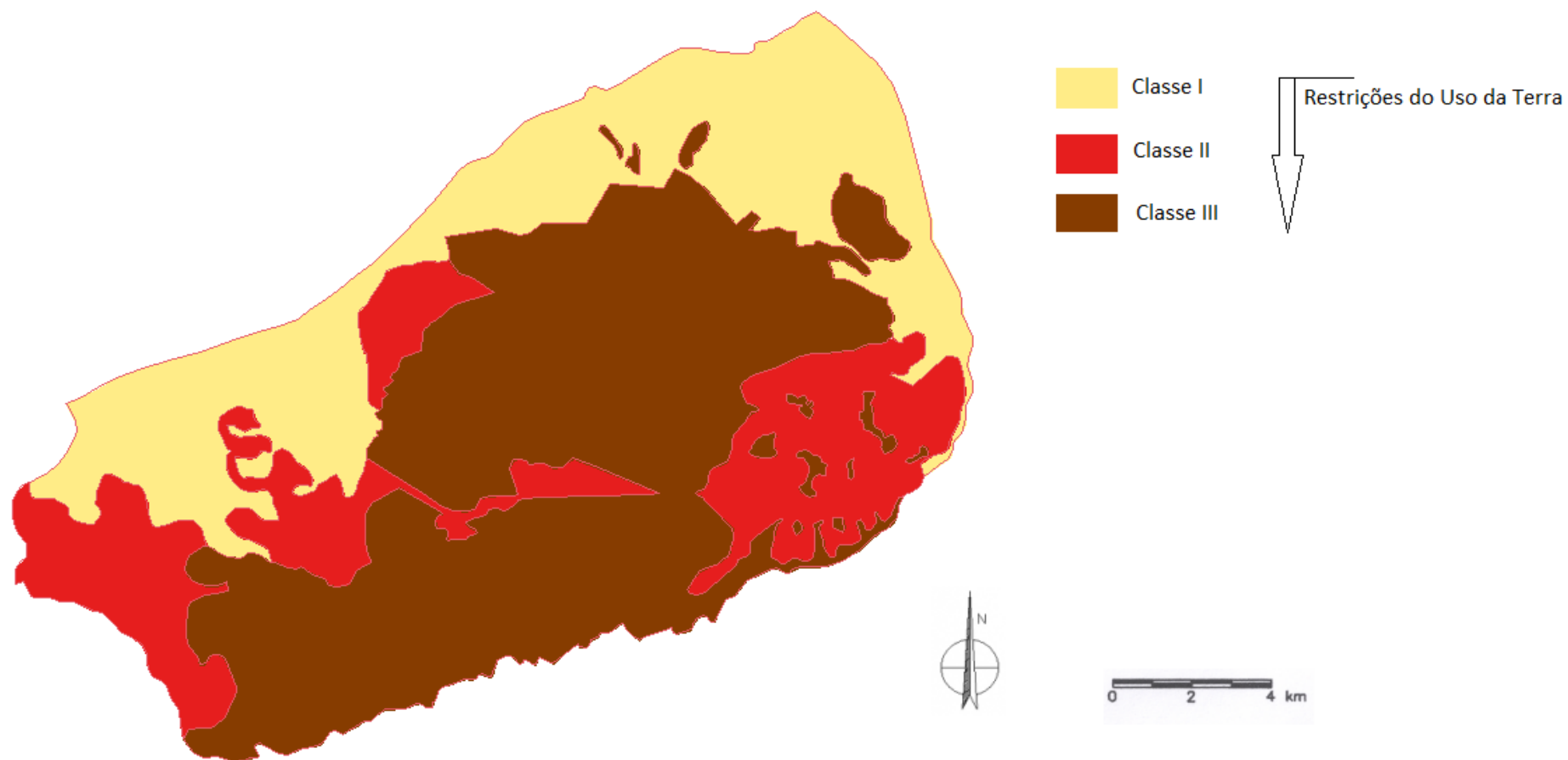
Mapa 4: Mapa Geológico

Fonte: Folhas Topográficas Indaiatuba, Cabreúva, Santana do Parnaíba e Jundiaí. (JESUS, 2004). Escala 1:50.000 (IBGE). Base Digital: GOLUBEFF (2011)



Mapa 5: Mapa Pedológico

Fonte: Folhas Topográficas Indaiatuba, Cabreúva, Santana do Parnaíba e Jundiá. (JESUS, 2004). Escala 1:100.000 (IBGE). Base Digital: GOLUBEFF (2011)



Mapa 6: Mapa de Capacidade do Uso da Terra

Fonte: Folhas Topográficas Indaiatuba, Cabreúva, Santana do Parnaíba e Jundiá. (JESUS, 2004). Escala 1:50.000 (IBGE). Base Digital: GOLUBEFF (2011)

O procedimento ainda tem andamento com relação à complementação de dados relacionados às análises de fotointerpretação e sensoriamento remoto, além de trabalhos de campo na conferência da exatidão de informações fornecidas pelo SIG.

Em 2003, foi ofertado um conjunto de dados da SRTM para a América do Sul pelo INPE e estão à disposição (para download) da comunidade em geral. Um Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil.

