

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE
UNICENTRO**

**ALTERAÇÕES NA ÁREA E NO ESTOQUE DE CARBONO
EM BANHADO E CAMPO CULTIVADO
Estudo de caso**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JAIRO MACEDO

**GUARAPUAVA – PARANÁ
2009**

JAIRO MACEDO

**ALTERAÇÕES NA ÁREA E NO ESTOQUE DE CARBONO
EM BANHADO E CAMPO CULTIVADO
Estudo de caso**

**Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Centro-
Oeste, como requisito parcial do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração em
Produção Vegetal, para obtenção do
título de Mestre.**

**Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Orientador**

**GUARAPUAVA – PARANÁ
2009**

JAIRO MACEDO

**ALTERAÇÕES NA ÁREA E NO ESTOQUE DE CARBONO
EM BANHADO E CAMPO CULTIVADO
Estudo de caso**

**Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Centro-
Oeste, como requisito parcial do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração em
Produção Vegetal, para obtenção do
título de Mestre.**

Aprovada em 22 de outubro de 2009.

**Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Presidente da Banca de Defesa**

Prof^a. Dr^a. Aline Marques Genú Membro

Prof. Dr. Maurício Camargo Filho - Membro

Prof. Dr. Sebastião Brasil Campos Lustosa - Membro

**GUARAPUAVA – PARANÁ
2009**

“Porque o Senhor teu Deus te faz entrar numa terra boa, terra de ribeiros de água, de fontes, de mananciais profundos, que saem dos vales e das montanhas; terra de trigo e cevada, de vides, figueira e romeiras, terras de oliveiras, azeite e mel; terras em que comerás o pão sem escassez e nada te faltará nela; terras cujas pedras são ferro e de cujos montes cavarás o cobre. Darei as chuvas da vossa terra a seu tempo, as primeiras e as últimas, para que colhais o vosso cereal, e o vosso vinho, e o vosso azeite. Darei erva no vosso campo aos vossos gados. Comerás e te fartarás, e louvarás o Senhor teu Deus, pela boa terra que te deu”.

Extraído do Código Sacerdotal, cuja autoria é atribuída a Moisés, Livro de DEUTERONÓMIO 8:7-10; 11:14-15, Bíblia Cristã.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos tantos desafios de vida colocados diante de nós,
e pelas condições de superá-los.

Ao Vô Sebastião (*in memoriam*), ao meu pai Daniel e à minha mãe Maria,
por me abrirem os maiores horizontes.

À Ângela, ao Daniel, ao Lucas e à Maressa,
por viverem comigo todas as situações, inclusive o Mestrado.

Aos Professores: Farinha, Marcos, Juliano, Mingo, Ildon, Marcelo, Jadoski, Motta, Nerilde,
Gustavo ... cada um a seu modo, pelos ensinamentos, pela inspiração,
pela amizade e companheirismo.

Aos Professores Maurício, Franklin, Roderjam, Hozokawa, Christiano, Sebastião,
Renato, Jefferson, pelas aulas extras e incentivo.

À Dona Gilda e ao Lincoln Campelo, por emprestar a área de estudo
e por todas as demais gentilezas.

Ao Marcos Wagner e a todos os demais colegas, pela ótima convivência.

Ao Wolf pelo suporte em geoprocessamento, pelas discussões e paciência.

À Kely, Emanuel, Tiago, Cleverson, Alex, Alex Natan, Eduardo, Clayton.
O que seria do mundo sem estagiários.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES DE MEDIDAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Influência da geologia na área de estudo	3
2.2 Aspectos pedológicos da região de abrangência.....	7
2.3 Aspectos climáticos e vegetacionais da área de abrangência.....	13
2.4 Ocupação e uso das terras dos campos de Guarapuava.....	17
2.5 Pressão e reação ao uso agropecuário dos banhados.....	19
2.6 Evolução de conceitos e normatização de uso dos banhados	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Materiais utilizados.....	23
3.2 Métodos Utilizados	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Caracterização da área de estudo.....	29
4.2 Identificação dos solos ocorrentes.....	30
4.3 Evolução de uso dos solos dos campos.....	34
4.3.1 Evolução de uso dos campos através dos registros históricos	35
4.3.2 Evolução de uso dos campos através de fotointerpretação	37
4.4 Dimensionamento da área de banhado.....	40
4.4.1 Perfis ilustrativos do banhado e seu entorno	43
4.4.2 Apuração do volume e massa dos solos sob regime hidromórfico	44
4.5 Resultados das análises físico-químicas	46
4.5.1 Estimativa do estoque de carbono dos solos minerais e orgânicos	50
4.5.2 Descaracterização, perdas e ganhos em CO nos solos estudados..	53
5 CONCLUSÕES.....	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
7 REFERÊNCIAS	61
8 ANEXOS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estratigrafia da formação serra geral na região de Guarapuava	5
Figura 2	Perfil geomorfológico do Paraná	6
Figura 3	Comparação entre ASE e CTC de alguns argilominerais, óxidos e MOS	11
Figura 4	Localização da área de estudo	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Solos identificados na área de estudo	30
Tabela 2	Evolução do sistema de criação tradicional	35
Tabela 3	Evolução das principais culturas comerciais	36
Tabela 4	Evolução do uso e ocupação dos solos da área de estudo	38
Tabela 5	Levantamentos de área de solos com características hidromórficas	40
Tabela 6	Volumetria dos solos hidromórficos	45
Tabela 7	Granulometria dos solos amostrados	47
Tabela 8	Análises químicas dos solos minerais e orgânicos	48
Tabela 9	Densidades de solo, de TFSE e de partículas	51
Tabela 10	Estoque de carbono orgânico nos compartimentos amostrados	52
Tabela 11	Comparação do estoque de CO no campo cultivado (2008) e no campo nativo (1978)	55

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES DE MEDIDA

APP	Área de Preservação Permanente	ILP	Integração Lavoura-pecuária
AP	Antes do presente	Kg.m⁻³	Quilogramas por metro cúbico
ASE	Área superficial específica	MH	Microbacia hidrográfica
C	Carbono	Mg.ha⁻¹ano⁻¹	Megagramas por ha por ano
CI	C inorgânico	Mg.m⁻³	Megagramas por m ³
C-CHN	C em % de massa em analisador elementar	m²	Metro quadrado
CO	C orgânico	m³	Metro cúbico
COT	CO total	msnm	Metros sobre o nível do mar
CTC	Capacidade de troca catiônica	Pg	1 Petagrama = 1 bilhão de toneladas = 1 x 10 ¹⁵ g
DPG	Departamento de Pós-Graduação da UNICENTRO	PNMH	Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas
dm³	Decímetro cúbico = 1 litro	SAF	Sistema agro-florestal
Dp	Densidade de partículas	SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
Ds	Densidade de solo	SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Paraná
EMBRAPA	Empresa brasileira de pesquisa agropecuária	SILP	Sistema de Integração lavoura-pecuária
EUA	Estados Unidos da América	SPD	Sistema de plantio direto
g.g⁻¹	Gramas por grama	TFSA	Terra fina seca ao ar
g.kg⁻¹	Gramas por quilograma	TFSE	Terra fina seca em estufa
Ha	Hectare	USDA	Departamento de Agricultura dos EUA
IAPAR	Instituto Agrônomo do Paraná		
IAP	Instituto Ambiental do Paraná		
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente		

RESUMO

O cultivo dos campos da região de Guarapuava contribui para os atuais recordes nacionais de produção agropecuária. No presente trabalho, estudou-se a pressão de uso sobre os banhados – últimos remanescentes desse ecossistema. Através de pesquisa bibliográfica e fotointerpretação retroativa inferiu-se o uso dos campos, antes da ocupação por não-indígenas e sua evolução. Através de tradagens e análises físico-químicas em um segmento de bacia hidrográfica, foram identificados 72,13% de Latossolos Brunos, com $418,64 \text{ Mgha}^{-1}$ de carbono orgânico (CO); 11,30% de Cambissolos, com $264,95 \text{ Mgha}^{-1}$ e 14,94% de solos com características hidromórficas (banhados), dos quais mediu-se em 6,84 ha, o volume de $42.380,75 \text{ m}^3$ de horizonte hístico (H), com teor médio de 16,08% resultando em $479,59 \text{ Mgha}^{-1}$ de CO, capazes de reter e filtrar cerca de $10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de água de recarga dos lençóis superficiais, dos lençóis fraturados e do aquífero guarani. O estoque de CO foi estimado até 1,20; 0,70 e 0,62 m de profundidade nos três compartimentos. Restrito aos 0,20 m superficiais, encontrou-se 106,83, 127,89 e $301,89 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de CO, evidenciando a funcionalidade do banhado como grande reservatório e o efeito agregador de CO pelo SPD e ILP nos dois primeiros, superando os níveis de estocagem do campo seco nativo em $14,47 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Levantou-se evidências de degradação dos solos do banhado por entrada de vegetação não hidrófila, por alterações físico-químicas e perdas de CO da ordem de 68% na comparação com solos similares. Verificou-se o conflito de uso com o avanço do sistema produtivo sobre os solos hidromórficos e a necessidade de adequação ambiental da área com retirada do gado, suspensão dos cultivos e a recuperação ambiental de 18,53 ha de banhados, equivalentes a 14,94 % da área de estudo.

Palavras Chave: banhados, campo nativo, campos de Guarapuava, solos hidromórficos, estoque de carbono no solo.

ABSTRACT

The cultivation of the Guarapuava fields contributes to the current national records for agricultural production. In this work, was studied the use pressure on the wetlands - the last remainder of this ecosystem. Through literature and backward photointerpretation, inferred the fields using before the occupation by non-Indians and their evolution. Through auger samples and physical-chemical analysis in a segment of the river basin, were identified 72.13% of Latosols with 418,64 Mg.ha⁻¹ of organic carbon (OC); 11.30% of Cambisols, with 264,95 Mg.ha⁻¹ and 14.94% of soils with hydromorphic features (wetlands), which was measured in 6.84 ha, the volume of 42,380.75 m³ Histic horizon (H), with 16,07% average, resulting in 479,59 Mg.CO.ha⁻¹, able to retain and filter about 10.000 m³.ha⁻¹ of water, contributing to keep the superficial water regimen, groundwater fractured basaltic substratum and guarani aquifer. The stock of CO was estimated to 1.20, 0.70 and 0.62 m deep in three compartments. Restricted to 0.20 m surface, we found 106,83, 127,89 e 301,89 Mg.CO.ha⁻¹, demonstrating the functionality of wetlands and the aggregating effect of CO by the NTS and LNTSI in the first two, surpassing the storage levels of native dry field of 14,47 Mg.ha⁻¹. Were got up degradation evidences of flooded soils with input not hydrophilic vegetation, changes the physicochemical and the CO depletion of the order of 68% compared with similar soils. This work verified the advancement of the production system on the wetlands and need for environmental suitability of the area, with livestock removal and interruption crops of 18.53 ha of wetlands, equivalent to 14.94% of the studied area.

Keywords: wetlands, native grassland, Guarapuava's fields, hydromorphic soils, carbon storage in soil.

1. INTRODUÇÃO:

O Brasil comemora recordes de produção agropecuária nas últimas safras (CONAB, 2009) e a exploração dos campos de Guarapuava contribui significativamente para isso. No entanto, outra face desta moeda precisa também ser estudada, buscando-se uma visão equilibrada da relação custo-benefício atual e dos possíveis impactos ambientais decorrentes do rápido avanço dos sistemas produtivos sobre a quase totalidade dos componentes deste ecossistema.

Os campos constituem formação florística mais antiga que as florestas atuais. De acordo com MAACK (1968), são testemunhos de variações climáticas semi-áridas transcorridas no Pleistoceno (1,6 milhão de anos até 10 a 12 mil anos AP), caracterizando-se como vegetação clímax, sem intervenção humana, cobrindo extensas áreas de gramíneas e ciperáceas baixas, praticamente desprovidas de arbustos; com matas de capões nas depressões em torno de nascentes, córregos e rios, que passaram a avançar sobre os primitivos campos. De acordo com SANT'ANA NETO et al (2005), modernamente, a implantação dos campos do sul do Brasil situa-se a partir de 18 mil AP, quando teria ocorrido o último grande glacial.

A tipologia em referência abrangia os campos de Guarapuava e Palmas no Paraná, com 4.135 e 2.150 km² respectivamente, estendendo-se até São Joaquim e Lages, em Santa Catarina e Passo Fundo no Rio Grande do Sul, numa extensão total de 141.000 Km². Toda a porção seca deste ecossistema, com exceção das áreas de solos muito rasos ou dos afloramentos rochosos, foram convertidos em pastagens e recentemente em lavouras. Estima-se que em torno de 17.000 Km² constituam-se em banhados, que são importantes zonas de transição entre ecossistemas terrestres e aquáticos.

Os banhados são considerados de preservação permanente porque garantem a absorção, retenção, filtragem, regulação do regime hídrico e a disponibilidade de água superficial e subterrânea; tem influência no equilíbrio climático regional; funcionam como reservatórios de carbono e matéria orgânica; são estuários de biodiversidade e de equilíbrio de populações vegetais e animais; funcionalidades estas que representam serviços e benefícios ambientais pouco

reconhecidos e, portanto, carentes de investigação científica, divulgação e medidas que garantam sua efetiva proteção.

Neste sentido, estabeleceu-se no presente trabalho, como objetivo geral estudar a ocupação e o uso agropecuário dos campos de Guarapuava, com foco na pressão sobre os solos com características hidromórficas – os banhados – como últimas áreas remanescentes deste ecossistema, a partir do estudo de caso de um segmento de bacia hidrográfica. Para isso, traçou-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a área de estudo, no contexto dos campos de Guarapuava;
- Estudar a ocupação e o uso dos seus solos até os dias atuais;
- Discutir a pressão de uso sobre os banhados e os efeitos dos sistemas produtivos adotados;

- Dimensionar área, volume e massa dos solos de banhado, estimar seu estoque de carbono orgânico, comparativamente aos demais compartimentos (solos minerais) estudados;
- Avaliar o impacto da aplicação do conceito de hidromorfismo na demarcação da área de banhado atualmente utilizada com atividades de produção vegetal e pecuária.

Assim, revisou-se o conceito de banhado; as origens dos campos; o controle estrutural e escultural da paisagem com foco no banhado; aspectos evolutivos da ocupação e uso dos solos dos campos; o papel das políticas públicas como indutor de pressão de uso sobre os banhados; aspectos evolutivos dos sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre perdas e ganhos de CO₂ e a evolução de conceitos e normas protetivas das áreas úmidas. Em seguida, descreve-se os materiais e métodos utilizados na pesquisa; apresenta-se os resultados obtidos do trabalho de campo, a discussão dos mesmos, as conclusões e as considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A palavra banhado provém do termo espanhol *bañado*, sendo utilizada na região sul, devido à influência dos países que fazem fronteira e onde esses ecossistemas ocupam grandes extensões na zona costeira e em regiões

interioranas. Em outras partes do Brasil, são conhecidos como brejos, pântanos, pantanal, charcos, varjões e alagados. A palavra inglesa *wetland*, que se traduz por área ou zona úmida, é um termo equivalente internacional que denomina os diversos tipos de sistemas úmidos existentes (BURGER, 2001).

Os banhados são definidos como corpos d'água permanentes ou temporários, sem uma bacia bem definida, de contorno ou perímetro indefinido e sem sedimentos próprios, apresentando vegetação emergente abundante e poucos espaços livres, que podem formar uma paisagem em mosaico, contendo vários outros habitats palustres em seu interior, sendo considerados macrohabitats (RINGUELET (1962).

CARVALHO et al (2007), afirmam que os banhados são caracterizados por áreas constantemente ou provisoriamente alagadas, de solo saturado e rico em matéria orgânica de origem vegetal que resulta num ambiente físico-químico particular, colonizado por uma biota também particular, adaptada morfológica e fisiologicamente ao hidroperíodo do sistema, que é a assinatura hidrológica do banhado sendo definido como a ocorrência periódica ou regular de inundação ou condições de solo saturado (frequência, duração) a qual depende do balanço hídrico, da topografia e das condições subsuperficiais.

Ainda de acordo com CARVALHO et al (2007), a expressão áreas úmidas abrange vários ecossistemas, tais como lagoas de água doce e salobra sem influência marinha, savanas, campos e florestas de inundações temporárias ou permanentes e os banhados; afirmam ainda que características comuns que permitem agrupar ambientes tão diversos sob a denominação de áreas úmidas, são a presença de água rasa ou solo saturado; o acúmulo de material orgânico proveniente de vegetais em decomposição e a presença de plantas e animais adaptados à vida aquática.

Pela magnitude da influência hídrica na dinâmica dos banhados, tal como tipificada na área de estudo, CURCIO (2008) em comunicação pessoal, sugere que os mesmos podem ser definidos como rios de fluxo difuso.

2.1 Influência da geologia na área de estudo

A base geológica, geomorfológica e pedológica da região de interesse, mantêm homogeneidade composicional por dezenas de quilômetros de extensão e as variações mais importantes ocorrem na sucessão estratigráfica (MINEROPAR,

2006). A conformação espacial espelha feições de relevos planos, suave ondulados a ondulados assentadas sobre rochas efusivas ácidas, intermediárias e básicas, consolidadas do derrame de Trapp (MAACK, 1968), formado por lavas que se acumularam de forma sobreposta por cerca de 333 milhões de anos, ainda antes da divisão do supercontinente Gondwana há 150 milhões de anos AP, sendo que das extrusões de lavas em pulsos resultaram um arranjo de estratos de rocha basáltica que atingem de 500 a mais de 1000 metros de espessura (PEDREIRA et al, 1981).

MINEROPAR (2006), reporta-se aos pacotes sedimentares da Bacia do Paraná, subjacentes ao manto basáltico, como resultantes de uma variada alternância de ambientes marinhos, lacustres, fluviais e eólicos pretéritos, até a Formação Botucatu, que representa um gigantesco campo de dunas arenosas. Segue-se que este imenso deserto foi coberto pelo maior derrame de lavas vulcânicas ácidas, intermediárias e básicas, conhecido no planeta, constituindo a Formação Serra Geral e todo o terceiro planalto que abrange 2/3 do território paranaense, com altitudes de cimeira, na Serra da Esperança de 1100 a 1250 metros, caindo para 220 a 300 metros na calha do Rio Paraná; conclui que a evolução estratigráfica da Bacia do Paraná praticamente se extinguiu no final da separação dos continentes da África e da América do Sul, há 115 milhões de anos e que os depósitos posteriores refletem o gradual soerguimento da região costeira, a sudeste, além das movimentações verticais responsáveis pelas zonas de falha Curitiba-Maringá e o lineamento de São Sebastião.

PEDREIRA et al (1981), identificaram na região três sistemas de falhamentos dominantes: o mais antigo com direção geral N60°O, seguido da direção N60°L e pelo sistema mais recente N20°O; afirmam que o traço regional retilíneo das zonas de falha indica a sua atitude predominantemente vertical e que o padrão estrutural regional dos lineamentos repete-se nos diversos compartimentos geológicos do Paraná e sintetizaram a estratigrafia da Formação Serra Geral, como se apresenta na região de Guarapuava (Figura 1).

FIGURA 1 – ESTRATIGRAFIA DA FORMAÇÃO SERRA GERAL
NA REGIÃO DE GUARAPUAVA.

1	2	3	LITOLOGIAS
C ₇	180	970 – 1.150	Basalto maciço cinza-escuro a preto, afanítico a microcristalino, com brecha de topo e intercalação de siltito argiloso avermelhado. Derrames de 60-80 m.
C ₆	100	870 - 970	Basalto cinza a castanho, maciço, porfirítico, quebradiço e vesículo-amigdaloidal, com brecha vulcânica no topo e intercalações de siltito avermelhado.
C ₅	130	750 - 870	Subconjunto superior formado por basalto cinza a castanho, maciço e porfirítico, com intercalações siltito vermelho. Subconjunto inferior com basalto preto e quebradiço.
C ₄	100	650 - 750	Brecha vulcânica, basalto maciço, basalto marrom microgranular, basalto amigdaloidal e basalto preto quebradiço. Derrames de 20-30 m.
C ₃	90	560 - 650	Basalto preto a cinza-escuro e quebradiço com fratura conchoidal freqüente e zona de topo mal desenvolvida. Dividido do conjunto C ₄ por 2 intercalações de arcósio avermelhado e laminado. Derrames de 30-40 m.
C ₂	120	480 - 560	Basalto maciço e pouco vesicular, marrom a vermelho, às vezes cinza-esverdeados, com brechas vulcânicas e siltitos intercalados.
C ₁	100	< 480	Basalto afanítico a fanerítico médio, predominantemente amigdalóide, com amígdalas de celadonita.

(1) Conjunto Estratigráfico; (2) Espessura da Camada (m); (3) Cotas de ocorrência (msnm).
Fonte: MACEDO (2009) Adaptado de PEDREIRA et al (1981) e MINEROPAR, 2006.

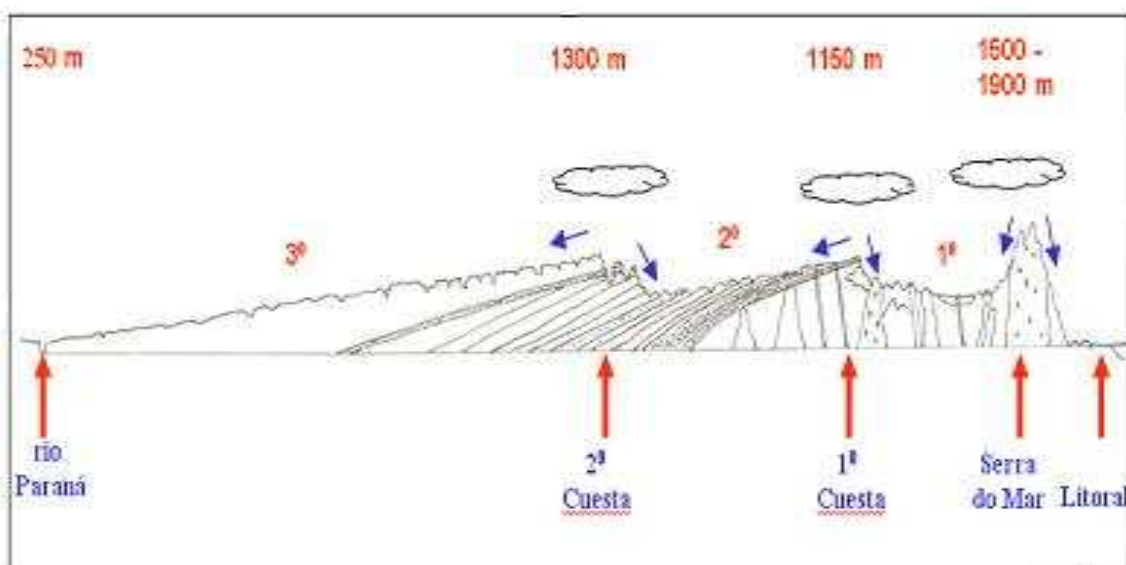
LIMA (1999), pesquisou a associação entre drenagem e estruturas geológicas em variados ambientes fisiográficos e destacou que a maioria dos estudos faz referência ao controle produzido por fraturas, lineamentos e falhas sobre a orientação de canais individuais ou de redes de drenagem; para identificar os fraturamentos mais expressivos, adotou critérios de extensão de trechos retilínios, arbitrando um mínimo de 500 metros; considerou lineamento como feição linear mapeável, simples ou composta, contínua ou descontínua, cujas partes estão alinhadas em um arranjo retilíneo ou suavemente curvo, diferente dos padrões adjacentes; que condiciona canais e vales fluviais, presumivelmente, refletindo fenômenos de subsuperfície; registra que fraturas são zonas que favorecem a condutividade hidráulica e a infiltração de fluxos de águas subsuperficiais, coordenando a origem, ou o processo de incisão de canais.

