



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

PAULO HENRIQUE MARQUES DE CASTRO

**CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO EM ESCALA  
1:100.000 DOS SOLOS DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO,  
ALTO RIO PARANÁ, PR/MS**

PAULO HENRIQUE MARQUES DE CASTRO

**CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO EM ESCALA  
1:100.000 DOS SOLOS DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO,  
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  
2012

**Catalogação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

C355c Castro, Paulo Henrique Marques de.  
Caracterização e mapeamento em escala 1:100.000 dos solos das ilhas Mutum e Porto Rico, alto Rio Paraná, PR/MS / Paulo Henrique Marques de Castro. – Londrina, 2012.  
110 f. : il.

Orientador: Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame.  
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.  
Inclui bibliografia.

1. Geomorfologia – Teses. 2. Geoprocessamento – Teses. 3. Mapeamento do solo – Teses. 4. Geografia física – Teses. 5. Sensoriamento remoto – Teses. 6. Solos – Classificação – Teses. I. Vendrame, Pedro Rodolfo Siqueira. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 911.2:551.4

**PAULO HENRIQUE MARQUES DE CASTRO**

**CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO EM ESCALA 1:100.000 DOS  
SOLOS DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO, 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**

---

Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame  
UEL – Londrina - PR

---

Prof. Dr. Geraldo Terceiro Correa  
UEL – Londrina - PR

---

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito  
UEL – Londrina - PR

Londrina, 20 de abril de 2012.

*Aos meus pais, pelo apoio e incentivo;  
Aos amigos, que acreditaram em minha capacidade  
quando ingressei no mestrado.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus;

Aos meus pais Manoel e Lourdes, pelos contínuos ensinamentos;

Ao Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame, pela constante orientação ao longo do trabalho;

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

Ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, especificamente ao Laboratório de Solos, pelo apoio e disponibilidade para a realização das análises laboratoriais;

Aos colegas: José Francirlei Oliveira, Stanislas Mayi III, pelas contribuições nas análises laboratoriais e estatísticas dos dados; Alexandre Reis, Gabriel de Sá Prado, Lucas Corrêa Ricardo, Lucas Sanglade, Mariana Silva e Renata Balestrini, pelo árduo esforço realizado no apoio aos trabalhos de campo às ilhas Mutum e Porto Rico durante a pesquisa;

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

A CNPQ/CAPES e Fundação Araucária pelo apoio financeiro à pesquisas em projetos no alto Rio Paraná, ao qual esse estudo teve vínculos:

07307 - LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO SEMIDETALHADO DE ILHAS PRÓXIMAS AO MUNICÍPIO DE PORTORICO (PR) NO ALTO RIO PARANÁ.

04082 - CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA DAS ILHAS PORTO RICO E MUTUM NO ALTO RIO PARANÁ, COM BASE EM LEVANTAMENTOS DE IMAGENS DE SATÉLITE E AEROFOTOS CONVENCIONAIS.

*"E a geografia, é certo, serviu-me de muito. [...] É muito útil quando se anda perdido de noite."*

*Antoine de Saint-Exupèry*

CASTRO, Paulo Henrique Marques de. **Caracterização e mapeamento em escala 1:100.000 dos solos das ilhas Mutum e Porto Rico, alto Rio Paraná, PR/MS** 2012. 110f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2012.

## RESUMO

Nas relações entre homem e ambiente, o solo é de fundamental importância. Muitos problemas de uso da terra, tais como erosão, desertificação e infertilidade, por exemplo, requerem para serem solucionados, um estudo completo das características e origem dos solos. Além disso, os solos expressam diversos outros fatores do ambiente que podem constituir indícios da região natural. Para compreender estes indícios deve-se entender todos os outros fatores (biológicos, geológicos, químicos) que originam os solos, bem como os eventos naturais e humanos que os modificam.

Neste sentido, o estudo foi realizado com o propósito de mapear e caracterizar os solos das ilhas Mutum e Porto Rico, no alto Rio Paraná, próximo ao município de Porto Rico - PR, através de interpretações de imagens de satélite, observações de campo e análises laboratoriais; apoiado nas relações de interdependências existentes entre os componentes do meio local, para o conhecimento de sua espacialização e funcionamento. Para realização do mapeamento utilizou-se a metodologia de sistema de malha, e além dos métodos para a classificação de solos, no estudo também foram aplicadas técnicas de sensoriamento remoto digital e geoprocessamento. Desta maneira foi possível a identificação, classificação e a produção do mapa de solos em escala 1:100.000 das ilhas Mutum e Porto Rico.

**Palavras-chave:** Ilha. Geoprocessamento. Classificação de solos. Sistema de malha.

CASTRO. Paulo Henrique Marques de. **Characterization and Mapping in scale 1:100.000 of soils located at Mutum and Porto Rico islands, upper Paraná River, PR / MS.** 2012. 110 p. Master's thesis in Geography - Environmental Dynamics Area. Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2012.

## ABSTRACT

In the relations between society and nature, the soil is fundamentally. Many problems of land use, such as erosion, desertification and infertility, for example, require to be solved, a complete study of the characteristics and origin of soils. Furthermore, soils express many other environmental factors that may be indicative of the natural region. To understand these evidences should be understood all other factors (biological, geological, chemical) that originate the soil and the natural and human events that modify it. The study was conducted with the purpose of mapping and characterization of the soils located at Mutum and Porto Rico islands, at upper Paraná River, near the city Puerto Rico - PR, through interpretations of satellite images, observations of field and laboratory analysis, supported in the relations of interdependence between the components of the site, to the knowledge of its spatially and functioning. For completion of the mapping was used the methodology of mesh system and in addition to the methods for the classification of soils, in the study were also applied techniques of digital remote sensing and geoprocessing. This way was possible the identification, classification and production of soil maps in scale 1:100,000 of Mutum and Porto islands.

**Keywords:** Islands. Geoprocessing. Soil Classification. Mesh System.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 –</b> Mapa de classes de solo, região noroeste do Estado do Paraná. Fonte: Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG). ....	20
<b>Figura 2 -</b> Hierarquia do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Fonte: IBGE (2007). ....	21
<b>Figura 3 -</b> Município de Porto Rico no Alto Rio Paraná. Fonte: CASTRO, 2010. ....	24
<b>Figura 4 –</b> Arquipélago Mumtum-Porto Rico. Fonte: CASTRO, 2010.....	24
<b>Figura 5 –</b> Mapa de localização das ilhas Mutum e Porto Rico. ....	25
<b>Figura 6 –</b> Mapa Geológico da parte oriental da Bacia Bauru, que inclui o Grupo Caiuá onde se destaca a Formação Rio Paraná. Fonte: FERNANDES, et al. 2007.....	27
<b>Figura 7 –</b> Mapa das Principais Unidades Geomorfológicas do noroeste do Estado do Paraná destacando a localização do Município de Porto Rico e das ilhas Mutum e Porto Rico. Fonte: CASTRO, 2010. ....	28
<b>Figura 8 -</b> Vegetação das áreas alagadas - Paleocanal na Ilha Mutum. Fonte: Paulo Castro. ....	30
<b>Figura 9 -</b> Vegetação das áreas elevadas - Ilha Mutum. Fonte: Paulo Castro.....	30
<b>Figura 10 –</b> Moradia dos remanescentes populacionais na Ilha Mutum. Fonte: Paulo Castro. ....	32
<b>Figura 11 –</b> Moradia dos remanescentes populacionais na Ilha Mutum. Fonte: Paulo Castro. ....	32
<b>Figura 12 –</b> Mapa de uso do solo de 1952. Fonte: CORREA, 1998 .....	34
<b>Figura 13 –</b> Mapa de uso do solo de 1996. Fonte: CORREA, 1998 .....	35
<b>Figura 14 –</b> Mapa de uso do solo de 2010. Fonte: CASTRO, 2010. ....	35
<b>Figura 15 –</b> Difratômetro de Raios X da marca Panalytical. Fonte: Paulo Castro.....	47
<b>Figura 16 –</b> Análise mineralógica da fração argila (lâmina). Fonte: Paulo Castro.....	47

<b>Figura 17</b> –Fluxograma das etapas para o mapeamento de solos das ilhas Mutum e Porto Rico.....	50
<b>Figura 18</b> –Quadro com as especificações para levantamento de solos - nível de reconhecimento. Fonte: adaptado (IBGE, 2007). .....	54
<b>Figura 19</b> –Tradagem subsuperficial (80cm-100cm - Ilha Mutum. Fonte: Paulo Castro.....	55
<b>Figura 20</b> –Tradagem, processo de amostragem do sistema de malha na Ilha Mutum. Fonte: Paulo Castro.....	55
<b>Figura 21</b> –Mapa do sistema de malha com a indicação dos pontos de coletas das amostras de solos. ....	55
<b>Figura 22</b> –Triângulo Textural (TT) com 13 classes texturais. Fonte: LEMOS & SANTOS, 1996. ....	56
<b>Figura 23</b> –Dendrograma com as variáveis Argila, Silte, Areia, CTC, pH e C da Ilha Mutum; utilizando o método Ward Linkage.....	67
<b>Figura 24</b> –Dendrograma com as variáveis Argila, Silte, Areia, CTC, pH e C da Ilha Porto Rico; utilizando o método Ward Linkage.....	68
<b>Figura 25</b> –Mapeamento dos grupos referente a Análise Hierarquica de Cluster.....	70
<b>Figura 26</b> –Mapa dos locais de abertura de perfis de solo e respectivas zonas de prospecção. ....	72
<b>Figura 27</b> –Perfil 3 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro. ....	76
<b>Figura 28</b> –Detalhe dos horizontes. Perfil 3 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro. ....	76
<b>Figura 29</b> –Mosqueamento - Horizonte CA. Perfil 3 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro. ....	76
<b>Figura 30</b> –Perfil 4 - Faixa arenosa estratificada no horizonte CA - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro. ....	78
<b>Figura 31</b> –Perfil 4 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro. ....	78
<b>Figura 32</b> –Detalhe dos horizontes. Perfil 4 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro. ....	78

<b>Figura 33</b> –Perfil 5 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.	
Fonte: Paulo Castro.....	80
<b>Figura 34</b> –Detalhe dos horizontes Perfil 5 - Ilha Mutum - NEOSSOLO	
FLÚVICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro.....	80
<b>Figura 35</b> –Perfil 6 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.	
Fonte: Paulo Castro.....	81
<b>Figura 36</b> –Detalhe dos horizontes. Perfil 6 - Ilha Mutum - NEOSSOLO	
FLÚVICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro.....	81
<b>Figura 37</b> –Amostras das frações areia. Perfil 7 - NEOSSOLO FLÚVICO	
Psamitico. Fonte: Paulo Castro.....	83
<b>Figura 38</b> –Perfil 7 - Ilha Porto Rico - NEOSSOLO FLÚVICO Psamitico.	
Fonte: Paulo Castro.....	83
<b>Figura 39</b> –Detalhe dos horizontes Perfil 7 - Ilha Porto Rico - NEOSSOLO	
FLÚVICO Psamitico. Fonte: Paulo Castro.....	83
<b>Figura 40</b> –Perfil 8 - Ilha Porto Rico - CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.	
Fonte: Paulo Castro.....	86
<b>Figura 41</b> –Perfil 2 - Ilha Mutum - CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.	
Fonte: Paulo Castro.....	87
<b>Figura 42</b> –Detalhe do horizonte glei. Perfil 1 - Ilha Mutum - GLEISSOLO	
HÁPLICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro.....	89
<b>Figura 43</b> –Mosqueamentos do horizonte glei. Perfil 1 - Ilha Mutum -	
GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro.....	89
<b>Figura 44</b> –Perfil 1 - Ilha Mutum - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico.	
Fonte: Paulo Castro.....	90
<b>Figura 45</b> –Detalhe dos horizontes. Perfil 1 - Ilha Mutum - GLEISSOLO	
HÁPLICO Ta Distrófico. Fonte: Paulo Castro.....	90
<b>Figura 46</b> –Esquema apresentando os picos do respectivos minerais, a	
partir dos difratogramas gerados no sofware X'Pert Highscore	
Plus.....	92
<b>Figura 47</b> –Padrão de cores para representação da classe de	
NEOSSOLOS. Fonte: adaptado SBICS (Santos, et al., 2006).....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 - Textura da Ilha Porto Rico com base nos valores médios da análise textural (Tabela 3.a).....</b>	<b>59</b>
<b>Gráfico 2 - Textura da Ilha Mutum com base nos valores médios da análise textural (Tabela 3.b). .....</b>	<b>59</b>
<b>Gráfico 3 - Correlação entre os teores de matéria orgânica e CTC das amostras superficiais.....</b>	<b>62</b>
<b>Gráfico 4 - Correlação entre os teores de matéria orgânica e CTC das amostras subsuperficiais.....</b>	<b>62</b>
<b>Gráfico 5 - Comparação dos teores médios dos elementos entre as camadas superficiais e subsuperficiais. ....</b>	<b>64</b>
<b>Gráfico 6 - Comparação dos teores médios de matéria orgânica entre as camadas superficiais e subsuperficiais. ....</b>	<b>64</b>
<b>Gráfico 7 – Média das porcentagens da frações areia. Perfil 7 - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico. ....</b>	<b>82</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 –</b>	Parâmetros adotados para leitura no difratômetro de raios X .....	46
<b>Tabela 2 –</b>	Variação de alguns atributos do solo em função de sua textura.....	57
<b>Tabela 3.a –</b>	Resultado da análise textural de amostras da camada subsuperficial (0,80cm - 100cm), referente ao sistema de malha de mapeamento da Ilha Porto Rico.....	58
<b>Tabela 3.b –</b>	Resultado da análise textural de amostras da camada subsuperficial (0,80cm - 100cm), referente ao sistema de malha de mapeamento da Ilha Mutum.....	58
<b>Tabela 4 –</b>	Resultados das análises químicas realizadas na camada superficial dos solos (0-20cm).....	60
<b>Tabela 5 -</b>	Resultados das análises químicas realizadas na camada subsuperficial dos solos (80-100 cm) .....	60
<b>Tabela 6 -</b>	Identificação dos grupos da Análise Hierárquica de Cluster - ILHA MUTUM e PORTO RICO .....	69
<b>Tabela 7 -</b>	ANOVA (analysis of variance) da variável argila - ILHA MUTUM .....	70
<b>Tabela 8 -</b>	ANOVA (analysis of variance) da variável CTC - ILHA MUTUM.....	71
<b>Tabela 9 -</b>	Dados químicos e texturais - Perfil 3 - Ilha Mutum.....	75
<b>Tabela 10 -</b>	Dados químicos e texturais - Perfil 4 - Ilha Mutum.....	77
<b>Tabela 11 -</b>	Dados químicos e texturais - Perfil 5 - Ilha Mutum.....	79
<b>Tabela 12 -</b>	Dados químicos e texturais - Perfil 6 - Ilha Mutum.....	80
<b>Tabela 13 -</b>	Escala Granulométrica de Wentworth, 1922 .....	82
<b>Tabela 14 -</b>	Dados químicos e texturais - Perfil 7 - Ilha Porto Rico .....	83
<b>Tabela 15 -</b>	Dados químicos e texturais - Perfil 8 - Ilha Porto Rico .....	86
<b>Tabela 16 -</b>	Dados químicos e texturais - Perfil 2 - Ilha Mutum.....	87
<b>Tabela 17 -</b>	Dados químicos e texturais - Perfil 1 - Ilha Mutum.....	90
<b>Tabela 18 -</b>	Simbologia empregada para NEOSSOLOS FLÚVICOS .....	97

## **LISTA DE ABREVIASÕES**

ANOVA	Analisis of Variance - Análise de Variância;
APAIIV	Área de Preservação Ambiental das Ilhas de Várzea;
APP	Área de Preservação Permanente;
DRX	Difração de Raios X;
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
ITCG	Instituto de Terras, Cartografia e Geociências;
MOS	Matéria Orgânica do Sol;
NUPELIA	Núcleo de Pesquisas em Limnologia e Aquicultura;
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos;
SIG	Sistema de Informação Geográfica;
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1	OS SOLOS PARA A PEDOLOGIA.....	18
2.2	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS .....	20
2.3	GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO .....	22
<b>3</b>	<b>ILHAS MUTUM E PORTO RICO.....</b>	<b>24</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	24
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....	25
3.3	ASPECTOS SOCIOECÔMICOS .....	30
3.4	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	32
<b>4</b>	<b>TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>37</b>
4.1	TRABALHOS PRELIMINARES.....	37
4.2	TRABALHOS DE CAMPO.....	37
4.3	TRABALHOS DE LABORATÓRIO.....	38
4.3.1	Análise Textural.....	38
4.3.2	Análise Granulométrica da Fração Areia .....	39
4.3.3	Análise Química.....	40
4.3.4	Análise Mineralógica.....	46
4.4	SOFTWARES .....	47
4.4.1	SPRING .....	47
4.4.2	ArcGIS .....	48
4.4.3	SPSS .....	49
4.4.4	X'pert Highscore Plus .....	49
4.5	FLUXOGRAMA .....	49
<b>5</b>	<b>SISTEMA DE MALHA: DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO.....</b>	<b>51</b>
5.1	TEXTURA DOS SOLOS NAS UNIDADES DE MAPEAMENTO .....	55
5.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS NAS UNIDADES DE MAPEAMENTO .....	59

<b>6</b>	<b>MAPEAMENTO DE RECONHECIMENTO DE ALTA INTENSIDADE DOS SOLOS DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO .....</b>	65
6.1	ESTATÍSTICA.....	65
<b>7</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS .....</b>	73
7.1	CARACTERIZAÇÃO DOS PERFIS DE SOLO.....	74
7.1.1	NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos .....	74
7.1.2	NEOSSOLOS FLÚVICOS Psamíticos.....	81
7.1.3	CAMBISSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos .....	84
7.1.4	GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos.....	88
7.2	MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA.....	91
<b>8</b>	<b>MAPA DE SOLOS DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO .....</b>	96
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	98
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	100
	<b>ANEXOS .....</b>	106
	<b>ANEXO A - Mapa de solos das ilhas mutum e porto rico.....</b>	107
	<b>ANEXO B - carta de solos do estado do Paraná .....</b>	108

## 1 INTRODUÇÃO

O segmento da bacia do rio Paraná no território brasileiro representa a área com maior densidade demográfica e concentração industrial do país. Os cursos de água desse trecho são regulados por diversos reservatórios com extensas áreas. Esse quadro de ocupação antropogênica, aliados aos problemas decorrentes dos desníveis socioeconômicos, especialmente nos maiores centros urbanos e nas zonas ribeirinhas, e a vulnerabilidade de extensas áreas da bacia à erosão, resultam em uma qualidade de vida inadequada e são responsáveis por uma acentuada degradação dos recursos naturais da bacia (AGOSTINHO, et al., 1997). E é neste cenário que as ilhas Mutum e Porto Rico estão inseridas.

As ilhas Mutum e Porto Rico, onde os fenômenos naturais se apresentam de forma rítmica e podem caracterizar diferenças nas relações internas, a caracterização pedológica assume caráter de grande importância, pois a compreensão das relações entre sociedade e a natureza é uma das preocupações das ciências ambientais, e tais relações podem-se dar de forma positiva ou negativa, refletindo em impactos socioambientais; uma vez que o solo é um corpo natural tridimensional, formado na superfície terrestre, em função da interação de cinco fatores: material de origem, clima, organismos, relevo e tempo (SCHAETZL; ANDERSON, 2007).

O Arquipélago Mutum-Porto Rico faz parte da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (APAI), e assim como grande parte das ilhas do Rio Paraná coincide com Áreas de Preservação Permanente (APP), que são locais destinados à proteção integral, que não permitem a intervenção humana. Desta maneira a preservação destas ilhas, além de estarem asseguradas pela lei, assume grande importância na paisagem à medida que a população regional, principalmente do município de Porto Rico-PR é dependente destes locais em suas atividades socioeconômicas, baseadas na atividade turística.

A realização deste levantamento de solos pautou-se em estudos do uso e ocupação do solo realizados anteriormente no Arquipélago Mutum-Porto Rico, por Correa (1998) e por Castro (2010). Neste último foi possível obter-se um quadro atual das ilhas Mutum e Porto Rico quanto à ocupação e vegetação, informações indispensáveis para a elaboração das rotinas de campo, assim como para seleção

de métodos e técnicas a serem aplicados no mapeamento das classes de solo do local.

Atualmente segundo o mapeamento de solos do Paraná proposto por Bhering e Santos (2008), em escala 1:250.000; os solos das ilhas Mutum e Porto Rico são classificados como NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos. No entanto, devido à escala pequena utilizada neste mapeamento, existe a possibilidade de que se encontrem também outras classes de solo nas ilhas Mutum e Porto Rico.

O trabalho será desenvolvido com base em técnicas de classificação de solos, sensoriamento remoto digital e geoprocessamento, tendo como ferramentas a interpretações de imagens de satélite, observações de campo e análises laboratoriais. O estudo ainda pretende associar as informações de parâmetros ambientais de superfície como, relevo, vegetação e ocupação; com os resultados de análises químicas, físicas e mineralógicas utilizadas na caracterização com a finalidade de classificar os solos da área. As identificações das classes de solos visam auxiliar na geração de um conhecimento mais aprofundado das ilhas Mutum e Porto Rico, como, por exemplo, em relação a processos deposicionais e de erosão marginal, que podem contribuir para o planejamento e gestão ambiental das mesmas, tendo em vista que, além de estar assegurada pela lei, a preservação destes locais é de fundamental importância para a paisagem regional e, tem impacto direto na qualidade de vida dos habitantes dos municípios circunvizinhos, principalmente, do município de Porto Rico, PR.