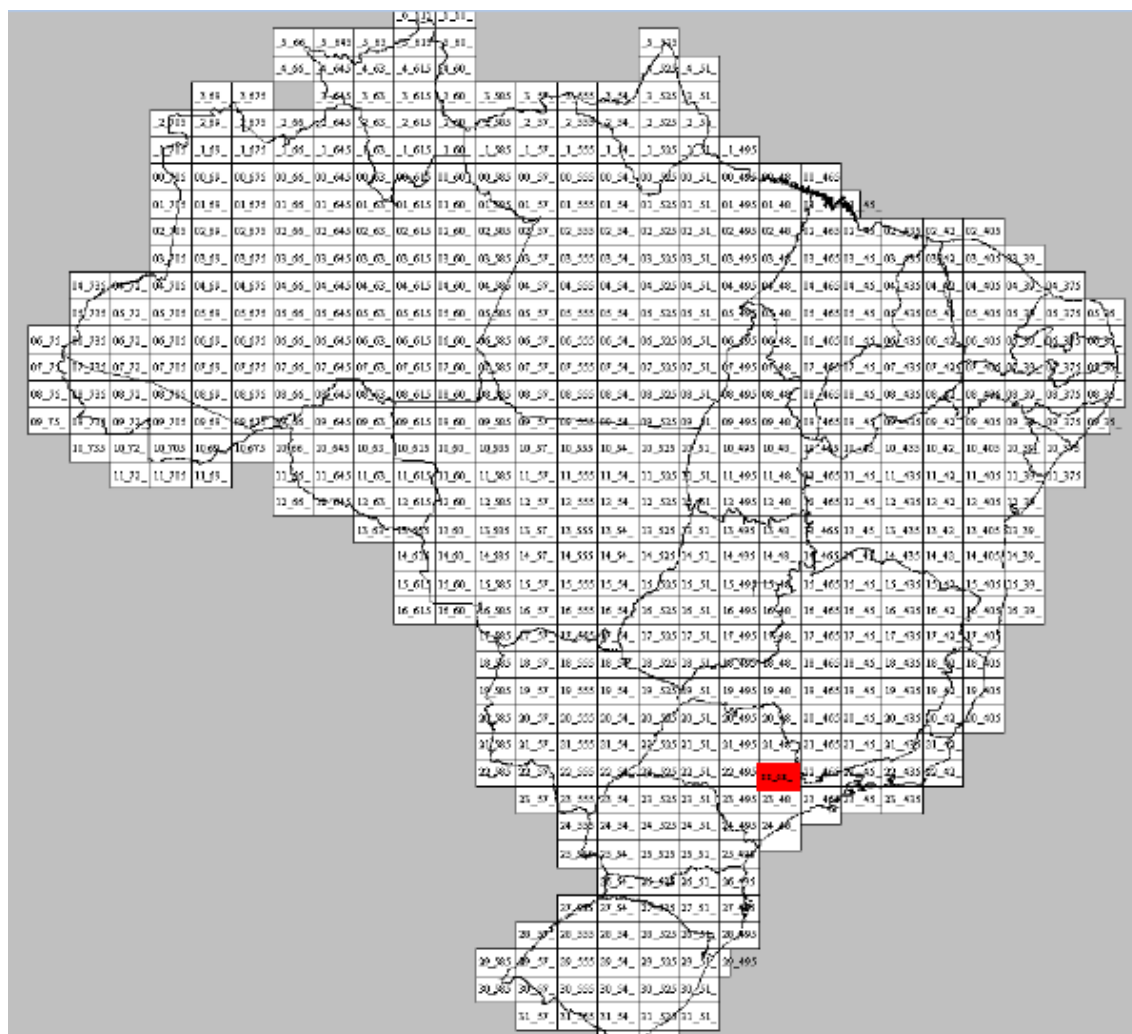


Figura 24: Folha para acesso aos dados a partir da seleção da folha de interesse (numeração). Com destaque para a área de projeto.

Esses dados topográficos estão divididos em diversos temas, a apresentar algumas imagens, e podem ser importadas pelo SPRING.

Nas figuras a seguir, serão mostradas as séries de importações realizadas com as imagens Topodata.

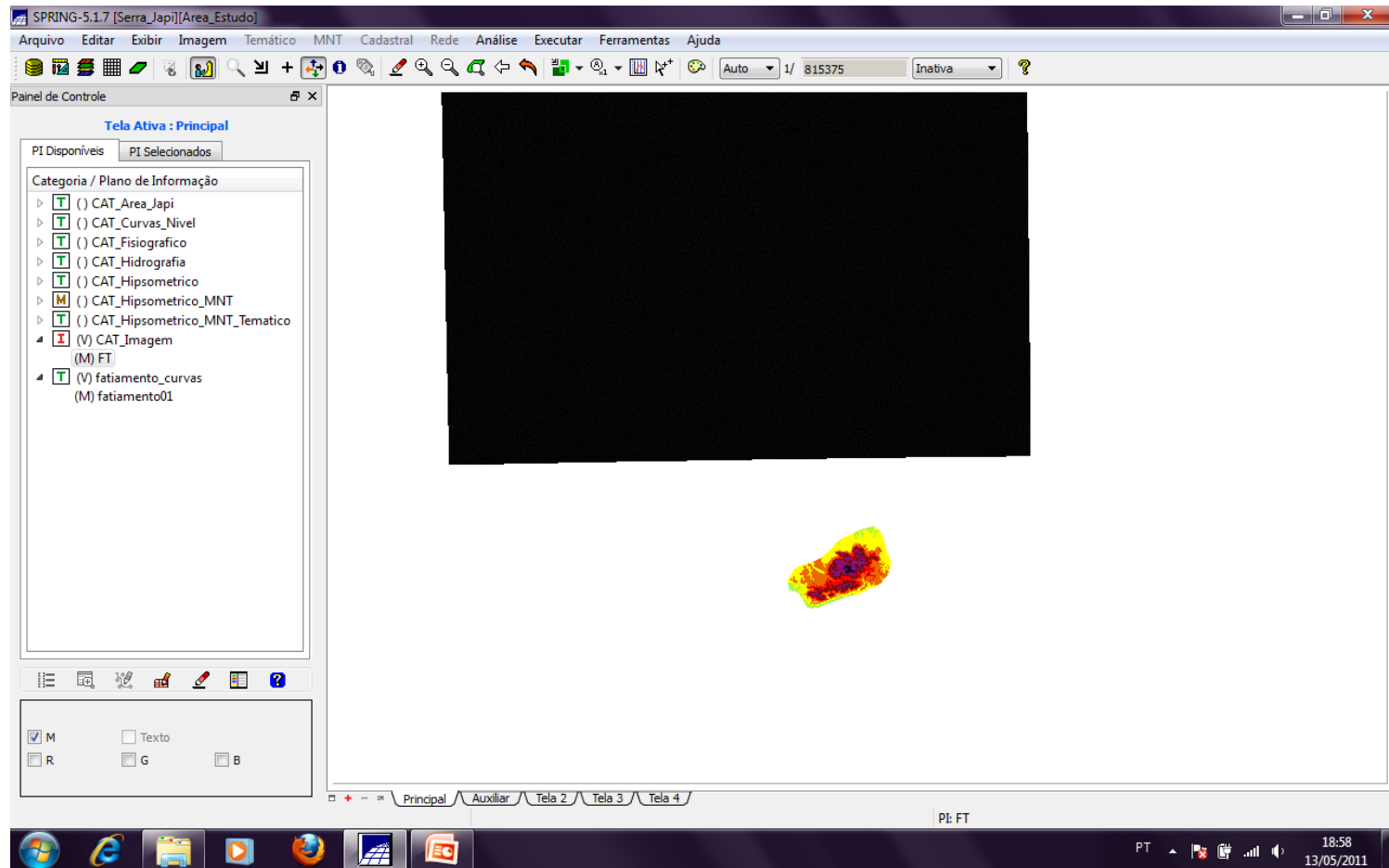


Figura 25: Imagem Superior à área de estudo.

