



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

FRANCIELI SANT' ANA MARCATTO

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE FÍSICA DAS PRINCIPAIS
CLASSES DE SOLOS E SUBSÍDIOS PARA A GESTÃO DOS RECURSOS
HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PIRAPÓ E PARANAPANEMA
IV-PR**

MARINGÁ, PR

2013

FRANCIELI SANT'ANA MARCATTO

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE FÍSICA DAS PRINCIPAIS
CLASSES DE SOLOS E SUBSÍDIOS PARA A GESTÃO DOS RECURSOS
HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PIRAPÓ E PARANAPANEMA
IV-PR**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Hélio Silveira

MARINGÁ, PR

2013

FRANCIELI SANT' ANA MARCATTO

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE FÍSICA DAS PRINCIPAIS
CLASSES DE SOLOS E SUBSÍDIOS PARA A GESTÃO DOS RECURSOS
HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PIRAPÓ E PARANAPANEMA
IV-PR**

COMISSÃO JULGADORA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (MONOGRAFIA) PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE BACHAREL EM GEOGRAFIA

Prof. Dr. Hélio Silveira (Presidente e Orientador)
Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Geografia

Prof. Dr. Maria Cleide Baldo (Examinadora)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Maria Teresa de Nóbrega (Examinadora)
Universidade Estadual de Maringá

MARINGÁ, PR
2013

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho representa o desfecho de mais uma importante etapa da minha vida, realizado com dedicação e que não seria passível de se concretizar sem o apoio, presença, carinho e colaboração de diversas pessoas.

Meus agradecimentos ao professor Dr. Hélio Silveira, pela disponibilidade, críticas construtivas, sugestões adequadas para realização deste trabalho e por todo o conhecimento transmitido.

Ao Vanderlei do GEMA e a Ivaldete do Laboratório de Pedologia, pela disposição e auxílio nos ensaios de laboratório.

Ao André, pela ajuda, paciência, carinho e por estar sempre ao meu lado, me apoiando nos momentos mais difíceis.

À todos os meus amigos, pelo companheirismo, paciência e apoio.

Aos meus pais, que não poupam esforços para que eu possa realizar meus sonhos. Sem dúvidas eles são a minha maior motivação e razão por nunca ter pensado em desistir, por mais que a saudade às vezes fosse grande. Agradeço todo o apoio e sacrifício, em todos os momentos da minha vida.

Por fim, agradeço a Deus pelas bênçãos e por iluminar sempre o meu caminho.

Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si
Carrega o dom de ser capaz
E ser feliz

(Trecho da música “Tocando em Frente”,
Almir Sater e Renato Teixeira)

RESUMO

O uso e ocupação dos solos devem seguir práticas sustentáveis, garantindo a manutenção da saúde de uma bacia hidrográfica. O depauperamento dos solos por práticas agrícolas tem ocasionado a diminuição do potencial produtivo do solo e a degradação dos recursos hídricos, dessa forma, a avaliação da qualidade do solo é um indicador essencial de conservação dos recursos hídricos e do equilíbrio ecológico de uma bacia hidrográfica. O objetivo do presente trabalho é avaliar a qualidade física dos principais solos e usos na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV, que são responsáveis, em grande parte, pela qualidade das águas que fluem no interior das bacias. Para isso, propõe-se avaliar a densidade do solo, porosidade total e estabilidade estrutural dos horizontes superficiais (Ap) de Latossolos Vermelhos de textura argilosa e média, Nitossolos Vermelhos textura argilosa e Argissolos Vermelho-amarelos de textura arenosa/média, nos usos que possuem a maior representatividade espacial nas bacias em estudo. A área de estudo localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense, entre as latitudes de 22° 32' 30" e 23° 36' 18" S e longitude de 51° 22' 42" e 52° 12' 30" W para a bacia hidrográfica do Pirapó e 22°34'3" a 23°10'44" de latitude sul e 52°55'43" a 52°13'7" de longitude oeste para a bacia hidrográfica do Paranapanema IV. Os resultados obtidos demonstraram que os solos formados a partir do basalto, o Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho de textura argilosa, apresentaram boas condições físicas, tanto em pastagem como em culturas de grãos, sendo atribuídos os bons resultados ao manejo adotado no cultivo do solo. Em relação aos solos de textura arenosa/média, os resultados indicaram características estruturais mais frágeis à ocorrência de processos de degradação do solo, assim, o Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem encontra-se bem degradado com processos erosivos observados *in situ* e evidenciados com os resultados obtidos na densidade dos solos e porosidade total, que demonstraram problemas de compactação. O Latossolo Vermelho textura média cultivado com cana-de-açúcar também apresentou indícios de degradação, com elevados valores de densidade do solo aliado a baixa porosidade e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA). Resultados semelhantes foram também verificados no Argissolo Vermelho-amarelo com cana, no entanto, este sistema apresentou melhores condições de densidade e porosidade, e em contrapartida, menor DMPA dos agregados e menor teor de matéria orgânica. Assim, pode-se concluir que boa parte dos solos de textura arenosa/média encontra-se degradado ou em processo de degradação, sendo necessário buscar o correto manejo do solo, para contribuir no gerenciamento dos recursos hídricos, de modo a garantir a sustentabilidade da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: qualidade física do solo, bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV, gestão dos recursos hídricos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Paranapanema IV e Pirapó- PR	22
Figura 2 – Formações geológicas da bacia hidrográfica do Paranapanema IV e Pirapó – PR	23
Figura 3 – Compartimentação geomorfológica da Bacia hidrográfica do Paranapanema IV e Pirapó – PR	24
Figura 4 – Distribuição das formações fitogeográficas na bacia hidrográfica do Paranapanema IV e Pirapó – PR	26
Figura 5 – Divisão administrativa dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV – PR	28
Figura 6 – Fluxograma metodológico da pesquisa	32
Figura 7 – Mapa de solos da bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV	38
Figura 8 – Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica Pirapó e Paranapanema IV	39
Figura 9 – Área de pastagem em Argissolo Vermelho-amarelo: presença de processos erosivos	40
Figura 10 – Área de pastagem em Argissolo Vermelho-amarelo: presença de processos erosivos	40
Figura 11 – Densidade do solo dos horizontes superficiais (Ap) do Latossolo e Nitossolo Vermelho textura argilosa e Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa/média sob pastagem e culturas na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV	41
Figura 12 – Relação entre a porosidade total e densidade do solo dos Nitossolo Vermelho sob pastagem (NV1) e sob culturas de grãos (NV2); Latossolo Vermelho text. Argilosa sob pastagem (LV1) e sob culturas de grãos (LV2); Latossolo Vermelho text. Média sob pastagem (LV3) e sob cana-de-açúcar (LV4); Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem (PV1) e sob cana-de-açúcar (PV2)	42
Figura 13 – Porosidade total dos horizontes superficiais (Ap) do Latossolo e Nitossolo Vermelho textura argilosa e Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa/média sob pastagem e culturas na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV	43
Figura 14 – Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho textura muito argilosa sob pastagem	44
Figura 15 – Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Nitossolo Vermelho de textura muito argilosa sob pastagem	45
Figura 16 – Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho textura média sob pastagem	46

Figura 17 – Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa sob pastagem	46
Figura 18 – Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Nitossolo Vermelho sob culturas de grãos	47
Figura 19 – Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho textura muito argilosa sob culturas de grãos	48
Figura 20 – Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho textura média sob cana-de-açúcar	49
Figura 21 – Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa sob cana-de-açúcar.....	49
Figura 22 – Relação entre o diâmetro médio ponderado dos agregados e o teor de C orgânico para o Nitossolo Vermelho sob pastagem (NV1) e sob culturas de grãos (NV2); Latossolo Vermelho text. Argilosa sob pastagem (LV1) e sob culturas de grãos (LV2); Latossolo Vermelho text. Média sob pastagem (LV3) e sob cana-de-açúcar (LV4); Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem (PV1) e sob cana-de-açúcar (PV2)	54
Figura 23 – Diâmetro médio ponderado dos agregados do solo por cultura	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição do PIB dos municípios contidos na bacia hidrográfica do rio Pirapó e Paranapanema IV	28
Tabela 2 – População residente na bacia hidrográfica do rio Pirapó e Paranapanema IV	30
Tabela 3 – Descrição morfológica da estrutura e consistência dos horizontes superficiais em Latossolo e Nitossolo Vermelho textura argilosa sob pastagem e cultura de grãos e Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa/média sob pastagem e cana-de-açúcar	50
Tabela 4 – Granulometria, estabilidade de agregados, porosidade total, densidade do solo e densidade de partículas em Latossolo e Nitossolo Vermelho textura argilosa sob pastagem e cultura de grãos e Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura média/arenosa sob pastagem e cana-de-açúcar.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Informações sobre as classes de solo e uso por bacia hidrográfica 33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Manejo do solo	12
2.2 Manejo dos solos e gestão dos recursos hídricos	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 Material	21
3.1.1 Localização	21
3.1.2 Aspectos Físicos	22
3.1.3 Aspectos humanos e socioeconômicos	26
3.2 Método	31
3.2.1 Obtenção de dados	32
3.2.2 Análises físicas do solo	33
3.2.2.1 Densidade do solo	33
3.2.2.2 Densidade de partículas	34
3.2.2.3 Porosidade total do solo	34
3.2.2.4 Estabilidade de agregados	34
3.2.2.5 Granulometria	35
3.2.3 Análises químicas do solo	35
3.2.4 Elaboração dos produtos cartográficos	36
3.2.5 Cálculos estatísticos	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1. INTRODUÇÃO

A intervenção humana através do uso e manejo dos solos tem sido fonte causadora de impactos negativos sobre os recursos naturais. A degradação dos solos por práticas agrícolas tem ocasionado diversos danos, entre eles a diminuição do potencial produtivo do solo e a degradação de recursos hídricos.

De acordo com Leonardo (2003), o solo é um importante indicador da saúde de uma bacia hidrográfica, considerando a íntima relação entre as propriedades físicas do solo e os processos hidrológicos operantes na mesma, como a infiltração, o escoamento superficial e subsuperficial, a erosão e a drenagem profunda. A partir da alteração dos seus atributos por práticas agrícolas inadequadas tem início os processos erosivos, a deposição de sedimentos nos cursos d'água e a diminuição do potencial produtivo, podendo acarretar um desequilíbrio ecológico.

Para Bertoni e Lombardi Neto (1985), conhecer as propriedades físicas do solo permitem o manejo correto e o controle contra a erosão. Os corpos d'água são os receptores dos processos erosivos ocorridos no solo e sofrem diretamente com os impactos negativos da má utilização desse recurso.

A bacia hidrográfica como unidade de observação e intervenção, tem sofrido com o aumento da produção agrícola e a intensificação dos processos erosivos, ocasionando um aumento na produção de sedimentos recebidos pelos corpos d'água. Os sedimentos é função da desagregação dos solos pela precipitação e escoamento concentrado que carregam os sedimentos da vertente para a calha do rio em maior ou menor escala de acordo com o clima, as características fisiográficas e o uso e manejo dos solos (MINELLA, 2007).

Araujo et al. (2007) afirmam que as práticas de manejo e conservação do solo e da água devem ser planejadas de forma a manter ou mesmo melhorar seus atributos, tornando o solo um recurso capaz de sustentar uma produtividade e ao mesmo tempo garantir a qualidade da água.

Assim, o planejamento dos recursos hídricos torna-se essencial ao gerenciamento de uma bacia hidrográfica, podendo aumentar ou restringir o uso e ocupação do solo e a implantação de planos de desenvolvimento econômico. Além disso, o gerenciamento de bacias hidrográficas exige uma abordagem sistêmica e holística, em busca de uma sustentabilidade, com a compatibilização do uso e ocupação do solo com a garantia de disponibilidade de água. Contudo as medidas de controle do

escoamento das águas, proteção da vegetação, correto uso e ocupação do solo e controle dos processos erosivos, causam reflexos diretos na proteção dos recursos hídricos (LEAL, 2012).

De acordo com a Lei Federal 9.433 de 1997, a bacia hidrográfica é a unidade territorial de planejamento e implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos, tendo como diretrizes gerais a necessidade de integração da gestão dos recursos hídricos e uso do solo. Nesse sentido, a bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento dos recursos hídricos, é entendida como um todo indivisível, que independe de fronteiras político-administrativas, nos quais os recursos naturais e atividades econômicas devem ser considerados de forma sistêmica (BRASIL, 1997; MOTA e AQUINO, 2003).

Diante disso, foram criados os Comitês de bacias hidrográficas que busca a integração no gerenciamento dos recursos hídricos. A bacia do Pirapó e Paranapanema IV, área em estudo no presente trabalho, estão integradas ao Comitê de bacias hidrográficas (CBH) Piraponema, instituído pelo Decreto 2.245 de março de 2008, os quais fazem parte a bacia do Paranapanema III, bacia do Pirapó e bacia do Paranapanema IV. A criação do CBH vem de encontro com a necessidade de uma gestão sustentável dos recursos naturais e busca a integração e articulação entre os recursos hídricos e as diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais, conforme a Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997; PARANÁ, 2008).

A bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV possui em boa parte do seu território solos com alto potencial natural a erosão, combinados com o uso de práticas agrícolas inadequadas, que vem ocasionando um aumento na degradação das propriedades físicas do solo. Apesar da preocupação em recuperar os solos degradados, o manejo inadequado ainda persiste em boa parte do território das bacias, com processos erosivos evidentes, principalmente em solos provenientes de rochas areníticas (IPARDES, 2004; IPARDES, 2007).

Diante da necessidade de conservação dos recursos hídricos como bem essencial a sobrevivência humana, a avaliação da qualidade do solo insere-se como um indicador essencial para a manutenção da qualidade dos corpos d'água e do equilíbrio ecológico de uma bacia. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo geral avaliar a qualidade física dos principais solos e usos na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV, que são responsáveis, em grande parte, pela qualidade das águas que fluem no interior da bacia. Como objetivo específico essa pesquisa busca avaliar a

densidade do solo, porosidade total e estabilidade estrutural dos horizontes superficiais (Ap) de Latossolos Vermelhos de textura argilosa e média, Nitossolos Vermelhos textura argilosa e Argissolos Vermelho-amarelos de textura arenosa/média, nos usos que possuem a maior representatividade espacial nas bacias em estudo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Manejo do solo

O uso e manejo dos solos é um componente fundamental na manutenção e sustentabilidade do meio e a intervenção humana, a principal fonte de desequilíbrio do sistema natural, assim, a conservação e exploração sustentável dos recursos naturais exige o conhecimento de suas propriedades (PEDRON et al., 2006).

Richart et al. (2005) afirmam que a introdução de sistemas agrícolas em substituição as florestas causa o desequilíbrio no ecossistema, o qual a retirada da cobertura vegetal aliada a práticas de manejo inadequadas rompem o equilíbrio entre o solo e o meio, alterando assim, as propriedades dos solos.

De acordo com Albuquerque et al. (1995) a degradação da estrutura do solo acarreta em condições desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal e predispõe o solo a erosão hídrica acelerada. Sistemas de manejo e rotação de culturas, que amenizam esses problemas podem restaurar a estrutura do solo e manter os sistemas produtivos estáveis.

Segundo Primavesi (2002), a partir do momento que se inicia o cultivo de um solo nativo há a decadência de sua bioestrutura, tanto com a decomposição da matéria orgânica, como pelo empobrecimento em cátions e ânions, e pela exposição do solo ao impacto da chuva. Assim, exige-se um manejo que proteja a bioestrutura do solo.

Os solos agrícolas, de acordo com Bigarella e Mazuchowski (1985), possuem um conjunto de características que determinam o seu limite de exploração racional e econômico, dependendo da sua textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, drenagem interna, relevo, pedregosidade, infiltração, armazenamento de água, entre outras características, que podem ser alteradas rapidamente com o tipo de manejo adotado.

O modelo agrícola predominante no Brasil, baseado no uso de agroquímicos e mecanização intensiva, preocupando-se somente com a produtividade em sua dimensão econômica, induz um manejo inadequado do solo e promove a intensificação dos processos erosivos, expondo o solo ao sol e a chuva, com destruição dos agregados, diminuição da permeabilidade e infiltração formando camadas compactadas, e em consequência o aumento da erosão (HERNANI et al. 2002).

A compactação é uma das graves consequências ao mau uso do recurso solo. O tráfego intenso de máquinas agrícolas promove a aproximação das partículas, resultando

em menor porosidade e aumento da densidade. A redução dos macroporos do solo atinge as suas propriedades físico-hídricas, reduzindo a capacidade de armazenamento de água, a disponibilidade de água para plantas, a taxa de mobilização de água no perfil do solo e a troca gasosa do solo com a atmosfera. Tais características facilitam a ocorrência de processos erosivos, o principal fator de degradação das propriedades dos solos (REICHARDT, 1990; KOCHHANN et al., 2000).

De acordo com Dias Junior e Estanislau (1999), nas culturas anuais a compactação ocorre devido às intensas mobilizações nas operações de preparo do solo, enquanto que nas pastagens, o fator preponderante é o pisoteio excessivo do gado, compactando a camada superficial do solo. Em áreas florestadas, as operações de corte em condições inadequadas de umidade, são responsáveis pelo processo de compactação. Independentemente do tipo de uso do solo, a compactação altera suas propriedades físicas, como a densidade, porosidade total, tamanho e continuidade dos poros, infiltração e capacidade de armazenamento de água, aeração e índice de compressão.