Desta maneira, este trabalho foi desenvolvido com o emprego da metodologia de sistema de malhas para levantamento e mapeamento de solos visando identificar, classificar e produzir o mapa de solos das ilhas Mutum e Porto Rico, em escala 1:100.000.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Os SOLOS PARA A PEDOLOGIA

Existem diversos conceitos a cerca do solo, segundo Teixeira et al., (2009), os conceitos de solo variam de acordo com sua respectiva utilização. Assim, para o engenheiro agrônomo, florestal ou ainda para o agricultor, o solo é o meio necessário para o desenvolvimento de plantas. Já para o engenheiro civil é o material que serve para base ou fundação de obras de infraestrutura. Para o geólogo, o solo é visto como o produto da alteração das rochas na superfície do planeta ou como fonte de matéria prima, enquanto para o arqueólogo é o material fundamental para suas pesquisas, por servir de registro de civilizações pretéritas.

Para a Pedologia, iniciada em 1880 pelo geólogo russo Dokuchaev, considerado o pai da pedologia, “os solos correspondem à camada viva que recobre a superfície da terra, em evolução permanente, por meio da alteração das rochas e de processos pedogenéticos comandados por agentes físicos, biológicos e químicos”. Vale lembrar que desde o início das descobertas de Dokuchaev, o solo deixou de ser considerado apenas um corpo inerte, que reflete unicamente a composição da rocha que lhe deu origem, para ser identificado como um material que evolui com o tempo, sob ação dos fatores ativos do ciclo supératerno (clima, topografia e biosfera).

Com isso para o pedólogo ou geógrafo, o solo é um corpo tridimensional formado na superfície terrestre, através da interação de cinco fatores: material de origem, clima, organismos, relevo e tempo (SCHAETZL; ANDERSON, 2007). Dessa forma, as características dos solos dependem das inter-relações desses cinco fatores e cada um deles contribui de forma diferente. Ainda segundo Reichardt e Timm (2008), da combinação dos quatro últimos fatores (clima, organismos, relevo e tempo) atuando em diferentes intensidades sobre o mesmo material de origem, pode resultar diferentes tipos de solos.

Ou seja, os solos se originam de uma junção de materiais minerais e orgânicos e estão em constante transformação através da ação dos agentes do intemperismo, como a umidade, ventos, temperatura, organismos vivos, dentre outros.

O material de origem dos solos pode ser constituído pelos mais variados minerais; entretanto, os silicatos apresentam extrema importância para a pedologia, pois representam mais de 90 % em massa dos minerais presentes nas rochas, as quais expostas à ação da atmosfera, hidrosfera e biosfera sofrem intemperismo originando os sedimentos residuais.

O clima assume uma importância bastante grande, uma vez que o solo, sendo produto do intemperismo do material de origem, apresenta propriedades e características diferenciadas em função do clima. Assim é que solos formados sob clima tropical são mais evoluídos e intemperizados, enquanto aqueles formados sob clima temperado são menos intemperizados e, portanto, menos evoluídos. Quanto mais quente e úmido o ambiente, maior a lixiviação de minerais, inclusive de bases, tornando o solo mais pobre e mais ácido, ou seja, de baixa fertilidade.

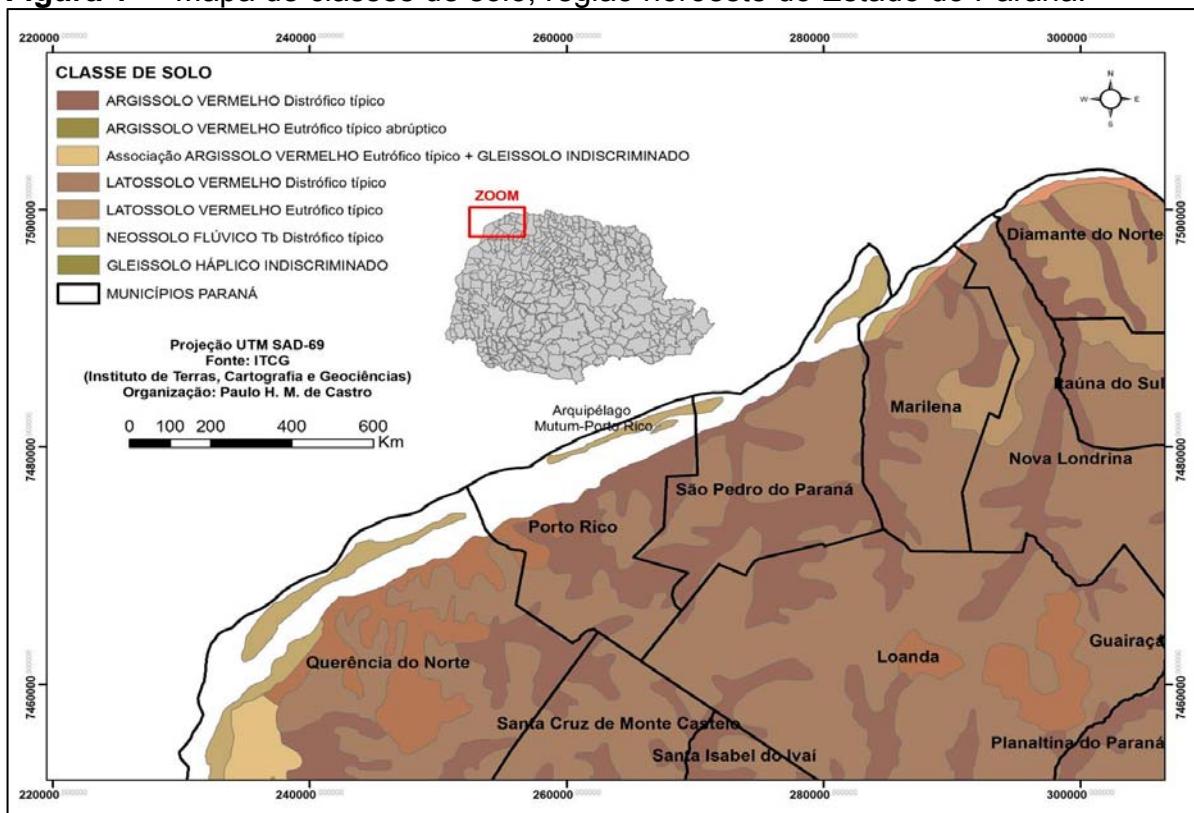
Além dos silicatos, existem outros elementos fundamentais na formação do solo, como sesquióxidos de ferro não hidratados, óxidos de ferro hidratados, óxidos e hidróxidos de alumínio. Em condições ambientais típicas de regiões de clima tropical úmido a ação dos processos pedogenéticos sobre o material parental leva à formação e desenvolvimento de perfis de solos muito profundos e que sofrem intensamente o processo de laterização. Estes solos, cujo comportamento geotécnico pode ser considerado peculiar se comparado ao comportamento de solos de regiões de clima temperado, são chamados de solos oxídicos ou solos tropicais.

O conhecimento da pedogênese é importante para a compreensão do padrão da distribuição dos diversos solos na paisagem, que além dos cinco fatores já citados acima, dependem de quatro processos primordiais: adição, remoção, translocação e transformação (GHIDIN et al., 2006). A ação diferenciada desses processos primordiais, inter-relacionada com as condições bioclimáticas, com o material de origem, com a posição na paisagem ao longo do tempo, resulta em feições pedológicas peculiares, expressas nos horizontes do solo; estas feições são reconhecidas como diferenciais de processos pedogenéticos gerais e são designadas como classes (RESENDE et al., 2007).

Segundo o mapeamento de solos do Paraná divulgado pela EMBRAPA, proposto por Bhering e Santos (2008), realizada a partir do Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná

(EMBRAPA/SLNCS, 1984) e com base na série de documentos nº 96 (EMBRAPA, 2007); os solos das ilhas Mutum e Porto Rico são classificados como NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos (Figura 9). Os Neossolos não apresentam horizonte B, por isso considerados como solos novos, de formação recente. Os Neossolos Flúvicos formados a partir de depósitos de sedimentos trazidos pelos rios e riachos em inundações pretéritas.

**Figura 1 – Mapa de classes de solo, região noroeste do Estado do Paraná.**



**Fonte:** Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG).

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A atividade de classificação de solos no Brasil iniciou-se em 1947 e baseava-se nos conceitos americanos sintetizados em publicações de 1938 e revisadas em 1949. Nestes mais de 60 anos ininterruptos de estudos de solos, várias mudanças ocorreram quanto aos conceitos originais, nomenclatura e definições de classes. Os conceitos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA foram baseados não só no sistema de classificação de solos de

Baldwing, Kellogg & Thorp de 1938, modificado por Thorp em 1949, como também no sistema de classificação da FAO - *Food and Agriculture Organization*.

Em 1999, a EMBRAPA publicou a primeira edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, depois revisada e ampliada em 2006. Da forma como está estruturado, o sistema permite a classificação dos solos em seis níveis categóricos diferentes (Ordem, Subordem, Grande Grupo, Subgrupo, Família e Série). Na figura 2 está demonstra a hierarquia da classificação adotada para o SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos).

**Figura 2 -** Hierarquia do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



**Fonte:** IBGE (2007).

Cada nível corresponde a um grau de generalização ou detalhe definido. À **Ordem** corresponde o nível mais genérico de classificação, distinguindo verdadeiras províncias de solos e à **Série** corresponde ao nível mais detalhado e preciso de classificação, separando unidades bastante homogêneas, precisamente definidas. Entre a Ordem e a Série, variam os graus de abstração, diminuindo as generalizações e aumentando o grau de especificação e detalhe.

A classificação de solos tem aplicações práticas principalmente em levantamentos de solos, constituindo a fonte permanente de conhecimento para este ramo de atividade técnica. Além dos levantamentos, a classificação é útil para referenciar, precisamente, pontos de amostragem de solos, rochas, plantas, materiais genéticos, facilitando a extração de resultados experimentais de manejo, conservação e fertilidade de solos.

A amostragem de solo, associada ao georreferenciamento, é uma ferramenta poderosa para o conhecimento de segmentos da paisagem ou do território como um todo, constituindo uma informação indispensável na estruturação de bases de dados e para os Sistemas de Informação Geográficas (SIGs) para fins de estudos ambientais.

Nesta linha de organização, a classificação de solos, do ponto de vista do planejamento territorial, desempenha importante papel na segmentação de paisagens, identificando áreas de maior potencial para fins de utilização e ocupação e áreas impróprias, contribuindo desta forma para a preservação ambiental e uso adequado de ecossistemas, dos quais o solo é um componente básico.

Uma visão geral do sistema mostra 13 classes no nível de Ordem (1º nível categórico), 44 classes no nível de Subordem (2º nível), 150 classe no nível de Grande Grupo (3º nível) e 580 classes no nível de Subgrupo (4º nível). No 5º e 6º níveis, Família e Série, respectivamente, o número de classes depende da intensidade dos levantamentos que venham a ser executados.

### 2.3 GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

Para o mapeamento das classes de solo das ilhas Mutum e Porto Rico foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto Digital e de Geoprocessamento. O Sensoriamento Remoto de acordo com Rocha (2007) pode ser definido como a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites permitem a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre (objetos ou fenômenos), sem que haja o contato físico com eles.

Segundo Xavier e Zaidan (2004), o uso de técnicas de sensorimanento remoto aliado ao geoprocessamento, é estabelecido como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas que auxiliam a investigar sistematicamente as propriedades e relações dos eventos e entidades representadas em uma base de dados georreferenciados, convertendo-os em informação destinada ao apoio na tomada de decisões - consiste em uma ferramenta importante para a realização dos estudos ambientais. Os dados adquiridos através do sensoriamento remoto permitem obter informações de forma rápida e confiável sem manter um contato direto com o objeto (ROSA, 2007), desta

maneira sendo possível o levantamento e mapeamento da porção do espaço geográfico.

A partir da década de 1930 começaram as aplicações de sensoriamento remoto em pedologia, com a utilização de fotografias aéreas como mapas-base, sendo que na década de 1960 um novo impulso ocorreu com o desenvolvimento de novas técnicas cartográficas que foram introduzidas para dar suporte aos mapeamentos pedológicos, permitindo o estudo fisiográfico dos solos (ANDRADE et al., 1998); onde a identificação e mapeamento dos solos podem servir como subsidio para planejamentos agrícolas, levantamentos do uso da terra, estudos de terras para irrigação e monitoramentos ambientais, ou seja, fundamental no âmbito desta pesquisa.

### 3 ILHAS MUTUM E PORTO RICO

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região de Porto Rico (Figura 3 e 4) está situada no trecho fluvial compreendido entre a foz do rio Paranapanema e a foz do rio Ivinhema, na parte média do alto Paraná. Está imediatamente à jusante da barragem de Porto Primavera e cerca de duzentos quilômetros a montante do remanso do reservatório de Itaipu. As principais localidades na área são as cidades de Porto Rico e a vila de Porto São José, município de São Pedro do Paraná, ambas no Estado do Paraná, na margem esquerda do rio. No lado sul-mato-grossense, as áreas urbanas distam mais de quinze quilômetros da área ribeirinha (AGOSTINHO, et al., 1997).

As ilhas Mutum e Porto Rico fazem parte do Arquipélago Mutum-Porto Rico, atualmente constituído pelas ilhas Mutum, Porto Rico, Melosa e Pithi (Figura 5), que se situam no alto Rio Paraná entre os municípios de Porto Rico – PR e Taquaruçu – MS, localizando-se nas seguintes coordenadas geográficas: 22°44'27" e 22°48'18" Lat/Sul e 53°21'21" e 53°13'26" Long/Oeste.

A Ilha Mutum apresenta 14,5 Km de extensão e área de 1037 ha aproximadamente; a Ilha Porto Rico tem cerca de 2,5 km de extensão e 93 ha de área; relevo plano (com superfície de topografia esbatida ou horizontal), com declives menores que 3%, e a superfície fica em média de dois a cinco metros acima do nível do Rio Paraná.

**Figura 3** - Município de Porto Rico no Alto Rio Paraná.



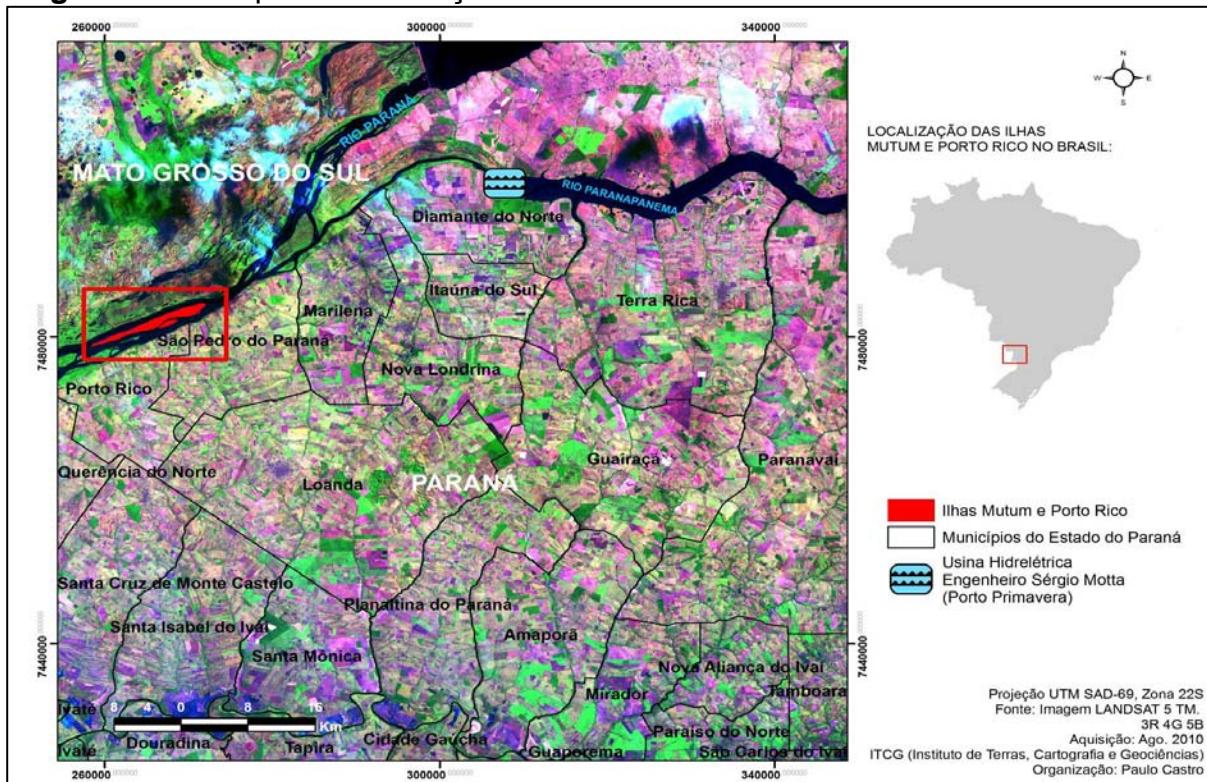
Fonte: CASTRO, 2010.

**Figura 4** – Arquipélago Mumtum-Porto Rico



Fonte: CASTRO, 2010.

**Figura 5 – Mapa de localização das Ilhas Mutum e Porto Rico.**



### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

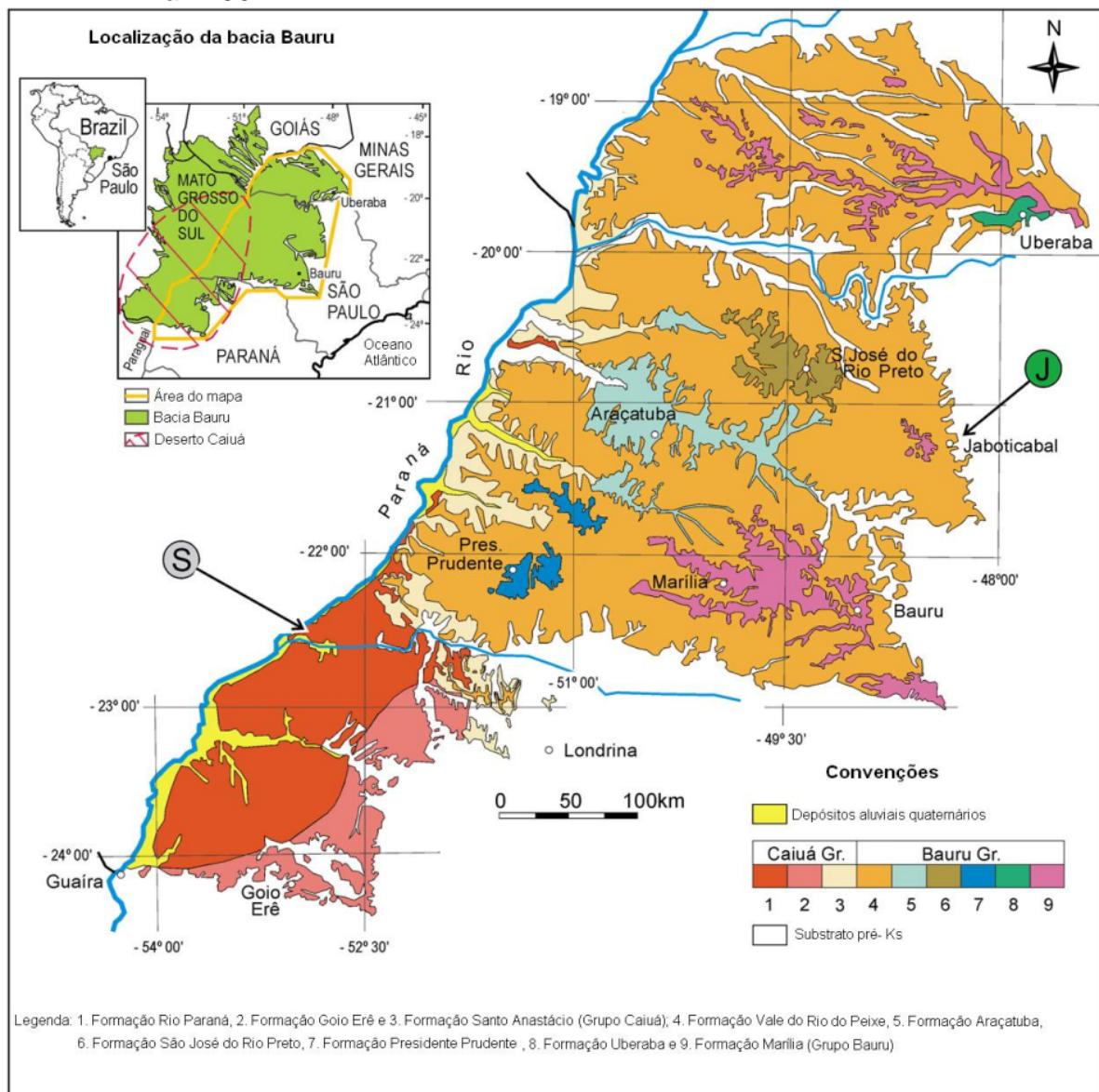
O alto do Rio Paraná é uma ampla planície alagável que pode chegar a vinte quilômetros de largura, estendendo-se por cerca de quatrocentos e oitenta quilômetros, acompanhando a sua margem direita. Este trecho representa o único remanescente livre de barragens do rio Paraná em território brasileiro, excluindo-se cerca de trinta quilômetros a jusante do reservatório de Itaipu. Áreas alagadas constituem um dos ecossistemas mais relevantes do planeta; pois além da alta biodiversidade, apresentam processos específicos e peculiares, característicos, cujo conhecimento tem importância ecológica, evolutiva, econômica e social (AGOSTINHO, et al., 1997).

