

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - CURSO DE MESTRADO

JOÃO FERNANDO DALLA VILLA

ESTABILIDADE DE AGREGADOS DOS SOLOS DE UMA  
TOPOLITOSSEQUÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ÁGUA  
IGUARAÇU, IGUARAÇU - PR

MARINGÁ, PARANÁ  
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - CURSO DE MESTRADO

JOÃO FERNANDO DALLA VILLA

ESTABILIDADE DE AGREGADOS DOS SOLOS DE UMA  
TOPOLITOSSEQUÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ÁGUA  
IGUARAÇU, IGUARAÇU - PR

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Análise Ambiental, do centro de Ciência Humana, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de mestre em Geografia.

**Orientador:** Prof<sup>o</sup> Dr. Nelson Vicente Lovatto  
Gasparetto

MARINGÁ, PARANÁ  
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

V712e Villa, João Fernando Dalla  
Estabilidade de agregados dos solos de uma  
topolitossequência da Bacia Hidrográfica do Ribeirão  
Água Iguaçu, Iguaçu - PR / João Fernando Dalla  
Villa -- Maringá, 2016.  
70 f. : il., color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2016.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Estabilidade dos  
agregados. 3. Análise estrutural da Cobertura  
Pedológica. I. Lovatto, Nelson Vicente, Orient. II.  
Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências  
Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação  
em Geografia. III. Título.

CDD 21.ed. 551.3

AHS-002881

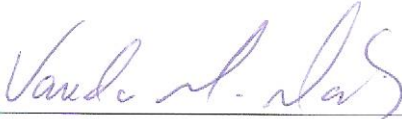
“ESTABILIDADE DE AGREGADOS DOS SOLOS DE UMA LITOSSEQUENCIA DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ÁGUA DO IGUARAÇU, IGUARAÇU-PR”


Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, linha de pesquisa: Análise Ambiental

Aprovada em **13 de maio de 2016.**

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto  
Orientador - UEM

  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vanda Moreira Martins  
Membro convidado  
UNIOESTE

  
Prof. Dr. Paulo Nakashima  
Membro convidado  
UEM

Dedico esse trabalho a Deus, aos meus pais João e Neuza aos meus irmãos Ricardo e Maria Estela e ao meu cunhado Pedro França, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me abençoado e me dado força durante esses anos, me ajudando a atravessar todos os obstáculos; Ao Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto por ter assumir o desafio da minha orientação, e pelas conversa e indicação de varias bibliografias para consultar e os auxílios nos campos. Meu muito obrigado ao técnico de laboratório Vanderlei Grzegorzcyk, pela disponibilidade do laboratório e pelo auxilio e orientações.

Agradeço o apoio financeiro do CNPQ (Proc. CNPQ n 470446/2012-9). Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Meio Ambiente da Universidade Estadual de Maringá (GEMA) pela utilização das instalações e equipamentos; As amizades constituídas no convívio do GEMA. Agradeço ao Vitor Hugo e ao Prof. Dr. Helio Silveira pela a ajuda nos campos, e nos auxílios das confecções dos produtos cartográficos; A Francielle pela ajuda nas analises laboratoriais. Agradeço também a prefeitura municipal de Iguracu, por ter disponibilizada uma retroescavadeira para auxilio no campo.

Agradeço de forma especial, aos meus pais, João Nivaldo Dalla Villa e Neuza Maria Casale Dalla Villa pelo apoio incondicional, pelas orações e por estarem sempre ao meu lado me dando forças para vencer os obstáculos. Obrigado pelo incentivo. Amo vocês.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
1. INTRODUÇÃO .....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
2.1 Sistemas de uso e manejo e suas consequências nas propriedades do solo .....	14
2.2 Propriedades físicas dos solos .....	17
2.3 Textura .....	17
2.4 Estrutura do solo .....	18
2.5 Consistência de solo .....	19
2.6 Matéria orgânica no solo .....	20
2.7 Avaliação da estabilidade dos agregados .....	22
2.8 Estabilidade dos agregados: método via seca <i>versus</i> método via úmido .....	23
3. ANÁLISE DA ESTRUTURA DA COBERTURA PEDOLÓGICA .....	24
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	26
4.1 Localização da área de estudo .....	26
4.2 Substrato Rochoso .....	26
4.3 Solos .....	29
4.4 Clima .....	31
4.5 Hipsometria .....	31
4.6 Usos e ocupação do solo .....	33
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	35
5.1 Carbono orgânico .....	36
5.2 Análise granulométrica .....	36
5.3 Argila dispersa em água .....	37
5.4 Estabilidade dos agregados .....	37
5.5 Representação da topolitossequência .....	39
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	40
6.1 Descrição da topolitossequência .....	40
6.2 Análise Granulometria .....	44
6.3 Argila dispersa em água e grau de floculação .....	46
6.4 Carbono orgânico e matéria orgânica .....	48
6.5 Estabilidade dos Agregados .....	50
7. CONCLUSÕES .....	60
8. REFERENCIAS .....	62

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 Mapa de localização da bacia hidrográfica Água Iguaçu .....	27
Figura 2 Estrutura geológicas e unidades litoestratigráficas do município de Iguaçu - PR..	28
Figura 3 Classificação pedológica da bacia hidrográfica Água Iguaçu .....	30
Figura 4 Precipitação anual de Iguaçu PR .....	31
Figura 5 Hipsometria da bacia hidrografia Água Iguaçu .....	32
Figura 6 Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica Água Iguaçu .....	34
Figura 7 Amostra protegida com papel filme .....	38
Figura 8 Topolitossequência da bacia hidrografica Água Iguaçu .....	43
Figura 9 Resultados das análises de estabilidade de agregados da TR-1 .....	57
Figura 10 Resultados das análises de estabilidade de agregados da TR-2 .....	58
Figura 12 Resultados das análises de estabilidade de agregados da TR-3 .....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 . Identificação das amostras coletadas nas trincheiras .....	38
Tabela 2 Granulometria dos volumes estudados .....	45
Tabela 3 Resultado do percentual de argila dispersa em água e grau de flocação .....	48
Tabela 4 Resultados de carbono orgânico e matéria orgânica .....	50



## RESUMO

Esse estudo foi desenvolvido no município de Iguaraçu PR, mais especificamente na bacia hidrográfica Águas Iguaraçu, localizada no norte do estado do Paraná. A pesquisa foi realizada em uma vertente, em que são identificados solos de diferentes origens, sendo encontrados na alta vertente solos derivados da formação Caíua e na baixa vertente, solos derivados da formação Serra Geral, correspondendo respectivamente a latossolo e nitossolo. Diante do exposto, este estudo teve por objetivo avaliar a estabilidade dos agregados dos volumes do solo e os fatores responsáveis pela agregação, tais como, matéria orgânica, carbono orgânico, argila natural, grau de flocculação das argilas e as frações granulométricas, em uma vertente que está submetida aos mesmos processos de uso e manejo. Para atingir os objetivos deste trabalho, utilizou-se o método de estudo de análise estrutural da cobertura pedológica. Este método possibilita acompanhar o comportamento dos volumes dos solos no tempo e no espaço e os resultados obtidos podem ser representados em futuros produtos cartográficos. Os resultados mostraram que o volume dos solos derivados da formação Caíua apresenta volumes com pouca argila e de baixa flocculação e instável, com pouca matéria orgânica, mas que interfere na estabilidade dos agregados, sendo que os volumes que tem maior percentual de matéria orgânica também apresentaram agregados maiores. E de maneira geral, os volumes oriundos da formação Caíua tiveram a maioria dos agregados nas classes de 0,59 e 0,250mm. No entanto, os volumes Bt e Bw1 da TR-2 apesar de pertencerem da mesma formação, tiveram a maioria dos agregados nas classes 2 e 1mm, este resultado pode estar relacionado com a argila, já que ambos os volumes possuem maior quantidade desta fração. Quando comparado aos volumes pertencentes à formação Caíua, os volumes dos solos derivados da formação Serra Geral, estes com muita argila, que está bem flocculada e pouco dispersa, apresentaram a maioria dos agregados nas classes 2 e 1mm, sendo que nesses volumes entre os parâmetros analisados, a argila foi um dos principais fatores que interferiu nos resultados de estabilidade de agregados. O perfil da topolitossequência facilita observar onde ocorrem as transições das formações geológicas e o contato lateral e vertical dos volumes dos solos, tornando possível compreender os comportamentos dos volumes ao longo da vertente.

**Palavras chave:** Bacia Hidrográfica, Estabilidade dos Agregados, Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.

## ABSTRACT

This study was developed in Iguaraçu PR, specifically in the basin waters Igaracu, located in the north of Paraná state. The research was conducted in a slope where soils from different origins are identified like high slope soil are found derived from Caiuá's formation and in low slope soil are derived from the Serra Geral's formation. On the above, this study aimed to evaluate the aggregate stability of soil volumes and the factors responsible by aggregation such as organic matter, organic carbon, natural clay, flocculation of the clays and the fractions in a slope that is submitted to the use of same management process. To achieve the objectives of this study was used the study method of structural analysis of soil's cover. This method enables monitor soil volumes of behavior in time and space and the results can be represented in future cartographic products. The results showed that the volumes of soils derived from Caiuá training are volumes with little clay and low flocculation and unstable, with little organic matter, but which interferes with the stability of aggregates, with volumes that have a higher percentage of organic matter also showed larger aggregates. And in general, the volumes coming from Caiuá training had the majority of households in classes of 0.59 and 0,250mm. However, Bt and Bw1 volumes of the TR-2 despite belonging the same line, had the majority of households in classes 2 and 1 mm, this result may be related to the clay since both volumes have higher amount of this fraction. When compared to the volumes belonging to Caiuá training. The volumes of soils derived from the Serra Geral formation, these very clay, which is well flocculated and little expense, showed the majority of households in classes 2 and 1 mm, and these volumes between the parameters analyzed, the clay was one of the main factors that interfered with aggregate stability results. The profile of topolithosequence facilitates observe where it occurs transitions of geological formations and the lateral and vertical contact volumes of soil, making it possible to understand the behavior of volumes along the slope.

**Key words:** Hydrographic basin, Aggregates of Stability, Structural analysis of the coverage Pedologic.

## 1. INTRODUÇÃO

Na maioria das vezes, a deterioração dos solos é ocasionada pelas práticas de uso e manejo inadequados e estas, por sua vez, estão relacionadas com a falta de conhecimento das potencialidades e limitações do uso do solo. Dessa forma, a partir do conhecimento do comportamento do solo e das suas propriedades físicas e químicas, torna-se possível, aplicar as técnicas de uso e manejo de forma adequada, para cada tipo de solo, amenizando os impactos negativos no mesmo.

Entre os atributos utilizados para diagnosticar a qualidade física do solo, está à estabilidade dos agregados. A estabilidade dos agregados dos solos envolve diversos fatores, entre eles; características químicas, físicas, biológicas e a atuação humana. Deste modo, a estabilidade dos agregados fornece informações morfológicas do solo. Geralmente, os resultados da análise de estabilidade de agregados são expressos pelo Diâmetro Médio Ponderado (DMP). Este método determina o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo, assim, conforme maior a porcentagem de agregados grande, melhor será a estrutura do solo.

Na vertente estudada são encontrados solos de diferentes tipos e origens, isto é, na alta vertente ocorre o Latossolo Vermelho Distrófico, textura média derivada da Formação Caiuá. Na média e baixa vertente desenvolve-se o Nitossolo Vermelho Eutroférico, textura argilosa oriundo da Formação Serra Geral, enquanto no sopé da vertente, junto à drenagem ocorre Gleissolo.

Nos últimos anos, diversos pesquisadores vêm analisando as alterações nos atributos dos solos derivados da alteração da formação Serra Geral e do Caiuá, causado pelo processo de uso e manejo. Entre os parâmetros analisados destaca-se a estabilidade dos agregados. Em relação aos estudos realizados sobre a temática destaca-se o de Llanillo *et al.*, (2006), Silva *et al.*, (2006) e Ribon *et al.*, (2014). Esses autores comentam, em suas pesquisas, as alterações na estabilidade de agregados conforme a forma de uso, de solos derivado das formações citadas.

Dessa forma, esta pesquisa buscou analisar a estabilidade dos agregados dos solos da bacia hidrográfica Água Iguaçu e os atributos relacionados, tais como, as frações granulométricas, matéria orgânica, grau de floculação e dispersão das argilas. A estabilidade dos agregados e seus atributos foram determinados por meio da coleta de amostras de perfis de solo de uma vertente representativa da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Iguaçu. Essa bacia está localizada no município homônimo, na

região Norte Central do estado do Paraná. A vertente elencada vem sendo utilizada para práticas agrícolas, que se desenvolvem de forma convencional, o que pode acarretar em alterações nas propriedades morfológicas dos solos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso e o manejo, com o tempo, promovem alterações nas propriedades morfológicas do solo, especialmente na estrutura, que está relacionada com a agregação. Muitas dessas alterações podem ser passageiras ou prolongadas por vários anos. Na maioria dos casos, o uso intensivo e a mudança na estrutura do solo causa redução da sua estabilidade dos agregados, deixando os solos mais suscetíveis às alterações de suas propriedades (WENDLING *et al.*, 2005). A degradação das propriedades dos solos representa um dos principais problemas socioambientais em áreas usadas para fins agropecuários no Brasil. A deterioração dos solos brasileiros ocorre principalmente pela concentração das enxurradas (SOUZA, 2010).

As enxurradas podem transportar grandes quantidades de sedimentos. Nesse sentido, Sousa e Gasparetto (2012) comenta que, quando ocorre o transporte e deposição de sedimento de forma acelerada e desordenada, pode ocasionar diversas alterações no ambiente, entre elas, a perda da fertilidade do solo, a desestabilização da vertente e alterações nas atividades biológicas do solo. Para Fao (1980), Houghton e Charman (1986), a degradação do solo e a modificação das suas propriedades naturais afetam suas características químicas, físicas, biológicas e dos agregados. Estas, quando alteradas, modificam as características morfológicas do solo, consequência esta que pode variar dependendo de cada tipo de solo. Os autores ainda explicam que para o solo apresentar agregados estáveis dois processos são necessários: a formação dos agregados e a sua estabilização, o que ocorre a partir de processos físicos, químicos e biológicos.

Nesse sentido, Chaney e Swift (1984) salienta que a estrutura do solo é formada pela agregação do silte, areia e da argila, e estes por sua vez, são agregados pelos elementos estruturais, tais como matéria orgânica, argilas e os óxidos. De acordo com o mesmo autor, os solos bem agregados dispõem de boas condições para o desenvolvimento das plantas. Observa-se que a utilização do solo sem planejamento proporciona diversas alterações e consequentemente, ocorre a degradação ambiental que se manifesta de diferentes formas, entre elas na modificação na estrutura do solo.

Desta maneira, o objetivo de estudar os solos e caracterizá-los, classificá-los e entendê-los, tem como principal finalidade fornecer informações que possibilitam ao homem manejá-los da melhor forma possível, ou melhor, explorá-los de acordo com suas potencialidades e limitações (MANUAL TÉCNICO DE PEDOLOGIA, 2007).

As condições atuais dos atributos do meio físico são, em parte, resultantes das diferentes formas de uso e ocupação do solo pela sociedade, dessa forma a análise do uso e ocupação destaca-se como um fator primordial na avaliação ambiental (CAMPNOLI, F. 2006. p.8).

Quando se trabalha com solos é importante refletir sobre o estudo de Daniels e Hammer (1992) que discutem sobre a importância em avaliar a qualidade física do solo. Os autores indicam quais parâmetros devem ser analisados, destacando a determinação das frações granulométricas e estabilidade dos agregados. Essas informações foram levadas em consideração para a elaboração desta pesquisa.

## **2.1 Sistemas de uso e manejo e suas consequências nas propriedades do solo**

O uso e manejo do solo estão relacionados com as práticas agrícolas e com a utilização do solo de acordo com suas capacidades. A degradação dos solos é ocasionada quando o uso e manejo são realizados de maneira inadequada, que pode ser proporcionado pela falta de conhecimento da estrutura do solo. Primavesi (2008) comenta que o solo tem que ser considerado como um organismo vivo. Dessa forma, para ser sadio, tem que ser bem tratado. O manejo correto do solo faz com que sejam amenizados os processos de degradação que, entre outras consequências, deixa o solo improdutivo.

Segundo Primavesi (2008), frequentemente estão sendo utilizados os seguintes tipos de manejo do solo: o manejo químico, convencional e o agroecológico. De acordo com o autor, no manejo químico, o solo é considerado como sendo apenas um suporte físico para as plantas. Este sistema de manejo tem como princípio a utilização de pacotes químicos destinados a nutrir as culturas cultivadas. A utilização do manejo químico acaba degradando o solo, já que este método utiliza, por exemplo, as seguintes técnicas: a calagem corretiva, que é a adição de calcário no terreno a ser plantado, com o objetivo de corrigir a acidez do solo e fornecer cálcio e magnésio, no entanto, esta prática ocasiona a rápida decomposição da matéria orgânica do solo, tornando o solo pobre em matéria orgânica e, por fim, a aração profunda, que favorece o desenvolvimento dos organismos que decompõem a matéria orgânica, mas a utilização deste método causa a compactação do solo.

Como consequência, diminui a infiltração das águas das chuvas e aumenta o escoamento superficial. Também altera os macroporos, dificultando a infiltração da água e a relação dos gases o que pode comprometer o crescimento das raízes das

plantas (EMATER, 2000). Hernani *et al.*, (1998) afirma que o manejo químico proporciona maior perda de solo por erosão hídrica, podendo alterar os nutrientes e a matéria orgânica, sendo esta última uma das responsáveis pela agregação do solo, ou seja, se diminuir a matéria orgânica, o solo tende a ficar com agregados menos estáveis.

Em relação ao manejo convencional, Primavesi (2008) explica que neste método, para o preparo do solo é realizado gradagem profunda, visando quebrar a crosta superficial do solo, facilitando a penetração das águas da chuva, eliminando o mato e facilitando o desenvolvimento das raízes do plantio a ser cultivado. Neste modelo de preparo, é frequentemente utilizada a queima de resto de cultura. O autor salienta que a utilização destes métodos em longo prazo causa compactação do solo, o que altera diversos atributos, tais como, a estabilidade dos agregados, matéria orgânica e a infiltração. Por fim, os impactos causados pela utilização deste modelo de preparo do solo causa a degradação e deixa o solo improdutivo.

Tony *et al.*, (2001) ao realizar uma pesquisa sobre o impacto causado pelo manejo convencional nas propriedades físicas e substâncias húmicas de solos, explica que a utilização do manejo convencional tem acarretado modificações nas propriedades físicas do solo, bem como no comportamento e qualidade da sua matéria orgânica. O sistema de manejo convencional provoca mudanças nas propriedades físicas do solo, alterando quantidade de água disponível e modificando a dinâmica natural do solo (TONY *et al.*, 2001). Gennaro *et al.*, (2014) afirmam que o manejo agrícola influencia na estrutura do solo, o que modifica os atributos físicos e químicos, e que o uso sucessivo do preparo convencional do solo sem um adequado plano de rotação de culturas e uma manutenção da cobertura morta do solo em áreas de produção agrícola, pode modificar os seus atributos físicos e químicos, levando a degradação.

O manejo agroecológico do solo, segundo Primavesi (2008), trata-se de aplicações de técnicas que trabalha com solo de forma ecológica, respeitando o sistema natural de cada solo. Mutuando (2005) define o sistema agroecológico do solo, como sendo métodos que utiliza uma base ecológica capaz de se sustentar ao longo do tempo. Este método tem como princípio a interação entre os vários elementos que existem no ambiente; o solo, as plantas, os animais e a água.