Quanto aos processos erosivos, o seu início se dá com o transporte de partículas do solo em suspensão e elementos nutritivos essenciais em dissolução. As gotas de água da chuva desintegram os agregados do solo e os transportam por salpicamento ou escoamento superficial imprimindo energia no transporte. Quando há a diminuição da energia e da velocidade do escoamento e grande quantidade de sedimentos, ocorre a deposição. As principais feições erosivas ocasionadas pela água da chuva são a erosão laminar, caracterizando-se pela remoção de camadas delgadas do solo, sendo inicialmente quase imperceptíveis; erosão em sulcos, que formam pequenas valas e sulcos em virtude do escoamento superficial; e a erosão em voçorocas, formadas por grande concentração de enxurrada que vão ampliando os sulcos com o deslocamento de sedimentos, trata-se do estágio mais avançado dos processos erosivos, podendo formar grandes cavidades em extensão e profundidade (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2005; PRUSKI, 2006).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2005) os principais fatores que influenciam na ocorrência de erosões são: a intensidade e frequência das chuvas; a infiltração de água no perfil do solo; a topografia do terreno, o qual o declive indica a velocidade do escoamento da água e sedimentos; a cobertura vegetal, que age tanto na interceptação das gotas de água da chuva, quanto na dispersão da água, aumento de matéria orgânica que melhora a infiltração e diminuição da velocidade do escoamento

da enxurrada; por fim, a natureza do solo, suas propriedades químicas, físicas e biológicas.

Além disso, a ocorrência de processos erosivos originados de práticas inadequadas geram consequências que atingem tanto a qualidade do solo, como da água. De acordo com Marioti (2012) a erosão diminui a fertilidade do solo, devido a perda de nutrientes e matéria orgânica, altera a sua qualidade física, química e biológica, e pode ainda causar o rebaixamento da camada arável em decorrência da perda de sedimentos. Além da diminuição do potencial produtivo do solo, a água que não infiltra no perfil arrasta sedimentos que são depositados nos cursos d' água causando a eutrofização e o assoreamento.

A degradação dos solos, como a formação de camadas compactadas ou processos erosivos de diferentes intensidades, segundo Castro (1989), é determinada pelos diferentes sistemas de preparo, devido a maior ou menor intensidade de movimentação que provoca nos solos. Assim, a maior ou menor quantidade de solo e água perdidos, será determinada pela movimentação do solo e pela quantidade de resíduos deixados sobre ele após o manejo.

Pruski (2006) afirma que os sistemas de preparo e manejo do solo devem manter a maior cobertura possível da superfície, propiciar melhor capacidade de infiltração de água no solo e assegurar a rugosidade superficial, para garantir a dissipação da energia empregada para o escoamento e aumentar a capacidade de armazenamento de água sobre a superfície e no perfil do solo, acarretando em menor perda de solo e água.

O uso de práticas que mobilizam as camadas superficiais do solo, modificam sua estrutura. A ação de máquinas e implementos agrícolas na mobilização do solo desarranja os agregados do solo, tornando-os menores e menos estáveis, além disso, reduz o teor de matéria orgânica ocasionado pelo aumento da erosão ou revolvimento do solo. Esse processo de redução do diâmetro, de desestabilização e desarranjo dos agregados na camada arável ocasiona reflexos negativos, como alteração no volume e distribuição de tamanho dos poros e aumento da densidade do solo, alterando a permeabilidade do solo ao ar, a água, e as raízes. Além disso, essas práticas podem levar a formação de crostas nos horizontes superficiais, diminuindo a infiltração da água, aumentando o escoamento e conseqüentemente a formação de processos erosivos. Nos horizontes subsuperficiais, ocorre a formação de uma camada compactada, reduzindo a quantidade de água disponível para o desenvolvimento das plantas (CASTRO, 1989; KOCHHANN et al., 2000; ANDREOLA et al. 2000).

Diante disso, as tecnologias devem ser usadas de forma a não afetar as propriedades do solo e o meio ambiente, assim, se introduz o sistema de plantio direto, com o mínimo de revolvimento do solo, a cobertura vegetal continuada e a rotação de culturas. Esse sistema de manejo transformou positivamente os atributos químicos, físicos e biológicos do solo em função do aumento da matéria orgânica, dos macroporos e minimizando a exposição aos processos de erosão hídrica (NETO et al., 2006; BARCELOS et al., 1999).

O plantio direto, por não mobilizar o solo, não fraciona nem desarranja os agregados e não estimula uma oxidação acelerada de matéria orgânica, contribuindo para uma melhor agregação e melhoria da estrutura do solo. Além disso, a manutenção de restos culturais associados a menor mobilização do solo, previnem a formação de crostas nos horizontes superficiais. Em contrapartida os sistemas convencionais de preparo do solo sofrem alta erosão hídrica em decorrência da energia do impacto das gotas da chuva que desagregam e transportam as partículas do solo, principalmente por salpicamento, provocam o selamento superficial, diminuem a infiltração e aumentam a enxurrada (KOCHHANN et al., 2000; GUADAGNIN et al., 2005).

Diversos autores obtiveram melhores resultados quanto a diminuição de processos erosivos em solos com práticas conservacionistas (COGO et al., 2003; BARCELOS et al. 1999; GUADAGNIN et al. 2005). Schick et al. (2000) compararam diferentes sistemas de preparo e cultivo, registrando que a semeadura direta é mais eficaz no controle das perdas de solo, reduzindo entre 68 e 52% em relação ao manejo com uma aração associada a duas gradagens e escarificação associada a uma gradagem, respectivamente. Esse resultado é atribuído as alterações provocadas pelo preparo convencional, com incorporação de resíduos culturais e conseqüentemente redução da cobertura superficial do solo, deixando-o exposto a processos erosivos, enquanto o plantio direto mantém a proteção do solo, pela não mobilização dos resíduos culturais.

Os estudos de Costa et al. (2003) evidenciaram como os sistemas de manejo alteram as propriedades do solo, com degradação das propriedades relacionadas a forma e estabilidade da estrutura do solo, indicados pelo aumento da densidade do solo e diminuição da estabilidade dos agregados em sistemas de preparo convencional. O plantio direto, entretanto, apresentou melhores resultados, principalmente pela redução da densidade em subsuperfície e aumento da estabilidade dos agregados.

Dessa forma, os diferentes sistemas de manejo resultaram em diferentes condições de equilíbrio físico do solo e produtividade das culturas, considerando o

importante papel que exercem sob a formação e estabilização dos agregados do solo. Quando o sistema de cultivo possui um alto fluxo de energia e matéria, fornecendo uma grande quantidade de compostos orgânicos, o solo tem condições de se auto-organizar em macroagregados e com grande capacidade de reter energia e matéria orgânica. Nessas condições, aumenta-se a resistência a erosão hídrica, a infiltração e retenção de água no solo, o sequestro de carbono (C), a capacidade de retenção de cátions, o estoque de nutrientes, favorecimento da biota do solo, ciclagem dos elementos químicos, entre outros (SILVA E MIELNICZUK, 1998; VEZZANI E MIELNICZUK, 2009).

Ao analisar a estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-escuro em diferentes sistemas de manejo, Campos et al. (1995) encontraram maior estabilidade estrutural dos agregados dos solos no sistema de plantio direto em relação ao cultivo convencional, com diâmetro médio ponderado dos agregados cerca de duas vezes maior no plantio direto. Silveira et al. (2009) em estudo da estabilidade de agregados de Latossolos Vermelhos textura média na região noroeste do Estado do Paraná, observaram que o horizonte superficial do solo descoberto apresentou 8,8% do diâmetro médio ponderado de agregados igual ou superior a 2mm, enquanto o Latossolo sob cultivo apresentou 25% dos agregados superiores a 2mm, comprovando que a estrutura do Latossolo sem cobertura vegetal superficialmente, possui estabilidade estrutural mais frágil.

Estudando a agregação e estabilidade de agregados em sistemas de cultivo do solo em Mato Grosso do Sul, Salton et al. (2008) verificaram que os sistemas de cultivos que incluíam pastagem, se mostraram mais eficientes em manter os macroagregados do solo, seja em rotação de culturas ou em pastagem permanente, comparados aos sistemas de plantio direto e convencional, sendo atribuídos esses valores ao sistema radicular das gramíneas que são mais eficientes em aumentar a matéria orgânica do solo. Na rotação entre soja e pastagem 23,9% dos agregados apresentaram diâmetro médio ponderado superiores a 4,76 mm na camada de 0 a 20 cm do solo, enquanto na pastagem permanente, foram 35,5% dos agregados. Em relação aos solos sob plantio direto e cultivo convencional, observou-se maior diâmetro médio ponderados dos agregados no plantio direto, com 17,3% dos agregados superiores a 4,76 mm enquanto cultivo convencional apenas 5% agregados.

Diversos estudos verificaram maior diâmetro médio ponderado dos agregados sob o plantio direto comparados ao cultivo convencional, atribuídos principalmente a maior quantidade de matéria orgânica e a não mobilização do solo. Quanto aos estudos

que avaliaram os cultivos, seja no sistema de plantio convencional ou direto em comparação a pastagem, demonstraram que a formação e manutenção dos macroagregados dos solos são mais eficientes na pastagem (CASTRO FILHO et al., 1998; BEUTLER et al., 2001; BERTOL et al., 2004; PERUSI E CARVALHO, 2007; ROZANE et al., 2010).

Pruski (2006), comparando o sistema convencional de manejo do solo e o plantio direto, afirma que enquanto no sistema convencional há uma renovação periódica das camadas superficiais do solo, devido o revolvimento com uso de maquinários, propiciando melhores condições momentâneas de infiltração da água, no plantio direto não há essa descompactação; no entanto, no preparo convencional a superfície possui menor cobertura, ocasionando o selamento superficial decorrente do impacto das gotas de água da chuva. Além disso, o plantio direto favorece o restabelecimento da estrutura do solo e a formação de canais naturais provenientes das atividades biológicas, aumentando a infiltração nesse sistema de cultivo em comparação ao sistema convencional.

Hernani et al. (2002) atribui a adoção do sistema de plantio direto diversos benefícios, tanto ambientais como econômicos, entre eles se destaca a redução das perdas de solo por erosão hídrica, aumento da produtividade e diminuição nos custos de produção, melhoria na qualidade estrutural do solo e na qualidade da água, diminuição de inundações e assoreamentos de mananciais e maior estabilidade econômica regional.

2.2 Manejo dos solos e gestão dos recursos hídricos

O uso e manejo dos solos são indicadores de grande importância para a gestão dos recursos hídricos e a saúde de uma bacia hidrográfica, sendo a qualidade dos corpos d'água reflexo do uso e ocupação do solo.

São inúmeros e graves os problemas que atingem boa parte das bacias hidrográficas, entre eles a utilização de forma inadequada de áreas frágeis, a retirada da vegetação de forma desordenada, o manejo inadequado do solo, a destruição da matéria orgânica, o superpastoreio, as queimadas, o cultivo no sentido do declive do terreno e a falta de rotação das culturas. Essas práticas causam reflexo direto na qualidade dos recursos hídricos e em seu equilíbrio ecológico, modificando a paisagem e provocando a degradação de mananciais, aceleração de processos erosivos, diminuindo a disponibilidade hídrica, contaminando as águas por usos de agroquímicos ou

lançamento direto de efluentes urbanos e industriais (DILL et al. 2004; SANTOS et al. 2010).

De acordo com Furlan et al. (2009) a qualidade da água em uma bacia hidrográfica é influenciada por uma série de fatores, dentre os quais se pode citar: cobertura vegetal, topografia, geologia e uso e manejo do solo, fazendo assim, parte de um frágil equilíbrio. Esses fatores vão incidir em maior ou menor quantidade de sedimentos depositados nos cursos d' água.

A proteção dos solos e recursos hídricos depende, indefinidamente, de medidas disciplinadoras do uso e manejo do solo. A qualidade de um corpo d'água reflete as atividades que estão sendo desenvolvidas em toda a bacia hidrográfica, o qual, cada um dos usos provoca um efeito específico e característico. A erosão em bacias hidrográficas influencia na produção agrícola, devido ao empobrecimento do solo e no abastecimento de água, podendo ocasionar a diminuição de sua disponibilidade devido ao assoreamento. Dessa forma, o disciplinamento no uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica pode constituir em uma medida fundamental na minimização dos impactos sobre o meio ambiente (MOTA E AQUINO, 2003; VALLE JUNIOR, 2008).

A produção de sedimentos originados de atividades agrícolas são um dos principais fatores de alteração dos recursos hídricos, podendo ser provocados em maior ou menor quantidade e qualidade, de acordo com a erosividade do solo e o manejo adotado. A transferência de poluentes (sedimentos e defensivos agrícolas) da vertente para a calha fluvial ocorre por meio do escoamento superficial, subsuperficial e percolação profunda. Além disso, a atividade agropecuária influencia no ambiente ripário, o qual, sua ocupação para fins agrícolas pode alterar o funcionamento do ecossistema fluvial. A manutenção do ambiente ripário preservado diminui a erosão na margem; reduz a transferência de sedimentos, nutrientes e agroquímicos para a água; e garante menor amplitude térmica das águas, por meio da vegetação próxima as margens (MERTEN, et al. 2011).

Vanzela et al. (2010) afirmam que as consequências para os recursos hídricos do manejo inadequado do solo, são o transporte de grandes quantidades de solos, matéria orgânica e insumos agrícolas para os cursos d'água, aumentando a concentração de sólidos e nutrientes. Conseqüentemente, ocorre o assoreamento, que pode alterar a qualidade da água, fauna, flora e a diminuição da velocidade da água e disponibilidade hídrica.

Além de alterar a qualidade e quantidade de água, há prejuízos à geração de energia pelas hidrelétricas, os quais os sedimentos arrastados são retidos na entrada dos reservatórios e nos afluentes, formando um delta pluvial. A principal consequência dos processos de erosão e sedimentação é o assoreamento dos canais de captação de água de usinas hidrelétricas, diminuindo o volume de água utilizável, podendo reduzir a sua vida útil e comprometer o desenvolvimento econômico de uma região (SILVA E MANIESI,2005; CABRAL, 2005).

Para Paiva (2003) os principais problemas causados pelos sedimentos transportados pelos rios são: o assoreamento, diminuindo a sua navegabilidade e aumentando as enchentes; assoreamento de reservatórios, diminuindo sua vida útil; e inviabilidade de aproveitamento do rio para abastecimento ou irrigação. Para o aproveitamento dos recursos hídricos, deve se conhecer a quantidade e natureza dos sedimentos, bem como os processos erosivos atuantes.

Além disso, os sedimentos originados de diferentes processos erosivos, ocorrentes na bacia hidrográfica, serão transportados pelos rios e terão importantes informações sobre as características ou estado em que a mesma se encontra, dando embasamento a ações quanto ao planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos de uma região. Assim, a quantidade de sedimentos produzidos pelo mau uso e manejo do solo não pode ser desprezada no gerenciamento dos recursos hídricos, porque em curto, médio ou longo prazo chegará aos cursos d' água natural (COIADO, 2003).

Merten et al. (2011) citam uma série de estratégias que visam a diminuição da poluição dos recursos hídricos devido a atividades agrícolas, que devem ter como meta a redução do escoamento superficial, da erosão hídrica e do uso de agroquímicos, com práticas voltadas a melhoria da qualidade estrutural do solo, aumentando a infiltração e diminuindo o escoamento. O manejo correto da zona ripária, tem a função de reduzir as cargas de poluente transportadas pelo escoamento; uso menos intensivo de agroquímicos, fundamentado em princípios como a rotação de culturas, uso de adubos verdes, manejo integrado de pragas, entre outros.

Para Queiroz et al. (2010) o diagnóstico e monitoramento do uso e ocupação do solo trata-se uma ferramenta fundamental no planejamento e gestão dos recursos hídricos, tornando possível avaliar os efeitos das atividades humanas exercidos sobre os ecossistemas, bem como dar subsídios a correção de problemas existentes.

Dessa forma, é necessário que a gestão de uma bacia hidrográfica, fundamente suas ações de planejamento e ordenamento territorial através de monitoramentos e

diagnósticos do uso e ocupação do solo, com vistas a diminuição ou eliminação de impactos decorrentes do uso do solo. Além disso, é necessário o conhecimento do solo e da água, que são os principais agentes na dinâmica de uma bacia hidrográfica, objetivando a proposição de planos de manejo adequados a região que empregue melhorias na qualidade da água e do uso do solo (CAMPANA E EID, 2003; FURLAN et al. 2009).

Assim, a avaliação dos atributos físicos dos solos são importantes indicadores dos processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica. Se o solo possui uma má qualidade estrutural, diante de uma prática agrícola inadequada, estará sujeito mais intensamente aos processos erosivos, que irão refletir na qualidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Localização

A bacia hidrográfica do rio Pirapó está localizada ao norte do Estado do Paraná, na região do Terceiro Planalto, entre as latitudes de 22° 32' 30" e 23° 36' 18" S e longitude de 51° 22' 42" e 52° 12' 30" W. A nascente do rio Pirapó se localiza na cidade de Apucarana, num altitude aproximada de 1000 metros e deságua ao norte, no rio Paranapanema, na divisa com o Estado de São Paulo, numa altitude de 250 metros. Possui um percurso de aproximadamente 168 Km de extensão e uma área territorial de 5.098,10 Km² (SEMA, 2013).

A bacia hidrográfica do Paranapanema IV está localizada a oeste da bacia hidrográfica do Pirapó, também inserida no Terceiro Planalto Paranaense. Encontra-se especificamente entre as coordenadas de 22°34'3" a 23°10'44" de latitude sul e 52°55'43" a 52°13'7" de longitude oeste (Figura 1). Conta com quinze afluentes que deságuam no rio Paranapanema e área total de total 4.134,90 Km² (SEMA, 2013).