Os sistemas de organização espacial e temporal são bastante específicos; e sua exploração é bastante diversificada. De acordo com Souza Filho (1993), o substrato geológico do alto curso do rio Paraná (Figura 6) é constituído por basaltos da Formação Serra Geral e sedimentos arenosos que inclui depósitos de areia (Formação Santo Anastácio); depósito de dunas de tamanho médio e interdunas úmidas na zona periférica do deserto arenoso (Formação Goio-Êre) e depósitos de complexos de grandes dunas eólicas correspondendo à parte central

do deserto arenoso (Formação Rio Paraná), recobertas por uma grande camada de idade geológica recente, de origem colúvio-aluvionar conhecida como Formação Paranavaí (POPP; BIGARELLA, 1975). Estratigraficamente esses depósitos cenozoicos situam-se principalmente sobre as rochas do Grupo Bauru e da Formação Serra Geral, sob forma discordante, formando corpos descontínuos e de formas irregulares com idades terciárias e quaternárias, compostas de um material friável de coloração avermelhada, cobrindo cerca de 80% da Formação Caiuá no Estado do Paraná.

Estudos da última década desenvolvidos por Fernandes (1998) dividiu a bacia Bauru em dois grupos: o Grupo Caiuá e o Grupo Bauru (Figura 6). O Grupo Bauru inclui as formações: Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília e Taiúva. O Grupo Caiuá desenvolveu-se na parte sudoeste da bacia Bauru, com características desérticas. Este grupo é subdividido em três formações: Santo Anastácio, Goio-Erê e Rio Paraná.

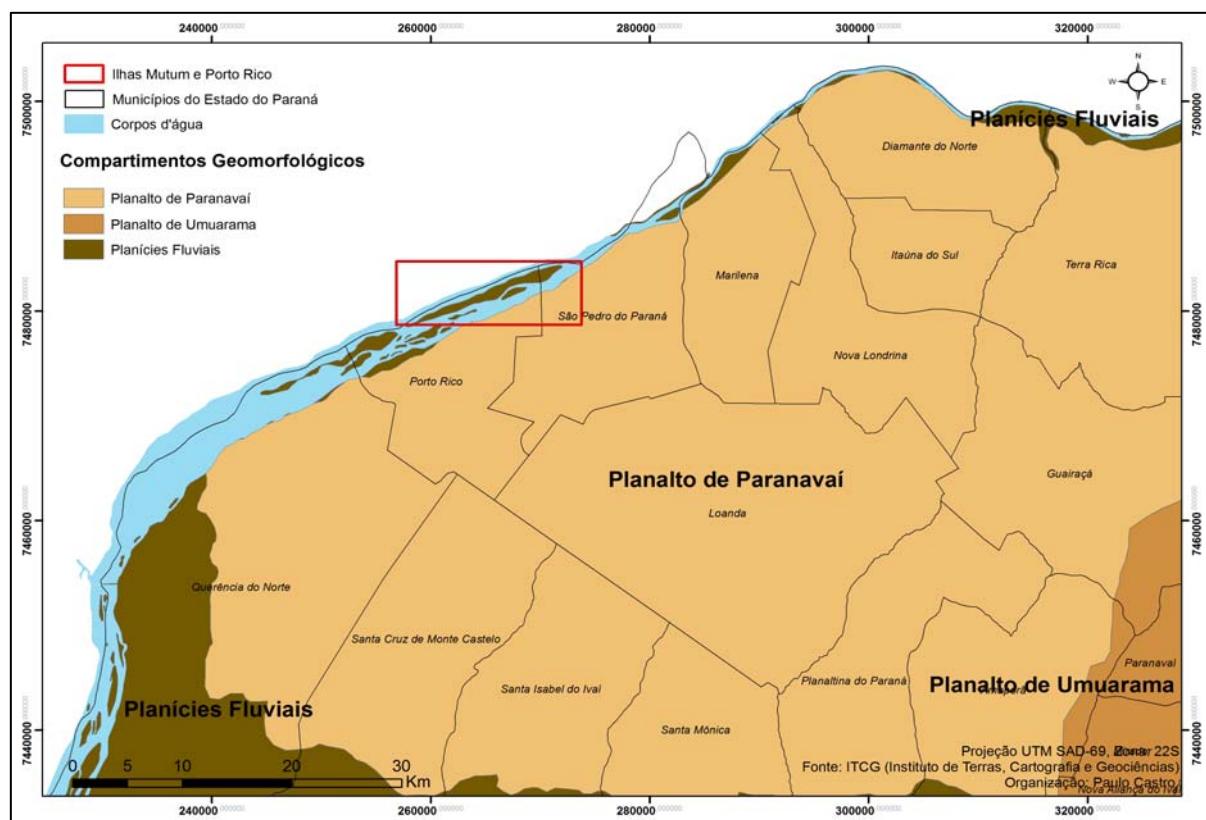
**Figura 6 – Mapa Geológico da parte oriental da Bacia Bauru, que inclui o Grupo Caiuá onde se destaca a Formação Rio Paraná. Fonte: FERNANDES, et al. 2007.**



Na região investigada, margem esquerda do rio Paraná entre as cidades de Porto Rico e Porto São José, encontra-se a formação Rio Paraná (FERNANDES; et al., 2007).

A unidade geomorfológica Rio Paraná constitui uma superfície plana (Figura 7), onde a cobertura vegetal é a principal forma de realce das formas de relevo, uma vez que as áreas altas possuem vegetação arbórea, as médias são cobertas por arbustos, as baixas por campos, e os baixios por formas higrófilas.

**Figura 7 –Mapa das Principais Unidades Geomorfológicas do noroeste do Estado do Paraná destacando a localização do Município de Porto Rico e das Ilhas Mutum e Porto Rico.**



**Fonte:** CASTRO, 2010.

As partes mais rebaixadas constituem corpos de água, na forma de canais ativos e lagoas. As cheias do início da década de noventa propiciaram a formação de pelo menos duas formas atuais de leques de rompimento de dique marginal. Ambas são de pequeno porte, com diâmetro inferior a trezentos metros, e estão situadas em áreas em que a planície encontra-se baixa em relação ao nível médio do rio, e o dique marginal antigo foi erodido (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2000).

Corradini (2006) definiu a geomorfologia das ilhas agrupando-as na Unidade Geomorfológica Mutum. Em função do seu complexo sistema de evolução, o que configura características peculiares próprias, o autor destaca as Subunidades Mutum-Alto e Mutum-Baixo levando em conta as diferentes feições topográficas nas ilhas. A Unidade Geomorfológica Mutum é marcada por ilhas alongadas, como as ilhas do arquipélago Mutum – Porto Rico, com idade variável de séculos a milênios. As ilhas da Unidade funcionam como planícies de inundação dentro do canal do rio, estando presentes nestas lagoas, pântanos e diques marginais como feições

características desses corpos, estes por sua vez são frutos da complexa evolução dos processos de canal e planície de inundação no rio Paraná.

As ilhas Mutum e Porto Rico, localizadas no alto Rio Paraná, são constituídas por depósitos tabulares argilosos e por cordões arenosos, relíquias da planície de inundação e diques marginais de uma fase em que o rio Paraná era anastomosado (SOUZA-FILHO, 1993). Sua superfície situa-se entre dois e cinco metros acima do nível médio do rio. Análises químicas de amostras de solos coletadas na ilha Mutum constatou que os teores de matéria orgânica e CTC variaram de médio a alto. Em termos de fertilidade, tais solos apresentam grande heterogeneidade, variando entre distrófico e eutrófico. A vegetação nos seus diferentes portes estar sofre influência do regime hidrológico do rio, e das condições edáficas, o que determina a diversidade de espécies vegetais e de composição florística. (CORRADINI 2006).

Na Ilha Mutum, são encontrados paleocanais em diferentes estágios de colmatação, bem como canais reativados por cheias extraordinárias (Figura 8). A vegetação se distribui de forma gradual passando de vegetação típica de áreas alagadas (*Ludwigia spp*, *Hibiscus cisplantinus*, *Pfaffia glomerata*, *Panicum prionites*, *Polygonum spp*, *Cuphea SP*, *Pontedeira SP* e *Paspalum repens*), para vegetação típica de áreas mais secas com as mesmas espécies que a anterior com o acréscimo de *Mimosa pigra* e *Mimosa velloziana*. Nas elevações alongadas, situadas entre 4 a 5 metros acima do nível médio do Rio, ocorre uma vegetação do tipo arbóreo (Figura 9) (*Inga uruguensis*, *Croton urucurana*, *Cecropia pachystachya*, *Nectandra falcifolia*, *Annona Coriaceae*, *Triplaris americana*, *Rollinia emarginata*, *Tabernaemontana catharinessis*, *Zygia cauliflora*) (CORRADINI, 2006).

**Figura 8** - Vegetação das áreas alagadas - Paleocanal na Ilha Mutum.



Fonte: Paulo Castro.

**Figura 9** - Vegetação das áreas elevadas - Ilha Mutum.



Fonte: Paulo Castro.

O clima da região é do tipo tropical-subtropical, com temperaturas médias mensais superiores a 15º C e precipitações superiores a 1500 milímetros por ano. As chuvas de primavera são superiores às de verão e, no período de outono/inverno, os índices giram em torno de 400 milímetros (KRAMER & STEVAUX, 2001). No caso da bacia hidrográfica do alto rio Paraná, o limite setentrional para as chuvas frontais foi deslocado em pelo menos um grau de latitude para norte, a partir dos anos de 1980, e se verifica que houve um aumento do domínio das massas de baixa pressão e um aumento das chuvas convectivas na parte leste da bacia a partir dos anos de 1990 (BORSATO; SOUZA FILHO, 2006).

### 3.3 ASPECTOS SOCIOECÔMICOS

O Arquipélago Mutum-Porto Rico faz parte da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (APAI), que abrange uma área de 1.007.615,00 ha, localizada a 22°20'S e 53°17'50"W, no município de Bataiporã, Estado do Mato Grosso do Sul, e 24°03'S e 54°10'W, na cabeceira do reservatório de Itaipu, em Guaíra, Estado do Paraná.

A partir da década de 1970 intensificou-se a ocupação das ilhas devido à diminuição do mercado de trabalho no continente decorrente da mecanização do campo e pela criação de grandes porções de pastagens, fato este que fez com que um grande número de pessoas migrasse para as ilhas do Rio Paraná, inclusive para o Arquipélago Mutum-Porto Rico.

O ilhéus, como população tradicional, praticava a cultura de subsistência, cultivavam milho, arroz, feijão, mandioca e banana, para próprio sustento, sem fins lucrativos. Outros desenvolveram a prática da pesca artesanal como meio de sobrevivência. A qualidade de vida das populações residente nas ilhas, contudo, foi prejudicada pela ocorrência de intensas enchentes devido à operação de usinas hidrelétricas, especialmente a de Itaipu e a de Porto Primavera, pela pecuária extensiva no interior das ilhas, praticada por fazendeiros da região e, sobretudo, pela criação de Unidades de Conservação (UCs) em seus territórios. (SILVA e BELLINI, 2008).

A APAIV 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, o Arquipélago Mutum- Porto Rico, assim 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. Desta maneira o ilhéus residente vem sofrendo ao longo do tempo pressões para abandonarem as ilhas. Neste sentido, é crescente o esvaziamento populacional do Arquipélago Mutum-Porto Rico e demais do rio Paraná.

Em levantamento de campo realizado por Silva e Belline, no ano de 2005, descrevem:

Na ilha Mutum, visitamos 14 casas, oito das quais eram habitadas por um único membro (do sexo masculino). Apenas uma família era constituída por oito pessoas. Na segunda ilha mais povoada, a ilha Japonesa, visitamos sete famílias, sendo quatro compostas por casais, duas famílias constituídas de cinco membros e uma família com nove pessoas. As duas famílias mais numerosas, oito e nove membros, não dependem do rio, da pesca ou da agricultura, pois trabalham como zeladoras em casas de veraneio. Estas famílias têm seu salário garantido. As casas habitadas por um único membro provavelmente reflete o quanto as “perturbações” econômicas sofridas por estes ilhéus afetaram-nos. Esposas e filhos migraram para cidades pequenas, deixando para trás suas casas e mudando a estrutura da família. Entre as cinco famílias com duas pessoas, quatro eram constituídas de marido e mulher e apenas uma era composta por pai e filho (2008, p.187).

As moradias (Figuras 10 e 11) nas ilhas geralmente são precárias com ausência de saneamento básico. As atividades relacionadas ao uso da terra ou do rio como a pesca, por exemplo, estão em declínio na região pela escassez de

peixes comercializáveis. O ilhéus em sua maioria trabalha em casas de veraneio ou no continente para complementar a renda familiar.

**Figura 10 –** Moradia dos remanescentes populacionais na Ilha Mutum.



**Fonte:** Paulo Castro.

**Figura 11 –** Moradia dos remanescentes populacionais na Ilha Mutum.



**Fonte:** Paulo Castro.

### 3.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A ocupação das ilhas do Rio Paraná, deu-se por volta dos anos 50 e no caso específico das ilhas Porto Rico e Mutum, a antropização atingiu 100 % de suas áreas, ao contrário dos grandes conjuntos localizados à jusante destas ilhas, que tiveram suas áreas parcialmente ocupadas. A partir da década de 70 houve uma intensificação no processo de ocupação do Arquipélago Mutum-Porto Rico, devido transformações na agricultura e a expansão da pecuária no continente, que acabou por expulsar os pequenos proprietários, parceiros, arrendatários e posseiros dos municípios próximos ao Rio Paraná.

Correa (1998), em sua dissertação de mestrado – O Uso do Solo no Arquipélago Mutum-Porto Rico – Alto Rio Paraná, (PR/MS), realizou um mapeamento de 1952 até 1996 que evidencia a trajetória de ocupação nas ilhas do arquipélago.

Na carta Loanda (SF. 22-Y-A-V-DSG/IBGE), consta que entre anos os 1964-66, havia 31 casas na Ilha Mutum, 5 na Ilha Porto Rico e nenhuma habitação nas ilhas Pithi, Melosa e Ilha Machado (atualmente erodida). Em levantamentos efetuados pela SUCAM, atual FNS (Fundação Nacional da Saúde) em 1983, existiam no arquipélago, 96 casas onde residiam 258 habitantes, e em 1993, 72 casas e uma população de 79 habitantes. (CORREA, 1998).

A colonização das ilhas do rio Paraná está bastante atrelada à substituição do café plantado no noroeste do Estado do Paraná por pastagens, e consequentemente a eliminação de postos de trabalhos. No entanto, já nos anos 60, o arquipélago apresentava uma intensa ocupação, com o uso do solo também representado por cafezais, principalmente na ilha Mutum.

A ocupação [...] tornou-se mais efetiva na década de 60, quando constatou-se que quase metade da floresta original tinha sido desmatada (48,35%), para dar lugar as culturas, principalmente as do café. A evolução do uso do solo, ocorreu em concomitância com a regressão da floresta, principalmente até o ano de 1970 quando as áreas de culturas chegaram a ocupar quase 20% da área total das ilhas. (CORREA, 1996).

Correa (1998) concluiu que até o ano de 1996, data de seu último mapeamento, que o potencial de recuperação das áreas desflorestadas era pouco conhecido, havendo a necessidade de estudos detalhados.

Como se pode observar no mapa de uso do solo de 1952 (Figura 12), proposto por Correa (1998), havia a predominância da vegetação arbórea densa 936,6 ha (86,25% da área total), vegetação rasteira 89,6 ha (8,25%) e apenas 2,10 ha de solo exposto (0,4%).

Já no mapa de uso do solo de 1996 (Figura 13) pode-se observar uma significativa mudança no quadro da vegetação arbórea densa que passa a representar apenas 10,19% da área total, dando lugar a culturas, vegetação arbustiva e aumentando a área de solo exposto (6,6 ha).

Com a operação da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera desde o ano de 1998, a dinâmica do Rio Paraná sofreu drásticas alterações, principalmente em relação aos processos de cheias, bem como variações diárias do nível da água, entre outros fatores que afetaram a qualidade de vida dos ilhéus, levando-os a saírem do arquipélago, mudando o retrato do uso do solo nos anos seguintes.

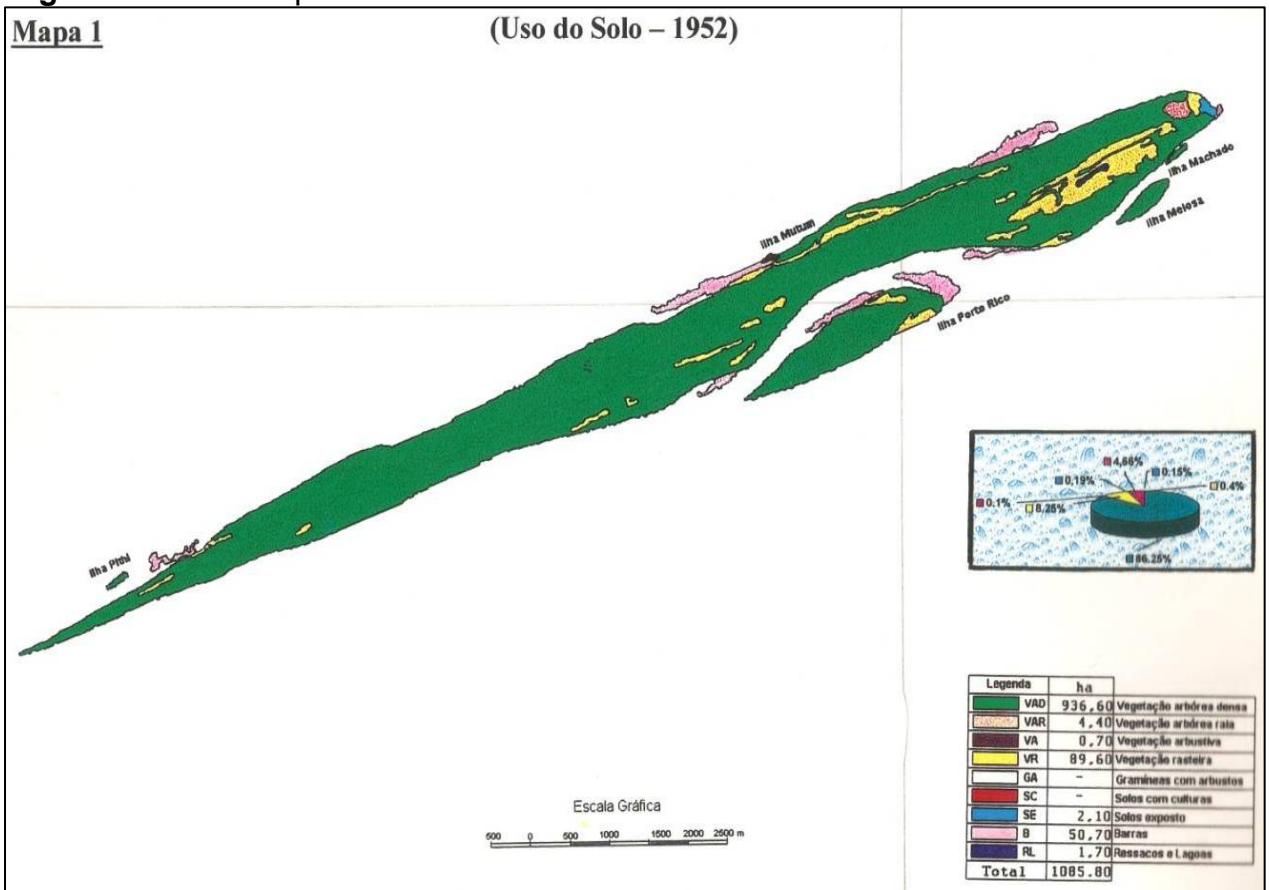
No trabalho realizado por Castro (2010) ficou evidente que o Arquipélago Mutum-Porto Rico na última década (2000-2010) diminuiu a área de solo exposto e aumentou a área coberta por vegetação arbórea, ou seja, vem ocorrendo no arquipélago um processo de revegetação natural (Figura 14).

A intensificação do processo de ocupação nas décadas de 60, 70, justifica-se à medida que ao longo dos anos, a modernização da agricultura ocasionou um aumento da produção, entretanto, o uso inadequado de recursos

naturais levou a um processo de degradação ambiental, contribuindo para o empobrecimento do setor rural.

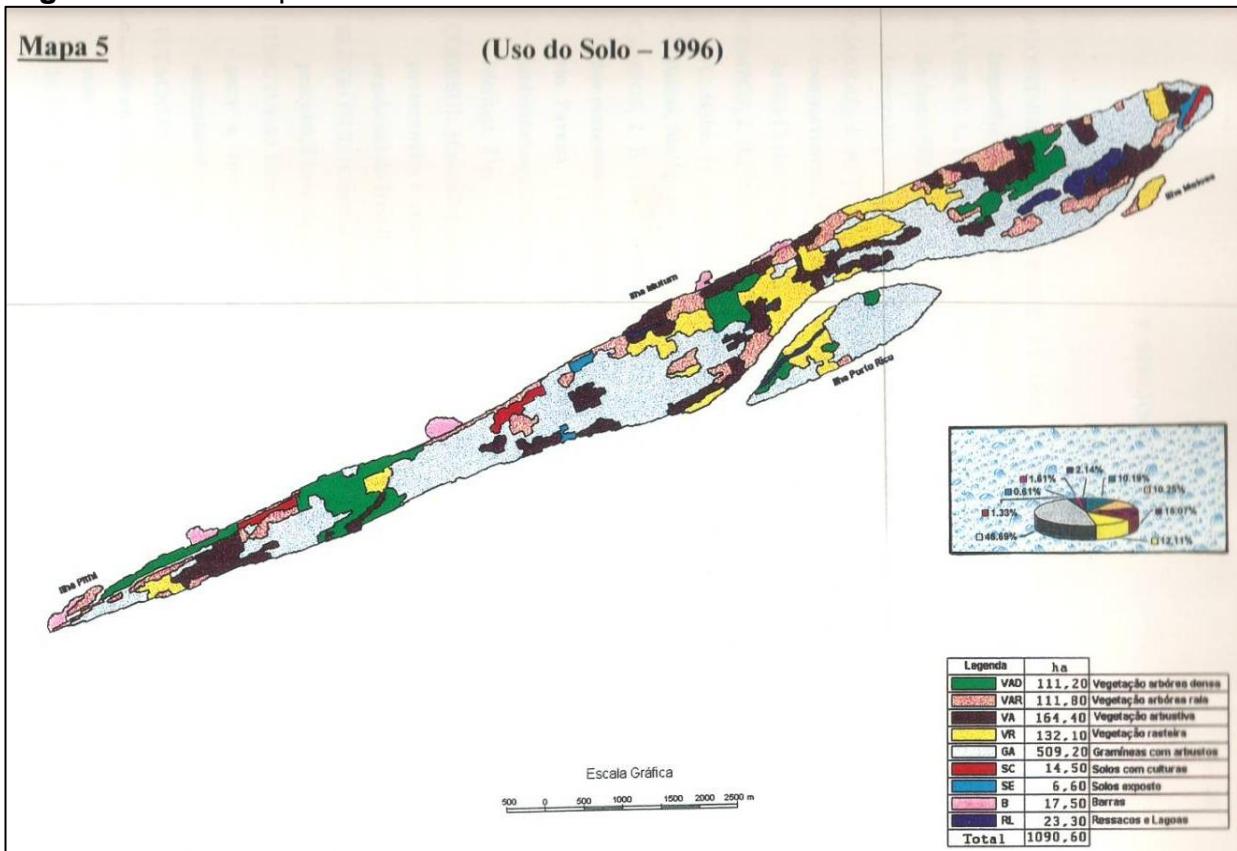
Como resultado dessa situação, boa parte dos produtores da região noroeste do estado do Paraná procuraram controlar os processos erosivos frequentes na região, por meio dos sistemas silvipastoris (SSPs). Na região noroeste do Paraná, a principal fonte de alimentação para o rebanho bovino é a pastagem. Ela foi historicamente empregada como exploração econômica de baixo investimento, em áreas desmatadas ou outrora exploradas, principalmente com a cultura do café (OLIVEIRA, 2004).