MINEROPAR (2006), delimitou as estruturas lineares, registrou os direcionamentos preferenciais, mapeou zonas com permeabilidade diferenciada nos derrames e níveis sedimentares, bem como as variações de composição química das rochas; entre os lineamentos de maior significado na segmentação regional do magmatismo Serra Geral, destaca o lineamento Piquiri, que separa os domínios Centro e Norte da formação; salienta ainda que esta feição tectônica corta o terço

superior da folha, orientada a 60° NO, à altura da cidade de Guarapuava, e se manifesta no mapa sob a forma de um feixe de fraturas e falhas subparalelas, descontínuas e sem largura definida, que evidencia a direção predominante dos elementos tectônicos na área de abrangência deste estudo.

Do ponto de vista geomorfológico a área de estudo insere-se na grande Bacia Sedimentar do Paraná estabelecida no Eosiluriano (443 a 416 milhões de anos) sobre a crosta continental do recém formado Gondwana, ainda em processo de resfriamento; que abrange cerca de 1.600.000 Km² encravados na Plataforma Sul-Americana que se estende pelos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, além do Uruguai, Paraguai e Argentina. Em escala regional, a área de estudo está circunscrita ao Planalto de Palmas-Guarapuava, compondo uma subunidade morfoescultural com dissecação baixa, classe de declividade predominante menor que 6%, relevo com gradiente de 840 metros; altitudes variando entre 520 metros (mínima) e 1.360 metros (máxima) sobre o nível do mar; as formas predominantes são topos aplainados, vertentes retilíneas e convexas e vales em U; apresenta ainda um controle geológico tão evidente que os mapas geológico e geomorfológico coincidem quase perfeitamente (MINEROPAR (2006). A área de estudo dista 70 km a oeste do topo da 2ª queda conforme Figura 2.

FIGURA 2 – PERFIL GEOMORFOLÓGICO DO PARANÁ.



Fonte: MACEDO, J. (2009) Adaptado de CURCIO et al (2007) e MAACK (1968).

2.2 Aspectos pedológicos da região de abrangência

Diferenciando-se em função da posição no relevo, constata-se na região de inserção da área de estudo a ocorrência de Latossolos Brunos, Cambissolos, Neossolos, Organossolos e Gleissolos; com ampla predominância dos primeiros. Segue breve síntese da caracterização das classes de solos ocorrentes na área de abrangência (EMBRAPA, 1984, 2006 e 2008):

Latossolos Brunos: Classe constituída por solos minerais, não hidromórficos, com argila de baixa capacidade de troca de cátions (predomina gibbsita e caulinita), com horizonte A proeminente e horizonte B latossólico; coloração bruno avermelhada, vermelha ou vermelho-escura; alta saturação de alumínio trocável, muito ácidos; possuem teores elevados de sesquióxidos de ferro e alumínio e óxidos de titânio; seqüência de horizontes A, B e C; transições entre A e B graduais; horizonte A espesso com 60 – 90 cm com elevados teores de carbono orgânico (mais de 16 kg.m⁻³ de solo); textura nos horizontes A e B muito argilosa (entre 70 e 80%); CTC no horizonte B menor que 17 cmol_c.kg⁻¹ de argila (EMBRAPA, 2006); apresentam intensa lixiviação de bases trocáveis, o que responde pelo pH ácido e o baixo V%; possuem alta porosidade (acima de 60%); a densidade aparente (Ds) situa-se entre 0,7 e 0,9 g.cm⁻³ ao longo de todo o perfil, enquanto a densidade real varia entre 2,6 e 3,0 g.cm⁻³; são solos de altitude acima de 800 metros sobre o nível do mar, com declividades entre 2 e 8%, o que os tornam propícios à intensa mecanização.

Cambissolos: Solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente (Bi), moderadamente a bem drenados, com seqüência de horizontes A, Bi e C e transições claras entre os horizontes; são derivados de rochas de composição e natureza bastante variados; são ácidos, com altos teores de alumínio trocável e baixa reserva de nutrientes; a maior parte dos perfis são medianamente profundos (80 a 120 cm), com espessura do horizonte A de 30 a 60 cm, o mesmo ocorrendo com o horizonte subsuperficial; ocorrem em ambientes de relevo forte ondulado e montanhoso, sob floresta subtropical, transicional tropical-subtropical, altimontana, campos naturais, campos e floresta de várzea e campo cerrado.

Organossolos: são solos hidromórficos, constituídos de material orgânico, provenientes de deposições recentes (referidas ao Holoceno) de restos vegetais, em grau variável de decomposição; acumulados em ambiente palustre (baixios,

abaciados, lacustre), contendo materiais minerais em proporções variáveis; formam um horizonte hístico (H) superficial, de coloração preta devido aos elevados teores de carbono orgânico com espessura igual ou maior que 40 cm; podem ou não apresentar subdivisões sobrepostas ao material mineral; apresentam reação fortemente ácida, baixa saturação de bases, alta saturação com alumínio trocável e alta CTC.

Gleissolos: Esta classe compõe-se de solos constituídos de material mineral, com horizonte glei dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A, ou E, ou de horizonte H com menos de 40 cm; apresentam cores neutras nos horizontes subsuperficiais, geralmente com mosqueados proeminentes sobre fundos de cromas baixos, em virtude da redução do ferro; predominam quase sempre as frações argilas e silte sobre a fração areia e a consistência é muito plástica e muito pegajosa, quando molhado.

De acordo com JASTER et al (1993), a maioria dos solos da região de Guarapuava pertence ao grupo dos Latossolos Brunos Álicos, ocorrendo nos relevos mais ondulados de vertentes curtas variações e inclusões de solos com perfis mais rasos ou com textura pedregosa, como também a associação de Latossolos Brunos Álicos com Cambissolos Álicos. Os autores relacionam a essa privilegiada condição o rápido e amplo desenvolvimento de uma agricultura de alta produtividade na região, nos últimos 50 anos.

De acordo com COSTA (2004), neste mesmo período e com padrão idêntico de exploração dos solos agrícolas, o NRC (1989) registra que os danos infringidos às águas superficiais nos EUA, foram estimados entre U\$ 2 bilhões e U\$ 16 bilhões/ano; afirma que o escoamento superficial carregou sedimentos, minerais, nutrientes e pesticidas para dentro dos rios, riachos, lagos e estuários; considera que os efeitos danosos da erosão sobre os recursos hídricos, neste período, foram maiores que os efeitos sobre a produtividade; que o Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), calculou os custos econômicos da poluição das águas devido à erosão dos solos, em 2 a 8 vezes o custo dos impactos na produtividade.

No Brasil também se intensificaram as preocupações com o modelo de agricultura implantado, e em especial, com o avanço indiscriminado da mecanização e uso de agroquímicos sobre os solos em geral e, particularmente, sobre pedoambientes frágeis (COSTA, 2004).

Nesta linha, surgiram estudos enfocando as relações entre características, propriedades e destinação de alguns solos especiais. HARIDASAN (1994), estudou os Organossolos e Gleissolos descrevendo-os como solos que tem lençol freático na ou perto da superfície durante todo ou na maior parte do ano e desenvolvem-se sob influência do excesso de umidade, ocorrendo nas várzeas, onde relevo e drenagem são fatores condicionantes de suas características; especifica que os *gleis* são caracterizados pela presença de uma camada de gleização abaixo de uma camada superficial muito escura por causa de acumulação de matéria orgânica e ausência de decomposição aeróbica.

VALLADARES et al (2008), afirmaram existir poucas informações no Brasil sobre Organossolos e solos afins com elevado teor de matéria orgânica devido às pequenas extensões territoriais desses solos, cerca de 1% do território nacional; conceituam que material orgânico é aquele constituído por compostos orgânicos, com proporção variável de material mineral, desde que apresente 8% ou mais de carbono orgânico na fração TFSA; estimam que aproximadamente 70% dos Organossolos tem espessura menor ou igual a 0,7 m; que cerca de 30% são mais espessos; que a Ds dos organossolos varia entre 0,05 a 1,06 Mg.m⁻³; com 49% dos perfis abaixo de 0,6; cerca de 22% entre 0,6 e 0,75; 29% acima deste intervalo, apresentando uma média geral de 0,57 Mgm⁻³.

SILVA et al (1999), define que o carbono total (CT) é dado pela quantidade de gás carbônico produzido quando uma amostra é oxidada por completo; inclui a matéria orgânica dissolvida e o carbono inorgânico; de uma maneira geral é dado por: $CT = COT \text{ (Carbono Orgânico Total)} + CI \text{ (Carbono Inorgânico)}$.

SILVA et al (2007) divide a MOS em MO vivente, aquela associada às células dos organismos vivos do solo e que raramente ultrapassa 4% do COT; que se compõe de raízes (5-10%), macroorganismos ou fauna do solo (15-30%) e microorganismos (60-80%); e em MOS não vivente, que contribui com até 98% do COT e se subdivide em macroorgânica (3-20%) e húmus, que por sua vez, compõe-se de substâncias húmicas (70%) e não-húmicas (30%); destaca ainda o compartimento formado por carvões, particulamente significativo em ambientes de campo, onde o fogo é presente há milhões de anos.

BRADY (1989) e PREVEDELO (1996) destacaram a funcionalidade do húmus, material de cor preta ou marrom, de natureza coloidal, com imensa

quantidade de cadeias carbônicas, que confere aos solos hidromórficos grande capacidade de reter água e íons, sendo considerados filtros naturais.

BUURMAN (1980) e WILGING et al, (1984); registraram que os solos de banhados são constituídos de 12% ou mais de carbono orgânico, expresso em massa, e que este conteúdo orgânico impõe preponderância de suas propriedades sobre os constituintes minerais. Uma importante propriedade é a hidrofobicidade, que segundo VALLADARES et al (2008), é a repelência à água, que dificulta o reumedecimento do solo após ressecado por drenagem e exposição. Nessa condição, a chuva ou água de irrigação tende a se infiltrar por caminhos preferenciais, diminuindo as propriedades filtrantes, o que pode causar contaminação do lençol freático (BAUTERS et al., 2000). Evidências de concentração de moléculas de pesticidas e fertilizantes no lençol freático, lixiviadas por canais ou fluxos preferenciais em diferentes sistemas de manejo de solos foram levantadas por BLACKWELL (2000). O autor ressaltou o fato de não se ter ainda suficiente informação para quantificar os riscos de contaminação dos mananciais subterrâneos por conta do comprometimento da capacidade de filtragem pela hidrofobicidade provocada por drenagens, exposição e ressecamento dos solos com alto teor de matéria orgânica.

SILVA et al (2007), afirmam que a matéria orgânica do solo (MOS) é constituída por C, H, O, N, S e P; que o C compreende cerca de 58% da MOS; o H, 6%; o O, 0,33%, o N, o S e o P contribuem com 3% individualmente; citam que a matéria orgânica contribui com 20 a 90% da CTC das camadas superficiais dos solos minerais e com praticamente toda a CTC dos solos orgânicos, sendo a contribuição do CO na formação da CTC em Latossolos de 121 a 157 vezes maior que a da fração argila; destacam que em ambientes de solos inundados a relação da densidade de CO na vegetação e no solo é de 20 para 723 Mg.ha⁻¹, respectivamente e que a matéria orgânica do solo pode reter até 20 vezes a sua massa em água.

Destacando as diferenças de capacidade de reação entre os materiais predominantes nos solos minerais e nos orgânicos, LIMA et al (2006) compararam argilas e MOS reforçando o efeito da matéria orgânica sobre as características e propriedades pedológicas, hidrológicas e ambientais (Figura 3), apresentando até 300 vezes mais carga, e portanto, mais capacidade de filtro do que as argilas cauliníticas predominantes nos Latossolos e nos solos dos banhados na abrangência da área de estudo.

Figura 3 - COMPARAÇÃO ENTRE ASE E CTC DE ALGUNS ARGILOMINERAIS, ÓXIDOS E MOS

PARTÍCULA	ASE ($m^2 \cdot g^{-1}$)	CTC ($Cmol_c \cdot kg^{-1}$)
Caulinita	7 - 30	0 - 1
Óxidos	-	2 - 4
Micas	40 - 150	10 - 40
Vermiculita	500 - 800	100 - 150
Montmorilonita	600 - 800	80 - 150
Matéria Orgânica	800 - 900	200 - 300

Fonte: MACEDO (2009) Adaptado de LIMA et al (2006)

De acordo com RHEINHEIMER et al (2008), vários métodos têm sido utilizados para determinação do carbono orgânico (CO) e da matéria orgânica do solo (MOS), como gravimetria por incineração em mufla, termogravimetria, cromatografia, oxidação da MOS por via úmida (Walkley-Black, Walkley-Black modificado), bloco de digestão (Mebius) e oxidação por via seca em aparelho analisador elementar (C-CHN) considerado método padrão internacional, devido a sua alta precisão e exatidão nos resultados.

SEGNINI et al (2008), utilizaram o fator de van Bemmelen (1,724) para conversão de CO ($g \cdot kg^{-1}$) em MOS ($g \cdot kg^{-1}$); em estudo comparativo em Latossolos encontraram valores de carbono menores em relação aos obtidos por analisador elementar e concluíram que os métodos de oxidação via úmida Walkley-Black e Walkley-Black Modificado não são capazes de oxidar as formas de carbono mais protegidas ou complexadas com a fração mineral do solo, ocorrendo apenas uma oxidação parcial da MO, excluindo carvão e carbonatos. Já os métodos de calcinação com mufla a 250 e 500°C superestimam os teores de MOS, por conta da evaporação das moléculas de água constituinte da estrutura dos argilominerais e que acaba computada como carbono (SILVA et al, 1999).

EBELING et al (2004; 2008), estudaram propriedades químicas e outros atributos de solos com altos teores de matéria orgânica de várias regiões do país e encontraram variações de 38 a 555 $g \cdot kg^{-1}$ de CO, com valores médios entre 293 a 324 $g \cdot kg^{-1}$ e diferenças entre CT pelo método MO-Mufla e C-CHN de 621 para 324 $g \cdot kg^{-1}$, evidenciando um dado médio de 52,24% de CO e 47,76% de outras formas de carbono inorgânico.

Solos com altos teores de matéria orgânica estudados por outros autores, apresentaram entre 203 e 340 Mg.ha⁻¹ de CO nas chamadas terras pretas de índio sob floresta da amazônia central; mais que o dobro da quantidade estocada no solo até 1,0 m de profundidade nos solos adjacentes (entre 96,5 e 157 Mg.ha⁻¹) e nas terras de transição entre terra preta e solo adjacente, o estoque de CO foi de 120 a 218 Mg.ha⁻¹; aproximadamente 60 % do carbono encontra-se estocado nos primeiros 0,4 m de profundidade (CABRERA et al, 2009).

SALIMON et al (2007), encontraram para a biomassa aérea da floresta amazônica variação de 150 a 425 Mg.ha⁻¹ de CO e de 73 a 98 Mg.ha⁻¹ para os solos firmes, até a profundidade de 1,0 m. FEARNSSIDE (2005), tabulou 3000 amostras de solos da Amazônia Brasileira e estimou estoque de CO de 94 Mg.ha⁻¹ até 1,0 m e de 276 Mg.ha⁻¹ considerando-se até 8 metros de solo sob a floresta.

BROSSARD et al (1997), encontraram que 50% do CO está na camada de 0-0,5 m dos solos firmes dos cerrados e estoques totais de 22,57 a 29,67 kg.m⁻² na camada superficial de 10 cm de espessura. RESCK et al (2008) encontraram de 38,14 a 66,5 Mg.ha⁻¹ de CO na profundidade de 1,0 m, em distintos tipos de solos sob cerrados no Distrito Federal.

CALDEIRA et al (2009), estudaram solos sob povoamento de *Acacia mearnsii*, com 4 e 6 anos de idade, no Rio Grande do Sul e encontraram respectivamente estoque de CO de 110,1 Mg.ha⁻¹ e 101,5 Mg.ha⁻¹, até 1,0 m de profundidade.

PEDROSO et al (2009), estudaram planossolos hidromórficos sob diferentes tipos de uso no Rio Grande do Sul e considerando apenas os 10 cm superficiais do solo, encontraram estoques de CO na ordem de 23 Mg.ha⁻¹ sob mata natural; 12 Mg.ha⁻¹ sob eucalipto e de 6 a 8 Mg.ha⁻¹ sob cultivos anuais.

MAFRA et al (2008) em trabalho conduzido nos Campos Gerais de Santa Catarina, abrangendo campo nativo; floresta de *Pinus taeda* com 12 e 20 anos; reflorestamento de *Araucaria angustifolia* com 18 anos e mata nativa de Araucária; concluíram que os reflorestamentos com Pinus e Araucária mantiveram os estoques de CO na camada superficial de solo firme, de 0 - 40 cm, em níveis equivalentes aos de mata e campo, totalizando de 125 a 142 Mg.ha⁻¹.

DIEKOW et al (2005) enfatizando os efeitos do manejo agrícola adequado na MOS, registram no Rio Grande do Sul, estoques iniciais de CO em campo nativo nas profundidades de 0-17,5 cm e 0-107,5 cm, de 39 e 152,5 Mg.ha⁻¹ e 17 anos depois

com SPD, rotação de culturas, cereais de inverno, cultivos de cobertura de solo/adubação verde, encontraram 45,4 e 153,9 Mg.ha⁻¹, indicando uma forte agregação superficial de CO por conta do manejo, a manutenção e mesmo acréscimo no estoque de CO em maior profundidade.

MANN (1985), afirma que em zonas temperadas 30 a 50% do conteúdo original de COS em campo nativo tende a ser perdido nos primeiros 40 a 50 anos de cultivo. Na contramão deste dado, SÁ et al (2001), estudaram os efeitos do SPD na agregação de CO em Latossolos profundos na região de Ponta Grossa; tomaram como referência campo nativo (CN); CN após 1 ano de plantio convencional (PC); plantio direto (PD) com 10, 20 e 22 anos e uma área com 22 anos de PC. Encontraram, até a profundidade de 0,40 m, no CN, 58 Mg.ha⁻¹ de CO; no PC-1 constataram uma elevação para 79 Mg.ha⁻¹, creditada à ativação biológica e rápida mineralização da biomassa, pela calagem, adubação química do solo, e especialmente, pela adição de fósforo; após 22 anos de PC encontraram 0,13 Mg.ha⁻¹ de CO a menos; no PD-10 o estoque de CO recuou para abaixo do nível do CN, explicado pela alta taxa de respiração com o incremento crescente da atividade biológica e insuficiente manutenção de resíduos vegetais; no PD-20 e 22 encontraram 17,4 e 18,9 Mg.ha⁻¹ a mais de CO em relação ao CN e projetaram estoques de 90 Mg.ha⁻¹ para 2010, com a continuidade do sistema.

2.3 Aspectos climáticos e vegetacionais da área de abrangência

MAACK (1968) diferenciou a região de abrangência da área de estudo como zona original de campo limpo (estepe de gramíneas baixas), com capões de mata de araucária, com temperatura média anual de 16,8°C, sendo o mês mais quente com 20,6°C, o mais frio com 12,9°C, o que enquadra o clima regional na classificação de Koepen como Cfb – sempre úmido, mês mais quente menor que 22°C, onze meses por ano maior que 10°C, até cinco geadas noturnas e precipitação de 1.653,7 mm anuais.

Os campos ou estepes ocorrentes na região, são testemunhos de variações climáticas semi-áridas do período Pleistoceno (1.6 milhão de anos até 10.000 anos antes do presente - AP) e a vegetação arbórea teria avançado sobre os primitivos campos a partir das matas de galeria e capões de nascentes, quando se estabeleceu um clima mais úmido, já durante o Holoceno (10 mil anos AP). Assim,

os campos constituem formação florística primitiva mais antiga que as florestas (MAACK, 1981).

De acordo com SANT'ANA NETO et al (2005), modernamente, a implantação dos campos do sul do Brasil situa-se entre 18 e 10 mil anos AP, quando teria ocorrido o fim do último grande período glacial, tendo as florestas de araucária avançado sobre os campos somente nos últimos 1500 a 1000 anos AP (OLIVEIRA et al, 2005).

WILGING et al (1984), apontam idades recentes para os campos como 7.000 a 4.000 anos, em estudo de regiões de cobertura vegetal similar, que cortam de leste a oeste os Estados Unidos. De modo geral, os autores citados descrevem os campos como vegetação clímax, sem intervenção humana, caracterizada por extensas áreas de gramíneas baixas, desprovidas de arbustos, ocorrendo apenas matas de capões associados às depressões em torno de nascentes, córregos e rios.

Reportando-se aos campos de Guarapuava, MAACK (1968) descreveu que as variações no padrão da cobertura florística ocorrem apenas em função de fatores micro-climáticos, localizados em depressões mais úmidas, que permitem a formação das típicas matas de capões no domínio do campo e matas de galerias que remontam a partir dos vales dos rios Ivai, Piquiri e Iguaçu.

KUHLEMANN (1953), em relação a estes mesmos campos, observou significativa diferença na vegetação ocorrente nas baixadas úmidas em relação à circundante das encostas, porque os seus elementos, na maior parte, são hidrófitos, constituindo verdadeiros campos de várzea.

Especialmente relacionada ao escopo do presente trabalho, destaca-se a menção feita às áreas deprimidas, denominadas campo úmido ou banhados, às quais MAACK (1968), relaciona um importante rol de espécies florísticas indicadoras da ocorrência de condições de saturação hídrica, permanente ou temporária, que expeditamente delimitam tais áreas, conforme abaixo se vê:

Embora de um modo geral os campos exibam o caráter sub-xerofítico, encontram-se áreas pantanosas em declives e depressões, que são evidenciadas pela coloração diferente das gramíneas. Este lodaçal negro constitui freqüentemente em um foco de perigo para o gado, principalmente nos meses de inverno, quando os campos assumem a tonalidade pardo-amarelada. Nesta ocasião, destacam-se mais ainda o verde das ciperáceas do Pântano: *Cyperus laetus*, *C. lanceolatus*, *C. megapotâmicus*. Nas áreas pantanosas e em suas bordas, encontram-se com muita freqüência *Andropogon lateralis*,

Arundinella hispida, Erianthus asper, E. divaricatus, Hypogonium virgatum, Paspalum aproximatum, P. maculosum, P. pertinatum, Saccharum holocoides, S. cayanensis, e finalmente, Sporobolus aenus e Euriocaulon kunthii.