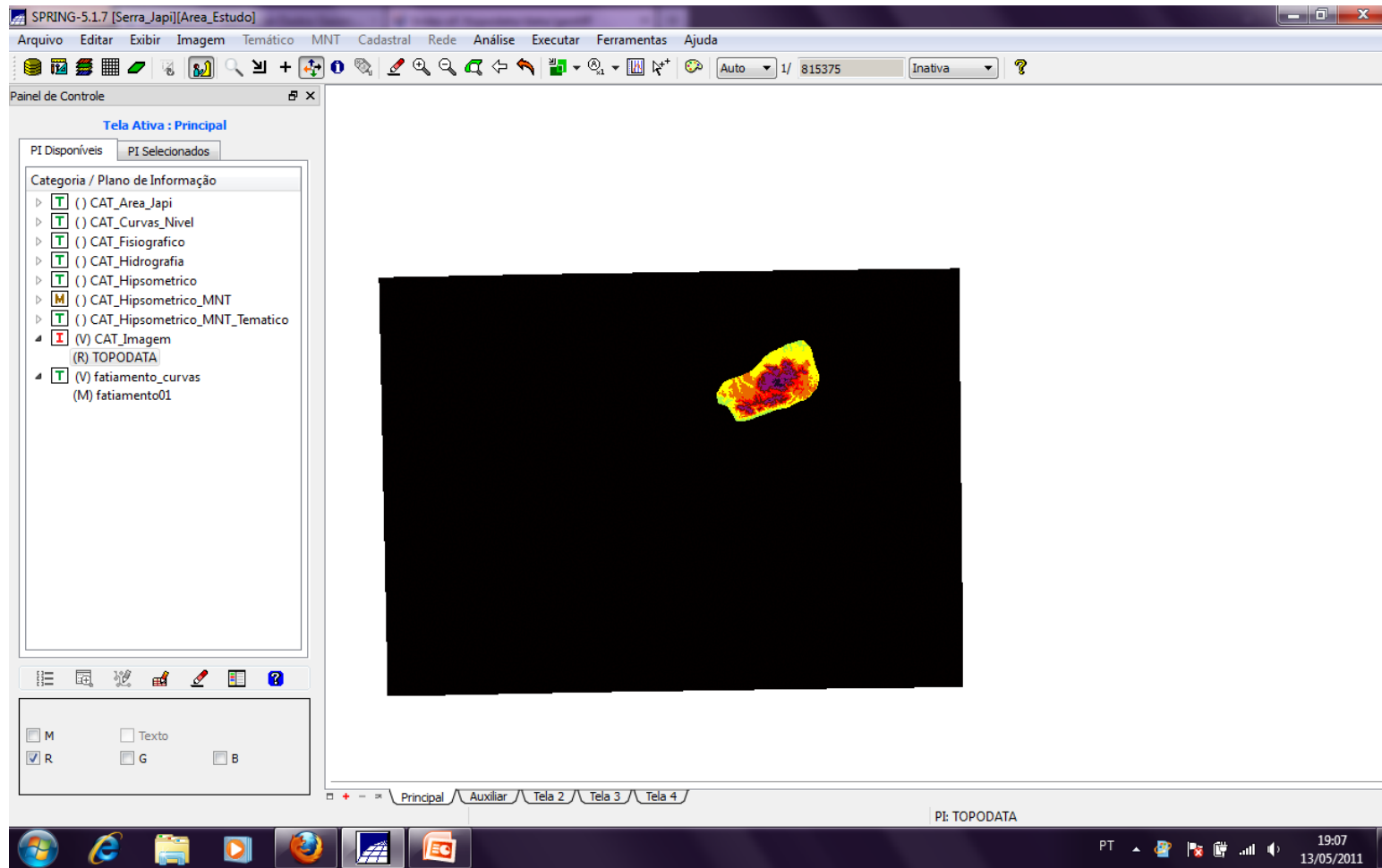


Figura 26: Localização da área de estudo na Imagem Georeferenciada.

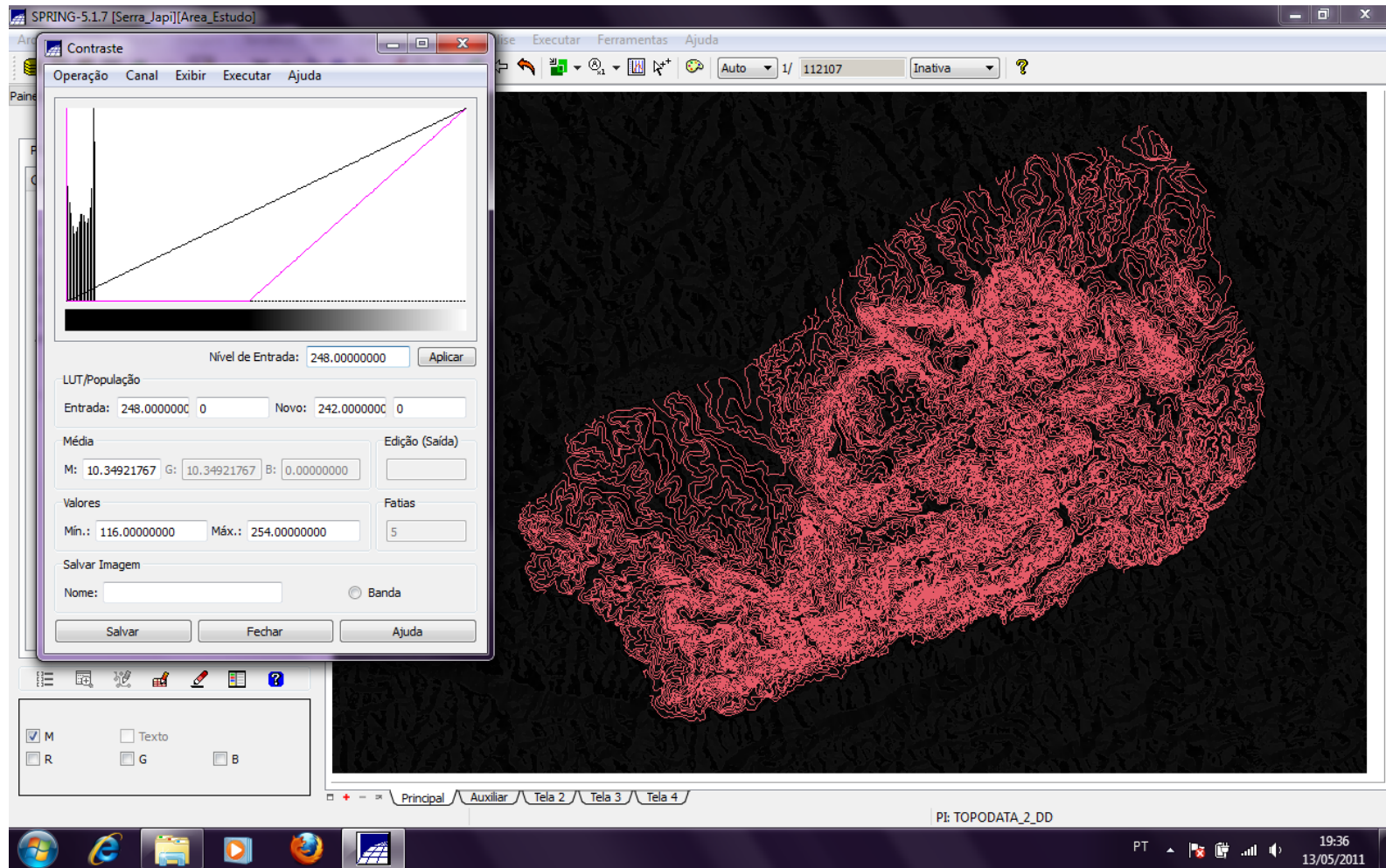


Figura 27: Tentativa de melhoramento visual da imagem através do contraste.