Cardoso (2009) explica que o manejo agroecológico deve adotar os seguintes princípios: diversificação das espécies vegetal e animal no tempo e no espaço;

ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica; otimização, disponibilidade e balanços dos fluxos de nutrientes; usos de rotação, cultivo intercalado com leguminosas; minimização das perdas de solos e água, mantendo a cobertura do solo, controlando assim a qualidade física do solo (CARDOSO, 2009). Ao trabalhar com uso do solo de maneira agroecológica, é importante destacar o estudo da EMBRAPA (2007) que explica que neste modelo são aplicados métodos simples que auxiliam no retardamento da degradação.

De modo geral, de acordo com Tony et al. (2001), Primavesi (2008), e Cardoso (2009), para que o solo seja explorado de forma que altere o mínimo possível, deve ser utilizado o manejo agroecológico. No entanto, Repetto (1999) e Brito, (2008) comentam em seus estudos que, na perspectiva econômica, os solos tendem a ser explorados o máximo possível. Assim, as técnicas utilizadas podem causar diversas alterações no solo, entre elas a perda da matéria orgânica, alterações químicas e físicas, compactação, alteração na estabilidade dos agregados, entre outras consequências que somadas, degradam os solos.

Sobrinho *et al.*, (2006) comenta que o manejo, a conservação e a degradação do solo têm acompanhado o homem desde o início da agricultura, e com o aumento da mecanização e do cultivo, também aumentaram os problemas ambientais, especialmente os processos erosivos. A EMATER (2000) explica que as pesquisas envolvendo solos fornecem informações sobre as alterações que o solo pode apresentar, de acordo com o uso e manejo. Nesta perspectiva, surgiram diversos estudos envolvendo o conhecimento da qualidade física do solo e os processos de usos e manejo.

STEFANOSKI *et al.*, (2013) estudou a relação do uso e manejo do solo e os impactos da qualidade física do mesmo. O autor comenta que ao utilizar os solos de maneira inadequada sem levar em consideração suas qualidades físicas, podem ocorrer diversas alterações nas propriedades naturais do solo, e que para um manuseio seguro, os conhecimentos das propriedades físicas e químicas do solo são indispensáveis. Spera *et al.*, (2009) pesquisou a qualidade física do solo, em sistema de cultivo rotativo em um Latossolo Vermelho Distrófico argiloso, em Passo Fundo (RS). De acordo com o autor, o tipo de cultura e a forma de manejo podem alterar as condições físicas dos solos, sendo necessária realização de uma avaliação, tornando possível adotar práticas agrícolas que amenizem os impactos provenientes do uso e manejo.



Sobre as propriedades físicas do solo, Bertol *et al.*, (2003) comentam que o cultivo altera suas propriedades físicas em relação ao solo não cultivado e que tais alterações são mais intensificadas nos sistemas convencionais e químicos que, em geral, causam alterações na estabilidade dos agregados. Santos (2010) pesquisaram os atributos dos solos e o sistema de uso e manejo sobre o cultivo de frutíferas, no Piauí. O autor comenta que a forma de manejo inadequada utilizada nas áreas estudadas promoveu alterações físicas, químicas e biológicas no solo.

Centurion (2006), com base em diversos estudos, conclui que a compreensão dos impactos do uso e manejo do solo na sua qualidade física são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Portella *et al.*, (2012) complementa dizendo que a recuperação da estabilidade estrutural de áreas degradadas pelo uso e manejo inadequado, deve ser recuperada com a combinação entre o manejo agroecológico com a manutenção de uma cobertura do solo constante e práticas de manejo adequado.

## **2.2 Propriedades físicas dos solos**

Reinert e Reichert (2006) explicam que, de maneira geral, os solos são constituídos por misturas de partículas sólidas de natureza mineral e orgânica, de ar e água, formando um sistema, sólido, gasoso e líquido. As partículas sólidas variam o tamanho, forma e composição química. Os autores salientam que a definição de um solo fisicamente ideal é difícil, já que existem diversos fatores que influenciam nas variações físicas, tais como, cobertura vegetal, profundidade, tempo, clima.

No entanto, Reinert e Reichert (2006) comentam que um solo é considerado fisicamente bom quando tem uma boa estabilidade de agregado e permite um bom desenvolvimento das plantas. Quando se trabalha com estrutura física do solo, Guerra e Botelho (1996), Reinert e Reichert (2006) destacam alguns elementos importantes de serem analisados.

## **2.3 Textura**

De acordo com a EMBRAPA (1997), a textura do solo trata-se de um termo que se refere à proporção relativa das frações de argila, silte e areia, sendo que estas se diferenciam entre si pelo tamanho da partícula. A textura do solo pode ser determinada em campo, mas a precisão do resultado só é possível quando determinado em laboratório, através da análise granulométrica.

Vicente *et al.*, (2012) explica que a argila é um dos principais agentes que influencia na estabilidade dos agregados os solos com textura fina e argilosa tendem apresentar agregados grandes. O Manual Técnico Pedológico (2007) mostra que solos com textura arenosa têm pouca argila, sendo assim, estes solos geralmente possuem agregados menores. Kemper *et al.*, (1987) afirmam que os solos com maior teor de argila tendem ser mais bem estruturados dos que os arenosos. Nesse sentido, Imhoff (2002) explica que a argila aumenta as cargas elétricas das partículas do solo, favorecendo a ligação entre as partículas minerais/minerais e minerais/orgânicas.

## **2.4 Estrutura do solo**

A estrutura do solo trata-se da forma com que as partículas primárias (silte, areia e argila) se arranjam. Heinrichs (2010) define a estrutura do solo como sendo o arranjo das partículas, podendo ser definida em termos de tipo, classe e grau de desenvolvimento.

“A forma da estrutura do solo corresponde a sua geometria e é resultado da intensidade das forças de coesão entre as partículas minerais e orgânicas, bem como da ação física e química dos macro e microrganismos vegetais e animais” (CAPECHE, 2008, p.10).

Ferreira (2010) explica que a estrutura do solo está relacionada com o arranjo das partículas e este, quando alterado, provoca um novo comportamento das partículas, mudando a qualidade estrutural do solo, alterando a estabilidade dos agregados. Basto *et al.*, (2011) realizaram uma pesquisa sobre estrutura dos solos e seus mecanismos, evidenciando que os fatores que influenciam na formação e na estrutura dos solos são: o material de origem, a lixiviação de produtos de intemperismo e a cimentação. Hillel (1982) afirma que a estrutura do solo está ligada às mudanças no clima com a atividade biológica e também com os métodos de manejo.

Ferreira (1990) efetuou um estudo sobre a estrutura do latossolo no sudeste do Brasil. Segundo o autor a estrutura do solo é consequência dos processos gerais de seu desenvolvimento. Dessa forma, os fatores de formação do solo podem influenciar no aparecimento de uma determinada estrutura. Araujo *et al.*, (2004) pesquisou sobre a qualidade física de Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo e sob mata nativa. O autor mostra que a utilização incorreta do solo causa diversas alterações, como a perda

de matéria orgânica e das argilas, o que pode modificar a estrutura e alterar a estabilidade dos agregados do solo.

A estrutura do solo pode ser alterada conforme o uso e manejo, Hickmann *et al.*, (2011) explica que o uso inadequado proporciona a deterioração das propriedades físicas do solo, principalmente na estrutura, o que promove a formação de agregados menos estáveis. Com base nas pesquisas de Hillel (1982), Araujo *et al.*, (2004), Hickmann *et al.*, (2011) e Salton *et al.*, (2012), conclui-se que a estrutura do solo e a estabilidade dos agregados exercem estreitas relações. Geralmente solos que não possuem boa estrutura tendem a apresentar agregados instáveis.

Nesse sentido, o avanço da tecnologia no intuito de obter maior produção em quantidade e qualidade e o tráfego contínuo de máquinas agrícolas no solo, contribui para alterações significativas nos atributos físicos do solo e na sua qualidade estrutural, o que deixa mais propenso à compactação, desestruturando e alterando a estabilidade dos agregados (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

## **2.5 Consistência de solo**

Segundo Vasconcelos (2010), a consistência do solo corresponde ao do grau de coesão e adesão da massa do solo, que varia de acordo com a umidade. Para o autor, a “...consistência do solo é a resistência à compressão e ao esforço cisalhante, friabilidade, plasticidade e pegajosidade, propriedades que se manifestam conforme a variação das forças de adesão e coesão” (VASCONCELOS, 2010). Lima (2012) realizou um trabalho sobre a determinação da consistência do solo, o autor comenta que, com o torrão de solo bem seco é possível determinar a dureza, quando úmido a pegajosidade e molhado a plasticidade.

Klein *et al.*, (2001) efetivaram uma pesquisa sobre a consistência do Latossolo Vermelho sob diferentes processos de uso e manejo. Conforme o autor, a consistência do solo pode ser alterada dependendo da forma de manejo. Nesse sentido, Grego *et al.*, (2011), ao trabalhar com os critérios morfológicos e a taxonomia dos Latossolos e Nitossolos, salienta que a consistência do solo está relacionada com as propriedades físicas. Assim este parâmetro pode servir como indicador de condições das propriedades físicas dos solos. Assim, Klein *et al.*, (2001) explicam que entre as propriedades do solo, a consistência assume papel muito importante, já que ela descreve a resposta do solo à ação das forças externas que tendem a deformá-lo.

Vasconcelos (2010) comenta a relação da consistência do solo no uso e manejo. O autor cita um exemplo de um argissolo quando está com baixo teor de umidade. Nesta condição o solo fica duro e muito coeso. Caso o solo venha ser trabalhado com máquina agrícola, pode ocorrer a formação de blocos grandes de solo, dificultando seu manejo e exigindo maior quantidade de arações, o que possibilita acelerar o processo e compactação, alterando a estrutura e a estabilidade dos agregados.

No entanto, para Klein *et al.*, (2001), no solo, quando úmido e friável, ocorre a minimização da coesão das partículas, sendo indicado o momento propício para a utilização de máquinas e ferramentas agrícolas, minimizando os impactos causados pelo manejo. De acordo com Silva *et al.*, (1998), a análise da consistência do solo permite verificar o grau de coesão, sendo este um importante atributo para avaliar a erosão hídrica. Flauzino (2012) enfatiza que a análise de estabilidade de agregados é um dos parâmetros que melhor correlaciona com a erosão hídrica. Desse modo, é possível relacionar os resultados de estabilidade dos agregados com a consistência, na avaliação da qualidade física do solo.

## **2.6 Matéria orgânica no solo**

A qualidade física do solo pode ser avaliada por meio das propriedades que o compõem, entre elas a matéria orgânica. Oades (1984) argumenta que matéria orgânica é um dos principais agentes cimentantes dos solos. Para Guerra (1990), o teor de matéria orgânica do solo depende de vários fatores que exercem influência individual e em conjunto, entre eles o clima, a textura do solo, a topografia, drenagem, a cobertura vegetal e o uso do solo, uma vez que, a formação de matéria orgânica é influenciada pelo processo biológico a flora e a fauna existentes no solo. O autor explica que as atividades antrópicas, entre elas a agricultura, podem provocar mudanças no teor de matéria orgânica, alterando a estrutura do solo, visto que a matéria orgânica é um dos principais agentes agregadores dos agregados do solo.

Lepsch *et al.*, (1982) explicam a relação entre a matéria orgânica e o carbono orgânico. Conforme o autor, o teor de carbono está em equilíbrio com a decomposição da matéria orgânica. Quando se trabalha com matéria orgânica no solo se faz necessário comentar o estudo de Guerra (1990), em que o autor afirma que a alteração no teor de matéria orgânica pode interferir na estabilidade dos agregados e na erodibilidade do solo. Nesse sentido, Filho *et al.*, (1998) comentam que o mecanismo

de formação e estabilização dos agregados são influenciado pela matéria orgânica. Filho *et al.*, (1998), com base em diversos autores, salientam que a matéria orgânica influencia na estabilização dos agregados do solo, sendo que, a matéria orgânica se agrega à matéria inorgânica pelas ligações dos cátions polivalentes.

De acordo com Braida *et al.*, (2011), a matéria orgânica exerce influência no comportamento físico do solo de maneira direta e indireta. Direta quando as propriedades da matéria orgânica influenciam nas propriedades físicas e químicas do solo. E indireta quando atua na formação de agregados e na distribuição de poros, bem como na sua estabilidade. Tisdall e Oades (1982) explicam que a matéria orgânica é um importante indicador da qualidade física do solo, sendo um dos principais agentes de cimentação das partículas.

A formação de agregados do solo consiste primeiramente na aproximação das partículas do mesmo, que envolve os ciclos de umedecimento e secagem. Em um segundo momento, vai ocorrer à união entre as partículas do solo pelo processo de cimentação. Neste processo envolve a matéria orgânica do solo e dos exsudados orgânicos liberados pelas raízes de plantas em função das ligações com a superfície das partículas minerais do solo por meio de cátions polivalentes (BOCHNER *et al.*, 2008, p.12).

Soprano (2002), ao realizar sua pesquisa, faz uma relação com a matéria orgânica e os minerais do solo;

“... o revestimento de minerais do solo pelo húmus afeta a ciclagem de elementos químicos e a formação de agregados do solo. O húmus ligado aos argilominerais torna se mais resistente a biodegradação. A superfície mineral, recoberta pelas substâncias húmica, passa a apresentar propriedade e reatividade devido aos grupos funcionais dos compostos orgânicos adsorvidos. A adsorção de compostos orgânicos pode bloquear cargas nos minerais de argila e nos óxidos, como também aumentar as cargas negativas do solo. A associação das substâncias húmicas com os minerais dos solos podem afetar as, características de superfície que estão relacionadas com a dispersão de argila e a estabilidade de agregados” (SOPRANO, 2002, p.8).

Ao trabalhar com a matéria orgânica no solo é importante destacar a pesquisa de Rozane *et al.*, (2010), em que realizaram estudos sobre a influência da matéria na estabilidade dos agregados em um Latossolo Vermelho Distrófico, submetido a diferentes usos. De acordo com os autores, o sistema de uso e manejo do solo pode interferir na matéria orgânica e esta, por sua vez, no estoque de carbono. E essas alterações afetam a estabilidade dos agregados. Braida *et al.*, (2011) comentam que a matéria orgânica é um dos principais componentes do solo que influencia na formação e estabilização dos agregados.

Melloni (2013) complementa afirmando que matéria orgânica e a argila no solo influenciam na estabilidade de agregado e os solos quando estão bem agregados, reduzem a possibilidade de degradação. O Braidá *et al.*, (2011) explicam que o entendimento do papel na matéria orgânica na agregação do solo é fundamental para a utilização do solo de maneira sustentável.

## 2.7 Avaliação da estabilidade dos agregados

Agregação do solo é um fator importante para o crescimento das plantas e afeta diretamente a infiltração da água, comunidade microbiana, a biodiversidade dinâmica da biomassa do solo, nutriente, a disponibilidade de oxigênio para as raízes e a erosão do solo (NASCENTE *et al.*, 2015).

Tisdall e Oades (1982) explicam que a formação dos agregados e a sua estabilização depende de dois processos, que é formação dos agregados e a estabilização dos mesmos, ambos dependentes dos processos físicos, químicos e biológicos. Soprano (2002) esclarece, com base em várias pesquisas como a de Baver (1972) e Sposito (1989), que nos processos químicos, a formação dos agregados se inicia com a floculação das partículas primárias e, para que ocorra a formação de agregados estáveis nesses processos, necessita de material cimentante, tais como matéria orgânica, óxido de ferro e a autuação biológica.

A estabilidade dos agregados dos solos está sujeita a alteração tanto pelo processo natural, quanto pelas ações antrópicas. Para Souza *et al.* (2004), a estabilidade dos agregados do solo é a resistência que as partículas do mesmo apresentam em relação à ação das forças desagregadoras. Nesse sentido, a diminuição dos materiais agregadores reduz o diâmetro dos agregados e, conseqüentemente, altera a estrutura do solo.

Silva *et al.*, (1998) realizaram um estudo sobre o uso do solo, tipo de solo e a estabilidade dos agregados. Neste estudo, o autor salienta que a movimentação dos solos por tráfego de máquinas e implementos agrícolas contribui para que ocorram modificações no tamanho de seus agregados. O autor comparou o solo com igual teor de matéria orgânica sob diferentes usos: o solo com gramíneas foi o que apresentou maior estabilidade dos agregados. O cultivo intensivo e pequenas adições de material orgânico aumenta a taxa de oxidação, tendo como resultado a redução do teor de matéria orgânica do solo. Essas alterações causam redução da estabilidade dos macroagregados e aumento na dispersão das argilas (SILVA *et al.*, 1998).

Em relação avaliação da estabilidade dos agregados, Kemper *et al.*, (1965) descrevem algumas maneiras de determinar o tamanho e o estado de agregação do solo. Entre os métodos destaca-se o diâmetro Médio Ponderado (DMP), que quando maior for o DMP, ou a presença de agregados grandes, melhor será a estrutura do solo. De maneira geral, cada solo possui sua dinâmica natural podendo ser mais ou menos suscetível às alterações ocasionadas pelas ações antrópicas. Quando o solo é utilizado de maneira predatória pode acarretar em alterações nas propriedades físicas, químicas, biológicas, alterando a morfologia natural do solo e a estabilidade dos agregados.

## **2.8 Estabilidade dos agregados: método via seca *versus* método via úmido**

Frequentemente são utilizados dois métodos para a determinação da estabilidade dos agregados do solo, o método via seca e o via úmida. O método via úmido tem como princípio “medir a quantidade e a distribuição do tamanho dos agregados que são estáveis em água, relacionando-os, com os que não desintegram pela tamisação” (EMBRAPA, 1997). O método via seca tem como princípio “medir a quantidade e a distribuição dos agregados estáveis à agitação mecânica a seco. O jogo de peneiras é submetido aos movimentos rotatórios com vibração e, se a estabilidade é total, não passará nenhuma partícula para as peneiras inferiores” (EMBRAPA, 1997).

Alguns pesquisadores, tais como Flauziano (2012) e Bastos *et al.*, (2005), utilizaram em suas pesquisas ambos os métodos e, ao analisar os resultados, observaram-se que os resultados são muito parecidos. Outro estudo que fez a comparação entre os métodos, foi o de Perusi *et al.* (2012). O autor teve como objetivo avaliar a estabilidade de agregados por via seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo em Argissolo. Neste trabalho, Perusi *et al.* (2012) relacionam os resultados obtidos pelo método via seca e o método via úmida em tabela, possibilitando a comparação dos resultados. Concluir que os resultados de ambos os métodos também foram semelhantes. Angulo *et al.*, (1984) comentam que os métodos se diferenciam, principalmente, na simplicidade, no custo e o tempo que cada um leva para ser desenvolvido.

Dessa forma, devido à confiabilidade de ambos os métodos, esta pesquisa determinou o grau de estabilidade dos agregados pelo método via seca. A escolha deste método é pelo fato de não necessitar de nenhum equipamento sofisticado pela praticidade, o baixo custo e a agilidade no desenvolvimento de todo o processo.