Observações antigas e inventários florísticos dos nossos campos ou estepes gramíneo-lenhosas, embora não exaustivos, apontam para uma grande diversidade de famílias, gêneros e espécies, adaptadas ao campo seco e às áreas úmidas ou banhados, incluindo as espécies ocorrentes nos capões e na vegetação ripária.

SAINT-HILAIRE (1949) descreve os campos como sendo uma das regiões mais belas por ele visitadas nas Américas; chamou-lhe a atenção o relevo plano, os bosques de araucárias, o verde das gramíneas; a numerosa vegetação herbácea e arbustiva; concluiu que as vastas pastagens constituíam a principal fonte de riqueza da região e já observou que as queimadas e o pisoteio excessivo, provocava esgotamento do solo, raleamento das gramíneas e aparecimento de espécies de outras famílias.

KUHLEMANN (1953) excursionou pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e distinguiu como estepe, a vegetação dispersa, que deixa o solo em grande parte descoberto e pradaria, quando a cobertura é densa e contínua. Ainda quanto aos campos naturais, dividiu-os em campos limpos, onde predomina gramíneas baixas sem árvores, e campos sujos, onde condições locais possibilitam o aparecimento de plantas de uma categoria ecológica superior; admitiu que a vegetação primitiva da região, num período mais seco, teria sido do tipo xerofítica e que com a mudança do clima para mais úmido, houve invasão do campo por elementos da mata, a partir de sementes transportadas por animais e pelo vento; este autor faz extensa descrição dos campos limpos ocorrentes desde Capão Bonito, no Estado de São Paulo, que atravessam o Paraná de norte a sul, com ocorrências em Guarapuava, formando duas grandes manchas, outra em Palmas, separada pelo Rio Iguazu; mais três manchas no estado de Santa Catarina, todas no Planalto, sendo que as de São Joaquim e Lages se prolongam até os campos de Vacaria e Passo Fundo e a Campanha, que se interliga com os pampas argentino-uruguayos.

HATSCHBACH *et al* (1972) apresentaram um catálogo florístico do Parque Estadual de Vila Velha, representativo dos Campos Gerais no segundo planalto paranaense, com uma lista da flora fanerogâmica representada por 100 famílias, 317

gêneros e 636 espécies; da listagem contendo identificação, informações ecológicas, porte, hábito de crescimento e outros, extrai-se que 140 espécies (22%) são de ambientes brejosos ou tem preferência por depressões úmidas.

IMAGUIRRE (1980a e 1980b) em estudo florístico e ecológico da fazenda experimental do Setor de Ciências Agrárias da UFPR., em ambiente de campos naturais, nas imediações de Curitiba, levantou 39 gêneros de Algas, 11 espécies de Briófitas, 41 espécies de Pteridófitas, 12 espécies de gimnospermas e 694 espécies de Angiospermas; entre 264 espécies pertencentes à divisão angiospermae, constatou que 21 são de ambientes brejosos ou úmidos e entre as Briófitas e Pteridófitas, 7 espécies são exclusivas de ambientes úmidos.

BOLÓS et al (1991) percorreram o Paraná amostrando e identificando a vegetação dos distintos biomas. Ao lado da área objeto do presente estudo, estabeleceram uma parcela de 200 m²; informaram tratar-se de um prado, sobre solo vermelho, em altitude de 950 metros sobre o nível do mar, com 100% de cobertura vegetal nativa, com 1,20 metro de altura, onde identificaram 32 espécies, a saber: *Piptochaetium montevidensis* (Spreng); *Eragrostis* sp; *Eringium horridum* Malme; *Peltodon longipes* (St-Hil., et Benth); *Paspalum* sp; *Andropogon* sp; *A. Bicornis* L; *A. selloanus* Hack; *Psidium* sp; *Stylosanthes montevidensis* (Vogel); *Eupatorium ascendens* (Mart et Baker); *Borreria* sp; *Pterocaulon angustifolium* (DC); *Cuphea linarioides* (Cham. et Schelecht); *Pfaffia tuberosa* (Sprengel; Ricken); *Tibouchina gracillis* (Bonpl.; Cogn.); *Eriosema heterophyllum* (Benth); *Agrimonia hirsuta* (Bong et Meyen); *Galactia pretiosa* (Burkart); *Bulbostylis sphaerocephala* (boekt; CB; Clarke); *Desmanthus tatuhyensis* (Hoehne); *Zexmenia myrtifolia* (Chod.; Hassl); *Richardia* sp; *Moritzia dusenii* (IM Jhonston); *Synphypappus cuneatus* (Sch.Bip. et Baker); *Calea cuneifolia* (DC); *Bacharis geniculata* (Mart); *Byttneria hatschbachii* (Crist.); *Mimosa* sp; *Aeschynomene falcata* (Poir; DC.); *Chlorys* sp; *Erythroxylum microphyllum* (St-Hil).

MORO et al (1997) realizaram inventário florístico da Bacia do Rio São Jorge, na Área de Proteção Ambiental dos Campos Gerais e levantaram 59 famílias, 98 gêneros e 142 espécies distribuídas em zonações de capões, matas de galeria, campos secos, campos rochosos e depressões brejosas com reserva permanente de água; para esta última, associada ao solo com horizonte A turfoso e elevados índices de acidez, identificaram a predominância de vegetação herbácea de pequeno porte, especialmente *Xyris jupicai* e *Xyris* sp (botão de ouro), além disso,

afirmam que é característico a presença de plantas insetívoras (*Drosera communis*, *D. rotundifolia*, *D. villosa* e *Utricularia tricolor*), protegidas por tufos de *Sphagnum sp.*, espécies estas indicadoras de ausência de perturbações ambientais.

Na descrição das savanas do sul do Brasil (IBGE, 1990), há uma breve menção aos banhados, descritos como “amplas áreas de relevo plano-deprimido a suave-ondulado, às vezes com algum problema de hidromorfismo e aeração dos solos, em geral submetidas a intenso uso e manejo. Nestes locais observa-se a dominância de gramíneas rizomatosas (geófitas), principalmente grama-forquilha (*Paspalum notatum*) e grama jesuíta (*Axonopus fissifolius*), ambos com ampla dispersão no sul do país”.

De acordo com LEITE et al (1990), somadas as áreas das Savanas Arbórea Aberta; Savana-Parque e a Gramíneo-Lenhosa, que abrange os campos de Guarapuava e Palmas, no Paraná, estendendo-se até São Joaquim, em Santa Catarina, chegava-se a um montante de 141.000 Km², informando ainda, que deste total, persistia, à época, 81.000 Km² sob a forma de savana manejada e parcialmente descaracterizada.

Atualmente, pode-se afirmar que a tipificação de campo seco está extinta. De acordo com MORO (2003) nenhuma área nativa de estepe foi caracterizada na região de Guarapuava pelos levantamentos realizados por meio de sensoriamento remoto. Isto se deve à substituição da vegetação original por monoculturas como soja, milho, trigo, pastagem cultivada e reflorestamentos. Restam, deste ecossistema, apenas as áreas de campos úmidos constituídos por solos de características hidromórficas, e mesmo estes, encontram-se parcialmente descaracterizados por drenagens, soterramentos ou a presença do gado.

2.4 Ocupação e uso das terras dos campos de Guarapuava

A área de estudo se insere em área maior descrita por MAACK (1968) como resultante da vigência de variações climáticas semi-áridas, ocorridas ao longo de 1,8 milhão de anos até 12 mil anos atrás.

AB'SABER (1977) afirma que o homem já estava instalado na porção leste da plataforma continental sul-americana há cerca de 11 mil anos atrás; mais especificamente na área que corresponde ao Brasil, durante e após a última

glaciação (cerca de 10.000 anos atrás), parece natural que o homem tenha desenvolvido suas comunidades em áreas como as coxilhas gaúchas, a caatinga e o cerrado, ambientes de vegetação aberta.

De acordo com DEAN (1996), datam de 10 a 12 mil anos atrás os indícios mais prováveis da ocupação pela espécie humana das terras da América do Sul, com citações de caminhos rudimentares na região dos campos que eram utilizados por povos indígenas, que viviam da caça, pesca e da coleta de frutos silvestres, desde o oceano atlântico até os Andes e o Pacífico.

MAACK (1968) assinala que até a data de suas pesquisas os campos de Guarapuava eram utilizados apenas para a criação extensiva de gado bovino ao largo dos seus 413.500 hectares e testemunha o início de uma transformação histórica: os campos começavam a ser explorados com o cultivo de arroz e trigo.

ABREU (1986), afirma que os campos seguiram até os anos 1950/1970, prestando-se, majoritariamente, à criação extensiva de gado bovino, ovino, muares e eqüinos, que era o modo de produção da sociedade tradicional campeira. Do período entre 1910 e 1920, a autora cita registros anuais de apenas 20.000 a 30.000 hectares plantados no sistema de derrubada da mata/cultivo/pousio com milho, feijão, trigo, batatinha, cana, mandioca, batata doce, tabaco, cevada, arroz, centeio, amendoim, hortaliças e trigo sarraceno, basicamente para o consumo.

A produção nas terras dos campos e em escala comercial tomou impulso com a instalação da colônia Entre Rios em 1951. Segundo MARTINS (1992), “as 500 famílias de imigrantes alemães tendo recebido auxílio da Organização de Ajuda Suíça à Europa, instalaram nos campos das fazendas, maquinário agrícola moderno para ampliar o desenvolvimento da lavoura. Na colônia foram produzidos no ano seguinte (1952), arroz, trigo, batatas, feijão, milho e outros cereais”. Inaugurava-se outra perspectiva para o uso das terras dos campos de Guarapuava.

Entretanto, a expansão do capital financeiro, na forma de crédito bancário, para as transformações da agropecuária na região, evidenciou-se a partir de 1957, com a presença dos japoneses e do cultivo da batata inglesa (ABREU, 1986) passando a evoluir juntamente com as demais culturas; o que reforça o fato de que a intensificação das mudanças em relação ao uso das terras dos campos de Guarapuava ultrapassa pouco de 50 anos.

JASTER et al (1993) registra que no início dos anos 50, o preparo do solo passou a ser feito com arado de disco, seguido por uma ou duas passagens de

grade de disco e/ou de dentes, de acordo com as tradições da agricultura européia e vinha sendo realizado nas culturas de inverno e de verão e que o excesso de revolvimento do solo e a sua exposição periódica às influências dos raios solares, do vento e da chuva, tiveram conseqüências severas em relação à fertilidade e salienta que o mais visível e reconhecido fator destrutivo foi a erosão hídrica, que causou danos irreversíveis, eliminando as camadas superficiais e mais férteis do solo.

Reportando-se às décadas de 70 em diante, em SEAB/PR (1989), encontra-se que o Paraná perdia $20 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de solo erodido, transferindo aos rios nutrientes imprescindíveis; que as águas levaram a cada ano, U\$ 200 milhões da economia estadual, exigindo dos produtores o aumento de 4,4 vezes o uso de insumos para manter os mesmos níveis de produção de 20 anos atrás. Levando-se em conta que o horizonte superficial do Latossolo Bruno apresenta uma densidade média de $0,8 \text{ Mg.m}^{-3}$ (EMBRAPA, 1984) significa a perda de 0,025 m, ou seja, 200 t.ha^{-1} da camada mais fértil do solo, a cada 10 anos.

Nesta mesma época, estudos de BERTONI et al (1990) demonstraram que para desgastar uma camada de 15 cm de solo sob floresta natural levaria 440.000 anos; sob pastagem 4000 anos; sob cultura perene, 2000 anos e que em sistema de cultivo anual com solo exposto gastaria apenas 70 anos, resultando em 2,2 cm ou $17,2 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de perdas de solo. Estes mesmos autores indicaram o tempo de 300 anos para a formação de 2,5 cm de camada superficial de solo, ressaltando que quando o solo sofre ação de lavagem ou perturbações de aeração, este tempo pode se reduzir a 30 anos e que esta velocidade de formação se equilibra com perdas na ordem de $12,5 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e propuseram um padrão de tolerância de perdas de solos agrícolas para o Estado de São Paulo, de $12,3 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

A propósito JASTER et al (1993), registra que depois de tentativas frustradas de controlar a erosão com curvas de nível e terraços, na década de 70 foram introduzidas novas técnicas conservacionistas com sistemas de manejo de solos tais como diversificação e rotação de culturas, adubação verde, a não queima dos restos culturais e, sobretudo, o plantio direto ou preparo reduzido do solo.

2.5. Pressão e reação ao uso agropecuário dos banhados

Conforme SEAG/PR (1981) apesar dos avanços conceituais e legais na área de conservação dos solos, a Comissão Estadual de Planejamento Agrícola do Paraná lançou o Programa Nacional de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS) que tinha como principal objetivo "aumentar a fronteira agrícola, incorporando ao processo produtivo, novas áreas potencialmente agricultáveis até então não exploradas".

De acordo com o Programa, consideravam-se várzeas os solos aluviais, geralmente planos e ricos em matéria orgânica, facilmente irrigáveis, de alta fertilidade, inundadas temporariamente ou não; em sua quase totalidade, propícias para a exploração agropecuária; referia-se a margens de rios ou córregos, vales úmidos, etc., com umidade excessiva e que necessitavam drenagem adequada para o seu aproveitamento agropecuário racional.

O texto oficial considerava que o espaço físico do Estado estava praticamente ocupado e que "devido ao ciclo devastador da madeira" havia uma cobertura florestal remanescente de apenas 6,7%; que a fronteira agrícola estimada era de 3.047.022 hectares (15,3%) da "área total aproveitável"; deduzindo-se a cobertura florestal, diagnosticava aptos a serem incorporados ao processo produtivo aproximadamente 1.600.000 hectares, equivalentes a 8,6% do território do estado, que eram "as margens de rios ou córregos, vales úmidos, etc".

Considerando que 87,5% dos solos a serem drenados, constariam de Hidromórficos Gleizados, Orgânicos Indiscriminados e Aluviais, já em nível de projeto, o texto define como objetivo geral: "elevar a oferta de alimentos através das áreas aproveitáveis até então não exploradas, empregando tecnologia adequada de uso racional do solo e da água, de forma a não causar danos irreparáveis ao meio ambiente" e traça uma meta de 97.625 hectares de conservação do solo e da água com plantio de essências florestais e obras de controle da erosão.

Por fim, o Programa previa a alocação de recursos específicos e continuados para atividades como investigações básicas para projetos de irrigação e drenagem; manejo de solos orgânicos e hidromórficos; mecanização e sistematização de várzeas; explorações agrícolas promissoras naquelas condições e introdução e testes de culturas alternativas. A atribuição do Órgão Ambiental do Estado, como membro da Organização e Administração do PROVÁRZEAS era

“implantar e manter viveiros para formação de matas ciliares e executar atividades de fiscalização para a preservação da flora e fauna”.

Logo surgiram publicações críticas a tais programas e práticas. No Rio Grande do Sul, KLAMT et al (2005) relatam o comprometimento dos solos das várzeas; a Fundação Zoobotânica, com base em um sobrevôo efetuado em 1986, denuncia que 80 a 90% dos 5,3 milhões de hectares de banhados originalmente existentes, equivalentes a 18,4% do território daquele Estado, estavam sendo destruídos pela expansão dos cultivos de arroz (FZRS, 2002).

HARIDASAN (1994), estudando os serrados, em relação às áreas de solos hidromórficos salienta que a maior parte desses solos deveria ser conservada pela lei que protege as matas de galeria ao longo dos rios e cursos de águas; lamenta que as várzeas estivessem sendo utilizadas cada vez mais para hortigranjeiros e cultivo de arroz e por fim, sentencia que a drenagem artificial modifica totalmente as características desses solos.

COSTA (2004) analisa as consequências ambientais dos programas incentivados no Paraná, em especial, o avanço do arroz sobre as várzeas do noroeste. MALHEIROS (2005) chama atenção para os 165.000 hectares do pantanal matogrossense já comprometidos por carreamento de sedimentos e solutos agrícolas oriundos do avanço da soja naquela região.

FOWLER (2006) refere-se a 44,7 milhões de hectares de várzeas no Brasil, sujeitas a alterações de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, ocasionadas por drenagens e/ou cultivo de olerícolas, rizicultura e cana-de-açúcar. Considerando que o Brasil tem uma extensão de 851.420.500 de hectares de terras (IBGE, 1990), a informação acima indica que 5,25% da superfície total do território são áreas úmidas em rápido processo de descaracterização.

2.6 Evolução de conceitos e normatização de uso dos banhados

O conceito funcional de Áreas de Preservação Permanente – APP vem de longa data. BALDWIN et al (1938) lançaram as bases do sistema americano de classificação pedológica. Este sistema, a partir da década de 50, sofreu diversas adaptações para a realidade brasileira (EMBRAPA, 2006), até chegar ao modelo de Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de

Capacidade de Uso (LEPSCH, 1991). Ao lado disto, RAMALHO FILHO (1994), publicou o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, agregando o conceito de Níveis de Manejo na classificação das terras e ROSS (1994) publicou o Sistema de Análise da Fragilidade e Potencialidade dos Ambientes Naturais e Antropizados, acrescentando critérios para análise de fragilidade e potencialidade dos ambientes. Porém, desde as publicações da década de 30, a definição de áreas que “prestam-se apenas para a proteção e abrigo da fauna e flora silvestre, para fins de recreação e turismo ou de armazenamento de água”, isto é, a concepção de APP já estava presente e abrangia, entre outras, “as terras planas permanentemente encharcadas, como banhados e pântanos”.

Também na esfera legislativa as restrições ao uso de terras frágeis são antigas. Foi prevista no Código Florestal de 1934 (Decreto Federal 23.793); mantida no novo Código Florestal de 1965 (Lei Federal 4771) e na Constituição Federal de 1988. Em 2001, a Medida Provisória nº 2.166-6 criou mecanismos e definiu um horizonte de tempo para a efetiva implementação do instituto da RL - Reserva Florestal Legal, bem como a proteção das Áreas de Preservação Permanente.

No Paraná, a Lei de Colonização ou de Terras (Lei estadual 750/1940, determinava que um quarto, ou seja, 25% das propriedades deveriam ser mantidas com vegetação natural; visando atender ao princípio da reserva florestal, do abrigo da vida silvestre, da proteção das áreas de fragilidade e dos mananciais.

Outras legislações se sucederam, até que Decreto Estadual 3.320/2004, criou o Sistema de Manutenção, Recuperação e Proteção da Reserva Florestal Legal e Áreas de Preservação Permanente – SISLEG; que vinculou autorizações, anuências, licenciamentos e certidões emitidas pelo IAP – Instituto Ambiental do Paraná, à averbação na matrícula dos imóveis rurais dos 20% de RL – Reserva Legal e das APP's definidas de acordo com a Resolução CONAMA 302/2002, colegiado este que também regulamentou as possibilidades de uso das APPs., através da Resolução 369/2006.

A Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP 05/2008 define as Áreas Úmidas (banhados e várzeas) como áreas especiais a serem protegidas, e dá critérios baseados no hidromorfismo, na declividade e na textura do solo para delimitação das APP's e seus Entornos Protetivos; a Portaria IAP nº 060/2008 definiu que estes últimos podem ser utilizados com sistemas produtivos que não promovam revolvimento e carreamento de solo e/ou outros contaminantes.

As normatizações mais recentes evidenciam caráter mais estratégico ao incorporar critérios abióticos (geologia, geomorfologia, solos), bióticos (vegetação, fauna) e sócio-econômicos (produção, planejamento territorial) nas definições de proteção dessas áreas com funcionalidades ambientais específicas; o que representa um reconhecimento ao que LAMBERT (2003), assessor da Convenção de Ramsar, instalada em 1971 para a proteção das áreas úmidas do planeta, enumerou como benefícios ou serviços ambientais proporcionados por estas e defendeu que fossem, inclusive, valorados economicamente, pelas razões seguintes:

“As áreas úmidas se acham entre os espaços mais produtivos do mundo. São refúgios de diversidade biológica; disponibilizam água e a produtividade primária, da qual inúmeras espécies de plantas e animais dependem para a sua sobrevivência; dão suporte a concentrações de espécies de aves, mamíferos, répteis, anfíbios, peixes e invertebrados; também são depósitos de material fitogenético. O arroz, planta comum das áreas úmidas, é dieta habitual de mais da metade da humanidade. A interação entre os componentes físicos, biológicos e químicos permitem às áreas úmidas desempenhar funções vitais como o armazenamento de água, proteção contra tormentas e mitigação das inundações; estabilização das encostas e controle da erosão; recarga das águas subterrâneas (percolação da água desde os banhados até os aquíferos subterrâneos); descarga de águas subterrâneas (movimento ascendente da água que passa a ser água superficial em um banhado); purificação da água pela retenção de sedimentos, nutrientes e substâncias contaminantes (filtração); e estabilização das condições climáticas locais, em particular, precipitação e temperatura. Oferecem benefícios econômicos como disponibilidade de água (quantidade e qualidade); pesca (mais de dois terços da produção pesqueira do mundo estão vinculados à saúde das zonas costeiras e das áreas úmidas interiores); agricultura, por conta da manutenção do lençol freático e da retenção de nutrientes nos terrenos aluviais; provêm recursos energéticos, como turfas e matérias provenientes das plantas; recursos silvestres; transporte e oportunidade de recreação e turismo”.

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

3.1 Materiais utilizados

Foram utilizados: A) Carta topográfica do SGE Quadrícula SG.22-V-D-II, Escala 1:50.000; B) Pares de fotos pancromáticas, quadrícula SG.22-V-D-II, faixa C-83.II, nºs 38988 e 38989, vôo de 1980, escala 1:25.000, ITC-PR/Aerofoto Cruzeiro S/A; fotos de nºs 6943 e 6945, vôo de 1965, Escala 1:70.000, Ministério da

Guerra/Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul e nºs 36642 e 36643, vôo de 1952, escala 1:25.000, Ministério da Guerra/Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul, cedidas pela SEMA-Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná; Imagem restituída de ortofoto obtida do vôo de 2005, escala de 1:10.000 cedida por Walls Consultoria, com autorização do proprietário da área Sr. Lincoln Campelo. C) Estereoscópio de espelhos OPTO EM-2 com ampliação de 1.8 X e estereoscópio de bolso; D) Trados tipo holandês de 1,0; 1,20 e 5,00 metros, pás cortadeiras, enxada, enxadão, foice, facão; E) Hastes de ferro de 5,8 mm de diâmetro e 6 metros de comprimento; e) Trenas de 1,5; 5,0 e 50 metros; F) Máquina fotográfica digital 3.2 Mb; G) Clinômetro e altímetro; H) Cadernetas de campo; sacos plásticos utilizados na coleta de solo; I) Scanner de mesa; J) Aparelho GPS de navegação GARMIM, com precisão de até 6 metros; I) Aparelho GPS Geodésico de dupla frequência, Topcon, modelo Legacy, com precisão de 1 metro; M) Programas SPRING 4.1.1; AutoCad Map 2002; ENVI 3.6; SURFER 8.0; TopoEVN 6.0; N) Computadores; O) Livros, artigos e a Rede Mundial de Computadores para a revisão e pesquisa.