**Figura 12 –** Mapa de uso do solo de 1952.



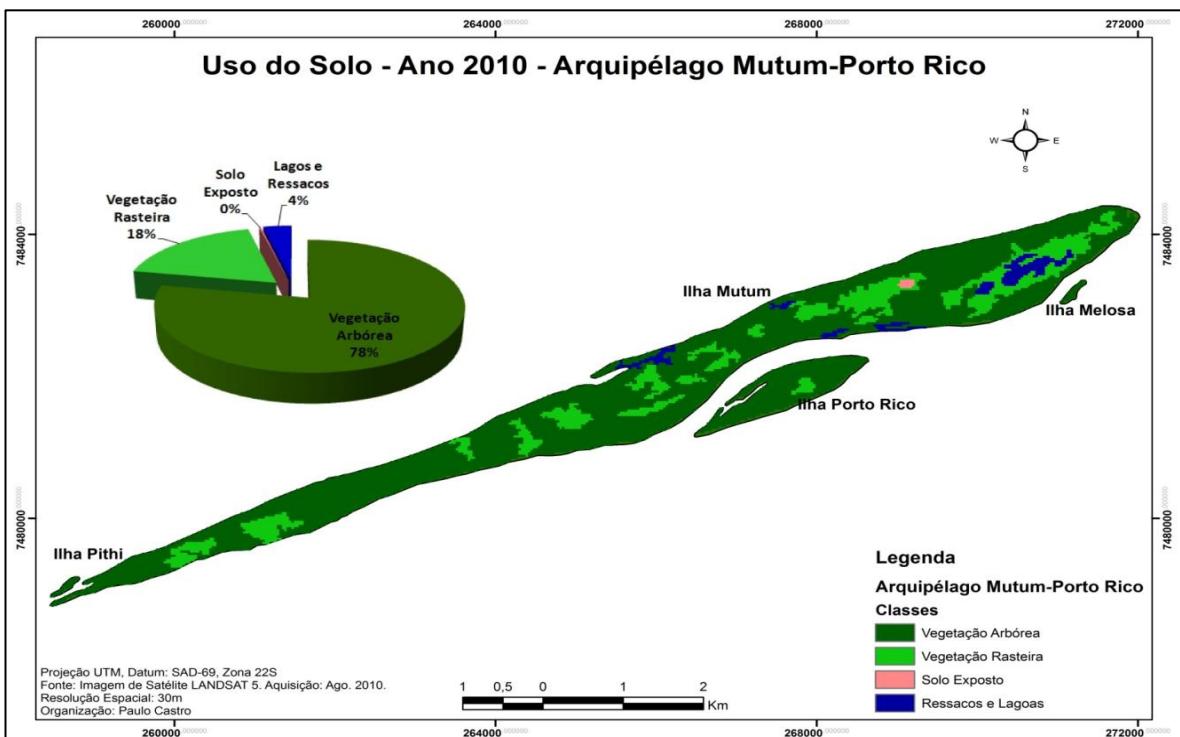
**Fonte:** CORREA, 1998.

**Figura 13 – Mapa de uso do solo de 1996.**



Fonte: CORREA, 1998

**Figura 14 – Mapa de uso do solo de 2010.**



Fonte: CASTRO, 2010.

Alguns municípios do noroeste da região de Paranavaí, que possuíam em 1960 em torno de 10% de suas áreas cobertas por pastos, passaram a ter, em 1970, mais do que a metade (50%) de sua área composta por pastagens, chegando a ter, em 1980, uma ocupação em mais de 70% das suas superfícies (PELLINI, 1996). Os censos da década 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).

Com isso, a partir da década de 1970 intensificou-se a ocupação das ilhas. No entanto hoje, verifica-se um processo de ocupação cada vez menor visto que as operações das Usinas Hidrelétricas de Itaipu e de Porto Primavera interferiram muito na qualidade de vida dos ilhéus. Esse fato somado aos processos de cheias do Rio Paraná, devido a alteração da dinâmica natural do Rio, juntamente com intensificação das leis ambientais (APPs – Áreas de Preservação Permanente, entre outras), fez com que a população emigrasse das ilhas.

Todos esses fatos contribuíram para o quadro atual do Arquipélago Mutum-Porto Rico, que não apresenta mais um contingente populacional, nem produção agrícola, demonstrando uma expressiva diminuição do solo exposto se comparados as décadas anteriores, e uma recuperação da vegetação natural. Mesmo o Arquipélago Mutum-Porto Rico sendo um caso peculiar, principalmente em relação ao processo de antropização que o mesmo atingiu, ele é exemplo do que também ocorreu em demais ilhas do Alto Rio Paraná.

## 4 TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 TRABALHOS PRELIMINARES

A primeira etapa do trabalho consistiu em um levantamento bibliográfico a cerca da área de estudo e posteriormente, a aquisição de imagens de satélite, mapas e cartas da área que correspondiam a atributos espaciais como a redes hidrográficas e viárias, geologia, geomorfologia, coordenadas geográficas, entre outras que, aliadas às observações de campo, foi possível traçar um perfil atual das ilhas Mutum e Porto Rico.

Tendo em vista que área de estudo é uma APP (Área de Preservação Permanente) de difícil acesso; os trabalhos preliminares, como o reconhecimento da área, contribuíram para um conhecimento mais detalhado das ilhas Mutum e Porto Rico em relação às condições de solo e vegetação, para que se traçassem os roteiros de campo, e principalmente a escolha de qual metodologia seria empregada para mapeamento das classes de solo das ilhas.

### 4.2 TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram fundamentais para a realização desta pesquisa, pois permitiram empregar a metodologia para a caracterização e mapeamento de solos nas ilhas Mutum e Porto. Em todos se teve o apoio do NUPELIA (Núcleo de Pesquisas em Limnologia e Aquicultura) da Universidade Estadual de Maringá, que tem base no município de Porto Rico - PR.

Foram realizados cinco trabalhos de campo ao longo dos anos de 2010, 2011 e 2012. Os acessos às ilhas foram realizados com o barco e os materiais de campo utilizados foram: martelo pedológico; trado de rosca; trado holandês; trado de caneco; enxadão; pá quadrada; pá reta; faca; facão; foice; fita métrica; máquina fotográfica para registro de imagens e o navegador GPSMAP 60CSx para navegação e aquisição de coordenadas .

Os dados colhidos nas ilhas Mutum e Porto Rico foram trabalhados utilizando-se os métodos usuais de prospecção, como o sistema de malhas, para descrição das características dos solos no campo e a verificação de limites entre unidades de mapeamento (IBGE, 2007).

#### 4.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO

As análises laboratoriais pautaram-se em métodos do Manual de Análise Química do Solo e Controle de Qualidade (PAVAN et al., 1992) e do Boletim Técnico, 106 - Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas (2009).

##### 4.3.1 Análise Textural

As análises granulométricas das amostras de solos foram realizadas no Laboratório de Física de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, para determinar a distribuição percentual das partículas primárias do solo através do princípio de desagregação mecânica da amostra, dispersão e avaliação da proporção relativa das partículas primárias por sedimentação em meio aquoso.

- **Reagentes e soluções:** solução dispersante de NaOH - 20 g de hidróxido de sódio dissolvido em 5 litros de água destilada e adicionado 50 g de hexametafosfato de sódio, agitado com agitador magnético até completa dissolução do reagente.

- **Procedimento básico:** 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA) mais 100 mL da solução dispersante. Foi agitada a 30rpm utilizando um agitador rotatório de Wagner, por dezesseis horas. Transferiu-se a suspensão para uma proveta de 1000 mL, passando por uma peneira com malha de 0,053mm e completando o volume com água destilada. Lavou-se o material retido na peneira de 0,053mm com um jato forte de água, secou-se a 105-110°C. O material retido na peneira foi pesado e representou a quantidade de areia total das amostras. Na suspensão de solo foram determinadas as quantidades de argila e de silte pelo método da pipeta.

- **Método da pipeta:** após completar o volume da proveta a 1000 mL, agitar a suspensão por trinta segundos com um bastão contendo na extremidade inferior um êmbolo de borracha com diâmetro um pouco menor que o do cilindro, com movimento da boca para o fundo e viceversa. Anotar o tempo (t). Transcorrido o tempo necessário para a sedimentação da partícula de argila+silte, seguindo a lei de Stokes, introduzir uma pipeta de 10 mL a uma profundidade de 10

cm para amostragem de argila+silte e de 5 cm para amostragem de argila, com succão contínua para evitar turbilhonamento. Transferir as alíquotas para cápsulas de porcelana previamente taradas (com aproximação de 0,0001g) e secar a 105-110°C por no mínimo oito horas. Repetir o procedimento com a prova em branco, contendo a solução dispersante e água destilada. Retirar as cápsulas da estufa, deixar esfriar em dessecador contendo cloreto de cálcio anidro e pesar rapidamente em balança analítica (com precisão de décimo milésimo de grama), para obter a massa de argila + dispersante (A+D) e de argila + silte + dispersante (A+S+D).

- **Cálculos:** os resultados são expressos em porcentagem da terra fina seca ao ar. Das alíquotas pesadas, subtrair o peso do dispersante que, no caso descrito, corresponde a cerca de 0,014g.

**Argila (%)** na TFSA = [massa da argila + dispersante (A+D) - massa do dispersante (D)] x 500;

**Areia grossa (%)** na TFSA = massa da areia grossa (AG) x 10;

**Silte (%)** = 100 - (massa da argila + massa da areia). O silte é obtido por diferença da argila+areia.

#### 4.3.2 Análise Granulométrica da Fração Areia

A distribuição granulométrica da areia foi obtida pelo processo de peneiramento das amostras de solos. Este processo é adotado para partículas com diâmetros maiores que 0,075 mm. Para tal, utiliza-se uma série de peneiras de abertura de malhas conhecidas (1 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,106 mm; 0,053 mm), determinando-se a percentagem em peso retida ou passante em cada peneira.

Para o peneiramento, a amostra é, inicialmente, secada em estufa e seu peso determinado. Esta amostra é colocada na peneira de maior abertura da série previamente escolhida e agitada por tempo necessário à separação das frações.

#### 4.3.3 Análise Química

As análises químicas das amostras de solos foram realizadas no Laboratório de Química de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, com o objetivo de determinar os elementos químicos do solo, tais como: cálcio, magnésio, alumínio, potássio, fósforo, carbono, além da acidez, acidez ativa, acidez trocável, acidez potencial e CTC (Capacidade de Troca de Cátions).

#### **Determinação de Ca e Mg**

Avaliar os teores de Ca e Mg disponíveis no solo extraídos com a solução de KCl 1N e determinados por titulometria com EDTA.

#### **Reagentes e soluções:**

- **Solução de KCl 1N:** transfere-se 75,5g de KCl para um frasco de 1000 mL e completa-se o volume com água destilada;
- **Solução Tampão:** transfere-se 68,0g de NH<sub>4</sub>Cl para um frasco de 1000 mL, adiciona-se 100 mL de água destilada, 570 mL de NH<sub>4</sub>OH concentrado, 0,61g de MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,93 g de Na<sub>2</sub>EDTA.2H<sub>2</sub>O, 50 mL de KCN 10% em água destilada, 100 mL de trietanolamina e completa-se o volume com água destilada;
- **Indicador negro de eriocromo T (NET):** dissolve-se 0,1g de NET em 10 mL de metanol e adiciona-se 10 mL de trietanolamina;
- **Solução padrão de EDTA 0,01 M:** transfere-se 3,7223g de Na<sub>2</sub>EDTA.2H<sub>2</sub>O para um frasco de 1000 mL e completa-se o volume com água destilada;
- **Solução padrão de Ca 0,01M:** transfere-se 1,0008g de CaCO<sub>3</sub> em frasco de 1000 mL, adiciona-se 5 mL de HCl 6N e completa-se o volume com água destilada.

**Procedimento básico:** transfere-se 5 mL de TFSA para o copo plástico de 65 mL, adiciona-se 50 mL de KCl 1N, agita-se durante 15 minutos e repousa por uma noite. Transfere-se uma alíquota de 20 mL do extrator de KCl 1N para o erlenmeyer de 125 mL, adiciona-se cerca de 40 mL de água destilada, 4 mL

de solução tampão pH 10 e 4 gotas do indicador negro de eriocromo-T e titula-se com a solução de EDTA 0,01M. O final da titulação é determinada pela mudança da coloração rósea para azul.

**Cálculos:**  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ meq}/100 \text{ mL} = V_{A-B}$  onde  $V_A$  é o volume de EDTA 0,01M em mL gasto na titulação da amostra e  $V_B$  é o volume de EDTA 0,01M em mL gasto na prova em branco.

### **Determinação da Acidez Trocável (AI)**

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, e o extrato é titulado com uma solução básica.

#### **Reagentes e soluções:**

- **Solução de cloreto de potássio (KCl) 1mol/l:** dissolve-se 74,5g de KCl em 1 litro de água destilada e agita-se;
- **Solução de NaOH 1N:** dissolve-se 40g de NaOH em 1 litro de água;
- **Solução de NaOH 0,015N:** pipeta-se 15 mL da solução de NaOH 1N para um balão volumétrico de 1litro e completa-se o volume com água destilada;
- **Solução indicadora de azul de brometimol 0,5%:** dissolve-se 5g de azul de brometimol em 1 litro de água e adiciona-se algumas gotas de NaOH 1N até atingir uma coloração verde escura.

**Procedimento básico:** transfere-se  $10\text{cm}^3$  de TFSA para erlenmeyer de 125 mL, adiciona-se 100 mL de KCl, agita-se por 15 minutos e deixa-se por repouso durante uma noite. A seguir transfere-se 15 mL do sobrenadante para erlenmeyer de 125 mL, adiciona-se 25 mL de água destilada, 3 gotas de solução de azul de brometimol 0,5% e titula-se no NaOH 0,015N. É feita também uma prova em branco titulando-se uma alíquota de 25 mL de KCl 1N sem o extrato de solo.

**Cálculos:**  $\text{AI} (\text{meq}/100 \text{ mL}) = V_{A-B}$ , onde  $V_A$  = volume em mL de NaOH 0,015N gasto na titulação e  $V_B$  = volume em mL de NaOH 0,015N gasto na titulação gasto na prova em branco.

## **Determinação da Acidez Potencial ( $H+Al$ ) com a solução de acetato de cálcio $CaAc_2$**

A acidez potencial do solo ( $H^+$  e  $Al^{3+}$ ) é extraída com a solução tampão de acetato de cálcio 1N a pH 7,0.

### **Reagentes e soluções:**

- **Solução de acetato de cálcio 1 N pH 7,0:** dissolve-se 88,1 g de  $Ca(C_2H_3O_2)_2 \cdot H_2O$  em água destilada e completa-se o volume a cerca de 950 mL. Filtra-se com algodão e ajustar o pH entre 7,0 e 7,1 com ácido acético 2 N ou solução de hidróxido de cálcio 1,0N, completando o volume a 1000 mL com água destilada;
- **Solução alcoólica de fenolftaleína a 3 %:** dissolve-se 3 g de fenolftaleína em 100 mL de álcool etílico;
- **Solução padronizada de NaOH 0,1N.**

**Procedimento básico:** pesa-se 5 g de terra em erlenmeyer de 250 mL, adiciona-se 100 mL da solução de acetato de cálcio 1 N a pH 7,0, agita-se mecanicamente por dez minutos e deixa-se decantar por dezesseis horas. Filtra-se, adiciona-se algumas gotas de fenolftaleína a 3 % e titula-se com solução de NaOH 0,1 N, até uma coloração rosa persistente. Efetua-se também uma prova em branco.

**Cálculos:** acidez potencial ( $H + Al$ ) em meq/100g =  $(V_2 - V_1) \times 2$   
onde:  $V_1$ : mililitros de solução de NaOH 0,1N gastos no ensaio em branco;  $V_2$ : mililitros de solução de NaOH 0,1N gastos na titulação do extrato.

## ***Determinação de P e K através da solução extratora de MEHLICH-1***

O fósforo e o potássio disponíveis do solo são extraídos com a solução de Mehlich-1, que é a mistura de  $H_2SO_4$  0,025N + HCL 0,05N. No caso do fósforo a leitura é realizada em um espectrofotômetro, e o potássio em um fotômetro de chama.

### **a. Determinação do Fósforo:**

### **Reagentes e soluções:**

- **Solução de HCl 1N:** transfere-se 85,3mL de HCl concentrado (36%) para frasco de 1000mL e completa-se o volume com água destilada;

- **Solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N:** transfere-se 27,7 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado (96%) para frasco de 1000 mL e completa-se o volume com água destilada;
- **Solução de Mehlich (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N + HCl 0,05N):** transfere-se 25 mL da solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N e 50 mL de HCl1N para frasco de 1000 mL e completar volume com água destilada.
- **Solução de Molibdato:** pesar 20g de molibdato de amônio, transferir para becker de 500 mL e dissolver em 200 mL de água destilada. Em outro becker de 1000 mL, pesar 2g de subcarbonato de bismuto e adicionar 500 mL de água destilada e 150mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Após esfriar, misturar as duas soluções em um balão volumétrico de 1000 mL e completar o volume com água destilada (solução B).

**Procedimento básico:**

**Padrões de P:** pesa-se exatamente 0,439g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> em um balão volumétrico de 1000 mL, adiciona-se 3mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado e completa-se o volume com água destilada. Esta solução contém 100 ppm de P. Dilui-se esta solução nas seguintes concentrações: 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 ppm em solução de Mehlich.

**Extração:** Transferir 5cm<sup>3</sup> de TFSA para copo plástico de 60 mL, adicionar 50mL da solução Mehlich -1, agitar durante 5 minutos e deixar decantar durante uma noite.

**Determinação:** pipeta-se 5 mL do extrato em tubos de 30 mL e adicionar 10mL da solução B, uma pitada de ácido ascórbico e agitar até a dissolução total. Após 30 minutos, efetua-se a leitura no espectrofotômetro a 630 nm. Para cálculo do P é necessário construir a curva de calibração do espectrofotômetro.

**b. Determinação de K**

**Reagentes e soluções:**

- **Solução de K<sup>+</sup> 1000 ppm:** seca-se 3g de KCl durante 2 horas a 200° C na mufla e o esfria no dessecador. Transfere-se 1,907g do sal para frasco de 1000 mL e completa-se o volume com água destilada;

- **Solução padrão de K<sup>+</sup>:** transfere-se 5, 10, 20 e 40 mL da solução de K<sup>+</sup> 1000 ppm para frasco de 1000 mL e completa-se o volume com a solução de Mehlich. Estas soluções contêm 5, 10, 20 e 40 ppm de K<sup>+</sup>.

**Procedimento básico:** transfere-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.

$$\text{Cálculo: } \text{K}^+ (\text{meq}/100\text{MI}) = \text{ppm} \times 0,0256.$$

### **Determinação de Carbono: WALKLEY - BLACK**

O Carbono da matéria orgânica do solo é 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 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> é titulado com FeSO<sub>4</sub> e o teor da matéria orgânica calculado com base na quantidade de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> reduzido.

#### **Reagentes e soluções:**

- **Solução de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 1N:** dissolve-se 49,09g de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (seco a 105° C) em 1 litro de água destilada;
- **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:** dissolve-se 280g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O em água destilada, adiciona-se 80 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, se espera esfriar para em seguida completar o volume para 1 litro. Padroniza-se frequentemente a solução titulando-se uma amostra de 10 mL de solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1N;
- **Solução de difinilamina 1%:** dissolve-se 1g de difinilamina em 100 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.

**Procedimento básico:** transfere-se 10 cm<sup>3</sup> de TFSA para erlenmeyer de 250 mL, adiciona-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. Espera-se esfriar durante 30 minutos, adiciona-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%. Titula-se 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.

Para a prova em branco pipeta-se 10 mL da solução K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1N e adiciona-se 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado e espera-se esfriar. Após, adiciona-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. Titula-se com a solução de FeSO<sub>4</sub> 1N.

**Cálculos:**  $(V_2 - V_1) / g \times f \times 0,3896$ , onde

$V_1$  = volume de FeSO<sub>4</sub> 1N, em mL gasto na amostra;

$V_2$  = volume de FeSO<sub>4</sub> 1N, em mL gasto na prova em branco;

F = fator da correção da solução de FeSO<sub>4</sub> 1N.