### 3. ANÁLISE DA ESTRUTURA DA COBERTURA PEDOLÓGICA

A análise estrutural da cobertura pedológica, segundo Queiroz Neto (2002), é a preocupação dos pesquisadores em entender como ocorre a distribuição dos solos em uma vertente, e compreender os processos responsáveis por essa distribuição. Boulet (1993) afirma que este método mostra a preocupação em interpretar e classificar os solos, e que essa metodologia permite analisar a cobertura pedológica e seus estágios de evolução. Ruellan (1988) afirma que esse procedimento possibilita analisar o processo de formação e evolução do solo.

Queiroz Neto (2002) explica que o método de análise estrutural da cobertura pedológica possibilita mapear a distribuição dos solos ao longo de uma vertente, tornando possível a visualização lateral dos processos de evolução do solo. Sendo assim, a aplicação deste método se torna importante para esta pesquisa, uma vez que viabilizara a visualização lateral dos diferentes tipos de solos que ocorrem na vertente, sendo que estes solos estão submetidos a diferentes forma de uso e manejo, o que de acordo com Silva *et al.* (2006) e Ribon *et al.* (2014), pode interferir na dinâmica natural do solo.

Nesse sentido, Barros (1985) salienta que alguns pesquisadores aderiram à metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica, com ênfase em entender as variações verticais e laterais dos volumes do solo. Dessa forma, tornou-se possível compreender o comportamento do solo no espaço e suas relações com o tempo. Queiroz Neto (2002) salienta que para aplicar o método do estudo da análise estrutural da cobertura pedológica, é necessário abrir trincheiras para identificar os perfis dos solos e seus atributos, após realizar sondagens, tornando possível identificar o comportamento dos perfis ao longo da vertente, desenvolvendo, portanto, noções de transformações laterais.

Silva *et al.*, (2001) utilizaram a metodologia de estudo da análise estrutural da cobertura pedológica para estudar a interferência e os efeitos do material de origem do solo e posição topográfica. Os autores comentam que este método tem apresentado boa eficiência na avaliação do comportamento do solo ao longo de uma vertente e a relação com fatores de formações. Silva *et al.* (2001) afirmam que o estudo da análise estrutural da cobertura pedológica é uma ferramenta que esclarece questões da formação e evolução dos solos. Facco *et al.*, (2012) realizou um estudo sobre propriedades físicas da cobertura pedológica de uma vertente e de acordo com o autor,



a metodologia permite compreender os processos de evolução do solo e os fatores responsáveis pelas diferenciações pedológicas.

Para estudar os sistemas pedológicos no noroeste do Paraná, muitos pesquisadores utilizaram a metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica, tais como Nakashima (2000), que utilizou deste método para estudar os sistemas pedológicos da região Noroeste do Paraná, visando compreender os processos erosivos dos solos da região; Cunha *et al.* (1999) que estudou o comportamento erosivo do sistema pedológico de Umuarama, realizando a caracterização pedológica macro e micromorfológica e a caracterização físico-hídrica dos horizontes pedológicos do solo. Outros autores que se faz necessário destacar quando se trabalha com estudo da estrutura da cobertura pedológica é Gasparetto (1999), que estudou a cobertura pedológica no noroeste do Paraná e a relação com o arenito Caiuá. Nesta pesquisa o autor comprovou a relação entre a morfologia e a dinâmica da cobertura pedológica. Sala (2005) trabalhou com os Indicadores de Fragilidade Ambiental no ribeirão Maringá PR, concluindo que os solos á jusante da topossequência do sítio Fenação, estão sujeitos a deposição de materiais oriundos da foz do ribeirão Maringá. Zapparoli (2009) fez um estudo sobre as transformações pedológicas na bacia do córrego Aratu em Florai - PR, identificando as transformações pedológicas numa topossequência e a relação com o relevo, no qual as vertentes apresentam suaves patamares em direção a drenagem principal. Fumiya (2013) pesquisou as transformações estruturais de uma topossequência no basalto em Marumbi PR. O autor concluiu que a análise estrutural da cobertura pedológica permitiu identificar o sistema pedológico e a associação com a topografia do terreno.

Com base nestes estudos, entre outros, foi utilizado a metodologia de estudo da análise estrutural da cobertura pedológica, sendo que este método já foi utilizado por diversos pesquisadores, demonstrando eficazes nos resultados obtidos, dessa forma com a utilização deste método de estudo, tornou-se possível atingir os objetivos propostos por esta pesquisa.

## **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 Localização da área de estudo**

O recorte espacial da pesquisa é a bacia hidrográfica do ribeirão Água Iguaçu, localizada na região Norte Central do Paraná (Figura 1). A bacia vem sendo transformada por diferentes processos de uso e ocupação do solo. O município de Iguaçu possui uma área de 165 Km<sup>2</sup>, com uma população de 3.982 habitantes. A colonização de Iguaçu iniciou por volta de 1938 a 1940, em 1942 passou a ser distrito de Astorga, sendo elevado à categoria de município pela lei estadual nº 2505, em 22/11/1955 (IBGE, 2010).

A cidade de Iguaçu, igualmente a boa parte do norte do Paraná, foi colonizada em um curto período de tempo. Junto à colonização, ocorreu a derrubada da vegetação original, o que trouxe prejuízos ao meio ambiente. Inicialmente, a economia de Iguaçu se baseava na cultura do café. No final da década de 70, no entanto, o café começa a ser substituído por pastagem e culturas temporárias, modificando a economia e a estrutura fundiária do município (PORTAL ONLINE DE IGUAÇU, 2015).

### **4.2 Substrato Rochoso**

A área de estudo está sobre o Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto de Guarapuava (MAACK, 1968). De acordo com Piense e Nardy (2003), a litologia predominante no terceiro planalto paranaense pertencente à Formação Serra Geral, composto por derrames vulcânicos de composição básica.

Leinz *et al.* (1966) explica que a baixa viscosidade da lava básica e a topografia podem estar relacionadas com a grande área de distribuição da Formação Serra Geral. A composição mineralógica destas rochas “compreende essencialmente plagioclásio e piroxênio, com proporções menores de magnetita. Intercrescimento micrográfico, vidro intersetal, quartzo e apatita são constituintes menores. Zeólitas, minerais de cobre, quartzo em suas variedades e argilominerais são registrados em amígdalas” (Barros *et al.*, 2011). A Formação Caiuá, que também é encontrada na região do Paraná, Soares *et al.* (1980) comenta que esta formação recobre parte do Terceiro Planalto Paranaense, e que a Formação Caiuá é constituída, predominantemente, por arenito com grão de quartzo médio a fino, calcedônia e feldspato, com pequenos teores de matriz argilosa. Na figura 2 é possível observar as duas formações encontradas no município de Iguaçu, sendo que a maior parte é constituída pela Formação Serra Geral.

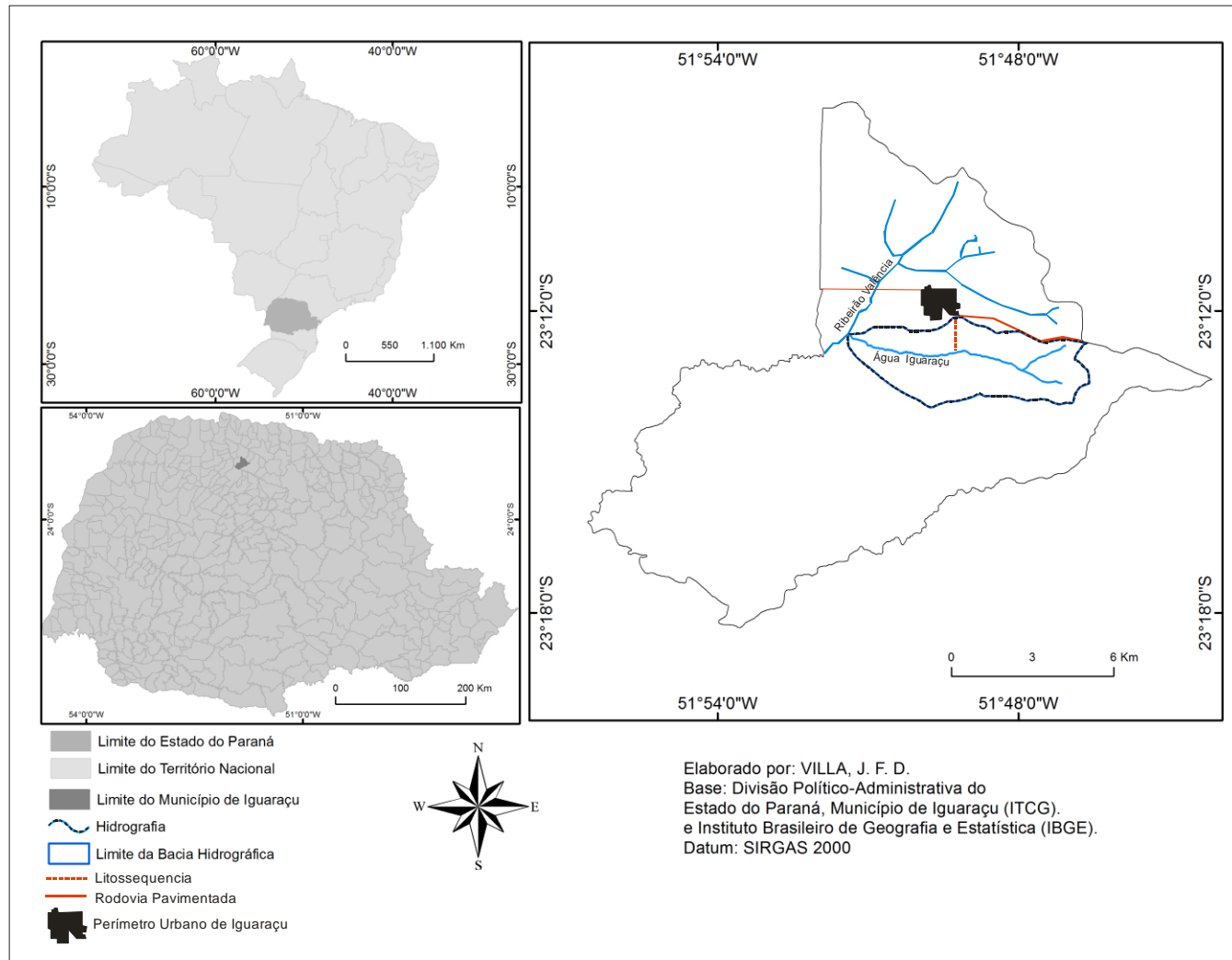


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Iguaraçu, Iguaraçu - PR

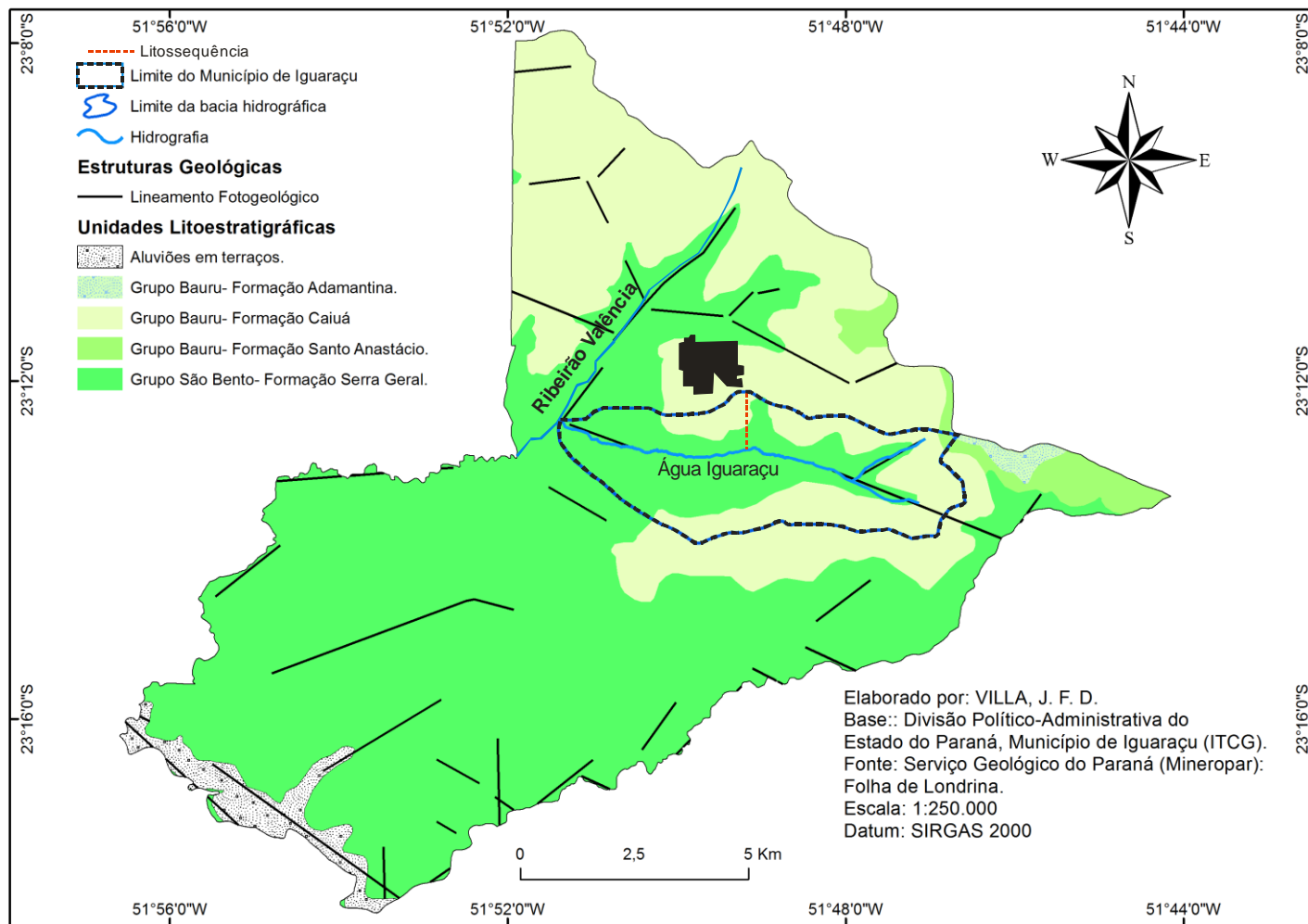


Figura 2. Estrutura geológicas e unidades litoestrarigráficas do município de Iguaraçu - PR

### 4.3 Solos

Na área de estudo são encontrados, de acordo com IPARDES/ITCG (1999), os seguintes tipos de solos (Figura 3):

**A) Latossolo Vermelho Distrófico:** de um modo geral, os Latossolos são solos constituídos por material mineral e apresentam horizonte B latossólico, logo abaixo do horizonte A. São solos bem evoluídos com atuação expressiva de processo de latossolização. Os Latossolos Vermelhos têm matriz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B. O latossolo Vermelho Distrófico, são solos com baixa saturação por base ( $V < 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (EMBRAPA, 2013).

**B) Latossolo Vermelho Eutrófico:** estes solos possuem saturação por bases alta ( $V \geq 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (EMBRAPA, 2013).

**C) Argissolo Vermelho Distrófico:** são solos com evolução avançada, e atuação incompleta de processo de ferralitização. Os Argissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural logo abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou alta junto com a saturação de base baixa ou com caráter alítico na maior parte do horizonte B. O Argissolo Vermelho, possui matriz 2,5YR ou mais vermelho com matriz 5YR e cromas iguais ou menores que 4, nos primeiros 100cm do horizonte B. O Argissolo Vermelho Distrófico, possuem saturação por base  $< 50\%$ , na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (EMBRAPA, 2013).

**D) Nitossolo Vermelho Eutroférico:** são solos constituídos por material mineral, com  $350\text{g Kg}^{-1}$  ou mais argila, com horizonte B nítrico, abaixo do horizonte A. O horizonte B nítrico apresenta argila de baixa atividade, podendo apresentar caráter alítico abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50cm do horizonte B. Os Nitossolos Vermelhos possuem matriz 2,5R ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B. Nitossolos Vermelhos Eutroféricos são solos com saturação por base alta ( $V \geq 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 2013).

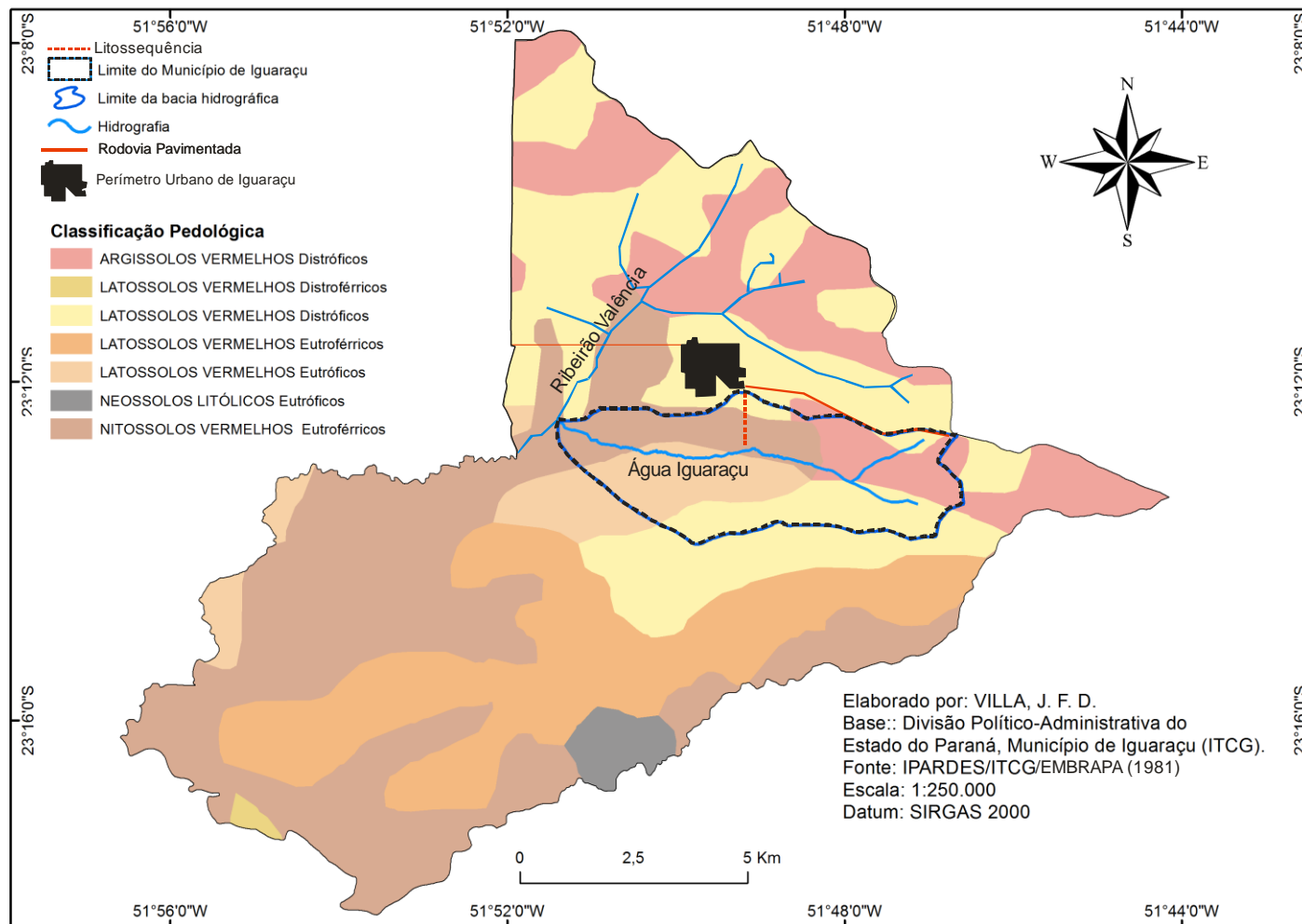


Figura 3. Classificação pedológica bacia hidrográfica Água Iguaçu, Iguaçu - PR

#### 4.4 Clima

Em relação às condições climáticas, de acordo com IAPAR (2014), a área da bacia do ribeirão Água Iguaçu está submetida ao clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes com tendência de chuvas concentradas, sem estação seca definida e com raras geadas. De acordo com a IAPAR (2014), as precipitações anuais podem variar entre 1.250 e 1.500mm. O maior índice pluviométrico se dá no verão, concentradas nos meses de dezembro e janeiro (Figura 4). Ao analisar a figura 4, é possível observar que o semestre de verão, a temperatura média é de 26°C, sendo registrado as maiores temperaturas nos meses de Dezembro e Janeiro. No semestre de inverno, a temperatura média é de 18°C, e nos meses de Junho e Agosto são registradas as temperaturas mais baixas.