N) Área de estudo: como amostra representativa da região de abrangência, foi escolhido um segmento de bacia hidrográfica com área de 124,03 hectares, encravados entre as cotas altimétricas 938 e 988 metros sobre o nível do mar e seccionado no nível de base de um barramento existente em um trecho cuja incisão do arroio é bastante pronunciada, com encaixamento em forma de V sobre basalto aflorante. Tem como coordenada UTM de referência 412.800E e 7.184.000N e está contido, conforme DSG (1973) na folha de Guarapuava (SG.22-V-D) que situa-se na região central do Estado do Paraná, conforme ilustra a Figura 4.

3.2. Métodos utilizados

3.2.1 *Dados Topográficos*: foram obtidos combinadamente de três fontes: a primeira foi a Carta do Serviço Geográfico do Exército, escaneada e inserida no Programa AutoCad Map 2002 e então vetorizadas as curvas de nível. A segunda fonte foi o projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), executado em parceria pelas agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI), que consiste em um escaneamento da superfície terrestre com

resolução de 90 metros, o que permite compor mapas temáticos planialtimétricos. Com as coordenadas UTM da região de interesse foi selecionada a área e obteve-se uma imagem GEOTIFF. Esta foi submetida ao programa ENVI 3.6 para se obter um arquivo de texto, contendo dados em coordenadas UTM (N,E,H) e *Datum* SAD-69. Esta conversão foi possível porque a imagem em formato GEOTIFF possui, por *pixel*, uma coordenada N,E,H, sendo o “N” correspondente a Latitude, o “E” correspondente a Longitude e o “H” correspondente a altitude, similar ao x, y, z do sistema cartesiano. A terceira fonte foi o levantamento planialtimétrico detalhado de parte da área, aproximadamente o terço inferior, contendo os solos sob regime hidromórfico. Foi executado com GPS de dupla frequência, gerando curvas com equidistância vertical de 1 metro. Posteriormente foi feito o pós-processamento com o programa Pinnacle 1.0 e a interpolação e ajuste dos três métodos, obtendo-se, assim, a precisão necessária para o levantamento.

3.2.2 Mapas temáticos retroativos: Para gerar os mapas de uso e ocupação dos solos referentes aos anos de 1952, 1965 e 1980, foi efetuado o trabalho de fotointerpretação dos pares fotográficos com o uso de estereoscopia. Após, foi utilizada a base digitalizada das fotos interpretadas como arquivo base para vetorização em CAD dos dados extraídos das referidas fotografias. Já para o Mapa 1, utilizou-se ortofoto restituída, datada de 2005, combinado com o levantamento realizado a campo (polígono do segmento de bacia, estradas, etc), sendo esta, tomada como base para o alinhamento e ajuste das demais, para o dimensionamento das áreas, em razão de ser a única com tratamento de restituição aerofotogramétrica.

3.2.3 *Mapa de Declividade*: Foi gerado com dados do SRTM. Utilizou-se o Programa *TopoEVN 6.0.*, gerando o MDT (Modelo digital do terreno) onde posteriormente foram geradas as classes de declividade pelo mesmo programa.

3.2.4 *Mapa Hipsométrico*: Para este fim, utilizou-se arquivos obtidos do SRTM, processados no programa *Surfer 8.0* para gerar o mapa. Esta etapa foi realizada, primeiramente, gerando através do arquivo de texto, utilizando-se o referido programa como uma grade. Esta corresponde a uma grade de pontos geográficos em x, y, z, que plotado no mesmo programa, dá origem a uma figura que mostra a diferença de altitude média aproximada, devido ao fato de que para o processamento da imagem o programa realiza a interpolação das altitudes pontuais.

3.2.5 *Identificação e mapeamento das classes de solos*: Para a identificação e mapeamento parcial dos solos ocorrentes na área de estudo, trabalhou-se em toposseqüências representativas, no sentido descendente e alternando vertentes convexas e côncavas, verificando-se as variações características dos perfis nas duas condições topológicas. Foram verificados os padrões característicos dos horizontes diagnósticos, conforme EMBRAPA (2006), as variações de cores (matiz, valor e croma) pela Carta de Munsell e coletadas amostras para as análises físico-químicas, granulométricas e de teores totais de carbono. Para as análises laboratoriais físico-químicas e granulométricas, seguiu-se o método padrão EMBRAPA (1997), conforme discutido por LIMA et al (2006). Já os teores totais de carbono orgânico (C-CHN), foram determinados em aparelho analisador elementar VARIO EL III (HÖFER, 2004), considerado o método padrão internacional para este tipo de análise (SILVA et al, 1999). Por fim, foi gerado o mapa de solos utilizando-se como arquivo base o Mapa 1, sobre o qual foram plotados os dados extraídos do trabalho de campo.

3.2.6 *Mapa de Fraturas ou Lineamentos geológicos*: Utilizou-se como arquivo base dos lineamentos que controlam a região de inserção e o próprio segmento de bacia, o levantamento de direções preferenciais dos lineamentos geológicos realizado por ARIOLI *et al* (2008), cedidos pela MINEROPAR e ajustado sobre a carta do SGE, Articulação MI-2837/3.

3.2.7 *Mensuração das seções e volumes dos solos sob regime hidromórfico*: para este fim, foram traçados transectos perpendiculares ao eixo longitudinal do banhado, no sentido de montante a juzante; espaçados de 25 a 275 metros, conforme a aparente regularidade do pedoambiente e cobrindo em leque a cabeceira, em um arco externo, até o limite das marcas de hidromorfismo a 1 m de profundidade. Internamente, os transectos cruzaram o banhado propriamente dito, onde predomina o horizonte hístico à superfície. Os transectos, além de permitir o reconhecimento do solo, possibilitaram obter as seções transversais do banhado (largura x profundidade) que multiplicadas pelo comprimento, resultaram no volume dos solos com características hidromórficas.

Foi identificada ainda, através de tradagens, amostragens do solo e abertura de trincheiras de controle, a zona de transição que apresenta as marcas características do hidromorfismo a 50 cm de profundidade (linha verde no Mapa 1) conforme definido no Artigo 2º da Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP Nº

05/2008. Procedimento idêntico foi realizado para a identificação da linha delimitadora dos solos semi-hidromórficos, com tais marcas características a 1 metro de profundidade (linha amarela no Mapa 1).

A avaliação e mensuração retroativa das áreas de banhado eventualmente descaracterizadas por ação antrópica, foi executada através de confrontação com a identificação dos contornos da vegetação indicadora e outros elementos observáveis através de estereoscopia, tais como canais de drenagem normais, canais laterais paralelos ao eixo do banhado, avanço da incisão do canal fluvial principal e secundários.

Para amostragem do volume de solo sob regime hidromórfico, demarcou-se no Mapa 1 e em terreno a área de 6,84 hectares correspondente aos limites de transição visual da vegetação higrófila, coincidente com lençol freático à superfície, até o estreitamento do banhado a juzante, coincidindo com a incisão do canal, sobre o basalto aflorante. A identificação e mensuração da profundidade do horizonte orgânico hístico e do subjacente com caráter gleissólico (EMBRAPA, 2006) foi feita obedecendo-se os transectos previamente traçados, mediante tradagens efetuadas de 5 em 5 metros, até encontrar a transição. A mensuração de toda a profundidade do horizonte subjacente gleissólico, até o contato com a rocha matriz, foi executada utilizando-se de hastes de ferro, em função da dificuldade encontrada de fazê-lo com o trado de 5 metros. Além da insuficiência de comprimento, o material subjacente ao horizonte orgânico demonstrou-se extremamente pegajoso, ocasionando a retenção do trado e enorme dificuldade para removê-lo. Já as hastes penetravam e eram retiradas com maior facilidade.

Com os dados de área da superfície e de profundidade, compilou-se em planilha eletrônica os volumes em separado do material do horizonte superficial e do profundo. Para efeito demonstrativo compilou-se plantas, em escala 1:250, dos transectos mensurados, além de desenhos ilustrativos de perfis representativos das características da área estudada.

3.2.8 Coleta dos solos para as análises físico-químicas: Para a coleta dos solos adotou-se os critérios de pedologia sugeridos por CURCIO (2008), em Comunicação Pessoal: constaram de amostras simples nas profundidades de amostragem para os Latossolos de 0-20, 20-35, 40-60 e 80-120 cm; para os Cambissolos de 0-20 e 50-70 cm; para os Organossolos de 0-20 e 30-50 cm e para o Gleissolo de 80-100 cm. A espacialização da amostragem está identificada no

Mapa 10. As amostras foram divididas em dois conjuntos idênticos e encaminhadas um para um laboratório comercial de Guarapuava, devidamente credenciado junto à SEAB/PR., e o outro conjunto de amostras foi encaminhado aos laboratórios de biogeoquímica, de física e de fertilidade do solo, do Setor de Ciências Agrárias da UFPR., em Curitiba. As análises solicitadas para ambos os laboratórios foram as físico-químicas, granulométrica completa e teor de carbono orgânico total em analisador elementar. A coleta e a preparação das amostras foram realizadas pelo autor. Em todos os casos, seguiu-se os métodos laboratoriais discutidos em LIMA et al (2006).

3.2.9 As estimativas de estoque de carbono no solo foram calculadas multiplicando-se unidades, ou seus múltiplos, da concentração de C (g.g^{-1}) na camada de solo, pela densidade do solo (g.cm^{-3}) e pelo volume da camada do solo (cm^3 em campo), sempre considerando a massa equivalente em TFSA (FEARNSIDE, 2005).

3.2.10 As densidades de solos (Ds) foram obtidas com a utilização de amostras indeformadas, através do método dos anéis volumétricos conforme descrito em EMBRAPA (1997).

3.2.11 Para o levantamento dos dados relativos à ocupação e evolução de uso dos solos dos campos de Guarapuava, pesquisou-se em livros e artigos de historiadores do Paraná e publicações específicas da região de abrangência. Também foram utilizadas informações disponibilizadas pelo Instituto Ambiental do Paraná e pelo Departamento de Economia Rural da Secretaria Estadual da Agricultura e do Abastecimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

4.1. Caracterização da área de estudo

FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Fonte: MACEDO, 2009

A área de estudo, tendo como coordenada UTM de referência 412.800E e 7.184.000N, foi escolhida pela disponibilidade de informações sobre o imóvel e especialmente pela representatividade dos banhados ali existentes, numa relação aproximada de 10% da superfície de solos minerais do entorno.

Foi delimitada tendo por base o conceito de microbacia hidrográfica, adotado pelo PNMH, através do Decreto–Lei 94.076/87, no qual MH é uma área drenada por

um curso d'água e seus afluentes, à montante de uma determinada seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada. Correlaciona-se com o conceito de unidade espacial mínima, ou Bacia Hidrográfica de ordem zero, considerando os canais efêmeros ou cabeceiras de drenagem (BERTONI et al,1990).

Foi considerado ainda o conceito de funcionalidade e finalidade do estudo, conforme GUERRA et al (2005), indicando área mínima de 10 km² para estudos de planejamento conservacionista. Para os propósitos do presente trabalho foi delimitada a área de 124,03 hectares, segmentada no nível de base de um barramento existente, em um trecho cuja incisão do arroio é bastante pronunciada, com encaixamento em forma de V sobre o basalto aflorante.

A forma sub-esférica do segmento de bacia estudado, apresenta comprimento do eixo de convergência (L) retificado de 2.477 metros; largura média de 1.247 metros e perímetro (P) de 3.947,91 metros, gerando um Coeficiente de Compacidade (CC) de 1,18. Este valor adimensional resulta da relação entre o perímetro da bacia (PB) e o perímetro de uma circunferência (PC) de área igual, definido pela fórmula $CC=PB/PC$. Apresenta também um Fator Forma (FF) adimensional de 0,5 definido pela razão entre a área do segmento de bacia (A) e a distância entre o seu nível de base e o ponto mais alto do divisor (L) elevado ao quadrado, de acordo com a Fórmula $FF=A/L^2$. Estes dados, de acordo com VILELA et al (1975) e SUDERHSA (2008), conferem características acentuadas para formação de enchentes, por conta da concentração de fluxos superficiais provenientes das várias direções com distâncias semelhantes. Significa acúmulo de energia e capacidade de arraste, o que explica o remonte erosivo com a incisão do canal principal e de canais laterais secundários circundando o banhado e avançando sobre as encostas.

Para a caracterização do relevo adotou-se os intervalos ou classes de declividade propostos por RAMALHO FILHO (1994), destacando-se que o relevo é um fator relevante desde a gênese (BRADY,1989; SICS, 1999; GUERRA e CUNHA, 2000; GUERRA, 2005) aos processos de desagregação, transporte e deposição dos solos (BERTONI et al,1990; LOPES, 1990; CAMARGO, 1998) sendo determinante nas definições de potencialidades de manejo e nas limitações de uso (ROSS,1994). No caso em tela, de acordo com os Mapas 5, 6 e 7 anexos, a área de estudo apresenta-se com 13,84% de sua superfície na classe plana; 76,02% com

relevo suave ondulado e 9,65% ondulado, sendo estes dados compatíveis com os encontrados em EMBRAPA(1984) e MINEROPAR(2006).

4.2. Identificação dos solos ocorrentes

Os solos levantados na área de estudo estão descritos e quantificados na Tabela 1 e identificados no Mapa 8 em anexo e, mesmo considerando a escala local em nível de segmento de bacia, guardam similaridade com as descrições de MAACK (1981), EMBRAPA (1984), EMBRAPA (2008) e SUDERHSA (2008), sendo representativos da região da área de abrangência.

Tabela 1 - SOLOS IDENTIFICADOS NA ÁREA DE ESTUDO

LEGENDA	CLASSES IDENTIFICADAS ATÉ O 4º NÍVEL CATEGÓRICO*	Ha	%
LBd5	Latossolo Bruno Distrófico úmbrico (1.1)		
LBd(5)	Latossolo Bruno Distrófico rubrico** (LVdf3) (1.2)	89,47	72,13
CXbd	Cambissolo Háptico Tb Distrófico latossólico (2.1)		
CXbd	Cambissolo Háptico Tb Distrófico léptico (2.2)		
CXbd	Cambissolo Háptico Tb Distrófico petroplíntico (2.3)	14,02	11,30
CXbd	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (2.4)		
OX	Organossolo Háptico Térico, fase campo*** (3.1)		
OX	Organossolo Háptico Térico, fase soterrada*** (3.2)		
GM(3)	Gleissolo Melânico Tb Distrófico organossólico (4.1)		
GM(2)	Gleissolo Melânico Tb Distrófico cambissólico (4.2)	18,53	14,94
GM(1)	Gleissolo Melânico Tb Distrófico petroplíntico (4.3)		
GX	Gleissolo Háptico Tb Distrófico léptico, fase campo*** (4.4)		
GX	Gleissolo Háptico Tb Distrófico léptico, fase soterrada*** (4.5)		
GX	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico (4.6)		
RL	Neossolo Litólico Tb Distrófico hístico (5.2)		
RYbd	Neossolo Flúvico Tb Distrófico gleissólico (5.3)	2,01	1,62
RL	Neossolo Litólico Tb Distrófico típico (5.1)		
Observ.	Afloramentos de rocha (6); Cone de dejeção (7); Surgências d'água (8); Lâmina petroplíntica (9)		
Total		124,03	100

Fonte: MACEDO (2009); (*) EMBRAPA (2008); (**) Caráter rubrico/transição p/ LVdf3 e (***) Soterramento vide comentários no texto a seguir; (n; n,n) Pontos de localização no Mapa 8.

A predominância dos Latossolos Brunos na área de estudo e na região de abrangência integra a maior expressão dessa classe de solos na fisionomia do Estado (EMBRAPA, 2008) e por conta disso, pode ser chamada de “província brúnica” (CURCIO, 2008 em Comunicação pessoal) representando a classe mais evoluída dos solos regionais. A designação de província brúnica, referindo-se à matiz, valores e cromas dominantes guarda relação com conceito de “províncias geoquímicas” que são áreas quimicamente homogêneas e que contém associação

de elementos químicos formadores (LICHT, 1998). Conforme os levantamentos efetuados e o registro fotográfico anexo (Fotos 01 a 05) ficam evidenciadas a profundidade dos perfis encontrados de 1,50 a mais de 5,00 m, a uniformidade e a gradualidade transicional entre os horizontes do solo.

Além do Latossolo Bruno distrófico úmbrico, identificou-se a ocorrência de horizonte B com caráter rubrico (5YR ou mais vermelho, valor e croma 4/6 a 5/8 da Escala de Munsell). Esta distinção não foi mapeada, por fugir ao escopo do presente trabalho, mas foi observada na profundidade entre 80 e 120 cm, na fronteira entre o terço superior e médio da encosta na porção nordeste da área, geralmente acima do limite superior da classe de declividade suave ondulada (3 a 8%) e a jusante de rupturas de relevo, condição que confere a estes pedoambientes melhor drenagem e prevalência de condições fortemente oxidantes. Daí o forte avermelhamento do horizonte B com reflexo em todo o perfil do solo pela presença abundante de óxidos de ferro e manganês. Estes elementos tem menor mobilidade, acumulando-se no perfil do solo em contrapartida à contínua perda de bases, intrínseca ao processo de amadurecimento dos latossolos (LICHT, 2001).

Corroborando com a observação acima, no Mapa de Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 2008), observa-se ao lado da área de estudo uma significativa mancha de Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf3), situando a área de estudo em zona de transição para o referido Latossolo Vermelho e explicando o avermelhamento dos cromas e valores encontrados nas topossequências.

Observou-se ainda, em diversos pontos nos Latossolos Brunos, a ocorrência de intenso concrecionamento. Mesmo ainda profundos, mas já com algum nível de comprometimento da drenagem interna, o que se nota pela coloração tendendo ao amarelo, foi identificada presença do caráter concrecionário a partir da profundidade de 1,0 metro nos solos do terço médio para baixo, em vertentes côncavas. Estas concreções areno-argilo-ferruginosas, hematíticas, limoníticas e biotíticas resultam da flutuação do lençol freático, promovendo a movimentação e a concentração dos argilo-minerais na formação das concreções (CURCIO, 2008 em comunicação pessoal). Os locais onde foi observada maior intensidade deste fenômeno, ficam em posições intermediárias da mesma vertente, do lado sudoeste da área, coincidente com a ocorrência de lâmina petroplíntica no limite com o banhado (Mapa 08). Este fato indica que a lâmina petroplíntica resulta da intensificação do processo de concrecionamento. No lado direito, em posições equivalentes no relevo também foi

observado concrecionamento intenso, contudo, não foi identificada ocorrência de laminação.

Por outro lado, considerando o relevo (Mapa 7), pode-se visualizar que 14% da área tem declividade plana, entre 0 e 3 %, sendo que esta classe inclui parte do banhado e porções altas dos Latossolos. Somando-se as classes até 8% de declividade, chega-se a praticamente 90% da área de estudo, o que tanto em termos de declividade quanto de solos é compatível com os dados de EMBRAPA (1984) e MINEROPAR (2006).

Os Cambissolos (Tabela 1) identificados no Mapa 8 e Foto 2, ocupam uma faixa intermediária, mais ou menos regular, entre os Latossolos e os solos sob regimes hidromórficos. Além das características típicas da classe, chamou atenção, nas observações visuais nas trincheiras e tradagens, o aspecto indicativo de erosão laminar com transporte de material mineral de granulometrias finas e deposição superficial nesta franja de solo. Esta observação se confirma pelos menores valores encontrados de areia e silte e maior teor de argila no horizonte A, comparados aos valores de 30 anos atrás (EMBRAPA, 1984).

Embora não delimitados, foi possível reconhecer na área de estudo, diferenciações que permitiram a classificação dos cambissolos até o 4º nível. Assim identificou-se Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico, com um horizonte B um tanto desenvolvido, porém, não o suficiente para enquadrá-lo como Latossolo; em outro ponto, assentado sobre contato direto com a rocha matriz, portanto, léptico e o tipicamente assentado sobre horizonte C/R.

Com relação aos Neossolos, foi possível identificar Neossolo Litólico distrófico tipicamente assentado sobre a rocha de origem; o constituído de horizonte A hístico, não característico para Organossolo, restando classificado como Neossolo hístico; o solo pouco desenvolvido, sobrejacente a afloramento rochoso e com evidência da influência do freático, enquadrando-se como Neossolo Flúvico Tb distrófico (Foto 3)

As espessuras dos horizontes H (hístico) com 0,4 m ou mais, que caracterizam os Organossolos e os abaixo dessa medida que definem os Gleissolos, foram tomadas através dos transectos e estão demonstradas na Figura 5, apenas para a obtenção dos volumes desse horizonte, assim como do horizonte mineral subjacente. Por conta do maior interesse no aspecto da funcionalidade, do que na taxonomia, optou-se por não individualizar essas duas classes de solos. Também

não foi possível executar a classificação física em peneira, por tamanho do material fibroso recalcitrante, conforme EMBRAPA (2006), não sendo feita a distinção entre Organossolo fíbrico, hêmico e sáprico, conforme a Tabela 1 e Mapa 8, ilustrando-se fotograficamente as ocorrências de Organossolo (Foto 4) e Gleissolo (Foto 5).

Chamou a atenção a espessura de 75 cm de horizonte A encontrada pelos pesquisadores em 1978, em Latossolo equivalente ao da área de estudo (Perfil nº 39) sob campo natural em comparação com os 32,17 cm encontrados como média de 46 amostragens nas áreas de culturas e pastagens manejadas sobre solos minerais no presente trabalho. Em toda a região, os Latossolos Brunos foram descritos (EMBRAPA, 1984), como apresentando horizonte A espesso (entre 60 – 90 cm) com elevados teores de carbono orgânico (mais que 16 Kg.m^{-3} de solo). A diferença de cerca de 43 cm representa perda de horizonte A por todas as formas de erosão ocorridas com a mudança e intensificação de usos.

É provável que tenha havido também uma espécie de subsidência, com alterações na densidade aparente do solo, o que acarreta perda de volume. A atual predominância de valores de profundidade do horizonte A em torno de 30 cm coincide com a profundidade das operações de aração, gradagens, subsolagens e escarificação. Estas operações foram intensamente utilizadas entre os anos 1970 e 80 e, com menor frequência, ainda hoje, podendo-se falar em um horizonte A artificializado. Esta análise é compatível com SEAB/PR (1989), BERTONI et al (1990), CAMARGO (1998) e COSTA (2004).

Em contraposição à perda de espessura do horizonte A no terço superior e médio, verificou-se a ocorrência de soterramento, com a formação de camadas de solos minerais de espessuras variadas com até 70 cm sobrepostas a Gleissolos e Organossolos; podendo-se afirmar ainda que o volume de solo sobreposto, representa uma fração do solo efetivamente perdido, em função da magnitude das áreas de desagregação e transporte (terço superior e médio) em relação à área de deposição, que constitui uma franja irregular circundante ao banhado.