0,3896 = é o valor obtido da relação 0,30 / 0,77 onde 0,30 é o equivalente grama de C em 100g e 0,77 indica a eficiência do método (77%).

### **Determinação do pH**

O método estima a atividade do íon H<sup>+</sup> na suspensão do solo utilizando-se a solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01M. A leitura é realizada em um potenciômetro.

#### **Reagentes e soluções:**

- **Cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) 0,01 mol/dm<sup>3</sup>:** dissolve-se 1,47g de CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O em água destilada e completa-se o volume para 1 litro.

**Procedimento básico:** transfere-se 10cm<sup>3</sup> de TFSA para um copo plástico de 60 mL e adiciona-se 20 mL da solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 M. Agita-se durante 15 minutos a 250 rpm e efetua-se a leitura no potenciômetro após 30min.

### **CTC - Capacidade de Troca de Cátions**

A CTC pode ser estimada através do **valor T**, que representa a soma dos seguintes cátions trocáveis (adsorvidos): Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, Al<sup>+3</sup> e H<sup>+</sup>. Existem outros cátions trocáveis no solo, tais como: NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mn<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup>, etc., mas considera-se que o teor dos mesmos é pequeno; para propósitos práticos o valor T é aceitável, obtendo-se por soma de cátions normalmente determináveis. Do ponto de vista técnico é discutível qual a determinação mais indicada (valor T ou CTC conforme explicado anteriormente), em análises de levantamento de solos, sendo que em trabalhos feitos no Brasil é normalmente usado o valor T (MORELLI, 1986).

Desta maneira, a capacidade de troca de cátions (CTC) foi estimada com base no valor T, ou seja,  $T = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + (\text{H}^+, \text{Al}^{+3})$

#### 4.3.4 Análise Mineralógica

Para as análises mineralógicas, as coletas de solos foram realizadas em horizontes subsuperficiais de cada perfil de solo, que foram abertos nas ilhas Mutum e Porto Rico. As amostras foram secas ao ar e peneiradas utilizando peneira de malha de 2,0 mm.

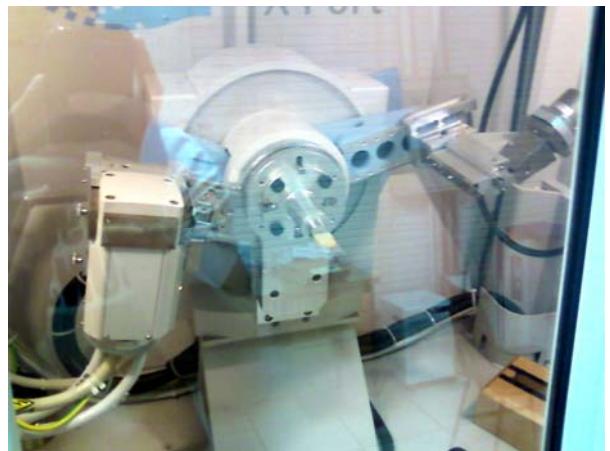
Para determinação dos minerais do solo utilizou-se o difratômetro *Panalytical* (Figuras 15 e 16), do laboratório de Difração de Raios-X (DRX) da Universidade Estadual de Londrina, dotado de tubo de ânodo de cobre com a unidade de força operando a 40 KV e 30 mA, e seguintes configurações:

**Tabela 1 – Parâmetros adotados para leitura no difratômetro de raios X**

Parâmetros	Especificações
Intervalo de ângulo	10-80
Passo angular ( $_{2}\theta$ )	0,05
Passo de tempo	1s
Divergence Slit	1°
Máscara:	10mm Bracket
Receiveing Slit	1/8°
Anti Scatter Slit	1/4°
Monocromador	Grafite

A fração argila das amostras foi individualizada da TFSA por meio de suspensão aquosa, submetida à dispersão mecânica e centrifugação. Da fração argila, foram preparadas oito lâminas orientadas de cada amostra que, após secagem ao ar, foram analisadas por difração de raios x.

**Figura 15** –Difratômetro de Raios X da marca Panalytical.



Fonte: Paulo Castro.

Fonte: Paulo Castro

Os resultados foram obtidos através de difratogramas e os minerais foram identificados com o auxilio do software X'pert Highscore Plus, também da marca Panalytical, que faz uma procura automática dos picos dos minerais.

#### 4.4 SOFTWARES

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos com auxilio de programas computacionais para: leitura e processamento de imagem de satélite, criação de *shapefiles*, criação de banco de dados, análise estatística de dados, leitura de difratogramas e na produção de mapas.

##### 4.4.1 SPRING

O SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, é um software gratuito, nacional, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). O software já está em sua 5<sup>a</sup> versão, e é disponibilizado no site do INPE - <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>.

O SPRING, como é um SIG (Sistema de Informação Geográfica) funciona atrelado a um banco de dados correspondente às informações espaciais georeferenciadas, com diversas finalidades, desde o processamento de imagens – mais relacionado ao sensoriamento remoto digital, até mesmo análise espacial,

modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais (CAMARA et al., 1996).

O SPRING possui diversas aplicações, tanto ligadas ao sensoriamento remoto digital, como ao geoprocessamento, que compreendem o uso na Agricultura, Gestão ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano, etc. Nele são inúmeras as formas de se realizar análises, com representação tanto no formato raster como vetorial, permitindo a elaboração de diversos tipos de mapas.

Uma das grandes contribuições do SPRING é tentar tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado disseminando o uso no país. Nele foram realizados o tratamento das cenas das imagens de satélites utilizadas na produção cartográfica desta pesquisa, como, a composição e correção de bandas e o processo de classificação automática supervisionada para a classificação do uso do solo.

#### 4.4.2 ArcGIS

ArcGIS é o nome de um grupo de programas computacionais e que constitui um Sistema de informação geográfica. É produzido pela ESRI. No ArcGIS estão incluídos:

- **ArcReader**, que permite ver os mapas criados com os outros produtos Arc;
- **ArcView**, que permite ver dados espaciais, criar mapas, e performance básica de análise espacial;
- **ArcEditor** que inclui toda a funcionalidade do ArcView, incluindo também ferramentas mais avançadas para manipulação de *shapefiles* e *geodatabases*;
- **ArcInfo**, a versão mais avançada do ArcGIS, que inclui potencialidades adicionadas para a manipulação de dados, edição e análise.

O ArcGIS é um SIG para visualização, gestão, criação e análise de dados geográficos, onde pode-se interpretar o contexto geográfico de dados, permitindo visualizar os relacionamentos e identificar padrões de novas maneiras. Nele foram realizados a estruturação do banco de dados e os layouts dos mapas para as interpretações e análises da região estudada.

#### 4.4.3 SPSS

SPSS é um software aplicativo do tipo científico, acrônimo de Statistical Package for the Social Sciences - pacote estatístico para as ciências sociais. Pacote este de apoio a tomada de decisão que inclui: aplicação analítica, Data Mining, Text Mining e estatística que transformam os dados em informações importantes, ou seja, permite realizar cálculos estatísticos complexos, visualizar resultados, de forma rápida permitindo assim aos seus utilizadores uma apresentação e uma interpretação sucinta dos resultados obtidos.

Neste programa foi realizado todo o tratamento estatístico dos dados referente às análises físicas e químicas do solo, principalmente para se estabelecer os grupos de classes dos dados, correlações importantes para a indicação de possíveis locais com diferentes classes de solo nas ilhas Mutum e Porto Rico.

#### 4.4.4 X'pert Highscore Plus

X'pert Highscore Plus é uma completa ferramenta para análise mineralógica. Ele une a identificação de fase, análise cristalográfica, análise de cluster, montagem de perfil e estrutura de cálculos em um único pacote com interface de usuário comum.

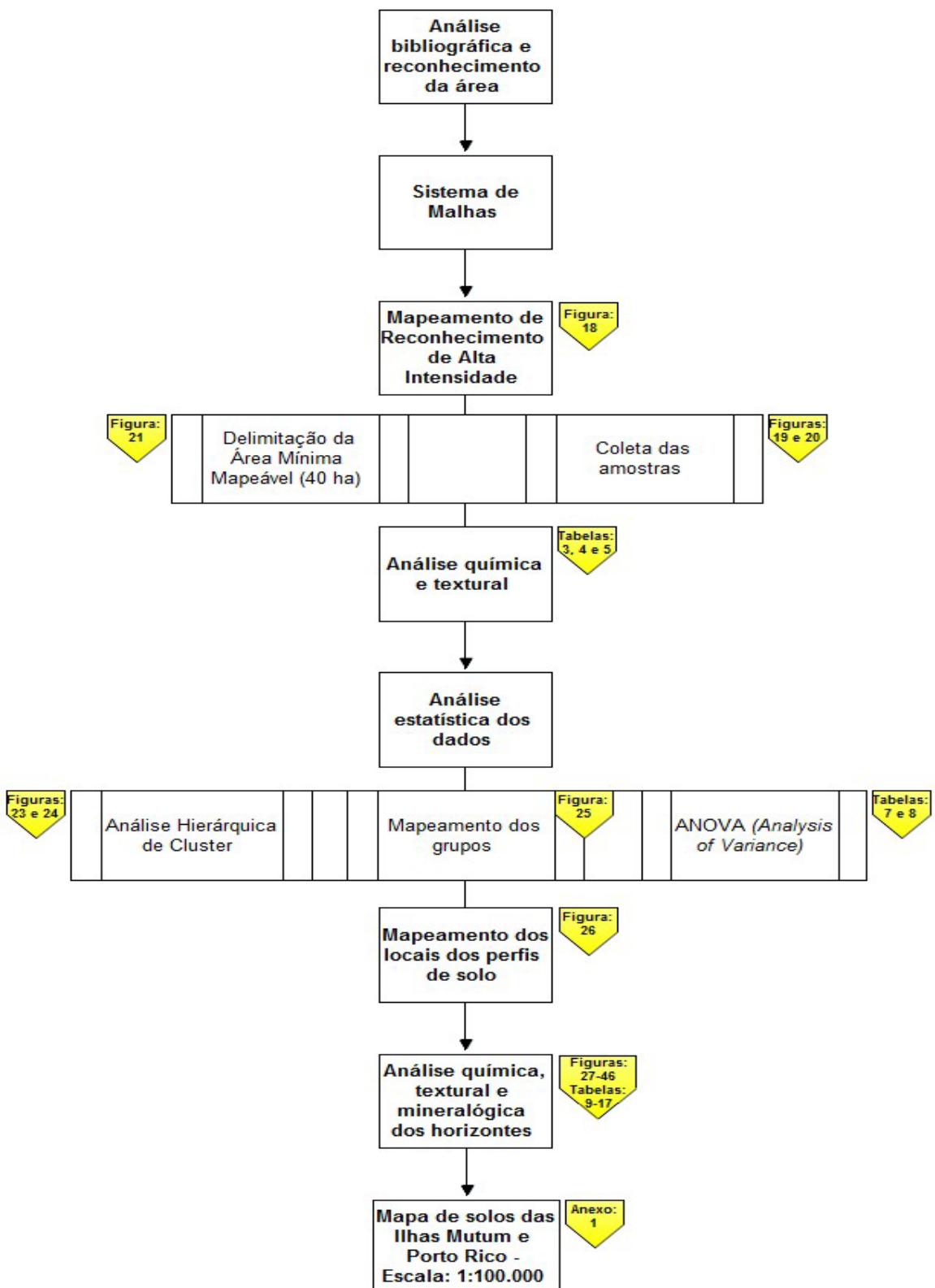
O algoritmo de busca do software combina dados de um banco conhecido com o perfil dos picos dos difratogramas, que normalmente produz os resultados confiáveis. Ele ainda suporta simultaneamente várias bases de dados referenciais.

### 4.5 FLUXOGRAMA

Como a área a ser mapeada é bastante peculiar - ihas, áreas de preservação permanente, vegetação arbórea densa, além de inúmeras dificuldades de acesso; adequar uma metodologia para mapeamento das classes de solo exigiu detalhadas informações da área, uma vez que, são poucas as referências de pesquisas de mapeamento de solos em locais como as ilhas Mutum e Porto Rico.

O processo metodológico para o desenvolvimento do mapeamento envolve inúmeras etapas, que para efeito didático, está ilustrado em um fluxograma apresentado na figura 17.

**Figura 17 – Fluxograma das etapas para o mapeamento de solos das ilhas Mutum e Porto Rico.**



## 5 SISTEMA DE MALHA: DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO

Os levantamentos de solo se diferenciam em função de seus objetivos e da área do levantamento, cada qual, correspondendo a um tipo de mapa ou carta de solos. Segundo Resende et al. (2007), os mapas de solos podem ser originais ou compilados, elaborados em diferentes escalas (generalizado ou esquemático, exploratório, reconhecimento, semidetalhado, detalhado e ultradetalhado), segundo métodos pré-estabelecidos.

Usualmente, vários métodos são aplicados na coleta de dados, descrição dos solos no campo e delimitação das unidades de mapeamento. Conforme IBGE (2007), os mais utilizados são: Método de transecções; Levantamentos de áreas piloto; Estudo de toposequências; Sistema de malhas; Caminhamento livre. Na execução dos métodos de levantamento de solos torna-se necessário determinar a densidade de observações em campo, segundo EMBRAPA (1995), no que diz respeito ao número de exames visuais por área a ser mapeada, utilizando-se de tradagens ou verificações de cortes de estradas, barrancos, voçorocas e outras escavações preexistentes. O número de observações deve ser tomado como valores de referência e o seu número pode ser grandemente alterado para mais ou para menos conforme os diferentes casos.

A estimativa da densidade de observações é realizada em função da escala de mapeamento, do nível e objetivos do levantamento, do grau de heterogeneidade ou uniformidade da área de trabalho, da eficiência e disponibilidade no uso de fotos aéreas, imagens de satélite e os recursos de geoprocessamento disponíveis, que ampliam as alternativas de mapeamento de campo, redução de tempo de execução, densidade de observações e frequência de amostragens (EMBRAPA, 1995).

Tendo em vista as características fisiográficas das ilhas Mutum e Porto Rico, como extensão, relevo plano, dificuldades de acesso devido ao quadro vegetacional; métodos como o de estudo de toposequências e o de caminhamento livre foram excluídos, pois não cumpriam com a expectativa desta pesquisa. Para isso foi adotado o método de **sistema de malha**.

Para projetos de uso intensivo de solos, em que levantamentos detalhados e ultradetalhados são executados, o planejamento de coleta de

amostras, observações de campo e estudo da variabilidade dos solos é feito, normalmente, mediante utilização de sistema de malhas. Neste método, as caracterizações se processam a espaços prefixados de modo a formar um reticulado denso (malha) em toda a extensão da área (IBGE, 2007).

O sistema de malhas usualmente é aplicado para levantamentos ultradetalhados e mesmo assim em situações específicas, como no caso de áreas de sedimentos recentes, por exemplo, que é o caso dos solos das ilhas Mutum e Porto Rico devido ao ambiente altamente dinâmico que possuem quanto aos processo de erosão e deposição de sedimento.

É importante observar que neste sistema, não deve haver rigidez absoluta na localização dos pontos de coleta/observações, podendo o pesquisador de campo proceder a pequenos deslocamentos, visando evitar a coincidência dos mesmos com locais impróprios, tais como córregos, lagos, construções, etc. (IBGE, 2007).

O usuário dos levantamentos de solos, bem como entidades executoras e/ou planejadoras, devem ter ciência de que para cada tipo de demanda pode-se eleger um tipo de levantamento em particular, que deverá manter uma relação custo/benefício favorável, sem prejuízo da qualidade ou da quantidade das informações demandadas. Todavia é preciso ter clareza de que alguns tipos de levantamentos elaborados em escalas pequenas (níveis generalizados) não podem atender a demandas localizadas que exigem levantamentos mais detalhados e específicos.

Os levantamentos de solos diferenciam-se, principalmente, quanto aos objetivos a que se destinam e quanto à extensão das áreas que abrangem. A cada tipo de levantamento corresponde a um tipo de mapa ou carta de solos, que é designado pelo mesmo nome do levantamento correspondente. São reconhecidos cinco tipos principais de levantamentos: exploratório; reconhecimento; semidetalhado; detalhado; ultradetalhado (IBGE, 2007).

Ainda levando em conta as características locais das ilhas Mutum e Porto Rico, assim como as observações do solo que foram feitas previamente a definição da metodologia de mapeamento a ser aplicada, optou-se por fazer um mapeamento de **reconhecimento de alta intensidade**. As classes de solos definidas nos levantamentos de reconhecimento acumulam características

diferenciais utilizadas nos levantamentos exploratórios e mais características que correspondem em níveis categóricos de “Grandes Grupos e Subgrupos”, em sistemas taxonômicos organizados.

Dados morfológicos e analíticos (químicos, físicos e mineralógicos) de perfis completos e amostras extras, são necessários para caracterização dos solos e definição das unidades de mapeamento. Considerando que os levantamentos do tipo “reconhecimento” atendem a uma ampla faixa de objetivos e necessidades, estão compartimentados em três níveis de execução, compreendendo alta, média e baixa intensidade. Os níveis de reconhecimento diferenciam-se quanto aos objetivos, métodos de prospecção, tipos de unidades de mapeamento, área mínima mapeável (AMM), material cartográfico e sensores remotos básicos e escala de publicação. A densidade de observações por área é variável, entre 0,04 a 2,0 observações por quilômetro quadrado (IBGE, 2007).

No nível de alta intensidade a escala de apresentação do mapa, em geral, situa-se entre 1:50 000 e 1:100 000, sendo a área mínima mapeável (AMM) variável entre 10 e 40 ha (Figura 18). A frequência de amostragem é de um perfil completo e um ponto de amostra extra por classe de solo componente de unidade de mapeamento simples ou de associação (Figura 19 e 20). Todas as classes de solos identificadas na área devem ser caracterizadas por um perfil representativo completo (IBGE, 2007).

**Figura 18 –** Quadro com as especificações para levantamento de solos - nível de reconhecimento. Fonte: adaptado (IBGE, 2007).

NÍVEL DE LEVANTAMENTO: RECONHECIMENTO	Objetivos	Métodos de Prospecção	Constituição de Unidade de Mapeamento	a) Escala Preferencial dos Mapas/Cartas Finais b) Área Mínima Mapeável (AMM) c) Frequencia de Amostragem
<b>Baixa Intensidade</b>	Estimativa de recursos potenciais de solos	Verificações de campo e estrelopalação	Associações e unidades simples de Grandes Grupos de solos	a) 1:25 000 a 1: 75 000 b) 2,5 a 22,5 km <sup>2</sup> c) 1 perfil completo por unidade simples ou componente de associação
<b>Média Intensidade</b>	Estimativa de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo	Verificações de campo e correlações solo-paisagem	Unidades simples e associações de Grandes Grupos de solos	a) 1:100 000 a 1:250 000 b) 40 ha a 2,5 Km <sup>2</sup> c) 1 perfil completo por unidade simples ou componente de associação
<b>Alta Intensidade</b>	Avaliação semiqualitativa de áreas prioritárias	Verificações de campo e correlações solo-paisagem	Unidades simples e associações de Subgrupos de solos	a) 1:50 000 a 1:100 000 b) 10 ha a 40 ha c) 1 perfil completo e 1 ponto de amostra extra por classe de solo em unidade simples ou componente se associação.

Sendo a Pedologia a essência, o sensoriamento remoto torna-se ferramenta auxiliar no levantamento de solos que em conjunto com sistemas de informações geográficas possibilitam o mapeamento de solos. Para tanto, a aplicação dos conhecimentos das técnicas de geoprocessamento permitem o desenvolvimento de metodologias passíveis de utilização. A utilização das técnicas de sistemas de informações geográficas aplicadas em conjunto ou separadamente ao sensoriamento remoto vem sendo desenvolvidas para o estudo dos recursos naturais, de um modo geral, apresentando resultados práticos que auxiliam no levantamento e na tomada de decisão por parte de órgãos públicos e privados, mostrando-se eficientes na análise espacial.

Tomando como base estas técnicas e a partir de um mapeamento de reconhecimento de alta intensidade, aplicou-se como área mínima mapeável 40 ha que possibilita um produto final cartográfico na escala de 1:100 000. Para a elaboração do sistema de malha utilizou-se o software ArcGIS 9.3 com o auxilio da extensão *ETSplitPolygonByArea*. Essa ferramenta quando acoplada ao software ArcGis permite a divisão de shapes do tipo polígono, em áreas previamente determinadas, podendo ser em diferentes unidades de medidas, como: hectare, metro quadrado, centímetro quadrado, quilômetro quadrado, entre outras.

No caso deste trabalho, os quadrantes de 40 ha gerados através do shape de polígono das ilhas Mutum e Porto Rico (Figura 21), além de dimensionarem a área mínima mapeável, são também representativos dos limites das classes de solos que serão identificadas, uma vez que, a construção de limites menos subjetivos e precisos torna-se inviável devido a dificuldade de acesso às áreas, e desnecessário tanto em vista a pouca diferenciação de classes de solos nas ilhas.