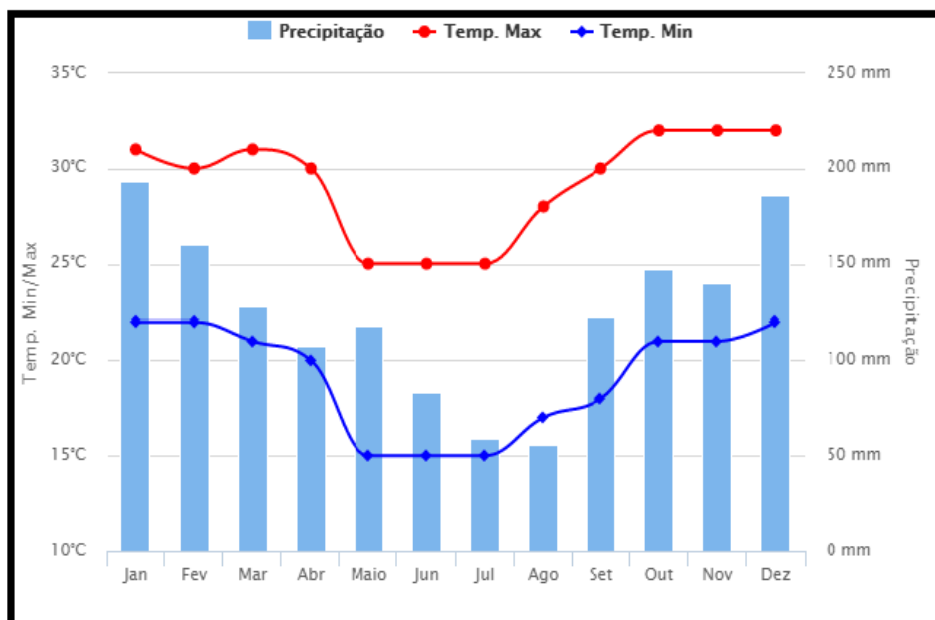


Figura 4. Precipitação anual e Temperatura de Iguaraçu PR  
Fonte: Clima Tempo (2014)

#### 4.5 Hipsometria

Ao analisar a carta hipsométrica (Figura 5), é possível observar que na classe entre 510-550 esta localiza a nascente do ribeirão Água Iguaçu, enquanto nas classes 410-430, 450-470, as vertentes são mais longas, denotando um relevo mais suavizado. A bacia hidrográfica Água Iguaçu é banhada pelo córrego Águas do Iguaçu, que deságua a 400 metros de altitude no ribeirão Valência. O córrego tem aproximadamente 8km de comprimento, sendo caracterizado rio de segunda ordem. A altitude da bacia hidrográfica varia entre 450 a 630m.

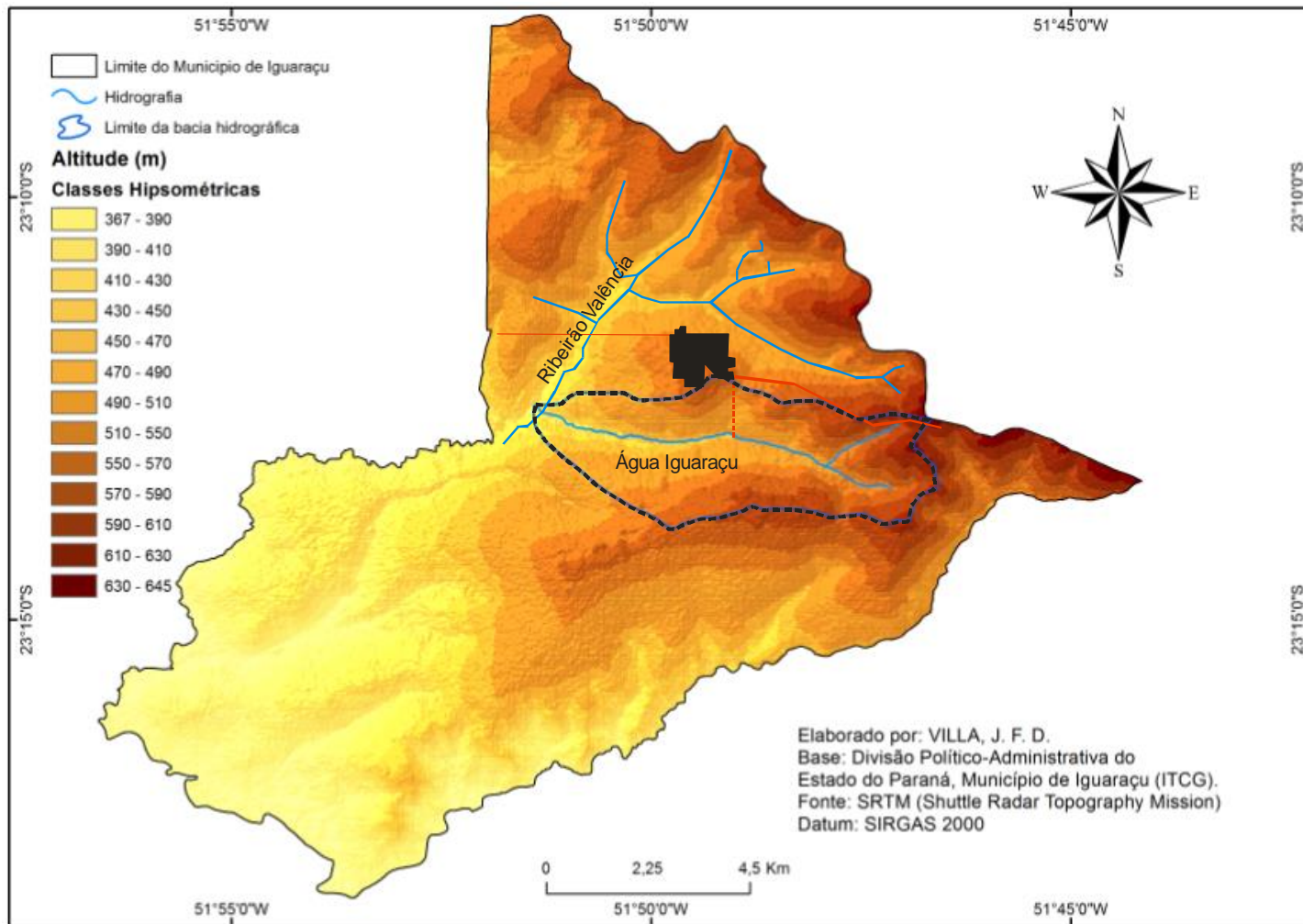


Figura 5. Hipsometria da bacia hidrografia Água Iguaçu, Iguaraçu - PR



#### 4.6 Usos e ocupação do solo

Os solos do município de Iguaraçu atualmente estão submetidos à agricultura intensiva com cultivo rotacionado de soja, milho, pastagem. No dia 25/10/2014, os solos da bacia hidrográfica Água Iguaraçu, estavam com 28% de uso para pastagem, 24% de cultivo rotacionado, 3% de vegetação e 45% de solo exposto (Figura 6). No entanto, o período em que se determinou o uso do solo é a fase pós-colheita da soja e antecedente ao plantio do milho, ou seja, provavelmente estes 45% de solos expostos são utilizados para o cultivo rotacionado. Essa prática permite concluir que boa parte do solo da área estudada, está submetida às culturas rotacionadas.

Ao relacionar as informações de uso do solo com o substrato rochoso e hipsometria, referente à bacia hidrográfica Água Iguaraçu, é possível observar que, na parte mais alta entre 550 a 630m se encontra a Formação Caiuá, onde há predominância do cultivo de culturas rotacionadas e pastagens, enquanto na parte mais baixa entre 410 e 510m, sobre a Formação Serra Geral o solo está sendo utilizado predominantemente, para o cultivo da soja e do milho. Quando se estuda o uso do solo, se faz necessário destacar o argumento de Wendling *et al.* (2005). Os autores afirmam que a vegetação é um fator importante na formação de agregados, tanto pela ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante que, indiretamente fornece nutrientes à fauna do solo.

Desta forma, Costa *et al.* (2008) realizaram um estudo sobre a estabilidade de agregados sob diferentes cultivos, incluindo o milho. De acordo com o autor, o cultivo do milho proporciona acúmulo de matéria orgânica no solo, o que irá contribuir para a melhor qualidade dos atributos físicos do solo, bem como para estabilidade de agregados. Nesse sentido, Ibiapina *et al.* (2014) citam as alterações no solo causados após três anos de cultivo de soja. Segundo o autor, o cultivo da soja pode diminuir a quantidade de carbono orgânico no solo, o que pode alterar na qualidade de matéria orgânica, modificando a estabilidade dos agregados dos solos. Salton (2005) faz uma relação sobre a estabilidade de agregados sob diferentes culturas, entre elas a do milho, da soja e das pastagens. Dentre estas, a pastagem é a que apresenta agregados mais estáveis. O autor explica com base em diversos estudos que as ações das raízes das pastagens e a liberação de exsudatos por hifas de micorrizas se relacionam fortemente com a maior estabilidade dos agregados.

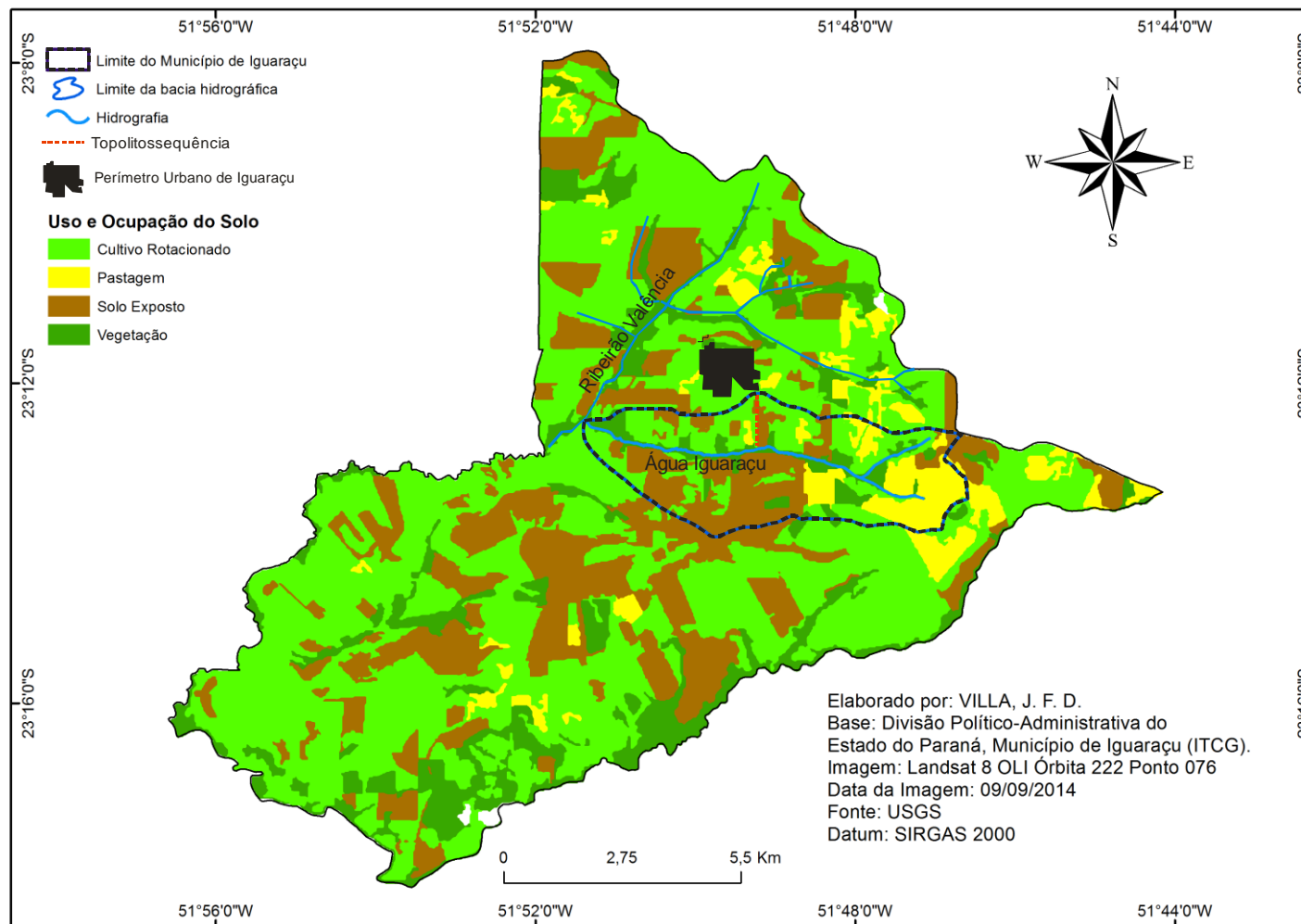


Figura 6. Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica Água Iguaçu, Iguaçu - PR

## 5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa foi realizada em toplotossequência em uma vertente representativa localizada na cidade Iguaraçu, onde se encontra solos derivados de diferentes formações. Com o objetivo de entender o comportamento dos volumes dos solos, foram realizados diversos procedimentos, entre eles as incursões a campo. Os trabalhos de campo iniciaram logo após o levantamento bibliográfico sobre os temas abordados, possibilitando determinar quais parâmetros seriam analisados para obter resultados satisfatórios. Feito isso, foi realizada uma incursão a campo na área de estudo para determinar onde seriam coletadas as amostras.

Com o objetivo de analisar e representar a organização dos volumes de solos na toplotossequência, este estudo seguiu a metodologia proposta por Boulet (1993). Com as informações obtidas pelos mapas de geológico e de solos foi possível identificar onde era a área de transição entre as formações Caiuá e Serra Geral. Logo após, foram abertas três trincheiras, a primeira na alta vertente a  $23^{\circ}49'11''\text{S}$  e  $51^{\circ}49'11''\text{O}$  (TR-1), segunda na média vertente a  $23^{\circ}12'14''\text{S}$  e  $51^{\circ}49'11''\text{O}$  (TR-2) e a terceira na baixa vertente a  $23^{\circ}12'42''\text{S}$  e  $51^{\circ}49'11''\text{O}$  (TR-3). Dessa forma, foi possível identificar os horizontes e suas classes dos solos. Em seguida, foram realizadas diversas incursões em campo, sendo efetuadas várias sondagens de montante à jusante, com o objetivo de conhecer o comportamento dos volumes do solo ao longo da vertente. Em cada sondagem foram coletadas amostras de solo a cada 20cm ou quando houve alguma alteração. Posteriormente, as amostras foram submetidas às análises granulométricas, tornando possível conhecer o comportamento da textura dos solos da área estudada, e essas informações foram ilustradas em um produto cartográfico.

Neste estudo optou-se por trabalhar em toplotossequência, uma vez que de acordo com Ruellan (1988), Boulet (1993) e Queiroz Neto (2002), este método possibilita verificar o processo de formação, evolução e o comportamento dos volumes do solo ao longo da vertente. Dessa forma este método proporciona entender o comportamento da estabilidade dos agregados nos volumes de solos derivados de diferentes litologias. Como já salientado, a estabilidade de agregado envolve diversos fatores e, com base nas pesquisas de Carpenedo (1985), Guerra e Botelho. (1996), Filho *et al.*, (1998), Silveira (2001) e Soprano (2002), foram determinados os tipos de

análises a serem efetuadas e, posteriormente, relacionadas com os resultados da estabilidade dos agregados.

### **5.1 Carbono orgânico**

Para determinar o carbono orgânico, inicialmente foi colocado 5g de solo destorroado, em um erlenmeyer de 250ml e adicionado 10ml de dicromato de potássio. Em um tubo de 25mm de diâmetro adicione-se água até a boca do erlenmeyer, que vai funcionar como um condensador ao ferver por 5 minutos em uma chapa elétrica. Com o erlenmeyer frio adiciona 80ml de água destilada e 2ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas de indicador difenilamina. Feito isso, as amostras foram tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,1N até que atinja a cor verde (EMBRAPA, 1997). E a partir da seguinte fórmula, é possível determinar o carbono orgânico.

- Cálculo:  $C \text{ (g/kg)} = (40 - \text{volume gasto}) \times f \times 0,6$

-  $f = 40 / \text{volume de sulfato ferroso gasto na prova em branco}$

Para determinar a matéria orgânica, foi utilizado o método proposto pela EMBRAPA (1999), em que a relação usada para calcular a porcentagem de matéria orgânica é  $1,724 \times$  a quantidade de carbono orgânico do solo.

### **5.2 Análise granulométrica**

As análises granulométricas foram realizadas pelo método da dispersão total, que se baseia na velocidade de queda das partículas. Os procedimentos foram realizados de acordo com as normas do manual da EMBRAPA (1997). Primeiramente, as amostras foram secas ao ar, em seguida foram destorroadas, até ficar parecida com “pó de café”. Com amostra preparada, foram pesados 20g de solo, após adicionou se 100ml de água e 10ml de solução hidróxido de sódio. Agitar com bastão de vidro e deixar em repouso durante 12 horas.

No dia seguinte, as amostras foram agitadas em um agitador elétrico. Nesse processo, as amostras são colocadas em vidros próprios do equipamento e agitadas por 18 horas. Após agitadas, as amostras foram colocadas em uma peneira de malha de 0,53cm e lavadas com água destilada sobre uma proveta de 1.000ml. Lava-se amostra até que toda a argila e o silte passem para a proveta. Em seguida, foi realizado o processo de pipetagem, em que foi tirada uma alíquota de amostra com auxílio de uma pipeta, determinando, assim, o percentual de silte e argila. A areia retida na peneira é passada para uma vasilha de peso conhecido e encaminhada para uma estufa. Quando

secas, são colocadas em um jogo de peneira com abertura de 2mm, 1mm, 0,500mm, 0,250mm, 0,125mm e 0,63mm, e encaminhadas a um agitador. A fração de areia retida na peneira foi pesada e assim foram determinadas as porcentagens das frações das areias. É necessário que se desconte o percentual de dispersante para isso é feito a amostra nomeada de branca (EMBRAPA, 1997).

### **5.3 Argila dispersa em água**

Para a determinação deste parâmetro, utilizou-se o método de pipetagem seguindo a mesma metodologia para realização da granulometria. Para a quantificação não se utilizou dispersante e também não foram separadas as frações areia do solo. O objetivo desta análise é apenas obter informação sobre a quantidade de argila natural que esta dispersa e floculada. Para a determinação do índice de floculação da argila, utilizou-se o método indicado pelo EMBRAPA (1997).