Em relação aos afloramentos rochosos, além da incisão do arroio, onde se tem contato visual com o basalto (Mapa 8, Foto 6) identificou-se um afloramento causado por erosão geológica (BERTONI et al, 1990) e um ponto antropizado, onde a construção de um canal lateral de drenagem, expôs a rocha matriz com forte intemperização, destacada pela coloração vermelho-alaranjada intensa, indicativo da oxidação dos altos teores de ferro e manganês expostos ao ar. A aparência dos

afloramentos identificados na área e imediações (Tabela 1) é compatível com as descrições encontradas em PEDREIRA et al (1981) e MINEROPAR (2008).

Uma última observação refere-se a um cone de dejeção identificado no limite inferior do terço médio da encosta (Mapa 08). Representa uma zona de dissipação de energia do fluxo erosional, localizado a jusante de uma quebra de relevo. É uma zona mais aplanada onde sedimentos de granulometria grosseira e solutos são acumulados pelo efeito cíclico de barramento exercido pela vegetação, especialmente gramíneas, resultando em acúmulo de fertilidade expresso no vigor das mesmas.

4.3 Evolução do uso do solo do campo seco e do banhado

Os dados aqui analisados resultam da compilação de autores regionais, sobre a produção e o modo de produção agropecuário de períodos que podem ser considerados os primeiros ciclos da ocupação por não-indígenas da região dos campos de Guarapuava. Em paralelo, fez-se a interpretação retrospectiva dos registros aerofotográficos, desde os primeiros vôos efetuados no Estado do Paraná. Referem-se à base geográfica que inclui os atuais municípios de Candió, Goioxim, Campina do Simão, Turvo, Foz do Jordão e Reserva do Iguçu, que até a década de 50 integravam o território de Guarapuava e Pinhão.

4.3.1 Evolução do uso dos campos através dos registros históricos

A Tabela 2 demonstra a predominância das atividades pecuárias no ciclo inicial de ocupação dos campos de Guarapuava pelos não-nativos, bem como, indica através dos números, a fase de expansão, o auge e a substituição da “sociedade tradicional campeira” (ABREU, 1986) pela “revolução verde” (COSTA, 2004).

TABELA 2 - EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE CRIAÇÃO TRADICIONAL

TIPO	Nº CABEÇAS e ANO*	MAIOR EXPANSÃO (no período)*	MENOR Nº (no período)*	Nº ATUAL**
Bovino	205.200 (1956)	208.000 (1957)	86.979 (1973)	291.200
Asininos	1.400 (1956)	1.400 (1956)	32 (1978)	-
Muare	20.700 (1956)	22.800 (1964)	1.474 (1978)	970
Eqüinos	33.100 (1956)	34.500 (1964)	15.614 (1978)	19.155
Ovinos	9.500 (1956)	15.000 (1964)	5.972 (1973)	39.340
Suínos	270.000 (1956)	280.000 (1964)	162.336 (1975)	115.000

Organizador: MACEDO (2009); (*) DEE – IBGE, citado por ABREU (1986); (**) SEAB/DERAL, 2007.

Os números da Tabela 2 referem-se ao rebanho estático no ano apontado, exceto os números atuais, que representam outra realidade. Eles demonstram as transformações quantitativas e qualitativas pelas quais passou a pecuária regional. Analisando o conjunto, admite-se que a primeira coluna seja um recorte dos primeiros dados disponíveis, de acordo com as fontes consultadas. Vê-se um período de expansão em torno de 1960, que representa, presumivelmente, o auge de ingressos de investimentos ainda no sistema tradicional. A retração observada nos anos 70 representa o fim da sociedade campeira. Já não se precisava da mesma quantidade de eqüinos e não havia mais lugar para muare e asininos. A partir daí, ocorreu uma inversão positiva da curva para os ovinos e especialmente para os bovinos e suínos, na esteira de uma forte mudança nos paradigmas tecnológicos para estas atividades na região.

A propósito do sistema de criação extensiva ou mesmo da genética rudimentar do gado bovino de então e da qualidade dos campos, MARTINS (1992), relata que “as boiadas eram vendidas para os invernistas de Ponta Grossa e da Lapa, onde já tinham invernadas em descanso com boas pastagens para terminar a engorda. As boiadas possuíam em média de 4 a 5 anos, portanto, era boiada criada. Ao término da engorda era abatida e comercializada no mercado curitibano”. Para uma simples comparação, nas feiras e leilões regionais que hoje comercializam cerca de 3.720 bezerros/ano para terminação/engorda, a idade média dos lotes é de 9 meses. Semelhantemente, nos leilões de gado geral onde são comercializados em torno de 8000 cabeças/ano, 40% dos animais são vendidos com idades entre 6 e 12 meses; 25% com média de 18 meses e 35% com 30 meses. Para o abate a idade varia de 1 ano e meio, no caso de novilho precoce a até 3 anos para animais comuns, o que é considerado normal (SEAB, 2008).

Também a suinocultura passou por transformações impactantes. O rebanho estático declinou na década de 70, sem contar que apenas uma terça parte dos animais ficava pronta para abate anual. A partir daí, findo o sistema de safra, qualificou-se a genética e os sistemas de cria e recria de forma que hoje 50% do rebanho regional, de acordo com SEAB/DERAL (2008), já permite uma rotação média de 2,2 lotes/ano. A outra metade sai a um rodízio de 1,5 lotes/ano. Significa dizer que se tem um rebanho estático de 115.000 e um abate de 213.000 cabeças/ano, com uma rotação média de 1,85 lotes/ano. Há 40 anos atrás, tinha-se um rebanho de 280.000 e abatia-se apenas 93.000 cabeças/ano.

De igual forma, a Tabela 3, demonstra através da área plantada a evolução das atividades agrícolas, o que representa um segundo ciclo de desenvolvimento econômico na região dos campos de Guarapuava, já fomentado nos moldes da modernização da agricultura, como definido por COSTA (2004).

TABELA 3 - EVOLUÇÃO DAS PRINCIPAIS CULTURAS COMERCIAIS

CULTURA	ÁREA INICIAL (ha ⁻¹ ano ⁻¹)*	MAIOR EXPANSÃO (ha ⁻¹ ano ⁻¹)*	ÁREA ATUAL (ha)**
Batata Inglesa	62 (1944)	3000 (1968)	3.072
Arroz	52 (1944)	30.976 (1963)	1.200
Centeio	30 (1944)	1.938 (1953)	60
Feijão	1.430 (1944)	10.132 (1954)	15.700
Trigo	150 (1945)	30.000 (1971)	35.300
Milho	5.410 (1945)	66.640 (1978)	71.600
Aveia	123 (1952)	8.300 (1973)	12.475
Cevada	303 (1952)	12.500 (1977)	20.990
Soja	205 (1967)	63.840 (1977)	125.200

Organizador: MACEDO (2009); (*) DEE – IBGE, citado por ABREU, 1986; (**) SEAB/DERAL, 2007.

Os números da Tabela 3 referem-se à evolução das áreas de cultivos de grãos nas décadas de 40 a 70 em comparação com a área atual, retratam a maior e mais impactante das transformações ocorridas na região dos campos. Com exceção do arroz e do centeio todas as demais culturas tiveram expansão de área, com destaque para o milho e a soja. Evidencia-se através dos números um novo ciclo que se implantava, embalado pelos pacotes tecnológicos e aportes financeiros destinados à modernização da agricultura (COSTA, 2004).

Outro fator que contribuiu para acelerar a conversão dos campos nativos em sistemas mecanizados de produção, nos anos 80, foi a utilização dos conceitos de GEE – Grau de Eficiência Econômica e GUT – Grau de Utilização das Terras, pelo INCRA, para a cobrança do ITR – Imposto Territorial Rural e, principalmente, para as avaliações de terras para declaração de utilidade pública para fins de reforma

agrária. Este fato levou a um importante movimento de arrendamento e venda de terras subutilizadas.

O relevo foi um fator determinante, juntamente com outras características como profundidade, textura, estrutura, comprimento de rampas e outras propriedades do solo como produtividade e comportamento frente à erosão, no processo de conversão da área de estudo para agricultura, e de resto, para a expansão do uso agrícola dos campos de Guarapuava; o que confere com as análises de LEPSCH et al (1991) para outras regiões brasileiras. O modelo de pecuária extensiva implantado primitivamente desde 1817, cresceu e declinou no período até 1960, dando lugar a uma agricultura intensamente mecanizada, a partir dos anos 1970/80 (JASTER et al, 1993) e desta ao modelo atual de plantio direto, com práticas menos danosas em termos de perdas físicas da camada superficial do solo (COSTA, 2004).

4.3.2. Evolução do uso agropecuário dos campos através de fotointerpretação

Os Mapas 1, 2, 3 e 4, correspondem a um recuo no tempo de mais de 50 anos. Esta retrospectiva foi executada através de interpretação estereoscópica dos pares fotográficos com observação relativa ao uso e ocupação e à delimitação dos solos com características hidromórficas, pela diferença da vegetação do campo seco e campo úmido. Este procedimento permitiu compor a Tabela 4, que demonstra a evolução, complexação e intensificação de uso dos solos na área de estudo.

TABELA 4 - EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO

ANO	USOS IDENTIFICADOS	ÁREA (ha)	%
1952	Campo nativo (seco e úmido), sob pastejo extensivo de gado	124,03	100,00
1965	Campo nativo (seco e úmido), sob pastejo extensivo de gado	98,18	79,16
1980	Cultivo de arroz e trigo, em campo seco	25,85	20,84
	Campo nativo (seco e úmido) sob pastejo extensivo de gado	68,64	55,34
	Cultivo de milho/soja x trigo ou aveia como pastagem de inverno	54,81	44,19
2005	Açude por barramento do arroio	0,58	0,47
	Campo nativo úmido (banhado) sob pastejo semi-intensivo de gado bovino	14,47	11,67
	Campo nativo melhorado com correção de acidez + adubação + napier + cornichão + trevo + azevem sob pastejo semi-intensivo	19,44	15,66
	Lavoura em PD c/ rotação milho/soja x trigo	25,48	20,54
	Pastagem de inverno (destinação principal) x cultura de verão em PD milho / soja	64,07	52,66
	Açude (por barramento do arroio)	0,58	0,47

Fonte: MACEDO (2009)

Os dados da Tabela 4 demonstram que tanto em relação ao manejo do gado quanto aos cultivos, a propriedade passou por transformações importantes ao longo do período estudado. Iniciou-se o desbravamento do campo bruto com mecanização intensiva para o cultivo de arroz e trigo, ainda nos anos 50. Após isso, com a introdução do uso de calcáreo e fertilizantes químicos, passou-se ao cultivo de milho e soja em rotação com trigo e pastagem de inverno, em sistema convencional de arações e diversas gradagens, incluindo as incorporações dos herbicidas pré-emergentes que surgiram nessa época.

No início da década de 80, a área foi terraceada (base larga). Nas fotos de 1980 ainda não se observam os terraços e tem-se a informação de que no início dos anos 90 os mesmos foram abandonados, pela idéia, então dominante, de que a introdução do plantio direto, juntamente com práticas de rotação de culturas e manejo da cobertura do solo, permitiam suprimir tais práticas mecânicas.

Também neste último período, foram construídas caixas de retenção, valas e drenos fechados, visando reduzir o avanço das erosões em sulco e o vossorocamento dos caminhos preferenciais da água. Estes caminhos localizados nas vertentes côncavas são perceptíveis desde as fotos de 1952 e 1965, com evidente intensificação no período seguinte, observada nas fotos de 1980. Além

disso, buscava-se conter o efeito da acumulação de água nos abaciados do terço inferior, onde o limite com o banhado é difuso e nos períodos de maiores e mais freqüentes precipitações, estabelece-se, ainda hoje, uma “quebra-de-braço” entre as máquinas agrícolas e a natureza (Foto 10).

De maior complexidade, são as áreas que mesmo localizadas em cotas mais altas do terreno, em razão de solo raso, rupturas de relevo ou abaciados decorrentes de impedimentos rochosos, gradiente textural, adensamento ou compactação, tem sua taxa de infiltração da água reduzida. Dependendo da intensidade, duração das precipitações e umidade antecedente, estas áreas saturam-se dando início ao escoamento superficial. A quantidade, a localização e a dimensão de tais áreas não apresenta um padrão definido, daí o conceito de AVA - Área Variável de Afluência (HEWLETT et al, 1969) ou Área Variável Parcial de Contribuição (LIMA, 1995).

Este fenômeno dificulta a identificação dos limites entre solos hidromórficos e não-hidromórficos na demarcação das APP's, conforme a Resolução 05/08 SEMA/IAP/IBAMA. A variação do conteúdo hídrico, no tempo, gera uma gradação de cores escuras desde a superfície do solo, influenciada pela variação do teor de matéria orgânica; provoca também o fenômeno do concrecionamento e o surgimento das marcas da oxi-redução do ferro e manganês (mosqueamentos). Em alguns casos, estes últimos apresentam-se discretos, tornando complexa a delimitação do hidromorfismo a 50 cm de profundidade pelo critério de cor.

Na condição estável de campo natural essa transição era evidenciada pela vegetação adaptada às condições de campo seco ou úmido (KUHLEMANN, 1953; HATSCHBACH et al, 1972; IMAGUIRRE, 1980a e 1980b; MAACK, 1981; MORO et al, 1997; CERVI et al 2003; BOLÓS et al, 1991; LARCHER, 2004). Hoje boa parte das AVA's observadas durante e depois de precipitações significativas, encontram-se alteradas por intervenções mecânicas (aração, drenagens) e soterramentos (Fotos 8 e 9). Daí a utilidade da fotointerpretação estereoscópica retroativa como método auxiliar na indicação destes limites nas condições do campo natural.

A propósito das dificuldades encontradas, DICKINSON et al (1970), afirmam que as AVA's constituem uma fração pequena da área total da microbacia, correspondendo em média a 10%, podendo variar de 1% a 50%, dependendo da quantidade e persistência da precipitação. Aplicando-se o percentual médio à área de estudo tem-se 12,40 ha, que é um valor bastante próximo das áreas delimitadas

como solos hidromórficos. Porém, considerando-se que as AVA's estejam acima da linha de saturação permanente à superfície, este valor pode aumentar significativamente, até mais que o seu dobro (Tabela 4 e Foto 8).

4.4 Dimensionamento da área de banhado

Para a análise comparativa dos levantamentos de área de solos sob regimes hidromórficos, foi elaborada a Tabela 5, que conjuga as informações obtidas e o trabalho de campo efetuado durante o período de 3 safras (verão 2007/08, inverno/2008 e verão 2008/09).

TABELA 5 - LEVANTAMENTOS DE ÁREA DE SOLOS COM CARACTERÍSTICAS HIDROMÓRFICAS

	ORIGEM DA INFORMAÇÃO	CRITÉRIO	ÁREA (ha)	%
1	Área informada no Mapa do SISLEG (IAP, 2004) Escala 1:10.000	Coletada com uso de GPS de dupla frequência, por caminhamento na borda do banhado evidenciada pela vegetação higrófila remanescente	11,06	8,92
2	Ortofoto restituída, vôo de 2004, escala 1:10.000.	Vetorização em CAD da borda do banhado evidenciada pela vegetação higrófila remanescente	14,47	11,67
3	Par Fotográfico, vôo 1980 escala 1:25.000	Área estimada por fotointerpretação da transição campo seco / campo úmido evidenciada pela vegetação indicadora, c/ auxílio de estereoscopia.	15,49	12,49
4	Par Fotográfico, vôo 1965 Escala 1:70.000	Área estimada por fotointerpretação c/ auxílio de estereoscopia, apenas para a área cultivada.		
5	Par Fotográfico, vôo 1952, escala 1:25.000	Área estimada por fotointerpretação da transição campo seco / campo úmido pela vegetação indicadora, c/ auxílio de estereoscopia	18,62	15,01
6	Levantamento de Campo 2008	Identificação e delimitação por tradagem do solo com evidências de hidromorfismo a 50 cm de profundidade* (APP de banhado - Resolução IBAMA/SEMA/IAP nº 05/08).	18,53	14,93
7	Levantamento de Campo 2008	Identificação e delimitação por tradagem do solo semi-hidromórfico com evidências de hidromorfismo a 1,0 m de profundidade**.	8,87	4,68
8	Levantamento de Campo 2008	Vetorização em CAD da faixa de 50 m de entorno protetivo*** da APP (Portaria IAP nº 060/08)	14,98	11,16

Fonte: MACEDO (2009)
Linhas (*) verde, (**) amarela e (***) azul no Mapa 1

Com relação à área inicialmente apresentada no SISLEG, deduz-se que o levantamento tenha sido efetuado em período bastante seco, época em que os operadores das máquinas agrícolas na propriedade conseguem transpor o braço de banhado que se eleva para oeste na margem esquerda (Mapas 1 a 4), além de avançarem sobre o banhado principal. Ademais disso, as AVA's que se expandem em vários pontos para fora do contorno da vegetação, não foram identificadas e portanto, desprezadas. Elas guardam relação com o hidromorfismo a 0,50 m de

profundidade (linha verde, Mapa 1 e Foto 8) em função da baixa declividade em tais pontos (mapa 7) e de outros impedimentos à infiltração já discutidos.

Quanto à área delimitada sobre a ortofoto de 2004, o levantamento considerou o braço de banhado acima referido, porém, desprezou também as AVA's, uma vez que vetorizou a borda permanente da vegetação higrófila, que demarca a zona de saturação hídrica à superfície em cota mínima, nos períodos de estiagem. Esta afirmação se apóia na observação de que a partir deste limite, tanto o horizonte Hístico, quanto o subjacente gleissólico, conservam um conteúdo de umidade suficiente para mantê-los com consistência molhada muito pegajosa e muito plástica (VIEIRA, 1975; BRADY, 1989), fazendo com que as máquinas e o gado atolem. Por esta razão, tem-se, geralmente, dois contornos observáveis: o limite máximo de avanço das máquinas sobre o banhado e o limite do gado. Foi observada a tendência dos animais (*Bos taurus*) adentrarem até a altura do joelho no banhado.

A área estimada a partir da fotointerpretação do vôo de 1980 em comparação com o de 1952, ambos efetuados em período de inverno, apresenta no lado oeste do banhado, ainda campo nativo, uma diferença de interpretação em relação à textura da vegetação indicativa. Embora nítidos os caminhos do gado, foi observada a diferenciação da vegetação acima da cota mínima de saturação permanente em superfície. Isto foi interpretado como influência da variação ou acúmulo maior de umidade nesta zona, em maior parte do ano, refletindo-se no ambiente preferencial de estabelecimento e no porte das diferentes espécies vegetais (KUHLEMANN, 1949; HATSCHBACH et al, 1972; IMAGUIRRE, 1980; MAACK, 1981; MORO et al, 1997; CERVI et al 2003; BOLÓS et al, 1991; LARCHER, 2004). No lado leste, já com agricultura, observou-se tendências de retinização para favorecer a mecanização e indícios de que algumas drenagens já existiam nessa época, daí a área ser menor que a de 1952.

Apesar das dificuldades apontadas na aplicação do conceito de AVA's, bem como as decorrentes das intervenções mecânicas havidas na área, os resultados obtidos na delimitação efetuada pelo trabalho de campo por tradagem e a estimativa através do vôo de 1952, foram as que apresentaram maior aproximação. Considerando que, à época, a área de estudo apresentava-se na condição de campo natural, pouco alterado pela pecuária extensiva e ainda submetido a

processos erosionais mais próximos ao ritmo geológico, admite-se que estes valores sejam os mais próximos da realidade.

Adicionalmente, levantou-se a área de solos semi-hidromórficos, verificando-se que estes guardam certa relação com os Cambissolos e por fim, foi demarcada a faixa do entorno protetivo da APP (banhado), onde a Norma Ambiental citada na Tabela 5 disciplina que pode ser praticada agricultura sem revolvimento do solo e sem aplicações indiscriminadas de agrotóxicos.

Registre-se que não foi possível interpretar adequadamente os limites da transição campo seco/campo úmido através da vegetação natural no par fotográfico de 1965. Desta forma, entendeu-se por não estimar a área do banhado relativa àquela data, devido à escala das fotos (1:70.000). De outra sorte, por conta da textura e da forma retelinizada habitual dos talhões de cultivo, foi possível identificar e obter a área agricultada naquele ano (Mapa 3).

Menciona-se ainda que pela observação das fotos de 1952 e de 1980, foi possível observar indícios da formação de canais laterais já desde época anterior ao uso agrícola e as práticas de revolvimento dos solos. Isto pode ter como explicação de seu início e persistência, o efeito de barramento aos fluxos laterais de água e sedimentos, levado a efeito pelas gramíneas e ciperáceas, muito desenvolvidas desde a borda de saturação superficial mais permanente para dentro do banhado. Aparentemente, formavam-se pequenos terraços que desviavam parte do fluxo de água e sedimentos à jusante. Por conta do equilíbrio dinâmico estabelecido entre acumulação do fluxo e energia de arraste; terraços naturais e canais laterais se estabilizavam, promovendo uma discreta acumulação de sedimentos na faixa de transição do campo seco/banhado. Outra razão pode estar relacionada ao hábito de caminhamento do gado no limite da pastagem que, a partir dali, se mantém verde mesmo nos períodos de estiagem.

Os valores da Tabela 5 ilustram algumas avaliações sobre a significância espacial das áreas úmidas ou banhados, em distintas regiões do território nacional, tomadas, certamente, com distintos critérios. Cerca de 5% dos cerrados (HARIDASAN, 1994); 8,6% do território do Paraná (SEAG, 1981); 18,8 % do Rio Grande do Sul, incluindo banhados, várzeas e lagoas (CARVALHO et al, 2007); menos de 1% ou 5,25% do território nacional (VALLADARES et al, 2008; FOWLER, 2006, respectivamente). Por conta da escala do mapa de levantamento de reconhecimento de solos do Paraná de 1:600.000 (EMBRAPA, 2008), a soma das

classes de solos formados sob influência hídrica totaliza 2,75%. No presente trabalho, constatou-se a redução de 15,01% para 8,92% da área com solos hidromórficos, sendo o primeiro valor resultante da identificação do hidromorfismo a 0,50 m de profundidade e dos indicadores vegetativos da transição campo seco/campo úmido original e o segundo, resultante do avanço de 50 anos de intervenção antrópica com fins econômicos sobre o banhado .

4.4.1 Perfis ilustrativos do banhado e seu entorno

Para contextualizar visualmente a posição e funcionalidades ambientais do banhado na paisagem, foram compostos 6 perfis ilustrativos, dispostos conforme a Figura 5, caracterizando as seções encontradas desde suas cotas mais altas, passando por discretas rupturas de relevo no terço médio, até as cotas mais baixas do segmento estudado, onde se observou maior profundidade até o contato com a rocha, maior acumulação de sedimentos finos e maior teor de água no perfil, vários indícios de rupturas do fluxo difuso e a incisão do canal principal.

