



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ROSALBA ADRIANE DA ROSA

**CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS  
DA ILHA CARIÓCA, ALTO RIO PARANÁ, PR/MS**

---

Londrina  
2014

ROSALBA ADRIANE DA ROSA

**CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS  
DA ILHA CARIOCA, ALTO RIO PARANÁ, PR/MS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina; como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira  
Vendrame

Londrina  
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Rosa, Rosalba Adriane.

CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS DA ILHA CARIOCA, ALTO RIO PARANÁ, PR/MS / Rosalba Adriane Rosa. - Londrina, 2014.  
103f. : il.

Orientador: Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Pedogênese - Teses. 2. NEOSSOLOS - Teses. 3. identificação de solos - Teses. I. Vendrame, Pedro Rodolfo Siqueira . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

ROSALBA ADRIANE DA ROSA

**CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS  
DA ILHA CARIOCA, ALTO RIO PARANÁ, PR/MS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina; como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira  
Vendrame  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Geraldo Terceiro Correa  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Glênio Guimarães Santos  
Universidade Federal de Goiás - UEL

Londrina, 26 de agosto de 2014.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao UNIVERSO por mais esta etapa da minha caminhada.

A minha família, Rene (Pai) e Ivani (Mãe), Rúbia (irmã) e Henrique (sobrinho) pelo carinho, apoio e confiança.

Ao Prof. Dr. Pedro Vendrame, pela constante orientação e compreensão durante as pesquisas e desenvolvimento do trabalho.

Aos amigos de trincheiras Lucas Landim Piraju e Thiago Alencar e de geoprocessamento Carlos Lopes e Elder Prado. E aos amigos que sabem todo o trajeto percorrido!!!

Aos colegas que ao longo dos anos, compartilharam conhecimentos e boas risadas, e que mesmo nos momentos críticos estiveram ao meu lado e contribuíram para minha formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Londrina.

Ao Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, pela viabilidade na realização das análises.

Ao NUPELIA - Núcleo de Pesquisas em Limnologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá, pela infraestrutura cedida para a realização dos trabalhos de campo.

Ao Projeto de Levantamento pedológico semidetalhado de ilhas próximas ao Município de Porto Rico-PR, Alto Rio Paraná-PR/MS.

A CAPES pelo apoio financeiro durante as pesquisas.

“[...] aquilo que observamos não é a Natureza em si, mas, sim,  
a Natureza exposta ao nosso método de questionar.”  
(HEISENBERG, 1987 p.11)

ROSA, Rosalba Adriane da. **Caracterização e identificação dos solos da Ilha Carioca - Alto Rio Paraná - PR/MS**, 2014. 103 f. (Dissertação de Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

## RESUMO

A Ilha Carioca está inserida entre os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, ao sul do Município de Porto Rico-PR, no trecho fluvial intensamente influenciado direta e indiretamente pelo regime de cheias e vazantes das barragens. Este trabalho teve como objetivo interpretar a gênese, identificar e mapear os solos da Ilha Carioca - Alto Rio Paraná - PR/MS através de análises macromorfológicas, granulométricas e químicas. Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizados dois trabalhos de campo. O primeiro para reconhecimento da área e coleta de 17 amostras de solo em pontos previamente estabelecidos, e o segundo a partir do resultado das primeiras amostras à abertura e descrição de seis perfis pedológicos. Com os resultados obtidos das amostras dos perfis puderam-se verificar a diversidade e a amplitude nos valores das análises que permitiram inferir sobre a incipiente formação dos solos classificados em NEOSSOLOS FLÚVICOS com atributos diferenciados no terceiro nível categórico em: Tb Eutrófico (perfil 1); Tb Distrófico (perfil 2); Alítico (perfil 3); e Ta Distróficos (perfis 4,5,6).

**Palavras-chave:** Pedogênese. Neossolos. Identificação de solos.

ROSA, Rosalba Adriane da. **Identification and characterization of soils of the Carioca Island - Alto Rio Paraná - PR/MS.** 103 p. 2014. (Dissertation in Geography) – University State of Londrina, Londrina, 2014.

### **ABSTRACT**

The Carioca Island is inserted between the states of Paraná and Mato Grosso do Sul, south of the Puerto Rico County, PR, in the river stretch intensely influenced directly and indirectly by the regime of ebbs and flows of the dams. This study aimed to interpret the genesis, identify and map the soils of the Carioca Island – Alto Paraná River - PR / MS through macromorphological, granulometry and chemical analysis. For the development of the research two fieldworks were conducted. The first one for recognition of the area and to collect 17 soil samples in previously set spots, and the second from the result of the first samples to open and describe six pedological profiles. With the results obtained from the profiles of the samples the diversity and breadth in test values could be verified which allowed inferences about the incipient formation of the soils classified as NEOSSOLOS FLÚVICOS with different attributes differentiated on the third categorical level in: Tb Eutrophic (profile 1); Tb Dystrophic (profile 2); Alític (Profile 3); and Ta Dystrophic (4,5,6 profiles).

**Keywords:** Pedogenesis. Neossolos. Soils classification

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos .....	37
<b>Figura 2</b>	- Mapa do Paraná com destaque para o município de Porto Rico, PR e a localização da Ilha Carioca. ....	38
<b>Figura 3</b>	- Ilha Carioca – Alto Rio Paraná - PR/MS .....	40
<b>Figura 4</b>	- Formação de barranco na margem esquerda e de barras arenosas na margem direita (B).....	41
<b>Figura 5</b>	- Formação de bacia de inundação (A) e formação arbustiva (B) .....	43
<b>Figura 6</b>	- Presença de áreas alagadas (A) e ausência de gramíneas e arbustos com espessa cobertura de matéria orgânica (B).....	43
<b>Figura 7</b>	- Localização dos pontos de coleta de amostras com trado na Ilha Carioca, alto Rio Paraná .....	47
<b>Figura 8</b>	- Localização dos pontos de abertura dos perfis de solos na Ilha Carioca, alto Rio Paraná .....	48
<b>Figura 9</b>	- Triângulo textural: classes texturais da fração terra fina .....	58
<b>Figura 10</b>	- Mapa de solos da Ilha Carioca, Alto Rio Paraná, PR/MS .....	66
<b>Figura 11</b>	- Perfil 01: lamelas e concreções ferruginosas nas amostras .....	71
<b>Figura 12</b>	- Perfil 02: pontos mosqueados nas amostras e em campo .....	75
<b>Figura 13</b>	- Perfil 03: amostra observada, em campo esboroa-se com facilidade.....	79
<b>Figura 14</b>	- Perfil 04: com presença de organismos e bioturbação nas amostras .....	83
<b>Figura 15</b>	- Perfil 05: com presença de pontos ferruginosos nas amostras. ....	87
<b>Figura 16</b>	- Perfil 06: com presença de raízes influenciando na estrutura e organização do solo.....	91

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	- Resultados das análises granulométricas e atributos químicos dos solos da camada 40-60 cm coletados com trado para prospecção inicial. ....	59
<b>Tabela 2</b>	- Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 01 .....	70
<b>Tabela 3</b>	- Análise por ataque sulfúrico do perfil 01 .....	71
<b>Tabela 4</b>	- Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 02 .....	74
<b>Tabela 5</b>	- Análise por ataque sulfúrico do perfil 02 .....	75
<b>Tabela 6</b>	- Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 03 .....	778
<b>Tabela 7</b>	- Análise por ataque sulfúrico do perfil 03 .....	79
<b>Tabela 8</b>	- Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 04 .....	82
<b>Tabela 9</b>	- Análise por ataque sulfúrico do perfil 04 .....	83
<b>Tabela 10</b>	- Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 05 .....	86
<b>Tabela 11</b>	- Análise por ataque sulfúrico do perfil 05 .....	87
<b>Tabela 12</b>	- Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 06 .....	90
<b>Tabela 13</b>	- Análise por ataque sulfúrico do perfil 06 .....	91

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
2.1	PEDOLOGIA: A CIÊNCIA DO SOLO.....	13
2.2	FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO .....	16
2.2.1	Clima .....	17
2.2.2	Material de origem .....	18
2.2.3	Relevo .....	19
2.2.4	Organismos .....	20
2.2.5	Tempo .....	21
2.3	PROCESSOS PEDOGENÉTICOS .....	22
2.4	MINERALOGIA DOS SOLOS .....	29
2.5	MORFOLOGIA DOS SOLOS.....	34
2.6	SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS - SiBCS .....	36
<b>3</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO: ILHA CARIOCA - ALTO RIO PARANÁ- PR/MS.....</b>	<b>38</b>
3.1	GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA.....	41
3.2	VEGETAÇÃO E CLIMA.....	42
3.3	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	43
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
4.1	PLANEJAMENTO PRELIMINAR.....	446
4.2	PESQUISA DE CAMPO .....	46
4.3	ANÁLISES LABORATORIAIS .....	48
4.3.1	Análises macromorfológicas .....	49
4.3.2	Análise granulométrica .....	49
4.3.3	Análises químicas.....	50
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
5.1	PROSPECÇÃO INICIAL: SOLOS COLETADOS COM TRADO .....	57
5.2	IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DOS SOLOS .....	64

5.3	NEOSSOLOS .....	67
5.3.1	Perfil 1 - Neossolos Flúvicos Tb Eutróficos – RYbe.....	68
5.3.2	Perfil 2 - Neossolos Flúvicos Tb Distróficos - RYbd.....	72
5.3.3	Perfil 3 - Neossolos Flúvicos Alíticos - RYal .....	76
5.3.4	Perfil 4,5 e 6 Neossolos Flúvicos Ta Distróficos – RYvd .....	80
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A Ilha Carioca está inserida entre os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, ao sul do Município de Porto Rico-PR, no trecho fluvial próximo à foz do Rio Paranapanema em uma região de intensas oscilações hídricas, reguladas pelo fluxo das barragens. Para a identificação dos solos foram realizados dois trabalhos de campo, pautados na técnica de levantamento de alta intensidade.

O primeiro trabalho de campo foi realizado para o reconhecimento da área e coleta de 17 amostras de solo. E o segundo para abertura e descrição de seis perfis pedológicos utilizados para a identificação e mapeamento da Ilha. As amostras analisadas apresentaram variações e amplitudes típicas de solos que recebem fortes influências de deposição e remoção, e um incipiente processo de formação.

Com características peculiares o solo é um recurso natural não renovável de extrema importância aos seres vivos. Formado por partículas sólidas, minerais e orgânicas, além de ar e água. Sua formação natural decorre da interação entre os fatores geográficos e ambientais que condicionam a ação de processos pedogenéticos agindo sobre o material de origem.

Para interpretar a gênese e gerar a classificação e identificação dos solos foi de suma importância conhecer a formação do solo. Sua formação é proveniente de diferentes combinações entre fatores: clima, tempo, material de origem, organismos e cobertura vegetal que determinam a dinâmica dos processos que atuam na rocha mãe. Fatores estes que produzem uma identidade particular para cada perfil, e constituição dos horizontes.

Os perfis foram identificados como NEOSSOLOS FLÚVICOS com atributos diferenciados no terceiro nível categórico em: Tb Eutrófico (perfil 1); Tb Distrófico (perfil 2); Alítico (perfil 3); e Ta Distróficos (perfis 4,5,6). Os NEOSSOLOS apresentam características e atributos constituídos por material mineral ou orgânico com pouco ou incipiente intemperização.

Neste sentido para compreender o processo de formação dos solos da Ilha Carioca, foi necessário observar e considerar a região geográfica que a Ilha está inserida e as influências que recebe. Influências que foram evidenciadas nos valores e amplitudes verificados nas análises macromorfológicas, granulométricas e químicas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PEDOLOGIA: A CIÊNCIA DO SOLO

O avanço das Ciências na segunda metade do século XIX permitiu ao Geólogo russo Vasilii Vasilevich Dokuchaev (1846-1903) compreender e reconhecer o solo como corpo natural organizado. Com a pesquisa voltada para a produção agrícola nos campos da Rússia, ainda que inicialmente aplicada na camada superficial utilizada pela agricultura, Dokuchaev pode desenvolver um modelo que explicasse as relações entre os fatores ambientais e a distribuição geográfica dos diferentes tipos de solos.

Como Geólogo aplicou os princípios da estratigrafia para a descrição dos solos, identificando a sucessão vertical nas diferentes camadas nas formas de horizontes A-B-C. Esta descrição permitiu que Dokuchaev compreendesse os fatores de formação do solo: material de origem; clima; vegetação e relevo, que agem ao longo do tempo. Com esta observação estabeleceu-se o primeiro conceito pedológico de solo, originando a Pedologia, que pode ser compreendida como o conjunto de estudos relacionados à gênese, classificação e mapeamento dos solos (KÄMPF e CURI, 2012).

Nas primeiras décadas do século XX, os pedólogos tentavam se desvencilhar da influência das teorias geológicas, para assim consolidar a Ciência do Solo. O modelo inicial foi formulado por Shaw (1930), “como:  $S=M(C+V)^T+D$ , em que S= solo, M= material de origem, C= fator climático, V= organismos vivos, T= tempo, e D= modificação do solo por erosão e deposição” (KÄMPF e CURI, 2012, p.09). Esta equação foi revisada e modificada por Jenny (1941)” na presente forma:  $S= f(c, o, r, mo, t)$ , em que f= função, c= clima, o= organismos, r= relevo, mo= material de origem e t= tempo” (KÄMPF e CURI, 2012, p.09). O modelo proposto por Jenny (1941) contribui para desenvolvimento das aplicações de Dokucha e impulsionando o desenvolvimento da Pedologia.

Posteriormente revisado abriu discussões para os fatores de formação do solo, como solos desenvolvidos a partir de material de origem não uniforme e por meio de combinações pedogenéticas; ou de como a intervenção antrópica altera a constituição dos solos e a concepção de ações internas agindo na evolução dos solos,

Uma concepção mais atual dos processos pedogenéticos é encontrada nos textos de Fanning e Fanning (1989) e van Breemen e Buurman (1998). Gerasimov (1975) sintetizou a atuação dos processos pedogenéticos na seguinte sequência hierárquica: fatores de formação do solo → processos pedogenéticos → propriedades diagnósticas dos solos. Ou seja, os processos são condicionados, em parte, pelos fatores ambientais e são responsáveis pelas propriedades diagnósticas do solo (KÄMPF e CURI, 2012, p.10).

Entende-se o solo como a parte superior da crosta terrestre (litosfera), ou seja, a parte superior do regolito, o material solto formado por rocha alterada constituída por partículas sólidas, minerais e orgânicas, [...] “a formação natural do solo decorre da interação entre os fatores ambientais que condicionam a ação de processos pedogenéticos agindo sobre o regolito” (KÄMPF e CURI, 2012, p.2). Os solos formam-se a partir da junção de materiais minerais e orgânicos e mantêm uma dinâmica constante de transformação através de ações de agentes intemperizantes (temperatura, vento), e de organismos.

Estudos sobre os fatores e os processos de formação dos solos são realizados continuamente em todas as regiões do planeta e demonstram que a existência de diferentes tipos de solos ocorre sob o controle de cinco fatores (JENNY, 1941): material de origem, tempo, relevo, clima e organismos. Estes fatores são primordiais na formação dos solos, atuando de maneira significativa na pedogênese, influenciados por características ambientais e locais.

O solo é de fundamental importância para os seres, uma vez que é um meio organizado, e pode ser modificado conforme seu uso e manejo. A observação e o conhecimento da formação geográfica-geomorfológica concomitante à análise pedológica têm contribuído à compreensão na formação de modelagem do relevo, frente aos fatores que corroboram para isso como, clima, tempo, material de origem, organismos e cobertura vegetal.

O valor agregado ao solo varia conforme sua função/utilização (TEIXEIRA et al., 2009). Nas ciências agrárias é visto como meio necessário para a produção de alimentos e fibras, na engenharia civil como material que serve para sustentação das fundações de obras; na geologia como o produto resultante da alteração das rochas que cobriam a superfície do planeta, ou ainda, na arqueologia, visto como material fundamental para pesquisas de registro de civilizações pretéritas:

O solo, além de ser um meio insubstituível para a agricultura, constitui um componente vital de processos e ciclos ecológicos; um depósito para acomodar nossos resíduos; um melhorador da qualidade da água; um efetivo para a recuperação biológica; um suporte das infraestruturas urbanas, rodoviárias e industriais; sendo ainda um meio onde os arqueólogos e pedólogos leem nossa história cultural (MILLER, 1993 *apud* KÄMPF e CURI, 2012, p.4).

O solo serve de recurso aos seres vivos, sendo utilizado como base de sustentação para sua moradia ou para produção de alimentos. O solo é um bem valioso da humanidade merecedor de proteção, que depende de conhecimentos adequados de suas propriedades, funções e potencialidades para que se evitem degradações quando do seu uso. Desta maneira, a Pedologia analisa e estuda as características, a gênese, a evolução e também as possibilidades de uso para os solos (KÄMPF e CURI, 2012).

O pedólogo tem o solo como objeto de estudo, e para ele é formado na superfície terrestre por meio das interações dos fatores ambientais. Embora seja resiliente, possui propriedades capazes de recuperar a sua forma original após sofrer deformações, no entanto, alguns danos podem ser irreversíveis,

O solo é constituído por partículas sólidas, minerais e orgânicas, ordenadas espacialmente formando a estrutura da matriz do solo, por vazios (poros) preenchidos com água e sais, formando a solução do solo, e por gases, constituindo o ar do solo. As proporções relativas dessas três fases no solo dependem das condições ambientais e da ação humana (KÄMPF e CURI, 2012. p.2).

Em uma visão ampla, o conjunto de solos na crosta terrestre constitui a pedosfera, uma camada contínua que reveste os continentes, variando sua espessura entre alguns milímetros a vários metros, sendo rompido em alguns locais desta camada por afloramentos rochosos ou corpos hídricos,

Os solos são, portanto, simultaneamente, ambiente e local de comunidades de organismos (biocenoses) e, como tal, integrantes de geocossistemas. Geocossistemas são compartimentos terrestres onde há uma interação característica de comunidades de organismos com o meio abiótico (pedosfera, litosfera, hidrosfera e atmosfera) [...] Geocossistemas e solos são sistemas abertos e, portanto, continuamente alterados por fatores externos (atmosfera, hidrosfera, litosfera), em interação com seu ambiente. Por isso, o solo deve ser estudado e examinado em relação à paisagem (toposfera) que ocupa e aos demais fatores externos que o influenciam (atmosfera, hidrosfera, litosfera, biosfera) (KÄMPF e CURI, 2012, p.3).

De acordo com o objetivo e o recorte espacial da pesquisa, seja voltado para a produção agrícola ou para conservação ambiental, o solo pode ser caracterizado tanto pela,

[...] natureza de seus constituintes, quanto pela escala de sua organização estrutural, com fatores microscópicos (organização elementares dos constituintes) e macroscópicos (agregados, horizontes, perfis) (MANFREDINI et al. 2005. p. 85).

Corroborando com essa compreensão, a pesquisa pedológica busca entender o solo através de definições de categorias que englobam: descrição, classificação e mapeamento “[...] descreve-se o solo objetivando enquadrá-lo em um corpo de categorias definidas e conhecidas, através das quais, este será classificado e seu recorte espacial representado” (BARROS, 1991, p. 108).

## 2.2 FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO

Conforme descreve Kampf e Curi (2012) os fatores de formação dos solos – clima, material de origem, relevo, organismos e tempo – influenciam diretamente nas transformações dos elementos minerais e orgânicos, durante a pedogênese, constituindo-o em camadas horizontais que se diferem pela natureza física, biológica, química e mineralógica. Estas características são adquiridas lenta e gradativamente com a evolução do processo e dinâmica nestas propriedades.

E ainda que, como resultado desta ação, tem-se o solo com características que refletem a relação da pedosfera com a geosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera, dando-lhe particularidades conforme sua localização geográfica. Estes fatores atuantes podem ser divididos em ativos, passivos e controladores. Os fatores ativos são aqueles que agem incisivamente no material de origem modificando-o com a ação do clima e dos organismos na rocha. O material de origem e o tempo são caracterizados como fatores passivos não fornecendo nem transportando energia. O relevo atua na pedogênese controlando a redistribuição de massa e energia e demonstrando sua ação na formação da paisagem as superfícies de erosão e deposição que influenciam no desenvolvimento do perfil, com solos menos desenvolvidos em relevos mais movimentados e em solos mais desenvolvidos e profundos relevos suaves e planos.

### 2.2.1 Clima

O clima (precipitação, temperatura e vento) atua na formação do solo controlando o tipo e intensidade dos processos, de acordo com suas variações e tendências regionais,

A ação do clima na formação do solo decorre dos atributos climáticos, principalmente da precipitação pluviométrica e da temperatura, com sua distribuição sazonal e variação diuturna; outros atributos são o vento e a orientação do declive (YOUNG, 1976; van WAMBEKE, 1992. p. 215).

O clima regula a intensidade do intemperismo influenciando a distribuição do relevo e a formação da vegetação e organismos.

De acordo com Kämpf e Curi (2012) alguns solos são formados a partir de paleoclimas<sup>1</sup>, apresentam características marcadas por eventos geológicos passados como glaciações. Estão relacionados com a ciclicidade de quantidade de insolação decorrentes da oscilação na geometria orbital da Terra. Estes recuos e avanços das camadas de gelo são regulados pelas variações climáticas. Os períodos de avanço glaciais são chamados de glaciações, enquanto que, o período de recuo das camadas é chamado de período interglacial.

Com o avanço e recuo das geleiras, novos materiais são depositados e contribui à formação dos solos dos hemisférios. Mais próximos aos trópicos onde não há ocorrência de glaciações, a formação do solo foi regulada por períodos secos e úmidos. Os períodos de menores volumes de precipitações pluviais nos trópicos - período seco - coincidiram com períodos frios e glaciais nas altas e médias latitudes e que durante o período interglacial no hemisfério norte relacionou-se com período mais úmido nos trópicos e subtropicais (KÄMPF e CURI, 2012).

Ladeira (2010) discorre a influência de paleoclimas sobre a formação de paleossolos, solos antigos desenvolvidos em superfícies de relevo e influências de climas pretéritos ou paleoclimas, associados à fauna e à vegetação. São solos soterrados e, ou, incorporados a sequências sedimentares aos quais não se assemelham aos solos mais recentes, principalmente pela ausência de vegetação.

O clima atua de maneira contínua e dinâmica na formação do solo, influenciando direta e indiretamente através de um conjunto de ações,

---

<sup>1</sup>Paleoclima é o clima de um período no passado geológico (SHAETZL & ANDERSON, 2005 *apud* KÄMPF, CURI, 2012, p.221)

Diz Zakarov ao apreciar o intemperismo e suas relações com o clima que, a energia da desintegração e decomposição das rochas e minerais, aumenta gradualmente das regiões frias para os quentes. Da precipitação e da temperatura depende a direção do processo do intemperismo. Quanto maior a precipitação, maior será também a remoção dos produtos solúveis e, por conseguinte a intensificação do andamento dos processos intempéricos (VIEIRA, 1988.p.93).

É possível observar com certa facilidade, como a radiação solar e a umidade influenciam os processos biológicos e as reações químicas na distinção entre os horizontes, originando solos mais profundos ou pouco desenvolvidos. Radiação e umidade são considerados como fatores ativos e agem sobre o material de origem consolidado ou não consolidado.

A quantidade e o fluxo da umidade disponível atuam diretamente na evolução do perfil. Tanto na translocação das substâncias em solução ou em estado coloidal, quanto na regulação das reações químicas de hidratação, hidrólise, oxidação entre outros que constituem o processo de decomposição dos minerais e rochas. Junto à temperatura interfere na velocidade e intensidade destes processos condicionando características morfológicas, químicas e físicas aos solos (VIEIRA, 1988).