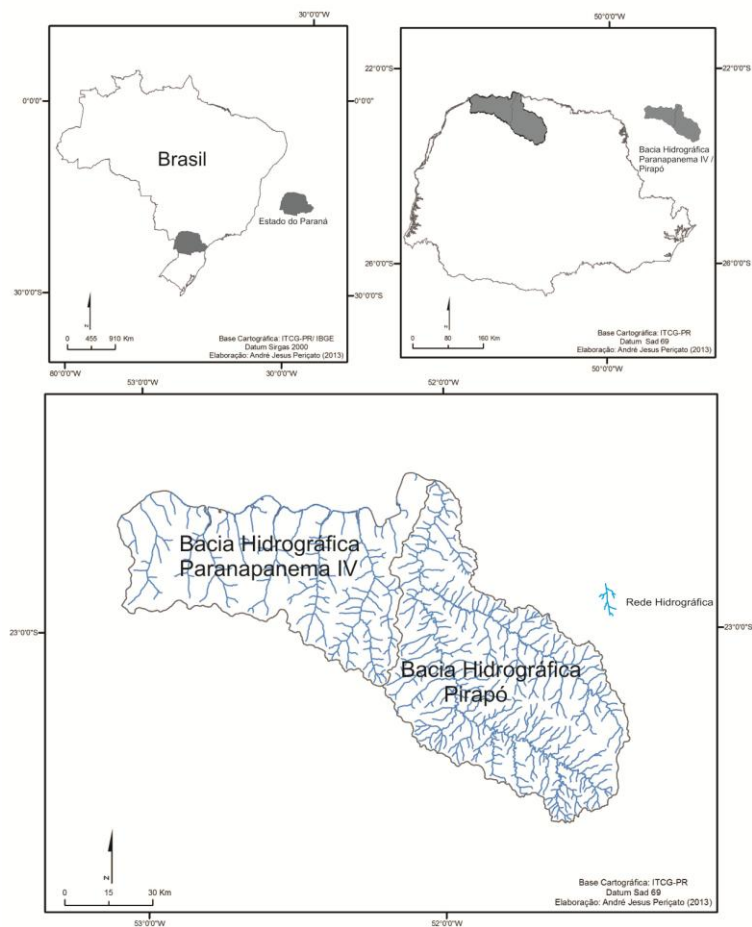


Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do Paranapanema IV e Pirapó- PR.

3.1.2 Aspectos físicos

As bacias em estudo são compostas por diversas unidades litológicas: basaltos resultantes dos derrames de lavas básicas da Formação Serra Geral do período Jurássico–Triássico da era Mesozoica, que ocupa grande parte da bacia hidrográfica do rio Pirapó; os arenitos finos a médios arroxeados da Formação Caiuá e os arenitos finos a muito finos das Formações Santo Anastácio e Adamantina, originados no período Cretáceo da era Mesozoica, pertencentes ao Grupo Bauru; e sedimentos inconsolidados de deposição fluvial do período Quaternário, conforme mostra a Figura 2 (MINEROPAR, 2001).

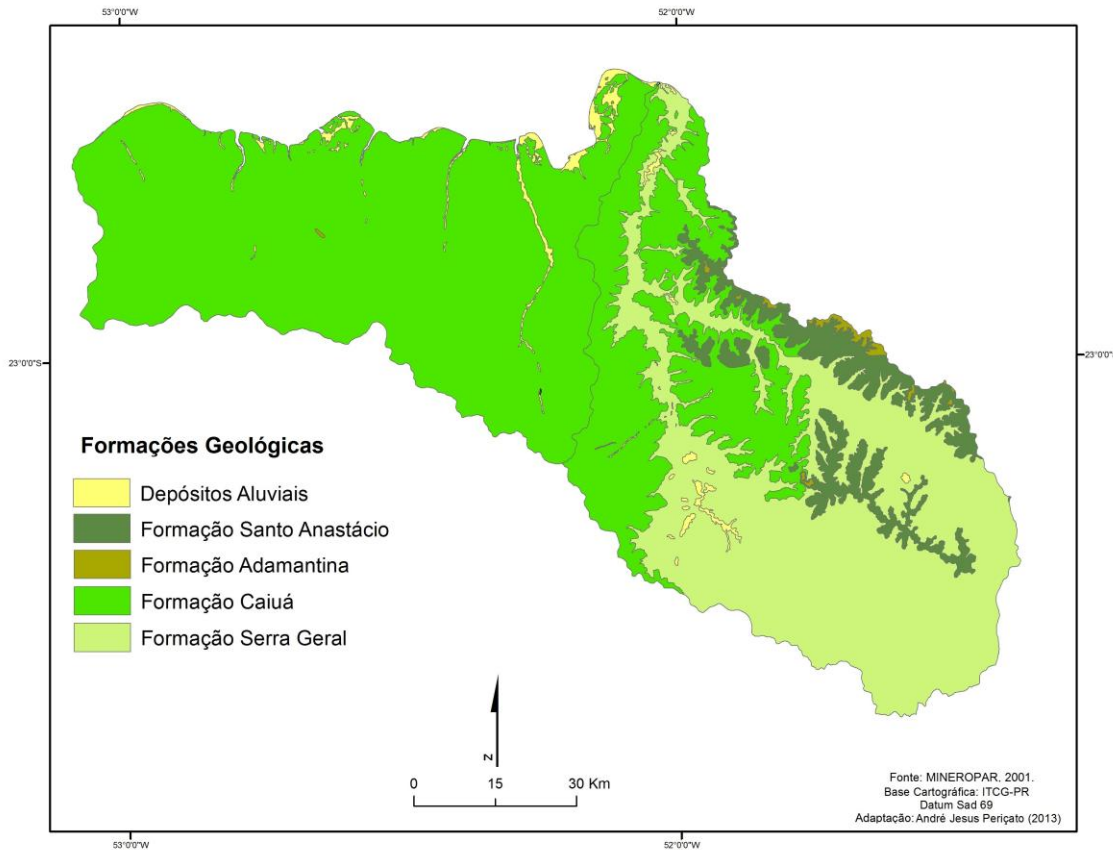


Figura 2- Formações geológicas da bacia hidrográfica do Paranapanema IV e Pirapó –PR.

Em relação as características geomorfológicas, a bacia hidrográfica do rio Pirapó e Paranapanema IV, de acordo com Maack (1968), estão situadas no Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto de Guarapuava. As características geomorfológicas da área podem ainda ser classificadas em subunidades morfoesculturais (**Figura 3**), conforme classifica a MINEROPAR (2006):

- Subunidade morfoescultural Planalto de Maringá compreende relevos que varia entre altitudes de 340 a 740 metros. Apresenta baixa dissecação e as formas dominantes são topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”.

- Subunidade morfoescultural Planalto de Apucarana caracteriza-se por uma grande variação nas cotas altimétricas, variando entre 300 e 920 metros, com maior dissecação e formas predominantes de topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”.

- Subunidade morfoescultural Planalto de Paranaíba possui baixa dissecação com cotas altimétricas oscilando entre 240 e 580 metros. As formas predominantes são topos aplainados, com vertentes convexas e vales em “V” aberto.

- Subunidade morfoescultural Planalto de Umuarama apresenta dissecação média, com cotas altimétricas que variam entre 380 e 620 metros. Há o predomínio de topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V” e de ocorrência muito restrita na área de estudo.

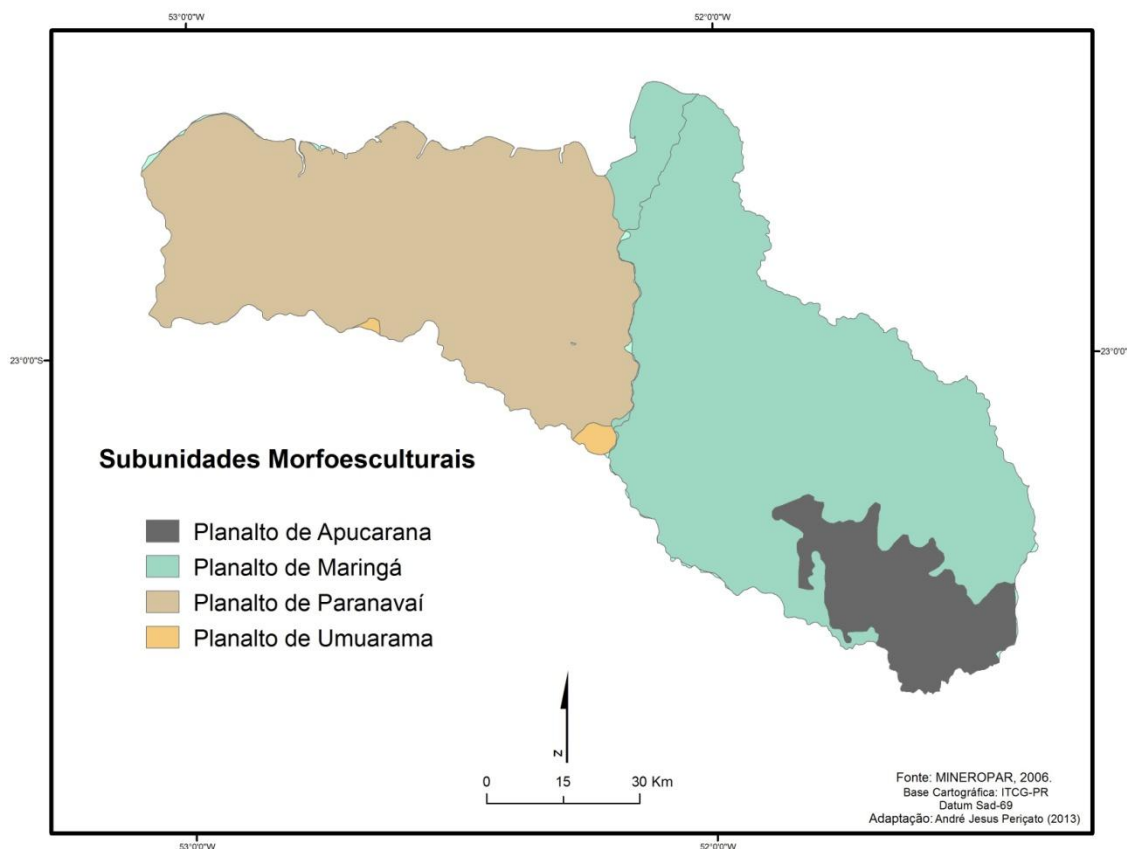


Figura 3- Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Paranapanema IV e Pirapó – PR.

As características geológicas condicionam a formação de diversos tipos de solos, com diferentes características físicas, químicas e mineralógicas. Na bacia do Paranapanema IV predominam os solos formados a partir da alteração de rochas da Formação Caiuá, de textura média a arenosa, com baixa fertilidade natural e alta suscetibilidade a erosão, em condições de manejo inadequado. Os solos com maior representatividade são: Latossolos Vermelhos textura média e Argissolos Vermelho-amarelo textura arenosa/média. Há ainda, em menor quantidade, Organossolos, Gleissolos, Neossolos Flúvicos e uma pequena mancha de Nitossolo Vermelho, próximo ao limite da bacia (EMBRAPA, 2008).

Na bacia hidrográfica do Pirapó, a presença de rochas basálticas e areníticas, condiciona a formação de uma maior variedade de solos. A jusante da bacia, os solos

possuem textura arenosa/média, por serem formados a partir da alteração de rochas areníticas das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, assim, são encontrados Latossolos Vermelhos textura média e Argissolos Vermelho-amarelos textura arenosa/média. Em direção a montante, os basaltos da Formação Serra Geral, dão origem a solos de textura argilosa, predominando os Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos. Em menor ocorrência, há ainda manchas de Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 2008).

Em relação às características climáticas, a bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV podem ser definidas, de acordo com a classificação de Köppen, em Cfa, Subtropical úmido mesotérmico, com temperatura dos meses mais quentes superior a 22°C e nos meses mais frios inferior a 18°C (IAPAR, 2000).

As formações fitogeográficas que predominam na bacia do Paranapanema IV e Pirapó são remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual, o qual, na estação seca os elementos arbóreos dominantes ganham uma fisionomia de semidecidualidade. Essas florestas naturais passaram por um longo processo de degradação e são poucos os remanescentes preservados em todo o Estado (RODERJAN et al., 2002). A Floresta Estacional Semidecidual divide-se em Submontana, com predomínio nas duas bacias; Montana, que ocupa a porção à montante da bacia hidrográfica do Pirapó; e Aluvial, ocupando os vales sujeitos a inundações periódicas ao longo dos cursos d'água e com menor ocorrência nas duas bacias (**Figura 4**). Há ainda, no município de Sabáudia, resquícios de um cerrado relictual que se encontra bem descaracterizado (RODERJAN et al., 2002; PAULA, 2008; PARANÁ, 2009).

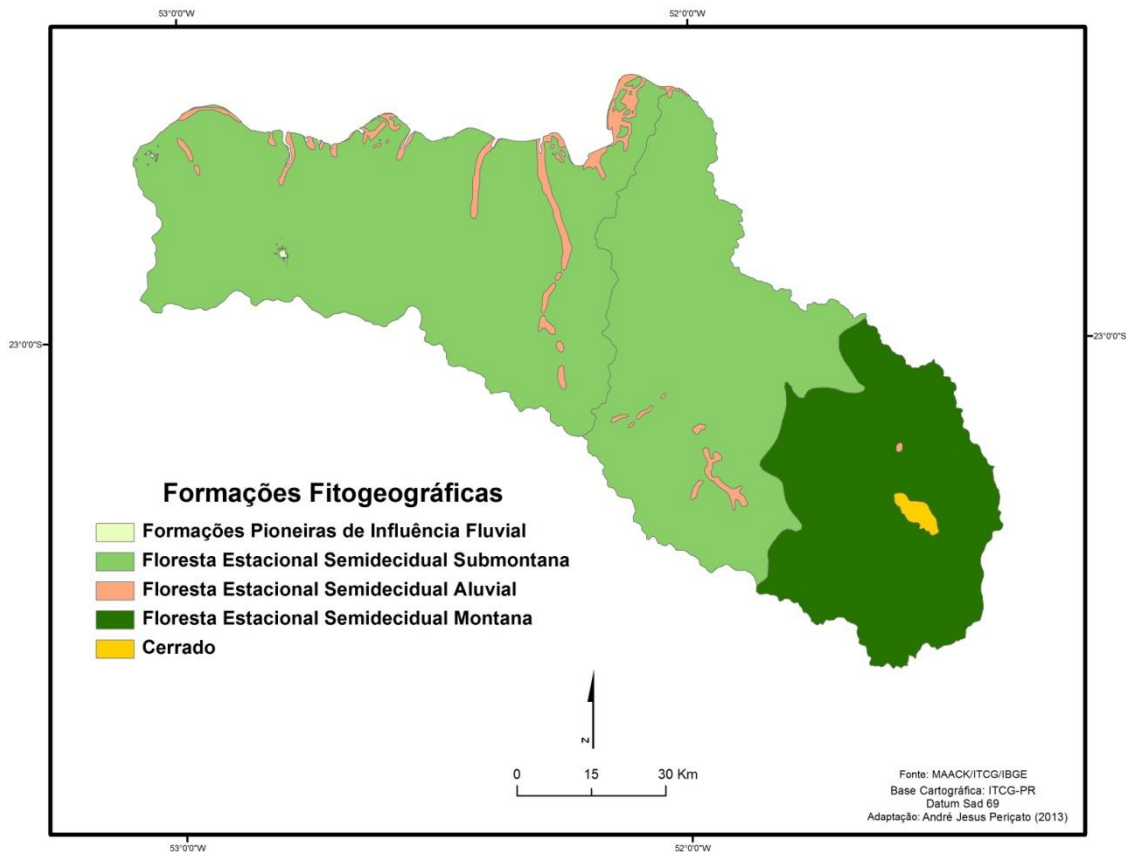


Figura 4- Distribuição das formações fitogeográficas na bacia hidrográfica do Paranapanema IV e Pirapó – PR.

3.1.3 Aspectos humanos e socioeconômicos

O processo de colonização dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Pirapó e Paranapanema IV está contido no histórico da região norte e noroeste paranaense, o qual os mesmos fazem parte.

No Norte paranaense a colonização ocorreu por meio de empresas privadas, apoiadas pelo Estado, estabelecendo uma relação de troca. Assim, o Estado cederia as terras devolutas à empresa mediante um baixo custo e em troca a empresa aplicaria seu capital financeiro na estruturação do espaço rural e urbano (SERRA, 1993).

A empresa privada principal, que agiu no parcelamento do solo na sub-região do norte paranaense, foi a Companhia de Terras Norte do Paraná, que em 1951 passaria a se chamar Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP). Essa empresa se tornou um modelo de colonização pelas estratégias adotadas, dividindo as terras em pequenas e médias propriedades, destinadas economicamente à produção de café, associando assim, a mercantilização da terra com o seu potencial econômico. O grande

êxito na venda dos lotes pela empresa ocorreu, principalmente, pelos preços baixos, as formas flexíveis de pagamento e pela boa qualidade do solo (SERRA, 1993; SERRA, 2001).

A rápida ocupação humana ocorrida no Norte e Noroeste paranaense se deve principalmente a expansão da lavoura cafeeira. Segundo Trintin (2005), o café representou para o Paraná, a partir de 1930, o início de uma nova fase no processo de desenvolvimento de sua economia, provocando um aumento significativo na produção agrícola do Estado.

No entanto, a crise do café, as sucessivas geadas e a mudança da fronteira agrícola em direção ao centro norte do país, deram margem ao aumento na produção de outras culturas, como a soja, o milho e o trigo, que exigiam uma grande mecanização e menor mão de obra, iniciando assim, uma nova fase de desenvolvimento da agricultura no norte e noroeste paranaense. Assim, tem início o processo de modernização agrícola no norte paranaense a partir da década de 70, dando início a um intenso êxodo rural, chegando a atingir taxas negativas de crescimento populacional, direcionando a mão de obra excedente para os centros urbanos maiores (MORO, 1991).

A partir da década de 1970, com o processo de substituição do café por culturas temporárias, não só os trabalhadores pagam pela modernização, com a perda de seus empregos, como os pequenos proprietários, por sua propriedade de pequeno porte por não se enquadrar nos novos modelos de produção. Dessa forma, tem início o processo de concentração fundiária no noroeste paranaense (MORO, 1991; SERRA, 2009).

Nóbrega e Serra (2009) afirmam que a modernização no campo trouxe ao Norte paranaense uma diferença quanto ao cultivo agrícola, predominando nas áreas com solos formados a partir do basalto as culturas temporárias de soja, milho e trigo e nas áreas com solos formados a partir do Arenito Caiuá o desenvolvimento de pastagens com a criação de gado de corte e lavouras de algodão.