Conforme os levantamentos bibliográficos e os efetuados em campo, os perfis 1 a 4 mostram em corte, sem escala, a posição dos solos minerais (Latosolos Brunos, Cambissolos e Neossolos), a zona de flutuação ou acumulação hídrica com coloração amarelo-alaranjada, indicando ambiente redutor, concrecionamentos e início dos mosqueamentos nestes solos. Em seguida, mostra a zona de acumulação de material orgânico com a formação de horizonte H (hístico) sobrejacente ao espesso horizonte mineral gleissólico. Apresenta a posição na paisagem da vegetação higrófila; a entrada de vegetação arbustiva em áreas alteradas por incisão de canais ou acumulação de sedimentos e solutos (Perfil 5); a entrada de vegetação arbórea, por conta das modificações microclimáticas e das condições de drenagem e fertilidade do solo (Perfil 6). Na seqüência, mostra o embasamento basáltico com afloramento no nível de base e a incisão do canal principal. Por fim, ilustra o fraturamento do basalto subjacente, a chamada zona de fraqueza ou de permeabilidade diferenciada, associada aos grandes lineamentos geológicos (Mapa 9), que exercem forte controle estrutural no modelamento da paisagem, na localização e funcionalidades do banhado.

Por estas zonas de fraqueza, infiltram-se lentamente os volumes de água retidos e filtrados pelos Organossolos e Gleissolos e que respondem por grande parte do abastecimento de água potável na região, através de poços tubulares (VIANA, 1995). A Foto 12 representa maquetes de poços com entradas de água do aquífero fraturado e do arenítico subjacente ao manto basáltico. No caso, o Aquífero Serra Geral e o Aquífero Guarani, respectivamente.

É também por estas zonas de fraquezas que ocorre a conectividade entre os dois aquíferos, com recarga e descarga, dependendo da cota altimétrica local e o nível estático. A propósito, dois níveis estáticos conhecidos próximos a Guarapuava estão nas cotas 904 e 908 metros sobre o nível do mar (SUDERHSA, 2008). O nível de base da área de estudo está na cota 938, portanto, o contato com a água do Guarani se dá há cerca de 30 m abaixo do nível de base e toda a área de estudo contribui na sua recarga.

Em sentido contrário, da descarga, têm-se os afloramentos ou surgências naturais de águas minerais ou termais, como é o caso das Águas de Santa Clara, Águas de São Francisco e Águas de Verê, estando a primeira fonte citada a 10 km ao sul da área de estudo, em cota concordante com os níveis estáticos acima citados. Indutivamente, deve-se registrar que a região dos campos e banhados de Guarapuava tem estreita ligação com a qualidade da água dos aquíferos subterrâneos, além do freático livre, que responde pela dinâmica da água e pela manutenção da biodiversidade na superfície.

4.4.2 Apuração do volume e massa dos solos sob regime hidromórfico:

O dimensionamento do volume de parte dos solos do banhado está demonstrado através das seções transversais ou transectos representativos das seções médias do banhado, mensuradas em campo. Os 9 perfis compõem a Figura 6 e seus dados estão sintetizados na Tabela 6. Os volumes de solos do horizonte superficial orgânico (horizonte H) e do material subjacente gleizado, foram computados separadamente, por apresentarem características físico-químicas e biológicas distintas.

Tabela 6 – VOLUMETRIA DOS SOLOS HIDROMÓRFICOS

*	Seções Hor. Hístico (m ²)	Seções Hor. Gleissólico (m ²)	Distância ** (m)	Vol. Hor. Hístico (m ³)	Vol. Hor. Gleissólico (m ³)	Total (m ³)
1	23,75	96,50	25,00	593,75	2412,50	3006,25
2	51,00	135,02	50,00	2550,00	6751,00	9301,00
3	44,38	160,50	50,00	2219,00	8025,00	10244,00
4	39,75	133,25	50,00	1987,50	6662,50	8650,00
5	44,74	154,25	175,00	7829,50	26993,75	34823,25
6	52,98	228,19	275,00	14569,50	62752,25	77321,75
7	47,88	673,11	150,00	7182,00	100966,50	108148,50
8	35,69	147,94	50,00	1784,50	7397,00	9181,50
9	10,50	75,99	50,00	525,00	3799,50	4324,50
A	24,00	77,50	60,00	1440,00	4650,00	6090,00
B	23,50	40,00	50,00	1175,00	2000,00	3175,00
C	17,50	25,00	30,00	525,00	750,00	1275,00
Total	415,67	1947,25	1015,00	42380,75	233160,00	275540,75

Fonte: MACEDO (2009)

(*) Transectos; (**) Distância entre os transecos

Não foram mensurados e, portanto, não computados no cálculo dos volumes, os horizontes hidromórficos soterrados. Em função do tempo e do esforço a ser dispendido na sua prospecção, entendeu-se por limitar o trabalho ao recorte do Organossolo com horizonte hístico, identificável pela cor escura e pelos indicadores vegetativos, que coincide com a zona de saturação hídrica ou de flutuação mais permanente do lençol freático à superfície.

Desta forma, levantou-se um volume de 42.380,75 m³ de solos orgânicos correspondentes ao horizonte H (Hístico), cuja espessura atingiu até 0,9 m ao longo do banhado, com média de 0,64 m. Este volume de solo corresponde às amostras 3A, 6A e 7A. O material subjacente totalizou 233.160,00 m³, volume este representado pelas amostras 3B, 6B, 7B, no anexo 7, onde estão também resumidas as condições de amostragem dos solos, sendo que a localização das coletas estão plotados no Mapa 10.

As amostras, inclusive as de solo mineral, foram coletadas com significativo teor de umidade. Durante o processo de preparação e secagem das mesmas foi possível observar diferenças marcantes entre os solos minerais e os hidromórficos. Após 8 horas de exposição e manipulação constante, buscando-se “esfarelar” as amostras, à medida que iam perdendo água, verificou-se que os horizontes H dos Organossolos e Gleissolos tem maior capacidade de absorção de água, o que pode

ser chamado de efeito esponja e que o solo subjacente gleizado apresenta forte higroscopicidade, por manter-se maleável e pegajoso por mais tempo. Este fato reforça a limitação destes solos do ponto de vista do seu uso agrícola e de outro lado, evidencia uma importante propriedade, relacionada com o seu teor de carbono orgânico e mineralogia, a de armazenamento e lenta filtragem de água.

4.5 Resultados das análises físico-químicas

A seguir são sistematizados os dados relativos às frações granulométricas, o resultado das análises de rotina e de carbono orgânico, com o intuito de respaldar a classificação dos solos executada a campo e embasar a discussão em torno do carbono e da matéria orgânica, de modo especial, no compartimento dos solos que compõe o banhado, objeto de especial interesse no presente trabalho.

A Tabela 7 retrata a condição predominante da textura de todos os solos na área de estudo como muito argilosa. Demonstra que os teores de silte em todos os perfis amostrados decrescem sensivelmente. Há uma discreta tendência de aumento da fração areia em profundidade, ao mesmo passo que os teores de argila aumentam em todos os perfis com regularidade, demarcando um padrão comandado pela predominância e amadurecimento pedológico dos Latossolos.

Tabela 7 - GRANULOMETRIA DOS SOLOS AMOSTRADOS

Amostras	Areia (g.kg⁻¹)	Silte (g.kg⁻¹)	Argila (g.kg⁻¹)
1A	40	270	690
1B	30	250	720
1C	50	160	790
1D	50	120	830
2A	40	270	690
2B	90	160	750
3A	60	270	670
3B	70	230	700
6A	70	210	720
6B	80	170	750
7A	60	280	660
7B	50	260	690
8A	50	240	710
8B	60	160	780
4A	60	260	680
Média	60	220	720

Fonte: MACEDO (2009) Compilado de TECSOLO - Guarapuava – PR

As variações encontradas nas frações areia, silte e argila estão de acordo com os levantamentos de reconhecimento de solos realizados na região no fim da década de 70 (EMBRAPA,1984). A oscilação encontrada no teor de areia nas profundidades coletadas para os Latossolos Brunos (40, 30, 50 e 50 g.kg⁻¹), estão muito próximas às encontradas em área de solo e profundidades equivalentes, somando-se areia grossa e areia (50, 50, 30 e 30 g.kg⁻¹). Com relação à fração silte foi encontrado 270, 250, 160 e 120%, contra 200,190, 170 e 170 g.kg⁻¹ e quanto à fração argila, no presente trabalho foi encontrado 690, 720, 790 e 830 g.kg⁻¹ contra 750, 760, 770 e 800 g.kg⁻¹. Logo, os dados são semelhantes, assim como as tendências graduais de diminuição do silte e aumento dos teores de argila em profundidade.

A Tabela 8 apresenta o conjunto de resultados das análises químicas de rotina e os dados de matéria orgânica e carbono dos solos minerais, dos solos com características hidromórficas, bem como, dos horizontes hísticos e gleissólicos soterrados.

Tabela 8 - ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS MINERAIS E ORGÂNICOS

*	pH		SB		V		CTC		C		C		MO	
	CaCl ₂		(cmol _c .kg ⁻¹)		(%)		(cmol _c .kg ⁻¹)		(g.dm ⁻³)		(%)		%	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	c	b	c	b
1A	4,50	4,70	2,44	2,66	24,00	33,10	10,24	8,20	36,50	30,41	4,65	11,05	8,02	19,05
1B	4,40	4,40	1,46	1,80	15,00	24,00	9,86	7,96	30,50	29,65	4,24	5,81	7,31	10,02
1C	4,40	4,70	0,93	2,17	10,00	26,00	9,33	8,63	26,90	28,90	3,13	6,98	5,40	12,03
1D	4,70	5,00	0,33	1,27	5,00	22,80	6,53	5,55	20,20	27,33	2,32	8,55	4,00	14,74
2A	4,50	4,60	2,65	3,11	24,00	34,80	11,05	9,11	36,50	31,98	5,16	16,28	8,90	28,07
2B	4,60	4,60	0,31	1,73	5,00	27,80	6,11	6,44	16,00	31,22	2,32	14,53	4,00	25,05
3A	4,10	3,80	0,52	1,16	2,00	8,60	21,12	16,07	158,40	30,41	26,49	30,58	45,67	52,72
3B	4,30	4,10	0,43	0,83	3,00	5,40	16,23	20,08	60,60	28,90	9,71	6,45	16,74	11,12
6A	4,30	4,20	1,33	1,29	8,00	11,90	17,13	17,42	86,40	37,44	15,98	17,56	27,55	30,27
6B	4,30	4,20	0,82	2,61	4,00	17,60	19,62	16,27	124,20	30,41	15,38	16,69	26,52	28,77
7A	4,20	4,10	0,49	1,15	3,00	8,00	19,29	18,31	108,00	35,87	17,80	19,59	30,69	33,77
7B	4,30	4,10	0,63	1,66	4,00	12,10	15,03	18,91	60,60	32,79	11,09	14,07	19,12	24,26
8A	5,10	5,50	5,47	5,58	47,00	61,50	11,67	9,00	28,10	29,65	4,62	9,65	7,96	16,64
8B	4,10	4,30	0,44	1,82	4,00	16,20	12,54	12,88	30,50	28,90	3,95	7,50	6,81	12,93
4A	4,30	4,10	0,81	1,20	7,00	17,30	12,11	12,30	38,90	10,12	6,72	13,60	11,59	23,45

Fonte: MACEDO (2009)

(*) AMOSTRAS n^os referem-se à classe de solos; letras maiúsculas à profundidade amostrada conforme o Anexo 5.

(a) LABORATÓRIO DE FERTILIDADE DE SOLOS DEPART. DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA - UFPR Curitiba - PR

(b) TECSOLO - LABORATÓRIO DE ANÁLISES AGRONÔMICAS - Guarapuava - Pr

(c) LABORATÓRIO DE BIOGEOQUÍMICA DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA - UFPR Curitiba - PR

Em relação aos Latossolos, os valores de V% encontrados 24, 15, 10 e 5% são praticamente o dobro dos 12, 4, 4 e 8% encontrados em EMBRAPA (1984). Ainda que apresentando baixo coeficiente de correlação (0,54), certamente refletem as calagens e adubações mantidas ao longo dos anos de uso agrícola. Já os valores de CTC (10,24; 9,86; 9,33 e 6,53 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$) do presente trabalho, contra 18,2; 12,7; 11,6 e 7,8 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ com correlação de 0,85, podem ser explicados pela evolução natural de perdas de bases nos Latossolos, sendo este fenômeno compensado pelas calagens e adubações, mas, sobretudo, por alterações na quantidade e qualidade da MOS (LIMA, 2006).

Quanto ao CO, os dados atuais encontrados: 4,65; 4,24; 3,13 e 2,31% em comparação com 4,02; 2,30; 2,03 e 1,28%, são ligeiramente maiores e apresentam correlação de 0,88. O método utilizado no laboratório da UFPR foi o analisador elementar, considerado padrão mundial para análise de Carbono (SILVA et al, 1999), enquanto o método utilizado em EMBRAPA (1984) foi o Walkley Black. SILVA et al (1999), encontraram 42% de subestimação do teor de C orgânico por esse método em relação ao analisador elementar. No caso em tela, a diferença a menor nas 4 profundidades do Latossolo foi de 15,67; 84,35; 54,19 e 80,47%, em média 58,67% menor que os teores determinados pelo método padrão mundial. Registre-se que não se comparou a qualidade dessa MOS nos dois períodos.

Para os Cambissolos, apesar de conhecida a sua variabilidade, adotou-se como parâmetro o Perfil nº 103, à página 650 da referida publicação, onde se pode confrontar, nas duas profundidades amostradas os teores granulométricos encontrados neste trabalho e naquele, ou sejam: areia 4 e 9% versus 8 e 7%; silte 27 e 16% versus 31 e 25% e argila 69 e 75% contra 61 e 68%. Com exceção da fração areia, a correlação de 100% confirma que os padrões e tendências analisadas são concordantes com o trabalho referenciado.

De forma análoga, com relação à soma de bases tem-se respectivamente, 2,65 e 0,31, contra 0,79 e 0,84 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$; V% de 24,00 e 5,00 contra 3,00 e 8,00% e CTC efetiva de 11,05 e 6,11, contra 25,40 e 9,70 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$. As variações observadas associam-se novamente com as correções e adubações do horizonte superficial; com os cultivos intensivos e rotacionados com gramíneas (aveia, azevém) e também com o fato da franja de cambissolos estar em posição no relevo de receber e reter parte do fluxo de sedimentos e solutos, havendo enriquecimento da camada superficial destes solos. A diferença significativa a menor da CTC na camada

superficial pode estar relacionada com a perda de carbono orgânico que apresentou 5,16 e 2,32 contra 6,35 e 1,27% no levantamento anterior.

Já para os solos hidromórficos, tomou-se como parâmetros comparativos os dados encontrados no Perfil 137, à página 707 da mesma publicação. Confrontando-se as 3 amostras de horizonte H do presente trabalho, com média de 6,30 % de areia, contra a soma das frações areia grossa e fina de 22%; silte com média de 25,30 % contra 42% e argila com média de 68,33% contra 36% do perfil levantado em 1978. Observa-se uma menor percentagem de areia, um menor teor de silte e uma grande acumulação de argila ao longo do período. Por outro lado, as diferenças podem também ser atribuídas ao fato de que o perfil de referência situa-se em cota de 1100 metros; pressupostamente em direção à Serra da Esperança, portanto, sob menor influência dos latossolos. Outra explicação possivelmente esteja associada às perdas de horizonte A pelo processo erosional. Parte dos materiais de maior tamanho e massa foram retidos antes, enquanto o solo dos banhados foi enriquecido com argila.

A Tabela 8 evidencia as diferenças marcantes entre os solos minerais e os hidromórficos ocorrentes na área. A Soma de Bases (SB), a saturação destas (V%) nas distintas profundidades do Latossolo e do Cambissolo espelha a dinâmica do atual manejo da fertilidade e correções praticada e guarda relação com os valores encontrados em EMBRAPA (1984), porém, é na Capacidade de Troca Catiônica (CTC) medida em $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ de argila e que tem fator de conversão igual a 1 para $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ utilizado nas análises atuais (LIMA, 2006), é que se pode observar a maior diferença. Os solos hidromórficos apresentam praticamente o dobro das cargas encontradas na atual condição dos Latossolos (10,24; 9,86; 9,33 e 6,53 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$), superando mesmo as encontradas nos latossolos intactos ou minimamente alterados (18,2; 12,7; 11,6 e 7,8 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$). Em EMBRAPA (1984) era considerava boa CTC acima de 15 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ de argila, já em EMBRAPA (2006), considera-se 17 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, sem correção para carbono, como limite para reconhecimento do horizonte B Latossólico e que abaixo de 27 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ situam-se as argilas de baixa atividade (Tb), como é o caso da predominância da caulinita nos solos da área de estudo.

4.5.1. Estimativa do estoque de carbono dos solos minerais e orgânicos

Com os resultados de campo e laboratório obtidos pelo método citado em 3.2.10, compôs-se a Tabela 9 com as densidades aparentes dos solos (Ds) necessárias ao cálculo do estoque de CO.

Tabela 9 - DENSIDADES DE SOLO, DE TFSE E DE PARTÍCULAS

AMOSTRA	Ds* (g.cm ⁻³)	D TFSE** (g.cm ⁻³)	Dp*** (g.cm ⁻³)
1A	1,15	1,28	2,90
1B	1,16	1,32	3,23
1C	1,09	1,33	3,08
1D	1,10	1,29	2,70
2A	1,24	1,37	2,78
2B	1,18	1,33	2,50
3A	0,64	1,12	1,90
3B	0,49	1,25	2,08
6A	1,15	1,34	2,70
6B	0,61	1,11	1,90
7A	0,48	1,14	1,94
7B	0,78	1,21	3,08
8A	0,94	1,23	2,22
8B	1,16	1,26	2,53
4A	0,55	1,41	2,13

Fonte: MACEDO (2009)

(*) Anel volumétrico; Laboratório de Geomorfologia UNICENTRO, conforme EMBRAPA (1997)

(**) Média de 3 pesagens em becker de 10 cm³; Laboratório de Geomorfologia UNICENTRO

(***) Balão volumétrico; Laboratório de Geomorfologia UNICENTRO, conforme EMBRAPA (1997)

Tomou-se como referência teórica de Ds para Latossolos os valores de 0,7 a 0,9 Mg.m⁻³ (EMBRAPA, 1984) e para os hidromórficos 0,3 a 0,6 Mg.m⁻³ (HARIDASAN, 1994). Entretanto, BRADY (1989) registra variações de valores médios de Ds para solos minerais argilosos de superfície de 1,0 até 1,60 Mg.m⁻³, podendo atingir 1,80 a 2,0 Mg.m⁻³ em subsolo compactado. Para a Dp, BRADY (1989) trabalha com uma faixa de valores de 2,60 a 2,75 Mg.m⁻³, sendo que, dependendo do teor de MO, pode-se considerar valores de até 2,4 Mg.m⁻³, indicando como valor médio 2,65 Mg.m⁻³. Assim, vê-se que a maioria dos resultados estão contidos nos intervalos citados, sendo compatíveis ainda, no caso dos Organossolos, com dados os de VALLADARES et al (2008) que encontraram nos organossolos média de 0,57 Mg.m⁻³.

Ainda em relação à D_s , chama atenção a condição das amostras 2A, correspondente ao horizonte superficial do Cambissolo ($1,24 \text{ Mg.m}^{-3}$), alterado pela mecanização e pisoteio do gado; a amostra 6A com $1,15 \text{ Mg.m}^{-3}$, referente ao horizonte hístico, no terço médio do banhado, claramente alterado por contaminação de material erodido das áreas agricultadas, já com D_s de solo mineral e a amostra 8B com $1,16 \text{ Mg.m}^{-3}$, demonstrando também a forte alteração na D_s do horizonte hístico soterrado por solos minerais.

Em relação à D_p , verifica-se que todas as amostras dos solos minerais estão acima dos limites médios citados por BRADY (1989), mas ainda assim, compreendidos dentro do teto de $3,20 \text{ Mg.m}^{-3}$, onde chegam os solos com origem e formação influenciada por rochas básicas, o que pode ser o caso na área de estudo. Destaca-se a amostra 7B retirada na profundidade de 0,3 a 0,5 m do horizonte hístico, no terço inferior do banhado: a D_p de $3,08 \text{ Mg.m}^{-3}$ é explicada pela presença, nesta zona, de uma lâmina arenosa, constatada na tradagem e que tem sua origem na dinâmica de desagregação, arraste e deposição pretérita de materiais de diferentes densidades ao longo do banhado.

Por fim, compôs-se a Tabela 10, que sintetiza os dados de pesquisa de campo e laboratoriais que permitiram o cálculo e a análise comparativa dos estoques de Carbono dos compartimentos amostrados.

Tabela 10 - ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NOS COMPARTIMENTOS AMOSTRADOS

Solo	Ref. 1	Prof. (m) 2	Esp. (m) 3	Ds (Mg.m ⁻³) 4	CO-CHN (%) 5	MgCOha ⁻¹ 6
Latossolo	1A	0,00 - 0,20	0,20	1,15	4,65	106,83
Latossolo	1B	0,20 - 0,35	0,15	1,16	4,24	73,86
Latossolo	1C	0,40 - 0,60	0,25	1,09	3,13	85,38
Latossolo	1D	0,80 - 1,20	0,60	1,10	2,32	152,57
Média				1,12	3,59	
Soma			1,20			418,64
Cambissolo	2A	0,00 - 0,20	0,20	1,24	5,16	127,89
Cambissolo	2B	0,50 - 0,70	0,50	1,18	2,32	137,05
Média				1,21	3,74	
Soma			0,70			264,95
Organossolo	3A	0,00 - 0,20	0,20	0,64	26,49	341,61
Organossolo	3B	0,30 - 0,50	0,42	0,61	9,71	247,14
Média				0,63	18,10	
Soma			0,62			588,74
Organossolo	6A	0,00 - 0,20	0,20	0,49	15,98	155,28
Organossolo	6B	0,30 - 0,50	0,42	0,48	15,38	308,86
Média				0,48	15,68	
Soma			0,62			464,14
Organossolo	7A	0,00 - 0,20	0,20	1,15	17,80	408,79
Organossolo	7B	0,30 - 0,50	0,42	0,78	11,09	362,99
Média				0,96	14,45	
Soma			0,62			385,89
Gleissolo	4A	0,80 - 1,00	0,20	0,94	6,72	126,27
Hor.Min.Sobrep.	8A	0,00 - 0,20	0,20	1,16	4,62	107,41
H.O.Soterrado	8B	0,50 - 0,70	0,20	0,55	3,95	43,44

Fonte: MACEDO (2009)

1 - Referências das amostras

2 - Profundidades de coleta das amostras (m)

3 - Espessuras das camadas representadas pelas amostras (m)

4 - Ds: Densidade do solo das amostras por anéis volumétricos conf. EMBRAPA (1997)

5 - Teores CO (% massa) Anal. Elementar Lab Biogeoq. DSEA/UFPPr conf. conf. HÖFFER (2006)

6 - Estoque de CO (Mg.ha⁻¹) Analsador Elementar Lab Biogeoquímica DSEA/UFPPr

Desta forma, encontrou-se o estoque de 418,64 Mg.ha⁻¹ de C orgânico, até a profundidade de 1,20 m para os Latossolos Brunos; de 264,95 Mg.ha⁻¹ até 0,70 m para os Cambissolos e de 479,59 Mg.ha⁻¹ de CO (média das 3 amostragens), até a espessura também média de 0,62 m do horizonte hístico volumetrado.