A temperatura influencia diretamente na formação do solo, regulando a velocidade de decomposição do material de origem. Solos com mesmo material de origem expostos às diferentes variações de temperatura apresentam diferentes características e velocidades do processo evolutivo. Os solos desenvolvidos sob baixas temperaturas apresentam maior acúmulo de matéria orgânica e baixa decomposição destes materiais, ocasionados pela baixa atividade de organismos. No entanto, solos desenvolvidos em clima tropical e subtropical apresentam alta atividade biológica, que contribuem junto à temperatura e umidade para rápida decomposição de material orgânico e aceleração da pedogênese.

Assim como a temperatura e a umidade, o vento (outro elemento do clima) atua no controle das ações mecânicas de transporte e deposição dos materiais intemperizados, distribuindo-os por longas distâncias.

### 2.2.2 Material de Origem

O material de origem é o material a partir do qual o solo começa a se formar. Este material que origina o solo regulará a velocidade da sua formação conforme

sua resistência, exercendo papel passivo à ação do clima e organismos. Pode ser de natureza mineral ou orgânica,

O material de origem representa o estado inicial do sistema solo, que pode ser uma rocha consolidada, um depósito inconsolidado ou ainda um solo preexistente, constituindo-se em elemento passivo na formação dos solos, sobre o qual atuarão outros fatores que o transformarão. Através da sua decomposição e desintegração, a rocha matriz fornece matéria-prima para a formação dos solos, assumindo um importante papel na determinação de suas propriedades. As características das rochas que influenciam mais diretamente na gênese dos solos são: composição mineralógica, resistência mecânica e textura. (GUERRA; BOTELHO. 1996 p. 94).

Conforme as características atuantes, o clima influenciará de diferentes formas sobre as rochas que com diferentes composições mineralógicas compõem a formação de solos. A composição mineralógica da rocha influencia diretamente na gênese, na resistência e textura dos solos. Por exemplo, rochas basálticas que originam solos com textura argilosa e muito argilosa e os arenitos que proporcionam a formação de solos com textura mais arenosa.

### 2.2.3 Relevo

Conforme Resende et al. (2014) a água que escorre pela superfície do relevo influenciado pela dinâmica dos fatores de intensidade e distribuição das águas pluviais, proteção dos solos e tempo de infiltração contribui na formação do solo. A absorção ou retenção e infiltração das águas pluviais e a proporção de remoção de partículas pela erosão, atuam no processo evolutivo do solo.

A soma destes processos resulta na constituição de características do relevo que pode ser modelado como: (a) relevo movimentado que apresenta declividade acentuada com solos rasos e pouco desenvolvidos com menor infiltração de águas pluviais e mais propenso à erosão; (b) relevo pouco movimentado ou plano que apresenta intemperismo mais intenso, com boa infiltração de água e pouca erosão; e (c) relevo de baixada que propicia a retenção de água e deixa o solo saturado,

O relevo é o fator de formação que controla a redistribuição de massa e energia, tornando possível diferenciar na paisagem superfícies de erosão, e deposição e, ainda, superfícies que resultam da ação combinada de tais processos. Dessa forma, admite-se a existência de uma associação regular entre os diferentes tipos de solos e as posições que ocupam na paisagem, caracterizando topossequências. Para a identificação de topossequências é indispensável ter conhecimentos de Geomorfologia e Pedologia, os quais

são essenciais para a compreensão da evolução das formas de relevo e dos solos que nelas se desenvolvem. Num estudo das relações solo-geomorfologia, o primeiro passo é distinguir três formas principais de relevo: interflúvios, encostas e fundos de vale (Botelho et al.1995a; Botelho et al.,1995b).Em função do ambiente geomórfico em que o solo se desenvolve, este adquire características que resultam de processos predominantes em cada ambiente, seja ele de acúmulo ou de transporte, de maior ou menor umidade, ou de maior ou menor incidência solar (GUERRA; BOTELHO. 1996, p. 94).

As características morfológicas do relevo - comprimento, declividade, orientação das encostas e posição topográfica influenciam na formação do perfil pedológico. Solos formados em áreas mais planas tem propensão a serem mais desenvolvidos e mais profundos que solos oriundos de encosta. Assim a extensão e declividade do relevo modela e determina os processos erosivos dos solos na paisagem (RESENDE et al. 2014).

#### 2.2.4 Organismos

A diferenciação e formação dos perfis pedológicos recebem influência e contribuição dos organismos que vivem no solo,

O fator organismos vivos (ou fator biótico) compreende a flora e a fauna desenvolvida no solo. [...]. Academicamente (ou filosoficamente), a ação do fator organismos no material inicial é considerada como o pré-requisito para a formação do solo (BUOL et al., 1997 apud KÄMPF; CURTI, 2012. p. 232)

A constituição diversifica-se entre micro-organismos como bactéria, fungos, actinomicetos, nas ações de bioturbação das minhocas, térmitas e roedores que contribuem para a formação de agregados estruturais e a transferência de materiais do subsolo à superfície e a intervenção antrópica. As atividades e funções da fauna e flora no solo são intensas e variadas, atuando desde a decomposição de material de origem, como líquens e musgos, até a desorganização dos horizontes. Intervêm na permeabilidade, estrutura e aeração do solo das camadas mais profundas até a superfície (RESENDE, et al. 2014).

A vegetação possui papel direto como fator de formação do solo, através da sua intervenção no processo de intemperização, fragmentando a rocha, em função do crescimento das raízes; através da ação colonizadora dos líquens; e do aporte de matéria orgânica ao solo. A vegetação atua também como filtro protetor para a radiação solar e a chuva, regulando a temperatura, a umidade e a evaporação, e evitando o *splash* (salpicamento

do solo), através da interceptação das gotas de chuva; diminui o escoamento superficial e a erosão hídrica, pelo aumento da infiltração; e serve como barreira natural contra a ação erosiva dos ventos. A importância da microflora (bactérias, algas, fungos e actinomicetos) reflete-se na decomposição de material orgânico (biodegradação), na transformação de minerais do solo e na fixação do nitrogênio atmosférico [...]. É válido, ainda, citar a ação indireta do homem, através da possibilidade de modificação nos demais fatores de formação dos solos, aumentando ou diminuindo sua eficiência (Jorge, 1988). Certas ações do homem podem provocar alterações no clima, no relevo e na cobertura vegetal, que, por sua vez, terão ações diferenciadas sobre a pedogênese. (GUERRA; BOTELHO, 1996 p. 96-97).

As plantas e o solo se inter-relacionam em processos fundamentais. Enquanto o solo influencia no desenvolvimento e constituição da vegetação como aporte de sustentação e fornecedor de nutrientes, a vegetação interfere nos processos erosivos com a formação da cobertura vegetal e organização das raízes; fornece matéria orgânica que contribui como material de origem e constituição de ambiente para microfauna. Destes organismos que contribuem ou intervêm na formação do solo, a ação antrópica é a que mais modifica. A ação humana influi na estrutura e constituição mineral provocando alterações no solo, na cobertura vegetal e desenvolvimento de outros organismos (RESENDE, et al. 2014).

#### 2.2.5 Tempo

Dos fatores de formação do solo, o tempo é o que atua mais passivamente e indica o período de ação dos processos formadores. Indica o processo inicial de decomposição da rocha ou deposição de sedimentos ou o período transcorrido necessário para a maturação do solo,

A idade de um solo expressa o tempo durante o qual atuaram os processos formadores. O tempo, neste caso, pode ser absoluto ou relativo. O primeiro caso refere-se à idade cronológica, ou ao número de anos necessários para a formação do solo, que varia, grandemente, em função do tipo de material de origem e clima. Em linhas gerais, rochas compactas em climas temperados e frios exigirão um período muito mais longo para a formação dos solos do que arenitos, por exemplo, em clima tropical úmido [...]. O segundo diz respeito ao grau de desenvolvimento do solo, analisado de forma qualitativa. Baseando-se em critérios morfológicos, o solo pode ser considerado jovem ou imaturo, quando apresenta pouca espessura e desenvolvimento escasso, ou mais evoluído ou envelhecido ou maduro, quando os horizontes são mais desenvolvidos [...] GUERRA; BOTELHO, 1996, p. 97-98)

A influência do tempo na formação do solo permite observar a variabilidade de atuação entre os fatores conforme a localidade geográfica. As características climáticas influenciam diretamente na ação intempérica sobre material de origem determinando o período necessário a composição do perfil pedológico.

### 2.3 PROCESSOS PEDOGENÉTICOS

O solo é o produto da ação conjunta de agentes intempéricos sobre minerais depositados e detritos orgânicos em um processo natural de acumulação e evolução (KÄMPF, CURI, 2012). Esse processo desencadeia-se a partir de minerais aos quais juntam-se lenta e progressivamente restos orgânicos, que em contato com o ambiente começam a sofrer reações químicas, físicas e biológicas,

A interação dos fatores ambientais (material de origem, clima, biota, relevo, tempo) desencadeia processos formadores do solo, chamados de processos pedogenéticos (ou pedogênicos), cujas ações estão registradas nas feições morfológicas e na sua composição do solo (SOKOLOV, 1996). A condição inicial para a formação do solo é estabelecida pelas características do material de origem, enquanto fatores clima e organismos, ambos representando a adição de energia que impulsiona o desenvolvimento do solo, têm sua ação alterada pelo relevo local. Assim, diferentes combinações dos fatores ambientais direcionam processos que atuam no substrato geológico ou no solo pré-existente acontecendo modificações pedogenéticas que abrangem desde escalas microscópicas até bacias hidrográficas. Como resultado, os processos pedogenéticos formam um solo com um conjunto de horizontes e composição característicos. Em determinadas situações, o desenvolvimento continuado das propriedades de um horizonte pode modificar os processos em andamento e promover a destruição de outros horizontes [...] (KÄMPF, CURI, 2012. p. 240).

Combinações diferentes entre fatores ambientais determinam a dinâmica dos processos que atuam no material de origem. Estas reações ou mecanismos de caráter químico, físico e biológico, denominado como processo pedogenético, produz no interior do *solum*<sup>2</sup> zonas características inter-relacionadas com os fatores de formação do solo. Estes processos levam à constituição dos horizontes ou camadas na composição do perfil, que depende de cada situação ambiental (KÄMPF, CURI, 2012). Para a análise e compreensão dos processos pedogenéticos, são citados dois modelos principais utilizados: o “modelo dos

---

<sup>2</sup>*Solum* - parte superior e pressupostamente mais intemperizada do perfil do solo, compreendendo somente os horizontes A e B (excluído o BC) (IBGE, 2007).

processos múltiplos” (SIMONSON, 1959) ” e o “modelo dos processos específicos (FANNING e FANNING, 1989; van BREEMEN &BUURMAN, 1998 apud KÄMPF, CURI, 2012. p.241). Os dois modelos apontam que as características do solo é resultado da troca de energia e matéria atuando a longo prazo no material que fornece propriedades ao solo.

Conforme proposto por Simonson (1959, apud KÄMPF, CURI, 2012.), os processos pedogenéticos são originados a partir de processos múltiplos. A alteração local do solo acontece com a interação de diferentes formas na relação profundidade e fatores ambientais que agrupa os vários processos específicos em quatro categorias gerais que ocorrem na forma de:

- Adição: a incorporação da matéria orgânica acontece da ação de plantas e micro-organismos via processo de fixação biológica que adiciona carbono e nitrogênio da atmosfera ao regolito, resultando no processo inicial de desenvolvimento do solo. Esse processo é composto por elementos como: energia (sol), água, O<sub>2</sub>, minerais, matéria orgânica, substâncias solúveis, Fe, sílica, carbonatos.
- Translocação: processo de deslocamento por ação da água no solo de materiais como argilas, sesquióxidos, carbonatos e óxidos de uma camada para outra no perfil de solo.
- Transformação: é a modificação pela atividade microbiana no material orgânico adicionado ao solo, que resulta na acumulação de MO. E o intemperismo de minerais primários que fornece nutrientes para a atividade biológica e materiais para a formação de minerais secundários.
- A ação de remoção ou perda: ocorre quando os solos perdem material da superfície por erosão (hídrica ou eólica) e ou internamente por lixiviação pelas águas de percolação de componentes solubilizados como por exemplo: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e coloides como, por exemplo argila e MO.

O modelo dos processos pedogenéticos específicos proposto por Fanning e Fanning (1989) e van Breemen e Buurman (1998) apud (KÄMPF, CURI, 2012. p.241), derivam da interpretação das características expressas pelos diferentes tipos de solos, considerando que são o resultado de um ou mais processos ou reações específicas condicionadas pelos fatores ambientais, variando conforme a evolução do conhecimento. Suas características estão relacionadas à expressão de feições atuais, mecanismos ou ambientes. Ocorrem processos como: melanização, leucinação, pedalização, silicificação, dessilicação, ferralitização, plintitização, laterização, lessivagem (eluviação-iluviação), podzolização, gleização, salinização, sodificação, ferrólise, carbonatação, sulfurização, paludização, pedoturbação, antrossolização e erosão:

- Melanização: ocorre dos processos de adição e translocação de materiais minerais e orgânicos. Isto ocasiona o escurecimento do material mineral pela mistura com material orgânico. Como resultado produz horizonte A espesso e ou B escurecido;
- Leucinação: ocorre dos processos de remoção e translocação que ocasionam o desaparecimento de MO causando um empalidecimento de horizontes;
- Pedalização: ocorre dos processos de adição, translocação e transformação de materiais formando agregado estruturais no material de origem e no solo;
- Silicificação: ocorre dos processos de translocação e transformação de materiais ocasionando migração e acumulação de sílica secundária produzindo cimentação de agregados estruturais ou da matriz do solo;
- Dessilicação: ocorre dos processos de translocação e transformação de materiais promovendo a liberação e remoção total ou parcial de sílica do solo;
- Ferralitização: ocorre dos processos pedogenéticos de remoção, translocação e transformação de materiais ocasionando a remoção de

sílica do solo, formação de caulinita e concentração de óxidos de Fe e de Al, como ou sem formação de petroplintita;

- Plintitização e laterização: ocorrem dos processos de translocações e de transformações de materiais entre os horizontes ocasionando a translocação de Fe na forma reduzida e sua precipitação por oxidação produzindo plintita e acumulações localizadas de óxidos de ferro;
- Lessivagem (eluviação-iluviação): o processo de translocação ocasiona a migração de partículas finas como argila, dos horizontes A e E (eluviais) para o B (iluvial), produzindo o Bt;
- Podzolização: ocasionado dos processos de translocação e transformação gerando a migração de Al e Fe complexados, e ou, MO produzindo horizonte eluvial (E) com concentração de quartzo e secundariamente de sílica e horizonte iluvial (Bsh) com acumulação de Fe, Al e MO.
- Gleização: os processos de remoção, translocação e transformação produzem a redução do Fe sob condições anaeróbicas, produzindo matriz de cores cinzentas com ou sem mosqueados ou concreções de Fe e Mn;
- Salinização: processos de remoção, translocação e transformação promovem a acumulação de sais solúveis (cloretos, sulfatos, bicarbonatos de Ca, Na, Mg, K) na ou próximo à superfície do solo por evaporação da água;
- Sodificação: a translocação promove o acúmulo de íons de  $\text{Na}^+$  nos sítios de troca de solo;
- Ferrólise: os processos de remoção, translocação e transformação promovem a destruição de argilominerais do horizonte superficial por oxidação do ferro, produzindo ambiente textural (horizonte Bt);

- Carbonatação: o processo de translocação promove a acumulação de  $\text{CaCO}_3$  em horizontes subsuperficiais, produzindo desde nódulos a horizonte petrocálcico;
- Sulfurização: a translocação e transformação de materiais promovem a acidificação do solo por oxidação de sulfetos de ferro;
- Paludização: o processo de adição e transformação promovem a acumulação de MO em ambientes alagadiços e anaeróbicos originando espessos depósitos como turfas ou horizontes H;
- Pedoturbação: através do processo de translocação ocorre a homogeneização do solo por ação biológica (bioturbação) ou física; transferência de partículas finas à superfície;
- Antrossolização: é a ocorrência dos múltiplos processos de adição, translocação, transformação e remoção ocasionados pela ação humana na forma por exemplos de adição de materiais corretivos ao solo, movimentação, irrigação, aterramentos;
- Erosão: ocorre do processo de remoção de material do solo por ação eólica ou hídrica com ou sem interferência humana.

Estas ações são responsáveis pela caracterização e desenvolvimento do perfil à classificação de solo de acordo com seus atributos,

O estudo da pedogênese, tradicionalmente, tem por base o perfil de solo como unidade fundamental de trabalho. O perfil pedológico, conforme a grande maioria dos autores é entendida com uma seção vertical do solo que partindo da superfície aprofunda-se até onde alcança a ação do intemperismo, expondo, na maioria das vezes, uma série de camadas dispostas horizontalmente, denominadas horizontes. Tal disposição resultaria das variações das características morfológicas e propriedades dos solos, oriundas das transferências (translocações) e transformações verticais existentes ao longo do perfil. (SANTOS et al., 2005. p. 131)

De acordo com Ribeiro et al. (2012) Sistema brasileiro de classificação de solos (Sibcs, 2013), Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007) e Resende et al. (2014) a inter-relação entre os fatores de formação do solo e os processos pedogenéticos ocasionam características importantes à formação de horizontes no

perfil do solo. Estes horizontes ocorrem conforme a intensidade e dinâmica ambiental no material de origem que pode ser orgânicopredominante na formação de horizontes superficiais e ou minerais que estão mais presentes nos horizontes subsuperficiais.

Para a identificação na descrição dos perfis foram determinados símbolos (letras do alfabeto romano e algarísmos arábicos) que indicassem as características presentes na formação do perfil,

Há inicialmente, os horizontes orgânicos (O, H); horizontes minerais superficiais (A, E); transicionais entre horizontes A e B, e A e C, transicionais entre B e A, B e E; horizontes subsuperficiais de vários tipos; transicionais entre B e C; transicionais entre C e A, C e B, C e R; e a rocha fresca. Todos horizontes podem ser subdivididos; [...]adjetivados com sufixos e sinais. A nomenclatura desses horizontes, importantes indicadores ambientais, tem sofrido alterações (RESENDE, et al, 2014, p. 280).

O horizonte superficial geralmente apresenta acúmulo de matéria orgânica, alta atividade biológica e maior instabilidade de temperatura e umidade. Estas características denominam as seguintes formações:

- Horizonte Hístico: origina-se na camada superficial do solo, formado a partir do acúmulo e decomposição de matéria orgânica, subdivide-se em Horizonte O, com alto acúmulo de matéria orgânica e Horizonte H que além do acúmulo de material orgânico, apresenta drenagem deficiente.
- Horizonte A: formado na camada superficial do solo e de coloração escura, apresenta camada espessa e rica em material orgânico, que relacionado aos minerais, quantidade de matéria orgânica, atividade biológica, relevo e clima apresenta subdivisões em Horizonte A antrópico (relacionado às atividades antrópicas), Horizonte A chernozêmico, Horizonte A fraco, Horizonte A húmico, Horizonte A moderado e Horizonte A proeminente.
- Horizonte E: intermediário entre o Horizonte A e Horizonte B, pode ocorrer a formação do Horizonte E. Este horizonte especificamente

apresenta características de resultados da perda de argila, matéria orgânica e compostos minerais de ferro e alumínio.

O horizonte subsuperficial forma-se adjacente ao horizonte superficial, apresenta características predominantemente de minerais resultantes de processos pedogenéticos que atuaram intensamente no material de origem, modificando quase que totalmente a estrutura original da rocha, formando os seguintes horizontes:

- Horizonte B: horizonte mineral resultado do processo pedogenético atuante na alteração total ou quase total da rocha de origem. Representa a zona de iluviação onde há concentração de argila, sesquióxido de ferro e alumínio, apresenta desenvolvimento estrutural diferente dos horizontes A e C. Este horizonte apresenta atributos diagnósticos como: argílico, nátrico, ácrico, espódico, texturais que formam os horizontes: Horizonte B plânico, Horizonte B textural, Horizonte B espódico, Horizonte B incipiente, Horizonte B latossólico, Horizonte B nítico.
- Horizonte C: horizonte ou camada mineral não consolidado, se forma a partir do resultado da pouca alteração pedogenética, rico em mineral primário, podendo ser semelhante ou diferente do material de origem do solo. Com resultado de processos pedogenéticos atuantes pode apresentar características para horizonte diagnósticos de fragipã, duripã, gleização, acúmulo de carbonato de cálcio, sorção de Na e salinização. Ínfima ação biológica e com características físicas, químicas e mineralógicas inalteradas do material de origem.
- Horizonte F: horizonte ou camada mineral superficial ou subsuperficial consolidada, rica em Fe e ou Al, e com pouca presença de matéria orgânica. Resulta dos processos de endurecimento irreversível de plintita ou ação de compostos cimentantes de Fe e ou Al, segregados de fontes sem relação com complexos orgânicos. Este horizonte ou camada pode ocorrer em qualquer posição no perfil.

- R: camada mineral de material consolidado, com características predominantes formando um substrato rochoso contínuo ou fragmentado em matacões e com coesão e resitência quando úmidos.

## 2.4 MINERALOGIA DOS SOLOS

O solo é composto por partículas minerais que podem ser identificadas de acordo com seu tamanho/fração ou sua origem e composição. O material de origem (rocha-mãe) durante o processo de alteração e de formação do solo pode fragmentar-se (intemperismo físico) ou sofrer modificações (intemperismo químico). A caracterização destes diferentes minerais auxilia na compreensão da gênese e propriedades relacionadas com a classificação do solo.

A origem dos minerais relaciona-se com a rocha que o solo é oriundo. Denominados de minerais primários ou originais são componentes provenientes das rochas mais resistentes ao intemperismo químico, mantendo-se praticamente inalterados ao longo dos processos pedogenéticos. São responsáveis pelo grau de evolução do solo e da sua reserva mineral, como por exemplo, pode-se indicar, o quartzo e as micas muscovitas e agrupam-se nas frações areia e silte dos solos.

Como produtos secundários decompostos ou recompostos depois da intemperização físico/química dos minerais da rocha-mãe, os minerais secundários originam-se de rochas mais suscetíveis às alterações. Apresentam características químicas peculiares e partículas de pequenas proporções, normalmente na fração argila dos solos. Podem ocorrer no próprio solo a partir da decomposição ou da alteração da estrutura de minerais primários menos resistentes. Os mais frequentes no solo são: minerais de argila (esmectitas, vermiculitas, ilitas, caulinitas, entre outros menos abundantes), silicatos não cristalinos, óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro, carbonatos de cálcio e de magnésio.

De acordo com Vieira (1988) são os componentes presentes na fração argila que conferem propriedades importantes ao solo. Por possuírem alta atividade participam da maior parte das reações físico-químicas que ocorrem nos solos conferindo-lhe características de consistência, cor e agregação e capacidade de retenção de água. É um complexo sistema coloidal constituído de material orgânico e de partículas minerais denominadas argilominerais, compostos por silicatos hidratados de alumínio e ferro e metais alcalinos e alcalinos terrosos,

A importância dos argilominerais no solo deve-se a peculiar e significativa contribuição às propriedades físicas (textura, estrutura, consistência, permeabilidade expansão e contração, etc.) e às propriedades químicas (disponibilidade de nutrientes, CTC, pH, sorção, etc.) do solo, decorrentes, principalmente, do seu pequeno tamanho de partícula (propriedades coloidais), elevada área superficial e reatividade de superfície. Esses efeitos são reconhecidos também nos atributos com base mineralógica usada na distinção de classes de solos (SANTOS, et al., 2013), como por exemplo: atividade da fração argila (CTC), superfícies de fricção (slickensides), caráter ácrico, razão molecular  $K_i$  ( $SiO_2/Al_2O_3$ ), e nos conceitos de horizonte B latossólico, horizonte vértico e outros (KÄMPF et al., 2012, p.83).