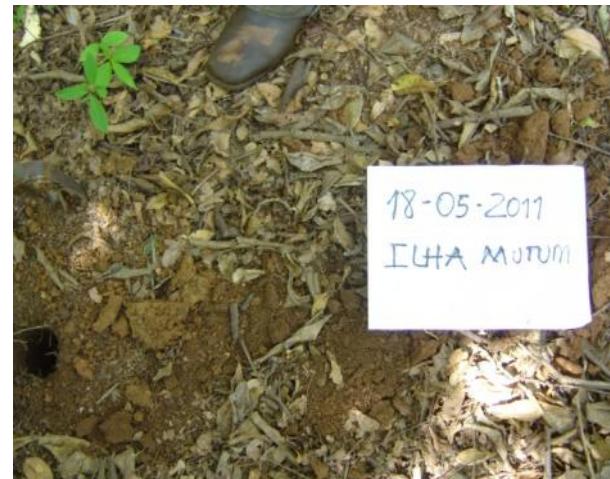
Desta maneira, foi realizada a divisão dos quadrantes e elaboração da carta (Figura 21) para navegação, e auxílio na localização dos pontos de aquisição das amostras de solo. Foram realizadas 31 amostragens (Figuras 19 e 20) em duas profundidades, de **0-20cm** e de **80cm-100 cm**, totalizando 62 amostras, das quais foram analisadas quimicamente. As amostras das camadas subsuperficiais (80cm-100cm) foram submetidas à análise textural, para que se tornasse possível o cruzamento dos dados e se estabelecesse critérios e parâmetros para o reconhecimento de possíveis diferentes classes de solos.

**Figura 19 –** Tradagem subsuperficial (80cm-100cm - Ilha Mutum).



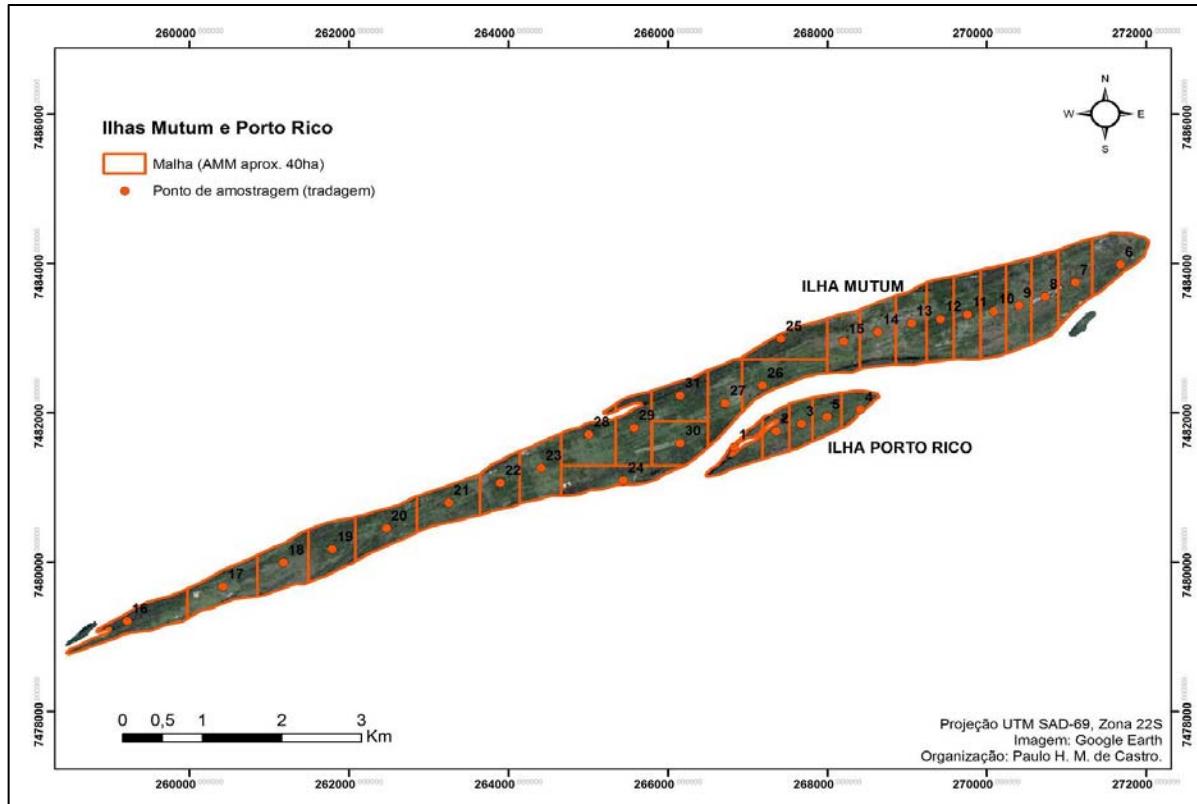
**Fonte:** Paulo Castro.

**Figura 20 –** Tradagem, processo de amostragem do sistema de malha na Ilha Mutum.



**Fonte:** Paulo Castro

**Figura 21** –Mapa do sistema de malha com a indicação dos pontos de coletas das amostras de solos.



## 5.1 TEXTURA DOS SOLOS NAS UNIDADES DE MAPEAMENTO

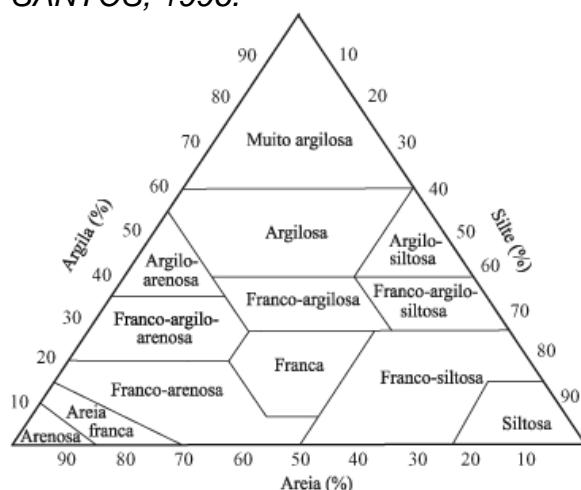
A textura do solo é definida pela proporção relativa das classes de tamanho de partículas de um solo. A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo define quatro classes de tamanho de partículas menores do que 2 mm, usadas para a definição da classe de textura dos solos:

- Areia grossa – 2 a 0,2 mm ou 2000 a 200  $\mu\text{m}$
- Areia fina – 0,2 a 0,05 mm ou 200 a 50  $\mu\text{m}$
- Silte – 0,05 a 0,002 mm ou 50 a 2  $\mu\text{m}$
- Argila – menor do que 2  $\mu\text{m}$

Desconsiderando a presença da matéria orgânica e de partículas maiores do que 2 mm no solo, o total de partículas de um solo é igual ao somatório da proporção de areia, silte e argila, de maneira que um solo pode ter de 0 a 100% de areia, de silte e de argila. O número possível de arranjo resultante da

combinação das proporções de classes de partículas é muito grande, o que impulsionou o desenvolvimento de um sistema de classificação gráfico e funcional para definição das classes de textura dos solos. O sistema consta da sobreposição de três triângulos isósceles que representam a quantidade de argila, silte e areia do solo (Figura 22).

**Figura 22 – Triângulo Textural (TT) com 13 classes texturais.** *Fonte: LEMOS & SANTOS, 1996.*



**Fonte:** LEMOS & SANTOS, 1996.

A natureza e a forma das partículas do solo mostram elementos chaves para a definição, que é empírica, das classes de tamanho de partículas e, juntamente com a experiência prática, da delimitação das classes texturais no TT. Assim, as partículas de areia e silte, especialmente nos solos do Brasil, são predominantemente de forma esférica e composição mineralógica formada por quartzo, ao passo que as partículas de argila são de formato laminar e compostas por minerais de argila (caulinita, ilita, montmorilonita, etc.) e óxidos (de Fe, Al, etc.).

A classe textural é determinada pela distribuição do tamanho de partículas e juntamente com o tipo de argila marcadamente afetam outras propriedades físicas como a drenagem e a retenção de água, a aeração e a consistência dos solos (Tabela 2).

**Tabela 2 – Variação de alguns atributos do solo em função de sua textura.**

<b>Solos Arenosos</b>	<b>Solos Argilosos</b>
Menor micro e maior macroporosidade	Maior micro e menos macroporosidade
Boa drenagem e aeração	Drenagem lenta e pouco arejado (se poucos agregados)
Menor densidade do solo	Maior densidade do solo
Aquece rapidamente	Aquece lentamente
Resistente à compactação	Maior susceptibilidade à compactação
Baixa CTC	Maior CTC
Mais lixiviável	Menos lixiviável
Maior erosão	Mais resistente à erosão
Coesão baixa, friável	Coesão lenta, firme
Consistência friável quando úmido	Consistência plástica e pegajosa quando úmido
Baixa matéria orgânica e rápida decomposição	Matéria orgânica média a alta e menor taxa de decomposição

**Fonte:** Adaptado REICHERT et al. (2006)

A classe textural de um solo é uma das suas características mais importantes, pois além de influenciar o comportamento físico-químico e hidráulico do solo, varia muito pouco ao longo do tempo. A mudança somente ocorrerá se houver mudança da composição do solo devido à erosão seletiva e/ou processos de intemperismo, que ocorrem lentamente (REICHERT et al., 2006).

Considerando os valores médios para os teores de argila, silte e areia dos solos da Ilha Porto Rico (Tabela 3.a) e da Ilha Mutum (Tabela 3.b) os mesmos podem ser classificados como de textura franca (Ilha Porto Rico) e franco-argilosa (Ilha Mutum) [Gráfico 2]. Ou seja, apesar da fração areia ser a mais abundante nos solos das duas ilhas, a Ilha Mutum é mais argilosa.

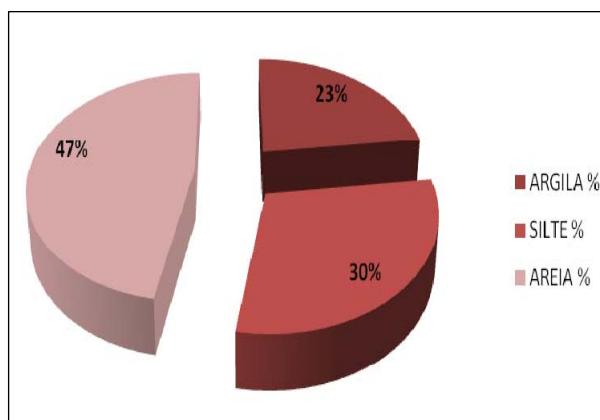
**Tabela 3.a – Resultado da análise textural de amostras da camada subsuperficial (80cm - 100cm), referente ao sistema de malha de mapeamento da Ilha Porto Rico.**

PONTO	ARGILA %	SILTE %	AREIA %
<b>P01</b>	11	19	70
<b>P02</b>	39	45	16
<b>P03</b>	11	16	73
<b>P04</b>	31	42	27
<b>P05</b>	20	28	52
<b>Média</b>	<b>22,4</b>	<b>30</b>	<b>47,6</b>
<b>Mínimo</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
<b>Máximo</b>	<b>39</b>	<b>45</b>	<b>73</b>

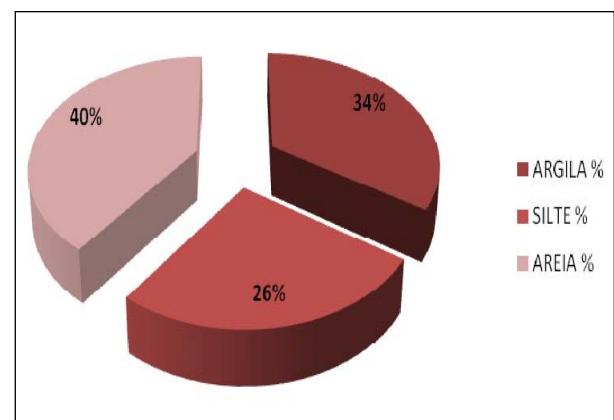
**Tabela 3.b – Resultado da análise textural de amostras da camada subsuperficial (0,80cm - 100cm), referente ao sistema de malha de mapeamento da Ilha Mutum.**

PONTO	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	PONTO	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)
<b>P06</b>	20	27	53	<b>P21</b>	41	22	37
<b>P07</b>	42	24	34	<b>P22</b>	31	22	47
<b>P08</b>	30	21	49	<b>P23</b>	22	18	60
<b>P09</b>	47	32	21	<b>P24</b>	9	7	84
<b>P10</b>	44	38	18	<b>P25</b>	46	29	25
<b>P11</b>	47	35	18	<b>P26</b>	30	22	48
<b>P12</b>	33	30	37	<b>P27</b>	10	22	68
<b>P13</b>	42	31	27	<b>P28</b>	35	32	33
<b>P14</b>	44	29	27	<b>P29</b>	36	12	52
<b>P15</b>	42	27	31	<b>P30</b>	29	26	45
<b>P16</b>	35	30	35	<b>P31</b>	33	33	34
<b>P17</b>	43	30	27				
<b>P18</b>	46	27	27	<b>Média</b>	<b>34,6</b>	<b>26,2</b>	<b>39,1</b>
<b>P19</b>	32	32	36	<b>Mínimo</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>18</b>
<b>P20</b>	32	24	44	<b>Máximo</b>	<b>47</b>	<b>38</b>	<b>84</b>

**Gráfico 1 - Textura da Ilha Porto Rico com base nos valores médios da análise textural (Tabela 3.a).**



**Gráfico 2 - Textura da Ilha Mutum com base nos valores médios da análise textural**



## 5.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS NAS UNIDADES DE MAPEAMENTO

Com base na análise química das 62 amostras de solos das ilhas Mutum e Porto Rico proposta pelo sistema de malha implantado, foi possível realizar algumas observações que serviram como diretrizes dentro da metodologia empregada. Mesmo em um ambiente em equilíbrio ocorrem modificações de

umidade e temperatura em decorrência de variações climáticas que influenciam os processos físico-químicos e biológicos do solo, modificando algumas características, tais como: umidade do solo, atividade microbiológica, teor e composição da matéria orgânica, complexo argilohúmico, capacidade de troca catiônica e lixiviação de nutrientes.

A disponibilidade dos íons no solo é controlada por várias reações, a saber: equilíbrio entre ácido e base, complexação iônica, precipitação e dissolução de sólidos, oxidação, redução e trocas iônicas. A cinética dessas reações e a taxa de absorção biológica controlam as concentrações dos íons da solução do solo (CHAVES et al., 1991).

O Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) é o quinto elemento mais abundante na crosta terrestre fazendo parte da constituição de rochas (mármore, calcário, granitos e basaltos) e minerais (calcita, dolomita, gipso, alabastro, fluorita e apatita) [TEIXEIRA et al., 2009]. Como nutriente é denominado macronutriente secundário, junto com o magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e o enxofre (S), sendo indispensável para o crescimento das plantas. Liberado no solo em sua forma trocável ( $\text{Ca}^{2+}$ ) melhora o ambiente radicular, aumenta a atividade microbiana, aumenta a disponibilidade de molibdênio (Mo) e de outros micronutrientes e diminui a toxidez do alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), cobre (Cu) e manganês (Mn) (SERRAT, et al., 2002).

Sob o aspecto físico, diversos autores, como: Benedini (1998), Kofler (1986) e Penatti (1993); descrevem a importância deste elemento como agente floculante, ou seja, auxilia a agregação e estruturação dos constituintes do solo. Na camada superficial dos solos das ilhas Mutum e Porto Rico, o teor médio de  $\text{Ca}^{2+}$  encontrado foi de  $3,6 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  apresentando amplitude de variação de  $0,2 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  a  $8,2 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ . Na camada subsuperficial (80-100 cm), o valor médio de  $\text{Ca}^{2+}$  foi de  $2,0 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  com amplitude de variação entre  $0,0$  e  $5,7 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ , valores inferiores aos observados para a camada superficial dos solos (Tabelas 4 e 5).

O Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) do solo origina-se da decomposição de rochas contendo minerais primários como dolomita e silicatos com Mg (hornblendita, olivina, serpentina e biotita) ou ainda em minerais de argila secundários, com clorita, ilita, montmorilonita e vermiculita (VIEIRA, 1975). Os valores de Mg na camada superficial dos solos variaram entre  $0 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  e  $8,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  com média em  $1,1$

cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>. Na camada subsuperficial verificou-se média de 1,7 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, valor acima do observado para a camada superficial dos solos, e amplitude de variação de 0 a 7,6 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>.

**Tabela 4 –** Resultados das análises químicas realizadas na camada superficial dos solos (0-20cm)

	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	VARIÁVEIS					
				K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	CTC	C	P
<b>CaCl<sub>2</sub> 0,01M</b>									
Média	4,1	3,6	1,1	1,1	7,7	0,7	13,6	23	0,12
Máximo	4,9	8,2	8,5	11,8	11,6	3,2	20,7	31	0,44
Mínimo	3,5	0,2	0	0,2	3,8	0	7,2	10	0,06

**Tabela 5 -** Resultados das análises químicas realizadas na camada subsuperficial dos solos (80-100 cm)

	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	VARIÁVEIS					
				K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	CTC	C	P
<b>CaCl<sub>2</sub> 0,01M</b>									
Média	4,1	2	1,7	0,3	5,6	1	9,7	13	0,11
Máximo	4,8	5,7	7,6	1,2	9,8	3,1	17,4	19	0,20
Mínimo	3,6	0	0	0,1	2,1	0	2,8	6	0,06

Os teores de potássio ( $K^+$ ) apresentaram amplitude elevada, de 0,1 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> a 11,8 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>. Isso ocorre provavelmente em função da presença de diversos tipos de minerais fontes de potássio nestes solos (feldspatos, micas, mica-esmectita) (CASTILHOS, 1999) que são passíveis de serem observados nos solos das ilhas Mutum e Porto Rico. Estes minerais, além de apresentarem sítios de adsorção com diferentes afinidades pelo potássio, liberam este elemento em taxas diferenciadas. Em relação aos teores de fósforo (P) extraídos com solução de MEHLICH-1, os valores observados foram baixos (sempre abaixo de 0,45 mg.dm<sup>-3</sup>), tanto na camada superficial quanto na subsuperficial.

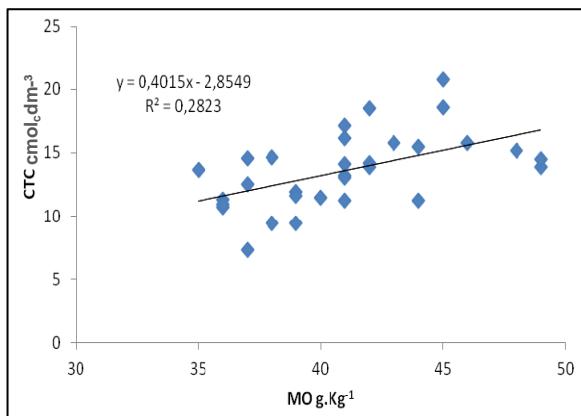
Segundo o Boletim Técnico nº 100 (1996), os valores de pH determinados em solução de  $CaCl_2$ , apresentam valores cerca de 0,6 pontos abaixo do pH medido na diluição em água. Nas ilhas Mutum e Porto Rico, o pH variou entre 3,5 e 4,9 na camada superficial e entre 3,6 e 4,8 na camada subsuperficial, com média em 4,1 para as duas camadas de solo avaliadas. Estes valores permitem classificar os solos em estudo como fortemente a extremamente ácidos, conforme as classes de reação apresentadas em Santos et al., (2006) e adotadas pela Embrapa Solos. Os teores de  $Al^{3+}$  variaram entre 0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> e 3,2 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> na camada superficial e entre 0 e 3,1 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> na camada subsuperficial, com média em 0,7 e 1,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> nas camadas superficial e subsuperficial, respectivamente.

Os elevados teores de  $Al^{3+}$  encontrados nos solos podem estar associados aos baixos valores de pH encontrados. Alguns autores como, Alva et al., (1986); Vendrame et al., (2007); testaram a influencia do pH na distribuição das formas de Al e constataram que o  $Al^{3+}$  predomina em valores de pH menores que 4,9. Em pH 5,0, ocorre um equilíbrio entre as formas  $Al^{3+}$ ,  $Al(OH)^{2+}$ . Acima de pH 6,0, praticamente não se constata a presença de  $Al^{3+}$ , passando a predominar  $Al(OH)^{4-}$ .

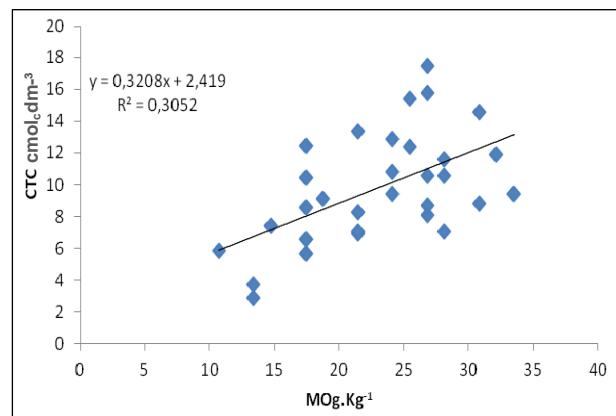
A matéria orgânica do solo (MOS) é formada de organismos vivos e po resíduos de vegetais e animais em diferentes estágios de decomposição. O carbono (C) orgânico participa em média com 58% na composição da matéria orgânica do solo, portanto, para se obter o teor de MO%, multiplica-se o teor de carbono por 1,724. O acúmulo de matéria orgânica no solo é influenciado fortemente pela temperatura e pela disponibilidade de oxigênio. A MOS é a principal reguladora da CTC em solos de regiões tropicais (BRAGA, 2010). Os gráficos 3 e 4 ilustram

essa condição, mesmo como baixo valor de  $R^2$  observa-se que aumentando os teores de MO do solo, aumenta-se simultaneamente a CTC dos solos.

**Gráfico 3 -** Correlação entre os teores de matéria orgânica e CTC das amostras superficiais.



**Gráfico 4 -** Correlação entre os teores de matéria orgânica e CTC das amostras subsuperficiais.



Em água e em solos com grandes quantidades de água, os organismos decompositores não tem acesso fácil a oxigênio, acumulando assim matéria orgânica. Nas ilhas Mutum e Porto Rico os valores de MOS verificados estão entre  $18,7 \text{ g.Kg}^{-1}$  a  $53,6 \text{ g.Kg}^{-1}$  na camada superficial e entre  $10,7 \text{ g.Kg}^{-1}$  e  $33,5 \text{ g.Kg}^{-1}$  na camada subsuperficial, com média de  $39,9 \text{ g.Kg}^{-1}$  e  $22,9 \text{ g.Kg}^{-1}$ , respectivamente. Verifica-se, portanto, que os teores de MO na camada superficial dos solos são superiores aos observados para a camada subsuperficial, como o esperado, uma vez que as camadas superiores dos solos são as que mais recebem resíduos orgânicos adicionados pela vegetação e demais agentes.