Figura 28: Resultado de contraste. Monocromático.

Mapa de Declividade

Podemos dizer que todos os métodos de avaliação de terras ou planejamento conservacionista, baseados em modelagem numérica ou em decisões lógicas, lidam com a variável declividade.

Além dessas aplicações, também figura entre as variáveis de evidente aplicação na interpretação geomorfológica.

Neste caso, a variável declividade é apresentada conforme alguns critérios a seguir, o Spring inicialmente realiza o cálculo bruto da declividade e após a definição das classes temáticas que o operador escolheu, o software opera com os dados que foram associados a essas classes.

Então, para a confecção do Mapa de Declividade, são ofertadas algumas classes consagradas por algumas referências de pesquisas.

Embora os valores de declividade sejam muito requeridos em trabalhos de análise numérica, modelagem e outros usos matemáticos, é preciso reconhecer uma forte tradição de uso de classes de declividade em abordagens lógicas.

As faixas de declividade são utilizadas nos instrumentos formais de avaliação de terras, como o Sistema de Capacidade de Uso ou Aptidão Agrícola, entre outros.

Diversos procedimentos de análise do relevo incluem a classificação da área em faixas de declividade, para posterior integração com outros planos de informação.

Na Tabela estão apresentados os limites de declividade de acordo com o Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso (MARQUES, 1971), atualizado em LEPSCH et al. (1991), assim como a atual classificação da EMBRAPA (1999).

Marques (1971)		Lepsch (1991)		EMBRAPA (1999)	
Declive	Faixa (%)	Classe	Faixa (%)	Relevo	Faixa (%)
A – suave	0 a 2,5	A	0 a 2	Plano	0 a 3
		B	2 a 5		
B – moderado	2,5 a 12	C	5 a 10	Suave ondulado	3 a 8
		D	10 a 15	Ondulado	8 a 20
C – forte	12 a 50	E	15 a 45	Forte ondulado	20 a 45
		F	45 a 70	Montanhoso	45 a 75
D – muito forte	Acima de 50	G	Acima de 70	Escarpado	Acima de 75

Tabela 6 - Comparação entre diferentes limites rígidos de classes de declividade para avaliação de terras

A declividade é definida como o ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. Seus valores podem variar de 0° a 90°, embora seja mais comumente expressa em porcentagem, de zero a infinito. Em campo, sua medição direta pode ser feita com clinômetro, cuja leitura é feita com uma visada entre dois pontos de um alinhamento na mesma orientação da vertente local. Indiretamente, pode-se computar desníveis em visadas horizontais, e calcular o ângulo operando-se os mesmos com suas respectivas distâncias. Em mapas topográficos, é estimada pela distância entre as curvas de nível. Em MDE, sua estimativa se baseia na análise dos desníveis entre pixels vizinhos.

É importante ressaltar que toda operação aritmética entre ângulos de declividade deve ser feita com a variável expressa em graus, radianos ou grados, por estas serem unidades lineares e proporcionais. Os valores em porcentagem variam de forma não-linear, de modo que setores com mesma abertura correspondem a intervalos numéricos diferentes, de acordo com sua posição no arco trigonométrico.

Outra hierarquização de classes de declividade, baseadas na classificação de BERTONI e LOMBARDI NETO (1990):

Classes de Declividade	Categorias Hierárquicas
> 30%	Muito Forte
20 a 30%	Forte
12 a 20%	Médio
6 a 12%	Fraco
< 6%	Muito Fraco

Tabela 7: Valores de fragilidade do solo para as Classes de declividade

Devido à sua estreita associação com processos de transporte gravitacional (escoamento, erosão, deslizamento), a declividade do terreno é uma variável básica para a segmentação de áreas em praticamente todos os procedimentos de planejamento territorial.

Podemos dizer que todos os métodos de avaliação de terras ou planejamento conservacionista, baseados em modelagem numérica ou em decisões lógicas, lidam com a variável declividade.

Mapa de Orientação de Vertentes

A orientação de vertentes (também chamada exposição ou direção) é definida como o ângulo azimutal correspondente à maior inclinação do terreno, no sentido descendente. É expressa em graus, de 0o a 360°. Em campo, é determinada pela leitura da bússola em visada na direção presumida do escoamento, ou simplesmente, morro abaixo. Em mapas topográficos, a orientação é dada pela direção transversal à isolinha local e no sentido descendente. A orientação de vertentes compõe, com a declividade, a geometria de exposição da superfície do terreno em representações sob esquema de relevo sombreado.

Como os ângulos zenital e azimutal da superfície, respectivamente, a declividade e a orientação de vertentes guardam entre si uma relação de analogia e complementaridade na descrição tridimensional do terreno.

Porém, há uma outra relação funcional entre as duas variáveis, quando observamos a ação do relevo em projeção horizontal; a respeito dos deslocamentos oriundos de processos de transporte gravitacional, podemos dizer que a orientação de vertentes é a direção do vetor cujo módulo corresponde à declividade.

Em relevos planos sua determinação é difícil e mesmo sem significado, uma vez que nessa situação o módulo da declividade é nulo ou quase nulo. Assim, deve-se ponderar a orientação de vertentes pela declividade local em todo mecanismo que se traduza em um vetor no plano horizontal.

Num exemplo extremo, o resultado do cálculo da orientação em áreas planas ou quase planas deve ser tomado como um erro ou fruto de flutuações (desníveis) desprezíveis.

Coerentemente, em nossa vivência, observamos a formação de várias poças d'água em áreas planas (aeroportos, estacionamentos), numa clara indicação de que o escoamento superficial não encontra um padrão consistente de orientação ao longo do fraco gradiente.

Apesar das importantes aplicações citadas, a principal utilização da orientação de vertentes em geoprocessamento advém de seu poder de descrição da estrutura de hidrologia superficial.

A seqüência de pontos (pixels) alinhados pela orientação de vertentes determina um caminhamento esperado de escoamento que se costuma chamar de linhas de fluxo.

As linhas de fluxo, canais de drenagem e divisores de água podem ser definidos em função do arranjo local de diferentes orientações, o que fica prontamente visível em representações adequadas da variável.

Assim, o delineamento de microbacias pode ser altamente favorecido quando feito com apoio da orientação de vertentes. Avançando das etapas descritivas, o desenho das linhas de fluxo subsidia a modelagem de todo processo de transporte ao longo das vertentes.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Banco de Dados montado no Spring serviu como base para que fosse utilizado o Módulo AHP, para apresentação do resultado quanto à determinação do melhor lugar para a implantação de um sistema de tratamento de esgoto, modelo wetland.