Os argilominerais originam-se de diferentes minerais oriundos do material de origem sob a ação do intemperismo, e processos pedogenéticos, incluindo as etapas de estabilidade, transformações e neofomações minerais. Essa diversidade é representada em diferentes tipos de solos ou perfil. Uma das características relevantes das argilominerais é sua formação por lâminas tetraedrais ligadas às lâminas octaedrais, formando camadas (CARVALHO JÚNIOR, 2000).

Os elementos presentes nos argilominerais controlam a maioria dos processos químicos e físicos que ocorrem nos solos. Estes processos são controlados pela reatividade da superfície dos argilominerais, que é condicionada pela “[...] estrutura dos minerais, mediante sítios ativos na superfície das partículas que interagem com outras substâncias ou com os componentes de solução no solo” (KÄMPF et al. 2012 p.85). Ainda, segundo estes autores, estas reatividades são condicionadas pela área superficial específica (ASE) das partículas do solo que apresentam eletricamente carregadas com o predomínio de cargas negativas pela adsorção de íons. Esta adsorção de elementos (íons) é de suma importância para o manejo dos solos, sendo representada pela capacidade de troca de cátions (CTC) e capacidade de troca de ânions (CTA),

Os argilominerais são formados por um empilhamento de camadas que apresentam superfícies basais de maior extensão e superfícies laterais de menor extensão. Para os argilominerais 1:1, as superfícies de base são superfícies siloxana, formada pelos oxigênios basais da lâmina tetraedral, e uma superfície formada pelos grupos OH da face não compartilhada da lâmina octaedral. Nos argilominerais 2:1, ambas as superfícies basais são siloxana<sup>3</sup>. As superfícies laterais dos argilominerais 1:1 e 2:1 são constituídas pelas terminações das lâminas tetraedrais e octaedrais, que

---

<sup>3</sup> É a superfície formada pelos anéis hexagonais da polimerização do tetraedros de silício Disponível em: [http://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Disciplinas/FundCiSolo/FCS\\_Composicao\\_solo.pdf](http://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Disciplinas/FundCiSolo/FCS_Composicao_solo.pdf). Acesso nov/2013.

formam grupos OH em coordenação incompleta com os cátions Si e Al (KÄMPF, et al. 2012 85-86).

Em seu meio natural, as argilas associam-se, além dos argilominerais, com vários materiais, como: matéria orgânica, sais solúveis e fragmentos de outros minerais. De acordo com Fink (2012, p. 4-5), os solos tropicais e subtropicais apresentam argilominerais do tipo 1:1 do grupo da caulinita, óxidos de ferro (goethita, hematita, maghemita, ferrihidrita etc.), óxidos de alumínio (gibbsita) e os argilominerais do tipo 2:1 com hidróxi-Al entre camadas (2:1HE).

Os minerais caracterizados a seguir são de ocorrência mais frequentes em solos tropicais:

- **Caulinita** um dos principais argilominerais do tipo 1:1, concomitante aos óxidos de ferro, constituem as partículas minerais mais abundantes na maioria dos solos tropicais. Suas principais características são: a não expansividade relacionadas com a ligação ao hidrogênio entre as camadas; não há substituição isomórfica; sua superfície é somente externa e a CTC depende do pH; sua composição apresenta 1 lâmina de silício e 1 lâmina de alumínio em cada camada,

A caulinita faz parte do grupo de minerais de maior frequência na fração argila dos solos do mundo (BESOAIN, 1985) sendo o principal mineral silicatado das argilas dos Latossolos. Ela apresenta baixa CTC e superfície específica e é um mineral não expansivo. Pode apresentar variação na cristalinidade, em função da substituição isomórfica de silício por alumínio, de alumínio por ferro nos octaedros [...] relacionada com o pedoclima e material de origem. Materiais de origem ricos em óxidos de ferro tornam a caulinita mais desordenada, de pior cristalinidade [...] Apesar da sua baixa superfície específica e CTC, a caulinita pode exercer importante influência sobre aspectos de adsorção de fosfato (KER, 1995) e sobre o PCZ (ponto de carga zero) dos Latossolos, como observado por FERNANDES (2000). Pode também ser um fator determinante nas propriedades físicas dos Latossolos, solos mais caulínicos favorecem a formação de estrutura em blocos, são mais densos e possuem agregados menos estáveis (CARVALHO JÚNIOR, 2000, p.45).

- **Ilita:** composta por argilominerais que englobam variedades de micáceas constituídas por silicatos hidratados de alumínio, ferro, potássio e magnésio, pertence ao grupo das esmectitas, de argilominerais 2:1,

Este grupo contém os minerais micáceos com espaçamento basal de 1,0 nm, e não apresentam expansão. A estrutura é muito parecida com a de micas verdadeiras, mas com menor substituição isomórfica, que nestes

minerais estão predominantemente na lâmina tetraedral, e, portanto, muito próximas da superfície. Devido a este fenômeno, íons potássio são retidos nas entre camadas com mais força, resultando no colapso irreversível do mineral, que então, não se expande mais. Este fenômeno é conhecido como fixação de Potássio, porque este fica indisponível para as plantas. O colapso irreversível também é a explicação para a baixa CTC destes minerais, que está em torno de 10 a 15  $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (AZEVEDO, 2000, p.35).

- **Mica:** cristalizam-se no sistema monoclinico como cristais de ordem tabulares com planos basais bem desenvolvidos, sua clivagem {001} é considerada perfeita, no entanto, a substituição iônica é limitada entre os diferentes membros. Tem como principais variedades: muscovita, biotita, lepidolita, marganita e flogopita. Podem dividir-se em dois grupos principais: a Muscovita e a Biotita,

A muscovita ( $\text{K}_2\text{O}.3\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{SiO}_2.2\text{H}_2\text{O}$ ), de coloração branca, mas também podendo ser esverdeada ou amarelada. É bastante estável no ambiente do solo, se decompondo lentamente, e encontrada em uma grande variedade de rochas, como o granito, micaxisto e gnaiss. É uma fonte de potássio para o solo. Pode persistir no solo até a fração argila (ocorrendo em pequenas quantidades), ou alterar-se formando illita. A biotita, de coloração escura, é um silicato contendo K, Mg, Fe e Al. Também pode ser encontrada em granitos, micaxistos e gnaisses, emprestando-lhes sua coloração escura. Devido à sua decomposição mais fácil (já que possui maior número de ligações O-Fe, O-Mg e O-K, e menos ligações O-Si), é fonte importante de nutrientes nos estágios iniciais dos solos onde ocorre (AZEVEDO, 2000, p.21).

- **Óxido de alumínio (Gibbsita):** É o óxido de alumínio mais frequente em solos, sendo sua estrutura composta pela ligação de lâminas octaedrais de alumínio. Desempenha papel importante na formação de agregados, em função de sua cristalinidade, sendo os óxidos amorfo mais eficientes na agregação,

A gibbsita é o principal óxido de alumínio dos Latossolos [...]. É um óxido comum nos solos e em depósitos de bauxita [...] Nos Latossolos a presença da gibbsita encontra-se relacionada com o intemperismo intenso, favorecido pelas altas temperaturas, drenagem livre, ou circulação intensa de água, permitindo a saída de sílica e bases do sistema (KER, 1995). Esta condição de formação da gibbsita, é a descrição clara das condições de formação dos Latossolos brasileiros, tornando-a um importante constituinte mineralógico de fração argila dos Latossolos. Ela pode exercer importante influência sobre fenômenos do solo, como adsorção de fosfato (KER, 1995; BOGNOLA, 1995; MESQUITA FILHO & TORRENT, 1993; FONTES & WEED, 1996) e propriedade física dos solos (FERREIRA et al., 1999a, b) CARVALHO JÚNIOR, 2000, p.45-46).

- **Óxidos e hidróxidos de Fe (goethita e hematita):** encontram-se na fração argila, possuem lâminas octaédricas na sua composição, de maioria dos íons formadores de óxidos, como o Fe, Al, Mn, Ti, Zn, etc. Os óxidos mais abundantes na fração argila dos solos são os óxidos de Ferro, seguidos geralmente pelos óxidos de Alumínio. Considerados colóides minerais geralmente apresentam estruturas mais complexas e com maiores variações que os silicatos,

Os principais óxidos de ferro encontrados na fração argila dos Latossolos são comumente a hematita e a goethita (RESENDE, 1976; FONTES, 1988; KER, 1995), mas ainda se fazem presentes lepidocrocita, maghemita e ferridrita dependendo das condições pedogenéticas. Normalmente esses óxidos ocorrem dispersos no solo, na forma de partículas finas, com cristalinidade variada, ou capeando outros minerais ou formando complexos com a matéria orgânica (OADES, 1963; KÄMPF, 1988; SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989). Eles influenciam diversas propriedades dos solos, como cor, agregação, adsorção de fósforo, CTC, superfície específica etc. Podem associar-se com caulinita e gibbsita, formando agregados, cimentando-os, podendo comportar-se como grãos de areia e afetam também a associação com micronutrientes e metais pesados (BESOAIN, 1985; SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989; FONTES, 1992; KER, 1995). Portanto os óxidos de ferro podem conferir às solos propriedades desejáveis, como maior permeabilidade da água, maior resistência a erosão, porém, podem afetar a retenção de ânions, sendo uma característica desfavorável. (CARVALHO JÚNIOR, 2000, p.46).

O ferro disponível no solo é oriundo da decomposição de minerais primários, como: piroxênios e anfibólios, e de rochas magmáticas básicas, como basalto. Os íons de ferro apresentam-se em dois estados de oxidação: o ferro reduzido ou íon ferroso,  $Fe^{+2}$ , cuja solubilidade em água é bem maior que o ferro oxidado, ou íon férrico,  $Fe^{+3}$ . Caracteriza-se também por ser um indicativo de condições ambientais pretéritas e presentes do solo,

Goethita ( $FeOOH$ ) é a forma mineral de Fe III (íon férrico ou Ferro oxidado) mais frequente em solos, porque é a mais estável sob a maioria das condições pedogenéticas. Ocorre em quase todas as regiões e climas, podendo associar-se Hematita. Dá coloração bruna (do inglês brown=marrom) a amarelada aos solos. [...] Hematita ( $Fe_2O_3$ ) É o segundo óxido de Ferro mais frequentes em solos, principalmente, nos mais antigos e/ou intemperizados, isolado ou associado com goethita. É característica de climas quentes e úmidos, com alto poder pigmentante: tendo coloração vermelha, sua presença em 1% dá esta cor ao solo, mesmo que a goethita esteja em maior concentração (AZEVEDO, 2000, p.41).

## 2.5 MORFOLOGIA DOS SOLOS

A morfologia direcionada à análise de solo busca descrever os caracteres que constituem fisicamente o perfil do solo relativo ao arranjo dos horizontes, cor, textura, estrutura, consistência, porosidade entre outras, em condições ambientais de campo e concomitante às análises laboratoriais. A análise morfológica faz inferência quanto à drenagem, permeabilidade, compactação, susceptibilidade à erosão oriunda dos fatores e processos de formação do solo.

De acordo com Ribeiro et al., (2012) a cor é a característica que mais se destaca, constituída por várias tonalidades presentes no perfil. Indicam e delimitam os horizontes ressaltando condições importantes na pedogênese e classificação dos solos.

A cor do solo deve ser descrita por comparação com uma escala padronizada de cores utilizada na tabela de Munsell definida por um matiz, um valor (tonalidade) e um croma (intensidade de saturação). A agregação de vários materiais minerais e orgânicos resulta na pigmentação observada, permitindo inferir sobre a constituição do solo ou sobre as condições químicas que agiram ou ainda agem, pois se correlacionam com a maioria das características mineralógicas, físicas e químicas do solo. Os principais corantes do solo são os compostos de ferro, sílica e matéria orgânica

O solo é constituído por pequenas partículas minerais de diferentes tamanhos que são denominadas frações granulométricas, quantificadas em laboratório. Estas frações indicam a proporção entre areia, silte e argila em um determinado solo. A subdivisão das partículas em diversas frações ocorreu na tentativa de relacionar as frações com o comportamento físico-químico dos solos. O Sistema Brasileiro de Classificação de solos considera: Calhaus (200 a 20 mm); cascalho (20 a 2 mm); areia (2 mm a 0,05 mm); silte (0,05 a 0,002 mm); e argila (menor que 0,002 mm). Ao se analisar a textura e identificar a proporção relativa de areia, silte e argila presentes obtêm-se a classe textural que pode variar entre arenosa, média argilosa, muito argilosa e siltosa. Em campo, pode-se observar a textura do solo, que pode influenciar na infiltração e retenção de água, na porosidade e ainda indicar o estágio de intemperismo (RIBEIRO, et al., 2012).

A forma como o solo se apresenta referente-se aspecto do conjunto de agregados que se denomina estrutura. A análise morfológica da estrutura identifica o

formato e tamanho destes agregados e o arranjo das partículas de areia, silte e argila. A estrutura do solo corresponde à porosidade e de como este arranjo influenciará na organização e no comportamento dos poros formando os macroporos e microporos. Os torrões que se formam no solo em condições naturais são estruturados a partir de agentes cimentantes e responsáveis pela aeração, densidade, resistência mecânica, infiltração de água e selamento superficial do solo. A forma e o tamanho destes torrões podem ser variados: granular com aspecto de esferas, se a maior parte das faces é arredondada; angular ou subangular quando as faces são planas ou quase planas; e laminar quando as faces são planas e as dimensões horizontais excedem as verticais; prismática se as dimensões verticais ultrapassam as horizontais e quando todas as faces são planas; e colunar quando a face superior é arredondada; e estrutura com superfícies curvas (elipsoidais) interligadas por ângulos agudos, lembrando cunhas. Responsável pela porosidade, a estrutura é um atributo fundamental na preservação da estrutura. A organização dos agregados afeta os processos físico-químicos e biológicos intervindo na permeabilidade da água e no desenvolvimento de raízes (RIBEIRO, et al., 2012).

A consistência do solo é interrelacionada com a textura e a atividade da fração argila. Este atributo ocorre por atuação das forças de adesão e coesão entre as partículas do solo que variam com o grau de umidade. No interior dos agregados, as partículas de areia, silte e argila aderem umas às outras, sendo assim, mantidas unidas com diferentes graus de adesão. Isto faz com que uns solos sejam mais macios e outros mais duros. A resistência do material do solo, em estado natural, a alguma força que tende a rompê-los é conhecida como consistência. Na prática, é estimada pressionando-se um agregado ou torrão de determinado horizonte do solo entre os dedos. A determinação da consistência do solo está associada com outras características, como: textura, estrutura, agentes cimentantes e o teor de umidade (RIBEIRO, et al., 2012). A identificação do grau de consistência varia com o teor de umidade:

- Seco: dureza ou tenacidade;
- Úmido: friabilidade;
- Molhado: plasticidade e pegajosidade.

A associação da consistência com textura e composição mineralógica do solo indica quais as condições ideais de manejo, tanto no uso agrícola quanto na preservação ambiental dos solos.

## 2.6 SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS - SiBCS

De acordo com o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007) a classificação de solos tem sua utilização em aplicações práticas, como por exemplo, em levantamentos de solos, além de referenciar pontos de amostragem de solos, rochas, plantas, materiais genéticos, facilitando a extrapolação de resultados experimentais de manejo, conservação e fertilidade de solos.

No Brasil a atividade de classificação, iniciou-se por volta de 1947, baseada nas publicações dos conceitos americanos – SoilTaxonomy e pela FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Equipes técnicas foram desenvolvidas para que realizassem trabalhos técnicos que envolvessem temas, como: geologia, geomorfologia, pedologia, fauna e flora e que contemplasse todo o Território Nacional. Com frentes de atuação em várias regiões do País, com equipes numerosas e separadas por grandes distâncias, foi necessário a criação de manuais que englobassem todos os conceitos, critérios e técnicas (SANTOS et al., 2013).

Várias mudanças foram ocorrendo quanto aos conceitos originais, nomenclatura e definições de classes, para a realidade dos solos brasileiros. Os levantamentos pedológicos foram demandando de adequação aos solos, que foram sendo identificados, principalmente em razão às diversidades de atributos, variabilidade morfológica e constituição. As modificações e acréscimos foram sendo adotados em critérios de distinção entre os atributos que resultaram em normas descritas pela Embrapa (IBGE, 2007).

Com a indicação dos atributos, grandes grupos iniciais foram sendo constituídos e estabelecidos em função de resultados obtidos com: saturação por bases, atividade das argilas (CTC), saturação por sódio, presença de carbonato de cálcio, mudança abrupta de textura para o horizonte B, entre outros estabelecidos.

Com os critérios definidos, há uma abrangência de vários atributos diagnósticos que determinam os diversos tipos de horizontes, como: horizontes A, de horizontes B, C, horizontes diagnósticos que variam nos perfis de solo.

De acordo com Santos et al. (2013), a organização destes atributos foi publicada pela EMBRAPA na edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos em 1999 e atualizada em 2006, e 2013. Ainda, segundo o autor, os níveis são definidos por um grau de generalização e peculiaridade, enquanto a ordem é um nível mais abrangente e mais genérico de classificação, distinguindo unidades amplas

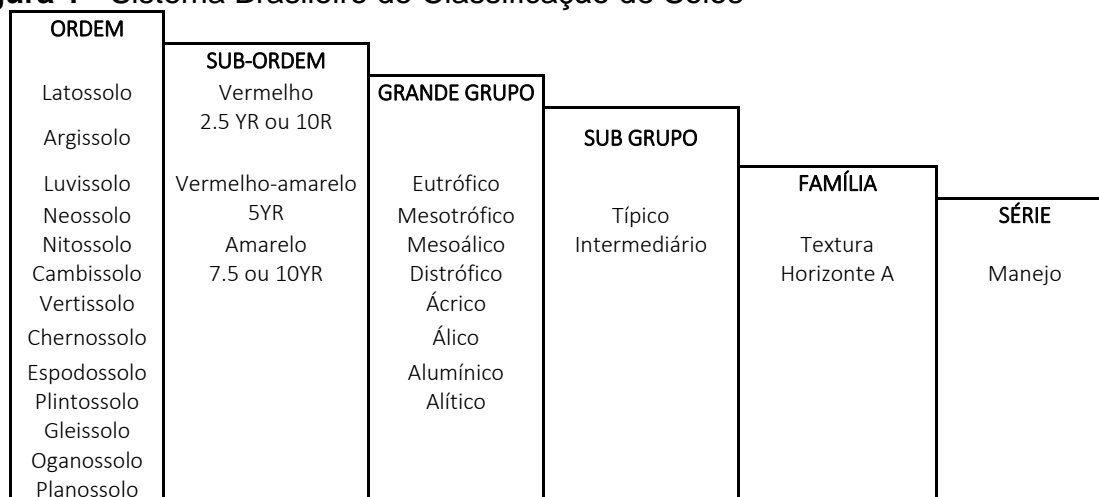
de solos, a série corresponde ao nível mais detalhado, com precisão na classificação, separando unidades homogêneas.

A estrutura permite classificar os solos em seis níveis categóricos e hierárquicos: Ordem, Subordem, Grande Grupo, Subgrupo, Família e Série (figura 1). Estes seis níveis apresentam-se em:

- 1º nível categórico - 13 classes no nível de Ordem;
- 2º nível - 44 classes no nível de Subordem;
- 3º nível - 150 classes no nível de Grande Grupo;
- 4º nível - 580 classes no nível de Subgrupo;
- 5º e 6º níveis - Família e Série: o número de classes depende da intensidade dos levantamentos que são executados.

Esta organização permite realizar levantamentos de classificação em escalas precisas de acordo com o objetivo, como: planejamento territorial, identificação e classificação de paisagens, áreas para potencial agropecuários e ainda à preservação ambiental, norteando o uso e manejo dos solos, ou áreas de preservação permanente (SANTOS et al., 2013).

**Figura 1 - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**



Fonte: Santos et al., 2013



de rochas da formação Serra Geral e do grupo Arenito Bauru/Caiuá (SOUZA FILHO, 1993). Inclui porções territoriais do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai, somando uma área com cerca de 1,5 milhão de quilômetros quadrados. Em território brasileiro engloba seis Estados e o Distrito Federal, além da área mais urbanizada e industrializada do País. Composta por uma densa rede hidrográfica, seus principais afluentes são: Rio Grande, Paranaíba, Tietê, Paranapanema e Iguaçu, os cursos de água são regulados por diversos reservatórios com extensas áreas alagadas (MILANI, 2007).

Como principal curso hídrico da bacia, o Rio Paraná formado a partir da confluência dos Rios Grande e Paranaíba, recebe importantes tributários, como os Rios Tietê, Paranapanema e Iguaçu. Abriga em seu leito importantes hidrelétricas com imensos reservatórios: Ilha Solteira, Porto Primavera e Itaipu Binacional que influenciam e regulam a vazão e a composição sedimentos nas águas. Em seu curso, entre a Usina Hidrelétrica (UHE) de Porto Primavera e o remanso de Itaipu é o único trecho em que o rio ainda possui curso livre. Isto possibilita a observação de extensos depósitos sob a forma de ilhas, barras, planície de inundação e terraços que não foram perdidos com as barragens (SOUZA FILHO, 1993).

Corradini et al. (2008) aponta para as peculiaridades observadas no padrão do canal do rio. Conforme a escala utilizada, o padrão se modifica de retilíneo para anastomosado e de como isso influencia na formação do relevo com a propensão à formação de ilhas e barras arenosas,

O rio Paraná em seu alto curso apresenta um padrão de canal bastante diferente dos tradicionais descrito na literatura. Se numa escala mais abrangente podemos classificá-lo com um rio com canal aproximadamente retilíneo, numa visão mais detalhada o rio se apresenta com um padrão anastomosado, onde relativamente longas ilhas vegetadas separam o canal principal em canais secundários de diferentes hierarquias. Além disso, a razão largura/profundidade nunca inferior a 200 e a ocorrência de barras arenosas centrais e laterais dão ao mesmo tempo um caráter entrelaçado a alguns trechos (CORRADINI et al., 2008, p.345).

Denominada como Alto Paraná, em uma área com padrão multicanal, caracteriza-se pela presença de inúmeras ilhas com diferentes dimensões, formadas por processos geomórficos,

Devido à sua extensão (dezenas de quilômetros de comprimento) permanência (variando de seculares a milenares) e topografia (até 4 m acima do nível médio do rio), as ilhas funcionam como verdadeiras planícies

de inundação dentro do canal. Assim, lagoas, pântanos e diques marginais são feições características desses corpos, que são produto de uma complexa evolução de processos de canal e de planície de inundação do rio Paraná. Tal complexidade evolutiva pode ser constatada também na distribuição anisotrópica de suas formas de relevo, quando comparada ao isotropismo típico da planície de inundação. Formada por áreas altas e baixas, alongadas, alternando-se sucessivamente proporciona às ilhas do rio Paraná um relevo bastante peculiar que propicia a formação de subambientes bem diferenciados quanto à umidade, textura e composição do solo e graus de conexão com o canal principal. O arranjo dessas formas de relevo permite também que haja ambientes deposicionais diferenciados com a formação de sedimentos de dique marginal, crevasse, lagos e bacia de inundação. (CORRADINI et al., 2008, p.346).

A vegetação apresenta diferentes portes e recebem influência do regime hidrológico do rio e das condições edáficas com formação de paleocanal que determinam a diversidade na composição florística.

**Figura 3** - Ilha Carioca – Alto Rio Paraná - PR/MS



Fonte: Rosa (2013)

Com superfície em média de dois a três metros acima do nível do rio, os processos erosivos e de deposição observados, encontram-se nas margens: na margem direita há formação de bancos de areia, enquanto que na margem esquerda há a formação de barrancos acima do nível do rio, conforme se observa na figura 4 A/B.