A capacidade de troca de cátions (CTC) pode ser estimada através do **valor T**, calculado de acordo com a soma dos elementos básicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ ) mais  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  e representa o total de cargas negativas no solo. Desta maneira, pode-se então, considerar a CTC de um solo como a soma de bases trocáveis e da acidez potencial. Deduz-se que o valor da CTC será afetado principalmente pelo valor da acidez potencial, em função do extrator utilizado e do pH de extração. (CAMARGO, et al., 1982).

As cargas elétricas do solo, por sua vez, são responsáveis pelo fenômeno de retenção e troca de íons com a solução do solo. As cargas elétricas negativas se dividem em dois grandes grupos: as permanentes e as variáveis, ou

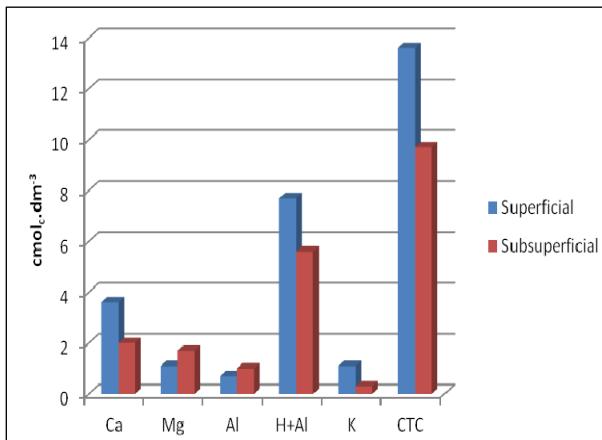
dependentes de pH. As cargas permanentes podem ter origem tanto na própria formação do mineral ou por substituição isomórfica que consiste na substituição do Si<sup>4+</sup> por Al<sup>3+</sup> nos tetraedros, ou por substituição do Al<sup>+3</sup> por Mg<sup>+2</sup> nos octaedros das unidades cristalográficas das argilas, principalmente naquelas do tipo 2:1.

Nas cargas elétricas variáveis ou dependentes de pH são provenientes principalmente dos minerais de argila, óxidos e hidróxidos de Fe e Al<sup>3+</sup> e da matéria orgânica. A variação no pH pode dissociar ou protonar os grupos funcionais presentes na superfície como o carboxil (-COOH), fenólicos (-OH) e aminas (-NH<sub>2</sub>) na matéria orgânica e o hidroxil advindo dos óxidos e hidróxidos de alumínio, ferro e também de alguns argilominerais. Desta maneira, podendo ser tanto positivas como negativas, uma vez que, ao se elevar o pH esses grupos funcionais se deslocam liberando íons H<sup>+</sup> e formando uma carga negativa no mineral (JUNIOR, 2008).

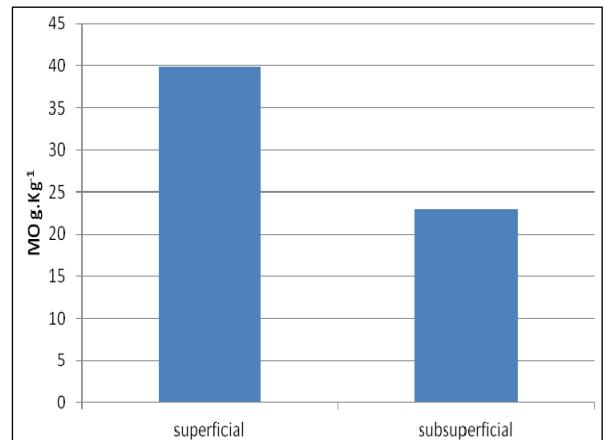
Os valores estimados de CTC das ilhas Mutum e Porto Rico, não foram só elevados devido aos altos teores das bases (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>), mas também, pela acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>) que apresentou-se elevada, com máxima de 11,6 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; o que de certa forma é justificável pela alta concentração de matéria orgânica (MO), principalmente no horizonte superficial (0-20cm); não excluindo também essa relação no horizonte subsuperficial (80-100cm) [Gráfico 3 e 4].

Com exceção do Mg<sup>2+</sup> e do Al<sup>3+</sup>, observa-se que os teores das bases, da acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>), da capacidade de troca de cátions (CTC), e da quantidade de matéria orgânica (MO) nos solos das ilhas Mutum e Porto Rico, apresentaram teores mais elevados no horizonte superficial do que no subsuperficial (gráfico 5 e 6).

**Gráfico 5 - Comparação dos teores médios dos elementos entre as camadas superficiais e subsuperficiais.**



**Gráfico 6 - Comparação dos teores médios de matéria orgânica entre as camadas**



No trabalho realizado por Fageria (2004), onde se avaliou a produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais, é possível verificar a mesma tendência. As várzeas se caracterizam por serem solos aluviais e/ou hidromórficos, geralmente planos e ricos em matéria orgânica.

[...] o conteúdo médio de matéria orgânica (MO) dos solos analisados variou de  $42 \text{ g kg}^{-1}$ , na camada de 0-20 cm;  $22 \text{ g kg}^{-1}$ , nas camadas de 20-40 cm e de  $40\text{-}60 \text{ cm}$ ; a  $9 \text{ g kg}^{-1}$ , na de 60-80 cm de profundidade. Em geral, a MO diminui com a profundidade do solo. [...] Em geral, os teores de fósforo, potássio e cálcio diminuíram com a profundidade do solo. Em média, os teores de alumínio variaram de  $1,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , na camada mais profunda, 60-80 cm, a  $1,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , na camada de 40-60 cm de profundidade (FAGERIA, 2004).

Ou seja, nestes solos, os teores das bases e da matéria orgânica também foram maiores na camada superficial, assim como o apresentado nos solos das ilhas Mutum e Porto Rico. Tais semelhanças devem-se ao fato dos solos das ilhas também apresentarem características de solos aluviais, como os de várzea.

## 6 MAPEAMENTO DE RECONHECIMENTO DE ALTA INTENSIDADE DOS SOLOS DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO

A caracterização e mapeamento dos solos servem como subsídio para planejamentos agrícolas, levantamentos do uso da terra, estudos de terras para irrigação, monitoramentos ambientais, como é o caso das áreas de preservação ambiental - ilhas Mutum e Porto Rico; e outros. Segundo Larach (1983), os levantamentos de solos consistem no estudo, identificação, compilação, análise e interpretação dos dados referentes à área e inter-relações que os caracterizam e os definem estabelecendo limites, distribuição e arranjoamento espacial, sendo um processo lento e com alto custo, principalmente quando executados em regiões com relevos diversificados, e com outras dificuldades de acesso.

Definida a metodologia para identificação, classificação e prospecção das classes de solo nas ilhas Mutum e Porto Rico - sistema de malhas; alguns procedimentos fundamentais foram necessários, como o tratamento estatístico dos dados analíticos referentes às unidades de mapeamento para a indicação dos locais de abertura de perfis e para a classificação dos solos.

### 6.1 ESTATÍSTICA

Barroso (2003) afirma que a tecnologia disponível que analisa dados com mais de uma variável é conhecida como Análise de Estatística Multivariada. Com isso, os computadores podem analisar grandes quantidades de dados complexos. Portanto, com o aumento da expansão do conhecimento, essas técnicas estatísticas são utilizadas nas indústrias, centro de pesquisas e universidades.

Em estudo conduzido por Gomes et al., (2004) para analisar atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado, foi aplicada a análise de componentes principais, com intuito de avaliar diferenças de comportamento entre solos das superfícies geomórficas Sul – Americanas e Velhas, sob cobertura vegetal nativa. Essa técnica permitiu agrupar os solos em três grupos. Além disso, a análise de componentes principais auxiliou no entendimento das diferenças e similaridades dos ambientes pedológicos separados no campo.

Na ciência do solo, a estatística multivariada pode ser aplicada na discriminação de unidades de solo, e através do geoprocessamento é possível o

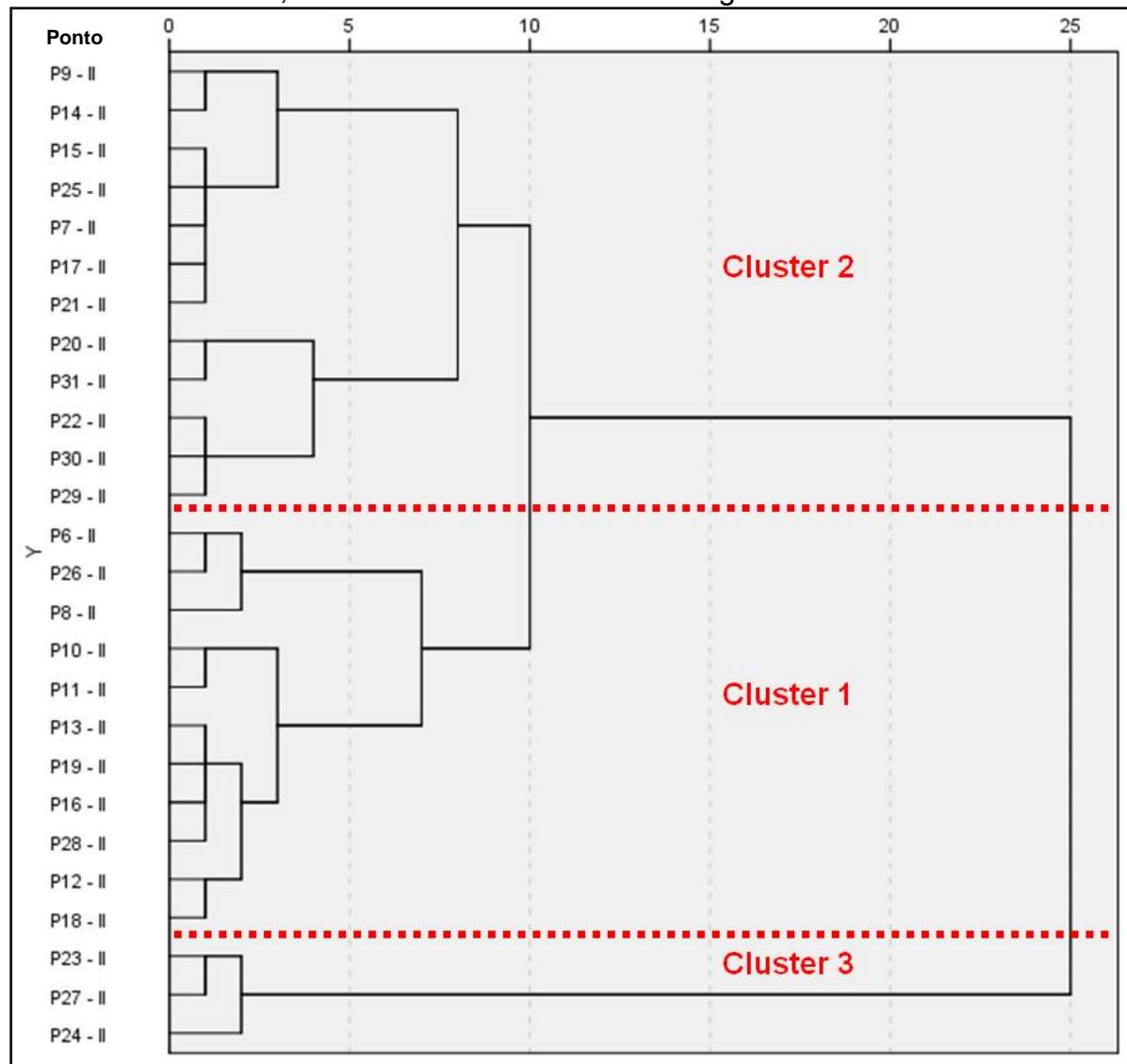
desenvolvimento dos mapas temáticos com o objetivo de mostrar a distribuição dos grupos de solos, baseando-se na análise de agrupamento (GROBE, 2005).

Neste estudo o primeiro passo foi realizar a análise estatística exploratória com os dados das análises químicas e texturais dos solos de cada ilha, utilizando o software SPSS, para posteriormente selecionar as variáveis para se fazer a análise de agrupamento hierárquico. A redução de variáveis através de critérios objetivos, permitindo a construção de gráficos bidimensionais contendo maior informação estatística, pode ser conseguida através da análise de componentes principais. Também é possível construir agrupamentos entre as amostras de acordo com suas similaridades, utilizando todas as variáveis disponíveis, e representá-los de maneira bidimensional através de um dendrograma. A análise de componentes principais e de agrupamento hierárquico são técnicas de estatística multivariadas complementares que têm grande aceitação na análise de dados químicos e físicos de solos (MOITA et al., 1998).

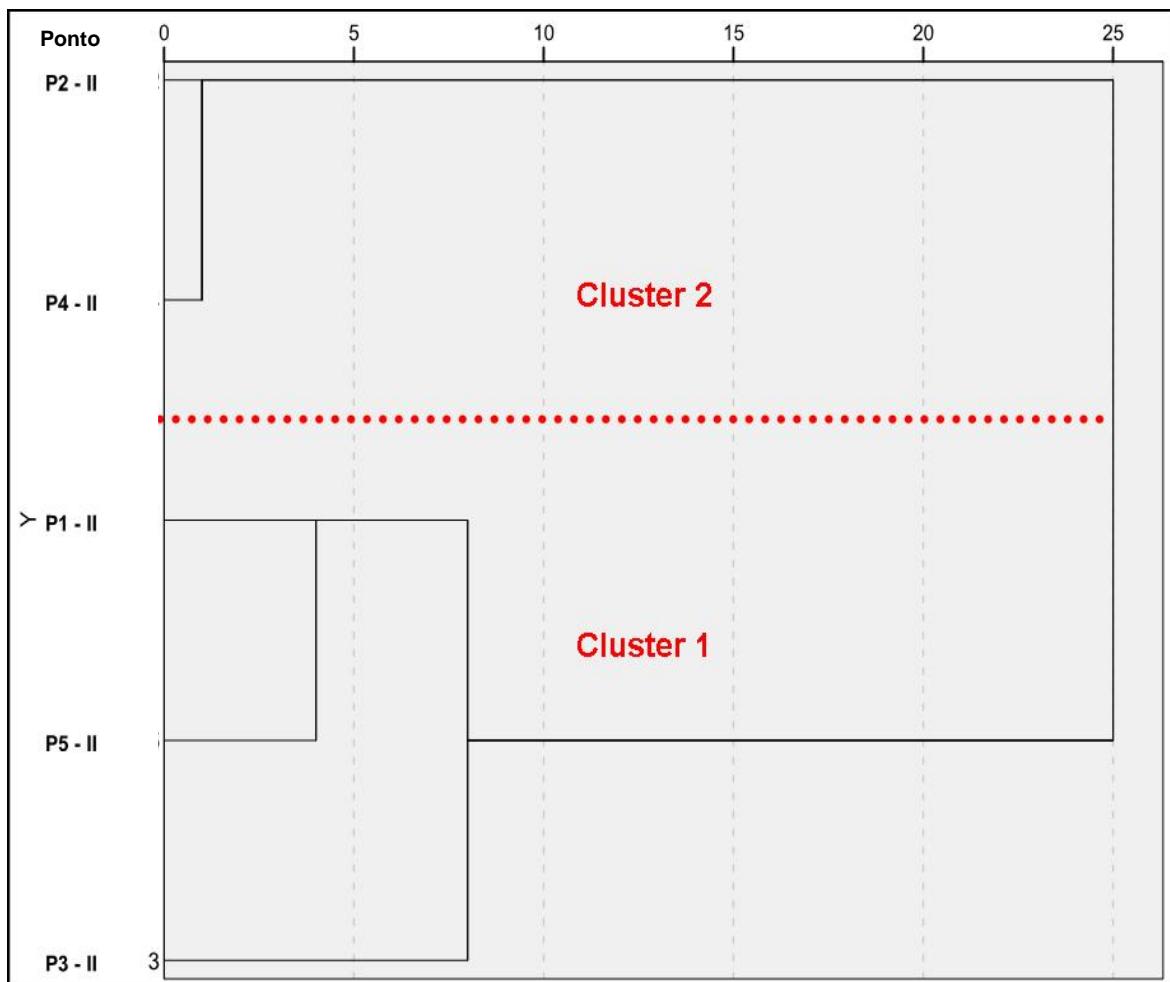
Nesse primeiro passo, após a análise exploratória dos dados, foram selecionados como variáveis mais representativas para a realização da análise de agrupamento hierárquico: **Argila**, **Silte**, **Areia** - necessárias por representarem atributos físicos do solo; e **CTC**, **pH** e **C**, que como visto anteriormente possuem relações diretas e representam atributos químicos do solo.

A técnica de agrupamento hierárquico interliga as amostras por suas associações, produzindo um dendrograma (Figura 23 e 24) onde as amostras semelhantes, segundo as variáveis escolhidas, são agrupadas entre si. A suposição básica de sua interpretação é que quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras. Os dendrogramas são especialmente úteis na visualização de semelhanças entre amostras ou objetos representados por pontos em espaço com dimensão maior do que três, onde a representação de gráficos convencionais não é possível (MOITA, et al., 1998). Os dendrogramas são construídos diretamente por todos os programas estatísticos que fazem classificação dos dados através de agrupamento hierárquico - *Hierarchical Analysis* ou *Cluster Analysis*.

**Figura 23 – Dendrograma com as variáveis Argila, Silte, Areia, CTC, pH e C da Ilha Mutum; utilizando o método Ward Linkage.**



**Figura 24 – Dendrograma com as variáveis Argila, Silte, Areia, CTC, pH e C da Ilha Porto Rico; utilizando o método Ward Linkage.**

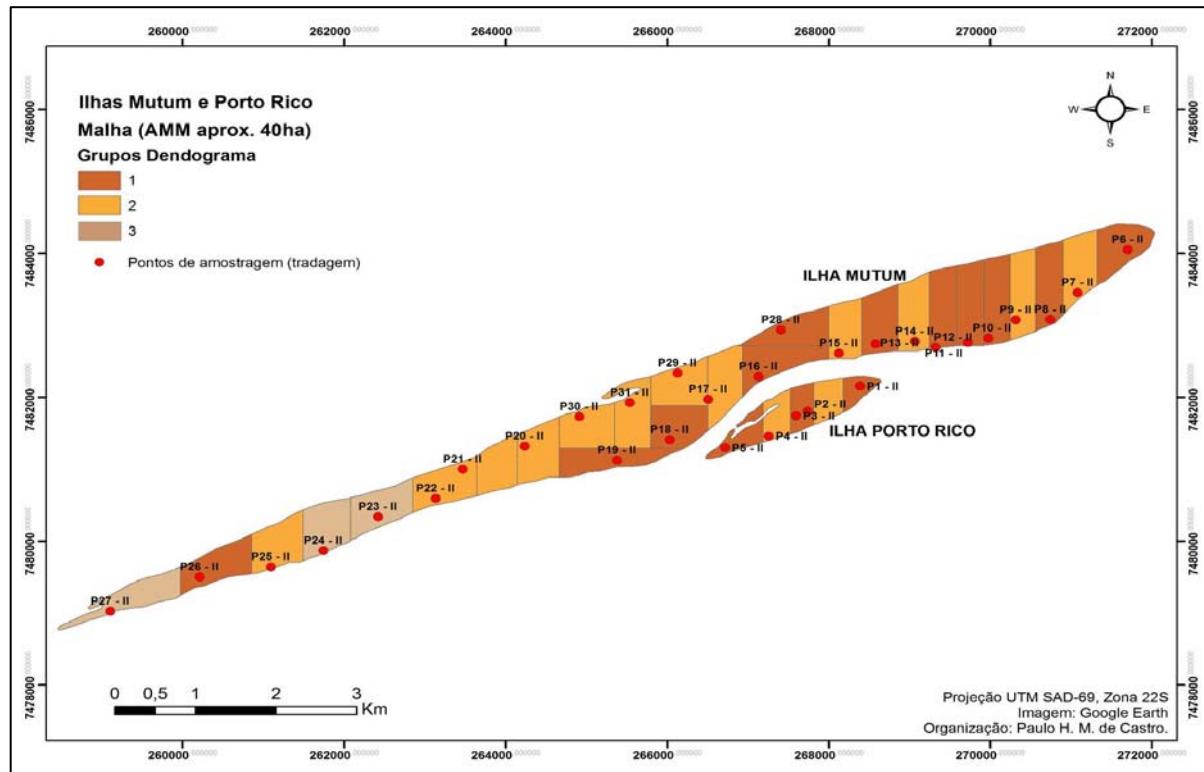


Na Análise Hierárquica de Cluster realizada com os dados da Ilha Mutum fica evidente a existência de três grupos (Figura 23) e na realizada com os dados da Ilha Porto Rico, dois grupos (Figura 24). Além dos dendogramas, a partir da Análise Hierárquica de Cluster foi possível identificar a qual grupo cada ponto de amostragem pertencia (Tabela 6), então, o próximo passo foi a elaboração de um mapeamento dos grupos para se obterem as possíveis relações espaciais (Figura 25).