Em AHP, diferentes fatores influenciam a tomada de decisão. E são comparados dois-a-dois, e um critério de importância relativa foi atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida apresentada na Tabela 8.

Intensidade Importância	Definição Explicação
1	Importância Igual: os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
2	Importância igual/Moderada
3	Importância Moderada: um fator é ligeiramente mais importante que o outro
4	Importância Moderada/Essencial
5	Importância Essencial: um fator é claramente mais importante ou melhor que o outro
6	Importância Essencial/ Demonstrada
7	Importância Demonstrada: um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
8	Importância Demonstrada/Extrema
9	Importância Extrema: a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível

Tabela 8: Critérios de importância relativa em AHP

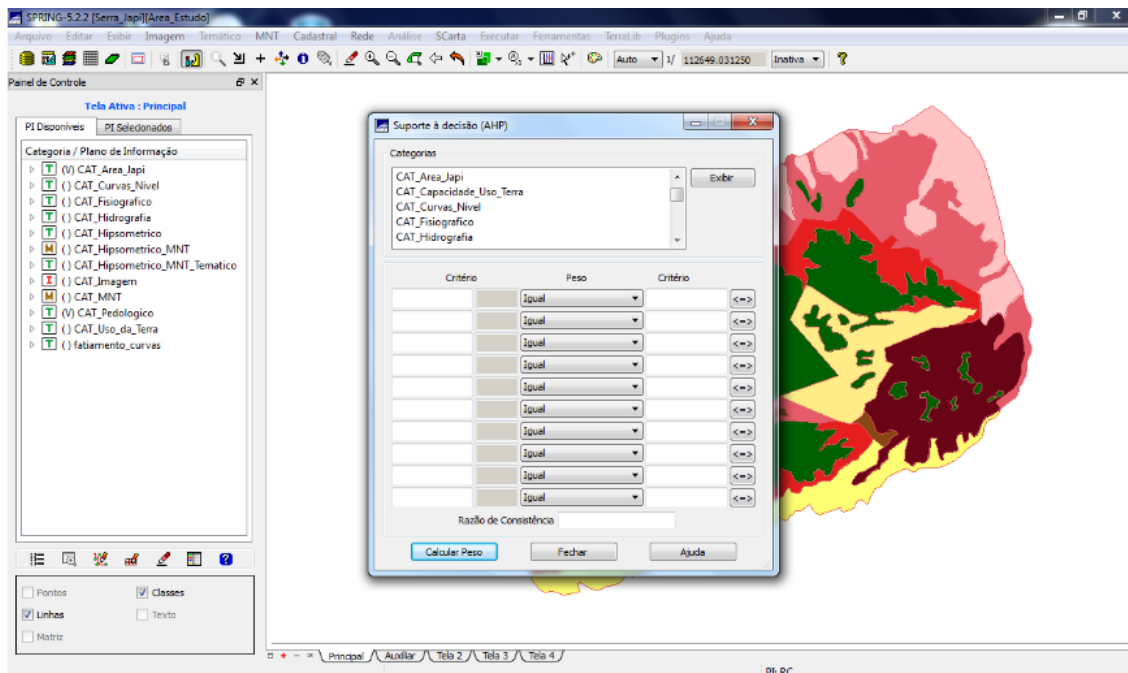


Figura 29: Suporte à decisão do AHP - Spring

As variáveis que foram utilizadas para a determinação do resultado foram distribuídas em um esboço de Hierarquia de Decisão:

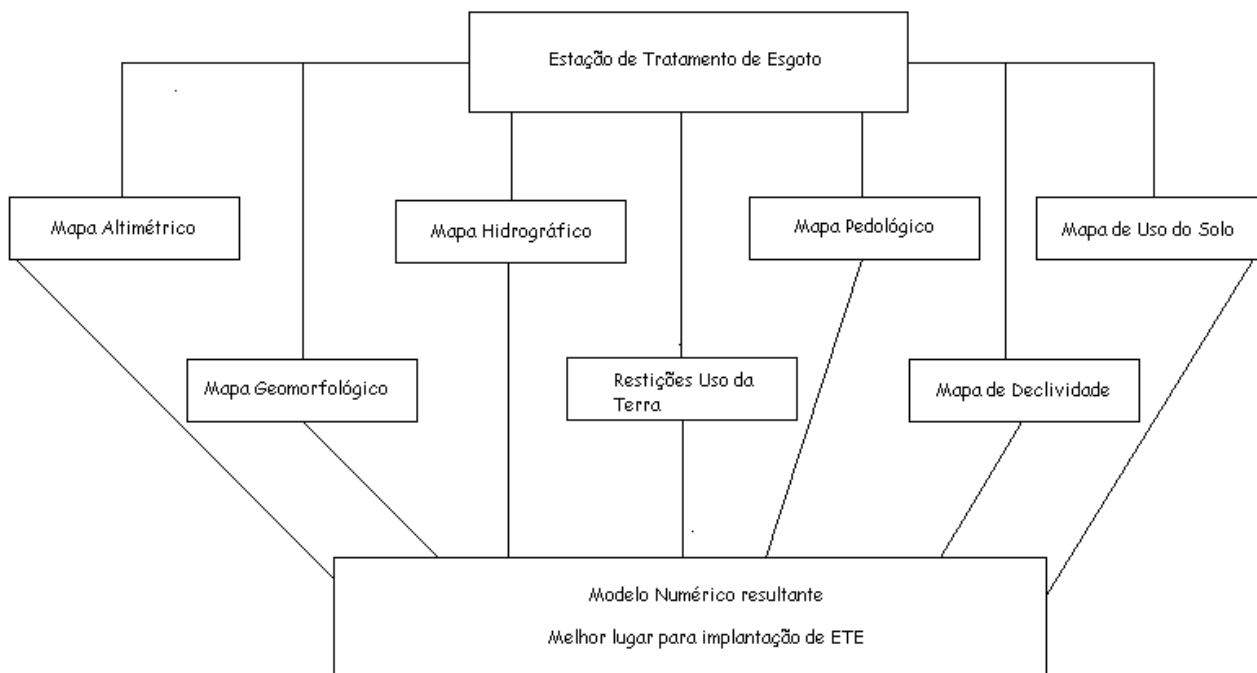


Figura 30: Esboço de Hierarquia de Decisão

A partir desta construção de esboço de hierarquia de decisões, a matriz de comparação pareada se fez presente, relacionando os dados constituintes dos mapas, através de critérios de pesos no AHP.