**Figura 4** - Formação de barranco na margem esquerda e de barras arenosas na margem direita (B).



Fonte: Rosa (2013)

### 3.1 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA

O substrato geológico que compõe a calha do rio Paraná é constituído por basaltos da Formação Serra Geral e sedimentos arenosos que inclui depósitos de areia da Formação Santo Anastácio e Caiuá, do Grupo Bauru (K). Essa composição por diferentes estratos rochosos proporciona características distintas ao longo do curso do Rio Paraná. Segundo Souza Filho e Stevaux (1997), ao longo do curso do Rio destaca-se a assimetria entre suas margens esquerda e direita. Com relevo acidentado para parte Leste e Sudeste da bacia devido à ocorrência de rochas cristalinas e para todo o restante da área, formas tabulares de inclinação suave em direção ao Rio Paraná, interrompidas em algumas localidades pela formação de cuesta do Serra Geral.

O segmento do Alto Rio Paraná, ao qual a Ilha Carioca está inserida, apresenta características de substrato do canal composto por arenitos e por depósitos pretéritos do próprio Rio. De montante a jusante, a margem esquerda do rio Paraná, é constituída por barrancos com até 10 m de altura, composta por arenitos consolidados da formação Caiuá, no entanto, na margem direita afloram depósitos quaternários do próprio rio, compondo uma ampla planície de inundação (SANTOS et al., 1992).

Geomorfologicamente a Ilha Carioca está alocada sobre a formação Rio Paraná composta por superfície plana, cuja vegetação caracteriza o relevo com vegetação arbórea para as áreas altas, as médias com predominância de arbustos e baixas por campos, e os baixios por formas higrófilas, descritas no item 3.2 deste trabalho (FERNANDES; et al., 2007). Conforme aponta Sallun et al. (2007), o

Alogrupo Alto Rio Paraná a qual a área de estudo, está inserida é composta por Aloformações Paranaíba e Paraná, que representam, respectivamente, depósitos arenáceos e rudáceos homogêneos e depósitos aluviais associados à paleodrenagem do Alto Rio Paraná, bem como do seu curso atual e afluentes, embutidos na Aloformação Paranaíba (SALLUN et al. 2007).

De acordo com o levantamento de solos realizado pela Embrapa (2007) os solos na área de entorno a qual a ilha está inserida classificam-se em ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico (GX1 e GX2) - GLEISSOLOS HÁPLICOS Indiscriminados. Em estudo realizado em ilhas próximo à Ilha Carioca, Castro (2012) verificou a predominância de NEOSSOLOS FLÚVICOS.

### 3.2 VEGETAÇÃO E CLIMA

De acordo com Kramer e Stevaux (2001) o clima da região que a Ilha Carioca está inserida, é considerado como clima tropical-subtropical, com temperaturas médias mensais superiores a 15°C e precipitações superiores a 1500 milímetros por ano. As chuvas de primavera são superiores às do verão e, no período de outono/inverno, os índices giram em torno de 400 milímetros.

A vegetação encontrada conforme descrita por Campos e Souza, (1997) mescla-se entre domínios de cerrado, mata atlântica e pantanal. Este tipo de vegetação atrela-se ao tipo de solo hidromórficos e condiciona-se às formas geomorfológicas. A vegetação da área do estudo forma-se a partir de fragmentos remanescentes do processo de ocupação do Noroeste do Estado do Paraná,

As formas arbóreas estão presentes nas áreas mais altas (diques marginais). As formas arbustivas estão nas áreas de altitude média na planície, que permanecem secas a maior parte do ano. As formas higrófilas, por sua vez, dominam as áreas úmidas e mais baixas (bacias de inundação). Como a dinâmica fluvial do rio Paraná modifica as áreas de ocorrência das formas geomorfológicas, as áreas de domínio dos tipos de cobertura vegetal também se modificam. Regionalmente, a área do estudo insere-se na zona de transição entre a Floresta Estacional Semidecidual Submontana presente no Estado do Paraná e o “cerrado” característicos do Estado do Mato Grosso do Sul e do Sudoeste do Estado de São Paulo (SOUZA, 1998; apud HAYAKAWA, et al. 2010, p. 118).

Foi possível verificar, durante a escolha dos pontos de amostragem dos solos,

a variação na composição da vegetação da Ilha Carioca. Árvores com diversos portes, formação arbustiva, gramíneas e rasteiras (figura 5B). Conforme discorre Balestrini (2012) a vegetação desenvolvida na Ilha carioca apresenta baixa diversidade de espécies, ocorrendo uma variação no porte relacionada diretamente com as condições pedológicas e de períodos de alagamento e às intervenções antrópicas ocorridas no passado. Em alguns pontos observou-se a formação de bacia de inundação (figura 5A) e de alagamentos (figura 6A), ausência total de gramíneas e arbustos com espessa cobertura de matéria orgânica (figura 6B).

**Figura 5** - Formação de bacia de inundação (A) e formação arbustiva (B)



Fonte: Rosa (2013)

**Figura 6** - Presença de áreas alagadas (A) e ausência de gramíneas e arbustos com espessa cobertura de matéria orgânica (B)



Fonte: Rosa (2013)

### 3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A formação e composição da vegetação nas ilhas localizadas no Alto Rio Paraná resultam de diferentes processos devido a interferência antrópica para a produção agropecuária ocorrida entre as décadas de 1950 e 1990.

Segundo Correa (1998, apud Castro 2011), a ocupação das ilhas do Rio Paraná ocorreu por volta dos anos 1950, as ilhas Porto Rico e Mutum tiveram seu território totalmente ocupado, e as demais ilhas parcialmente, sendo essa ocupação

intensificada na década de 1970 com as transformações na agricultura decorrentes da mecanização do campo e expansão da pecuária no Noroeste paranaense,

Censos demográficos dos anos de 1970, realizados nos municípios próximos ao rio Paraná, demonstraram um esvaziamento populacional, principalmente, pela queda das atividades agrícolas na região. Com isso, as populações mais pobres, impossibilitadas de migrar para territórios distantes, optaram por buscar refúgio em ilhas do rio Paraná (Rosa, 1997). A partir da década de 1970, portanto, intensificou-se a ocupação das ilhas devido à retração do mercado de trabalho no continente (SILVA e BELLINI, 2008, p. 186).

De acordo com Silva e Bellini (2008) os moradores das ilhas denominados de ilhéus, mantinham costumes tradicionais como as práticas de cultura de subsistência cultivando: milho, arroz, feijão, mandioca e banana e a pesca artesanal. Essas populações residentes nas ilhas tiveram suas vidas influenciadas diretamente pela ocorrência de intensas enchentes decorrente das operações das usinas hidrelétricas, principalmente a de Itaipu e a de Porto Primavera, além da criação de Unidades de Conservação (UCs) em seus territórios,

As ilhas encontram-se inseridas na APAIV (criada em 1997), uma Unidade de Conservação Federal de uso sustentável, ou seja, que permite a permanência de populações humanas em seus limites e incentiva o uso de recursos naturais de modo a assegurar a qualidade de vida humana. No entanto, como grande parte das ilhas do rio Paraná coincide com Áreas de Preservação Permanente (APPs) – locais destinados à proteção integral, que não permitem a intervenção humana – os ilhéus residentes nestes espaços vêm sofrendo intensas pressões de gestores ambientais para abandonarem seus territórios tradicionais. A restrição ao uso da terra que lhes é imposta consiste em um dos principais instrumentos de degradação de sua cultura, que é extremamente dependente de recursos naturais (SILVA e BELLINI, 2008, p.2).

Embora, em 2006 tenha sido instituído a Resolução nº 369, que possibilitava intervenção ou supressão de vegetação em APP – em casos de interesse social ou baixo impacto ambiental, atualmente, poucos moradores encontram-se nas ilhas. Constituídos em média por menos de quatro pessoas na família, as atividades com o uso da terra ou do rio encontra-se em declínio, recorrentes aos impactos ambientais ocorridos na região, como por exemplo: alterações na ictiofauna ocasionada pelo trânsito constante de embarcações. Os ilhéus agora trabalham em sua maioria em casas de veraneio para complementar a renda familiar, e as condições de saneamento das moradias nas ilhas são precárias (SILVA e BELLINI, 2008).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

A identificação, classificação e o mapeamento dos solos foi realizado a partir de levantamentos pedológicos, que tem como objetivo a inferência da relação das propriedades observáveis na natureza com a distribuição geográfica dos solos. De acordo com o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007), para as pesquisas de levantamentos dos solos são necessárias três fases: gabinete, campo e laboratório. Estas fases compreendem o registro de observações de campo, interpretações de aspectos do meio físico e análises das características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas dos solos.

Para esta pesquisa optou-se pelo levantamento de reconhecimento de alta intensidade. Este tipo de levantamento permite reconhecer e obter informações em áreas relativamente pequenas, de natureza qualitativa e quantitativa para o desenvolvimento de projetos sociais, ambientais ou agrícolas.

Este nível de reconhecimento fornece informações básicas razoavelmente precisas para planejamento geral de programas de conservação e manejo dos solos. Podem substituir levantamentos semidetalhados em áreas que requerem estudos preliminares para planejamento regional de uso e conservação dos solos. O material básico mais recomendado para este nível de reconhecimento é constituído por: mapas/cartas planialtimétricas em escalas preferenciais entre 1:20 000 e 1:100 000, fotografias aéreas em escalas preferenciais entre 1:20 000 e 1:100 000 e carta-imagem em escala maior que 1:100 000. A escala de apresentação do mapa, em geral, situa-se entre 1:50 000 e 1:100 000, sendo a área mínima mapeável variável entre 10 e 40 ha (IBGE, 2007, p. 140).

As pesquisas foram realizadas em dois trabalhos de campo ao NUPELIA (Núcleo de Pesquisas em Limnologia e Aquicultura) da Universidade Estadual de Maringá, com base instalada no município de Porto Rico, PR. Os acessos à Ilha foram realizados com barco a motor, e os materiais de campo utilizados foram: martelo pedológico; trado holandês; enxadão; pá quadrada; pá reta; faca; facão; foice; fita métrica; câmera fotográfica para registro de imagens e o navegador GPSMAP 60CSx, para navegação e aquisição de coordenadas geográficas.

#### 4.1 PLANEJAMENTO PRELIMINAR

A caracterização preliminar da área de estudo foi fundamental para direcionar os métodos e técnicas escolhidos para a pesquisa.

Nesta etapa do trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre pesquisas realizadas e em desenvolvimento sobre a área que a ilha Carioca está inserida geograficamente. Organizou-se o material bibliográfico que estruturasse e norteasse o planejamento à pesquisa com observação inicial em imagens de satélite e mapas da área correspondentes aos atributos físicos e espaciais como: hidrografia, formação geológica, feições geomorfológicas, mapa de solos, usos e ocupação do solo e de vegetação.

#### 4.2 PESQUISA DE CAMPO

A observação em imagens de satélite permitiu identificar corpos hídricos, drenagem superficial e as variações na cobertura vegetal que permitissem adentrar a ilha. Com a identificação e caracterização física preliminar da área de estudo foi estabelecido como método de coleta de dados o caminhar livre.

O caminhar livre permite a utilização de materiais cartográficos e imagens de satélite concomitante ao conhecimento da área para se estabelecer os pontos de amostragem, e que cada amostra contenha informações suficientes para a caracterização, classificação e mapeamento dos solos (IBGE, 2007).

Para a classificação e mapeamento dos solos da ilha foram realizados dois trabalhos de campo.

O primeiro para reconhecimento da área e coleta de 17 amostras de solo com prospecção em pontos previamente estabelecidos. A coleta foi de amostras de solos da camada 40-60 cm com auxílio de trado holandês. Optou-se pela camada 40-60 cm, tentando amenizar os efeitos de deposições de materiais orgânicos e inorgânicos recentes na superfície dos solos. Nessas amostras foram realizadas análises granulométricas e análises químicas de rotina (ver detalhes em item 1.3).

O segundo trabalho de campo para abertura e descrição de seis perfis pedológicos conforme Manual Técnico do IBGE, onde foram determinados além das características granulométricas e químicas, a morfologia dos horizontes pedogenéticos.

As amostras iniciais foram coletadas com trado holandês em 17 pontos na profundidade de 40 – 60 cm. Os pontos foram georreferenciados (figura 7) com auxílio de GPS e realizadas anotações gerais como: porte da vegetação, erosão aparente, pedregosidade, rochiosidade. Nas amostras trabalhadas em laboratório foram avaliadas as características morfológicas, compreendendo cor e consistência, análises químicas e texturais.

**Figura 7** - Localização dos pontos de coleta de amostras com trado na Ilha Carioca, alto Rio Paraná



Fonte: Google Earth 2013

Para o segundo trabalho de campo, os pontos de coleta dos solos foram estabelecidos a partir dos resultados das análises laboratoriais realizadas com as primeiras amostras. Os dados obtidos direcionaram a abertura de seis trincheiras para as análises dos perfis (figura 8). O tamanho do perfil para descrição morfológica e classificação dos solos variou em média de 2,0 m de comprimento, 1,0 m de largura e 1,50 m de profundidade. As amostras foram coletadas de acordo com Santos et al. (2005) em três horizontes identificados como A, AC e C. Durante a abertura dos perfis foram realizadas anotações gerais como: porte da vegetação, drenagem, erosão aparente, pedregosidade e rochiosidade. As características morfológicas foram avaliadas em campo e em laboratório. As características texturais e químicas no laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina e o ataque sulfúrico no laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa.

**Figura 8** - Localização dos pontos de abertura dos perfis de solos na Ilha Carioca, alto Rio Paraná



Fonte: Google Earth 2013

### 4.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

Conforme as técnicas propostas por Santos et al. (2005) e descritas no Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007), as amostras foram preparadas para as análises de consistência em estágio seco, úmido e molhado, para que se observasse a coesão e adesão entre as partículas conforme o grau de umidade.

Para a caracterização de cor as amostras de solo foram comparadas à Carta Munsell de cores em estágio seco e úmido.

Para as análises físicas, químicas e mineralógicas, as amostras foram passadas em peneiras com malha de 2mm. Em seguida, a terra fina foi seca ao ar e encaminhada às respectivas análises. Foram preparadas e conduzidas a partir de técnicas e métodos disponíveis no Manual de Análise Química do Solo e Controle de Qualidade (PAVAN et al., 1992).

As análises macromorfológicas, físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina. Para o ataque sulfúrico, uma alíquota de 50 g dos horizontes C de cada perfil, foi encaminhada ao laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, onde foi realizado ataque sulfúrico seguindo métodos descritos em Embrapa (2011).

#### 4.3.1 Análises Macromorfológicas

As amostras coletadas em material não desagregado foram preparadas para a identificação da cor em estágio seco e úmido e da consistência em estágio seco, úmido e molhado, conforme proposto por Santos et al. (2005) e Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007).

A caracterização de cor seguiu o padrão universal da Carta de Munsell que contempla o grau de intensidade de três componentes da cor: matiz que refere-se ao espectro dominante da cor, na identificação é representado por uma ou duas letras em maiúsculas de acordo com a cor visualizada, por exemplo: Red-R, Yellow-Y e precedidas por números entre: 2,5; 5; 7,5; e 10. O valor refere-se à tonalidade da cor entre branco e preto e varia entre de 2 a 8. E o croma que está relacionado com a pureza relativa ou de saturação da cor varia gradativamente entre zero e 10 (SANTOS et al., 2005). As observações permitiram inferir sobre o conteúdo de matéria orgânica e possíveis minerais presentes e de fácil visualização, como pontos de concreções ferruginosas.

Na avaliação da consistência das amostras foi possível verificar a variação das forças físicas de coesão e adesão presentes no solo, conforme variação dos teores de umidade. Em estágio seco foi observado a dureza ou tenacidade, em estágio úmido a friabilidade, e em estágio molhado a plasticidade e pegajosidade.

#### 4.3.2 Análise Granulométrica

A análise granulométrica tem como objetivo determinar a porcentagem de partículas primárias distribuídas em argila, silte e areia presentes nos solos. Para esta análise observa-se a desagregação, dispersão e decantação das partículas em meio aquoso ocasionadas por rotação em mesa agitadora (CAMARGO et al., 2009).

Para determinação da proporção entre argila, silte e areia utilizaram-se amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) e o método da pipeta. As amostras foram peneiradas em malha de 2mm, pesado 20 g em garrafa para agitação e adicionado 100 ml da solução dispersante de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Colocado na mesa agitadora com rotação de 30rpm, por 16 horas, transferiu-se a suspensão para uma proveta de 1000 ml. Na suspensão de solo foram determinadas as quantidades de argila e de silte pelo método da pipeta. Para o método da pipeta transferiu-se o volume do frasco

agitado para uma proveta de 1000 ml e completando o volume até 1000 ml com água destilada. Agitou-se a suspensão por 30 segundos com um bastão contendo na extremidade inferior um êmbolo de borracha com diâmetro um pouco menor que o diâmetro da proveta e com movimento de cima para baixo e vice-versa. Anotou-se o tempo (t), e transcorrido o tempo necessário para a sedimentação da partícula de argila+silte, com uma pipeta de 10 ml fez-se a coleta de 10 cm para amostragem de argila+silte e posteriormente de 5 cm para amostragem de argila, com sucção contínua para evitar-se o movimento e turbilhonamento do volume dentro da proveta. Os volumes de 10 cm e 5 cm foram transferidos para placas de petri devidamente pesadas e secas em estufas a 105-110°C por no mínimo oito horas. Após retiradas das estufas e deixadas no dessecador, as placas foram pesadas para realização dos cálculos.

Os cálculos são expressos em porcentagem com os resultados obtidos da subtração das alíquotas pesadas e do volume seco na estufa resultante da dispersão, para:

- Argila (%) na TFSA = [massa da argila + dispersante (A+D) - massa do dispersante (D) x 500;
- O silte foi obtido por diferença da argila + areia: Silte (%) = 100 - (massa da argila + massa da areia).
- Areia grossa (%) na TFSA = massa da areia grossa (AG) x 10;

O reagente utilizado como solução dispersante de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> contém 20 g de hidróxido de sódio dissolvido em 5 litros de água destilada e adicionado 50 g de hexametáfosfato de sódio, agitado com agitador magnético até completa dissolução do reagente (CAMARGO et al., 2009).

Com os resultados das análises granulométricas pode se observar a distribuição do tamanho das partículas presentes nas amostras e de como a proporção da argila, silte e areia influenciam na evolução dos solos da Ilha, regulando a retenção de água e a aeração, além da consistência.

#### 4.3.3 Análises Químicas

Um dos objetivos da análise química dos solos é avaliar a disponibilidade de

elementos essenciais, por exemplo: cálcio, magnésio, potássio e fósforo e ou tóxicos como alumínio e manganês. Para identificação dos elementos químicos presentes nos solos da ilha utilizou-se amostras de TFSA de acordo com as técnicas e métodos propostos por Pavan et al. (1992). As amostras foram preparadas e distribuídas em frascos adequados com os procedimentos exigidos para a determinação de cada atributo. Para estas amostras foram verificadas a quantidade e distribuição de alguns atributos químicos do solo como: cálcio trocável, ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio trocável, ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio trocável, ( $\text{K}^+$ ) e alumínio trocável, ( $\text{Al}^{3+}$ ), pH, acidez potencial H+Al, fósforo disponível (P), e carbono total das amostras. De acordo com os resultados foram calculados CTC (capacidade de troca de cátions), soma (SB) e saturação de bases (V%) e matéria orgânica do solo.

➤ **Determinação do pH em solução de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ )**

A determinação do pH permite estimar a atividade do íon  $\text{H}^+$  na suspensão do solo utilizando-se a solução  $\text{CaCl}_2$ . A leitura é realizada com um potenciômetro calibrado com soluções tampão pH 7,0 e pH 4,0 após 20 minutos de aquecimento (PAVAN et al. 1992).

As amostras de terra fina seca em ar (TFSA) foram separadas em porções de  $10 \text{ cm}^3$  e colocadas em frascos de 60 ml. Adicionado 20 ml da solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 M, permaneceu na mesa agitadora a 250 rpm por 15 minutos. Após 30 minutos fez-se a leitura no potenciômetro.

➤ **Determinação da Acidez Potencial (H+Al) com a solução tampão SMP**

De acordo com as técnicas proposta por Pavan et al. (1992) a depressão do pH da solução tampão SMP e a concentração de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  extraída do solo com acetato de cálcio ( $\text{CaAc}_2$ )1N correlaciona-se negativamente, ou seja, o aumento da concentração de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  gera a diminuição do pH SMP. Com a mesma amostra utilizada para leitura do pH em  $\text{CaCl}_2$  0,01M, adicionou-se 4 ml da solução SMP e colocado para agitar por 20 minutos a 220 rpm, deixando em descanso por uma noite. No dia seguinte agitou-se por 10 minutos, deixando repousar por 30 minutos e após o repouso fez-se a leitura com potenciômetro e os valores para conversão do pH SMP para  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ .

### ➤ **Determinação da acidez trocável – Alumínio**

De acordo com as técnicas e métodos descritos por Pavan et al. (1992) para se obter a determinação da acidez trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), os íons de  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  do complexo de troca do solo são deslocados com uma solução de KCl 1N com baixa propriedade tampão. Para essa titulação são utilizados como reagentes: soluções de cloreto de potássio (KCl)  $1\text{ mol l}^{-1}$ , solução de NaOH 1N, solução de NaOH 0,015N e solução indicadora de azul de brometimol 0,5%. É necessário deixar uma prova em branco titulando-se uma alíquota de 25 ml de KCl 1N sem o extrato de solo. Para se obter o resultado os cálculos são:  $\text{Al (meq100 ml}^{-1}) = \text{VA-B}$ . Onde VA = volume em ml de NaOH 0,015N gasto na titulação; e VB = volume em ml de NaOH 0,015N gasto na titulação na prova em branco. O ponto final da titulação é indicado pela cor rósea.

As amostras de terra fina seca em ar (TFSA) foram separadas em porções de  $10\text{ cm}^3$  e colocadas em frascos de erlenmeyer de 125 ml, adicionado 100 ml de KCl e agitado por 15 minutos, deixando em repouso por uma noite. No dia seguinte da amostra em repouso, subtraiu-se 15 ml colocando em frasco erlenmeyer de 125 ml, adicionou-se 25 ml de água destilada, 3 gotas de solução de azul de brometimol 0,5% e titula-se no NaOH 0,015N.

### ➤ **Determinação de cálcio e magnésio**

A determinação de cálcio e magnésio tem como objetivo avaliar os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  disponíveis no solo extraídos com a solução de KCl 1N e determinados com EDTA. Para os procedimentos utiliza-se como reagentes solução de KCl 1N; solução tampão pH 7,0; indicador negro de eriocromo T (NET); solução padrão de EDTA 0,01 M e solução padrão de Ca 0,01M; a titulação é determinada pela mudança na coloração da amostra de rósea para azul. Os resultados são obtidos com os cálculos:  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})\text{ meq100 ml}^{-1} = \text{VA-B}$ , onde VA é o volume de EDTA 0,01M em ml gasto com a titulação da amostra e VB é o volume de EDTA 0,01M em ml gasto na prova em branco (PAVAN et al. 1992).

Para esta determinação utilizou-se  $5\text{ cm}^3$  de TFSA colocadas em um frasco de 65 ml com 50 ml de KCl 1N, agitou-se durante 15 minutos e repousou por uma noite. Desta solução transferiu-se uma alíquota de 20 ml para o erlenmeyer de 125 ml com cerca de 40 ml de água destilada, 4 ml de solução tampão pH 10 e 4 gotas do indicador

negro de eriocromo-T e para a titulação solução de EDTA 0,01M. Os teores de magnésio são obtidos através do cálculo da diferença entre os valores de  $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$  e  $\text{Ca}^{++}$  ou seja,  $(\text{Mg} = [\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}] - \text{Ca}^{++})$ .