As bacias hidrográficas do Pirapó e Paranapanema IV são compostas por 45 municípios (**Figura 5**), sendo a sua maioria de pequeno porte, o qual o setor primário possui ainda uma grande representatividade no PIB. Nos maiores municípios, o setor de comércio e prestação de serviços são os que mais contribuem na composição do PIB, como ocorre na cidade de Maringá, com 78,4% da economia formada pelo setor terciário (**Tabela 1**).

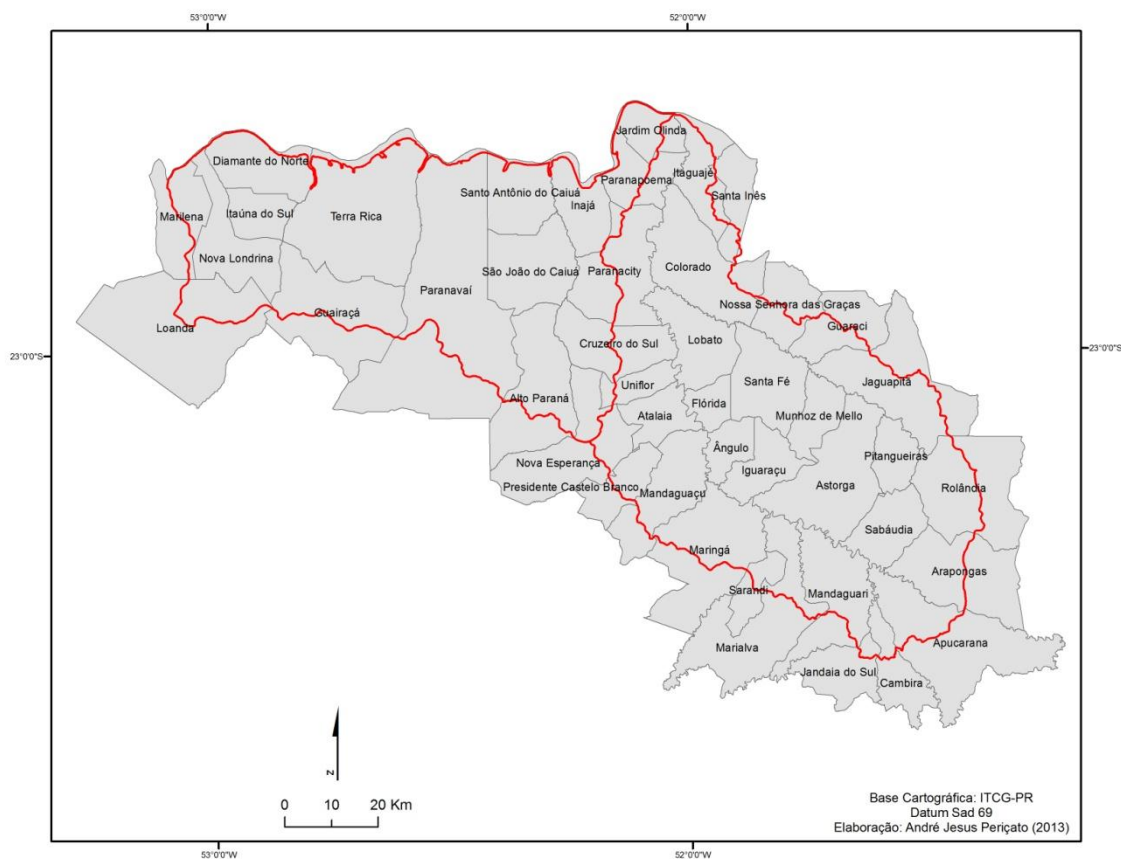


Figura 5 - Divisão administrativa dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV – PR.

Tabela 1- Composição do PIB dos municípios contidos na bacia hidrográfica do rio Pirapó e Paranapanema IV.

Municípios	Setor primário (%)	Setor secundário (%)	Setor terciário (%)	PIB (R\$1.000)
BACIA HIDROGRÁFICA DO PIRAPÓ				
Ângulo	41,7	5,7	52,8	37.455
Apucarana	3,5	27,4	69,1	1.496.507
Arapongas	2,7	41,2	56,2	1.905.911
Astorga	16,1	19,8	64,1	302.342
Atalaia	26	14,1	59,9	55.317
Cambira	17,9	26,6	55,6	96.186
Colorado	9,8	44,1	46,1	394.653
Cruzeiro do Sul*	44,7	6	49,3	75.048
Flórida	25,3	11,4	63,2	28.183
Guaraci	32,7	11,5	55,7	49.265
Iguaraçu	38,8	7,3	53,9	51.538
Itaguajé	34,9	7,8	57,3	42.065

Jaguapitã	13,2	51,1	35,7	317.060
Jandaia do Sul	7,5	24,4	68,1	256.011
Jardim Olinda*	49,3	4,6	46,2	21.553
Lobato	19,2	45,4	35,4	115.610
Mandaguaçu	17,3	14,6	68,1	215.402
Mandaguari	7,3	33,1	59,6	417.270
Marialva	17	23,8	59,2	447.845
Maringá	0,6	20,9	78,4	7.101.974
Munhoz de Melo	49,8	6,9	43,3	37.216
Nossa Senhora das Graças	44,5	6,4	49,1	35.666
Nova Esperança*	16,7	21,7	61,6	350.896
Paranacity*	18,8	37,2	44	162.502
Paranapoema*	40,7	7,9	51,4	30.195
Pitangueiras	46,7	6,6	46,8	37.494
Presidente Castelo Branco	36,9	7,4	55,7	52.165
Rolândia	4,5	42,6	52,9	1.156.621
Sabáudia	18,2	18,7	63,1	107.204
Santa Fé	22	13,5	64,5	109.951
Santa Inês	48,2	5,4	46,4	24.055
Sarandi	2	23,6	74,4	640.318
Uniflor*	34,9	8	57,1	25.011
BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANAPANEMA IV				
Alto Paraná	33,4	10,8	55,7	127.461
Diamante do Norte	29,6	8,7	61,6	43.789
Guairaça	48,5	9,4	42,1	78.411
Inajá	42,5	8,3	49,2	31.459
Itaúna do Sul	29,5	7,6	62,8	32.048
Loanda	13,8	22,4	63,7	232.495
Marilena	33,4	9,0	57,6	53.508
Nova Londrina	10,1	33,1	56,8	170.358
Paranavaí	9,9	21,9	68,2	970.639
Santo Antonio do Caiuá	44,7	6,3	49,0	30.379
São João do Caiuá	40,1	7,2	52,6	58.106
Terra Rica	24,9	27,7	47,4	185.543

TOTAL	8,5	27,5	64	16.196.489
--------------	------------	-------------	-----------	-------------------

* Municípios inseridos em área de transição entre as duas bacias hidrográficas.

Fonte: IPARDES, 2010.

Segundo o Censo do IBGE (2010) os 45 municípios que compõe a bacia hidrográfica do rio Pirapó e Paranapanema IV apresentam população total de 1.181.587 habitantes, os quais Maringá, Apucarana, Arapongas, Sarandi e Paranaíba são os mais populosos. Quanto ao restante dos municípios, mais de 50% possui população inferior a 10.000 habitantes, conforme se observa na Tabela 2.

Tabela 2- População residente na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO	MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO
BACIA HIDROGRÁFICA DO PIRAPÓ		BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANAPANEMA IV	
Ângulo	2.859	Alto Paraná	13.663
Apucarana	120.919	Cruzeiro do Sul*	4.563
Arapongas	104.150	Paranacity*	10.250
Astorga	24.698	Paranapoema*	2.791
Atalaia	3.913	Diamante do Norte	5.516
Cambira	7.236	Guairaça	6.197
Colorado	22.345	Inajá	2.988
Flórida	2.543	Itaúna do Sul	3.583
Guaraci	5.227	Jardim Olinda*	1.409
Iguaraçu	3.982	Loanda	21.201
Itaguajé	4.568	Marilena	6.858
Jaguapitã	12.225	Nova Londrina	13.067
Jandaia do Sul	20.269	Paranaíba	81.590
Lobato	4.401	Santo Antonio do Caiuá	2.727
Mandaguaçu	19.781	São João do Caiuá	5.911
Mandaguari	32.658	Terra Rica	15.221
Marialva	31.959	Uniflor*	2.466
Maringá	357.077		
Munhoz de Melo	3.672		
Nossa Senhora das Graças	3.836		
Pitangueiras	2.814		

Presidente Castelo Branco	4.784
Rolândia	57.862
Sabáudia	6.096
Santa Fé	10.432
Santa Inês	1.818
Sarandi	82.847

Fonte: IBGE, 2010.

3.2 Métodos

A escolha das bacias hidrográficas do Pirapó e Paranapanema IV para essa pesquisa se deu em virtude da grande importância que possuem no contexto da agropecuária do norte e noroeste paranaense, apresentando setor primário com grande representatividade na economia da maioria dos municípios que compõe as bacias. Além disso, são fontes de abastecimento de água de aproximadamente 1.180.000 habitantes, abastecendo ainda o setor industrial e agrícola.

As duas bacias também são objeto de estudo do projeto intitulado “Rede de monitoramento da bacia dos rios Pirapó, Paranapanema III e IV – Piraponema”, que tem por finalidade intervir nas bacias de modo a garantir o uso e manejo racional dos recursos hídricos. Assim, a avaliação da qualidade física do solo das bacias trata-se de um importante instrumento para a garantia de sustentabilidade das mesmas e desenvolvimento socioeconômico dos municípios que as compõem.

Os procedimentos metodológicos foram representados em forma de fluxograma (**Figura 6**), seguidos de uma descrição de cada passo adotado para a elaboração da pesquisa.

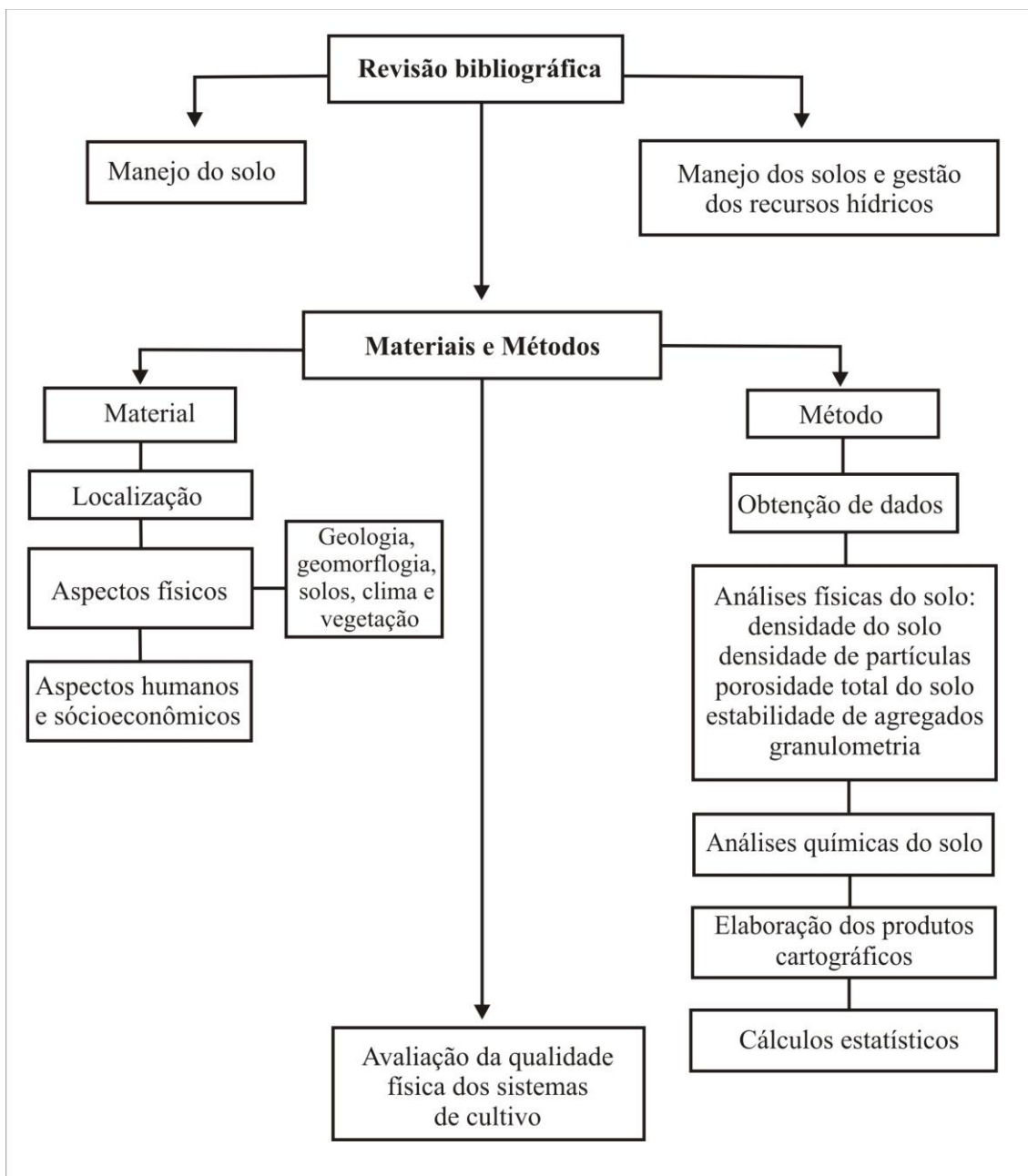


Figura 6 – Fluxograma metodológico da pesquisa.

3.2.1 Obtenção de dados

Inicialmente foi realizado um levantamento exploratório a fim de selecionar os usos e solos que apresentavam maior extensão espacial e, portanto, maior representatividade na bacia do Pirapó e Paranapanema IV. A partir daí, foram feitas coletas dos horizontes superficiais (Ap) de cada solo, conforme ilustra o **Quadro 1**.

Quadro 1 – Informações sobre as classes de solo e uso por bacia hidrográfica.

Classe de solo	Textura	Uso	Geologia	Bacia
Latossolo Vermelho	Argilosa	Culturas de grãos	Basalto	Pirapó
Latossolo Vermelho	Muito argilosa	Pastagem	Basalto	Pirapó
Latossolo Vermelho	Média	Cana-de-açúcar	Arenito	Paranapanema IV
Latossolo Vermelho	Média	Pastagem	Arenito	Paranapanema IV
Nitossolo Vermelho	Argilosa	Cultura de grãos	Basalto	Pirapó
Nitossolo Vermelho	Muito argilosa	Pastagem	Basalto	Pirapó
Argissolo Vermelho-amarelo	Arenosa	Cana-de-açúcar	Arenito	Paranapanema IV
Argissolo Vermelho-amarelo	Arenosa	Pastagem	Arenito	Paranapanema IV

Foram procedidas as caracterizações morfológicas dos horizontes superficiais, de acordo com os critérios do manual de método de trabalho de campo, conforme descrito em Lemos e Santos (1996). Foram coletadas amostras para análise da densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, estabilidade de agregados, granulometria e matéria orgânica.

3.2.2 Análises físicas do solo

Para a realização das análises físicas dos solos foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em diferentes solos e usos, conforme mostra o Quadro 1. A análise de densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, estabilidade de agregados e granulometria foram determinadas a partir do manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 1997).

3.2.2.1 Densidade do solo

A coleta do solo para o cálculo de sua densidade foi feita pelo método do anel volumétrico com três repetições para cada ponto. Após a coleta, as amostras foram levadas a estufa com temperatura de 105°C permanecendo por 24 horas. Em seguida, as amostras foram levadas ao dessecador para esfriarem e por último, foram pesadas. O cálculo da densidade do solo foi obtido pela divisão da massa seca pelo volume.

$$D_s = p/v$$

Onde p = peso da amostra seca e v = volume do cilindro (cm^3).

3.2.2.2 Densidade de partículas

Foram pesados 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA), transferindo-as para um balão volumétrico aferido de 50 ml, completando com álcool etílico até atingir o volume do balão. O ensaio foi repetido por três vezes para cada volume de solo coletado.

O cálculo da densidade de partículas foi feito a partir da seguinte equação:

$$D_p = a / 50 - b$$

Onde a = peso da amostra seca, b = volume de álcool gasto.

3.2.2.3 Porosidade total do solo

Para a determinação da porosidade total, foi feito um cálculo estimado entre a densidade do solo e a densidade das partículas através da fórmula:

$$P_t = 100 (D_p - D_s) / D_p$$

Onde, P_t corresponde a porosidade total do volume do solo; D_s trata-se da densidade do solo e D_p da densidade de partículas.

3.2.2.4 Estabilidade de agregados

A determinação da estabilidade de agregados foi realizada pelo método via seca. Para a realização do ensaio, foram coletadas amostras indeformadas nos horizontes superficiais (A_p) de cada sistema de cultivo.

No laboratório, foram usados 100g de amostra de solo seco ao ar (TFSA), passadas em peneira de 8 mm de malha. As amostras foram colocadas em um agitador mecânico por 10 minutos, com peneiras de 4 – 2 – 1 – 0,5 – 0,25 mm de malha e 20 cm de diâmetro. Em seguida, os agregados retidos em cada peneira foram transferidos para vasilhas numeradas e de peso conhecido e levados à estufa com temperatura de 105°C durante 12 horas. Após esse procedimento, as vasilhas foram levadas ao dessecador para esfriarem e por último, foram pesadas. O ensaio foi repetido por cinco vezes para cada volume de solo coletado.

O cálculo do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) foi feito a partir da seguinte equação:

$$DMP = \sum (C_{mm} \times P)$$

O qual, C_{mm} = centro das classes de tamanho dos agregados e P = proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso da amostra.

3.2.2.5 Granulometria

Para a determinação da granulometria foram tomados 20 g de solo em um becker, adicionando água e 50 ml de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. A amostra foi agitada com um bastão de vidro e posta repouso por uma noite. Em seguida, o material foi transferido para um agitador elétrico, com agitação de 15 minutos para os solos argilosos e 10 minutos para os solos arenosos. Após a agitação, o material foi passado por uma peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 mm, tendo logo abaixo uma proveta de 1.000 ml, sendo procedida a lavagem das areias retidas na peneira, com água.