Com relação ao material gleissólico subjacente ao horizonte H, amostra 4A, com 6,72% de C-CHN, pelas suas características, especialmente a grande espessura, plasticidade, pegajosidade e teor de água (Anexos 1 e 2) toma-se o valor encontrado de 126,27 Mg.ha⁻¹ de CO, como representativo apenas da camada amostrada na profundidade constante da Tabela 10 e não do volume todo deste

material, necessitando de novas pesquisas com amostrador específico para aquela condição.

Levando em consideração apenas os valores encontrados nos 0,20 m superficiais, os valores encontrados de 106,83, 127,89 e 301,89 Mg.ha⁻¹ de CO, respectivamente no Latossolo, no Cambissolo e no horizonte hístico do banhado, fica ainda mais evidente a funcionalidade do banhado como grande reservatório de CO, além de destacar o efeito agregador de CO pelo SPD e ILP nos dois primeiros, superando os níveis de estocagem de CO do campo seco nativo, conforme adiante se discutirá.

4.5.2. Descaracterização, perdas e ganhos em CO nos solos estudados

Os resultados das amostras 8A e 8B são muito significativos. A primeira representa os 0,20 m superficiais de um horizonte mineral de 0,50 cm de espessura sobreposto e a segunda, os primeiros 0,20 m do Organossolo soterrado pelos processos erosivos ocorridos na área. Situam-se em posição de receber o fluxo de sedimentos e solutos e as diferenças de pH (5,10 x 4,10); SB (5,47 x 0,44 cmol_ckg⁻¹); V (47,0 x 4,0%) espelham estes efeitos, além das correções e adubações. A inversão da CTC (6,11 x 12,54 cmol_ckg⁻¹), do C (16,00 x 30,50 g.dm⁻³) e do C-CHN (2,32 x 3,95 %) na comparação com o Cambissolo, na mesma profundidade, explica quimicamente a mudança abrupta da cor (Foto 7, Anexo 4). No entanto, é na comparação destes mesmos valores, com os equivalentes dos horizontes hísticos não soterrados: CTC (12,54 x 21,12 cmol_ckg⁻¹), C (30,50 x 158,40 g.dm⁻³) e C-CHN (3,95 x 26,49%) que se sobressai o impacto do soterramento sobre as características, propriedades e funcionalidades ambientais dos Organossolos e Gleissolos, por conta da imensa perda de CO.

Perdas de CO em solos sepultados são comuns em paleossolos, processando-se em escala de tempo na ordem de 600.000, 30.000 e 14.000 anos (RETALLACK, 1990; RETALLACK, 1997; CAMARGO FILHO, 2002). Ocorre decomposição ou metabolização do CO por microorganismos aeróbicos, quando o solo soterrado fica acima do nível freático, ou por bactérias anaeróbicas, que promovem a redução do Fe⁺³ a Fe⁺², consumindo a MO, quando em ambiente mais saturado. No presente caso, a maior parte, senão todo o referido soterramento é decorrente da mecanização intensiva adotada entre 1970 e 1990. Pressupondo que

o nível máximo de CO encontrado (amostra 3A, 26,49%) seja o mais próximo da condição original, significa que em aproximadamente 40 anos, a camada de solo soterrado representada pela amostra 8B perdeu $4,26 \text{ g.CO.dm}^{-3}\text{.ano}^{-1}$ ou seja 74% de sua MO. Este dado é maior que os reportados por MANN (1985), referindo-se às perdas de CO por conversão de campos naturais ao modelo de agricultura da revolução verde (COSTA, 2004).

Deve ser considerado ainda que o conteúdo de CO no banhado estudado, pode já ter sido bem maior que os 26,49 % ou $158,49 \text{ g.dm}^{-3}$ máximos encontrados, se confrontados com os mais de 70 perfis de Organossolos intactos localizados desde regiões litorâneas até altitudes elevadas, com variações de 38 a 555 g.dm^{-3} de CO e médias entre 293 e 324 g.dm^{-3} (EBELING et al, 2004; EBELING et al, 2008 e VALLADARES et al, 2008). Como indicadores de degradação dos Organossolos e Gleissolos, foi observada a entrada de espécies de campo seco, de áreas cultivadas ou mesmo pioneiras de ocorrência característica de áreas em regeneração, tais como *Hypericum brasiliense* Choisy; *Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less., (HYPERICACEAE); *Baccharis dracunculifolia* DC., *Baccharis uncinella* DC., *Baccharis* sp, (ASTERACEAE); *Panicum* sp. (POACEAE); *Eryngium* sp (APIACEAE) e *Sida* sp (MALVACEAE). Essa ocorrência é mais evidente no terço médio do banhado estudado (amostras 6A e 6B), onde por conta do relevo plano (Mapa 6) retém maiores quantidades de sedimentos e solutos, o que fica demonstrado pelo aumento da SB, do V%, da CTC, da Ds e pela perda pronunciada de CO na camada superficial.

A propósito dessa discussão, comparando-se os estoques de CO apenas da camada superficial dos três compartimentos estudados, tem-se melhor visualização das diferenças encontradas entre o ambiente de campo seco cultivado e do banhado parcialmente ocupado por lavoura e gado. Até a profundidade de 0-0,20 m encontrou-se nos Latossolos cultivados $106,83 \text{ Mg.ha}^{-1}$ de CO; nos Cambissolos $127,89 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e no horizonte hístico dos Organossolos e Gleissolos, tomados conjuntamente, encontrou-se $479,59 \text{ Mg.ha}^{-1}$ de CO, significando que este contém respectivamente 4,5 e 3,7 vezes mais CO, comparado à camada equivalente dos Latossolos e Cambissolos cultivados.

Entretanto, a comparação dos teores de CO obtidos no presente trabalho em Latossolo Bruno cultivado (4,65; 4,24; 3,13 e 2,31%) com os encontrados em solo similar (4,02; 2,30; 2,03 e 1,28%); e igualmente no Cambissolo (5,16 e 2,32% contra

6,35 e 1,27% de CO) na condição de campo nativo (EMBRAPA, 1984), indica variações positivas nos teores e no estoque de CO nas duas classes de solo. A Tabela 11 demonstra elevação de 14,47 Mg.ha⁻¹ na camada superficial de 0,2 m do Latossolo e de 146,67 Mg.ha⁻¹ de CO até 1,20 m, em relação ao campo nativo.

Tabela 11 - COMPARAÇÃO DO ESTOQUE DE CO NO CAMPO CULTIVADO (2008) E NO CAMPO NATIVO (1978)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Latossolo	1A	0,20	1,15	4,65	4,02	106,83	92,36	14,47
Latossolo	1B	0,15	1,16	4,24	2,30	73,86	40,07	33,80
Latossolo	1C	0,25	1,09	3,13	2,03	85,38	55,37	30,01
Latossolo	1D	0,60	1,10	2,32	1,28	152,57	84,18	68,39
Soma		1,20	1,12	3,59	2,41	418,64	271,97	146,67
Cambissolo	2A	0,20	1,24	5,16	6,35	127,89	157,39	-29,49
Cambissolo	2B	0,50	1,18	2,32	1,27	137,05	75,02	62,03
Soma		0,70	1,21	3,74	3,81	264,95	232,41	32,53

Fonte: MACEDO (2009)

(1) Ref. da Amostra; (2) Espessura da camada (m); (3) Ds (Mg.m⁻³); (4) Teores CO-CHN Lab Biogeoquímica DSEA/UFPr (%);

(5) Teores de CO (%) em solo e profundidades equivalentes extraídos de EMBRAPA (1984)

(6) Estoque de CO estimados no presente trabalho

(7) Estimativa do estoque de CO (Mg.ha⁻¹) no campo nativo (EMBRAPA, 1984), assumindo-se (2), (3) e (5)

(8) Variação em Mg.ha⁻¹ de CO entre 1978 e 2008

No Cambissolo, houve perda de 29,49 Mg.ha⁻¹ de CO nos 0,20 m superficiais, mas houve ganho de 62,03 Mg.ha⁻¹ de 0,20 a 0,70 m, com saldo positivo de 32,53 Mg.ha⁻¹, podendo-se concluir, em ambos os solos, que os sistemas de manejo (SPD e ILP) que vem sendo praticados na área de estudo demonstra grande capacidade de aumentar os níveis de estocagem de CO em relação ao campo nativo. Os presentes dados, magnificados pela profundidade e espessura das camadas amostradas, estão em conformidade com os resultados encontrados por MORAES et al (1997); LUSTOSA (1998); SÁ et al (2001); MORAES et al (2002) e DIEKOW et al (2005).

Duas considerações merecem ainda registro diante dos valores de CO encontrados. A primeira é levantada por SILVA et al (1999), ao discutirem a possibilidade de subestimação de até 42% da MOS pelos métodos de oxidação úmida, então utilizados (EMBRAPA, 1984) o que sugere que possam ter sido subestimados os teores iniciais. Já as argilas presentes no Latossolo não interferem nos resultados atuais do analisador elementar.

De outro lado, o analisador elementar promove a oxidação total do CO e também do CI eventualmente existente na amostra (SILVA et al, 1999). A probabilidade de existir CI no solo amostrado derivaria da presença de carbonatos

(CaCO₃ e MgCO₃) oriundos de aplicação recente de calcáreo. Constatou-se que a última calagem efetuada na área foi em junho/2007, com a utilização de calcáreo dolomítico, PRNT 84% na dosagem de 2,0 Mg.ha⁻¹. A última análise de solo da área, feita antes deste estudo, data de junho/2008 e revelou apenas a necessidade do equilíbrio de cálcio. Para este fim, o proprietário fez aplicação, à lanço, de borra industrial de caulim, filtrada e desidratada, sobre azevém em pastejo final, na 2ª quinzena de setembro, com dosagem de 1,9 Mg.ha⁻¹. Este material, conforme laudo (Anexo 11) contém 96,48% de CaCO₃ e 1,47% de MgCO₃, com granulometria de 85,17; 73,90 e 69,82% passando pelas peneiras 2,0; 0,84 e 0,30 mm, respectivamente, isento de outros contaminantes. A coleta de solos para o presente trabalho foi feita sob palhada de azevém, com 2 a 12 cm de espessura, em 06/11/2008, há pouco mais de um mês da aplicação, tomando-se o cuidado de retirar todo o resíduo cultural da superfície, afim de evitar alguma possível contaminação de biomassa não degradada, assim como, de partículas do corretivo de acidez.

De acordo com MOTTA et al (2006), a reação de todo o CaCO₃ ou MgCO₃ se dá em 2 anos, liberando o CO₂ de acordo com a reação: CaCO₃ > Ca⁺² + CO₃⁻²; CO₃⁻² + H > HCO₃⁻; HCO₃⁻ + H⁺ > H₂CO³ > H₂O + CO₂. MARQUES (2009), em comunicação pessoal, afirma que nas condições de Latossolos, com as boas condições de umidade e atividade biológica existentes na área de estudo, o CO₂ reage rápido, em período de meses. Mesmo assim, pelos cuidados adotados e pela confirmação da tendência de aumento de CO nas camadas mais profundas do solo, a hipótese de contaminação é insignificante e pode-se afirmar que o C encontrado é equivalente ao COT.

Considera-se que os dados de espessuras dos horizontes dos compartimentos de solos, os teores de CO encontrados, as densidades dos solos, os estoques de CO no banhado; bem como, os atuais teores nos solos minerais cultivados, em comparação com os do campo seco nativo, são compatíveis com os dados de BURMANN (1980), WILGING (1984), BROSSARD et al (1997), SÁ et al (2001), EBELING et al (2004), DIEKOW et al (2005), FEARNSIDE (2005), SILVA et al (2007), EBELING (2008), MAFRA (2008) e VALLADARES et al (2008), colocando em destaque a importância da preservação dos banhados como ambientes especiais; a forte agregação superficial, a manutenção e mesmo o incremento na

estocagem de CO em profundidade, por conta dos sistemas de manejo dos solos minerais em uso.

5 – CONCLUSÕES

A área de estudo, constando de 90% da superfície nas classes de 0-3 e 3-8% de declividade e 72,13% de Latossolos Brunos; 11,30% de Cambissolos; 1% de Neossolos, afloramento de rochas e lâmina d'água e 14,94% de solos com características hidromórficas (banhados), atendeu satisfatoriamente aos propósitos do presente trabalho.

Populações indígenas perambulavam na área há cerca de 11.000 a 12.000 anos. Portugueses e espanhóis disputaram os campos há 200 anos e os primeiros exploraram neles pecuária extensiva até 50 anos atrás. Novos colonizadores converteram os campos em lavouras convencionais até meados da década de 80. Iniciaram os anos 90 com o SPD e em torno de 2000, conjugaram-no com a ILP, evidenciando que as ações antrópicas impactantes na área de estudo são muitíssimo recentes.

O modelo agrícola intensivo em revolvimento mecânico dos solos, adotado até os anos 80 foi responsável pela perda de 0,43 m da camada superficial dos Latossolos e Cambissolos, promovendo soterramento de até 0,90 m sobre parte dos Gleissolos e Organossolos, reduzindo-lhes a área e afetando suas características, propriedades e funcionalidades ambientais.

Embora não tenha sido encontrada nas imediações área similar de campo e banhado intactos como testemunha, dados dos autores revisados permitem concluir que os horizontes hísticos estudados, com 60,60 a 158,40 g.dm⁻³ de CO, podem já ter tido de 293 a 324,40 g.dm⁻³, apresentando perdas na ordem de 68 % do CO original. A camada soterrada (8B) com 43,44 Mg.ha⁻¹ apresenta perda de 7,8 vezes o seu conteúdo de CO em comparação às 341,61 Mg.ha⁻¹ da camada contígua não soterrada (3A), o que vem reforçar o raciocínio anterior.

A presença de espécies de campo seco, de áreas cultivadas ou mesmo pioneiras de áreas em regeneração (*Hypericum brasiliense*, *Senecio brasiliensis*, *Baccharis dracunculifolia*, *Baccharis uncinella*, *Baccharis sp.*, *Panicum sp.*, *Eryngium sp.*, e *Sida sp.*) coincidente com aumento da SB, do V%, da CTC, da Ds e com perda pronunciada de CO na camada superficial, especialmente no terço médio do

banhado (6A e 6B), é uma forte evidência da descaracterização que vem sofrendo o banhado estudado.

Volumetrou-se área amostral de 6,84 ha de banhado, com 275.540,75 m³ de solos hidromórficos, sendo 15,38% (42.380,75 m³) correspondente às amostras 3A, 6A e 7A do horizonte hístico, com média de 117,60 g.dm⁻³ ou 301,89 Mg.ha⁻¹ de CO. Para os 84,62% do volume (233.160,00 m³) do material gleisado subjacente, com até 6 m de espessura, necessitaria equipamento especial de amostragem. Assim, tem-se apenas a amostra 4A com 126,27 Mg.ha⁻¹ de CO, retirada na incisão do arroio e que não é representativa de todo o volume.

O SPD mais a ILP implantados a partir dos anos 90 e 2000, demonstram grande capacidade para restituir e incrementar os estoques de CO, comparativamente aos níveis do campo nativo. Foi encontrado 106,83 Mg.ha⁻¹ na camada superficial de 20 cm, contra 92,36 Mg.ha⁻¹ de CO estimados em solo equivalente ao da área de estudo, sob campo nativo em 1978, com ganho de 14,47 Mg.ha⁻¹. Na camada superficial, no Cambissolo houve perda de 29,49 Mg.ha⁻¹, porém, na média até 0,70 m houve incremento de 32,53 Mg.ha⁻¹ de CO.

Encontrou-se nos Latossolos Brunos, até 1,20 m de profundidade, no Cambissolo, até 0,70 m e nos horizontes H dos Organossolos e Gleissolos com espessura de 0,62 m em média, estoques de 418,64; 264,95 e 479,59 Mg.ha⁻¹ de CO, demonstrando serem estes compartimentos importantes depósitos de carbono.

Restrito aos 0,20 m superficiais, o estoque de CO encontrado de 106,83, 127,89 e 301,89 Mg.ha⁻¹, revela o efeito agregador de CO pelo SPD e ILP, superando os níveis de estocagem do campo seco nativo em 14,47 Mg.ha⁻¹ no Latossolo e com perda de 29,49 Mg.ha⁻¹ no Cambissolo, possivelmente por conta de intenso revolvimento sofrido e de perdas superficiais por erosão. De modo geral, destaca-se a funcionalidade do banhado como grande reservatório de CO.

O eixo do banhado estudado é controlado por uma fratura ou lineamento geológico de direção NO, que indica uma zona de fraqueza do basalto, com permeabilidade diferenciada. Por esta zona ocorre conectividade com as “Águas de Santa Clara” referenciadas por surgências do Aquífero Guarani, há 10 km ao sul da área de estudo. O nível estático do Guarani está há 30 m sob o nível de base da área de estudo, concluindo-se que a dinâmica do campo cultivado e do banhado tem relação próxima com a qualidade dessas águas.

Em termos percentuais, houve uma redução de 15,01% para 8,92% da área com solos hidromórficos, sendo o primeiro valor resultante da identificação do hidromorfismo através dos indicadores vegetativos da transição campo seco/campo úmido original e o segundo, resultante do avanço de 50 anos de intervenção antrópica com fins econômicos sobre o banhado .

Por fim, a aplicação do conceito de hidromorfismo na demarcação da APP, por tradagem, resultou em 18,53 ha de banhados, equivalentes a 14,94 % da área de estudo, dos quais, para cumprimento da legislação, precisa ser retirado o gado, suspensos os cultivos e executado um plano de recuperação ambiental, além de observadas as restrições de uso na faixa de 50 m do entorno protetivo.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Adicionalmente às conclusões apontadas, entende-se oportuno registrar que o poder público em décadas passadas, foi responsável por fomentar o avanço e a intensificação de uso dos banhados com a implantação do PROVARZEAS, PROID, etc., e que reminiscências daquela visão expansionista, distorcida quanto aos limites da intervenção antrópica no ambiente natural, continuarão como fatores de pressão sobre os remanescentes por longo tempo. É uma inércia cultural a ser vencida.

Admitindo-se que as condições do banhado estudado, sejam extensivas em escala e grau de importância regional, pode-se afirmar que se aplicam a eles as definições e conceitos preconizados pela CONVENÇÃO DE RAMSAR (1971), quando foram reconhecidos 149.600.000 ha de áreas úmidas prioritárias para proteção em todo o planeta. Em escala mundial, listam-se os grandes biomas como a Amazônia, o Pantanal Matogrossense e as Orlas Litorâneas, porém, é lícito afirmar que a soma das pequenas áreas úmidas interioranas, tem papel nada desprezível neste cenário e podem ganhar importância, ainda que 4 décadas mais tarde.

Friza-se que o banhado estudado é um componente comum na paisagem dos agroecossistemas (HART, 1980) em que se constituíram os antigos campos do sul do Brasil; estendendo-se em torno da cota 1000 msnm até Santa Catarina e Rio Grande do Sul; com cerca de 1.700.000 ha de solos hidromórficos, nos quais considerando a média de 479,59 Mg.ha⁻¹ de CO encontradas, pode-se prever que

haja um estoque superficial na ordem de 815.300.000 Mg de CO a ser protegido nesta região, que sozinha representa 1,14% das áreas úmidas mundiais.

Propõe-se reverter a visão pejorativa de “brejo” como sinônimo de banhado, expressa pelo senso comum. Ela em nada combina com a complexidade destas depressões e abaciados controlados por lineamentos ou zonas de fraqueza geológica; receptáculos de material argiloso e de acumulação de MO, portanto, de formação de solos com funcionalidades muito específicas; ecótonos ou zonas de transição entre ecossistemas terrestres e aquáticos, de alta produtividade primária e biodiversidade, figuradamente: “úteros de vida”.

Finalmente, na esteira da teoria do conhecimento vinculada à lógica e à ética (DEMO, 2002), o presente trabalho aposta num recuperável instinto de sobrevivência e na assertiva de que é mais inteligente ampliar nossa compreensão sobre resiliência, limiares ambientais, fragmentação, extinções de habitats, ecossistemas, biomas, conectividade ... temas urgentes sobre os quais sabemos pouco. A sustentabilidade e a qualidade de todas as formas de vida, inclusive a humana, deverão ser cada vez mais afetadas pela ampliação desses conhecimentos.

E em face do conjunto de informações de interesse regional tangenciadas no presente trabalho, sugere-se ao Departamento de Pós Graduação da UNICENTRO que incentive novos estudos e pesquisas relacionados à:

- Métodos de delimitação das áreas úmidas e seus entornos protetivos por sensoriamento remoto e geoprocessamento em escala regional;
- Alterações no padrão de perdas de solos (sedimentos e solutos; superficiais e subsuperficiais) após a adoção dos SPD e ILP sobre os Latossolos e Cambissolos de textura argilosa;
- Alterações em quantidade e qualidade de MO nos Organossolos e Gleissolos da região, após a adoção dos SPD e ILP nos solos minerais do entorno;
- Grau de contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas da região por pesticidas e fertilizantes;
- Alterações na fito-sociologia dos remanescentes de banhados após as transformações havidas no uso dos solos minerais do entorno;

- Alterações na fito-sociologia de eventuais amostras de campos secos ainda existentes;
- Impactos da extinção do componente campos secos na biodiversidade da região de abrangência.
- Avaliação do *status* faunístico da região dos campos de Guarapuava e o significado dos banhados como habitats (Isto é um subsídio à política de fauna, que deve ser, em última instância, uma política de habitats);
- Aplicação do conceito de AVA – área variável de afluência, correlacionando precipitação pluviométrica, precipitação antecedente, taxas de infiltração, expansão da área variável de saturação e escoamento superficial e subsuperficial nos solos dos campos. (Isto tem a ver com delimitação de APP's, e em especial, com o conceito e o dimensionamento de cabeceiras de nascentes);
- Sustentabilidade dos agroecossistemas estabelecidos nos campos, à luz dos critérios propostos por HART (1980), MARTEN (1988) e outros autores;
- Alternativas tecnológicas para projetos de recuperação de APP's e reservas legais;
- Alternativas tecnológicas de sistemas produtivos (SAF's, fruticultura, apicultura, produção orgânica, agroecologia, etc.) para os entornos de APP's.