➤ **Determinação da capacidade de troca de cátions (CTC), soma (SB) e saturação de bases (V%)**

A capacidade de troca de cátions (CTC), que evidencia a habilidade do solo de reter e trocar íons positivamente carregados na superfície coloidal, talvez seja uma das mais importantes propriedades físico-químicas do sistema. Sua determinação pode ser feita saturando-se o solo com um cátion índice, que é posteriormente deslocado e determinado, ou somando-se as bases trocáveis com a acidez extraída. Os valores da soma de bases (SB), da capacidade de troca de cátions (CTC) e da saturação de bases (V%) são relevantes parâmetros às pesquisas e classificação de solos. A soma de bases é obtida pela soma dos valores dos cátions trocáveis Ca, Mg,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ . A capacidade de troca de cátions pode ser obtida pela soma das bases com a acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ). A saturação de bases (V%) é a estimado da relação entre a soma de bases e a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CAMARGO et al., 2009):  $V = (\text{SB}/\text{CTC}) \times 100$

➤ **Determinação de fósforo e potássio através da solução extratora de MEHLICH-1**

Para a extração de fósforo (P) e o potássio ( $\text{K}^+$ ) disponíveis no solo foi utilizada a solução de Mehlich-1. Esta solução é composta pela mistura de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N + HCl 0,05N. Para o fósforo a leitura foi realizada em um espectrofotômetro, e a leitura do potássio em um fotômetro de chama, conforme descreve Pavan et al. (1992).

**a. Determinação do Fósforo**

Para a determinação extraível de fósforo nas amostras foi utilizado o reagente de solução de HCl 1N; solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1N; solução de Mehlich ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N + HCl 0,05N); e solução de Molibdato.

Para a extração transferiu-se 5 cm<sup>3</sup> de TFSA para um frasco de 60 ml, adicionando 50 ml da solução Mehlich-1, agitado durante 5 minutos e permanecendo por uma noite para decantação. Para determinação foi pipetado 5 ml do extrato em tubos de 30 ml e adicionado 10ml da solução B, uma pitada de ácido ascórbico e agitado até a dissolução total. Após 30 minutos, efetuou-se a leitura no espectrofotômetro a 630 nm.

#### **b. Determinação de potássio**

Para a determinação extraível de potássio nas amostras foi utilizado como reagente solução de K<sup>+</sup> 1000 ppm e solução padrão de K<sup>+</sup>. Como procedimento transferiu-se 20 ml do extrato de Mehlich -1 para o tubo de ensaio de 30 ml e efetua-se a leitura no fotômetro de chama, após ajuste do aparelho com as soluções padrões de K<sup>+</sup>. Para o cálculo:  $K^+(\text{meq}/100\text{MI}) = \text{ppm} \times 0,0256$ .

#### **➤ Determinação de Carbono: WALKLEY & BLACK**

O carbono da matéria orgânica do solo foi oxidado pelo (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) no meio ácido, sendo a reação acelerada pelo aquecimento gerado na adição do ácido sulfúrico concentrado. O excesso de Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> foi titulado com FeSO<sub>4</sub> e o teor da matéria orgânica calculado com base na quantidade de Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> reduzido. Como reagentes para o procedimento utilizou-se reagentes e soluções de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 1N; ácido ortofosfórico concentrado (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>); ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); solução de sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) 1N; e solução de difinilamina 1%.

Para a determinação de carbono transferiu-se 10 cm<sup>3</sup> de TFSA para erlenmeyer de 250 ml, adicionou-se 10 ml da solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1N e 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Aguardou-se durante 30 minutos para que as amostras esfriassem, adicionou-se 50 ml de água destilada, 3 ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> concentrado e 0,5 ml do indicador difinilamina 1%. Foi titulado lentamente com a solução de FeSO<sub>4</sub> 1N até obter a coloração verde. Quando a coloração torna-se verde antes da titulação adiciona-se mais 10 ml de dicromato de potássio e ácido sulfúrico.

➤ **Ataque sulfúrico para cálculo de índices de Ki e Kr**

A mineralogia da fração argila tem sido estudada através de diversas técnicas, como, por exemplo: a difratometria de raios X, análise termodiferencial, espectroscopia Moss Bauer (NALOVIC et al, 1975; BIGHAM, 1977;), ou ainda métodos de alocação por análises totais (JONES et al, 1982) ou de teores de óxidos obtidos pelo ataque sulfúrico.

De acordo com o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007) o cálculo de Ki e Kr por ataque sulfúrico tem como objetivo o tratamento com ácidos fortes com a função de dissolver os minerais secundários constituintes das frações finas do solo, e possibilitar a quantificação de seus elementos formadores (Fe, Al, Si, Ti, Mn, P, etc).

Esta determinação tem destaque em análises pedológicas por possibilitarem determinar as relações moleculares entre os minerais mais importantes constituintes nos solos e avaliar o estágio de intemperização. Os resultados obtidos com os óxidos de ferro são utilizados para determinação, distinção e caracterização de algumas Ordens no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos para Latossolos, Argilosos, Cambissolos, Neossolos e Nitossolos, em suas categorias inferiores, e para separação de atributos relacionados a teor de óxido de ferro (hipo, meso, férrico e perférrico).

Conforme descrito por Embrapa (2011) este método tem como princípio a solubilização de amostras de solo com  $H_2SO_4$  1:1, visando a determinação de óxidos totais do solos e cálculo das relações moleculares (Ki e Kr) que permitem ainda inferir sobre o estágio de intemperização dos solos.

O valor obtido para Ki é considerado como um índice de intemperização (IBGE, 2007). É representado pelo quociente da divisão entre um elemento de grande mobilidade por um de muito baixa mobilidade no processo de intemperismo. Quanto mais baixo os valores de Ki, mais altos os indicativos de intemperização. Conforme descrito devido ao fato do índice Ki da caulinita corresponder a 2,0 esse valor foi estabelecido como limite entre:

- Solos muito intemperizados ( $Ki \leq 2,0$ );
- Pouco intemperizados ( $Ki > 2,0$ ).

Os valores de Kr que também é indicativo do grau de intemperismo dos solos são representados pelo quociente da divisão entre um elemento de grande mobilidade (Si) e o somatório de elementos de baixa mobilidade (Fe e Al), por envolver os teores de ferro, de alumínio e silício, é empregado para separar: solos cauliniticos (Kr > 0,75) de solos oxídicos (Kr < 0,75). Como classificação para solos cauliniticos, oxídicos e gibbsíticos, têm-se:

- Cauliniticos: Ki e Kr > 0,75
- Cauliniticos-oxídicos: Ki > 0,75 e Kr < 0,75
- Oxídicos: Kr < 0,75
- Gibbsíticos: Ki < 0,75 e Kr < 0,75 Critério derivado de Resende e Santana (1988).

Para o procedimento pesa-se 1 g de solo e coloca-se em erlenmeyer de 500 ml ou em recipientes resistentes à alta temperatura. Em seguida adiciona-se 20 ml de ácido sulfúrico diluído de 1:1 e deixa ferver durante meia hora, usando condensador de refluxo para evitar evaporação. Após esfriar, adiciona-se 50 ml de água e filtra para balão aferido de 250 ml, lavando o resíduo com água até completar o volume. A solução obtida da filtragem é utilizada para as determinações de ferro, alumínio, titânio, manganês e fósforo total, e o resíduo, para a determinação da sílica. Ressalta-se que o extrato sulfúrico produzido com essa força iônica pressupõe que somente minerais secundários (argilo-minerais) são dissolvidos e assim os percentuais de Fe, Al, Si, Ti são próximos aos da fração coloidal do solo.

Essa metodologia foi empregada em amostras dos horizontes subsuperficiais dos solos para a quantificação de valores totais de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Com estes resultados, calculou-se o Ki (relação molecular entre SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e o Kr (relação molecular SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

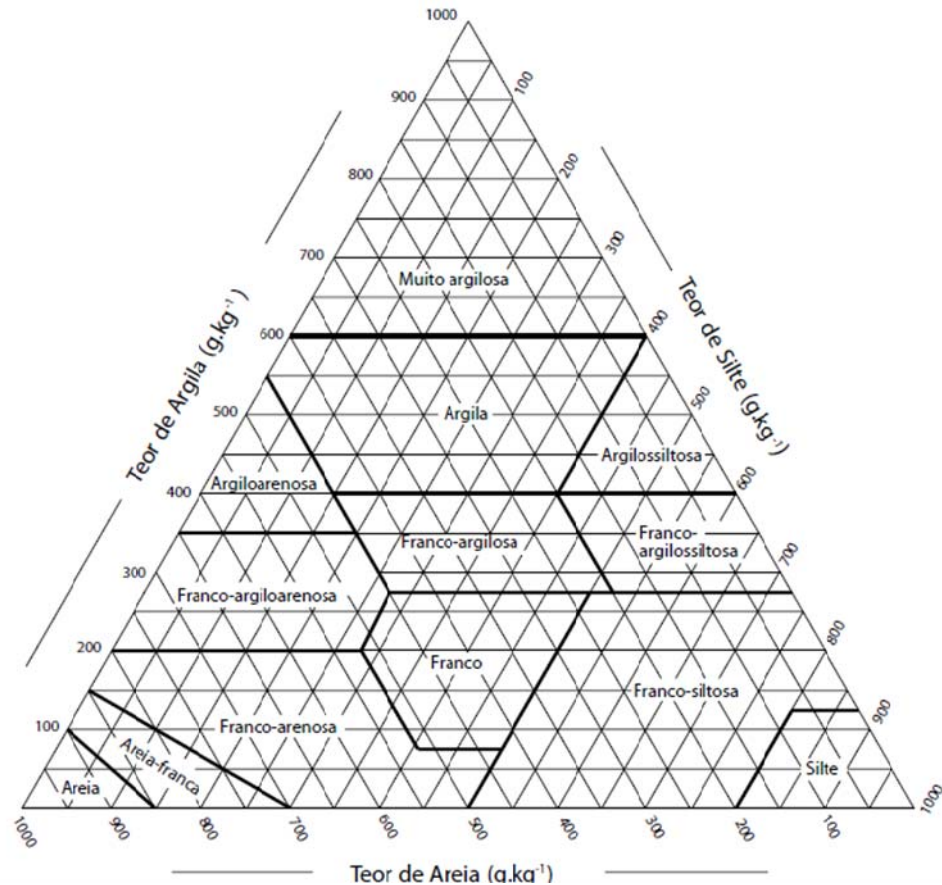
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PROSPECÇÃO INICIAL: SOLOS COLETADOS COM TRADO

Nas amostras coletadas para prospecção inicial identificou-se grande variação textural. Para argila verificou-se a amplitude entre  $115 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 12) e  $535 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 16), silte entre  $30 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 8) e  $390 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 14) e areia entre  $95 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 14) e  $840 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 12) conforme tabela 1. Com os resultados obtidos pode-se verificar que as amostras 3, 6, 7, 14, 16, e 17 apresentaram características argilosas, as amostras 1, 2 e 13 franco-argilosa, as amostras 4, 5, 8, 9, 10, 11 e 15 características franco-argilo-arenosa e a amostra 12 areia-franca, conforme observada a proporção na distribuição das partículas (Figura 9).

Em relação à média, foi possível observar  $345 \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $216 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $440 \text{ g.kg}^{-1}$  para argila, silte e areia, respectivamente. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Castro (2012) em amostras coletadas nas Ilhas Mutum com médias de  $346 \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $262 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $391 \text{ g.kg}^{-1}$  para argila, silte e areia, respectivamente e superiores aos valores encontrados pelo mesmo autor na Ilha Porto Rico, onde a média para argila foi de apenas  $224 \text{ g.kg}^{-1}$ , enquanto para silte  $300 \text{ g.kg}^{-1}$  e areia  $476 \text{ g.kg}^{-1}$ . Comparado as médias obtidas para as amostras coletadas com trado da Ilha Carioca (tabela 1) com as amostras das Ilhas Mutum e Porto Rico (CASTRO, 2012) foi possível verificar que, os solos das Ilhas Carioca e Mutum são mais argilosos do que os solos da Ilha Porto Rico. Estas variações texturais entre as Ilhas estão relacionadas às diferentes dinâmicas de drenagem e deposição presentes nos solos das Ilhas (CORRADINI, 2008).

Estes resultados permitiram inferir sobre diferentes processos de evolução presentes nos solos. Conforme descrito por Reinert et al. (2006), os solos mais argilosos apresentam drenagem lenta, pouco arejamento e suscetibilidade maior à compactação e aquece lentamente, oposto aos solos mais arenosos que apresentam boa drenagem e aeração e mais resistência à compactação, o que permite um aquecimento mais rápido facilitando a existência de organismos e maior velocidade de decomposição da matéria orgânica (quadro 2).

**Figura 9** - Triângulo textural: classes texturais da fração terra fina

Fonte: Santos (2005)

**Quadro 2** - Relação da textura com algumas propriedades dos solos.

<b>Solos arenosos</b>	<b>Solos argilosos</b>
Menor micro e maior macroporosidade	Maior micro e menor macroporosidade
Baixa retenção de água	Alta retenção de água
Boa drenagem e aeração	Drenagem lenta e pouco arejado
Menor densidade do solo	Maior densidade do solo
Aquece rápido	Aquece lentamente
Resiste à compactação	Maior susceptibilidade à compactação
Baixa CTC	Maior CTC
Mais lixiviável	Menos lixiviável
Maior erosão	Mais resistente à erosão
Coesão baixa, friável	Coesão elevada, firme
Consistência friável quando úmido	Consistência plástica e pegajosa quando molhado
Fácil preparo mecânico	Mais resistente ao preparo (pesado)
Matéria orgânica baixa e rápida decomposição	Matéria orgânica média a alta e menor taxa de decomposição

Fonte: Reinert e Reichert (2006)

**Tabela 1** - Resultados das análises granulométricas e atributos químicos dos solos da camada 40-60cm coletados com trado para prospecção inicial.

amostras	Granulometria			pH	H+Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S	CTC	P	C	M.O.
	argila g.kg <sup>-1</sup>	silte g.kg <sup>-1</sup>	areia g.kg <sup>-1</sup>											
1	370	340	290	4,20	9,70	1,42	4,78	2,93	0,24	7,95	17,65	3,39	3,64	6,25
2	370	345	285	4,30	7,76	0,20	3,96	3,30	0,24	7,50	15,26	1,84	5,06	8,71
3	450	235	315	4,20	10,45	0,81	4,62	3,66	0,28	8,56	19,01	3,39	10,13	17,42
4	210	95	695	4,10	5,76	0,00	2,90	1,23	0,24	4,37	10,13	4,00	2,34	4,02
5	220	160	620	6,40	2,95	0,00	11,32	0,84	0,24	12,40	15,35	10,22	4,29	7,37
6	470	220	310	3,80	13,06	2,73	1,38	2,81	0,23	4,42	17,48	6,03	8,57	14,74
7	445	320	235	3,90	13,06	1,94	1,53	4,66	0,23	6,42	19,48	4,20	5,97	10,28
8	215	30	755	4,20	8,36	0,61	2,87	2,51	0,24	5,62	13,98	4,88	2,73	4,69
9	205	105	690	4,10	7,76	0,78	4,00	2,31	0,22	6,53	14,29	3,39	6,62	11,39
10	300	235	465	4,30	7,76	0,53	6,80	2,52	0,22	9,54	17,30	3,12	4,42	7,59
11	280	215	505	4,00	11,26	1,62	2,85	2,62	0,23	5,70	16,96	4,27	5,06	8,71
12	115	45	840	4,20	6,30	0,00	2,84	3,19	0,23	6,26	12,56	5,69	1,56	2,68
13	435	310	255	4,50	9,00	0,41	7,33	2,50	0,28	10,11	19,11	7,31	6,23	10,72
14	515	390	95	4,20	8,36	0,53	4,94	1,93	0,24	7,11	15,47	7,58	9,35	16,08
15	305	130	565	3,90	9,00	0,21	4,35	2,01	0,24	6,60	15,60	6,57	7,27	12,51
16	535	290	175	4,30	8,36	0,20	4,73	4,17	0,26	9,16	17,52	5,15	2,34	4,02
17	420	195	385	4,40	3,18	0,00	3,17	0,70	0,24	4,11	7,29	8,73	9,35	16,08
<b>Média</b>	<b>345</b>	<b>215</b>	<b>440</b>	<b>4,29</b>	<b>8,36</b>	<b>0,71</b>	<b>4,37</b>	<b>2,58</b>	<b>0,24</b>	<b>7,20</b>	<b>15,56</b>	<b>5,28</b>	<b>5,58</b>	<b>9,60</b>
<b>Mínimo</b>	<b>115</b>	<b>30</b>	<b>95</b>	<b>3,80</b>	<b>2,95</b>	<b>0,00</b>	<b>1,38</b>	<b>0,70</b>	<b>0,22</b>	<b>4,11</b>	<b>7,29</b>	<b>1,84</b>	<b>1,56</b>	<b>2,68</b>
<b>Máximo</b>	<b>535</b>	<b>390</b>	<b>840</b>	<b>6,40</b>	<b>13,06</b>	<b>2,73</b>	<b>11,32</b>	<b>4,66</b>	<b>0,28</b>	<b>12,40</b>	<b>19,48</b>	<b>10,22</b>	<b>10,13</b>	<b>17,42</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>124</b>	<b>109</b>	<b>222</b>	<b>0,57</b>	<b>2,83</b>	<b>0,79</b>	<b>2,39</b>	<b>1,07</b>	<b>0,02</b>	<b>2,23</b>	<b>3,24</b>	<b>2,23</b>	<b>2,68</b>	<b>4,62</b>

Oganização: Rosa (2014)

As análises químicas permitiram identificar a disponibilidade de elementos presentes nos solos da Ilha. Foram verificados atributos químicos do solo como: cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) trocáveis, pH, acidez potencial  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ , fósforo disponível (P), e carbono total das amostras. Com os resultados obtidos foram calculados a CTC (capacidade de troca de cátions), a soma de bases (SB) e teor de matéria orgânica (MO).

Conforme descreve Ronquim (2010), o pH indica a quantidade de íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) presentes nos solos. Quando há muitos íons  $\text{H}^+$  e poucos íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) adsorvidos em seu complexo coloidal de troca, classifica-se o solo como ácido.

A acidificação é um processo natural na evolução dos solos tropicais e subtropicais úmidos, com altas precipitações pluviométricas (BONNEAU et al., 1987). Sob estas condições, elementos básicos como cálcio, magnésio e potássio são lixiviados. Quando a remoção de cátions básicos é maior que sua taxa de liberação pelas intempéries, o pH do solo diminui. Outro fator que ocasiona a diminuição do pH é a decomposição da matéria orgânica por micro-organismos do solo, que resulta em liberação de nitrato e hidrogênio (RAO et al, 1993). Em pH baixo, o hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) atua sobre os minerais liberando íons alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) que ficam predominantemente retidos pelas cargas negativas das partículas de argila do solo, em equilíbrio com o  $\text{Al}^{3+}$  em solução. Assim, é esperado que em solos com mineralogia e quantidades de matéria orgânica semelhantes, a quantidade de  $\text{Al}^{3+}$  em solução aumente com a acidez do solo (BOHNEN, 1995).

O nível de acidez dos solos foi classificado de acordo com o pH determinado em  $\text{CaCl}_2$  seguindo classes proposta por Tomé Jr (1997):

- **Acidez muito alta:**  $\text{pH CaCl}_2 \leq 4,3$ ;
- **Acidez alta:**  $\text{pH CaCl}_2 4,4 - 5,0$ ;
- **Acidez média:**  $\text{pH CaCl}_2 5,1 - 5,5$ ;
- **Acidez baixa:**  $\text{pH CaCl}_2 5,6 - 6,0$ ;
- **Acidez muito baixa:**  $\text{pH CaCl}_2 6,1 - 7,0$ ;
- **Neutro:**  $\text{pH CaCl}_2 = 7,0$
- **Alcalino:**  $\text{pH CaCl}_2 \geq 7,0$ .

Os resultados obtidos para o pH nos solos da Ilha Carioca (média de 4,3 e amplitude entre 3,8 e 6,4) indicam a variação entre solos com acidez muito alta e solos com acidez muito baixa. Quando comparados com os resultados obtidos por Castro (2012) nas Ilhas Mutum e Porto Rico, (média de 4,1 para pH com variação entre 3,6 e 4,8), verifica-se que embora a média seja semelhante, na Ilha Carioca a amplitude de variação dos valores de pH foi maior.

Segundo Ronquim (2010) a identificação dos níveis de alumínio permite inferir sobre a toxidez presente nos solos, o que é prejudicial para maioria das plantas. As amostras coletadas permitiram verificar média  $0,73 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  variando na máxima de  $2,73 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 6) e ausência nas amostras 4,5,12 e 17. Comparados aos dados obtidos nas Ilhas Mutum e Porto Rico (CASTRO, 2012) com média de  $1,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , máxima de  $3,1 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  e mínima  $0,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , observa-se semelhança nos teores de alumínio entre os solos das ilhas.

Segundo Corradini (2008) os parâmetros mais utilizados na interpretação dos dados de análises químicas é a soma de bases (SB) e a capacidade de troca de cátions (CTC), que indicarão as condições gerais de fertilidade dos solos.

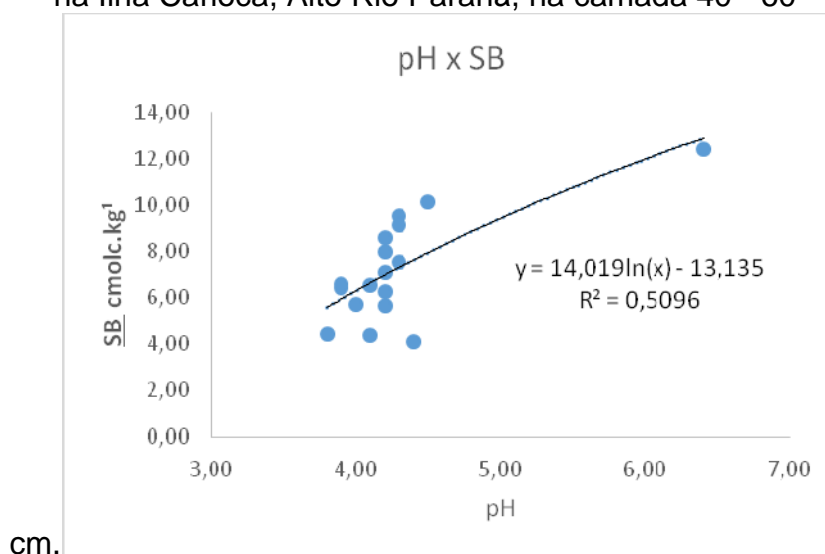
A soma de bases corresponde à soma dos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio. O valor médio obtido para  $\text{Ca}^{2+}$  foi de  $4,37 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , com amplitude entre  $1,38 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 6) e  $11,32 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 5). Para o  $\text{Mg}^{2+}$  foi verificada média de  $2,58 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  com amplitude entre  $0,70 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 17) e  $4,66 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 7). Para o  $\text{K}^+$  foi possível verificar média de  $0,24 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  com amplitude entre  $0,22 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 9,10) e  $0,28 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 3,13). A soma dos valores destes elementos permitiu calcular a soma de bases (SB), com média de  $7,2 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  e amplitude entre  $4,11$  (amostra 17)  $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  e  $12,4 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 5), semelhantes aos resultados verificados por Mafra et al. (2001) em solos desenvolvidos de arenito.

A correlação entre os resultados de pH e soma de bases pode ser observada no gráfico 1. É possível verificar que os valores da soma de bases aumentam conforme o pH, o que está de acordo com o esperado.