Em continuação, foi preparada uma prova em branco, colocando o dispersante em uma proveta de 1.000 ml e completando com água. As amostras foram agitadas, marcando o tempo ao término da agitação e verificando na Tabela 2, disponível no manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 1997), o tempo de sedimentação da argila conforme a temperatura da amostra. Foi procedida a coleta do material em suspensão com auxílio de uma pipeta de 10 ml, a 5 cm de profundidade, colocando a amostra em um becker de peso conhecido e levando-o a estufa. No dia seguinte, foram pesadas a argila e o resíduo da prova em branco.

Foi feita ainda a lavagem da areia retida na peneira de 0,053 mm, transferindo o material para uma vasilha de peso conhecido e levando-a a estufa. Após a secagem, as amostras foram pesadas, obtendo assim a areia total.

Para o cálculo das frações de areia, silte e argila, foram seguidas as seguintes equações:

$$\text{Argila} = [\text{Argila (g)} - \text{dispersante (g)}] \times 500$$

$$\text{Silte} = 500 - [\text{Argila (g)} + \text{Areia}]$$

$$\text{Areia} = \text{Areia(g)} \times 5$$

3.2.3 Análises químicas do solo

A análise química para determinação do carbono orgânico seguiu a metodologia de Walkley – Black, o qual a matéria orgânica é oxidada em meio ácido e a dosagem é

feita por titulação do dicromato de potássio com sulfato ferroso e o teor de matéria orgânica calculado pela quantidade de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ reduzido.

Assim, foram transferidos 1g de terra fina seca ao ar para um erlenmeyer de 250 ml, acrescentando 10 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N e 10 ml de H_2SO_4 concentrado. Após 30 minutos foram adicionadas 50 ml de água destilada, 3 ml de H_3PO_4 concentrado e 0,5 ml de difinilamina 1%. Posteriormente foi feita a titulação com a solução de FeSO_4 1N até a obtenção da coloração verde.

$$C = \frac{(V_{\text{PB}} - V_{\text{A}}) \times \text{Fator } \text{FeSO}_4 \times 3,896}{\text{ml de solo}}$$

Onde, V_{PB} é o volume de sulfato ferroso gasto na prova em branco; V_{A} é o volume de sulfato ferroso gasto na amostra e ml de solo é o volume de TFSA utilizada. Para transformar o valor do carbono orgânico em porcentagem de matéria orgânica, multiplicou-se C por 1,72.

3.2.4 Elaboração dos produtos cartográficos.

Os mapas pedológicos, geológicos, geomorfológicos, fitogeográficos e de localização foram obtidos utilizando como base mapas e levantamentos já existentes, encontrados em formato digital (*.shp), no sítio eletrônico do ITCG, com adaptações usando o software Arc GIS.

As informações necessárias à elaboração do mapa geológico foram obtidas no Atlas Geológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2001), bem como a base digital, retirada do sítio eletrônico do ITCG em escala 1:250.000. O mapa de unidades geomorfológicas foi elaborado a partir de informações do Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2006) e a base digital obtida no sítio eletrônico do ITCG em escala de 1:250.000.

O mapa de solos foi elaborado partindo de informações da EMBRAPA (2008) disponível em arquivo digital no sítio eletrônico do ITCG em escala de 1:250.000. Quanto ao mapa de formações fitogeográficas, o mesmo foi elaborado a partir da base digital disponível no sítio eletrônico do ITCG.

Para a elaboração do mapa de uso do solo foram utilizadas duas imagens do satélite LandSat 8, tomada em 8 e 9 de agosto de 2013 com resolução espacial de 30

metros, obtidas no sítio eletrônico do U.S. Geological Survey. As imagens foram processadas no software Arc GIS em composição colorida falsa cor 6R 5G 4B, com o recorte da cena desejada e conversão do formato TIFF para IMG. Posteriormente foi feita a fusão das imagens e o recorte da área de estudo, sendo em seguida procedida a classificação supervisionada no software Arc GIS, com auxílio do software Google Earth. Foram identificadas 6 classes de uso do solo:

1. Cobertura Florestal;
2. Lavouras temporárias;
3. Lavouras permanentes (cultivo de laranja, café, eucalipto e pinos);
4. Pastagem;
5. Cultivo de cana-de-açúcar;
6. Solo exposto.

3.2.5 Cálculos estatísticos

Todos os cálculos estatísticos para análise pedológica, como o diâmetro médio ponderado dos agregados, densidade, granulometria, porosidade total e matéria orgânica, bem como os gráficos, tabelas e quadros, foram elaborados com o uso do software Excel 2007.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas bacias analisadas os solos de maior representatividade são os Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos de textura argilosa, formados a partir da alteração de basaltos da Formação Serra Geral, bem como Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-amarelos de textura média e arenosa das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, respectivamente (**Figura 7**).

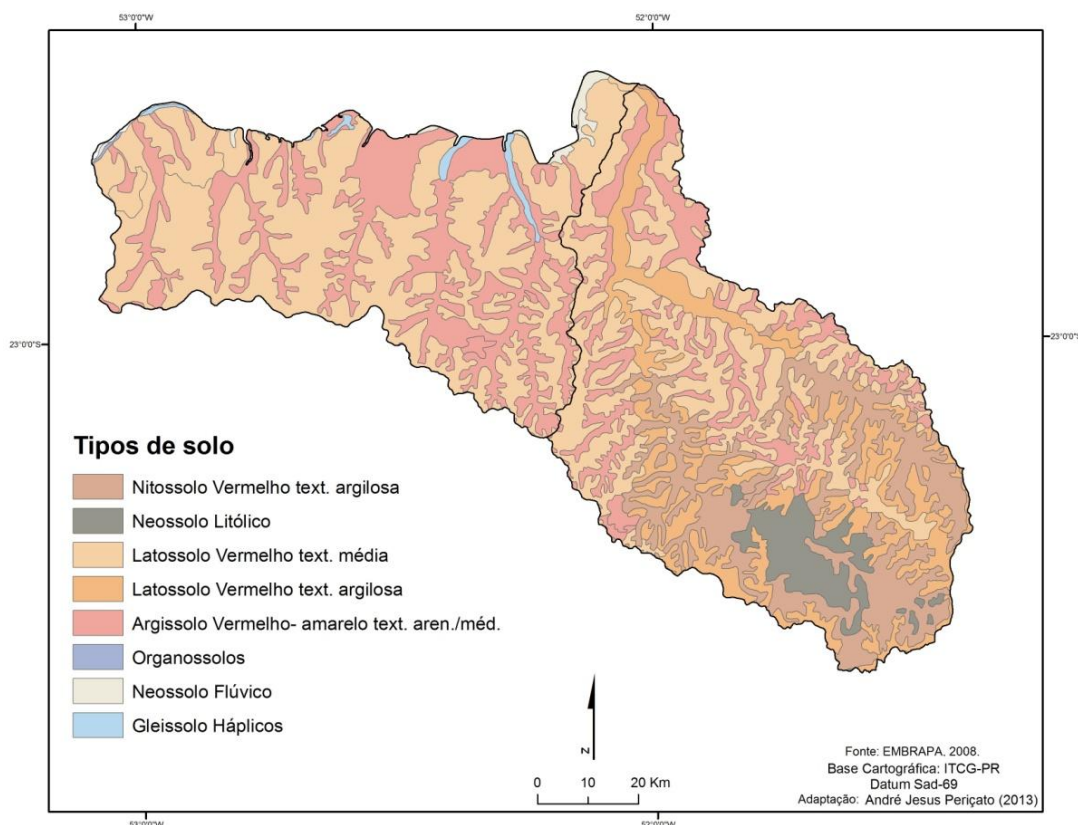


Figura 7- Mapa de solos da bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV.

As diferenças dos solos quanto às suas características físicas, decorrentes principalmente do material de origem, necessitam de cuidados distintos quanto ao uso que será empregado. Assim, foram analisados os solos em culturas temporárias (cana-de-açúcar e culturas de grãos) e pastagens, que representam a maior extensão espacial na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV (**Figura 8**).

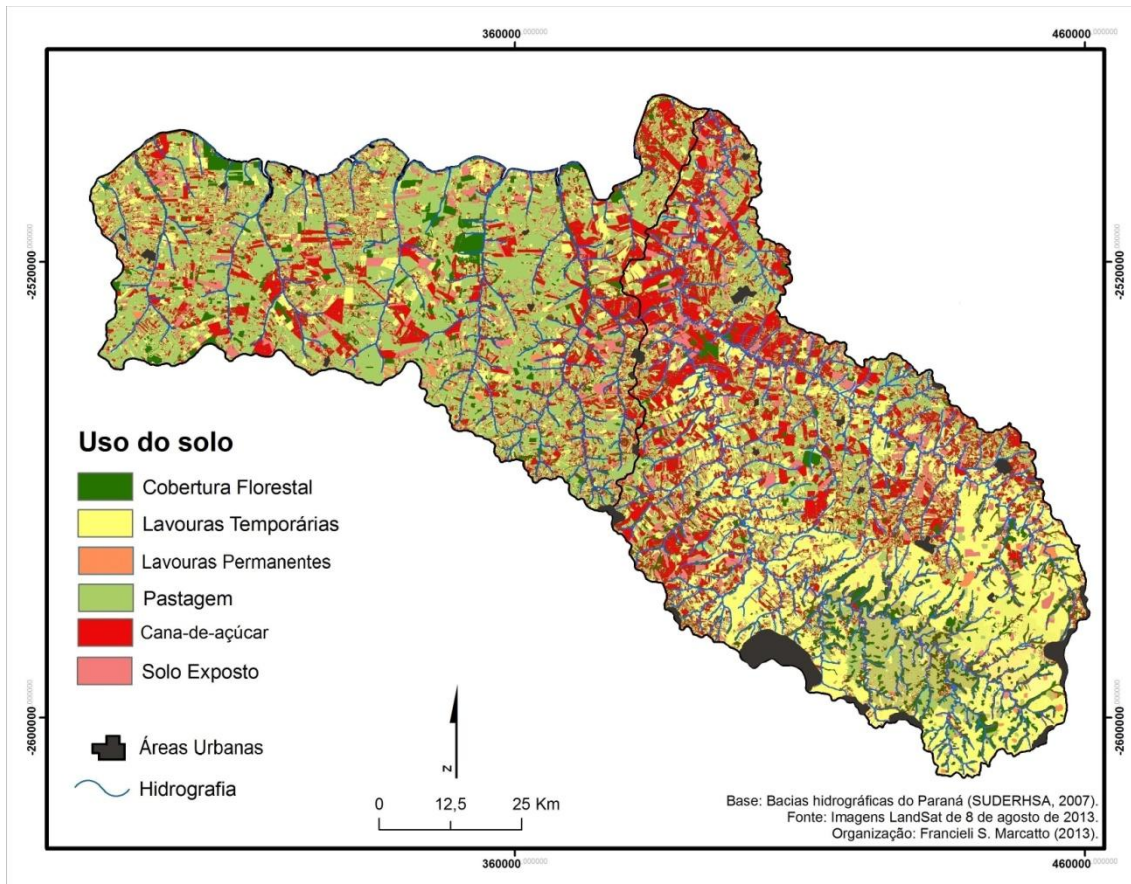


Figura 8 – Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica Pirapó e Paranapanema IV.

Nas áreas de solos de textura média a arenosa, predominam culturas como cana-de-açúcar, laranja e pastagens, pela baixa fertilidade natural desses solos e alta suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos. Em áreas de solos argilosos, predominam as culturas de grãos, como a soja, o milho e o trigo, por apresentar condições físicas favoráveis ao desenvolvimento dessas culturas, com menor suscetibilidade a processos erosivos e maior fertilidade natural. A pastagem, de acordo com Paiva e Nóbrega (2010) também possuem significativa participação na composição do uso do solo na região norte e noroeste do Estado, principalmente em solos formados a partir da alteração de arenito e em áreas de declividades acentuadas, onde apresentam limites a mecanização (**Figura 8**).

Nas análises realizadas em laboratório, pode-se verificar que os valores médios de densidade do solo para o Latossolo Vermelho textura muito argilosa sob pastagem foi de $1,11 \text{ g.cm}^3$, valor muito próximo comparado ao Nitossolo Vermelho sob mesmo uso, que apresentou densidade de $1,09 \text{ g.cm}^3$. Em relação aos solos de textura arenosa/média sob pastagem, o Latossolo Vermelho obteve densidade média de $1,32 \text{ g.cm}^3$, enquanto o Argissolo Vermelho-amarelo de mesmo uso apresentou densidade de

1,79 g.cm³ (**Figura 11**). O elevado valor de densidade do Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem é atribuído ao manejo inadequado, onde o número elevado de animais por hectare provoca a compactação excessiva dos horizontes superficiais do solo, aliado a falta de controle dos processos erosivos, tornando ainda mais grave a ação dos processos erosivos, como foi observado em campo (**Figuras 9 e 10**). Diversos estudos abordam a problemática de pastagens degradadas, visando analisar a fragilidade do meio físico diante do manejo inadequado (MULLER et al., 2001; PORTES et al., 2000; FILHO et al., 2010).



Figura 9 – Área de pastagem em Argissolo Vermelho-amarelo: presença de processos erosivos.



Figura 10 – Área de pastagem em Argissolo Vermelho-amarelo: presença de processos erosivos.

Em relação aos solos sob culturas de grãos, os valores de densidade do solo para o Nitossolo e Latossolo Vermelho textura argilosa foram muito semelhantes, com 1,22 e 1,24 g.cm³, respectivamente. Quanto aos solos de textura arenosa/média, o Latossolo Vermelho sob cana-de-açúcar apresentou densidade do solo de 1,78 g.cm³ e o Argissolo Vermelho-amarelo sob mesmo uso de 1,71 g.cm³ (**Figura 11**). Os elevados valores de densidade para os solos de textura arenosa/média é atribuído principalmente ao tipo de cultura (cana-de-açúcar), que emprega em seu manejo uma grande quantidade de maquinários pesados que compactam o solo, além disso, usam a queima da cana para o corte, reduzindo a quantidade de matéria orgânica e contribuindo para o aumento da densidade do solo (SOUZA, et al., 2004; CEDDIA, et al., 1999).

De acordo com Bowen (1981 apud CAMARGO E ALLEONI, 1997) valores de densidade do solo superiores a 1,85 g. cm³ em solos de textura arenosa e superiores a 1,55 Kg. dm³ em solos de textura franco argilosos a argilosos, são considerados críticos,

podendo haver uma restrição ao desenvolvimento de raízes. Dessa forma, os valores de densidade do Latossolo Vermelho textura média em cana-de-açúcar e Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem foram muito próximos aos valores considerados críticos, com 1,78 e 1,79 g.cm³ respectivamente (**Figura 11**).

A densidade do solo trata-se de uma importante variável a conservação dos recursos hídricos. Um solo com elevados valores de densidade encontra-se compactado, ocasionando a redução da capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo e possibilitando o aumento do escoamento superficial, elevando a quantidade de sedimentos depositados nos corpos d'água, e reduzindo ainda, a disponibilidade hídrica nos períodos secos. Assim, a densidade do solo herda a influência do manejo empregado no uso e ocupação do solo e trata-se de um bom indicador do equilíbrio dos recursos naturais presentes em uma bacia hidrográfica (GOMES et al., 2007; VANZELA et al., 2010).

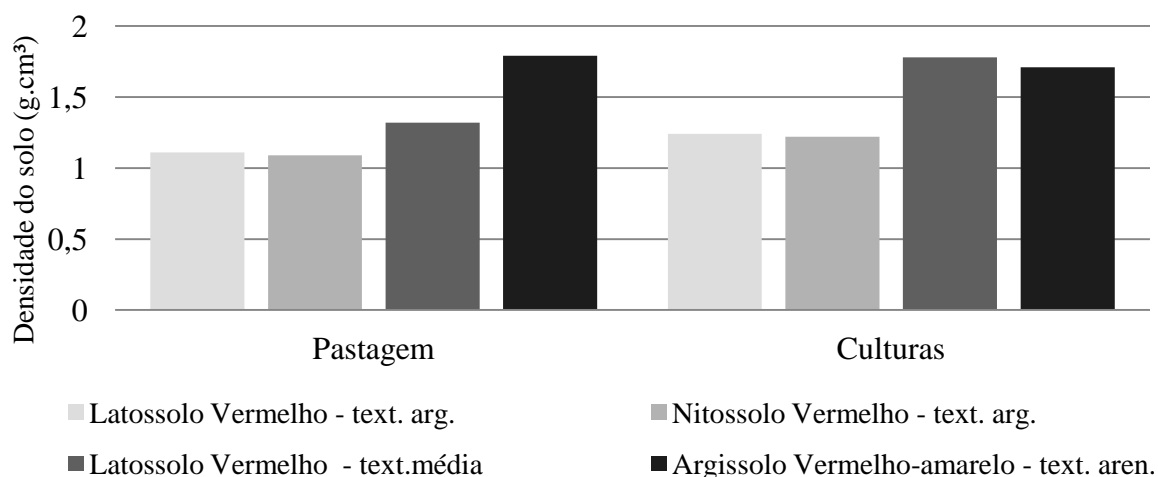


Figura 11 – Densidade do solo dos horizontes superficiais (Ap) do Latossolo e Nitossolo Vermelho textura argilosa e Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa/média sob pastagem e culturas na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV.

Em relação a porosidade total, de acordo com Leonardo (2003) as práticas de cultivo do solo que favorecem a aproximação entre as partículas minerais provocam um aumento da densidade do solo e diminuição do espaço poroso. Assim, os solos com maior densidade do solo foram consequentemente os que obtiveram a menor porosidade (**Figura 12**). Para Brady (1989) solos arenosos na superfície possuem porosidade na faixa de 35 a 50%, enquanto os solos de textura argilosa entre 40 a 60%, podendo aumentar se houver elevados montantes de matéria orgânica.