A determinação deste atributo basta realizar o seguinte cálculo:

$$C = A - B/A * 100$$

A – Percentual de argila.

B – Percentual de argila dispersa em água (Argila Natural).

C – Índice de floculação da argila.

Este cálculo “indica a proporção da fração argila que se encontra floculada, informando sobre o grau de estabilidade dos agregados” (EMBRAPA, 1997).

### **5.4 Estabilidade dos agregados**

Para a coleta das amostras foram abertas três trincheiras com 2,0m de profundidade. A primeira na alta vertente (TR-1), a segunda na média vertente (TR-2), e a terceira na baixa vertente (TR-3). Após, foi realizado a separação dos volumes do perfil de solo e procedeu-se a descrição morfológica detalhada. Em seguida, foram coletadas as amostras indeformadas de cada volume (Tabela 1), na forma de blocos de aproximadamente 10Kg, de modo que não sofresse deformação. Os blocos de solos coletados foram identificados, cuidadosamente protegidos enrolando-se um papel filme e colocados em caixas de papelão para serem transportando até o laboratório (Figura 7). A estabilidade dos agregados permite avaliar a condição física dos volumes do solo propícios as alterações, conforme o uso e manejo. Para a realização desta análise, utilizou se procedimento via seca, seguindo o método de peneiramento a seco indicado pela EMBRAPA (1997).

Tabela 1. Identificação das amostras coletadas nas trincheiras

Solos	Profundidade (cm)	Volume
Latossolo Vermelho Distrófico	0 – 29	Ap
	29 – 68	AB
	68 – 135	Bw
	135 – 200	Bw1
Argissolo Vermelho Distrófico	0 – 25	Ap
	25 – 47	E
	47 – 140	Bt
	140 – 200	Bw1
Nitossolo Vermelho Eutroférico	0 – 25	Ap
	25 – 49	AB
	49 – 146	B nítico
	146 – 200	Bw1



Figura 7. Amostra protegida com papel filme

No laboratório, iniciou-se o procedimento de destorroagem, isto é, o solo é quebrado manualmente sem a utilização de ferramentas, sem impacto. Assim, o mesmo se rompe no seu ponto mais fraco. O próximo passo foi passar as amostras em peneira com abertura de 4mm e encaminhar à estufa a 60°C, por 12 horas, para que o solo perdesse toda a umidade.

Posteriormente, foi colocado 100g de solo em um jogo de peneira com as seguintes malhas, 2mm, 1mm, 0,59mm e 0,250mm e um fundo. Em seguida, as amostras foram agitadas em agitador vibratório por 10 minutos a 30 vibrações por minuto. Passado o tempo, o material retido de cada peneira foi pesado. Esse

procedimento foi repetido por cinco vezes em cada amostra. Para o cálculo matemático do diâmetro médio ponderado dos agregados, com base na pesquisa de Salton et al. (2012) e na EMBRAPA (1997), aplicou-se a seguinte fórmula:

$$DMP = \sum (x_i \cdot w_i)$$

$W_i$  = massa de cada solo em gramas.

$X_i$  = diâmetro médio das classes em mm.

### **5.5 Representação da toplotossequência**

Para a confecção do perfil topográfico, inicialmente foi necessário ir para campo munido de um clinômetro, GPS e metro, com esses equipamentos foi possível obter dados da inclinação e irregularidades da área a ser representada em perfil topográfico. Com a utilização do software *AutoCad* 2014 versão estudante, foi confeccionado o perfil topográfico, em seguida foi impresso para facilitar a adição de todas as informações a serem representadas no perfil. Feito isso, o perfil em papel foi digitalizado pelo programa *CorelDraw* x3. Este programa foi utilizado pelo fato do mesmo possuir ferramentas que possibilitam o bom acabamento e precisão.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Descrição da toplotossequência

A toplotossequência da bacia hidrográfica Águas Iguaraçu (Figura 8), localizada no município de Iguaraçu PR, tem 1.382 metros de comprimento. De acordo com Andrade (2005), os compartimentos de paisagens, entre o arenito e o basalto, possuem um relevo com vertentes longas. A escolha do local de estudo, deve-se ao fato de ser uma área onde ocorre o contato entre diferentes unidades litoestratigráficas. Ao estudar a toplotossequência é possível evidenciar que, ao longo da área de estudo existem diferentes tipo de solo: Latossolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho Distrófico, Nitossolo Vermelho Eutroférico.

Ao analisar os volumes do solo, é possível observar que na TR-1 está sobre materiais oriundos da Formação Caiuá. O primeiro volume identificado foi o Ap, situado no topo da TR-1, com 29cm de espessura; apresenta com cor marrom-claro, classificada como 2.5YR 4/6; textura franco-arenosa; estrutura fraca, pequena, granular passando a grão simples, solta e muito friável; ligeiramente plástica e pegajosa. Este volume segue sentido jusante e entre as sondagens 5 e 6, em que há um declive na vertente, começa ocorrer mudança na textura e na estrutura do volume. Na TR-2, o Ap é encontrado com 25cm de espessura, de cor marrom-médio, classificado como 2.5 YR 5/6, franco arenosa, estrutura que se desfaz em grão simples, com blocos angulares e subangulares, solta, muito friável e não plástico e não pegajosa. O Ap segue para baixa vertente, sendo que após a sondagem 8, ocorre uma alteração expressiva no volume. Observa-se um aumento no percentual de argila gradativo no sentido à jusante e uma mudança na estrutura, sendo identificado na TR-3 com as seguintes características; espessura de 25cm, com cor marrom-escuro-avermelhada (10R 4/3), textura muito argilosa, estrutura média, granular passando a bloco angulares a subangulares, ligeiramente dura, firme, muito pegajosa e muito plástica.

Logo abaixo do volume Ap da TR-1 de maneira gradual inicia o AB, com 39cm de espessura, de cor marrom-escuro classificado como 2.5 YR 4/4, textura franco arenosa, estrutura fraca a moderada em blocos angulares a subangulares e textura macia, friável, ligeiramente plástica e pegajosa. Este volume já se encontra um pouco mais argiloso, e melhor estruturado em relação ao volume acima. O volume AB segue sentido à jusante com algumas variações na espessura e na estrutura, sendo que



entre as sondagens 5 e 6, de forma abrupta ocorre, à transição lateral do volume AB para o E.

Na TR-2, o volume E é identificado com a espessura de 22cm; de cor vermelho-alaranjada, classificada como 2.5 YR 4/8; com textura franco arenosa; estrutura que se desfaz em grão simples, com blocos angulares e subangulares, solta, muito friável e não plástico e não pegajosa a ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. O volume segue por aproximadamente 150m à jusante, e entre as sondagens 8 e 10, de forma gradual, ocorre a transição para o volume Ap, que segue até a baixa vertente.

De volta a TR-1, logo abaixo do volume AB, de maneira gradual, inicia o volume Bw. Este com 67cm de espessura; cor marrom-escuro-avermelhada classificada como 2.5 YR 3/6; textura franco-argilo-arenosa; estrutura fraca, pequena a média em blocos angulares e subangulares, textura friável e ligeiramente plástica e pegajosa. Seguindo para a média vertente, e entre as sondagens 5 e 6, ocorre uma mudança na estrutura do volume e de maneira abrupta, se dá a transição lateral do volume Bw para o volume Bt, este um pouco mais argiloso.

O volume Bt é identificado na TR-2 com espessura de 93cm, de cor marrom-avermelhada, classificada como 2.5 YR 4/4. Com textura franca argilo-arenosa; estrutura moderada a forte, com blocos angulares e subangulares; macia e muito friável, ligeiramente pegajosa e plástica. O Bt segue no sentido baixa vertente, por aproximadamente 300m, onde há o contato abrupto lateral com o volume AB, que segue até a baixa vertente. Como já descrito o volume AB foi identificado na alta vertente sobre a formação Caiuá, no entanto, o volume AB é encontrado novamente a partir da sondagem 10, mas agora pertencendo à formação Serra Geral, com característica bem distinta, tanto na estrutura quanto na textura, e há um acréscimo gradual de argila considerável à jusante. Sendo identificado na TR-3 com 24cm de espessura; cor marrom-escuro-avermelhada (10R 4/4); textura muito argilosa; estrutura forte a média, blocos angulares a subangulares, macia, firme, muito pegajosa e muito plástica.

O volume Bt, na média vertente, entre as sondagens 9 e 10, também faz contato verticalmente com o volume B nítico. Mas de maneira gradual, este volume, a partir da sondagem 10, tem um acréscimo de argila e decréscimo de areia no sentido jusante. O B nítico é identificado na TR-3 com 97cm de espessura; cor marrom-escuro-avermelhada. (10R 4/6); textura muito argilosa; estrutura forte a média, em blocos

angulares a subangulares, passando a prismática; levemente dura, firme, muito pegajosa e muito plástica; com serosidade forte. E a transição entre os volumes subsequente plana e difusa.

No topo da vertente na TR-1 logo abaixo do volume Bw, inicia de maneira gradual o Bw1, este volume é identificado em toda a vertente. No entanto, o volume encontrado na alta vertente até a média vertente é bem distinto do volume encontrado da média a baixa vertente. Na TR-1, o Bw1 é identificado com 65cm de espessura; cor vermelho-escuro, classificada como 2.5 YR 4/6; textura franco-argilo-arenosa; estrutura fraca pequena, com blocos angulares e subangulares, solta muito friável e levemente plástico e pegajosa. Entre as sondagens 5 e 6, o volume começa apresentar algumas alteração na textura e na estrutura. É caracterizado na TR-2 com 60cm, cor vermelho-médio, classificado como 2.5 YR 4/6; textura franco argilo-arenosa; estrutura fraca a média, com blocos pequenos angulares a subangulares, solta e muito friável, levemente pegajosa a plástica e pegajosa. Após a sondagem 7, o volume apresenta mudanças expressivas na textura e na estrutura, que está relacionado com as diferentes formações. O volume é identificado na TR-3 com textura muito argilosa; 54cm de espessura; cor vermelho-escuro (10R 4/6 a 4/8); estrutura forte a média, blocos angulares a subangulares passando a prismática; levemente dura, firme, muito pegajosa e muito plástica e com cerosidade forte.

Ao analisar a representação da topolitossequência (Figura 6), se faz necessário observar que na área de transição entre os solos oriundos de formações distintas, há um declive. Nesse sentido, Moresco *et al.* (2003) comentam que a formação de patamares em uma vertente pode estar relacionado com as característica dos solos e os processos erosivos. Magalhães *et al.* (2014) complementam dizendo que a formação de patamares pode ser originados por diferença de resistência litológica.

## Topolitossequência do Jardim Pioneiro - Iguaraçu PR

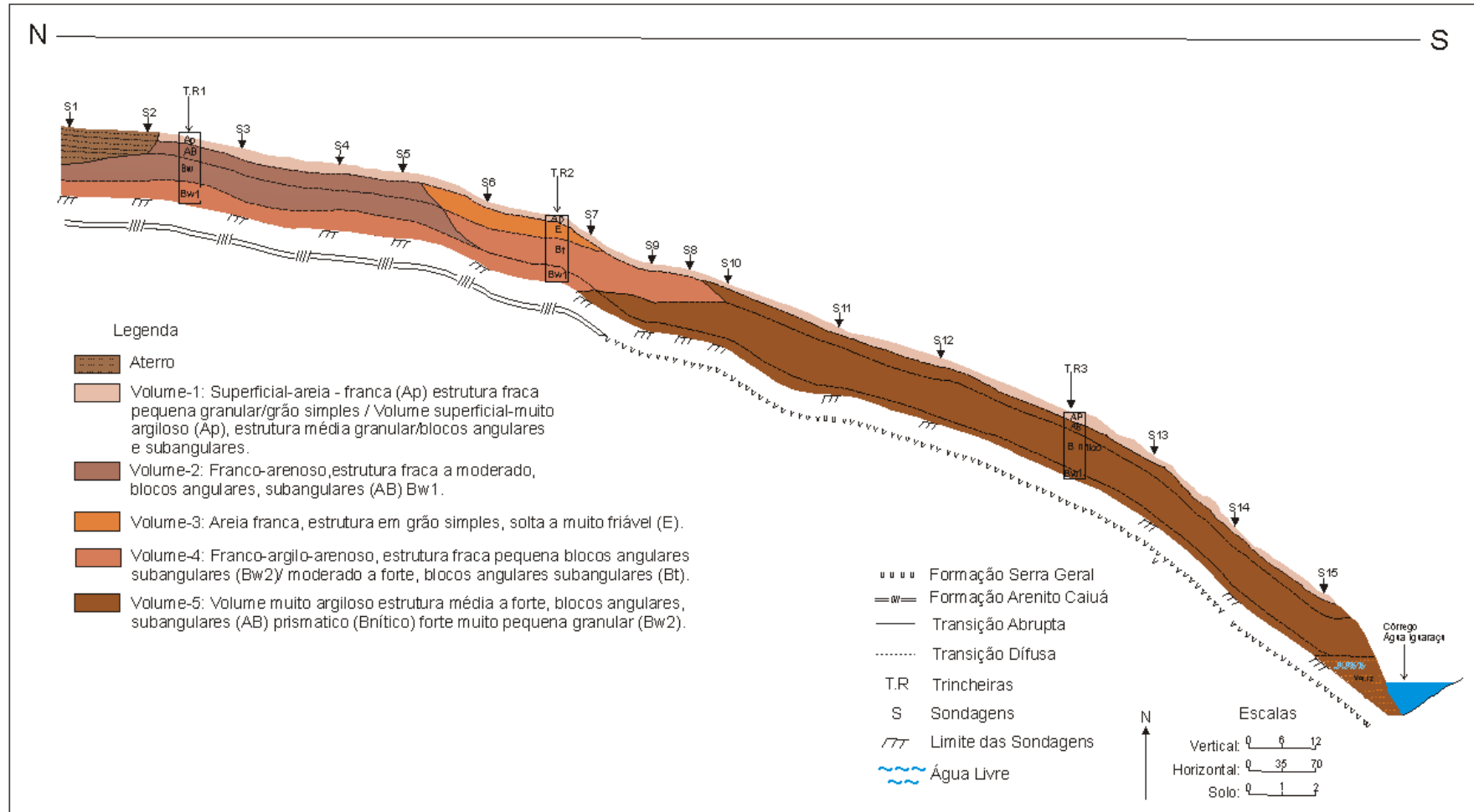


Figura 8. Topolitossequência da bacia hidrográfica Águas de Iguaraçu, Iguaraçu-PR

## 6.2 Análise Granulométrica

As análises granulométricas foram realizadas em todos os volumes encontrados nas TR-1, TR-2 e TR-3 (Tabela 2), possibilitando acompanhar o comportamento dos mesmos ao longo da vertente. Ao verificar os resultados, é possível observar que o volume Ap da TR-1 possui predominantemente a fração areia fina, resultado este, muito semelhante ao Ap da TR-2. O volume encontrado nas duas primeiras trincheiras possui frações granulométricas muito semelhantes, a única alteração verificada foi que na TR-2, o volume tem um decréscimo de silte e um acréscimo de areia fina, que corresponde uma variação de 2%. No entanto, as frações granulométricas do volume Ap encontrado na TR-3, é totalmente distinto dos demais, havendo uma predominância da fração argila.

Na TR-1 logo abaixo do volume Ap é identificado o AB que também tem predominância de areia fina, mas quando comparado com o volume acima esse percentual é 4% a menos, sendo este valor compensado na fração argila. O volume AB faz contato lateral com o volume E, identificado na TR-2. O percentual granulométrico deste volume é semelhante ao do AB da TR-1, mas com 2% a mais da fração areia fina e 1% de areia grossa, sendo contabilidade um total de 3% de aumento da fração areia. Essa mesma quantidade foi de decréscimo do silte, mantendo em ambos os volumes a mesma quantidade de argila (12%).

Na TR-3 logo abaixo do Ap, o volume AB é novamente encontrado, porém com características bem distintas ao encontrado na TR-1. Nesta trincheira o volume é caracterizado com predominância de argila e silte. As areias correspondem apenas a 3% do total das frações granulométricas, sendo que, neste mesmo volume na TR-1 as frações de areias correspondem a 80%. Na TR-1, logo abaixo do volume AB, foi identificado o BW, apesar de um decréscimo de 1% de areia fina, 1% de areia grossa e o aumento de 5% de argila. A fração predominante é a areia fina. O volume Bw faz contato lateral com o Bt, este encontrado na TR-2, com características um pouco diferente ao do volume encontrado na TR-1 e TR-2. Apesar das frações areias ainda serem predominantes, ocorre um acréscimo de 9% de argila em comparação ao Bw e de 14% em relação ao volume superior (volume E). O Bt faz contato horizontal com o B nitico.

O volume B nitico é identificado na TR-3 com predominância da fração argila, no entanto há um pequeno aumento da fração areia em relação ao volume AB (cerca

de 2%). De volta à TR-1, logo abaixo do Bw, é encontrado o volume Bw1. Este volume, igualmente a todos os volumes encontrados nesta trincheira tem predominância da fração areia fino, havendo um acréscimo de 5% de argila em relação ao volume superior. O volume segue para jusante sendo identificado na TR-2, com algumas alterações, ocorre um aumento de 9% de argila quando comparado com o mesmo volume da TR-1 e de 5% comparado com o volume acima (volume Bt). A fração areia total é predominante correspondendo a total de 57%, porém as mesmas frações correspondem na TR-1, 75%, sendo possível concluir que houve uma redução de 18% da fração areia.

O Bw1 segue sentido baixa vertente sendo identificado novamente na TR-3. O volume Bw1, igualmente aos de mais encontrados nesta trincheira é predominantemente composto pela fração argila, sendo que este volume foi o mais argiloso de todos outros estudados, aqui apresentados apenas um total de 3% de areia. Ao relacionar os dados granulométricos é possível evidenciar que os volumes encontrados na TR-3 apresentaram resultados distintos aos dos volumes das demais trincheiras, sendo que os volumes encontrados nesta trincheira tiveram poucas variações nas frações granulométricas, e com predominância da fração argila. Esse resultado está relacionado com o fato das TR-1 e TR-2 estarem localizadas sobre volumes derivados da formação Caiuá e a TR-3 sob volumes derivados da formação Serra Geral.

Tabela 2. Granulometria dos volumes estudados

Trincheiras	Volume	Espessura (cm)	Argila%	Silte%	Areia Fina %	Areia Grossa%
TR – 1	Ap	29	8	7	62	23
	AB	39	12	8	58	22
	Bw	67	17	5	57	21
	Bw1	65	22	3	59	16
TR – 2	Ap	25	8	5	62	25
	E	22	12	5	60	23
	Bt	93	26	6	50	18
	Bw1	60	31	12	36	21
TR – 3	Ap	25	77	19	3	1
	AB	24	77	20	2	1
	B nítico	97	76	19	4	1
	Bw1	54	78	19	2	1

### 6.3 Argila dispersa em água e grau de flocação

A análise da argila dispersa em água e o grau de flocação mostram o comportamento natural da argila, que pode ser alterado de acordo com o uso e manejo do solo. Para Gasparetto (2009), essas alterações podem causar desestabilização da estrutura do solo. Os resultados destas análises indicam a proporção da fração de argila que se encontra floculada e dispersa em água. Informa também sobre o grau de estabilidade dos agregados, ou seja, solos com maior grau de flocação melhor estruturado estará (EMBRAPA, 1997). Nesse sentido, Santos *et al.*, (2010) e Carvalho (2014) explicam que solos com valor de grau de flocação mais próximo de 100% tende apresentar agregados mais estáveis.