A CTC (capacidade de troca de cátions) corresponde ao total de cargas negativas que o solo disponibiliza e pode ser estimada pela soma de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  +  $\text{Na}^+$ ) mais acidez potencial ( $\text{H}^+$ + $\text{Al}^3$ ). A soma destes elementos (CTC) indicaram a média de  $15,56 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  com amplitude entre  $7,29 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 17) e  $19,48 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  (amostra 7) que podem ser considerados valores

altos de CTC. Conforme aponta Raij (1987), valores de CTC inferiores a  $5,1 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  são considerados baixos, entre 5,1 a 10,4 médios e altos quando forem superiores a  $10,4 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ . Castro (2012) obteve média de  $9,7 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  com amplitude entre  $2,8 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  e  $17,4 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  nos solos das Ilhas Porto Rico e Mutum, localizadas também no Alto Rio Paraná.

**Gráfico 1** - Correlação entre os valores de pH e soma de bases de solos coletados na Ilha Carioca, Alto Rio Paraná, na camada 40 - 60



**Organização:** Rosa (2014)

O fósforo no solo se apresenta nas formas mineral e orgânica, fazendo parte de compostos com cálcio, ferro e alumínio, em solução e adsorvido aos colóides, nas formas trocável e não-trocável (NOVAIS & SMYTH, 1999). O valor médio para P disponível encontrados na prospecção inicial foi de  $5,28 \text{ mg.kg}^{-1}$ , com amplitude entre  $1,84 \text{ mg.kg}^{-1}$  (amostra 2) e  $10,22 \text{ mg.kg}^{-1}$  (amostra 5). Castro (2012) observou média de  $0,11 \text{ mg.kg}^{-1}$  com variação entre  $0,06 \text{ mg.kg}^{-1}$  e  $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$  para Ilha Mutum inferiores aos valores obtidos na Ilha Carioca. No entanto, quando comparados aos resultados obtidos por Sanglade (2012) para Ilha Porto Rico, é possível verificar quantidades de P (média de  $11,25 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), ainda superiores aos da Ilha Carioca.

O carbono (C) é essencial para a formação dos solos, sendo um indicativo da quantidade de matéria orgânica acumulada no solo sob as diferentes condições ambientais (MIELNICZUK, 2008). Os resultados obtidos permitiram verificar média de  $5,58 \text{ g.kg}^{-1}$  e amplitude entre  $1,56 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 12) e  $10,13 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 3)

para o C do solo. Castro (2012) obteve para Carbono a média de  $13,0 \text{ g.kg}^{-1}$  com amplitude entre  $6,0 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $19,0 \text{ g.kg}^{-1}$ , valores superiores aos presentes nos solos da Ilha Carioca.

A matéria orgânica é toda substância que provenha de resíduos animais e vegetais em diversos estágios de decomposição. Influencia a maioria dos atributos do solo, destacando-se a estabilidade dos agregados e da estrutura, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, atividade biológica, capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes para as plantas, lixiviação de nutrientes, liberação de  $\text{CO}_2$  e outros gases para a atmosfera (MIELNICZUK, 2008).

Com os resultados obtidos para os teores de carbono estimou-se o conteúdo de matéria orgânica. Foi verificado média de  $9,6 \text{ g.kg}^{-1}$  e amplitude entre  $2,68 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 12) e  $17,42 \text{ g.kg}^{-1}$  (amostra 3). Castro (2012) nas ilhas Mutum e Porto Rico obteve amplitude entre  $10,7 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $33,5 \text{ g.kg}^{-1}$  com média de  $22,9 \text{ g.kg}^{-1}$ , conteúdos superiores aos verificados na Ilha Carioca.

Os resultados obtidos com os solos coletados na prospecção inicial permitiram verificar a presença de processos pedogenéticos e a variabilidade das características texturais, granulométricas e químicas dos solos. Estas amostras foram coletadas em profundidade 40 cm-60 cm, para que se evitasse os efeitos de materiais orgânicos e inorgânicos recentemente depositados na superfície.

As variações observadas estão relacionadas às oscilações intempéricas inscidentes nas Ilhas. O que pode ser observado quando comparado com os resultados de granulometria das Ilhas Carioca, Mutum e Porto Rico (CASTRO, 2012) em que pode ser verificado que as amostras coletadas, nas Ilhas Mutum e Carioca são mais propensas à formação de solos argilosos. As oscilações também aparecem nas análises químicas quando verificado o índice de pH e  $\text{Al}^{+3}$  em que mesmo com um nível de acidez elevado, o índice de  $\text{Al}^{+3}$  se manteve relativamente baixo.

Para a abertura das trincheiras e descrição pedológica dos perfis foram observados os valores de argila e matéria orgânica que indicassem atividades pedogenéticas e identificação de possíveis atributos para classificação do solo.

## 5.2 IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DOS SOLOS

A partir dos resultados obtidos com os dados de prospecção inicial (item 5.1) foram estabelecidos os locais de abertura de trincheiras para a descrição morfológica, análises físicas, químicas e texturais das amostras coletadas diretamente no perfil, com o objetivo final de identificar os solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013). Para a descrição dos perfis foram cavadas seis trincheiras com 2,0 m de comprimento, 1,0 m de largura e 1,50 m de profundidade. As coletas foram realizadas diretamente nos horizontes A, AC e C, totalizando 18 amostras.

A identificação e o mapeamento dos solos podem ser realizados a partir de levantamentos pedológicos, que tem como objetivo representar a relação das propriedades observáveis na natureza com a distribuição geográfica dos solos. De acordo com o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007), o levantamento pedológico contribui para o acervo de conhecimentos especializados na área de Ciência do Solo, além de fornecer dados de aproveitamento no que se relaciona à previsão de comportamento de uso dos solos em relação às práticas de manejo e conservação.

Para a classificação e mapeamento da Ilha Carioca, as unidades de mapeamento foram estabelecidas a partir dos pontos georreferenciados dos seis perfis pedológicos abertos na Ilha. De acordo com a metodologia empregada, para a elaboração de um mapa de reconhecimento de alta intensidade, com geração de mapa em escala 1:50.000, foi preciso a descrição de um perfil completo para cada área de 10 a 40 ha (figura 10). Para a dimensão da ilha Carioca, de aproximadamente 200 ha, foram utilizados seis perfis pedológicos completos, para se estabelecer as unidades de mapeamento como pontos de extrapolação dos atributos classificatórios de cada perfil.

**Quadro 3 - Diferenciação de mapas/cartas e tipos de levantamentos de solos**

Nível de levantamento de solos	Objetivos	Métodos de prospecção	Material Cartográfico e sensores remotos básicos	Constituição da unidade de mapeamento	a) Escala Preferencial dos Mapas/Cartas Finais b) Área Mínima Mapeável (AMM) c) frequência de amostragem
Reconhecimento /Alta Intensidade	Avaliação semiquantitativa de área prioritária	Verificações de campo e correlação solo-paisagem	Mapas/Cartas planialtimétricas, carta imagens em escala $\geq$ 1:100000 aéreas em escalas > 1:100000 e fotografias	Unidades simples e associações de subgrupos de solos	a) 1:50 000 a 1:100 000 b) 10ha a 40ha c) 1 perfil completo e 1 ponto de amostra extra por classe de solo em unidade simples ou componente

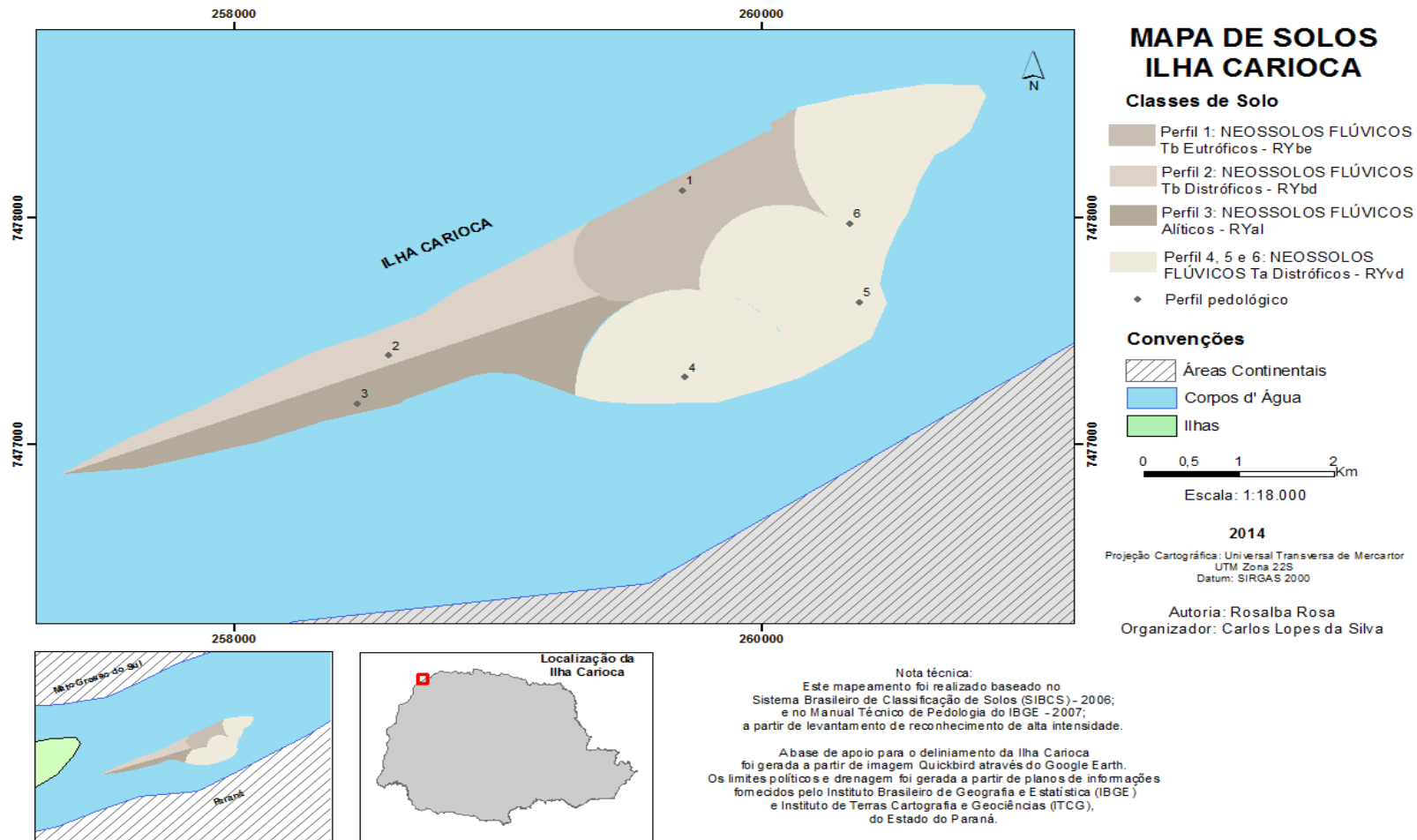
Fonte: IBGE (2007)

Nos seis perfis descritos na ilha, foram identificados a presença dos horizontes A (superficial), AC (intermediário) e C (subsuperficial). Conforme Santos et al. (2013) o horizonte A se forma a partir de minerais com presença de alta atividade biológica e influência importante da temperatura e umidade. O horizonte C forma-se a partir de material inconsolidado, com pouca ação biológica e com características físicas, químicas e mineralógicas do material de origem. Suas características variam conforme o material de origem de rocha ou sedimentação. Já o horizonte AC é um horizonte A com algumas características de horizonte C.

As características observadas e as análises realizadas nos horizontes A, AC e C foram atributos utilizados na identificação dos solos da Ilha Carioca. Foram descritas e identificadas quatro classes de solos (figura 10) descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013):

- NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos - RYbe
- NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos- RYbd
- NEOSSOLOS FLÚVICOS Alíticos - RYal
- NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos - RYvd

Figura 10 - Mapa de solos da Ilha Carioca, Alto Rio Paraná, PR/MS



Fonte: Rosa (2014)

### 5.3 NEOSSOLOS

Os NEOSSOLOS são solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, relacionadas ao próprio material de origem, mais resistente ao intemperismo ou composição química, assim como os demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (SANTOS et al., 2013).

Na Ilha Carioca os NEOSSOLOS são derivados de sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico. O caráter FLÚVICO é designado para solos formados sob forte influência de sedimentos de natureza aluvionar, que de acordo com Santos et al. (2013) apresenta uma das seguintes características:

- Distribuição irregular (errática) do conteúdo de carbono orgânico em profundidade, não relacionada a processos pedogenéticos; e/ou
- Camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo.

Os atributos observados indicaram NEOSSOLOS FLÚVICOS para os seis perfis, com variação no terceiro nível categórico:

- NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos – os solos com esses atributos caracterizam-se pôr apresentarem atividade na fração argila (T) inferior a  $27 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  e saturação de bases acima de 50%;
- NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos - os solos com esses atributos caracterizam-se pôr apresentarem atividade na fração argila (T) inferior a  $27 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  e saturação de bases abaixo de 50%;
- NEOSSOLOS FLÚVICOS Alíticos – são solos que encontram-se fortemente dessaturados, caracterizados por apresentar teores de alumínio extraível maior ou igual a  $4 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  associado à atividade de argila  $> 20 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  de argila, tendo saturação por bases menor que 50% e/ou saturação por alumínio maior ou igual a 50%.

- NESSOLOS FLÚVICOS Ta – Distróficos - são solos caracterizados por apresentarem valores para T (atividade na fração argila) acima de  $27\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  e para saturação de bases abaixo de 50%;

Ressalta-se que em pesquisa realizada por Castro (2012) na classificação de solos da Ilhas Mutum e Porto Rico, também foi identificado um Grandes Grupo para os NEOSSOLOS FLÚVICOS – (NESSOLOS FLÚVICOS Ta – Distróficos) que ainda não está descrito no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Segundo Santos et al. (2013) foram identificados para os NEOSSOLOS FLÚVICOS os seguintes grandes grupos: Carbonáticos, Sódicos, Sálidos, Psamíticos, TaEutrófico, Tb Distrófico e Tb Eutrófico.

#### 5.3.1 Perfil 1 - Neossolos Flúvicos Tb Eutróficos – RYbe

Para o perfil 01 as amostras apresentaram coloração homogênea nas três camadas (tabela 2). Foi verificado matiz 10 YR com valor/ croma oscilando entre 5/4 e 6/4 para as amostras secas e 4/4 e 4/6 para as amostras úmidas, com predominância de pigmentação amarelada. Durante a descrição morfológica foi possível visualizar alguns processos pedogenéticos, como a composição em lamelas e alguns pontos mosqueados, característicos de solos com drenagem lenta onde o processo de redução de Fe é visível (figura 11).

A consistência variou entre dura e muito dura nas amostras secas, muito firme e firme nas úmidas, plástica, pegajosa e ligeiramente pegajosa para molhada, o que está coerente com os valores de argila encontrados no perfil 1, onde todos os horizontes apresentaram teores de argila acima de  $480\text{g}.\text{kg}^{-1}$ , o que os classifica como argilosos. Foi possível verificar aumento nos teores de silte em profundidade, alcançando relação silte/argila acima de 1 na camada subsuperficial 40-60 cm. Os altos teores de silte em profundidade somados à distribuição irregular (errática) de matéria orgânica (tabela 2) foram atributos importantes na definição de Ordem e Subordem (primeiro e segundo nível categórico) respectivamente, para esse perfil.

Observada a distribuição nos teores de argila+silte neste perfil, verificou-se que a média está acima de  $900 \text{ g.kg}^{-1}$ , mais alto do que a média dos perfis 2, 3, 4, 5, e 6.

Estes valores podem estar relacionados às diferentes dinâmicas de drenagem, deposição e remoção de materiais presentes nos solos das ilhas (CORRADINI, 2008).

O resultado verificado para pH com média de 5,03 indica solos com acidez média, no entanto, não foi identificado toxidez por alumínio, com ausência para este elemento neste perfil. A saturação de bases permaneceu acima de 50% nos três horizontes, indicando a classificação do perfil no 3º nível categórico (Grande Grupo), como eutrófico.

Com os dados obtidos da equação ( $\text{CTC} \times 1000/\text{argila} \text{ g.kg}^{-1}$ ), foi verificado a atividade na fração argila (T), que conforme aponta Santos et al. (2013) para Atividade alta (Ta) o valor deverá ser igual ou superior a  $27 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  de argila, e para atividade baixa (Tb), o valor obtido deverá ser inferior a  $27 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  de argila, sem correção para carbono. Para este perfil o valor de T na camada subsuperficial foi de  $22,2 \text{ g.kg}^{-1}$  o que permite classificá-lo em Tb.

Os resultados do ataque sulfúrico revelaram teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de  $251,06 \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $246,29 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $96 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente. Foi possível verificar que os teores de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  são altos e semelhantes, enquanto os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  são baixos, se comparados com solos desenvolvidos de rochas máfias, como basalto por exemplo.

Os valores de  $K_i$  e  $K_r$  foram de 1,73 e 1,39 (tabela 3). De acordo com IBGE (2007) solos com relações moleculares  $K_i$  e  $K_r > 0,75$  podem ser considerados cauliniticos. Comparados com resultados de análises de solos oriundos de basalto, com média de  $K_i=0,9$  (GHIDIN et al., 2006) e solos oriundo de arenito com média de  $K_r= 2,1$  (MAFRA et al., 2001) pode-se verificar a semelhança nos resultados com os solos oriundos de arenito, o que está ligado ao fato de a área de estudo estar inserida em uma região composta por arenitos consolidados da formação Caiuá, e afloramentos de depósitos quaternários do próprio rio (SALLUN, 2007).

**Tabela 2** - Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 01

Perfil 01 camadas	COR		granulometria			pH	H+Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S	CTC	P	C	M.O.	V
	seca	úmida	argila g.kg <sup>-1</sup>	silte g.kg <sup>-1</sup>	areia g.kg <sup>-1</sup>												
0-20	10 YR 5/6	10 YR 4/6	590	370	40	5,20	3,97	0,00	5,79	1,58	0,19	7,64	11,61	2,85	10,91	18,76	66
20-40	10 YR 5/4	10 YR 4/4	540	400	60	4,90	4,96	0,00	5,71	1,41	0,18	7,39	12,35	2,18	3,12	5,36	60
40-60	10 YR 6/4	10 YR 4/4	480	490	20	5,00	4,28	0,00	5,97	1,56	0,18	7,80	12,08	3,05	9,35	16,08	65
	<b>média</b>		<b>540</b>	<b>420</b>	<b>40</b>	<b>5,03</b>	<b>4,40</b>	<b>0,00</b>	<b>5,82</b>	<b>1,52</b>	<b>0,18</b>	<b>7,61</b>	<b>12,01</b>	<b>2,69</b>	<b>7,79</b>	<b>13,40</b>	<b>63</b>
	<b>desvio padrão</b>		<b>55</b>	<b>62</b>	<b>20</b>	<b>0,15</b>	<b>0,51</b>	<b>0,00</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,01</b>	<b>0,21</b>	<b>0,37</b>	<b>0,46</b>	<b>4,12</b>	<b>7,09</b>	<b>3</b>

Organização: Rosa (2014)

**Tabela 3** - Análise por ataque sulfúrico do perfil 01

Perfil 01 camada	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g .kg <sup>-1</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr
40-60	251,06	246,29	96	1,73	1,39

$ki = 1,7 \times SiO_2/Al_2O_3$ ;  $kr = 1,7 \times SiO_2 / [Al_2O_3 + (0,64 \times Fe_2O_3)]$

**Organização:** Rosa (2014)

**Figura 11** - Perfil 01: lamelas e concreções ferruginosas nas amostras

**Fonte:** Rosa (2013)

### 5.3.2 Perfil 2 - Neossolos Flúvicos Tb Distróficos - RYbd

As amostras coletadas no perfil 02 também apresentaram coloração homogênea para as três camadas (tabela 4), com matiz 10 YR e valor/ croma de 6/4 para as amostras secas e variando entre 4/3 e 4/4 para as amostras úmidas, confirmando a pigmentação mais amarelada. Os óxidos de Fe são considerados os principais responsáveis pelas variadas pigmentações que os solos podem apresentar. A goethita é responsável pela coloração amarelada dos solos, enquanto a hematita é responsável pela cor vermelha. No caso dos solos da ilha, com predominância de colorações amareladas, é esperado uma maior proporção de goethita, em detrimento a hematita. Esses dois óxidos de Fe refletem as condições pedoambientais sob as quais são formados. Enquanto a hematita é preferencialmente formada em condições de boa drenagem, a goethita é formada em condições de drenagem lenta (SCHWERTMANN & TAYLOR 1989).

Durante a descrição morfológica do perfil 2 foi observado a presença de mosqueado uniforme com concreções ferruginosas nas três camadas indicando processos de redução de Fe (figura 12). A consistência variou entre dura e muito dura na amostra seca, firme e muito firme na úmida e plástica, ligeiramente pegajosa e pegajosa para molhada, coerente com a textura argilosa desse perfil, com média de  $525 \text{ g.kg}^{-1}$  de argila.

O resultado para pH com média de 4,27 indicou solos com acidez muito alta, para o perfil. Em relação ao alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), foi identificado apenas na camada superficial, com  $0,96 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ . A CTC média foi de  $13,95 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , que conforme aponta Raij (1987), pode ser considerada alta (tabela 4).

Em relação a atividade na fração argila (T), este solo pode ser considerado de baixa atividade (Tb), pois a Tdo horizonte subsuperficial apresentou média de  $26,7 \text{ g.kg}^{-1}$ . A saturação de bases em 48% indica solos distróficos (SANTOS, et al., 2013), que contribui para a classificação do perfil no terceiro nível categórico, diferenciando o dos perfis 1, 3, 4, 5 e 6.

A análise por ataque sulfúrico permitiu verificar média de  $262,25 \text{ g.kg}^{-1}$  para  $\text{SiO}_2$ , e  $238,70 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $116,20 \text{ g.kg}^{-1}$  para  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , respectivamente. Com estes resultados foi possível verificar que os valores de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  são praticamente o dobro do valor verificado para  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , assim como verificado no perfil

1.

O resultado do ataque sulfúrico permitiu o cálculo dos valores de  $K_i$  e  $K_r$ , que foram de 2,01 e 1,56, respectivamente (tabela 5) ficando próximos aos resultados de solos oriundos de arenito, com média de  $K_i$  de 2,1 (MAFRA et al., 2001). Os valores de  $K_i$  e  $K_r$  indicaram também que a mineralogia do perfil 2 é caulínica (IBGE (2007)).