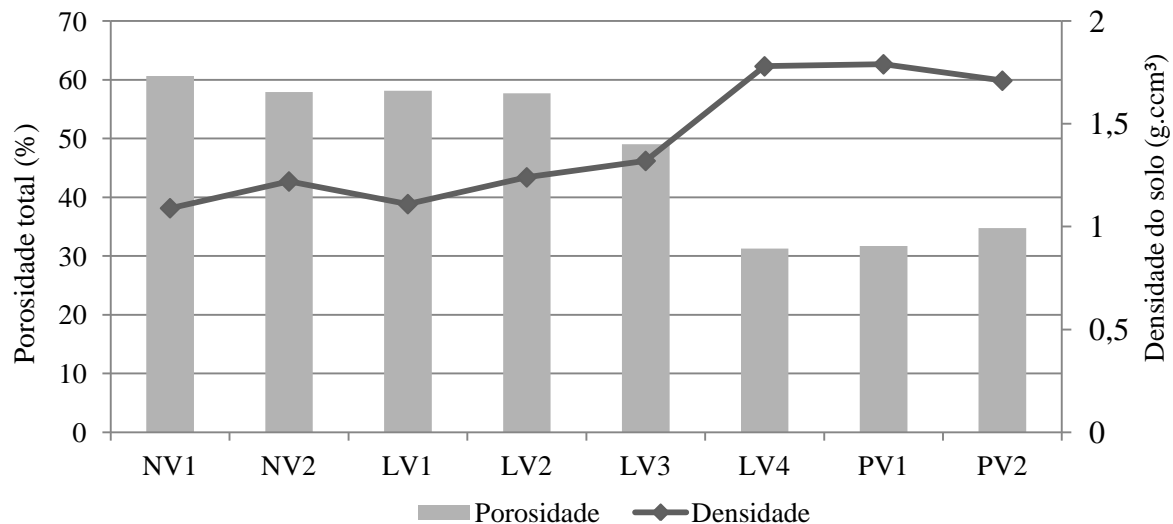


Figura 12 – Relação entre a porosidade total e densidade do solo dos Nitossolo Vermelho sob pastagem (NV1) e sob culturas de grãos (NV2); Latossolo Vermelho text. Argilosa sob pastagem (LV1) e sob culturas de grãos (LV2); Latossolo Vermelho text. Média sob pastagem (LV3) e sob cana-de-açúcar (LV4); Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem (PV1) e sob cana-de-açúcar (PV2).

O Nitossolo e Latossolo Vermelho, ambos de textura argilosa sob pastagem obtiveram valores de porosidade total muito semelhantes, com 60,65% para o Nitossolo e 58,11% para o Latossolo. Em relação ao Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo de textura arenosa/média sob pastagem, houve uma diferença significativa quanto a porosidade total, com 49,03% e 31,68% respectivamente (**Figura 13**). Isso se deve ao evidente processo de degradação presente no Argissolo, que favoreceu a compactação dos horizontes superficiais e a ausência de práticas de controle dos processos erosivos. O mesmo foi observado no estudo realizado por Araujo et. al (2007), quando avaliou a qualidade de um Latossolo Vermelho-amarelo sob pastagem natural, pastagem plantada, cerrado nativo e cultivo convencional, observando valores de porosidade total menores na pastagem plantada, devido ao pisoteio do gado.

Os valores de porosidade total para os solos sob culturas de grãos e cana-de-açúcar, foram inferiores quando comparados aos solos sob pastagem, exceto para o Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem que se encontra em intenso processo de degradação. O Nitossolo e Latossolo Vermelho de textura argilosa sob culturas de grãos possuem porosidade total semelhantes, com 57,93% para o Nitossolo e 57,68% para o Latossolo. Quanto ao Latossolo Vermelho textura média sob cana-de-açúcar, a porosidade total foi de 31,27% e para o Argissolo Vermelho-amarelo de 34,73% (**Figura 13**).

Os valores de porosidade total do Latossolo Vermelho textura argilosa e Nitossolo Vermelho sob culturas de grãos foram muito próximos aos obtidos por esses mesmos solos sob pastagem (58,11% e 60,65%, respectivamente), isso se deve ao tipo de manejo empregado (plantio direto) nas áreas com culturas de grãos, nos quais há menor revolvimento do solo e um maior aporte de matéria orgânica, advindos dos restos das culturas de anos anteriores. Em relação ao Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa/média em cana-de-açúcar os baixos valores de porosidade são também atribuídos ao manejo utilizado, o qual, a cultura de cana-de-açúcar emprega elevado número de maquinários pesados que intensificam a compactação do solo, reduzindo a porosidade total (**Figura 13**).

A porosidade total tem uma importante relação com a conservação dos recursos hídricos, considerando que a diminuição do espaço poroso dos solos tem consequência direta para os corpos d'água, haja vista que a água que infiltra no solo abastece o lençol freático, mantendo a vazão dos córregos. Além disso, um solo com baixa porosidade dificulta a infiltração das águas acarretando o escoamento superficial, que causa a deposição de sedimentos nos corpos d'água, podendo ocasionar assoreamentos. Os poros presentes no solo possuem ainda, relação direta com o crescimento de raízes, movimento do ar, água e nutrientes no solo (BERTOL et al. 2004; RODRIGUES, 2009).

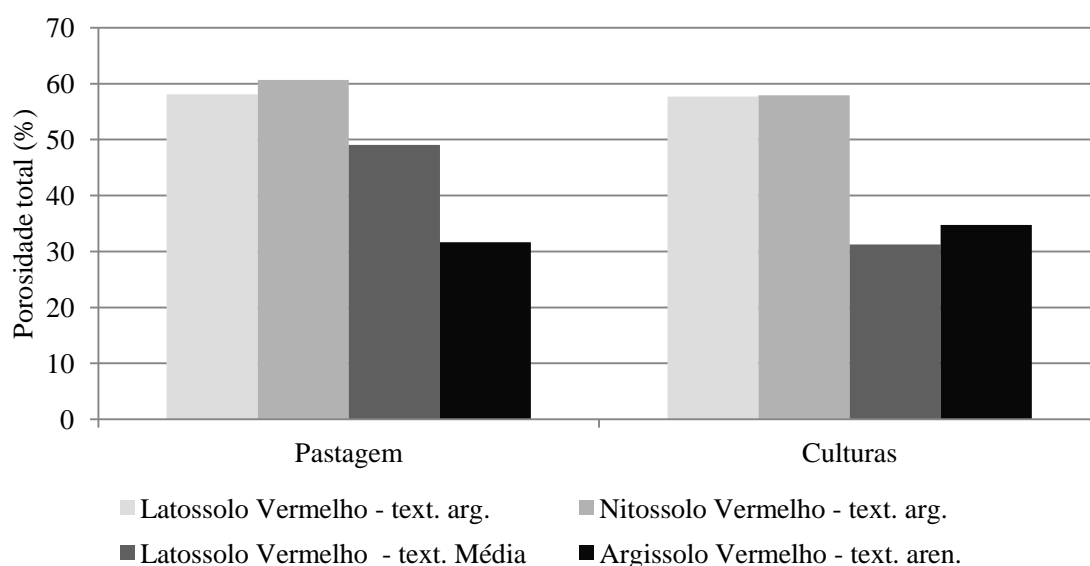


Figura 13 – Porosidade total dos horizontes superficiais (Ap) do Latossolo e Nitossolo Vermelho textura argilosa e Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa/média sob pastagem e culturas na bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV.

Na análise da estabilidade estrutural do Latossolo Vermelho sob pastagem, caracterizado como muito argiloso de estrutura granular e grau moderado (**Tabela 3**), a maioria dos agregados foram superiores a 4 mm, com 80,6%, seguido de 15,2 % dos agregados com diâmetro entre 2 e 4 mm e 4,2% com diâmetro inferior a 1mm, obtendo como diâmetro médio ponderado dos agregados 4,49 mm (**Figura 14**).

O ensaio granulométrico indicou um elevado percentual de argila, totalizando 62,3%, seguido de 30,9% de silte e 6,8% de areia, que combinados com o teor de matéria orgânica (5,50%) explicam a boa qualidade estrutural desse solo (**Tabela 4**).

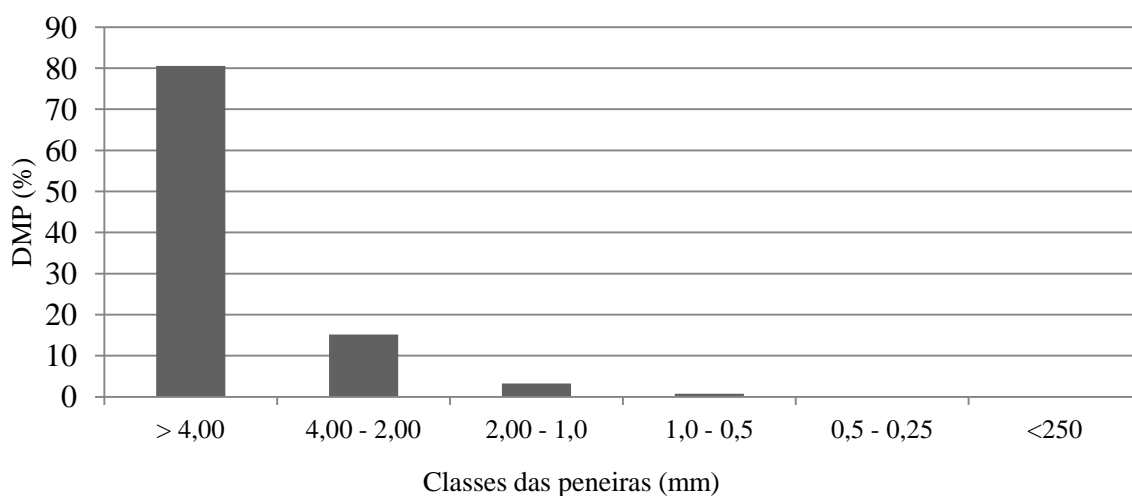


Figura 14 - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho textura muito argilosa sob pastagem.

No Nitossolo Vermelho de textura muito argilosa utilizado com pastagem, a estrutura identificada em campo foi do tipo granular, passando a blocos subangulares. Nos ensaios de estabilidade de agregados, obteve 82,6% dos agregados com diâmetro superior a 4 mm, seguido de 13,8% dos agregados com diâmetro entre 2 e 4 mm e 3,6% dos agregados com diâmetro inferior a 2 mm (**Figura 15**).

Os resultados granulométricos indicaram 65% de argila, seguido de 22,5% de silte e 12,5% de areia, e percentual de 4,93% de C orgânico, conforme mostra a **Tabela 4**. A descrição morfológica realizada em campo e a análise granulométrica e de C orgânico realizada em laboratório, justificam o diâmetro médio ponderado dos agregados de 4,62 mm, indicando a não degradação e boa qualidade física do horizonte superficial desse solo (**Tabela 4**).

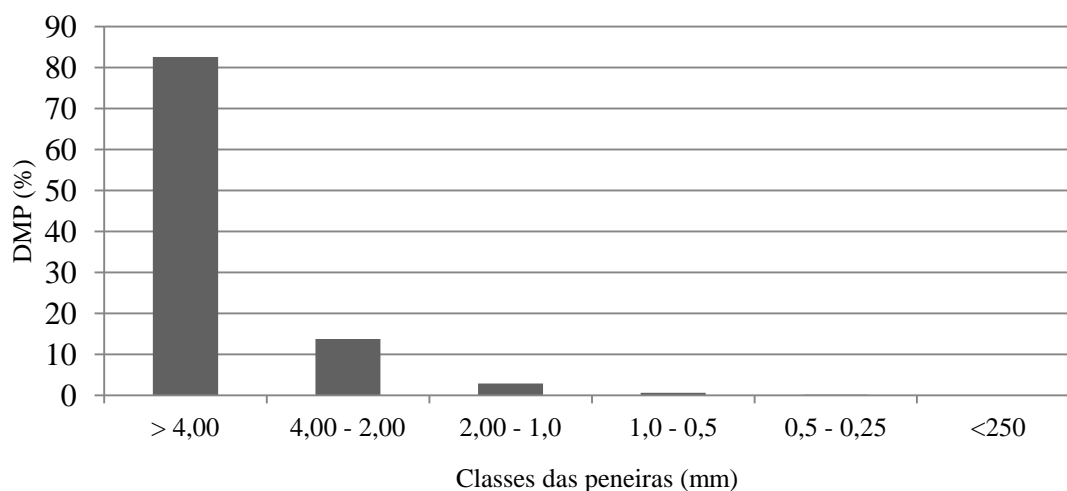


Figura 15 - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Nitossolo Vermelho de textura muito argilosa sob pastagem.

A descrição morfológica do Latossolo Vermelho textura média sob pastagem, indicou horizonte superficial de textura arenosa e estrutura granular passando a blocos subangulares de grau moderado e tamanho médio (**Tabela 3**). Para a estabilidade de agregados, 69,2% dos agregados ficaram retidos na peneira de 4 mm; 14,3% na peneira de 2 mm e 16,5% nas peneiras de 2 à <250 mm (**Figura 16**), obtendo como diâmetro médio ponderado dos agregados 1,99 mm.

No ensaio granulométrico obteve-se 8,7% de argila, 4,8% de silte e 86,5% de areia (**Tabela 4**); e para o ensaio de C orgânico, o percentual de matéria orgânica foi de 3,51%. O maior percentual de agregados retidos na peneira de 4 mm nesse sistema de cultivo pode ser explicado pelo teor de matéria orgânica, que possui um papel preponderante na agregação das partículas de solos arenosos. Resultados semelhantes foram obtidos por Salton et al. (2008) em estudo da estabilidade de agregados em Latossolos Vermelhos no Mato Grosso do Sul, onde o maior DMP de agregados foram observados em solos com pastagens, atribuindo esses valores ao sistema radicular das gramíneas.

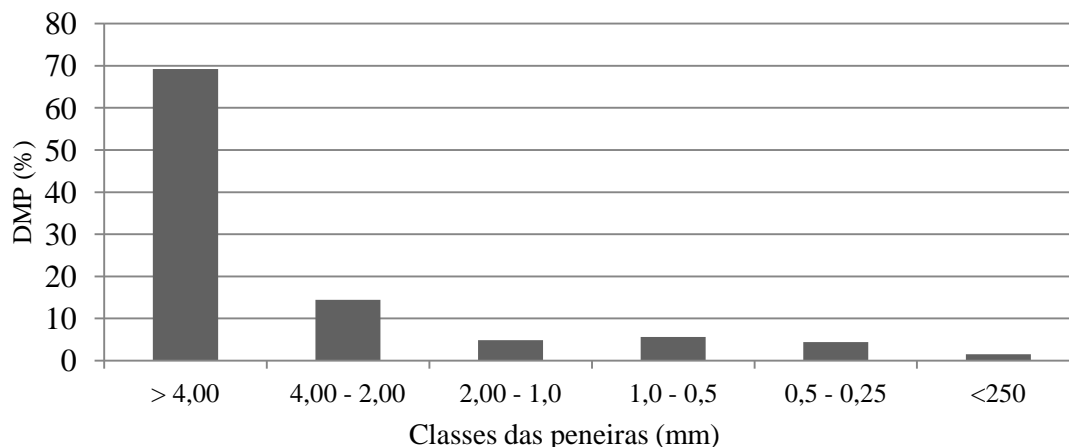


Figura 16 - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho textura média sob pastagem.

O Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem possui textura arenosa e estrutura maciça que se desfaz em grãos simples (**Tabela 3**). Nesse solo foram observados os piores resultados de agregação (1,71 mm de DMPA) comparados aos solos de mesmo uso. No entanto, a maior parte dos agregados ainda se mantiveram na peneira de 4 mm, com 46,2% dos agregados. Nas peneiras de 2 mm e 0,5 mm ficaram retidos 18,1% e 16,1% dos agregados, respectivamente e nas peneiras restantes (1mm, 250mm e <250mm) ficaram retidos 19,6% dos agregados (**Figura 17**). Quanto à granulometria, apresentou 89,5% de areia, 4,1% de silte e 6,5% de argila (**Tabela 4**). O teor de matéria orgânica foi de 1,80%, o menor valor comparado aos solos sob pastagem em estudo, evidenciando novamente processos de degradação atuando sobre a estrutura do solo.

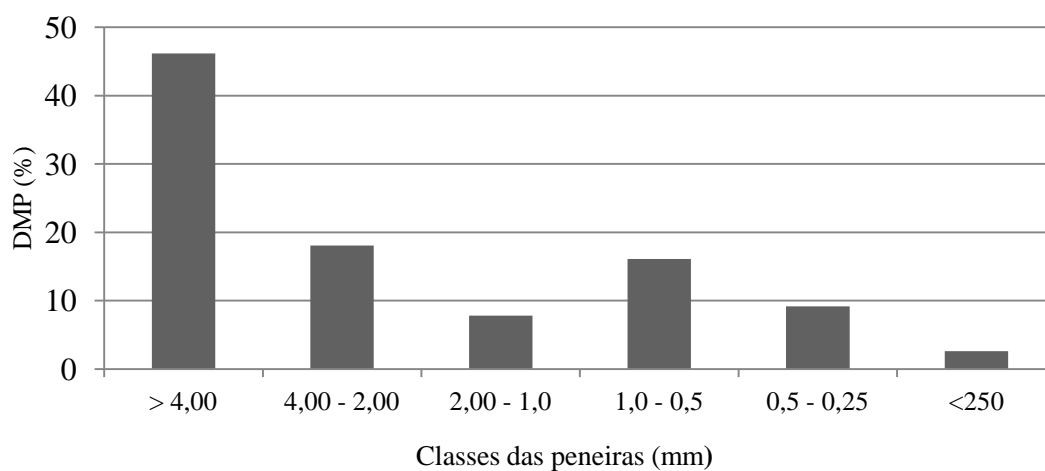


Figura 17 - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa sob pastagem.

Os resultados de estabilidade de agregados para os solos com culturas de grãos e cana-de-açúcar apresentaram menor estabilidade estrutural, comparado aos solos sob pastagem. O Nitossolo Vermelho sob culturas de grãos possui textura argilosa e estrutura formada por blocos angulares à subangulares de grau moderado e tamanho médio (**Tabela 3**), com DMPA de 2,52 mm. A maioria dos seus agregados ficaram retidos na peneira de 4 mm com 57%, seguidos da peneira de 2 mm com 24,7% (**Figura 18**).