Os resultados de argila dispersa em água e o grau de flocação dos volumes encontrados nas TR-1, TR-2 e TR-3 estão expressos na tabela 3. Ao verificar os resultados, é possível observar que o volume Ap da TR-1 possui a argila bem dispersa com baixo grau de flocação, situação esta que permanece no Ap da TR-2. Em ambas as trincheiras os resultados foram idênticos, no entanto, ao verificar os resultados do Ap da TR-3 é notória a diferença. Ao relacionar a argila total (Tabela 2) e argila dispersa em água (Tabela 3), do volume Ap da TR-3, percebe-se que este volume possui a argila menos dispersa, conseqüentemente com maior grau de flocação, quando comparado com o volume Ap encontrado nas TR-1 e TR-2.

Os resultados do volume AB da TR-1, indicam que a argila encontrada neste volume é menos dispersa em água e mais floculada em relação ao volume acima. No entanto, o grau de dispersão ainda é alto. O volume AB é interrompido um pouco antes da média vertente, onde faz contato abrupto lateral com o volume E. Sendo que o volume AB reaparece média/baixa vertente seguindo a jusante, sendo encontrado na TR-3 com resultados bem distintos de argila dispersa em água e grau de flocação. O volume possui a argila com menor grau de dispersão e mais floculada quando comparado com o volume AB, encontrada na TR-1.

Em relação ao volume E, este identificado na TR-2 abaixo do Ap, os resultados evidenciaram que a argila encontrada neste volume, está nas mesmas condições que a argila do AB da TR-1. Os resultados de argila dispersa em água e o grau de flocação foram idênticos. Assim, em ambos os volumes, a argila se encontra dispersa, evidenciando baixo grau de flocação. O próximo volume analisado foi o Bw. Este,

comparado com o volume acima possui a argila menos dispersa e 2% mais floculada, mas ainda a argila deste volume permanece bem dispersa e pouca floculada.

O Bw faz contato lateral com o volume Bt, este encontrado na TR-2, a argila deste volume está menos dispersa e cerca de 13% mais floculada do que a argila encontrada no Bw. Quando se compara os resultados do Bt com o do E é possível verificar que o Bt tem a argila menos dispersa em água e com grau de floculação 15% maior. O Bt faz contato lateral com volume Bnítico, identificado na TR-3. Ao analisar os resultados é possível perceber que a argila encontrada neste volume tem o comportamento bem distinto ao da encontrada no Bt. A argila encontrada no volume Bnítico está menos dispersa e muito mais floculada, sendo que o grau de floculação é muito parecido com o volume acima (volume AB).

Na TR-1, logo abaixo do Bw e encontrado o volume Bw1, este apesar de apresenta a argila um pouco menos dispersa e mais floculada, a argila encontrada neste volume possui as mesmas características das demais encontradas nos volumes desta mesma trincheira, sendo muito dispersa e pouco floculada. O volume Bw1, segue sentido jusante sendo identificada na TR-2, e apesar de um leve aumento no percentual de floculação da argila, a mesma ainda apresenta muita dispersa em água e pouco floculada.

O volume Bw segue a sentido baixa vertente, sendo identificado novamente na TR-3, o Bw1 encontrado nesta trincheira obteve resultado muito distinto do Bw1 encontrado na TR-1 e na TR-2. O volume apresenta a argila bem menos dispersa e muito mais floculada, com uma diferença positiva no grau de floculação cerca de 32% da TR-1, 29% da TR-2, e de 4% em relação ao volume acima (volume Bnítico). O volume Bw1 da TR-3 foi o que apresentou um maior grau de floculação entre todos os volumes estudados. É importante ressaltar que os volumes encontrados na TR-3 foram os que apresentação argila mais floculada e este resultado pode estar relacionado com a origem dos volumes, sendo que a TR-3 e a única trincheira localizada sobre a formação Serra Geral e as demais estão localizadas sobre a formação Caiuá.

Tabela 3. Resultado do percentual de argila dispersa em água e grau de flocação

Argila dispersa em água e grau de flocação – TR-1		
Volume	Argila dispersa em água %	Grau de flocação %
Ap	7	12
AB	11	16
Bw	14	18
Bw1	17	22
Argila dispersa em água e grau de flocação – TR-2		
Volume	Argila dispersa em água %	Grau de flocação %
Ap	7	12
E	11	16
Bt	18	31
Bw1	22	25
Argila dispersa em água e grau de flocação – TR-3		
Volume	Argila dispersa em água %	Grau de flocação %
Ap	46	40
AB	40	48
Bnitico	38	50
Bw1	36	54

#### 6.4 Carbono orgânico e matéria orgânica

Os resultados de carbono orgânico e matéria orgânica dos volumes encontrados nas TR-1, TR-2 e TR-3 estão expressos na tabela 4. Ao analisar os resultados do volume Ap da TR-1, nota-se que este volume apresenta resultados de carbono orgânico e matéria orgânica bem superior aos demais volumes estudados. Esse resultado pode ter sido influenciado, pelo fato do volume estar bem próximo a algumas vegetações. De acordo com Rangel *et al.*, (2008), a vegetação pode aumentar o teor de matéria e de carbono orgânico no solo. O autor comprova esta informação, com uma pesquisa sobre a relação entre Carbono Orgânico e Nitrogênio Total, em plantações de café. Outro fator que contribuiu para que este volume tivesse maior quantidade de matéria de carbono orgânico está relacionado com a inclinação do terreno, a TR-1 está localizada em uma área mais plana em relação às outras trincheiras, dessa forma o escoamento das águas das chuvas ocorre com menos intensidade, carregando menos material, facilitando o acúmulo de matéria orgânica na superfície.

O volume Ap, segue para baixa vertente sendo encontrado na TR-2, com decréscimo de carbono orgânico e matéria orgânica. O volume Ap, continua rumo a



baixa vertente, sendo novamente identificado na TR-3 com um decréscimo de 1.3 G dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica e de 0,74 G dm<sup>-3</sup> de carbono orgânico em relação ao mesmo volume encontro na TR-2. O próximo volume analisado foi o AB identificado na TR-1 e na TR-3, abaixo dos volumes Ap. Na TR-1, ocorreu um decréscimo nos parâmetros analisados comparado com o volume acima. Em relação à matéria orgânica o decréscimo foi de 6.7 G dm<sup>-3</sup> e de carbono orgânico foi de 3.85 G dm<sup>-3</sup>. Na TR-3, o volume AB também apresentou um decréscimo de 0.31 G dm<sup>-3</sup> de carbono orgânico e de 0,6 G dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica em relação ao volume acima. Também houve um decréscimo de 1.09 G dm<sup>-3</sup> de carbono orgânico e 1.9 G dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica, em relação ao volume AB encontrado na TR-1.

Entre o volume AB da TR-1 e o AB da TR-3 está localizado o volume E identificado na TR-2, e este apresentou o resultado inferior de matéria orgânica e carbono orgânico, comparado aos volumes AB, e ao volume superior (volume Ap). Em seguida, foi analisado volume Bw da TR-1 verificou-se que este perdeu 1.7 G dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica e 1 G dm<sup>-3</sup> de carbono orgânico em relação ao volume acima. O Bw faz contado lateral com o volume Bt o resultado de carbono orgânico e matéria orgânica do Bt foi idêntica ao do Bw, e quando comparado com o volume superior (volume E) ao um acréscimo de 0,59 G dm<sup>-3</sup> de carbono orgânico e de 1 G dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica. O volume Bt segue sentido baixa vertente e faz contado lateral com volume Bnitico, este encontrado na TR-3, apresentando 0.5 G dm<sup>-3</sup> a menos de carbono orgânico e 0,8 G dm<sup>-3</sup> a menos matéria orgânica em relação ao volume acima (volume AB), e um decréscimo de 0,59 G dm<sup>-3</sup> de carbono orgânico e 1 G dm<sup>-3</sup> matéria orgânica, comparado com o volume Bt.

No volume Bw1 e este é identificado nas TR-1, TR-2 e TR-3, tanto o valor de matéria orgânica quando de carbono orgânico foram muito parecido nas três trincheiras, havendo pequenas alterações, entre elas o decréscimo de 0,01 G dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica na TR-2 em relação a TR-1 e a TR-3, e de 0,03 G dm<sup>-3</sup> carbono orgânico na TR-2 em relação a TR-1 e a TR-3. Quando se verifica os resultados de todos os volumes de todas as trincheiras, nota-se que, com exceção do volume Ap da TR-1, é pequena a variação de carbono orgânico e de matéria orgânica entre todos os volumes estudados, sendo que os volumes analisados pertencem à formações distintas.

Nesse sentido, os resultados obtidos podem ser explicados com base na pesquisa de Pulrolnik *et al.* (2009). O autor explica que a decomposição da matéria orgânica e a formação carbono têm estreita relação como clima, vegetação e o uso do

solo. Dessa forma, os materiais analisados estão submetidos ao mesmo clima ao mesmo uso, até a mesma forma de manejo. Esses fatores podem ser uma das causas destes solos de diferentes origens possuem valores próximos de matéria e carbono orgânico.

Apesar das poucas variações de carbono orgânico e de matéria orgânica, esses parâmetros influenciaram nos resultados de estabilidade dos agregados. Pinheiro *et al.* (2004) explicam que a matéria orgânica além de ser um atributo que contribui para a cimentação dos agregados, influencia na intensificação da atividade microbiana e nos efeitos benéficos na formação e estabilização dos agregados. Nesse sentido, Filho *et al.* (1998) realizaram um estudo sobre a estabilidade dos agregados e a relação com o carbono orgânico em rotação de culturas. De acordo com o autor, o incremento de carbono orgânico melhorou o estado de agregação do solo. Batos (2005) com base nos estudos de Tisdall e Oades (1982), explica que, matéria orgânica associada aos óxidos de Fe e Al de baixa cristalinidade, constituindo a parte mais importante na formação de microagregados do solo.

Tabela 4. Resultados de carbono orgânico e matéria orgânica

Trincheira 1	Volume	Carbono Total G dm <sup>-3</sup>	Matéria Orgânica G dm <sup>-3</sup>
Uso rotacionado de soja e milho	Ap	6,62	11,4
	AB	2,77	4,7
	Bw	1,77	3,0
	Bw1	1,95	3,4
<hr/>			
Trincheira 2	Ap	2,73	4,7
	E	1,18	2,0
Uso rotacionado de soja e milho	Bt	1,77	3,0
	Bw1	1,92	3,3
<hr/>			
Trincheira 3	Ap	1,99	3,4
	AB	1,68	2,8
Uso rotacionado de soja e milho	Bnítico	1,18	2,0
	Bw1	1,95	3,3

## 6.5 Estabilidade dos Agregados

As análises de estabilidade de agregados podem indicar a qualidade física em que os solos se encontram. Os resultados das amostras dos volumes das TR-1, TR-2 e TR-3 estão representados nas figuras 9, 10 e 11.

Ao analisar os dados de esta estabilidade de agregados é importante observar que na área de estudo as TR-1, TR-2 e a TR-3, estão submetidas aos menos sistemas de manejo, e com culturas rotacionado de soja e milho que de acordo com Costa *et al.* (2008) e Ibiapina *et al.*(2014) essas culturas propicia o acumulo de matéria orgânica. Apesar da área de pesquisa está sobre mesma forma de uso, as alterações na estabilidade de agregados causa pelas consequências da utilização do solo é diferente em cada volume do solo, sendo que nos volumes mais argilosos, a forma de uso interviu menos na estabilidade dos agregados, sendo que a matéria orgânica acumulada pelas culturas rotacionadas interferi-o de maneira mais efetiva nos volumes dos solos arenosos.

O primeiro volume a ser analisado foi Ap da TR-1. Este obteve o diâmetro médio ponderado (DMP) concentrado nas classes de 0,59 e 250mm. O volume Ap da TR-2, igualmente ao anterior, teve o DMP concentrado nas classes 0,59 e 250mm. No entanto, ao comparar os resultados do DMP dos ambos os volumes é possível perceber que o Ap da TR-1, possui 5.93% a mais de agregados nas classes de 2 e 1mm. Ao relacionar os resultados de estabilidade com os demais parâmetros analisados, nota-se que não há grande variações nas frações granulométricas em ambos Ap, especialmente a argila. Os resultados de argila dispersa em água e grau de floculação também foram idênticos em ambos os volumes. No entanto ao comparas os resultados de carbono e matéria orgânica, o volume Ap da TR-1 possui  $6.7 \text{ G dm}^{-3}$  de matéria orgânica e  $3,89 \text{ G dm}^{-3}$  de carbono orgânico a mais comparado com Ap da TR-2.

Como já mencionado, a matéria orgânica e carbono orgânico podem contribuir para agregação do solo. Dessa forma é possível concluir que a quantidade superior disponível destes atributos no volume Ap da TR-1 pode ser uma das causas deste volume apresentar maior quantidade de agregados grandes quando comparado com o volume Ap da TR-2. O volume Ap também é identificado na baixa vertente na TR-3, porém o DMP deste volume está bem distribuído nas classes 2, 1, 0,59 e 250mm. No entanto, a maior parte dos agregados está concentrados nas classes 2 e 1mm. O que indica que este volume possui agregados bem estruturados.

Ao relacionar o resultado de estabilidade de agregados do Ap da TR-3 com os demais parâmetros estudados, percebe-se que a quantidade de carbono orgânico e matéria orgânica é inferiores aos dos demais Ap, mas ao compará-lo com as análises granulométricas, o valor da argila é 69% superior aos dos demais Ap. E os resultados da argila dispersa em água e o grau de floculação comprovou que a argila disponível

no volume Ap da TR-3 está menos dispersa e mais floclada que nos outros volumes Ap. Dessa forma, a quantidade de argila e a floclação podem ser um dos fatores que colaboraram para que o volume disponha de agregados maiores.

O próximo volume analisado foi o AB, do TR-1 abaixo da AP. Os resultados de estabilidade de agregados mostraram que o volume concentra a maior parte dos agregados na classe 0,59mm e 250mm. De modo geral, o resultado de estabilidade de agregados foi semelhante ao do volume acima, porém com 6.28 % a menos de agregados na classe de 2 mm. O volume AB disponibiliza de menos matéria orgânica e carbono orgânico, mas tem 3, 85% a mais de argila que esta mais floclada e menos dispersa em água, quando comparado com o volume AP.

Como mencionado anteriormente, um dos principais fatores que influencia na estabilidade dos agregados dos solos é a matéria e o carbono orgânico, argila e o grau de floclação e dispersão. Sendo assim, apesar do volume AB possuir mais argila e esta mais floclada, ele tem menos matéria e carbono orgânico que o volume Ap. Assim, o carbono orgânico e a matéria orgânica pode ter contribuído para que o volume Ap tenha disponível um pouco mais de agregados grandes nas classes 2mm.

O volume AB faz contato do lateral na alta/média vertente com o volume E, identificado na TR-2. Os resultados de estabilidade de agregados mostraram que o DMP deste volume (E) se concentra na classe 250mm. Dessa forma este volume apresenta agregados com menor DMP, comparado com o AB e com o volume superior (volume Ap da TR-2). Esse resultado pode ser explicado ao comparar com todos os atributos avaliados. As frações granulométricas dos volumes AB e E foram muito semelhantes sobre tudo em relação à fração argila, já que esta foi idêntica em ambos os volumes, como também apresentou resultados iguais de grau de dispersão e floclação. No entanto, ao comparar os resultados de matéria e carbono orgânico, o volume AB disponibiliza  $1,59 \text{ G dm}^{-3}$  de carbono orgânico e  $2,7 \text{ G dm}^{-3}$  de matéria orgânica a mais que o volume E.

E ao comparar os parâmetros analisados do volume E com Ap, observa-se que o Ap apresenta menos argila e esta se encontra mais dispersa e menos floclada, porém este volume dispõem de  $1.55 \text{ G dm}^{-3}$  de carbono orgânico e  $2.7 \text{ G dm}^{-3}$  de matéria orgânica, a mais que o volume E. Dessa forma, é possível concluir que o fator matéria orgânica e carbono orgânico foi um dos parâmetros que contribui para que o volume E obtivesse a DMP dos agregados menor que o dos volumes AB (TR-1) e AP (TR-2).

O volume E faz contato vertical na média vertente com o volume Bt, sendo este encontrado na TR-2. Diferentemente do volume E, o Bt concentra o DMP dos agregados na classe de 2mm. Ao comparar os parâmetros do volume Bt com E, percebe que o principal atributo que influencia na distinção dos resultados é a argila. Apesar de o Bt apresentar maior quantidade de matéria e carbono orgânico, a diferença entre estes atributos é muito menor que a diferença entre a porcentagem de Argila. O volume Bt disponibiliza 14% a mais de argila e esta se encontra menos dispersa e mais floculada quando comparado com volume E. Sendo assim, o maior percentual de argila, o maior grau de floculação e a maior quantidade disponível de matéria e carbono orgânico, contribuíram para que o houvesse maior percentual de agregados grande no Bt do que no volume E.

O volume Bt faz contato horizontal na média/baixa vertente com o volume AB, sendo identificado na TR-3, com características bem distintas ao AB encontrado na TR-1. O volume AB encontrado na TR-3, concentra o DMP dos agregados nas classes 2 e 1mm, que correspondem a 66,26% do total dos agregados, sendo que quando comparado com os agregados disponível nesta mesma classe no AB da TR-1 correspondem apenas 27,47% do total de agregados. É possível afirmar que entre os parâmetros analisados o que influencia mais nos resultados entre os dois volumes foi à fração argila. Sendo que o AB da TR-1 disponibiliza de mais matéria e carbono orgânico do que o AB da TR-3, porém este último possui 65% a mais de argila que se encontra relativamente bem floculado. Sendo a argila um dos principais agentes cimentantes dos agregados, pode se afirmar que este atributo foi um dos principais agentes que contribuiu para que o volume AB da TR-3 apresentasse agregados maiores do que o volume AB da TR-1.

Também é possível comparar os resultados de estabilidade de agregados do volume AB da TR-3 com o Bt da TR-2 quem fazem contato vertical, apesar de ambos os volumes tiveram resultado próximos de matéria orgânica e carbono orgânico, o DMP dos agregados do AB nas classes 2 e 1mm corresponde a 66,56% do total dos agregados, nas mesmas classes esse percentual é de 56,38% no volume Bt. A concentração de maior quantidade de agregados grades no volume AB, pode estar relacionando também com argila, sendo que o volume AB dispõe de 51% a mais desta fração.

Abaixo do volume AB da TR-1 está localizado o volume Bw, e este concentra a maior parte dos agregados nas classes 0,59 e 250mm. O resultado é semelhante ao

do volume acima, mas AB concentra 6,28% a mais agregados de agregados grandes na classe de 2mm. Ao comparar os resultados de ambos os volumes das análises granulométricas, nota-se que Bw dispõem de 5% de mais de argila estando esta mais floculada e menos dispersa do que, a do volume acima, porém o AB tem  $1 \text{ G dm}^{-3}$  de carbono orgânico e  $1.7 \text{ G dm}^{-3}$  de matéria orgânica a mais que o Bw. Esta diferença de matéria orgânica e carbono orgânico podem ter influenciado para que volume AB tenha mais agregado grande do que o volume Bw.