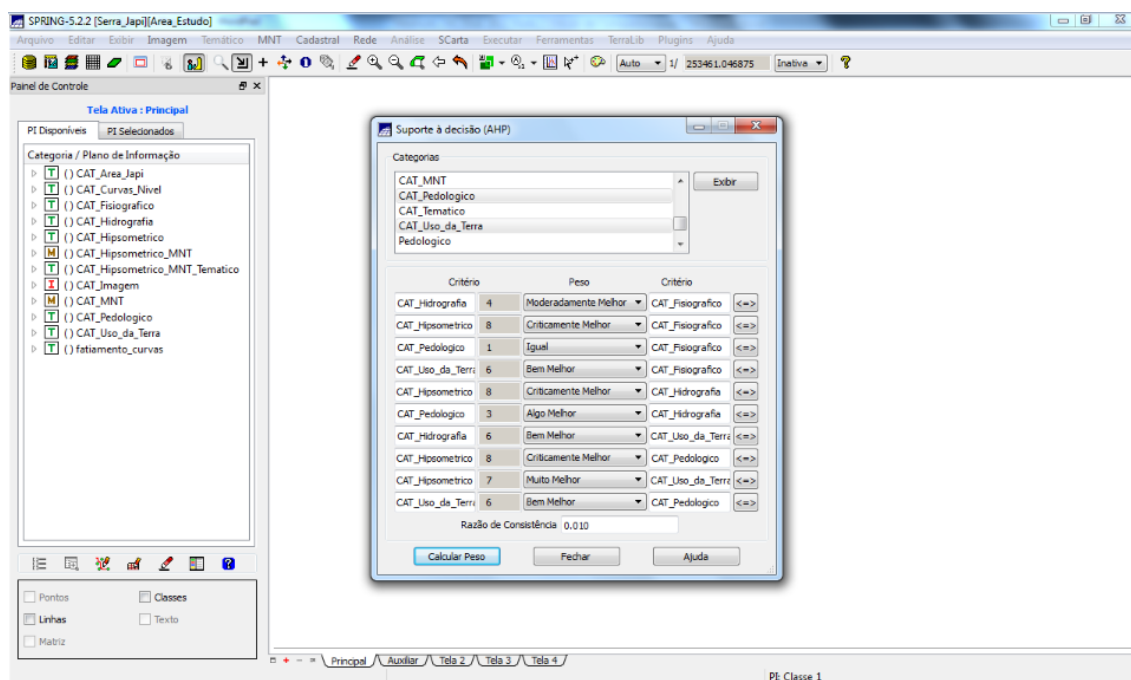


Figura 31: Critério de Pesos do AHP

Em um primeiro momento, o cálculo dos pesos partiu de uma matemática geral simples, quantificando o número de mapas e atribuindo um peso de importância a cada um deles.

Mapa Temático/Atributo	Peso
Declividade	1
Hipsométrico	8/9
Unidades de Conservação do Solo	7/9
Uso da Terra	6/9
Ecodinâmica	5/9
Drenagem	4/9
Pedológico	3/9
Geológico	2/9
Fisiográfico	1/9

Tabela 9: Constituição de pesos atribuída por Golubeff (2012).

Ficou evidenciado na tabela matriz que o atributo Declividade é *claramente mais importante* que o atributo Pedológico, por outro lado, o atributo Unidades de Conservação do Solo tem uma importância *um pouco melhor* que o Uso da Terra, mas *muito melhor* em relação ao atributo Geológico.

Para a hierarquização das variáveis dos atributos, optou-se primeiro pelos valores hipsométricos e de declividade, associadas diretamente ao tipo de sistema de tratamento de esgoto, que por sua vez, como pode funcionar naturalmente, não há razão de uso de maquinário, para bombeamento de efluentes.

O atributo Unidades de Conservação do Solo, traz a informação de quais espaços da área de estudo são mais restritivos que outros.

Uso da Terra como quarto atributo, determina os espaços ocupados e através dos elementos, como vegetação, mancha urbana, predomínio de tipos de culturas, fazendo com que alguns sejam especialmente impróprios para qualquer tipo de impacto e outros um pouco mais acessíveis, por possuírem influência antrópica.

Se faz necessário o destaque de que, além das categorias físicas deste atributo, estão/foram incluídas no Banco de Dados para a análise de busca do melhor lugar, as categorias do meio sócio-econômico, abrangendo as informações:

- Equipamentos urbanos existentes (vias de transporte, energia, Lei de zoneamento);
- Densidade populacional;
- Índices sócio-econômicos das comunidades que podem ser atendidas com este tipo de implantação/construção de ETE;.
- Detalhes ocupacionais como: tipos que podem provocar eventos perigosos, ocupações comuns e dentro das premissas da lei, ocupações irregulares, espaços previstos para ocupações futuras;
- Indicativos de aterros e entulhos;
- Cálculo da viabilidade para proteção ambiental.

A seguir, o quinto atributo está evidenciado no Mapa de Classes Ecodinâmicas, registrando as áreas que são fortemente instáveis, instáveis, em estabilidade e estáveis.

O padrão de drenagem, como sexto atributo possuiria um valor mais elevado de importância relativa, se a tomada de decisão estivesse voltada à uma estação de tratamento de água. Para uma implantação de estação de tratamento de esgoto, é também considerada a presença de um ou mais corpos d'água para fins de reciclagem, porém não foi o caso de ser um atributo exatamente primordial nesta proposta.

O Banco de Dados possui categorias fundamentais para este atributo:

- Estimativas de Medidas de campo quanto à característica do escoamento superficial;
- Áreas de acúmulo de águas (temporário e permanente);
- Arranjo de bacias hidrográficas;
- Canais de drenagem com fluxo permanente.

O sétimo atributo, o mapa pedológico se faz importante no contexto, porque para a construção de wetlands, é recomendável que o lugar possua em sua constituição, latossolo vermelho, ou latossolo vermelho-amarelo. Argissolos são considerados solos intermediários com limitações físico-químicas, porém considerados satisfatórios ao uso.

Aspectos geológicos constituem o oitavo atributo, indicando as formações e/ou complexos para aumentar o nível de detalhamento de uso sustentável da terra.

O mapa fisiográfico, nono atributo no que tange as especificações de terreno e suas formas. Complementam as análises e os resultados.

A proposta foi que o AHP fizesse a combinação dos layers em função dos pesos dos atributos e convertesse os valores em novo Mapa Temático.

A tabela a seguir mostra valores postulados aos atributos segundo a técnica de critério relativo de importância do AHP.

	Declividade	Hipsometria	Unidade	Uso Terra	Ecodinâmica	Drenagem	Pedologia	Geologia	Fisiografia
Declividade	-	9/8	9/7	9/6	9/5	9/4	9/2	9/2	9/3
Hipsométrico	3/9	-	8/7	8/6	8/5	8/4	8/3	8/2	8/2
Unidade	3/9	7/8	-	7/6	7/5	7/4	7/3	7/3	7/3
Uso Terra	6/9	6/8	6/7	-	6/5	6/6	6/3	6/2	6/2
Ecodinâmica	6/9	5/8	5/7	7/6	-	5/4	5/3	5/3	5/3
Drenagem	4/9	4/8	4/7	6/6	4/5	-	4/3	4/3	4/2
Pedologia	2/9	3/8	3/7	3/6	3/5	3/4	-	3/2	3/2
Geologia	2/9	2/8	3/7	2/6	3/5	3/4	2/3	-	2/2
Fisiografia	3/9	2/8	3/7	2/6	3/5	2/4	2/3	2/2	-

Tabela 10 - Valores postulados aos atributos segundo a técnica de critério relativo de importância do AHP.