Os valores granulométricos encontrados em laboratório foram de 26,3% para a areia, 23,2% para o silte e 50,5% para a argila. Quanto a matéria orgânica, o ensaio de C orgânico indicou 3,03%, conforme mostra a **Tabela 4**.

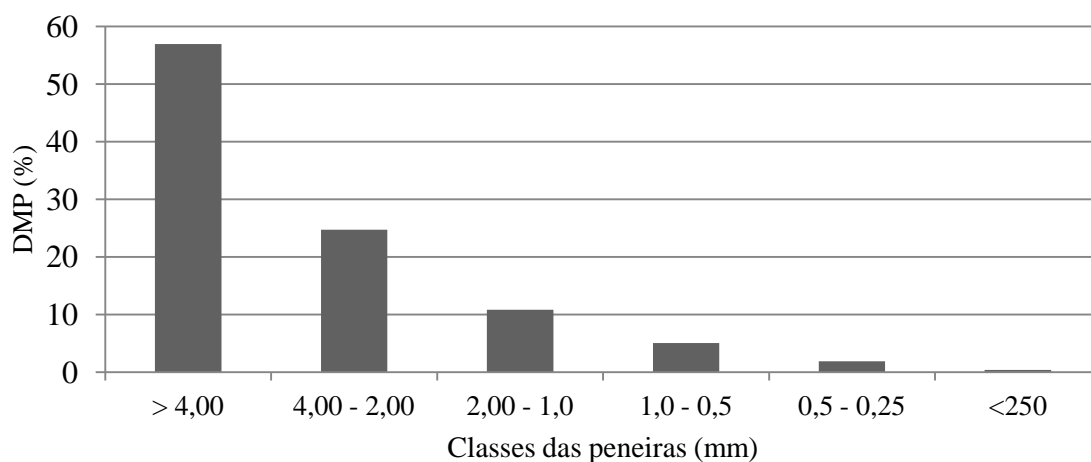


Figura 18 - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Nitossolo Vermelho sob culturas de grãos.

O Latossolo Vermelho de textura muito argilosa sob culturas de grãos, foi identificado em campo como de estrutura granular passando a blocos subangulares de tamanho médio e grau moderado (**Tabela 3**). A estabilidade de agregados indicou 66,4% dos agregados superiores a 4 mm; 23,8% dos agregados com diâmetro entre 2 e 4 mm e 9,8% dos agregados com diâmetro inferior a 2 mm (**Figura 19**), e diâmetro médio ponderado dos agregados de 3,48 mm. A análise granulométrica apresentou 13,1% de areia, 26,5% de silte e 60,4% de argila e o ensaio de C orgânico indicou 2,94% de matéria orgânica (**Tabela 4**).

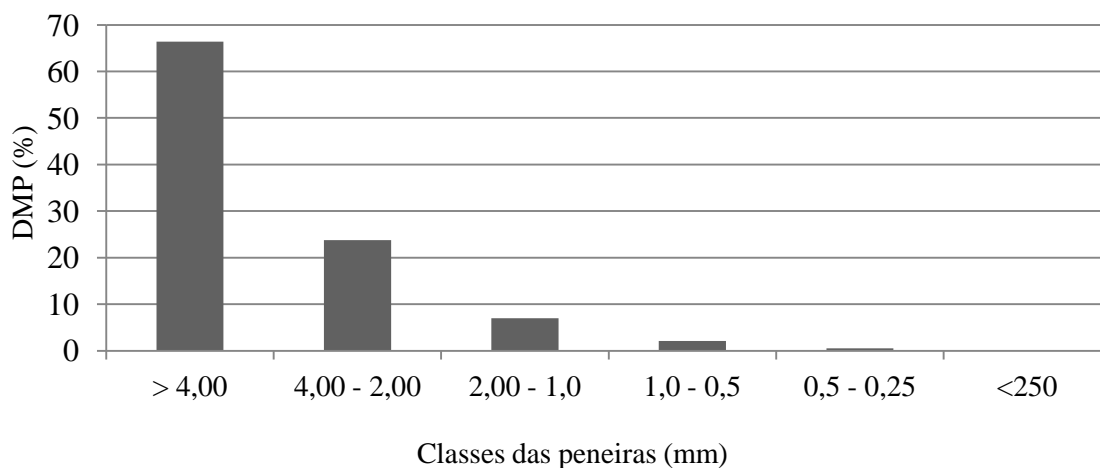


Figura 19 - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho textura muito argilosa sob culturas de grãos.

O Latossolo Vermelho textura média cultivado com cana-de-açúcar, identificado em campo com horizonte superficial de textura arenosa e estrutura em forma de grãos simples (**Tabela 3**) apresentou DMPA de 0,94 mm. Quanto ao diâmetro dos agregados em milímetro pode-se observar que na peneira de 4 mm ficaram retidos 38,9% dos agregados, seguidos da peneira de 2mm, com 21,1% e a peneira de 0,25mm, com 18,8% (**Figura 20**).

A granulometria indicou um elevado percentual de areia (95,2%) e baixo percentual de argila (3,5%) (**Tabela 4**). O ensaio de C orgânico mostrou que no horizonte A desse solo encontra-se 1,71% de matéria orgânica. Assim, pode-se afirmar que o baixo teor de argila e reduzido teor de matéria orgânica, contribuíram para a menor estabilidade estrutural desse solo. Nesse tipo de uso, pode-se atribuir ao tipo de manejo empregado na colheita da cana-de-açúcar, que introduz a queima dos restos vegetais, diminuindo assim, a matéria orgânica, que é essencial na manutenção da estabilidade estrutural de solos de textura arenosa.

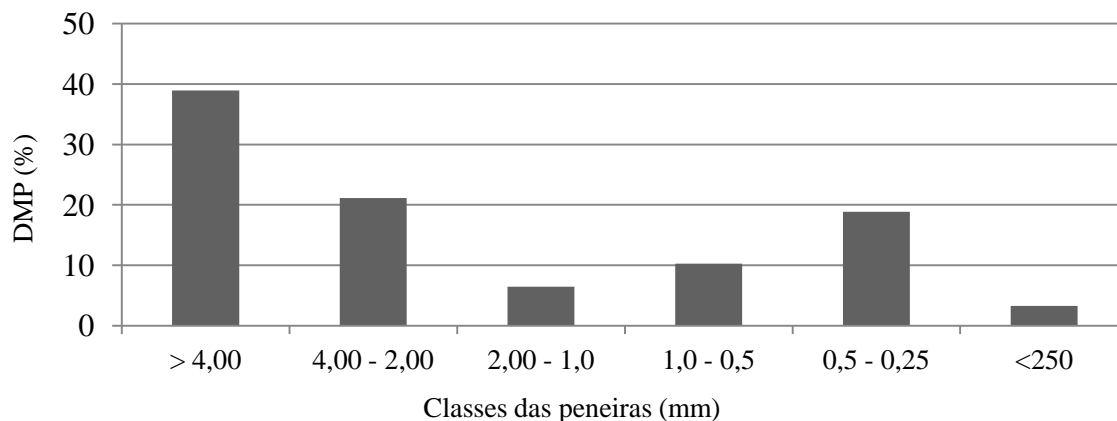


Figura 20 - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho textura média sob cana-de-açúcar.

No Argissolo Vermelho-amarelo de textura arenosa o tipo de estrutura encontrada é o de grãos simples (**Tabela 3**). Nesse solo o diâmetro médio ponderado dos agregados foi de 0,83 mm, o menor encontrado para os solos e usos em estudo. A distribuição dos agregados foi mais heterogênea, com 24,9% dos agregados com diâmetro acima de 4 mm; 19,7% dos agregados com diâmetro entre 2 e 4 mm; 9,2% dos agregados retidos na peneira de 1 mm; 24,4% dos agregados com diâmetro entre 0,5 e 1,0 mm; e os 21,8% restantes com diâmetro inferior a 0,5 mm (**Figura 21**). Com relação a granulometria, esse solo apresentou 89,1% de areia, 2,8% de silte e 8,1% de argila e para o ensaio de C orgânico, 1,50% de matéria orgânica. Assim como no Latossolo Vermelho textura média sob cana-de-açúcar, pode-se atribuir a baixa estabilidade estrutural do Argissolo ao baixo teor de argila e ao manejo empregado na colheita de cana-de-açúcar.

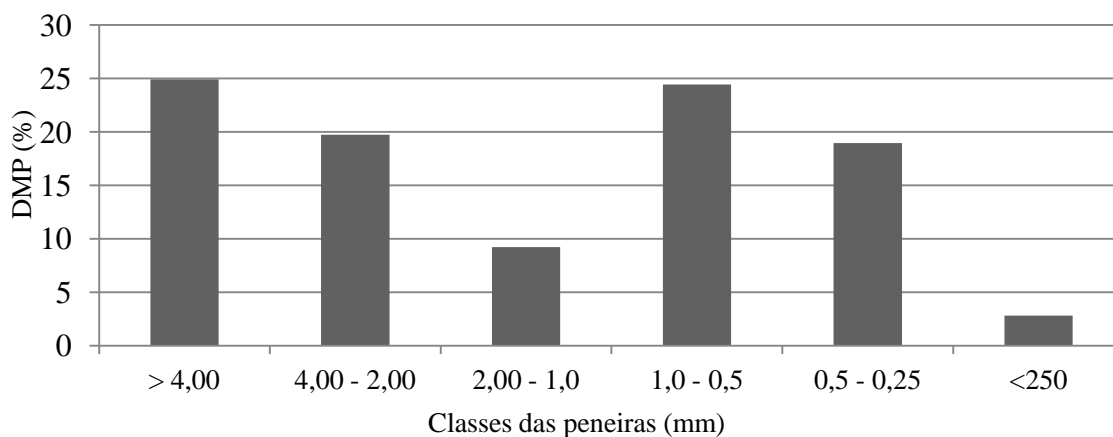


Figura 21 - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados em porcentagem no horizonte superficial (Ap) do Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa sob cana-de-açúcar.

Tabela 3 –Descrição morfológica da estrutura e consistência dos horizontes superficiais em Latossolo e Nitossolo Vermelho textura argilosa sob pastagem e cultura de grãos e Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa/média sob pastagem e cana-de-açúcar.

Textura	Estrutura			Consistência		
	Grau	Tamanho	Forma	Seco	Úmido	Molhado
LATOSSOLO VERMELHO sob pastagem						
Muito Argilosa	Moderado	Médio	Granular	Macio	Muito friável	Muito plástico/ muito pegajoso
LATOSSOLO VERMELHO sob culturas de grãos						
Muito Argilosa	Moderado	Médio	Subangular/ granular	Macio	Friável	Plástico/pegajoso à Muito plástico/ muito pegajoso
NITOSSOLO VERMELHO sob pastagem						
Muito argilosa	Moderado/ forte	Médio	Granular/ blocos subangulares	Macio	Muito friável	Muito plástico/ muito pegajoso
NITOSSOLO VERMELHO sob culturas de grãos						
Argilosa	Moderado	Médio	Blocos angulares/ subangulares	Macio	Friável	Plástico/ pegajoso a muito plástico/ muito pegajoso
LATOSSOLO VERMELHO sob pastagem						
Arenosa	Fraca	Pequena	Granular/ bloco subangular	Seco	Muito friável	Ligeiramente plástico/ ligeiramente pegajoso
LATOSSOLO VERMELHO sob cana-de-açúcar						
Arenosa	-	-	Grãos simples	Solta	Muito friável	Não plástico/ não pegajoso
ARGISSOLO VERMELHO sob pastagem						
Arenosa	-	-	Maciça/ grãos simples	Solta	Muito friável	Não plástico/ não pegajoso
ARGISSOLO VERMELHO sob cana-de-açúcar						
Arenosa	-	-	Maciça/ Grãos simples	Solta	Muito friável	Não plástico/ não pegajoso

Tabela 4 – Granulometria, estabilidade de agregados, porosidade total, densidade do solo e densidade de partículas em Latossolo e Nitossolo Vermelho textura argilosa sob pastagem e cultura de grãos e Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-amarelo textura média/arenosa sob pastagem e cana-de-açúcar.

Granulometria (%)			Classificação Textural	Estabilidade de agregados DMP	Porosidade Total (%)	Densidade do solo g.cm ³	Dens. de Partículas	C orgânico (%)
areia	silte	argila						
LATOSSOLO VERMELHO TEXT. ARGILOSA SOB PASTAGEM								
6,8	30,9	62,3	Muito argilosa	4,49	58,11	1,11	2,65	5,50
LATOSSOLO VERMELHO TEXT. ARGILOSA SOB CULTURAS								
13,1	26,5	60,4	Muito argilosa	3,48	57,68	1,24	2,93	2,94
NITOSSOLO VERMELHO SOB PASTAGEM								
12,5	22,5	65,0	Muito argilosa	4,62	60,65	1,09	2,77	4,93
NITOSSOLO VERMELHO SOB CULTURAS								
26,3	23,2	50,5	Argilosa	2,52	57,93	1,22	2,9	3,03
LATOSSOLO VERMELHO TEXT. MÉDIA SOB PASTAGEM								
86,5	4,8	8,7	Areia	1,99	49,03	1,32	2,58	3,51
LATOSSOLO VERMELHO TEXT. MÉDIA SOB CANA-DE-AÇÚCAR								
95,2	1,3	3,5	Areia	0,94	31,27	1,78	2,58	1,71
ARGISSOLO VERMELHO SOB PASTAGEM								
89,4	4,1	6,5	Areia	1,71	31,68	1,79	2,62	1,80
ARGISSOLO VERMELHO SOB CANA-DE-AÇÚCAR								
89,1	2,8	8,1	Areia	0,83	34,73	1,71	2,62	1,52

A análise da estabilidade de agregados dos solos demonstrou a importância que um manejo que garante um maior aporte de matéria orgânica tem de aumentar a estabilidade estrutural dos solos. Assim, os solos cultivados com pastagem e manejados adequadamente apresentaram os melhores resultados quanto a estabilidade estrutural, com elevada porcentagem de agregados acima de 4 mm, tanto para os solos de textura arenosa, quanto para os solos de textura argilosa (**Figura 22**). De acordo com Primavesi (2002), solos com atividades pastoris manejadas adequadamente aumentam

consideravelmente os agregados estáveis do solo, pois as raízes de gramíneas possuem sistema radicular abundante, que são muito eficientes na renovação da bioestrutura do solo.

Em relação aos solos com culturas de grãos e textura argilosa, os mesmos apresentaram bons resultados de estabilidade estrutural, que pode ser atribuído ao manejo empregado, o sistema de plantio direto, onde há pouco revolvimento do solo e maior quantidade de matéria orgânica que além de melhorar a bioestrutura do solo, o protege contra a ação das gotas d'água da chuva, diminuindo assim, a ocorrência de processos erosivos. Os solos cultivados com cana-de-açúcar e de textura arenosa apresentaram baixa estabilidade estrutural principalmente pelo manejo adotado no cultivo da cana-de-açúcar, com uso de maquinários pesados e queima do material vegetal superficial, diminuindo consideravelmente o tamanho dos agregados do solo (**Figura 22**).

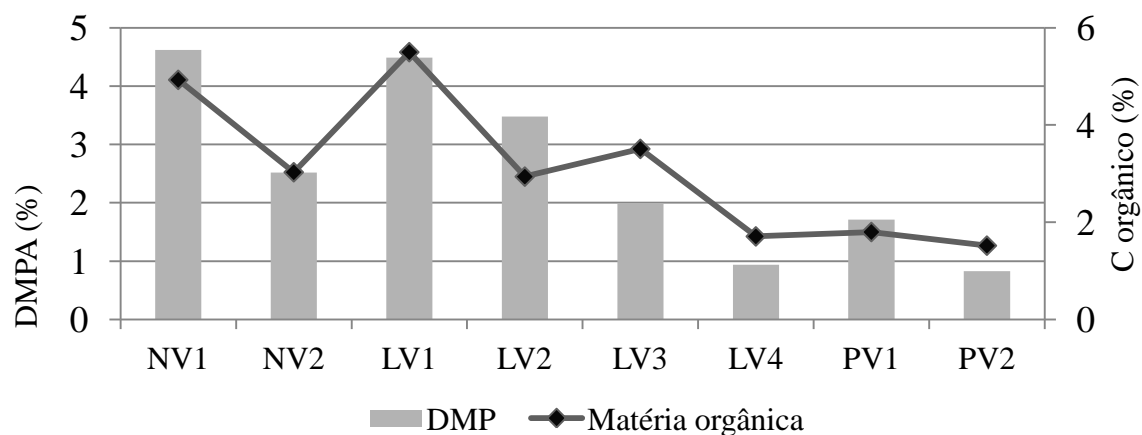


Figura 22 – Relação entre o diâmetro médio ponderado dos agregados e o teor de C orgânico para o Nitossolo Vermelho sob pastagem (NV1) e sob culturas de grãos (NV2); Latossolo Vermelho text. Argilosa sob pastagem (LV1) e sob culturas de grãos (LV2); Latossolo Vermelho text. Média sob pastagem (LV3) e sob cana-de-açúcar (LV4); Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem (PV1) e sob cana-de-açúcar (PV2).

Quanto a grande diferenciação de estabilidade estrutural dos solos de textura argilosa e arenosa, pode-se atribuir principalmente ao teor de argila, que trata-se de um importante material agregante das partículas do solo (**Figura 23**). O baixo percentual de argila nos horizontes superficiais de solos arenosos diminuem a sua estabilidade estrutural, tornando a matéria orgânica e o manejo adotado no cultivo do solo os principais responsáveis por sua maior ou menor estabilidade estrutural. Terassi et al. (2009), em estudo da estabilidade de agregados de uma vertente no município de

Tamboara –PR encontrou uma grande instabilidade de agregados em Neossolos Quartzarênicos e Argissolos Vermelhos, atribuindo a baixa estabilidade principalmente ao manejo inadequado e a natureza dos solos, aumentando a suscetibilidade dos solos a ocorrência de processos erosivos.