O volume Bw, também faz contato com o Bt, (TR-2) ao relacionar o resultado de ambos, percebe-se que o DMP do volume Bt é muito maior. Os resultados de matéria orgânica e carbono orgânico, porém, são idênticos em ambos os volumes. Já os percentuais de distribuição das frações granulométricas são bem distintos. A fração argila do volume Bt além de estar mais floculada é 9% superior ao do Bw. Este fato pode ser uma das causas do volume Bt apresentar maior quantidade de agregados grande em relação ao Bw. O volume Bt faz contato vertical na média/baixa vertente com o B nítico.

Na TR-3, logo abaixo do AB, é identificado o volume B nítico, os resultados de estabilidade de agregados mostram que a maior parte dos agregados estão nas classes 2 e 1 mm, correspondendo a 75.96% do total de agregados. Ao comparar o DMP do B nítico com o volume AB da TR-3, é possível perceber que o volume B nítico disponibiliza de maior quantidade de agregados grandes. Ao verificar os demais atributos percebe-se que o volume AB possui  $0.5 \text{ G dm}^{-3}$  de carbono orgânico e  $0,8 \text{ G dm}^{-3}$  de matéria orgânica a mais que o B nítico. No entanto, o B nítico disponibiliza de 2% a mais de argila e está com 8% mais floculada, este fato pode ter sido a causa do B nítico ter mais agregados grandes do que o volume AB.

O último volume analisado foi o Bw1 identificado em toda a vertente. Inicialmente foram determinados o DMP do Bw1 identificados na TR-1. Igual os demais volumes encontrado nesta trincheira, os agregados se concentraram nas classes 0,59 e 250mm. Ao comparar os resultados de todos os atributos analisados do Bw1 com o volume acima (volume Bw), observa-se que ocorreu apenas um variação de 5% a mais de argila no volume Bw, e de  $0.18 \text{ G dm}^{-3}$  de carbono orgânico e  $0,4 \text{ G dm}^{-3}$  de matéria orgânica a mais no volume Bw1. Observa-se que no volume Bw tem mais argila que o Bw1, e este têm mais matéria orgânica que o Bw. De certa forma, ocorreu uma compensação de fatores agregadores dos solos entre ambos os volumes, o que

pode ter contribuído para que os dois volumes tenham o DMP dos agregados parecidos.

Em relação ao Bw1 encontrado na TR-2, os resultados do DMP foram bem distintos em comparação ao da TR-1. O Bw1 da TR-2, teve maior agregados concentrados na classe de 2mm correspondendo 37,12% dos agregados, sendo que o Bw1 da TR-1 na mesma classe teve apenas 11% do total de agregados. A argila pode ser um dos fatores que contribuiu para que o Bw1 da TR-2 tenha agregados maiores que o Bw1 da TR-1. O Bw1 da TR-2 possui 9% a mais de argila com grau de floculação de 3% maior. A matéria orgânica e o carbono orgânico foram muito próximos entre os dois volumes, o que evidencia que estes parâmetros não influenciaram muito na diferença do DMP de ambos os volumes.

Também é possível comparar DMP do Bw1 da TR-2 com o do Bt localizado acima, Ambos os volumes concentram a maior parte dos agregados na 2mm, porém o Bt de um modo geral possui maior quantidade de agregados grandes, ou seja, maior DMP que o Bw1. Neste resultado, é importante observar que o Bt apesar de dispor de um maior DMP, o mesmo possui 5% de argila,  $0,15 \text{ G dm}^{-3}$  de carbono orgânico e  $0,3 \text{ G dm}^{-3}$  de matéria orgânica a mesmo que o Bw1. Dessa forma, o que explica o Bt ter o DMP maior que o Bw1, é que, apesar do volume Bt dispor de menos argila, a mesma está 6% mais floculada e 4% menos dispersa que a argila do Bw1. Dessa maneira, a relação de argila total com o grau de dispersão e floculação, contribuiu para que o volume Bt tivesse mais agregado grande que o Bw1.

Por último foi avaliado a estabilidade dos agregados do volume Bw1 da TR-3. Igualmente a todos os volumes desta trincheira, o Bw1 concentrou os agregados nas classes 2 e 1mm. Assim, é possível comparar os resultados do DMP do Bw1 da TR-3 com os do Bw1 da TR-2. O Bw1 da TR-3 teve um total de 75.88% de agregados nas classes 2 e 1mm e o Bw1 nestas mesmas classes teve um total de 60.29% de agregado, ou seja o volume Bw1 da TR-2 tem mais agregados pequenos. Ao relacionar a estabilidade dos agregados com os de mais atributos avaliados de ambos os volumes, nota-se que a matéria orgânica e o carbono orgânico, variaram muito pouco, não sendo representativa a variação da DMP. Já as análises granulométricas mostrou que o volume Bw1 da TR-3 está com 47% a mais de argila e esta se encontra 29% mais floculada, comparado com o Bw1 da TR-2. Sendo assim, a argila é um dos fatores contribuintes para que o Bw1 da TR-3 tenha agregado com maior DMP que o Bw1 da TR-2.

Também se faz necessário comparar os resultados da estabilidade dos agregados do volume Bw1 da TR-3 com o B nitico, também localizado na TR-3 acima do Bw1. Ao comprar os resultados de estabilidade de ambos os volumes, percebe-se que não há grandes diferenças. Na relação do total de agregados das classes 2 e 1mm, o Bw1 tem um total de 75, 88% e o B nitico tem um total de 75,96%. A semelhança dos resultados se repete quando se compara com os demais parâmetros analisados, tais como, análises granulométricas, carbono orgânico, matéria orgânica, grau de dispersão da argila em água e grau de flocculação. Todos os parâmetros citados tiveram resultados semelhantes entre os volumes Bw1 e Bt localizado na TR-3. Dessa forma, as semelhanças dos resultados dos fatores que contribui para a agregação dos agregados influenciaram para que ambos os volumes tenham o DMP dos agregados parecidos.

Ao observar os resultados de estabilidade dos agregados dos volumes, nota-se que a matéria orgânica interferiu mais nos DMP dos volumes arenosos, nos volumes argilosos a argila e o grau de dispersão e flocculação foram os que atuaram de maneira mais efetiva no tamanho dos agregados.



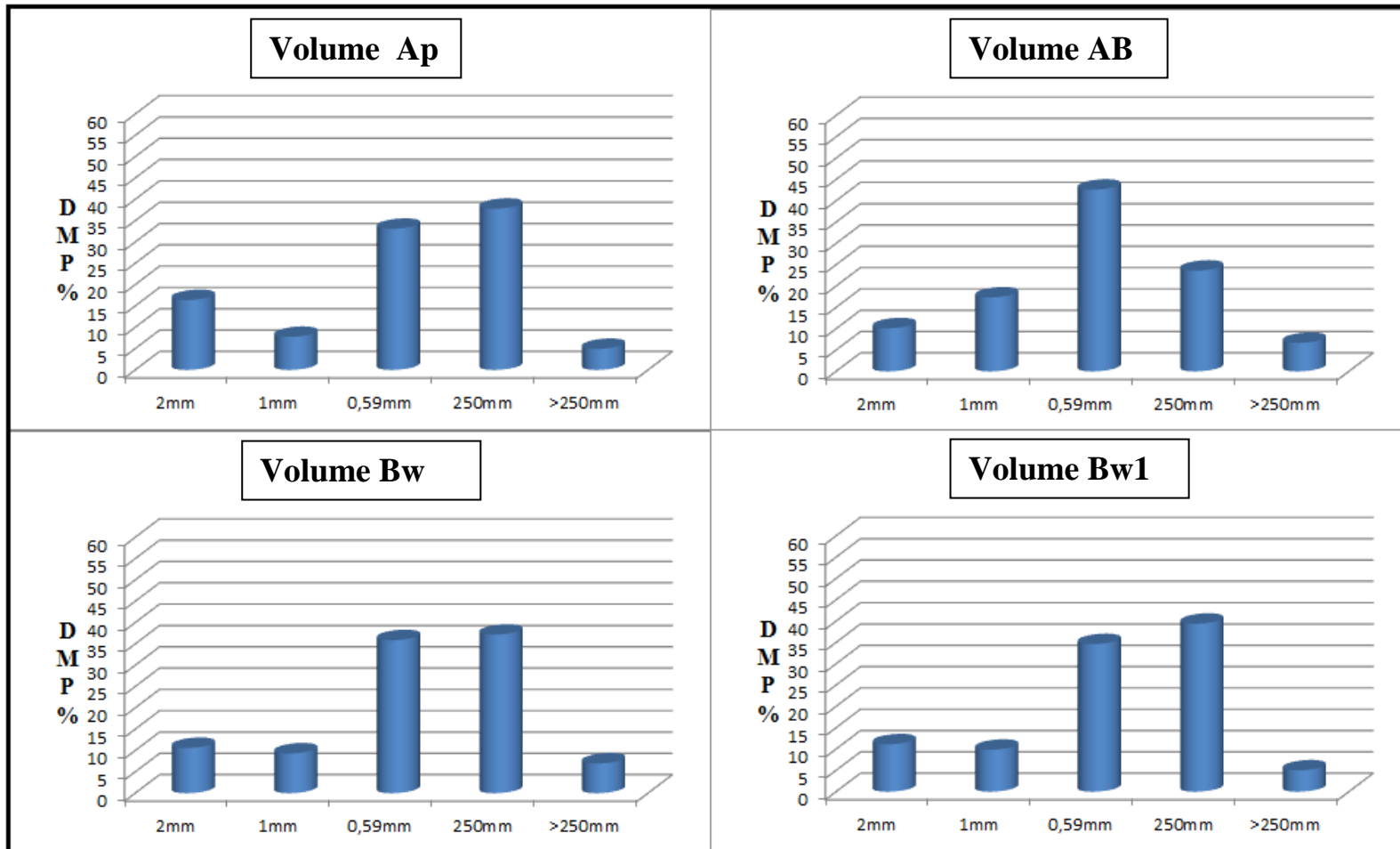


Figura 9. Resultado das Análises de Estabilidade de Agregados da TR-1

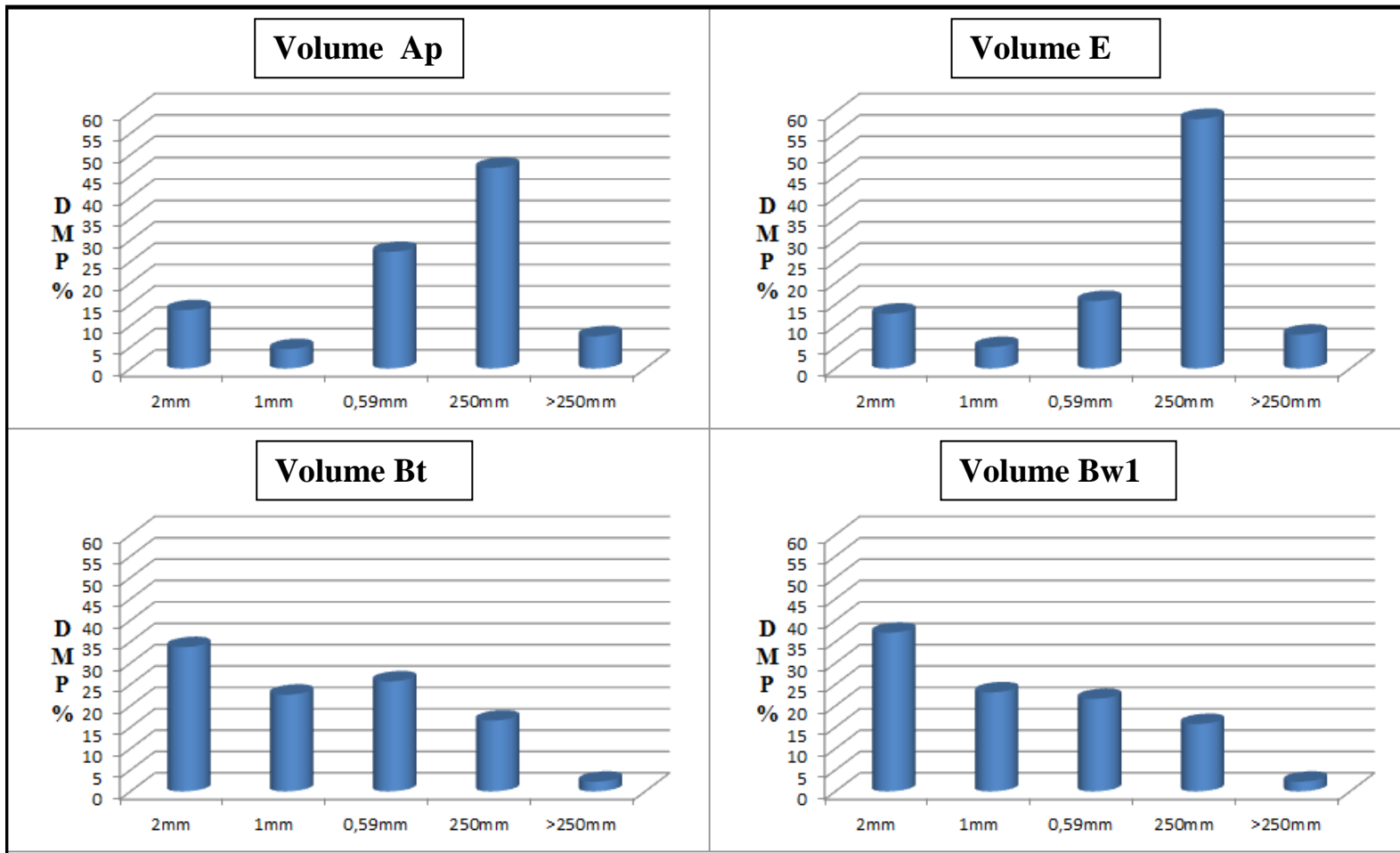


Figura 10. Resultado das Análises de Estabilidade de Agregados da TR-2

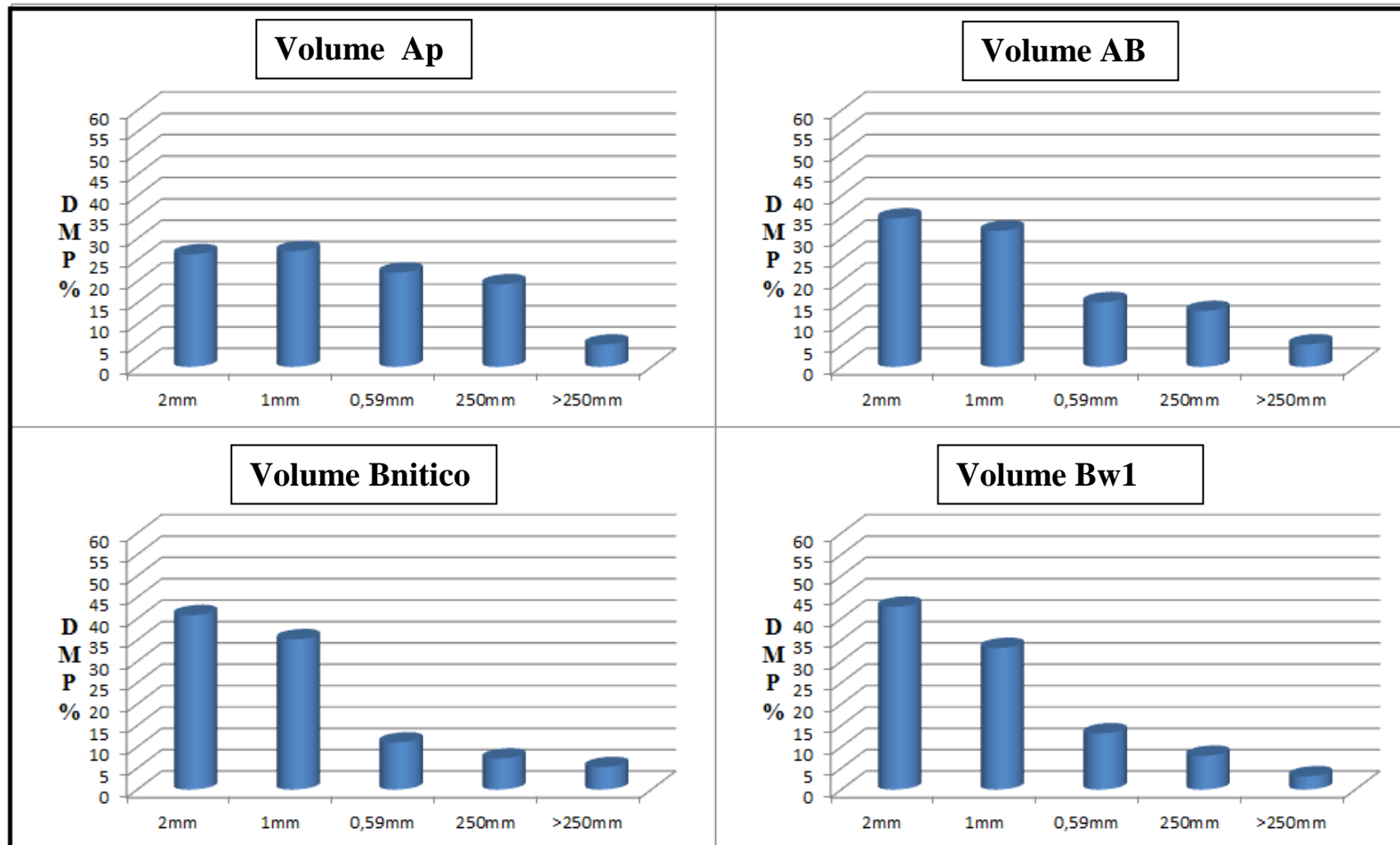


Figura 11. Resultado das Análises de Estabilidade de Agregados da TR-3

## 7. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostrou que a vertente elencada para esta pesquisada, tem como características volumes de solos de diferentes origens, sendo na alta vertente volumes derivados da alteração da formação Caiuá, enquanto na média a baixa vertente, volumes oriundos da alteração de rochas vulcânicas da formação Serra Geral. Ambos os volumes, no entanto, estão submetidos às mesmas condições climáticas e os mesmos processos manejo. O uso do solo é idêntico em toda a vertente, sendo cultivo intercalando de milho e soja.

Dessa forma, estes fatores podem ter influenciado para que ambos os volumes dos solos estudados, terem resultado parecidos de matéria e carbono orgânico, que com exceção do volume e Ap da TR-1, a média de carbono orgânico para os volumes derivados do Caiuá foi de  $2 \text{ g dm}^{-3}$ , e dos volumes derivados da formação Serra Geral foi de  $1.7 \text{ g dm}^{-3}$ .

Em relação à concentração de matéria orgânica com exceção ao volume Ap da TR-1, foram próximos entre todos os volumes estudados. Na TR-1, a média de matéria orgânica foi de  $3,7 \text{ g dm}^{-3}$ , enquanto na TR-2 a média foi de  $3,2 \text{ g dm}^{-3}$ , e da TR-3 a média foi  $3 \text{ g dm}^{-3}$ . Esse estudo mostrou que os principais materiais agregadores do solo foram à argila e a matéria orgânica. Essas duas variáveis são umas das responsáveis pela formação e estabilização dos agregados, assim observou-se que nos volumes dos solos oriundos da formação Caiuá, estes mais arenosos, a matéria orgânica interferiu de maneira mais efetiva nos resultados de estabilidade dos agregados, sendo que os volumes que despunham de maior quantidade de matéria orgânica também tiveram maior percentual de agregados grandes. Dessa forma o uso do solo interferiu mais nos solos arenosos, sendo que o cultivo da soja e do milho proporciona maior quantidade de matéria orgânica no solo, e está por sua vez, atua de maneira mais efetiva na estabilidade dos agregados dos solos arenosos.