**Tabela 4** - Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 02

Perfil 02 camadas	COR		granulometria			pH	H+Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S	CTC	P	C	M.O.	V%
	seca	úmida	argila g.kg <sup>-1</sup>	silte g.kg <sup>-1</sup>	areia g.kg <sup>-1</sup>												
0-20	10 YR 6/4	10 YR 4/3	495	400	105	4,00	10,45	0,96	3,43	0,72	0,19	4,34	14,79	2,99	14,42	24,79	29
20-40	10 YR 6/4	10 YR 4/4	520	280	200	4,60	4,28	0,00	8,28	0,58	0,21	9,07	13,35	1,64	4,68	8,04	68
40-60	10 YR 6/4	10 YR 4/4	560	175	265	4,20	7,20	0,00	4,50	1,84	0,17	6,51	13,71	0,69	9,35	16,08	47
		<b>média</b>	<b>525</b>	<b>285</b>	<b>190</b>	<b>4,27</b>	<b>7,31</b>	<b>0,32</b>	<b>5,40</b>	<b>1,05</b>	<b>0,19</b>	<b>6,64</b>	<b>13,95</b>	<b>5,31</b>	<b>9,48</b>	<b>16,31</b>	<b>48</b>
		<b>desvio padrão</b>	<b>33</b>	<b>113</b>	<b>80</b>	<b>0,31</b>	<b>3,09</b>	<b>0,55</b>	<b>2,55</b>	<b>0,69</b>	<b>0,02</b>	<b>2,36</b>	<b>0,75</b>	<b>1,15</b>	<b>4,87</b>	<b>8,38</b>	<b>19</b>

Organização: Rosa (2014)

**Tabela 5 - Análise por ataque sulfúrico do perfil 02**

Perfil 02 camada	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g.kg <sup>-1</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr
40-60	262,25	238,70	116,20	2,01	1,56

ki =  $1,7 \times \text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ ; kr =  $1,7 \times \text{SiO}_2 / [\text{Al}_2\text{O}_3 + (0,64 \times \text{Fe}_2\text{O}_3)]$

Organização: Rosa (2014)

**Figura 12 - Perfil 02: pontos mosqueados nas amostras e em campo**

Fonte: Rosa (2013)

### 5.3.3 Perfil 3 - Neossolos Flúvicos Alíticos - RYal

As amostras coletadas no perfil 03 (tabela 7) apresentaram coloração uniforme com matiz 10 YR para as três camadas, com valor/croma 6/4 para amostra seca e 4/6 e 5/6 para úmida, com estes resultados verificou-se a propensão dos solos mais amarelados. Em campo foi possível observar características de friabilidade nos três horizontes esboroando-se com facilidade (figura 13). As características de consistência mantiveram-se homogêneas para os três horizontes: macio na amostra seca, friável na úmida e plástica e ligeiramente pegajosa para molhada. Em relação a textura desse perfil, foi possível verificar que os teores de argila e silte decrescem em profundidade.

O teor de argila é de  $625 \text{ g.kg}^{-1}$  na camada superficial e de  $480 \text{ g.kg}^{-1}$  na camada subsuperficial. Em solos submetidos ao processo de podzolização, a tendência de acúmulo de argila e silte ocorre sempre de cima para baixo, portanto, descarta-se a ocorrência desse processo neste perfil.

Para o pH foi verificado a média de 3,67, indicando solos com acidez muito alta e com teor de alumínio relativamente alto comparado aos outros perfis, com amplitude entre  $2,81 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  na camada superficial e  $5,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  na camada subsuperficial. O valor de  $\text{Al}^{3+}$  encontrado na camada subsuperficial permitiu classificar o perfil 3 em Alítico, no terceiro nível categórico. A atividade (Ta) da fração argila constatada na camada subsuperficial foi de  $34,6 \text{ g.kg}^{-1}$  e, portanto considerada alta (Ta). A CTC média foi de  $18,89 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , o que de acordo com Raij (1987) também pode ser considerada alta (tabela 6).

No perfil 3 foram verificados atributos que o classificaram como NEOSSOLOS FLÚVICOS Alíticos, solos com estas características encontram-se fortemente dessaturados, com valores para saturação de bases menores que 50% (V% 29) e por apresentar teores de alumínio extraível maior ou igual a  $4 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  associado à atividade de argila  $> 20 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  de argila ( $34,6 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Este atributo classificatório no terceiro nível categórico para NEOSSOLOS ainda não havia sido indicada no sistema brasileiro de classificação de solos.

Os resultados verificados do ataque sulfúrico revelaram teores de  $\text{SiO}_2$  com  $237,70 \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $210,90 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $74,70 \text{ g.kg}^{-1}$  (tabela 7). Assim como nos demais perfis, este também apresentou valores para  $\text{SiO}_2$  e para  $\text{Al}_2\text{O}_3$  muito

superiores a os de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , praticamente o triplo. Estes resultados estão relacionados aos processos que influenciam a dinâmica de evolução dos solos com deposição e remoção de sedimentos constantes, lento processo de drenagem e temperatura amena. Os valores de  $K_i$  (2,04) e  $K_r$  (1,62) indicam solos caulínícos (IBGE, 2007), e também a proximidade com resultados obtidos para solos de arenito (MAFRA et al., 2001). Este perfil apresentou os maiores valores de  $K_i$  e  $K_r$  entre os perfis da ilha, o que pode ser um indicativo de um menor grau de desenvolvimento deste solo, onde o processo de remoção de sílica foi menos intenso.

**Tabela 6 - Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 03**

Perfil 03 camadas	COR		granulometria			pH	H+Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S	CTC	P	C	M.O.	V%
	seca	úmida	argila g.kg <sup>-1</sup>	silte g.kg <sup>-1</sup>	areia g.kg <sup>-1</sup>												
0-20	10 YR 6/4	10 YR 4/6	625	205	170	3,7	13,06	2,81	0,80	1,0	0,22	2,02	15,08	2,58	13,64	23,45	21
20-40	10 YR 6/4	10 YR 4/6	550	180	270	3,6	13,06	3,94	0,50	1,2	0,22	1,92	14,98	0,82	8,18	14,07	45
40-60	10 YR 6/4	10 YR 5/6	480	135	385	3,7	13,06	5,00	0,40	2,8	0,17	3,37	16,43	3,19	3,51	6,03	21
	média		<b>552</b>	<b>173</b>	<b>275</b>	<b>3,7</b>	<b>13,06</b>	<b>3,92</b>	<b>2,21</b>	<b>3,42</b>	<b>0,20</b>	<b>5,83</b>	<b>18,89</b>	<b>2,20</b>	<b>8,44</b>	<b>14,52</b>	<b>29</b>
	desvio padrão		<b>73</b>	<b>35</b>	<b>108</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00</b>	<b>1,10</b>	<b>1,78</b>	<b>5,93</b>	<b>0,03</b>	<b>4,16</b>	<b>4,16</b>	<b>1,23</b>	<b>5,07</b>	<b>8,72</b>	<b>14</b>

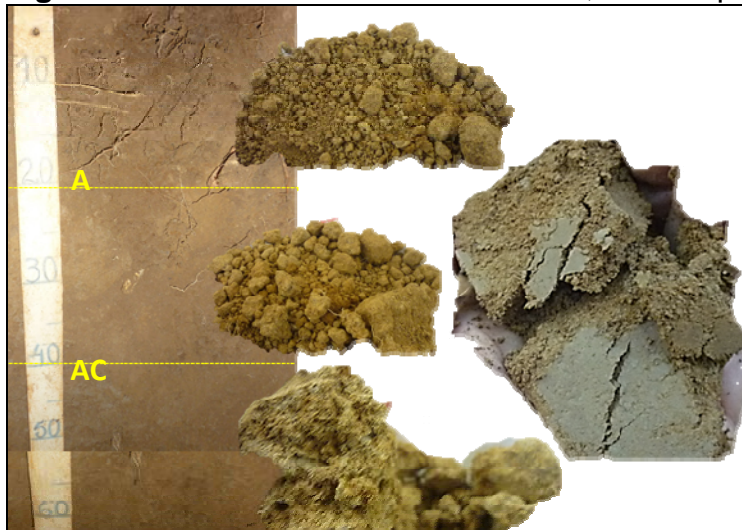
Organização: Rosa (2014)

**Tabela 7 - Análise por ataque sulfúrico do perfil 03**

Perfil 03 camada	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g.kg <sup>-1</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr
40-60	237,70	210,90	74,70	2,04	1,62

$k_i = 1,7 \times \text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $k_r = 1,7 \times \text{SiO}_2 / [\text{Al}_2\text{O}_3 + (0,64 \times \text{Fe}_2\text{O}_3)]$

Organização: Rosa (2014)

**Figura 13 - Perfil 03: amostra observada, em campo esboroa-se com facilidade.**

Fonte: Rosa (2013).

### 5.3.4 Perfil 4,5 e 6 NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos – RYvd

Os perfis 4,5 e 6 foram classificados como NESSOLOS FLÚVICOS Ta – Distróficos, estes solos também foram identificados por Castro (2012) no levantamento e classificação de solos das Ilhas Mutum e Porto Rico, localizadas a montante da Ilha Carioca no Alto rio Paraná. São solos que apresentam especificamente argila de atividade (T) alta (a) com T acima de  $27 \text{ cmolc.kg}^{-1}$  de argila e saturação de bases abaixo de 50%. São solos recentes, com incipiente processo de intemperização, pouco evoluídos e sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Este atributo assim como o Alítico no perfil 3, indicou um atributo classificatório no terceiro nível categórico que ainda não está indicado no sistema brasileiro de classificação.

#### ➤ Perfil 4

No perfil 04 as amostras apresentaram variação na coloração entre 7.5YR e 10 YR com valor/croma 4/6 e 5/4 para amostra seca e com matiz 7.5YR com valor/croma 4/4 e 4/6 para úmida. Foi possível constatar durante as descrições de campo a presença de insetos e visível bioturbação<sup>4</sup> (tabela 8 e figura 14). As características de consistência variaram nas amostras conforme o estágio de umidade: dura para amostra seca, firme e muito firme para amostra úmida, e plástica e ligeiramente pegajosa para molhada. Em campo foi possível observar alta plasticidade para todas as amostras, ocasionadas provavelmente pela distribuição proporcional das partículas, com média de  $453 \text{ g.kg}^{-1}$  de argila.

Os valores de pH deste perfil aumentaram em profundidade, indicando solos muito ácidos, com amplitude entre 3,60 e 4,10. Já a disponibilidade de  $\text{Al}^{3+}$  decresceu em profundidade que está de acordo com as inter-relações discutidas anteriormente. Foi verificado diminuição dos valores de CTC e MO com a profundidade, o que pode ser explicado por uma maior deposição de resíduos vegetais na superfície deste perfil. O resultado de saturação de bases ( $V= 29 \%$ ),

---

<sup>4</sup>Bioturbação: perfurações e cavidades em função da ação de organismos em processos que movimentam os componentes do solo. Estas atividades da fauna e flora no solo são intensas e variadas, atuando desde a decomposição de material de origem até a desorganização dos horizontes (GUERRA E BOTELHO, 1996)

permite classificar o solo em distrófico. A atividade da fração argila (T) do horizonte subsuperficial é de 37,3 de  $\text{g.kg}^{-1}$  e, portanto, considera-se solos Ta, com alta atividade na fração argila (SANTOS, et al., 2013).

Os resultados do ataque sulfúrico revelaram teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de 249,89  $\text{g.kg}^{-1}$ , 227,02  $\text{g.kg}^{-1}$  e 97,14  $\text{g.kg}^{-1}$ , respectivamente. Semelhante ao perfil 3,  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  apresentaram o triplo do valor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Os menores valores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  em relação aos valores de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  podem ser explicados também pelo processo de redução a que esses solos estão submetidos. Em condições de drenagem lenta ou solos saturados, o  $\text{Fe}^{3+}$  é reduzido a  $\text{Fe}^{2+}$ , ficando passível de remoções (KER et al., 2012). Os valores de  $K_i$  e  $K_r$  foram de 1,87 e 1,47 (tabela 09), o que segundo IBGE (2007) podem ser considerados cauliniticos. Assim como para os demais perfis já descritos, estes resultados indicam valores de  $K_i$  e  $K_r$  próximos aos encontrados em solos desenvolvidos de arenito.

**Tabela 8 - Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 04**

Perfil 04 camadas	COR		granulometria			pH	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S	CTC	P	C	M.O.	V%
	seca	úmida	argila g.kg <sup>-1</sup>	silte g.kg <sup>-1</sup>	areia g.kg <sup>-1</sup>											
0-20	10 YR 4/6	7.5 YR 4/4	400,00	125,00	475,00	3,60	4,05	2,95	2,55	0,22	5,72	22,05	2,18	10,13	17,42	26
20-40	10 YR 4/6	7.5 YR 4/6	535,00	360,00	105,00	3,80	2,35	1,95	1,32	0,18	3,45	15,58	2,65	8,57	14,74	22
40-60	7.5 YR 5/4	7.5 YR 4/4	425,00	280,00	295,00	4,10	0,64	3,58	0,75	0,18	4,51	11,71	1,36	4,68	8,04	39
		<b>média</b>	<b>453,33</b>	<b>255,00</b>	<b>291,67</b>	<b>3,83</b>	<b>2,35</b>	<b>2,83</b>	<b>1,54</b>	<b>0,19</b>	<b>4,56</b>	<b>16,45</b>	<b>2,06</b>	<b>7,79</b>	<b>13,40</b>	<b>29</b>
		<b>desvio padrão</b>	<b>71,82</b>	<b>119,48</b>	<b>185,02</b>	<b>0,25</b>	<b>1,71</b>	<b>0,82</b>	<b>0,92</b>	<b>0,02</b>	<b>1,13</b>	<b>5,22</b>	<b>0,65</b>	<b>2,81</b>	<b>4,83</b>	<b>9</b>

Organização: Rosa (2014)

**Tabela 9 - Análise por ataque sulfúrico do perfil 04**

Perfil 04 camada	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g.kg <sup>-1</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr
40-60	249,89	227,02	97,14	1,87	1,47

ki =  $1,7 \times \text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ ; kr =  $1,7 \times \text{SiO}_2 / [\text{Al}_2\text{O}_3 + (0,64 \times \text{Fe}_2\text{O}_3)]$

Organização: Rosa (2014)

**Figura 14 - Perfil 04: com presença de organismos e bioturbação nas amostras**

Fonte: Rosa (2013).

### ➤ Perfil 5

No perfil 05, foi verificado para a cor, matiz e valor/croma para amostra em estágio seco 10 YR 5/6 e 5/8 e 7,5 5/4 para amostra úmida 10 YR 4/4 e 4/3 e 7,5 YR 4/2 (tabela 10), com visíveis atividades de oxidação e concreções ferruginosas com pontos avermelhados nas amostras nas três camadas (figura 15). Estes processos pedogenéticos refletem as condições ambientais sob as quais os solos são formados, como drenagem lenta e intemperismo incipiente.

Para a análise de consistência verificou-se para amostra seca as características dura e ligeiramente dura, para úmida firme para as três camadas e plástica e ligeiramente pegajosa e pegajosa para molhada, coerente com a média de argila em  $530 \text{ g.kg}^{-1}$  (tabela 11). Estas características são resultadas das inter-relações dos processos pedogenéticos que ocorrem no perfil com remoção e translocações entre os horizontes, a transformação e redução de minerais, além da constante deposição de materiais na superfície dos perfis.

Os valores verificados para pH indicaram solos com acidez muito alta com média de 3,80. O alumínio decresce nas camadas com amplitude entre  $2,68 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  na camada superficial e  $1,07 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  na camada subsuperficial. O resultado de saturação de bases (V%) em 36%, aponta para solos distróficos. A atividade na fração argila (T) foi verificada no horizonte subsuperficial e apresentou média de  $30,08 \text{ g.kg}^{-1}$  indicando solos com atividade na fração argila alta -Ta, (SANTOS, et al., 2013).

Neste perfil pode-se observar que os teores de argila e CTC decrescem em profundidade, diferente do que ocorre com a matéria orgânica (MO), que oscila entre as camadas. Esta distribuição irregular de MO, assim como nos demais perfis foi um dos indicativos para caracterização dos perfis como FLÚVICO, além da baixa saturação de bases (36 %) e alta atividade na fração argila ( $30,08 \text{ g.kg}^{-1}$ ) indicando a classificação para o terceiro nível categórico (SANTOS et al., 2013).

O ataque sulfúrico revelou os teores para  $\text{SiO}_2$ , de  $230,91 \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $231,33 \text{ g.kg}^{-1}$  semelhantes e superiores aos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $97,73 \text{ g.kg}^{-1}$ ), como nos demais perfis, evidenciado pelas dinâmicas dos processos de formação desses solos. Os valores de  $K_i$  e  $K_r$  foram de 1,70 e 1,34 (tabela 10) que segundo IBGE (2007) podem ser considerados caulíníficos, pois estão acima de  $> 0,75$ . Entre os perfis avaliados,

este apresentou os menores valores para as relações  $K_i$  e  $K_r$ , o que pode ser um indicativo de um solo mais evoluído em relação aos demais, onde o processo de remoção de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) está mais avançado.

**Tabela 10** - Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 05

Perfil 05 camadas	COR		granulometria			pH	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S	CTC	P	C	M.O.	V%
	seca	úmida	argila g.kg <sup>-1</sup>	silte g.kg <sup>-1</sup>	areia g.kg <sup>-1</sup>											
0-20	10 YR 5/6	10 YR 4/4	595	315	90	3,6	2,68	3,34	2,48	0,24	6,06	19,12	4,54	17,66	30,38	32
20-40	10 YR 5/8	10 YR 4/3	515	295	190	3,9	1,30	3,33	1,76	0,22	5,31	15,01	2,51	10,39	17,87	35
40-60	7.5 YR 5/4	7.5 YR 4/2	480	330	190	3,9	1,07	5,59	0,1	0,21	5,90	14,90	4,47	13,64	23,45	40
		<b>média</b>	<b>530</b>	<b>313</b>	<b>156</b>	<b>3,8</b>	<b>1,68</b>	<b>4,09</b>	<b>1,45</b>	<b>0,22</b>	<b>5,76</b>	<b>16,34</b>	<b>3,84</b>	<b>13,90</b>	<b>23,90</b>	<b>36</b>
		<b>desvio padrão</b>	<b>58,9</b>	<b>17,6</b>	<b>57,7</b>	<b>0,2</b>	<b>0,9</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>2,4</b>	<b>1,2</b>	<b>3,6</b>	<b>6,3</b>	<b>4</b>

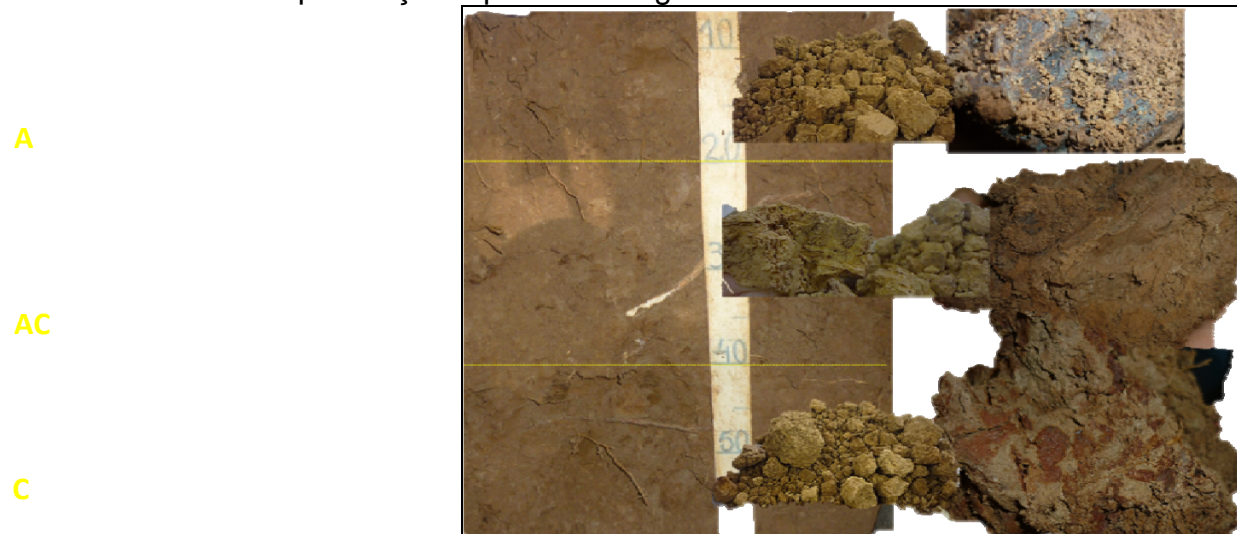
Organização: Rosa (2014)

**Tabela 11** - Análise por ataque sulfúrico do perfil 05

Perfil 05 camada	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g.kg <sup>-1</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr
40-60	230,91	231,33	97,73	1,70	1,34

$$k_i = 1,7 \times \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3; k_r = 1,7 \times \text{SiO}_2 / [\text{Al}_2\text{O}_3 + (0,64 \times \text{Fe}_2\text{O}_3)]$$

Organização: Rosa (2014)

**Figura 15** - Perfil 05: com presença de pontos ferruginosos nas amostras.

Fonte: Rosa (2013).

### ➤ Perfil 6

As amostras coletadas no perfil 6, assim como nos demais perfis, manteve matizes 10 YR, onde predominam colorações amareladas (tabela 12).

Na análise de consistência foi verificado forte coesão entre as partículas, com dureza em estágio seco sendo classificada como dura e em estágio úmido como firme. Já para consistência em estágio molhado foi verificado que as amostras são plásticas e pegajosas. Em campo foi observado à presença de raízes no perfil, influenciando na estrutura e organização (figura 16), e em laboratório nas amostras coletadas alguns pontos mosqueados escurecidos e bioturbação

Foi verificado pH médio de 4,20 o que permitiu classificar os solos em muito ácidos. Para os teores de alumínio foi verificado a oscilação entre as camadas, com  $1,40 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  na camada intermediária e nas camadas superficial e subsuperficial menos de  $1,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ .

Foi observado neste perfil a distribuição irregular de MO oscilando entre as camadas, que aponta para atributo flúvico. A CTC de  $15,45 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , segundo aponta Raij (1987), é considerado alta. Para a atividade na fração argila (T) do horizonte subsuperficial a média foi de  $39 \text{ g.kg}^{-1}$  sendo considerado solos Ta, com alta atividade na fração argila (SANTOS, et al., 2013). A atividade na fração argila Ta e o resultado de saturação de bases (V%) em 42 %, apontando para solos distróficos, contribuíram para a classificação dos solos no terceiro nível categórico, assim como os perfis 4 e 5.

Nos resultados do ataque sulfúrico foram revelados teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de  $247,35 \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $246,70 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $103,60 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente. É possível verificar que como nos demais perfis os teores de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  são altos e próximos e superiores aos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , o que pode ser explicado pelo lento processo de intemperização e drenagem deficiente.

Os valores de  $K_i$  e  $K_r$  foram de 1,70 e 1,34 de acordo com IBGE (2007) valores acima de 0,75 podem ser considerados caulíníticos. Estes valores indicam a possível proeminência do material de origem de arenito, uma vez que estão semelhantes aos resultados de solos oriundo de arenito com média de 2,1 (MAFRA et al., 2001).

Os resultados verificados nas análises químicas dos perfis 4, 5 e 6 localizados

a montante da Ilha, apresentaram características que indicam solos mais evoluídos que nos perfis 1, 2 e 3.