7. REFERÊNCIAS:

- AB'SABER, A.N. **Espaços Ocupados Pela Expansão dos Climas Secos na América do Sul, Por Ocasão dos Períodos Glaciais Quaternários.** Paleoclimas, São Paulo, USP, v.3, 1977, p.1-19.
- ABREU, A.T.G., **A Posse e o Uso da Terra: Modernização Agropecuária de Guarapuava,** Guarapuava – Pr., Ed. Paraná Memória Momento, 1986, 282p.
- AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório Grupo de Trabalho sobre Cheias.** Disponível nos sites www.ana.gov.br; www.cprm.gov.br; www.simge.mg.gov.br, acesso em 11.01.09.
- ALTIERI, M. et al. **Agroecologia: As Bases Científicas da Agricultura Alternativa.** Rio de Janeiro. PTA/FASE, 1989. 240p.

ALTIERI, M. **Bases Agroecológicas para uma Produção Agrícola Sustentável**. Rev. Agricultura Técnica Vol. 54, Out/Dez 1994. 17p.

ASSAD, E.D. et al. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. Brasília: EMBRAPA – SPI – Serviço de Produção de Informação, 1998. 434p.

BALDWIN, M. et al. **Soil Classification**. *In*: Agriculture Yearbook - Unit States Department of Agriculture. Washington D.C., 1938, p. 979-1001.

BATTISTELLI, M. et al. **Proteção e Manejo da Bacia do Rio das Pedras**. Guarapuava: Ed. Gráfica B&D. 2004. 134p.

BAUTERS, T. W. J. et al. **Physics of water repellent soils**. Journal of Hydrology, v. 231-232, p. 233-243, 2000.

BHERING, S.B. et al. **Mapa de solos do Estado do Paraná: Legenda Atualizada**. EMBRAPA Florestas, EMBRAPA Solos e Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR, Rio de Janeiro, 2008. 24p.

BERTONI, J. et al. **Conservação do Solo, São Paulo**, Ed. Ícone, 1990. 355p.

BLACKWELL, P.S. **Management of water repellency in Australia, and risks associated with preferential flow, pesticide concentration and leaching**. Journal of Hydrology. Volumes 231-232. 2000, p. 384-395
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL. Acesso em 01.09.09

BOLÓS, O. et al. **Observación sobre La estructura de La vegetación del Paraná (Brasil meridional)**. M.E. Casassas. Universidad de Barcelona. 1991. 57-60

BOULET, R. **Análise Estrutural da Cobertura Pedológica e Cartografia**. *In*: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. Campinas, SP: SBCS, 1998. 526p.

BRADY, N.C. **Natureza e Propriedade dos Solos**. Rio de Janeiro: Editora Freitas Bastos, 7ª Ed. 1989. 878p.

BROSSARD, M. et al. **Estoques de carbono em solos sob diferentes fitofisionomias de cerrados**. *In*: LEITE, L.L.; SAITO, C.H., **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Brasília: UnB, 1997. p.272-277.

BURGER, M.I. **Situação e ações prioritárias para conservação de banhados e áreas úmidas da zona costeira**. 2000.
http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round8/round8/guias_r8/sismica_r8/%C3%81reas_Priorit%C3%A1rias/Banhados.pdf. Acesso em 02.02.10.

BUURMAN, P. **Paleosols in the Reading Beds (Paleocene) of Alun Bay, Isle of Wight, UK.** In: *Sedimentology*, v.27, nº 5, p.593 – 606, October, 1980.

CABRERA, L.T., et al. **Estoques de carbono orgânico em solos de terra preta de índio e solos adjacentes na Amazônia Central.** <http://lba.inpa.gov.br/conferencia/apresentacoes/resumos/381.htm> Acesso em 03.09.09.

CALDEIRA, M.V.W., et al. **Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* wild. plantados no Rio Grande do Sul.** www2.pucpr.br/reol/index.php/ACADEMICA?dd1=894...pdf. Acesso em 01.09.09.

CAMARGO FILHO, M. **Processos pedogenéticos em Paleossolos Quaternários na Porção ao Sul do Rio Iguaçu, Município da Lapa – PR., 2002.** 63p. Tese (Doutorado em Geografia) – UFSC, Florianópolis, SC.

CAMARGO, G. **Processos de Erosão no Centro e Sul do Segundo Planalto Paranaense: Evolução de Encosta e Influência da Erosão Subterrânea na Expansão de Voçorocas.** Dissertação (Mestrado em Geografia – Utilização e Conservação de Recursos Naturais) – UFSC, Florianópolis - SC. 1998. 210p.

CARVALHO, A.B.P. et al. **Avaliação sobre os Banhados do Rio Grande de Sul, Brasil.** REVISTA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS, Canoas-RS, v.1, n.2, 2007, p. 83 a 95.

CERVI, A.C. et al. **Levantamento florístico de um campo do primeiro planalto paranaense.** *Selowia*. Itajaí. N.53. 2003. p.29-50

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira 2007/2008; 2008/2009.** http://www.conab.gov.br/conabweb/download/11_levantamento_ago2009.pdf acesso em 31.08.09.

COSTA, M. B. B. **Análise da Sustentabilidade da Agricultura na Região Metropolitana de Curitiba pela ótica da Agroecologia.** Tese (Doutorado), Curitiba, UFPr., 2004, 306p.

CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Campinas: IG/UNICAMP, 1993. 170p.

CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (Orgs.) **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 372p.

CURCIO, G. R., **Relações entre Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitossociologia nas Planícies Fluviais do Rio Iguaçu - Paraná.** Tese (Doutorado), UFPr., Curitiba, 2006.

DEAN, W. **A ferro e fogo: A história e a devastação da mata atlântica brasileira.** São Paulo. Cia das Letras, 1996. 484p.

DEMO, P. **Política Social do conhecimento: sobre o futuro do combate à pobreza**. SP: Vozes, 2002. 212p.

DICKINSON, W.T. et al. **Watershed áreas contributing to runoff**. In: Colóquio sobre os resultados de pesquisas em microbacias representativas e experimentais. IASH (16), 1970. 14p.

DIEKOW, J. et al. **Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years**. Elsevier B.V. Soil & Tillage Research n81. 2005, p 87–95

DREW, D. **Processos Interativos Homem – Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 1989, 205p.

EBELING, A.G. et al. **Propriedades químicas como indicadores ambientais em organossolos do Estado do Rio de Janeiro**. Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica, RJ: EDUR, v.24, n.1, p. 1-6, jan.- jun., 2004. <http://www.editora.ufrj.br/rcv/vida24-1/1-6.pdf>. Acesso em 31.08.09.

EBELING, A.G., et al. **Relação entre acidez e outros atributos de solos com elevados teores de matéria orgânica**. Bragantia: Revista de Ciências Agronômicas. Instituto Agronômico de Campinas. Volume 67, n.2. p.429-439. 2008. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=90867219> Acesso em 07.09.09.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**, Tomos I e II, Londrina, 1984. 791p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro. 2ª Ed. 2006. 307p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro. EMBRAPA/IAPAR, 2008. CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA/CNPS. **Projeto Carbono Rio de Janeiro - Síntese da Bibliografia Fundamental**. <http://www.cnps.embrapa.br/carbono/bibliografia/bibliofund.html> Acesso em 03.09.09.

FZRS – FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL. **Mapeamento Diagnóstico e Gerenciamento de Ambientes de áreas úmidas na bacia do Guaíba tendo em vista sua preservação ou conservação.** Estudos para consolidação de Parques e Reservas Naturais da Bacia do Guaíba. Porto Alegre, 2002. 189p.

FEARNSIDE, P.M. **Estoque e estabilidade do Carbono na Amazônia Brasileira.** Projeto RADAMBRASIL, 2005.
http://www.biochar.org/joomla/images/stories/Cap_20_Philip.pdf.
Acesso em 02.09.09.

FOWLER, R.B. **Qualidade e Monitoramento do Solo,** INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, Programa de Capacitação de Técnicos, Curitiba, 2006, 58p.

FONTOURA, S.M.V., et al. **Trinta anos de experimento de manejo de solo, Guarapuava – Pr.,** FAPA – Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2008, 56p.

GEODECON - **Geologia e Geofísica Ltda. Levantamento Geofísico na Região de Candói – Pr., Apoio a Estudo Hidrogeológico – Relatório Técnico Final.** Curitiba, GEODECON, 2005a, 18p.

GEODECON - **Geologia e Geofísica Ltda. Levantamento Geofísico na Região de Entre Rios – Pr., Apoio a Estudo Hidrogeológico – Relatório Técnico Final.** Curitiba, GEODECON, 2005b, 25p.

GUERRA A.J.T. et al. **Geomorfologia e Meio Ambiente,** Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2000, 372p.

GUERRA A.J.T., *et al.*, **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações,** Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2005, 340p.

HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. *In:* PINTO, M.N. **Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas.** Editora Universidade de Brasília/SEMATEC, Brasília. 2ª ed. 1994. p. 321-344.

HART, R.D. **Agroecosistemas - Conceptos básicos.** Turrialba, CATIE, 1980, 211p.

HATSCHBACH, G. et al. **Catálogo florístico do Parque Estadual de Vila Velha, Estado do Paraná – Brasil.** Boletim da UFPR. Botânica n.23. 1972

HEWLETT, J.D. et al. **An Outline of Forest Hydrology.** University of Georgia Press, 1969. 137p.

HÖFER, H. **Fauna de solo e decomposição – Análises de carbono e nitrogênio.** Aparelho VARIO EL III - CHNOS Elemental Analyzer. Operating Instructions. CN MANUAL.WPD. UFPR, Curitiba, 2004, 24p.

IMAGUIRRE, N. **Contribuição ao estudo florístico e ecológico da fazenda experimental do Setor de Ciências Agrárias da UFPR**. Curitiba. Acta Biológica Paranaense. n.8/9. 1980a p.19-45.

IMAGUIRRE, N. **O porque da existência dos campos e matas no primeiro e segundo planalto paranaense**. Curitiba. Acta Biológica Paranaense. Curitiba, n.8/9. 1980b, p.42-72.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. **Diretrizes para Uso do Solo e Ordenamento Territorial com a Avaliação Ambiental Integrada**. Curitiba: IAP – GTZ, 1995. 118p.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP., **Interações do Meio Abiótico e Biótico visando o Reordenamento Espacial do Ambiente**, Guia de Treinamento, IAP, Curitiba, 2006, 68p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Geografia do Brasil – Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. 420p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências, nº 04: Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994. 104p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. São José dos Campos. INPE, 1998. 625p.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Indicadores Ambientais por Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná**. Curitiba, IPARDES, 2007, 92p.

JASTER, F. *et al.* **Rendimento de Grãos em Diferentes Sistemas de Preparo e Manejo dos Solos**, EMBRAPA – CNPSo, Londrina, 1993, 38p.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2004. 452p.

KLAMT, E. *et al.* **Solos de várzea do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Boletim Técnico n.4, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1985, 42p.

KOEHLER, H.S. **Estatística Experimental**. Curitiba: UFPr, 2004. 123p.

KOEPF, H.H. *et al.* **Agricultura Biodinâmica**. São Paulo. Livraria Nobel. 1983. 316p.

KRÜGER, N., **Guarapuava, seu Território, sua Gente, seus Caminhos, sua História**, Guarapuava, Impressora Grafel Ltda, 2007, 304p.

KUHLEMANN, E. **Vegetação Campestre do planalto meridional do Brasil**. Rev. Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, v.14, n.2, p.57-81, 1953.

LAMBERT, A. **Valoración econômica de los Humedales**. Convenção de Ramsar, 2003. <http://www.aguaonline.com.br/materias.php> Acesso em 31.08.09.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004. 531p.

LEITE, P.F. **As diferentes unidades fitoecológicas da região sul do Brasil, proposta de classificação**. Dissertação (mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – UFPR. Curitiba. 1994. 160p.

LEITE, P.F. et al. Vegetação. In IBGE. **Geografia do Brasil: Região sul**. Rio de Janeiro. IBGE. 1990. p.113-150.

LEPSCH, I.F. *et al.* **Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação** de Terras no Sistema de Capacidade de Uso. Campinas-SP. SBSC, 1991. 175p.

LICHT, O.A.B, **Prospecção Geoquímica: Princípios, Técnicas e Métodos**. Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais, São Paulo, 1998, 236p.

LICHT, O.A.B. **A geoquímica elementar na gestão ambiental. Identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco à saúde no Estado do Paraná, Brasil**. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental), UFPR, 2001.

ARIOLI, E.E. et al. **Mapeamento geológico da Formação Serra Geral**. Folha Guarapuava – Escala 1:250.000. Relatório Final. MINEROPAR, 2008. CD-ROM.

LIMA, A.G. **Avaliação do Controle Geológico-estrutural no Comportamento da Rede de Drenagem do Rio das Pedras**. 1999. 148p. Dissertação (Mestrado em Geociência e Meio Ambiente) – UNESP, Rio Claro, SP.

LIMA, M.R., et al. **Diagnóstico e Recomendações de Manejo do Solo: Aspectos Teóricos e Metodológicos**, Curitiba, UFPr/Setor C. Agrárias, 2006, 341p.

LIMA, W.P. **Hidrologia de Zonas Ripárias**. In Simpósio sobre Matas Ciliares. ESALQ, Piracicaba, 1995. 17p.

LOPES, A.S. **Acidez do Solo e Calagem**. Boletim Técnico Nº 1, ANDA, São Paulo, 1990, 22P.

LUSTOSA, S.B.C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plantio direto.** Curitiba, 1998. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – SCA. UFPR. 1998.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Estado do Paraná.** Curitiba, IBPT, 1968. 350p.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro: Editora J. Olympio/Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná. 1981. 450p.

MACEDO, J. **Alterações Ambientais na Bacia de Captação do Rio Turvo e suas Conseqüências na Qualidade de Água para Abastecimento Urbano.** 1996. 108p. Monografia (Especialização em Ciências Ambientais) – UNICENTRO, Guarapuava, PR.

MAFRA, A.L., et al. **Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais.** Revista *Árvore* ISSN 0100-6762 *versão impressa*. v.32 n.2 Viçosa mar./abr. 2008.

MALHEIROS, A.V. **Os Imensos Banhados do Brasil Ameaçados pela Intensa Atividade Agrícola.** 2005. Acesso em 27.08.09
<http://lists.indymedia.org/pipermail/cmi-brasil/2005-March/0330-7f.html>

MANN, L.K. **A regional comparison of carbon in cultivated and uncultivated Alfisols and Molisols in the central United States.** Geoderma, n.36. p.241-253, 1985.

MARQUES, R. **Determinação do COT em analisador elementar.** Comunicação pessoal. UFPR. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Curitiba, 2009.

MARTEN, G.G. **Productivity, Stability, Sustainability, Equitability and Autonomy as Properties for Agroecosystem Assessment, Agricultural Systems.** Great Britain, n.26, p.291-316, 1988.

MARTINS, S.M., **Pioneiros do Vale do Entre Rios (1818 a 1951), Guarapuava – Pr., Ed. Esquema, 1992, 123P.**

MINEROPAR – Minerais do Paraná. **Atlas Comentado da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Paraná.** Curitiba, MINEROPAR, 2001, 116p.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná.** Curitiba, UFPr., 2006, 63p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, **Guia para Elaboração de Projetos de Drenagem, Irrigação e Saneamento Agrícola,** Brasília-DF., PROVÁRZEAS NACIONAL/PROFIR, 1988, 72p.

MORAES, A. et al. **Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem.** In: Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais. UEM. pg 129-149, 1997.

MORAES, A. et al. **Sistemas de integração lavoura-pecuária no Subtrópico da América do Sul: Exemplos do Sul do Brasil.** In: I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. p.3-42. 2002.

MORO, R.S. et al, **Inventário florístico da bacia do rio São Jorge na Área de Proteção Ambiental dos Campos Gerais.** I Encontro Regional de Botânicos do Paraná e Santa Catarina. Ponta Grossa. ANAIS. SBB, 1997.

MORO, R.S. A vegetação dos Campos Gerais do Paraná, junto à Escarpa Devoniana: Subsídios para zoneamento da APA. In: VII Encontro Regional de Botânicos do Paraná e Santa Catarina. Ponta Grossa. ANAIS. SBB, 2003. CD-ROM

MOTTA, A.C.V. et al. **Princípios de Calagem.** In: Diagnostico e Recomendações de Manejo do Solo – Aspectos Teóricos e Metodológicos. UFPR, Curitiba, 2006, 341p.

MOTTA, R.S. **Manual para valoração Econômica de Recursos Ambientais.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998. 218p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC – **Alternative Agriculture,** Committee on the Role of Alternative Farming Methods in Modern Production Agriculture, Washington, 1989, 448p.

OLIVEIRA et al. **Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil.** *in* Quaternário do Brasil. ABEQ. Holos Editora. Ribeirão Preto, 2005. 377p.

PEDREIRA, A.J. et al. Projeto Paulipetro: Geologia do Bloco SG-22-H (ACS-77) Relatório Final. São Paulo, Paulipetro (Consórcio CESP-IPT) CPRM, 1981. 2 vol.

PEDROSO, M.T., et al. **Estoques de C e N em diferentes sistemas de manejo de solos na microbacia de Passo do Meio – Cristal – RS.** http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIV_Reuni%e3o_Brasileira_Cuiab%e1/42.pdf . Acesso em 03.09.09.

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de Geomorfologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1978. 180p.

PREVEDELO, C.L. **Dinâmica de água e solutos no solo.** *In* Física do solo. SAEAFS. Curitiba, 1996. 437p.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: Agricultura em Regiões Tropicais.** São Paulo: Nobel, 1979. 549p.

PROID - **Programa de Irrigação e Drenagem do Estado do Paraná**, Curitiba, CAFE DO PARANÁ, 1986, 167p.

RAIJ, B., **Fertilidade do Solo e Adubação**, Piracicaba – SP., Ed. Ceres, Potafós, 1991, 343p.

RAMALHO FILHO, A. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1994. 65p.

RHEINHEIMER, D.S. **Comparação de métodos de determinação de Carbono Orgânico Total no solo**. Rev. Brasileira de Ciência do Solo, n 32:435-440, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/41.pdf> . Acesso em 19.09.09

RESCK, B.S., et al. **Estoque de carbono do solo sob diferentes sistemas de manejo na bacia hidrográfica do Córrego Taquara, Distrito Federal**. In: II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. 2008. http://simpósio.cpac.embrapa.br/trabalhos_pdf/00667_trab1_ap.pdf. Acesso em 08.09.09.

RETALLACK, G.J. **A Colour Guide to Paleosols**. Chichester, England: Wiley, 1997. 175p.

RETALLACK, G.J. **Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology**. London: Academic Division Of Unwin Hyman Ltd., 1990. 519p.

RINGUELET, R.A. **Ecologia acuática continental**. Buenos Aires, Ed. EUDEBA, 1962

ROSS, J.L.S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropisados**. Revista do Departamento de Geografia nº 8. São Paulo, USP, 1994, p 63-74.

SÁ, J.C.M. et al. **Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a brazilian oxisol**. Soil Sci. Soc. Am. J. n. 65. 2001. p. 1486–1499.

SAINT HILAIRE, A. **Descrição dos campos gerais**. Boletim Geográfico. Rio de Janeiro, n.76, p.371-382. 1949.

SALIMON, C.I., et al. **Dinâmica do carbono na conversão de floresta em pastagem em argissolos da Formação Geológica Solimões no sudoeste da Amazônia**. Revista de Biologia e Ciência da Terra. Vol. 7 nº 1, 1º semestre, 2007.

SANT'ANA NETO, J.L. et al. **Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais**. in Quaternário do Brasil. ABEQ. Holos Editora. Ribeirão Preto, 2005. 377p.

SEAG/PR - Secretaria de Estado da Agricultura do Paraná: **Programa Nacional de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis – PROVÁRZEA/PR**, Curitiba, SEAG/PR., 1981, 161p.

SEAB/PR - Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento do Paraná: **A Força do Campo**, Curitiba, SEAB/PR., 1992, 109p.

SEAB/PR - Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento do Paraná, **Desempenho 1988**, Curitiba, SEAB/PR., 1989, 65p.

SEAB/PR - Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento do Paraná, **Boletim de Acompanhamento da Produção Agropecuária**. Departamento de Economia Rural – DERAL, Curitiba, 2008.

SEGNINI, A. et al. **Estudo comparativo de métodos para determinação da concentração de carbono orgânico em solos com altos teores de Fe (Latosolos)**. Revista Química Nova ISSN 0100-4042 vol.31 n.1 São Paulo. 2008

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422008000100020&script=sci_arttext. Acesso em 19.09.09.

SICS - SOCIEDAD INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS DEL SUELO; ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN – FAO. **Base Referencial Mundial del Recurso Suelo**. Acapulco, México: FAO, SICS, 1999. 90p.

SILVA, A. C. et al. **Métodos de quantificação de matéria orgânica do solo**. Revista da Universidade de Alfenas, n.5, p:21-26,1999

http://www.unifenas.br/PESQUISA/revistas/download/ArtigosRev1_99/pag21-26.pdf . Acesso em 22.09.09.

SILVA, I.R. et al. **Matéria orgânica do solo**, in Fertilidade do Solo, Viçosa – MG, SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.

SOUSA, L.C., **Utilização de Dados Digitais TM/LANDSAT e Análise de Agrupamentos na Delimitação das Unidades de Solos da Planície de Inundação do Rio Ivaí – Pr.**, Tese (Doutorado) – ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1997, 143p.

SOUSA, L.C., **Estudos das Relações entre Solos e as Unidades Fisiográficas da Várzea do Rio Iguaçu (1º Planalto)**, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, UFPr., Curitiba, 1990, 152p.

SUDERHSA - SUPERINTENDENCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HIDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Bacia Hidrográfica do Rio Jordão – Fase 1 – Diagnóstico**, SEMA, Curitiba, 2008, 220p.

THORNBURY, W.D. **Principios de Geomorfología**. Buenos Aires: Editorial Kapelusz S.A., 2ª ed. 1966. 643p.

VALLADARES et al. **Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico**. Parte da Tese apresentada ao CPGA-CS da UFRRJ. Magistra, Cruz das Almas-BA, v. 20, n. 1, p. 95-104, jan./mar., 2008. http://www.magistra.ufrb.edu.br/publica/magistra20_Caracterizacaodesolosbrasileiros.pdf Acesso em 31.08.09.

VIANA, P.C.G., **Contribuição ao Conhecimento do Sistema Aquífero Serra Geral no Oeste Paranaense, para fins de Abastecimento Público e Outros**. Dissertação (Mestrado) – UFSC., 1995, 93p.

VIEIRA, L.S. **Manual de Ciência do Solo**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1975. 464p.

VILELA, S.M., et al. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo. Ed. Mcgraw-Hill do Brasil Ltda. 1975. 278p.

ZAKIA, M.J.B. **Identificação e Caracterização da Zona Ripária em uma Microbacia Experimental: Implicações no Manejo de Bacias Hidrográficas e na Recomposição de Florestas**. Tese (Doutorado), USP – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos-SP, 1998, 98P.

WILDING, L.P., et al. **Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concepts and Interactions**. New York, NY: Elsevier Science Publishing Company Inc., 1984. 303p.

8 - ANEXOS