Os dados de granulometria evidenciaram que os volumes dos solos derivados da Formação Serra Geral são mais são argilosos do que aquele derivado da Formação Caiuá. E que nos volumes argilosos, a argila atua de maneira mais efetiva na estabilidade dos agregados. Ao relacionar os resultados de estabilidade dos agregados com percentual de argila total, argila natural e o grau de floculação, percebe-se, que os volumes dos solos derivados da formação Serra Geral estão mais estáveis e melhor estruturados.

A elaboração da toplotossequência possibilitou visualizar o comportamento dos volumes do solo ao longo da vertente, tornando possível identificá-los, bem como conhecer suas propriedades morfológicas. Além disso, o método de análise estrutural da cobertura pedológica proporcionou observar onde se localiza a área de contato entre os volumes dos solos de origens distintas e, por fim, esta metodologia facilitou a interpretação dos dados. Dessa forma, a utilização do método de análise da estrutura da cobertura pedológica demonstrou eficiência quando se estuda o comportamento dos volumes dos solos e suas relações.

## 8. REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.A. **As Unidades de Paisagens e os Sistemas de Produção Agrícolas no Município de Florai-PR**. Dissertação apresentada ao Departamento de Pós Graduação em Geografia – UEM. Maringá/PR, 2005.

ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 1, v. 8,1984, p. 7-12.

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, n. 13, 2004, p. 337-345.

BARROS, A.; BONGIOLO, S.; SOARES, A. P.; BITTENCOUT, A. V. L.; FERREIRA, J. F. F. Compartimentação estrutural e conectividade hidráulica dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani: caracterização hidrogeoquímica na região central do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v.41, n.2, 2011, p. 1-8.

BARROS, F. **Análise estrutural e cartografia detalhada de Solos em Marília, Estado de São Paulo: Ensaio metodológico**. 146 Dissertação (Mestrado em Geografia) – FFLCH, Universidade de São Paulo SP, 1985.

BASTOS, R.S.; SÁ MENDONÇA, E.; ALVAREZ V., V.H. & CORRÊA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.29, 2005, p.11-20.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; AMARAL, A. J.; JUNIOR, W. A. Z. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta e rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 28, 2003, p. 155-163.

BOCHNER F, M. M.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C.; SANTANA, I. K. S. Matéria orgânica e agregação de um Planossolo sob diferentes coberturas florestais. Cerne, Lavras, **Embrapa Solos**, v. 14, n.1, 2008, p.46-53.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: **XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993, p.79-90.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; Matéria orgânica e seus efeitos na física do solo. **Revista Ciências Solo**, n.7, 2011, p. 221-278.

BRITO, A. N. Desenvolvimento Sustentável: Três meias-verdades algumas certezas. **Revista UFG**, 2008. Disponível em: <<http://www.proec.ufg/2008/tosustentavel.pdf>>. Acesso em: 16/11/2015.

CAMPGNOLI, F. Production of Sediments from South America: a proposal of erosion rates mapping based on geological and geomorfological data characteristics. **Revista Brasileira de Geomorfologia** 2006, p. 3-8.

CAPECHE, C. L. Noções sobre tipos de estruturas do solo e sua importância para o manejo convencional. Comunicado Técnico, **EMPRAPA**, Rio de Janeiro, 2008, 6p.

CARDOSO , I. M. **Seminário Internacional “Experiência de Agendas 21: Os Desafios do Nosso Tempo**. Ponta Grossa, 2009. Disponível em:<<http://www.eventosuepg.br.pdf>> Acesso em: 16/11/2015.

CARPENEDO. V. **Qualidade e estabilidade de agregados de latossolo roxo submetidos a diferentes manejo**. 129 p. Dissertação (Mestrado em Uso e Conservação do Solo) Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 1985.

CARVALHO, J. P. **Argila e o Manejo do Solo**. 2014. Disponível em; <<http://www.pedologiafacil.com>>, Acessos em: 12/09/2015.

CENTURION, F. J.; FREDDI, O. S.; ARATANI, R. G.; METZNER, A. F. M.; BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, I. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos Vermelhos. **Revista Brasileira Ciências do Solo**. v.31, 2006, p. 109-209.

CHANEY, K.; SWIFT, R.S. The influence of organic matter on the stability of some British soils. **J. Soil**. Vol. 35, 1984, 230p.

CLIMA TEMPO, Iguaraçu PR, 2014. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/cidade/2841/iguaracu-pr>>. Acesso em: 02/03/2015.

COSTA, R. A.; SILVA, P. C.; SILVA, P. S.; BORGES, N. **Estabilidade de agregados do solo sob diferentes cultivos e sistema de manejo em latossolo fase cerrado**. Universidade Federal de Uberlândia, 5ª Semana acadêmica, 2008, p. 1- 6.

CUNHA, J. E. ; CASTRO, S. S. ; SALOMÃO, F. X. T. . Comportamento erosivo de um sistema pedológico de Umuarama, Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. MG, v. 23, n. 4, 1999, p. 943-952.

DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. Soil Geomorphology. John Wiley and sons, Inc. Nova York, 1992, 236p.

EMATER. **Manejo integrado e ecológico, elementos básicos**. Porto Alegre, 2000, 85p.

EMBRAPA, Informática Agropecuária; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013, 353p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: Estados de Mato Grosso e Rondônia Safra 2007/2008**. Santo Antônio de Goiás, GO, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. CNPS, 1997, 212p.

FACCO, R.; NACIMENTO, V.B; WELANG, M. K.; AIRA, R. Propriedades físicas e cobertura pedológica de uma topossequência numa secção de vertentes no distrito de Pains município de Santa Maria –RS. **Revista Geonorte**, Santa Catarina, v. 2, n. 4, 2012, p.634 - 645.

FAO. **Natural resources and the human environment for food and agriculture**. And Agriculture Organization of the United Nations, 1980, 62p.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2010, p. 1-27.

FERREIRA, M.M; FERNANDES, B; CURL,N. Mineração da fração argila e estrutura de Llatossolo da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 23, n. 14, 1990, 514p.

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

FLAUZINO, K. F. Degradação do solo pela erosão hídrica e capacidade de uso em sub-bacia hidrográfica piloto no sul de minas gerais. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2012.

FUMIYA, M. H. **Transformações estruturais em uma topossequência sobre basaltos em Marumbi PR**. 96 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá PR, 2013.

GASPARETTO, E. C.; BRAINDA, J. A.; CARNEIRO, M.; SCARIOT, J. J.; TABOLKA, C. L. Grau de flocculação da argila de um Latossolo vermelho utilizado com lavoura e mata nativa. **UTFPR, Synergismus Scyentifica**, Pato Branco PR, 2009.

GASPARETTO, N. L. **As formações superficiais do noroeste do paraná e sua relação com o Arenito Caiuá**. 172 p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1999.

GASPARETTO, N. L; SOUZA, M.L. Contexto geológico-geotécnico da Formação Caiuá no Terceiro Planalto Paranaense-PR. **ENGEOPAR**, Maringá-PR, 2005, p. 4-12.

GERMANO, L. A.; ZIGOMAR, MENEZES, Z. S.; SIMÕES, S, L. F.; COOPER, M. COSTA, C. M.C. Estrutura do solo sob feijão irrigado e diferentes manejos do solo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**. v.39, n.2, 2014, p. 608-614.

GREGO, C. R; COELHO, R. M; VIEIRA, S. R. Critérios morfológicos e Taxonômicos de Latossolo, e Nitossolo validados por propriedades físicas mensuráveis analisadas em parte pela geoestatísticas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa MG, n.2, 2011, 10p.



GUERRA, A. J. T. O papel da matéria orgânica e dos agregados na credibilidade dos solos. **Igeo-UFRJ**, vol.13, 1990, p. 43-52.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v19, 1996, p. 93-114.

HEINRICHS, R. **Aula de estrutura do Solo**. Universidade Estadual Paulista. Dracena, SP, 2010. Disponível em: < [http://www.dracena.unesp.br/arquivos/solos\\_pdf](http://www.dracena.unesp.br/arquivos/solos_pdf) > Acesso em: 10.06.2015.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W.M.; Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v.23, n.5, 1998 p. 145-154.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E.; FERNANDES, R. B. A. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um argissolo vermelho-amarelo sob diferentes manejos de longa duração e mata atlântica secundária. **Revista Ciência do Solo**, n.5, 2011, p. 2191-2198.

HILLEL, D. Introduction to soil physics. New York, **Academic Press**, 1982, 364p.

HOUGHTON, P. D.; CHARMAN, P. E. V. **Glossary of terms used in soil conservation**. New South Wales: Soil Conservation Service, 1986, 145p. IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO PARANAENSE. **Classificação climática**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/>>. Acesso em 16/04/2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Iguaraçu, Infográficos: Histórico**, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lan41100search%7Ciguaraçu>>. Acesso em: 17/03/2015.

IBIAPINA, T. V.B.; SALVAIANO, A. A.C.; NUNES, L. A. P.L.; MOUSINHO, M. G.; SOARES, L. M. S. Resistência à penetração e agregação de um Latossolo Amarelo sob monocultura de soja e de eucalipto no cerrado do Piauí. **Científica, Jaboticabal**, v 42, n.4, 2014, p. 411 – 418.

IMHOFF, S. D. C. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de latossolos e argissolos vermelhos**. 90 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2002.

IPARDES/ITCG, **Mapa de aptidão do solo do paraná**, 1999, Disponível em: <[http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos\\_DGEO/Mapas\\_ITCG/PDF/Mapa\\_Aptidao\\_Solo.txt](http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Aptidao_Solo.txt)>. Acesso em: 02/04/2015.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C.; DEXTER, A. R. Cohesion development in disrupted soils as affected by clay and organic matter content and temperature. **Soil Science Society of America Journal**, v.51, 1987, p. 860-867.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: Black, C.A (Ed). **Methods of Soil Analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965, p. 499-510.

KLEIN, V. A; LIBARDI, P. L. Consistência de um Latossolo Roxo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Suelo Nutr**, v.1, n.1, 2001, p. 54-58.

LEINZ, V., BARTORELLI, A., SADOWSKI, G.R., ISOTTA, C.A.L. Sobre o comportamento espacial do Trapp Basáltico da Bacia do Paraná. **Boletim Sociedade Brasileira Geologia**, v. 15, 1966, p.79-81.

LEPSCH, I. F.; SILVA, N. M.; ESPIRONELO, A. Relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. **Revista Científica do Instituto Agrônomo**, v. 41, n.8, 1982, 6p.

LIMA, M. D. Experimento de solos, consistência do solo. Departamento de solos e Engenharia Agrícola – UFPR, 2012. Disponível em:<<http://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2012/09/experimentotecasolos10.pdf>>. Acesso em:04/12/2015.

LLANILLO, R. F.; RICHAT, A.; FILHO, J. T.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedade físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **UEL**, v.27, n. 2, 2006, p. 205-220.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1968.

MAGALHÃES, P. S; GOMES, A. S.; SOUZA, C. M. P.; FERNANDES, E.S. Análise fisiográfica da sub-bacia de transição do rio das Contas, Bahia, Brasil. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia. **Revista Eletrônica do Prodepa**, n.1, v.8, 2014, p. 26-45.

MANUAL TÉCNICO DE PEDOLOGIA, 2º edição, Rio de Janeiro, 2007. Disponível: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>>. Acesso em:01/06/2015.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; VIEIRA, L. L. Uso da Terra e a qualidade microbiana de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira do Ciência**, v.37, 2013, p. 1678-1688.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov>>. Acesso em: 16.02.2015.

MORESCO, M. D.; CUNHA, J. E. Solo e Relevo: As implicações dessa relação nos processos erosivos. In: **II Jornada Científica da Unioeste**. Anais. Toledo: Unioeste, 2003.

MUTUANDO, Instituto Giramundo. A Cartilha Agropecuária. **Edi. Criação**, Botucatu, SP, 2005. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/Ho/CartilhaAgroecologica.pdf>>. Acesso em: 16/11/2015.

NAKASHIMA, P. **Sistema Pedológico da região Noroeste do Paraná: Distribuição e subsídios para o controle de erosão**. 172 p. (Tese de Doutorado). Departamento de Geografia/FFLCH/ Universidade de São Paulo, USP. 2000.

NASCENTE, A. S.; YUNCONG, L.; CRUSCIOL, C. A. And soil bulk density as affected by cover crop species in a not-tillage system. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.39, 2015, p. 871-879.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant Soil**, v. 76, 1984, p. 319-337.

OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; ROSSETTI, K. V. R.; FERRAUDO, A. S.; FRANCO, J. F.; PEREIRA, F. S.; JÚNIOR, L. S. B. Qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho submetido à compactação. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 37, 2013, p. 604-612.

PERUSI, M. C.; CARVALHO, W. A. Comparação de métodos para determinação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo do solo. *Revista Geociências*, n.2, v.27, 2012, 8 p.

PINESE, J. P. P; NARDY, A. J. R. **Contexto geológico da formação Serra Geral no Terceiro Planalto Paranaense**. Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense. Anais, Maringá. 2003. p. 38-52.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.77, n. 1, 2004, p. 79-84.

PORTAL ONLINE DE IGUARÇU, Prefeitura municipal. **Historia do município**. Disponível em: <<http://www.iguaracu.pr.gov.br/portal/index.php>>. Acesso em: 18/11/2015.

PORTELLA, C. M. R.; GUIMARES, M. F.; FELLER, C.; FONSECA, I. C. B.; FILHO, J. T.; Soil aggregation under diferente management systems. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 36, 2012, p. 1868-1877.

PRIMAVESI, A.M. Agroecologia e manejo do solo. **Revista Agricultural**, Rio de Janeiro, v.5, n.3, 2008, p.7-11.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I, R.; NOVAIS, F.; RANDANI, C. B.; Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagens e cerrado no vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Ciência do Solo**, v, 33, 2009, p. 1125-1136.

QUEIROZ NETO, F.P. Análise estrutural da cobertura pedológica: Uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia USP**. São Paulo, SP, v.15, n. 4, 2002, 14p.

RANGEL, O. J. P; SILVA, C. A; GUIMARÃES. P, T, G; MELO. L,C, A; JUNIOR, A. C. O. Carbono orgânico e nitrogênio total do solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, n. 32, 2008, p. 2051-2059.

REINERT, J.D.; REICHERT,J.M. **Propriedades física do solo**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria SC, 2006, 18p.

REPETTO, E. Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. **Revista Agropecuária**. 2.ed. Guaíba. Guaíba- MG, 1999.

RIBON, A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, A. P.C.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L. Alterações na estabilidade de agregados de latossolo e argissolo em função do manejo na espreiteira da seringueira. **Revista Ávore**, vol. 38, n. 6, 2014, p. 1-6.

ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho Distrofico, sob diferentes manejos. **Revista Original Article**, v. 26, n1, 2010, p. 24-42.

RUELLAN, A. Pedologia e Desenvolvimento: A ciência do solo a serviço do desenvolvimento. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, 1988, Campinas. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas: SBCS, 1988. p. 69-74.

SALA, M. G. **Indicadores de fragilidade ambiental na bacia do Ribeirão Maringá**. 155 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá PR, 2005.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAAZI, M.; HERMANI, C.F. Determinação da agregação do solo – Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico. **EMBRAPA**, Dourados MS, 2012.

SALTON, J.C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 158 p. Tese (Doutorado em Ciências do solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

SANTOS, L. N. S.; PASSOS, R. R.; SILVA, L. V. M.; OLIVEIRA, P. P.; GARCIA, G. O.; CECÍLIO, R. A. Avaliação de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-amarelo sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, v.26, 2010, p.940-947

SANTOS, V. B. **Atributos de solos sob cultivo de frutíferas em sistemas de manejo convencional, em transição e orgânico no Norte do Estado do Piauí**. 106 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Unesp , SP, 2010.

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

SILVA, M. B.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; NASCIMENTO, R. A. M.; Estudos de topossequência da baixada Litorânea Fluminense: Efeito do material de origem e posição topográfica. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 25, 2001, p. 965-976.

SILVA, P. C.; BORGES, E. N.; PAULA, L. M. A. **Avaliação da agregação de um latossolo cultivado com café, submetido a diferentes sistemas de manejo**. VI

Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conferende on Geomorphology. Goiânia, 2006, p. 1-8.

SILVEIRA, H.; CARVALHO, W. A. **Avaliação de estabilidade de agregados em Latossolos e Argilossolos sob diferentes tipos de uso em cidade Gaúcha-PR.** 8º Encontro de Geógrafos de América Latina. Santiago, Sociedade Chilena de Ciencias Geográficas, Universidade de Chile, v. 1, 2001, p. 113-123.

SILVEIRA, H.; NOBREGA, M. T. ; BALDO, C. M. **A estabilidade de agregados em Latossolos e Argissolos derivados do Arenito Caiuá na Região Noroeste do Estado do Paraná-Brasil.** Synergismus scyentifica UTFPR, Pato Branco. 2009. Disponível em; <revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/download/604/347>. Acesso em: 01.06.2014.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V.; NETO. S. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no estado de São Paulo; Grupo Bauru. **Revista Brasileira Geociências**, n.3, v.10, 1980, p. 177-185.

SOBRINHO, F.; FALCÃO, C. L.C; NUNES, L. A.; **O Relevo e o manejo do solo no processo erosivo em ambiente de enclave úmido do Semi-Árido Cearense.** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia, GO, 2006, 12p.

SOPRANO, E. **Estabilidade de agregados e dispersão de argila em função da calagem.** 106 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Poto Alegre, 2002.

SOUZA, V. **Estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia do córrego Pinhalzinha II com suporte de Geoprocessamento.** MARINGÁ – PR 2010. P 01. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá – UEM. Maringá - PR, 2010.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N. V. L.; SOUZA. M. L. **Estudo comparativo da propriedade erodibilidade em Latossolos na região de Maringá- PR.** Anais: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. São Paulo: Departamento de Geografia/USP, 2004, p. 5-16. CD-ROM.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N.V.L. **Aplicação da equação universal de perdas de solo na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo, Noroeste do Paraná.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.13, 2012, p. 267-278, CD-ROM.

SPERA, S. T; SANTOS, H. P; TOMM, KOCHHANN, R. A; ÁVILA, A. Atributos físicos do solo em sistema de manejo de solo e de rotação de culturas. **Revista Scielo**, Campinas SP, v. 68, n. 4, 2009, 1079p.

STEFANOSKI, D. C; SANTOS, G.G; MARCHÃO, R.L; PETTER, F.A; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande PB, v.17, n. 12, 2013, 9p.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and Water-Stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Baltimore, v 33, 1982, p. 141-163.

TONY, J. F. C.; MARCEDO, J. R.; PAIXÃO, R.; PALMIERI, F. FEITAS, P. L.; CASTRA, A. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. *Revista Ciência Rural*, n. 1, v. 31, 2001, p. 27-36.

VASCONCELOS, R. F. B. Limites de consistência e propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Distrocoeso sob aplicação de diferentes resíduos da Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa MG, n. 3, v. 34, 2010, 13p.

VICENTE, T.S; PEDROSA, E. M. R; ROLIM, M. M; OLIVEIRA, V.S; OLIVEIRA, A.K; SOUZA, A. M. P.L. Relações de atributo do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n.11, vol. 16, 2012, p. 1215-1222.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. NEVES, J. C. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n. 5, 2005, p.487-494.

ZAPAROLI, F. C, M. **As Transformações pedológicas Iidentificadas na topossequência sítio São José na bacia do córrego Aratu Florai - PR.** 155 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá PR, 2009.