O AHP permite que os valores atribuídos sejam postulados a o critério do operador.

Vale ressaltar, que a maior dificuldade está na determinação dos pesos das variáveis. A princípio, todas tem seu valor e muitas vezes, bastante alto. E que os critérios adotados por um operador podem perfeitamente conflitar com a proposta de outro.

O pareamento funciona como se um mapa fosse digitalmente sobreposto sobre o outro, e retornasse um conjunto de informações ou interseções.

E essas interseções tornam-se robustas com os testes de pareamento e os pesos definidos. Além de complementos informacionais inseridos no Banco de Dados.

Os complementos informacionais relacionados à dinâmica antrópica, tem seus valores relativizados por períodos de tempo, face à sua própria estrutura e velocidade de mudança.

Porém, para que o sistema aceite o resultado deste processo, que é o pareamento e determinação dos pesos, o mesmo lança mão de um recurso matemático próprio para calcular o índice de consistência, devolvendo-o em formato de valor para que se verifique as possibilidades de manter o arranjo ou alterá-lo – diminuindo o que se configura em Margem de Erro.

O Spring calcula, então o vetor de soma ponderado, multiplicando matrizes.

Em seguida, divide cada elemento do vetor de soma ponderado por seu correspondente valor de prioridade, que é uma média.

É calculado o índice de consistência e a razão de consistência (RC) que é uma medida de quanto à variação (margem de erro) permitida, a partir da expressão:

$$RC = IC/IR$$

Onde IR é um índice suporte de cálculo, para medir se o tomador de decisão foi consistente. Esta margem deve ser menos que 0,10.

A partir desta fase, seguiu-se à seguinte, que foi a verificação do índice de consistência do AHP os pesos calculados pelo vetor de pesos, e detalhes de categorias dos mapas através do LEGAL.

As linhas de comando abaixo apresentadas são escritas pelo próprio sistema.

Obviamente, devem ser posteriormente preenchidas com outros valores dos quais devem complementar o trabalho de análise do Spring.

Qualquer erro em linha de comando, o Spring não Executa o LEGAL, portanto, é uma fase bastante delicada quanto à correta complementação.

```
{
// Pesos a ser aplicados
// CAT_Capacidade_Uso_Terra = 0.459
// CAT_Fisiografico = 0.158
// CAT_Hidrografia = 0.189
// CAT_Hipsometrico = 0.137
// Pedologico = 0.056

// Razao de consistência
// CR = 0.009

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Tematico var1 ("CAT_Capacidade_Uso_Terra");
Tematico var2 ("CAT_Fisiografico");
Tematico var3 ("CAT_Hidrografia");
Tematico var4 ("CAT_Hipsometrico");
Tematico var5 ("Pedologico");

Tabela tabl (Ponderacao);
tabl = Novo (CategoriaIni = "CAT_Capacidade_Uso_Terra" ,
            "Classe_1":<1>,
            "Classe_2":<2>,
            "Classe_3":<3>);
```

```

Tabela tab2 (Ponderacao);
tab2 = Novo (CategoriaIni = "CAT_Fisiografico" ,
            "P1":<1>,
            "P2":<1>,
            "P3":<1>,
            "P4":<1>,
            "P5":<1>,
            "P6":<5>,
            "P7":<5>,
            "P8":<10>,
            "P9":<10>,
            "T1":<1>,
            "T2":<5>,
            "T3":<10>);

Tabela tab3 (Ponderacao);
tab3 = Novo (CategoriaIni = "CAT_Hidrografia" );

Tabela tab4 (Ponderacao);
tab4 = Novo (CategoriaIni = "CAT_Hipsometrico" );

Tabela tab5 (Ponderacao);
tab5 = Novo (CategoriaIni = "Pedologico" );

// Definicao do dado de saida

Numerico var6 ("

```


No segundo momento, cada Atributo, possui Categorias. Cada categoria foi detalhada e por sua vez, recebeu um peso relacional.

Além dos arranjos das composições físicas dos mapas, as informações relacionadas ao meio sócio-econômico, por sua vez, foram incluídas no LEGAL. A flexibilidade do sistema permite que Linhas de Comando adicionais complementem as informações, detalhando o nível de análise.

Quanto à viabilidade do resultado, o mesmo traz as informações que se buscam. Porém, como as intervenções humanas, não raro, alteram rapidamente as características naturais que muitas vezes são apresentadas nos mapas, os mesmos perdem valor rapidamente.

Deste modo, é quase impossível representar em um mapa uma espécie de planejamento ambiental a médio ou longo prazo.

Até mesmo em considerado curto espaço de tempo, uma variação de um ano, aproximadamente, pode ser o tempo ideal para diversas formas de impacto humano sofridas em uma área, como por exemplo, uma ocupação irregular em um terreno inicialmente estudado e “reservado” para uma construção de ETE ou ETA.

Esta variável, então torna-se um limitador bastante considerável em se tratando de resultados em Representações Cartográficas.

Ao mesmo tempo que um sistema dessa envergadura, como o SIG, pode ajudar a resolver impasses de análises espaciais, é considerado um instrumento bastante frágil em função do tempo, pois o mapa resultante expressa valores válidos tão e somente no período de sua concepção.

E os mesmos podem ser “congelados” como informações apenas para um ou outro tempo e espaço. Ainda que o SIG seja demasiadamente dinâmico.

São informações julgadas pertinentes a esse tipo de produção.

Itens como conservação e recuperação ambiental também possuem seu prazo de validade, quando expostos apenas à representações cartográficas. Porque um SIG pode subsidiar uma solução de problemas sociais, econômicos e ecológicos, pontualmente.