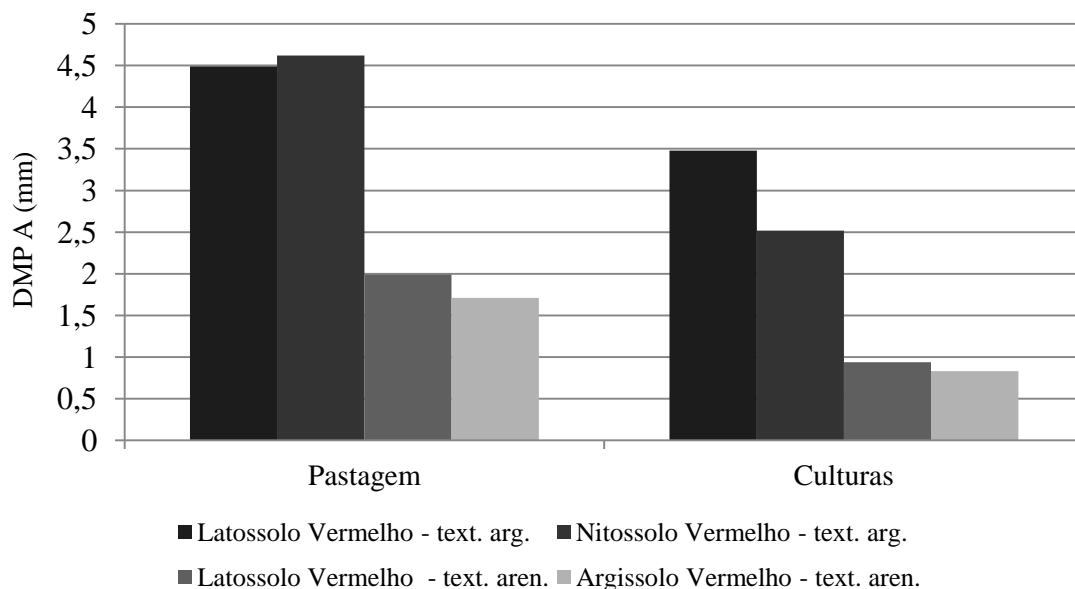


Figura 23 – Diâmetro médio ponderado dos agregados do solo por cultura.

Com base nos resultados de densidade do solo, porosidade total, estabilidade de agregados, granulometria e matéria orgânica, foi possível avaliar os solos com melhor qualidade estrutural e quais encontram-se em processo de degradação. O Nitossolo Vermelho cultivado com pastagens apresentou os melhores resultados em todos os ensaios realizados, com baixa densidade do solo ($1,09 \text{ g.cm}^3$), elevada porosidade (60,65%), maior diâmetro médio ponderado dos agregados (4,62 mm) e teor de matéria orgânica (4,93%).

Assim como no Nitossolo, o Latossolo Vermelho de textura argilosa sob pastagem apresentou baixa densidade do solo ($1,11 \text{ g.cm}^3$), elevada porosidade (58,11%) e boa estabilidade estrutural, com diâmetro médio ponderado dos agregados de 4,49 mm. Os bons resultados são atribuídos ao correto manejo empregado no cultivo de pastagem.

Nas culturas de grãos, os resultados do Latossolo e Nitossolo Vermelho de textura argilosa também foram muito semelhantes. A densidade do solo foi de $1,24 \text{ g.cm}^3$ e $1,22 \text{ g.cm}^3$, para Latossolo e Nitossolo, respectivamente. Quanto a porosidade

total, o Latossolo apresentou 57,68% e o Nitossolo 57,93%. Para a matéria orgânica, o Latossolo obteve 2,94% e o Nitossolo 3,03%. A maior diferenciação quanto as características físicas desses dois solos está relacionada ao diâmetro médio ponderado dos agregados, onde o Latossolo apresentou DMPA de 3,48 mm e o Nitossolo de 2,52 mm, que pode ser explicado pelo percentual de argila. No Latossolo foi observado aproximadamente 10% a mais de argila se comparado ao Nitossolo.

Para os solos de textura arenosa/média, o Latossolo Vermelho textura média sob pastagem obteve os melhores resultados comparados aos outros solos de mesma textura em análise, com densidade de 1,32 g.cm³, porosidade de 49,03%, diâmetro médio ponderado dos agregados de 1,99 mm e teor de matéria orgânica de 3,51%.

Quanto aos piores resultados avaliados, o Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem apresentou altos valores de densidade do solo (1,79 g.cm³) e baixa porosidade (31,68%), constatando graves problemas de compactação. No entanto, esse sistema de cultivo apresentou DMPA dos agregados de 1,300 mm e 1,80% de matéria orgânica, o que demonstra que a estabilidade de agregados por si só não se traduz necessariamente em um ambiente físico favorável, como observado por Portugal et al. (2010).

O Latossolo Vermelho textura média e Argissolo Vermelho-amarelo textura arenosa/média sob cana-de-açúcar, apresentaram redução da estabilidade de agregados e consequente aumento de suscetibilidade à erosão. O DMPA dos agregados foi de 0,94mm para o Latossolo e 0,83 mm para o Argissolo. Em relação à densidade do solo, ambos apresentaram elevada densidade, com 1,78 g.cm³ e 1,71g.cm³ para o Latossolo e Argissolo, respectivamente, aliado a uma baixa porosidade total, com 31,27% para o Latossolo e 34,73% para o Argissolo, evidenciando a ocorrência de compactação nos horizontes superficiais desses solos. Deve-se considerar ainda, o baixo teor de matéria orgânica (1,71% e 1,52% respectivamente) presentes nos solos sob cultivo de cana-de-açúcar, devido a queima superficial para a colheita.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a importância da qualidade do solo como fator determinante na saúde de uma bacia hidrográfica, foi possível concluir que há a necessidade de um adequado manejo no Latossolo Vermelho textura média sob cana-de-açúcar e Argissolo Vermelho-amarelo sob pastagem e cana-de-açúcar.

O Argissolo Vermelho-amarelo com pastagem encontra-se bem degradado com processos erosivos observados *in situ* e evidenciados com os resultados obtidos na densidade dos solos e porosidade total, que demonstram problemas de compactação. Assim, são necessárias mudanças no manejo do solo para a manutenção da qualidade das águas e a garantia de produção agropecuária.

O Latossolo Vermelho textura média cultivado com cana-de-açúcar também apresentou indícios de degradação, com elevados valores de densidade do solo aliado a baixa porosidade e DMPA dos agregados. Resultados semelhantes foram também verificados no Argissolo Vermelho-amarelo com cana, no entanto, este sistema apresentou melhores condições de densidade e porosidade, e em contrapartida, menor DMPA dos agregados e menor teor de matéria orgânica.

O Latossolo Vermelho textura média com pastagem apresentou os melhores resultados comparados aos solos de textura arenosa/média, com baixos valores de densidade, aliados a uma boa porosidade e DMPA dos agregados.

As melhores condições avaliadas ocorreram no Nitossolo e Latossolo Vermelho textura argilosa em pastagem, com baixos valores de densidade do solo, boa porosidade, elevada DMPA dos agregados e alto teor de matéria orgânica, apresentando melhores condições estruturais e manejo adequado, garantindo assim, a manutenção da saúde da bacia hidrográfica em condições sustentáveis. Mesmo em culturas de grãos, o Nitossolo e Latossolo Vermelho apresentaram boa qualidade estrutural, evidenciando a importância do manejo adequado na manutenção da qualidade física do solo.

A partir da análise das condições estruturais dos solos da bacia hidrográfica do Pirapó e Paranapanema IV, pode-se observar que boa parte dos solos de textura arenosa/média avaliados encontra-se degradado ou em processo de degradação, sendo necessário buscar o correto manejo do solo e gerenciamento dos recursos hídricos, de modo a garantir a sua sustentabilidade. Considerando que a bacia hidrográfica do Paranapanema IV e parte considerável da bacia do Pirapó são compostas por solos de textura média e arenosa, apresentando como uso do solo predominante as pastagens e

cana-de-açúcar, são necessárias medidas adequadas principalmente em áreas com cultivo da cana-de-açúcar, reduzindo a degradação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p. 115-119, 1995.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.857-865, 2000.
- ARAÚJO, R., GOEDERT, W.J., LACERDA, M.P.C.L. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1099-1108, 2007.
- BARCELOS, A.A.; CASSOL, E.A.; DENARDIN, J.E. Infiltração de água em um Latossolo Vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 35-43, 1999.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas as do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.155-163, 2004.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005.
- BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 129-136, 2001.
- BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: **3º Simpósio de Controle da Erosão**, 1985, Maringá-PR, Anais... ABGE/ADEA, 1985, 329 p.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Presidência da República Federativa do Brasil, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, Distrito Federal. 8 de Janeiro de 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm >. Acesso em 05 de agosto de 2013.
- CABRAL, J.B.P. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. **Caminhos de Geografia**, v.6, p. 62-69, 2005.
- CAMARGO, O.A., ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: 1997. 132 p.

CAMPANA, N.A.; EID, N.J. Monitoramento do uso do solo. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 507-530, 2003.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLDI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p.121-126, 1995.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.

CASTRO, O.M. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.

CEDDIA, M.B.; ANJOS, L.H.C.; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A.; SILVA, L.A. Sistema de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades de um solo podzólico amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1467-1473, 1999.

COGO, N.P.; LEIN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.743-753, 2003.

COIADO, E.V. Produção, transporte, e deposição de sedimentos: Introdução. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 280-281, 2003.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.527-535, 2003.

DIAS JUNIOR, M.S.; ESTANISLAU. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 45-51, 1999.

DILL, P. R. J. ; PAIVA, E.M.D. ; PAIVA, J.B.D. ; Rocha, J.S.M. Assoreamento do Reservatório do Vacacaí Mirim em Santa Maria e a sua relação com a deterioração da Bacia Hidrográfica contribuinte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, p. 56-64, 2004.

EMBRAPA. – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212 p.

EMBRAPA. – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos e Florestas, 2008.

FILHO, E.P.S.; COTTAS, L.R.; MARINI, G.B.S. Avaliação da compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas em Porto Velho - Rondônia. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.28, n.1, p.145-155, 2010.

FURLAN, N.; CALIJURI, M. C.; CUNHA, C. A. G. Qualidade da água e do sedimento avaliada a partir da concentração de nutrientes totais. **Revista Minerva**, v. 6, p. 91-98, 2009.

GUADAGNIN, J.C.; BERTOL, I.; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.277-286, 2005.

GOMES, N.M.; FARIA, M.A.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; VIOLA, M.R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n. 4, p. 427 - 435, 2007.

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; DEMARIA, I.C.; LANDERS, J.N. Uma Resposta Conservacionista: o impacto do Sistema Plantio Direto. In: MANZATO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. (Ed.). **Uso Agrícola de solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=41&search=parana>>. Acesso em 25 de setembro de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=41&search=parana>>. Acesso em: 2 de outubro de 2013.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Leituras regionais: Mesorregião Geográfica Noroeste Paranaense**. Curitiba: IPARDES / BRDE, 2004, 141 p.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Indicadores ambientais por bacias hidrográficas do Estado do Paraná**. Curitiba: IPARDES, 2007, 98 p.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Indicadores de sustentabilidade ambiental por bacias hidrográficas do Estado do Paraná.** Curitiba: IPARDES, 2010, 223 p.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Perfil dos Municípios.** Curitiba: IPARDES, 2010. Disponível em: < http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=29 >. Acesso em: 13 de agosto de 2013.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J. **Implantação e manejo do sistema plantio direto.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36p.

LEAL, A.C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-lugar**, Dourados, ano 3, n.6, p.65-84, 2012.

LEMONS, R.C., SANTOS, R.D. **Manual de método de trabalho de campo.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 36p.

LEONARDO, H.C.L. **Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná.** 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2003.

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

MARIOTI, J. **Erosão hídrica em Cambissolo húmico cultivado com milho e soja sem preparo do solo, nas direções da pendente e em contorno ao declive, comparada ao solo sem cultivo.** 2012. 74f. Dissertação (Mestrado em Manejo do solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G.; REICHERT, J. M.; MICHELE, M. Implicações do uso e manejo do solo e das variações climáticas sobre os recursos hídricos. In: FILHO, O. K.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. VII, p. 307-365, 2011.

MINELLA, J.P.G. **Utilização de técnicas hidrossedimentométricas combinadas com a identificação de fontes de sedimentos para avaliar o efeito do uso e do manejo do solo nos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica rural no Rio Grande do Sul.** 2007. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. 172 p.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná.** 2001. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001, 125 p. CD ROM.

MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 63 p.

MORO, D.A. **Substituição de culturas, modernização agrícola e organização do espaço rural, no norte do Paraná**. 1991. 353f. Tese (Doutorado) do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

MOTA S.; AQUINO, M.D. Gestão Ambiental. In: CAMPOS, N.; STUDART, T. (Ed.). **Gestão das águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: ABRH, p. 127-146, 2003.

MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p. 1409-1418, 2001.

NETO, P.H.W.; BORGHI, E.; SVERZUT, C.B.; MANTOVANI, E.C.; GOMIDE, R.L.; NEWES, W.L.C. Análise multivariada da resistência do solo à penetração sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1186-1192, 2006.

NÓBREGA, M.T.; SERRA, E. Noroeste do Paraná: a dinâmica da paisagem rural nas zonas de contato arenito-basalto. **Terr@ plural** (UEPG. Online), v. 1, p. 197-213, 2010.

PAIVA, R.G.; NÓBREGA, M.T. Características socioeconômicas e evolução do uso do solo do norte central e noroeste paranaense. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.8, n.1, p. 107 -131, 2010.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003, 628 p.

PARANÁ (Estado). **Decreto nº 2.245, de 3 de março de 2008**. Institui o Comitê das Bacias do Rio Pirapó, Paranapanema 3 e Paranapanema 4. Diário Oficial [do] Paraná, Curitiba, PR, 3 mar. 2008. Disponível em: <https://www.documentos.dioe.pr.gov.br>. Acesso em: 15 ago 2013.

PARANÁ. **Formação Fitogeográfica – Estado do Paraná**. Curitiba: Secretária do Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEMA), Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), 2009. Disponível em: <<http://www.geo.pr.gov.br/ms4/itcg/geo.html>>. Acesso em 17 de setembro de 2013.

PAULA, P.F. **Levantamento fitogeográfico da vegetação de cerrado no interflúvio Pirapó/Bandeirantes, Sabáudia –PR**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Análise Regional e Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

PEDRON, F.A.; POELKING, E.L.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; KLAMT, E. A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine –RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.105-112, 2006.

PERUSI, M.C.; CARVALHO, W.A. Avaliação da estabilidade de agregados de Argissolos em diferentes sistemas de uso e manejo no Município de Anhumas – SP. **Energia Agrícola**, Botucatu, vol. 22, n. 1, p. 94-111, 2007.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002, 543 p.

PRUSKI, F.F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Ed. UFV, 2006, 240 p.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. A análise do crescimento de uma cultivar de Braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35,n.7, p.1349-1358, 2000.

PORTUGAL, A.F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C.E.R.G.; NEVES, J.C.L. Estabilidade de agregados em argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.4, 2010.

QUEIROZ, M.M.F.; IOST, C.; GOMES, S.D.; VILLAS BOAS, M.A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.4, p.200-210, 2010.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo. Editora Manole LTDA, 1990, 188 p.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, n.3, p.321-344, 2005.

RODRIGUES, S. **Permeabilidade ao ar em Latossolo Vermelho sob plantio direto e preparo convencional**. 2009. 67f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2009.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.1, n.24, p. 75-92, 2002.

ROZANE, D.E.; CENTURION, J.F.; ROMUALDO, L.M.; TANIGUCHI, C.A.K.; TRABUCO, M.; ALVES, A.U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n.1, p. 24-32, 2010.

SALTON, J.C., MIELNICZUK, J., BAYER, C., BOENI, M., CONCEIÇÃO, P.C., FABRICIO, A.C., MACEDO, M.C.M., BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.11-21, 2008.

SANTOS, E.H.M.; GRIEBELER, N.P.; OLIVEIRA, L.F.C. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande, v.14, n.8, p. 826-834, 2010.

SEMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica**. 2.ed. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2013, 140 p.

SERRA, E. A colonização empresarial e a repartição da terra agrícola no Paraná moderno. **Boletim de Geografia** – UEM, Maringá, n.1, p.49 -59, 1993.

SERRA, E. Reflexões sobre a origem da crise agrária no norte do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.19, n.1, p. 45-58, 2001.

SERRA, E. As Cooperativas do agronegócio e suas (novas) características no Paraná. **Geografia (Londrina)**, v. 1, p. 139-153, 2009.

SHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p. 427-436, 2000.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 311-317, 1998.

SILVA, L.P.; MANIESI, V. Avaliação dos limites de uso e ocupação e as pequenas centrais hidrelétricas da sub-bacia do rio Enganado- Rondônia: uma proposta de uso sustentável. **Geociências**, São Paulo, v.24, n.3, p.267-276, 2005.

SILVEIRA, H.; NOBREGA, M.T.; BALDO, M.C. A estabilidade de agregados em Latossolos e Argissolos derivados do Arenito Caiuá na região Noroeste do Estado do Paraná – Brasil. **Synergismus scyentifica**, Pato Branco, v.4, n.1, 2009.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 937 - 944, 2004.

TERASSI, P.M.B.; SILVEIRA, H.; BONIFÁCIO, C.M. Variação da estabilidade de agregados e as suas relações com a vulnerabilidade dos solos ao longo de uma vertente característica na região noroeste do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, n.1, 2009.

TRINTIN, J.G. História e desenvolvimento da economia paranaense: da década de trinta a meados dos anos noventa do século XX. In: **Segundas Jornada de História Regional Comparadas**, 2005, Porto Alegre, Anais... Segundas Jornada de História Regional Comparadas, 2005, 18 p.

VALLE JUNIOR, R.F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do Rio Uberaba**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.1, p.55-64, 2010.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Revisão de literatura: Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 743 - 755, 2009.