**Tabela 12** - Resultados das análises granulométricas e atributos químicos do perfil 06

Perfil 06 camadas	COR		TEXTURA			pH	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S	CTC	P	C	M.O.	V%
	seca	úmida	argila g.kg <sup>-1</sup>	silte g.kg <sup>-1</sup>	areia g.kg <sup>-1</sup>		cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>				mg.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>				
0-20	7.5 YR 5/3	7,5 YR 4/4	335	410	255	4,1	0,21	2,91	5,84	0,26	9,01	18,71	2,04	14,03	24,12	48
20-40	10 YR 6/4	7,5 YR 5/6	465	330	205	4,2	1,40	3,01	1,18	0,21	4,40	13,40	1,03	7,79	13,40	33
40-60	7.5 YR 6/4	7.5 YR 4/4	440	375	185	4,3	0,63	4,56	1,75	0,19	6,50	14,26	1,77	10,91	18,76	46
	<b>média</b>		<b>413</b>	<b>371</b>	<b>215</b>	<b>4,20</b>	<b>0,75</b>	<b>3,49</b>	<b>2,92</b>	<b>0,22</b>	<b>6,63</b>	<b>15,45</b>	<b>1,61</b>	<b>10,91</b>	<b>18,76</b>	<b>42</b>
	<b>desvio padrão</b>		<b>68,98</b>	<b>40,10</b>	<b>36,06</b>	<b>0,10</b>	<b>0,60</b>	<b>0,93</b>	<b>2,54</b>	<b>0,03</b>	<b>2,31</b>	<b>2,85</b>	<b>0,52</b>	<b>3,12</b>	<b>5,36</b>	<b>8</b>

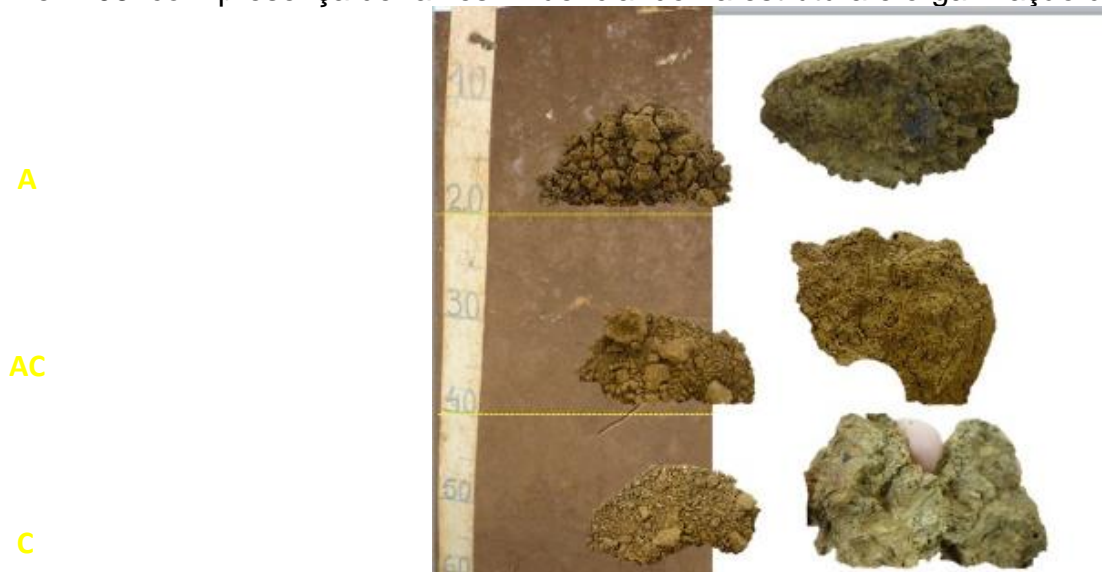
Organização: Rosa (2014)

**Tabela 13** - Análise por ataque sulfúrico do perfil 06

Perfil 06 camada	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g.kg-1	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr
40-60	247,35	246,70	103,60	1,70	1,34

$ki = 1,7 \times SiO_2/Al_2O_3$ ;  $kr = 1,7 \times SiO_2 / [Al_2O_3 + (0,64 \times Fe_2O_3)]$

**Organização:** Rosa (2014)

**Figura 16** - Perfil 06: com presença de raízes influenciando na estrutura e organização do solo.

Fonte: Rosa (2013).

Esta variação nos valores encontrados nas análises químicas está relacionada com a capacidade de drenagem dos solos da Ilha, que caracterizam-se por imperfeitamente drenados com remoção lenta da água, permanecendo molhando por períodos significativos, porém não a maior parte do ano. A drenagem deficiente ocasiona lentidão no processo de decomposição e incorporação da matéria orgânica e minerais nos solos. Com essas flutuações ambientais ocorre o processo de gleização, que consiste na redução e remoção dos óxidos de Fe por ação microbiana em ambiente anaeróbio (FANNING e FANNING, 1989 apud KÄMPF e CURI, 2012).

Ocasionada por variações sazonais, alternada entre encharcamento e drenagem, esta ação pedogenética, influencia as propriedades químicas e morfológicas do solo. Com estas mudanças no grau de saturação por água, o suprimento de oxigênio do solo é alterado, o que reflete no nível de oxidação dos minerais presentes no solo, dando origem aos solos poucos desenvolvidos com pontos mosqueados no perfil.

Segundo Targulian e Krasilnikov (2007) solos formados em ambientes sem alterações bruscas tendem a uma organização constante entre fluxos de matéria e energia, a um quase equilíbrio. No entanto, solos formados em ambientes com constantes flutuações têm a evolução com auto-organização de estruturas com processos pedogenéticos específicos mudando em respostas às alterações ambientais, e ainda segundo Phillips et al. (1996) as flutuações ambientais no decorrer da pedogênese ocasionam uma desestruturação com evolução imprevisível e variações minerais e químicas na composição dos solos

Os valores de  $K_i$  e  $K_r$  verificados nos perfis à montante da Ilha são menores do que os verificados à jusante, o que pode ser um indicativo da presença de solos mais desenvolvidos na parte a montante da Ilha, onde o processo de perda de sílica estaria mais avançado. Esta variação entre os perfis é ocasionada por constante processo de deposição e remoção de sedimentos. A condição inicial para formação dos solos é estabelecida pelas características do material de origem e fatores como clima e organismos que determinam e adicionam energia ao desenvolvimento dos solos originando diferentes solos de mesmo material de origem.

## 6 CONCLUSÃO

Através da metodologia de levantamento de alta intensidade para abertura dos perfis pedológicos e coleta de amostras de solo da Ilha Carioca foi possível identificar solos em início de formação, denominados NEOSSOLOS FLÚVICOS, com distinção no terceiro nível categórico: NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos – RYbe, NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos – RYbd, NEOSSOLOS FLÚVICOS Alíticos – RYal, NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos – RYvd.

Para interpretar a gênese e gerar a classificação e identificação dos solos da Ilha Carioca foi necessário observar a localização geográfica e as influências ambientais que recebe direta e indiretamente. A região em que a Ilha Carioca está inserida apresenta uma constante e frenética dinâmica entre cheia e vazante reguladas pelas barragens instaladas em vários pontos do Rio Paraná.

Esta instabilidade ambiental resultou nas constantes variações na deposição e remoção de material caracterizando a presença de diferentes atributos derivados dos vários processos pedogenéticos atuantes na formação dos solos.

As análises macromorfológicas, granulométricas e químicas permitiram verificar a amplitude entre os elementos observados indicando um processo inicial e lento de intemperização coerente ao ambiente que está inserido e com a presença de minerais que compõem as amostras.

A relação entre estes fatores atuou diretamente na evolução dos perfis influenciando a intensidade e velocidade de deslocamento das substâncias e nas reações químicas que constituem o processo de decomposição dos minerais e rochas, neste caso de sedimentos aluviais depositados constantemente.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; NAKATANI, K. **A Planície de inundação do Alto Rio Paraná site 6** Universidade Estadual de Maringá, Nupelia, Maringá. 2002. Disponível em: <[http://www.maternatura.org.br/hidretricas/biblioteca\\_docs/impacto%20UHR%20Rio%20Paran%C3%A1.pdf](http://www.maternatura.org.br/hidretricas/biblioteca_docs/impacto%20UHR%20Rio%20Paran%C3%A1.pdf)>. Acesso em: maio/2013.
- AZEVEDO, A. C. **Mineralogia do solo**. USP/ESALQ. 2000. Disponível em: <[http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/130974/mod\\_resource/content/1/TextoSoloV5.pdf](http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/130974/mod_resource/content/1/TextoSoloV5.pdf)>. Acesso em: out/2013.
- BARROS. O.N.F. Pequena história pedológica. In: **Geografia**. Londrina UEL-DGC. Vol.6. 1990/91.
- BALESTRINI, R. S. **Análise Fitossociológica da Ilha Carioca, utilizando o método de parcelas e pirâmides de vegetação**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina - PR. 2012.
- BALDWIN, M.; KELLOGG, C.E. Soilclassification. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Soil and men**. Washington, 1938. p.979-1001. (AgricultureYearbook) *apud* EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009xxvi.
- BESOAIN, E. **Mineralogía de arcillas de suelos**. San José, Costa Rica: IICA, 1985. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.
- BIGHAM, J.M. **Iron mineralogy of red-yellow humic ultisols and oxisols as determined by Mossbauer spectroscopy, X-ray diffraction and supplementary laboratory techniques**. Raleigh. North Carolina State University, 1977. 165p. (Tese de Mestrado).
- BOGNOLA, I.A. **Caracterização química, física e mineralógica de solos Intermediários entre Latossolos Brunos e Latossolos Roxos**. Viçosa, UFV, 1995. 205p. (Tese M.S.). In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.
- BOHNEN, H. Acidez e calagem. In: GIANELLO, C., BISSANI, C.A., TEDESCO, M.J. (Eds.) **Princípios de fertilidade de solo**. Porto Alegre: Dep. de Solos. Fac. de Agronomia. UFRGS, 1995. p.51-76
- BONNEAU, M.; DAMBRINE, E.; NYS, C.; RANGER, J. L'acidification des sols. **Bull. Ecol.**, v. 18, p. 127-136, 1987.

BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; MCCracken, R.J. & SOUTHARD, R.J. Soil genesis and classification. Ames, Iowa State University Press, 1997 apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012

CAMARGO, O. A. et al. Métodos de Análise Químico, Mineralógico e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. In: **Boletim técnico 106**. Campinas, Instituto Agronômico, 2009, (Edição revista e atualizada).

CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

CASTRO, P. H. M. de. **Caracterização e mapeamento em escala 1:100.000 dos solos das Ilhas Mutum e Porto Rico, Alto Rio Paraná, PR/MS**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina - PR. 2012.

CAMPOS, B.J.; SOUZA, M.C. Vegetação in: **A planície do alto Rio Paraná**. Maringá: EDUEM, 1997. p.331-343. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/>>. Acesso em jul. 2013.

COMUNELLO, E. **Dinâmica de Inundação de Áreas Sazonalmente Alagáveis na Planície Aluvial do Alto Rio Paraná**. Dissertação de Mestrado. UEM/CBS/PEA, Maringá-PR. 2001. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/>>. Acesso em out. 2013.

CORREA, Geraldo Terceiro. **O uso do solo no arquipélago Mutum-Porto Rico – alto rio Paraná, (PR/MS)**. Maringá: UEM, 1998. 27p.

CORRADINI, F.A.; STEVAUX, J.C. FACHINI. M.P. **Geomorfologia e distribuição da vegetação ripária na Ilha Mutum, Rio Paraná-PR/MS**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 27, n. 3, p. 345-354, 2008. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/>>. Acesso em ago. 2013.

CORRADINI, F.A.; STEVAUX, J.C. **Processos de conectividade e a vegetação ripária do Alto Rio Paraná-MS**. Maringá, 2006. 74 p. Dissertação (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/>>. Acesso em ago. 2013.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. 2007. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/336076>>. Acesso em: maio/2013.

EMBRAPA. **Cultivo de Algodão Irrigado**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado/solos.htm>>. Acesso em: maio/2013.

FANNING, D.S; FANNING, M.C.B. Soil, morphology, genesis, classification. New York, John Wiley e Sons, 1989. Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade

Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

FERNANDES, R.B.A. **Atributos mineralógicos, cor, adsorção e desorção de fosfatos em latossolos do Sudeste brasileiro**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 265p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2000. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

FERNADEZ, O. V. Q. et al. **Evolução e características faciológicas de um conjunto de ilhas no Rio Paraná, Região de Porto Rico (PR)**. Boletim de Geografia-UEM, Ano 11, nº 1, dez,1993. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/>>. Acesso em jul. 2013.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 23(3):507-514, 1999a. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

FINK, J.R. **Dinâmica de minerais pedogênicos e adsorção de fósforo em solos sob distintos usos e manejos**. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2012. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/jesserodfinkmes.pdf>>. Acesso em: nov./2013.

FONTES, M.P.F. Iron oxide-clay mineral association in brazilianoxisols: a magnetic separation study. **Clays Clay Miner.**, 40:175-179, 1992. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

FONTES, M.P.F. & WEED, S.B. Phosphateadsorptionbyclaysfrombrazilian oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy. **Geoderma**, 72:37-51. 1996. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

FONTES, M.P.F. **Iron oxide mineralogy in some brazilianoxisols**. Raleigh: North Carolina State University, 1988. 175p. Tese (PHD) - North CarolinaState University, 1988. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

GERASIMOV, I.P. Elementarypedogenic processes as thebasis for geneticdiagnosticsofsoils. *Sov. SoilSci.*, 5:3-9, 1975. *Pochvovedenive*, 5: 3-9, 1975.

Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012

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**. v. 19, p. 93-114, 1996.

HAYAKAWA, E.H et al.. **Avaliação multitemporal da planície de inundação do Alto Rio Paraná (região de Porto Rico – PR) através de classificação supervisionada e não supervisionada de imagens Landsat-5/TM**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. 25-30 abril-2009. INPE, p. 5865-5872. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.12.20/doc/5865-5872.pdf>>. Acesso em jul. 2013.

HAYAKAWA, E.H et al. **Análise temporal da Planície de inundação do Alto Rio Paraná (Região de Porto Rico – PR) através de dados de sensoriamento remoto**. Bol. geogr., Maringá, v. 28, n. 1, p. 115-126, 2010. Disponível em: <[www.nupelia.uem.br](http://www.nupelia.uem.br)>. Acesso em ago. 2013.

HEISENBERG, W., **Física e filosofia**, Brasília, Universidade de Brasília, 1987 apud KÄMPF, N.; CURI, N. Conceitos de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C; et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 2ª edição. Rio de Janeiro. 2007.

JENNY, H. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. New York, Dover Publications, 1941. Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012

JONES, R.C.; HUDNALL, W.H. & SAKAY, WS. **Some highly weathered soils of Puerto Rico**. 2. Mineralogy. Geoderma, Amsterdam, 27:75-137, 1982.

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceitos de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C; et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

KÄMPF, N.; MARQUES, J.J.; CURI, N. Mineralogia dos solos. In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J.J. Intemperismo e ocorrência de minerais

noambiente do solo. In: AZEVEDO, A. C. de. MELO, V. de F. e ALLEONI, L. R. F. (Ed.) **Química e Mineralogia do solo**: parte I- Conceitos Básicos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2009.

KÄMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N. et al. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 1-54. v. 3.

KÄMPF, N.; RESENDE, M.; CURI, N. **Iron oxides in Brazilian Oxisols**. IN: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP: CLASSIFICATION, CHARACTERIZATION AND UTILIZATION OF OXISOLS, VIII. Brazil, 1986. Part 1. **Proceedings...** EMBRAPA, SMSS,AID, UPR, Rio de Janeiro, Brasil, 1988. p. 71-77. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

KEHRIG, A. G. As relações Ki e Kr no solo. Ministério da Agricultura, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. **Boletim do Instituto de Química e Agricultura** nº 13, 1949, 67 p.

KER, J.C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de latossolos do Brasil**. Viçosa, MG. UFV, 1995. 181p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1995. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

KRAMER, V. M. S; STEVAUX. J. C. Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 49, p. 79-91, 2001. Editora da UFPR. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/geociencias/article/viewArticle/4127>>. Acesso em mar/2014.

LADEIRA, F.S.B. Solos do passado: origem e identificação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, **Rev. Bras. Ciênc. Solo** vol.34 nº 6. Viçosa Nov./Dec. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000600001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000600001&script=sci_arttext)>. Acesso: nov. 2013.

MANFREDINI, S. et al.. Técnicas em Pedologia in: VENTURI, L.A.B. (org.) **Praticando Geografia – técnicas de campo e laboratório**. S.P: Oficina de Textos, 2005.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos** — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/>>. Acesso em: setembro/2014.

MIELNICZUK, J. Matéria Orgânica e a Sustentabilidade de Sistemas Agrícolas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**. 2a Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

MESQUITA FILHO, M.V. & TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the Cerrado region (Brazil). **Geoderma**, 58:107-123, 1993. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

MILANI, et al.. **Bacia do Paraná** – Boletim de Geociências Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007. Disponível em: [xa.yimg.com/kq/groups/.../11-Bacia%25252Bdo%25252BParana.pdf](http://xa.yimg.com/kq/groups/.../11-Bacia%25252Bdo%25252BParana.pdf). Acesso em: maio/2013.

MILLER, F.P. Soil science: A scope broader than its identity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57:299,564, 1993. Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012

MONTANHER O. C.; SOUZA FILHO, E. E. Avaliação da alteração da concentração de sedimentos em suspensão em eventos de cheia do Rio Paraná: o uso de imagens orbitais para avaliação de impactos provocados pela barragem de Porto Primavera in: **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set. 2010.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts**. New York, 2000.

NALOVIC, L.; PEDRO, G. & J ANOT, C. Demonstration by Mössbaucrspcctroscopy of the role played by transit ional trace clcmnts in thccrystallogcncnsis 01' iron hydroxides (111). In: **INTERNATIONAL CLA Y CONFERENCE**, Wilmette , 1975.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

PAVAN, M. A.; et al **Manual de análises químicas de solo e controle da qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. (Circular Técnica, n.76).

PHILLIPS, J.D.; PERRY, D.; GARBEE, A.R. **Deterministic uncertainty and complex pedogenesis in some Pleistocene dune soils**. *Geoderma*, 73:147-164, 1996.

OADES, J.M. The nature and distribution of iron compounds in soils. **Soils Fert.**, 26:69-80, 1963. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

RAO, I. M.; ZEIGLER, R. S; VERA, R.; SARKARUNG, S. Selection and breeding for acid soil tolerance in crops. Upland rice and tropical forages as case studies. **BioScience**, v. 43, p. 454-465, 1993.

RAIJ, B.V. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, SP: Fundação Cargil, 1987.

RAIJ, B.V. **Avaliação de fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA): Instituto Internacional da Potassa (Suíça), 1983.

REICHERT, J. M; REINERT, D. J. **Propriedades física do solo**. Universidade Estadual de Santa Maria. Santa Maria, 2006. Disponível em: Acesso em maio/ 1014.

RESENDE, M.; CURI, N., REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 6ª ed. Viçosa, NEPUT, 2014.

RESENDE, M. **Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos**. Inf. Agropec. 11:3-18, 1985. Disponível em: acesso fev. /2014.

RESENDE, M.; BAHIA FILHO, A. F. C.; BRAGA, J. M. Mineralogia da argila de latossolos a partir do teor total de óxidos do ataque sulfúrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 17-23,1987.

REZENDE, S.B. **Geomorphology, mineralogy and genesis of four soils and gneiss in Southeastern Brazil**. West Lafayette, Purdue University, 1980. 143p. (Tese de Doutorado).

RESENDE, M. **Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil**. West Lafayette, Purdue University, 1976. 237p. (Tese de Doutorado). In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

RIBEIRO, M.R.; OLIVEIRA, L.B.; ARAÚJO FILHO, J.C. Caracterização morfológica do solo. In: KER, J.C; et al. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, MG. SBCS,2012.

ROSA, M.C. Processo de ocupação e situação atual. In: VAZZOLER, A.E.A. et al. (Ed.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: Eduem, 1997. p. 371-394.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais in: **Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8**. Campinas: 2010.

SALLUN, A.E.M.; SUGUIO, K. **Datação absoluta por luminescência do alogruppo Alto Rio Paraná (SP, PR, MS)**. Revista do Instituto geológico, São Paulo. 2007. Disponível em: <[http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista\\_ig/27-28\\_1-2\\_2.pdf](http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/27-28_1-2_2.pdf)>. Acesso em: Jun./2013.

SANGLADE, L. D. **Caracterização de solos da ilha Porto Rico, Alto Rio Paraná – PR**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina - PR. 2011.

SANTOS et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

SANTOS, M.L. dos; FERNANDEZ, O.V.Q.; STEVAUX, J.C. **Aspectos Morfogênicos das barras de canal do Rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR**. Boletim de Geografia, Maringá, ano 10, n. 1, p. 11-24 dez. 1992.

SANTOS, R.D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas. 5ª ed, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. 2ª ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989.

SCHWERTMANN U. & TAYLOR R. M. **Iron oxides**. In: DIXON, J. B. & WEED, S. B., (eds). Minerals in soil environments 2a ed. Madison, Soil Sci. Soc. of Am., 1989. In: CARVALHO JUNIOR, I. A. de, **Influência da mineralogia e da matéria orgânica na agregação, cor e radiometria de solos altamente intemperizados do Estado de Minas Gerais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa – MG. 2000.

SHAW, C. F. Potent factors in soil formation. Ecology, 11:239-245, 1930. Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

SILVA, C.; BELLINI, L. **Remanescentes populacionais nas ilhas do rio Paraná: aspectos sociais e econômicos** - DOI: 10.4025/actasciobiolsoci.v30i2.3639. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Brasil, 30 mai. 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/3639>>. Acesso em: mar/2014.

SIMONSON, R.W. Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23:152-156, 1959. Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

SOKOLOV, I.A. The paradigm of pedology from Dokuchaev to the present day; Eurasian Soil Sci., 29:222-232, 1996. Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

SOUZA FILHO, E (org.). Meio Físico, Geologia e Geomorfologia. In: **Relatório Anual / PELD**. Pesquisas Ecológicas De Longa Duração-PELD2, 2008. Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/>>. Acesso em ago. 2013.

SOUZA-FILHO, E.E. **Aspecto da geologia e estratigrafia dos depósitos do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guíra (PR)**. São Paulo: USP. 223p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1993. <<http://www.peld.uem.br>>

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. **O Componente Físico da Planície Alagável do Alto Rio Paraná.** In: Universidade Estadual de Maringá: Nupélia. A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná – Relatório anual, 2000. PELD/CNPq, Maringá, 2000, disponível em: <<http://www.peld.uem.br/Relat2000>>. Acesso em ago. 2013.

SOUZA FILHO, E.E. de; STEVAUX, J.C. **A Geomorfologia da Área Ribeirinha ao Rio Paraná no Segmento entre os Rios Paranapanema e Ivinheima (PR e MS).** Disponível em: <[http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp\\_fisico\\_Geomorfologia.PDF](http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp_fisico_Geomorfologia.PDF)>. Acesso em: maio/2013.

SOUZA FILHO, E.E. de; STEVAUX, J.C. **A Geologia da Calha do Rio Paraná nas Proximidades de Porto Rico (PR).** Disponível em: <[http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp\\_fisico\\_Geologia\\_calha2.PDF](http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp_fisico_Geologia_calha2.PDF)>. Acesso em: maio /2013.

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Geologia e geomorfologia do complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.** Maringá: EDUEM, 1997. p. 3-46.

SOUZA, M. C., ROMAGNOLO, M. B.; KITA, K. K. Riparian vegetation: ecotones and plant communities. In: THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, S. S. (Org.). **The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation.** Leiden: BackhuysPublishers, 2004. p. 353-368.

SOUZA, M. C. **Estrutura e composição florística da vegetação de um remanescente florestal da margem esquerda do rio Paraná (Mata do Araldo, município de Porto Rico, PR).** 1998. 172f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

SOUZA-FILHO, E.E. **Aspecto da geologia e estratigrafia dos depósitos do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guíra (PR).** São Paulo: USP. 223p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1993.

STEVAUX, J.C.; CORRADINI, F.A.; FACHINI, M.P. **Controle Geomorfológico da Distribuição da Vegetação Ripária do rio Paraná (Parte I): Unidades Geomórficas da Planície de Inundação.** Universidade Estadual de Maringá, 2006. 80 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Disponível em: <<http://www.peld.uem.br/Relat2002>>. Acesso em: jun/2013.

TARGULIAN, V.O.; KRASILNIKOV, P.V. **Soil system and pedogenic processes: self-organization: time scales, and environmental significance.** Catena, 71:373-381, 2007.

TOMÉ Jr., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba, RS: Agropecuária, 1997. 247p.

VAN BREEMEN, N. & BUURMAN, P. Soil formation. Dordrecht, KluwerAcademicPublishers, 1998. Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

VAN WAMBEKE, A. Soils of the tropics. New York, McGraw-Hill, 1992. Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.

VENTURI, L.A.B. A técnica e a observação. In: VENTURI, L.A.B. **Geografia – práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

VIEIRA, L.S. **Manual da ciência do solo com ênfase aos solos tropicais**. 2.ed. São Paulo, Ceres, 1988.

YOUNG, A. Tropical soils and soil suvey. Cambrige, CambrigeUniversity Press, 1976 Apud KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2012.