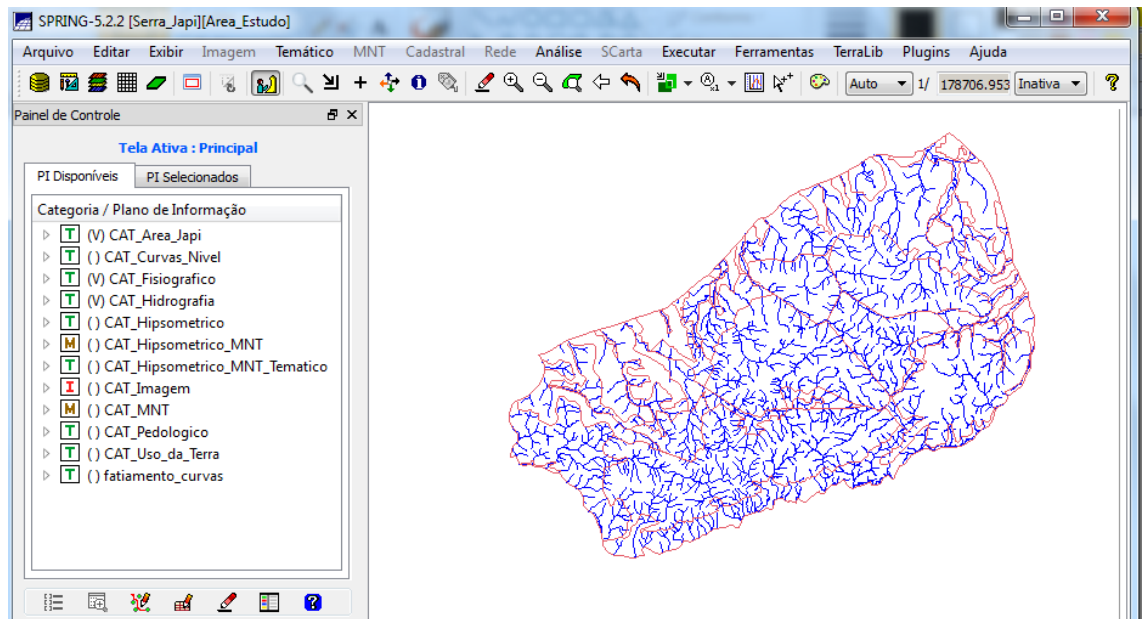


Figura 32: Layers pareados

Conclui-se desta forma, que o módulo de tomada de decisões AHP do software Spring - permite determinar áreas potencialmente favoráveis, ou os melhores lugares para a implantação de wetlands construídas no tratamento de águas residuárias.

9 Bibliografia

ABREU, A.A. de. “Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação”. Tese de Livre Docência apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - FFLCH – USP. 296p. São Paulo, S.P. 1982.

Ab’SABER, A.N.. “Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário”. IGEOG, USP. Série Geomorfologia, 18. São Paulo, S.P. 1969.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.. “Conservação do solo”. 2ª. Ed. Ícone. 355p. São Paulo, S.P. 1990.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. and MENEZES, J. S.. “Representações Computacionais do Espaço: Fundamentos Epistemológicos da Ciência da Geoinformação”, *Revista Geografia (UNESP)*, 28 (2003), pp. 83-96.

CHRISTOFOLETTI, A.. “Geomorfologia Fluvial – o canal fluvial”. Volume 1. 313p. Edgard Blücher Ltda, UNESP, Rio Claro, 1981.

CORDEIRO, J.P.C.; AMARAL, S.; FREITAS, U.M.; C&ACIRC; MARA, G.. “Álgebra de Geo-Campos e Suas Aplicações”. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Abril de 1996.

FAO. “An exploratory note on the FAO world soil resources Mapa at 1:25.000.000 scale”. World Soil Resources Reports 66. 59p. Rome, 1991.

GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. “Degradação Ambiental”. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Orgs.). Geomorfologia e Meio Ambiente. PP. 337-379. Bertrand Brasil, São Paulo, S.P., 1996.

HAMMER, D.A.. “Constructed Wetlands for Wasterwater Treatment. Municipal, Industrial and Agricultural”. Internacional Conference on constructed wetlands for wasterwater treatment. Michigan, E.U.A., 1988.

_____ . “Creating freshwater wetlands”. Lewis Publishers. Norris, Tennessee, 1991.

JESUS de, N.. “Inter-relação entre geologia /relevo/solo/vegetação e atuação dos processos morfodinâmicos da unidade de paisagem Serra do Japi: uma contribuição à conservação”. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. Rio Claro, S.P., 2004.

KADLEC, R.H.; KNIGHT, R.L. “Treatment Wetlands”. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1996.

LANG, S.; BLASCHKE, T.. “Análise da Paisagem com SIG”. Trad. Hermann Kux. 424p. Oficina de Textos, São Paulo, S.P., 2009.

LIBAUT, A. . “Os quatro níveis da pesquisa geográfica”. *In: Métodos em Questão*. Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, S.P., 1971.

MANCUSO, P.C.S. e SANTOS, H.F. dos.. “Reúso de Água”. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. USP. 579p. Editora Manole, São Paulo, S.P., 2003.

MARBLE, A.D.. “A Guide to Wetland Functional Design”. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, 1992.

MORELLATO, L.P.C.; RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F.; JOLY C.A.. “Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo”. *In: Revista Brasileira de Botânica*, v.12, p.85 – 98. São Paulo – S.P.,1989.

NAMIKAWA, L.M.. “Um método de ajuste de superfície para grades triangulares considerando linhas a características”. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada - INPE, São José dos Campos, 1995.

PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I.. “Pedologia e Geomorfologia”. *In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Orgs.). Geomorfologia e Meio Ambiente*. PP. 291-336. Bertrand Brasil, São Paulo, S.P., 1996.

PIVELI, R.P.. “Qualidade física das águas e poluição: Aspectos físico-químicos”. Faculdade de Saúde Pública e Escola Politécnica, USP. São Paulo, S.P., 2005

ROSS, J.L.S.. “O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo”. *In: Revista do Departamento de Geografia – FFLCH – USP* nr. 6. p. 17-30. São Paulo – S.P., 1992.

_____. “Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs”. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Orgs.). Geomorfologia e Meio Ambiente. PP. 291-336. Bertrand Brasil, São Paulo, S.P., 1996.

_____. “Ecogeografia do Brasil – Subsídios para Planejamento Ambiental”. 208 p. Oficina de Textos, São Paulo, S.P., 2006

SALATI, E.. “Edaphic-Pytodepuration: A new approach to wasterwater Treatment”. In: *Aquatic Plants and resource recovery*. Edited by K.R.Reddy and W.H.Smith. Magnolia Publishing Inc. Orlando, Flórida, 1987.

_____. “Utilização de Sistemas de Wetlands construídas para Tratamento de Águas”. Koltec Consultores Associados S/S Ltda.

_____ ; RODRIGUES, N.S.. “De poluente a nutriente, a descoberta do aguapé”. *Revista Brasileira da Tecnologia*, 13(3): 37-42, 1982.

TRICART, J.. “Ecodinâmica”. FIBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, R.J., 1977.

VALERIANO, M.M.. “TOPODATA: Guia para utilização de Dados Geomorfométricos Locais”. INPE. São José dos Campos, S.P., 2008.

VALERIANO, M.M.; ABDON, M.M.. “Aplicação de Dados SRTM a estudos do Pantanal”. In *Revista Brasileira de Cartografia*, nr. 59/01. INPE. São José dos Campos – S.P., 2007

YAMAGUCHI, F.Y. "Linguagem de Consulta para Banco de Dados Geográficos". Submetido ao VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, April de 1996.