**Tabela 6 -** Identificação dos grupos da Análise Hierárquica de Cluster - ILHA MUTUM e PORTO RICO.

Pontos: ILHA MUTUM	3 Clusters	Pontos: ILHA PORTO RICO	2 Clusters
1:P6 - II	1	1:P1 - II	1
2:P7 - II	2	2:P2 - II	2
3:P8 - II	1	3:P3 - II	1
4:P9 - II	2	4:P4 - II	2
5:P10 - II	1	5:P5 - II	1
6:P11 - II	1		
7:P12 - II	1		
8:P13 - II	1		
9:P14 - II	2		
10:P15 - II	2		
11:P16 - II	1		
12:P17 - II	2		
13:P18 - II	1		
14:P19 - II	1		
15:P20 - II	2		
16:P21 - II	2		
17:P22 - II	2		
18:P23 - II	3		
19:P24 - II	3		
20:P25 - II	2		
21:P26 - II	1		
22:P27 - II	3		
23:P28 - II	1		
24:P29 - II	2		
25:P30 - II	2		
26:P31 - II	2		

**Figura 25 – Mapeamento dos grupos referente a Análise Hierárquica de Cluster.**



Através dos coeficientes obtidos da análise hierarquia de cluster e posteriormente pela ANOVA (*analysis of variance*) com definição conjunta dos intervalos de confiança pelo método de *Tukey* realizada com os grupos da Ilha Mutum, pode-se verificar que a diferença entre os grupo 1 e 2 é pouco expressiva, em contrapartida do grupo 3. Essas relações podem ser observadas nas tabelas 7 e 8, que demonstram, por exemplo, a ANOVA da variável Argila e CTC.

**Tabela 7 - ANOVA (analysis of variance) da variável argila - ILHA MUTUM**

Argila (%)			
Grupos	Número de elementos	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	13,5000	
1	11		35,6591
2	12		38,9583

**Tabela 8** - ANOVA (analysis of variance) da variável CTC - ILHA MUTUM

Grupos	Número de elementos	Subset for alpha =	
		0.05	
		1	2
3	3	4,3918	
1	11		10,1284
2	12		10,4055

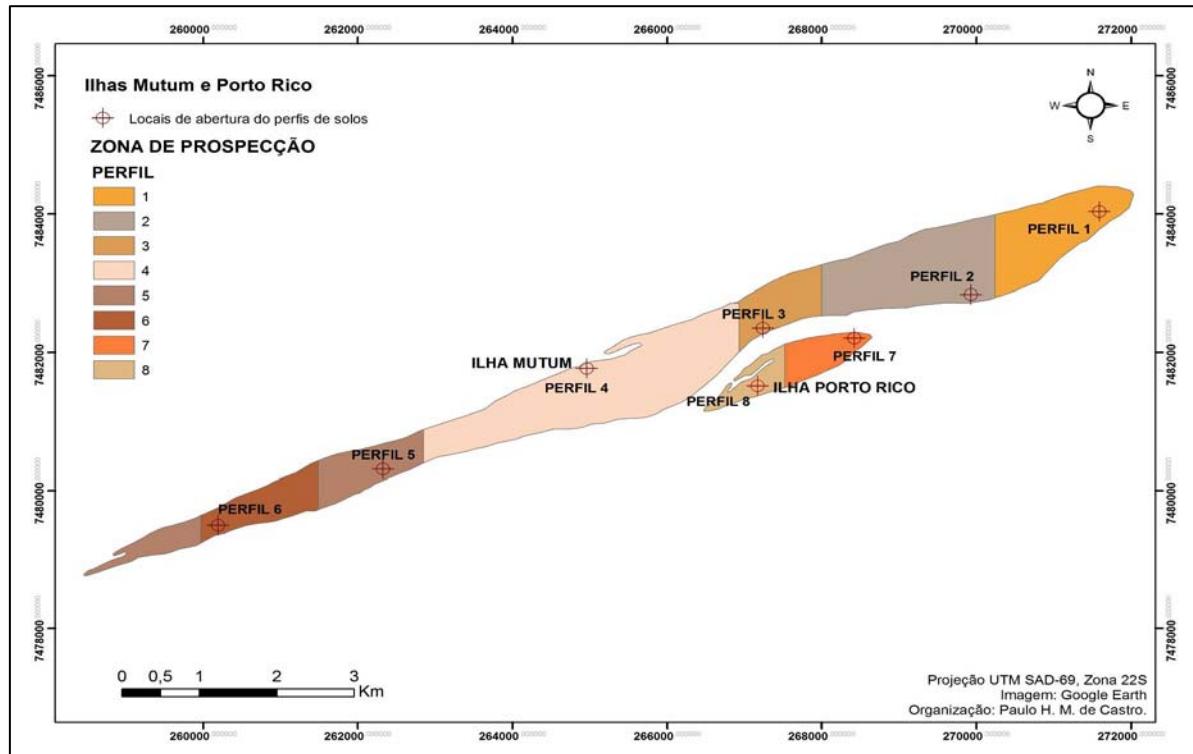
A principal aplicação da ANOVA é a comparação de médias oriundas de grupos diferentes, também chamados tratamentos no que diz respeito à localização. O método de *Tukey* consiste na construção de intervalos de confiança para todos os pares de médias de tal forma que o conjunto de todos os intervalos tenha um determinado grau de confiança. O método de construção destes intervalos depende do fato dos grupos terem ou não a mesma dimensão (GUIMARÃES, et al., 1998).

Com base nesses resultados, juntamente com as observações de campo e conhecimentos sobre as ilhas Mutum e Porto Rico, foram definidos os locais de abertura de perfis e delimitadas as respectivas áreas de prospecção (Figura 26), baseados na malha (grid) gerada a partir da área mínima mapeável (AMM de 40 ha).

Na Ilha Mutum como os grupos 1 e 2 não se diferenciaram muito nos resultados estatísticos (Tabelas 7 e 8) os perfis foram abertos em lugares estratégicos de forma que os perfis 1, 2, 3, 4 e 6 representasse ambos grupos em diferentes margens da ilha. O perfil 5 foi representativo do grupo 3, que apresentou diferença estatística relevante em relação aos grupos 1 e 2.

Na Ilha Porto Rico como se obteve apenas 2 diferentes grupos, desta maneira, não sendo necessário a aplicação da ANOVA, o perfil 7 é representativo do grupo 1 e o perfil 8 é representativo do grupo 2, respectivamente (Figura 26).

**Figura 26 – Mapa dos locais de abertura de perfis de solo e respectivas zonas de prospecção.**



## 7 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Em razão da dimensão territorial do Brasil é possível identificar diversos tipos de solos no país. A espacialização das principais classes de solos do Estado do Paraná, por exemplo, mostra grande variabilidade da cobertura pedológica, mesmo em uma escala não muito detalhada, como no mapeamento proposto por Bhering e Santos (2008). Nele, as ilhas localizadas no alto Rio Paraná foram predominantemente identificados NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos, além de GLEISSOLOS HÁPLICOS (Anexo 2).

No mapeamento de reconhecimento de alta intensidade, realizado nesta pesquisa, foram identificadas quatro classes de solos, definidas até o terceiro nível categórico, com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), sendo elas: NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos<sup>1</sup>, NEOSSOLOS FLÚVICOS Psamíticos, GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos e CAMBISSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos (Anexo 1).

A classificação dos solos foi realizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), 2006. Utilizaram informações de campo como cor, estrutura, consistência, permeabilidade e também os resultados das análises laboratoriais (relação silte/argila).

O tamanho dos perfis para as avaliações de campo variou em média de 2 m de comprimento, 1 m de largura e 1,80 m de profundidade.

[...] A unidade básica de estudo do Sistema Brasileiro de Classificação é o perfil de solo que constitui a menor porção da superfície da terra, apresentando três dimensões e perfazendo um volume mínimo que possibilite estudar a variabilidade dos atributos, propriedades e características dos horizontes ou camadas do solo (SANTOS, et al., 2006).

Dos solos de cada perfil foram realizadas análises químicas e texturais de horizontes superficiais e subsuperficiais mais profundos (Tabelas 9 a 17). Nos horizontes diagnósticos identificados, foram realizadas análises mineralógicas, e quando ausentes, foram realizadas no horizonte C. Os horizontes

---

<sup>1</sup> O 3º nível categórico desta classe de solo (Ta Distrófico) ainda não está discriminada no SiBCS, onde consta, ainda no mesmo nível categórico, apenas NEOSSOLOS FLÚVICOS: Carbonáticos, Sódicos, Sálicos, Psamíticos, Ta Eutrófico, Tb Distrófico e Tb Eutrófico. No entanto, dados desta pesquisa apontam solos com alta atividade da fração argila (Ta) e baixa saturação por bases (Distrófico).

são porções do solo, aproximadamente paralelas à superfície, que sofreram a atuação dos processos de formação do solo, de modo que se distinguem em camadas.

[...] Quando examinados a partir da superfície consistem de seções aproximadamente paralelas - denominadas horizontes ou camadas - que se distinguem do material de origem inicial, como resultado de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria.

As alterações pedológicas de que são dotados os materiais do solo revelam contraste com o substrato rochoso ou seu resíduo pouco alterado, expressando diferenciação pedológica em relação aos materiais pré-existentes (SANTOS, et al., 2006).

Em análise mineralógica inicial, realizada com TFSA, os difratogramas revelaram a ocorrência de minerais como quartzo, caulinita, gibbsita e outros. A metodologia com TFSA identifica minerais de todas as frações do solo (areia, silte e argila), e não somente da fração argila, como as realizadas nos horizontes diagnósticos desta pesquisa. Como se trata de solos arenosos e aluviais, minerais como o quartzo, por exemplo, são abundantes.

## 7.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PERFIS DE SOLO

### 7.1.1 NEOSSOLOS FLÚVICOS ta Distróficos

Os perfis 3, 4 5 e 6, localizados na Ilha Mutum (Figura 24), são representativos da classe NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos (Anexo 2). Esses solos são recentes, pouco evoluídos e sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Horizontes glei, plíntico e vértico, quando presentes, não ocorrem em condição diagnóstica.

Os NEOSSOLOS FLÚVICOS são solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si (SANTOS, et al., 2006). Ainda característico desta classe de solo, foi possível verificar camadas estratificadas em mais de 25% do solo, ou seja, caráter flúvico.

Especificamente, os NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos, são solos com argila de atividade (T) alta ( $T > 27 \text{ cmol}_\text{c}/\text{kg}$  de argila).

Refere-se à capacidade de troca de cátions correspondente à fração argila, calculada pela expressão:  $T \times 1000/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de argila. Atividade alta (Ta) designa valor igual ou superior a 27 cmolc/kg de argila, sem correção para carbono, e atividade baixa (Tb), valor inferior a 27 cmolc/kg de argila, sem correção para carbono. Este critério não se aplica aos solos que, por definição, têm classes texturais areia e areia franca. Para distinção de classes por este critério, é considerada a atividade da fração argila no horizonte B (exclusive horizontes de transição, BA e BC), ou no C, quando não existe B. (SANTOS, et al., 2006).

E saturação por base baixa na maior parte dos primeiros 120 cm da superfície do solo.

Refere-se à proporção (taxa percentual, V% = 100. S/T) de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca determinada a pH7. A expressão alta saturação se aplica a solos com saturação por bases igual ou superior a 50% (Eutrófico) e baixa saturação para valores inferiores a 50% (Distrófico) [SANTOS, et al., 2006].

Os NEOSSOLOS ainda possuem como critério para classificação a insuficiência de atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação, ou seja, não apresentam horizonte diagnóstico. Existe pouca diferenciação de horizontes, com individualização de horizonte A seguido de C ou R, com predomínio de características herdadas do material originário.

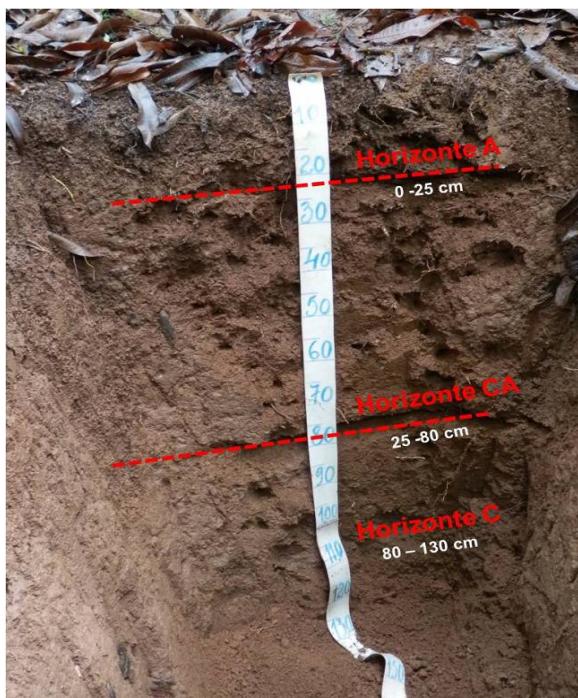
**Tabela 9 - Dados químicos e texturais - Perfil 3 - Ilha Mutum**

Perfil 3 - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico (RYvd)											
Localização: 22°45'00.9" S 53°16'00 O"- ILHA MUTUM											
Horizonte/Profundidade	Argila	Silte	Areia	Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	MO	V
Cm	%			cmolc/kg						g.kg <sup>-1</sup>	%
A   0 - 25	33	23	44	3,7	2,6	0,8	1,2	9,6	50,6	53,6	42,8
80 - 130	0	4	6	,4	,4	,2	,9	,6	9	9,4	8,6

Como se pode observar, no Perfil 3 (Figura 27) foram identificados três horizontes: A (0-25cm), CA (25-80cm) e C (80-130cm). O **horizonte A** deste perfil, como em demais solos fluviais, é marcado pelos processos de formação de solo, desenvolvendo uma estrutura típica, apresentando incorporação de matéria orgânica (53,6 cmolc/kg) e outras propriedades, como coloração mais acinzentada,

que o distingue das demais camadas de deposição (Figura 28). Ele não apresenta fatores que poderiam o definir como um horizonte A diagnóstico, por ser solo em via de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material originário.

**Figura 27** –Perfil 3 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

**Figura 28** – Detalhe dos horizontes. Perfil 3 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.



**Horizonte A**  
0 - 25 cm

**Horizonte CA**  
25 - 80 cm

**Horizonte C**  
80 - 130 cm

**Figura 29** –Mosqueamento - Horizonte CA. Perfil 3 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

O horizonte CA, por se tratar de um solo pouco evoluído, com a ausência de horizonte B diagnóstico, é uma zona de transição entre A e C, características de A e C sem predominância de nenhum desses dois horizontes. Nesta faixa do solo foi possível observar mosqueamento - cores contrastantes na massa do solo, geralmente duas cores onde há predominância de uma delas, como apresentado na Figura 29 que ilustra manchas, pontos avermelhados. A presença de mosqueamento está ligada as condições de drenagem do solo, quando aumenta o tempo em que a água fica no perfil, até atingir o lençol freático.

O horizonte C é constituído por material de origem pouco afetado pelos mecanismos de gênese do solo, ou seja, apresenta características mais acentuadas do que seria a rocha intemperizada, e no caso deste perfil, diminuição ou quase ausência de mosqueamento.

Desta maneira, o Perfil 3 apresentou características suficientes que o enquadra na classe dos NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos. Como o horizonte C não possui caráter sálico, sódico, carbonático; é Ta porque apresentou argila de atividade alta, ( $T = 39 \text{ cmol}_c/\text{kg}$  no horizonte C). Ele é Distrófico porque apresenta saturação por bases baixa (< 50%), na maior parte dos primeiros 120 cm da camada do solo.

Os perfis 4, 5 e 6 também (Figura 26) apresentaram estratificação semelhante de horizontes: A, CA e C e demais características fundamentais como, por exemplo, camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo dentro de 200 cm da superfície do solo, que permitiu também classifica-los como NEOSSOLOS FLÚVICOS, e como Ta Distróficos, por apresentarem argila de atividade alta no horizonte C, e baixa saturação por bases (Tabelas 10, 11 e 12).

**Tabela 10** - Dados químicos e texturais - Perfil 4 - Ilha Mutum

Perfil 4 - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico (RYvd)											
Localização: 22°45'18.7" S 53°17'20.2" - ILHA MUTUM											
Horizonte/Profundidade	Argila	Silte	Areia	Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	MO	V
Cm	%			cmol <sub>c</sub> /kg						g.kg <sup>-1</sup>	%
A   0 - 25	32	31	37	5,1	1,7	0,7	0,7	8	48,4	41,5	48,6
C   50 - 160	16	6	78	0,6	1,7	0,3	1,1	4	41,2	17,4	39,7

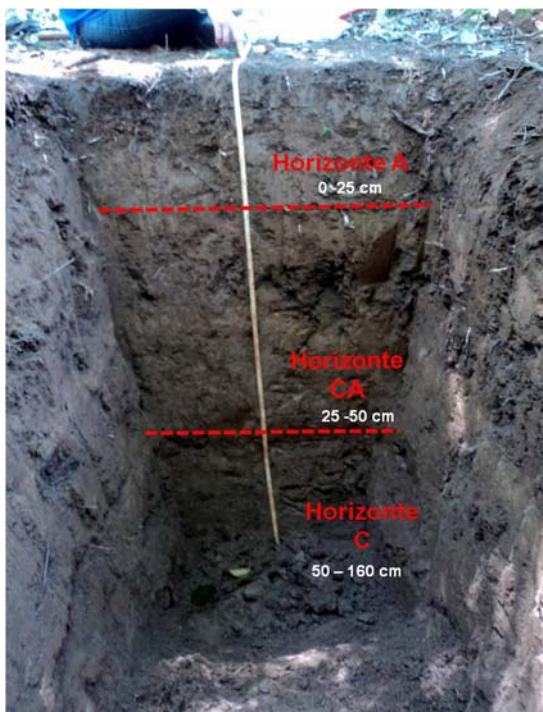
A Figura 30, é um exemplo de como se apresentam as camadas estratificadas derivadas de sedimentos aluviais, assentes sobre o horizonte C (Figura 31), sem relação pedogenética entre si, característica dos NEOSSOLOS FLÚVICOS.

**Figura 30** – Perfil 4 - Faixa arenosa estratificada no horizonte CA - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

**Figura 31** – Perfil 4 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

**Figura 32** – Detalhe dos horizontes. Perfil 4 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

O Perfil 5 (Figura 33 e 34) apresenta horizontes subsuperficiais intermediários mais evoluídos, no entanto sem fatores suficientes para ser considerado um horizonte diagnóstico B incipiente, como, por exemplo, a relação silte/argila que é de 0,5; uma vez que para caracterizar um B incipiente a relação silte/argila deve ser igual ou maior que 0,7 quando se tratar de solos com textura média. A relação silte/argila é:

Calculada dividindo-se os teores de silte pelo teor de argila, resultantes da análise granulométrica. A relação silte/argila serve como base para avaliar o estágio de intemperismo presente em solos de região tropical. É empregada em solos de textura franco arenosa ou mais fina e indica baixos teores de silte e, portanto, alto grau de intemperismo, quando apresenta, na maior parte do horizonte B, valor inferior a 0,7 nos solos de textura média ou inferior a 0,6 nos solos de textura argilosa ou muito argilosa (SANTOS, et al., 2006).

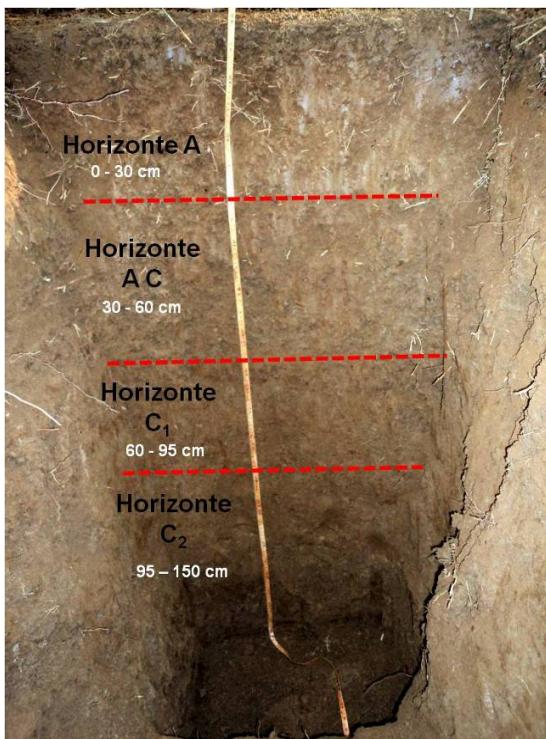
Encontrou-se teores elevados de alumínio (Al) [Tabela 11], principalmente no horizonte C<sub>1</sub>: 3,5 cmol<sub>c</sub>/kg, no entanto, não o suficiente para caracterizá-lo como alumínico, sendo que para essa condição o solo deve se encontrar em estado dessaturado e caracterizado por teor de alumínio extraível maior ou igual a 4 cmol<sub>c</sub>/kg de solo associado à atividade de argila < 20 cmol<sub>c</sub>/kg.

Mesmo a saturação por bases do horizonte C<sub>2</sub> sendo de 54,6 %, ou seja, maior do que 50%, a maior parte dos 120 cm em relação a superfície do solo apresentaram saturação por bases menor que 50%, o classificando como distrófico.

**Tabela 11 - Dados químicos e texturais - Perfil 5 - Ilha Mutum**

<b>Perfil 5 - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico (RYvd)</b>											
<b>Localização: 22°45'18.7" S 53°17'20.2" O- ILHA MUTUM</b>											
<b>Horizonte/Profundidade</b>	<b>Argila</b>	<b>Silte</b>	<b>Areia</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>	<b>T</b>	<b>MO</b>	<b>V</b>
<b>Cm</b>	<b>%</b>			<b>cmol<sub>c</sub>/kg</b>						<b>g.kg<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>
A   0 - 30	35	24	41	1,6	2	0,6	2,5	8,8	37,1	46,9	32,7
C <sub>1</sub>   60 - 95	39	23	38	0,6	2,2	0,1	3,5	13,0	41,0	10,1	18,7
C <sub>2</sub>   95 - 150	30	27	43	0,5	5,2	0,0	2,3	4,8	35,0	18,7	54,6

**Figura 33 – Perfil 5 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.**



Fonte: Paulo Castro.

**Figura 34 – Detalhe dos horizontes Perfil 5 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.**



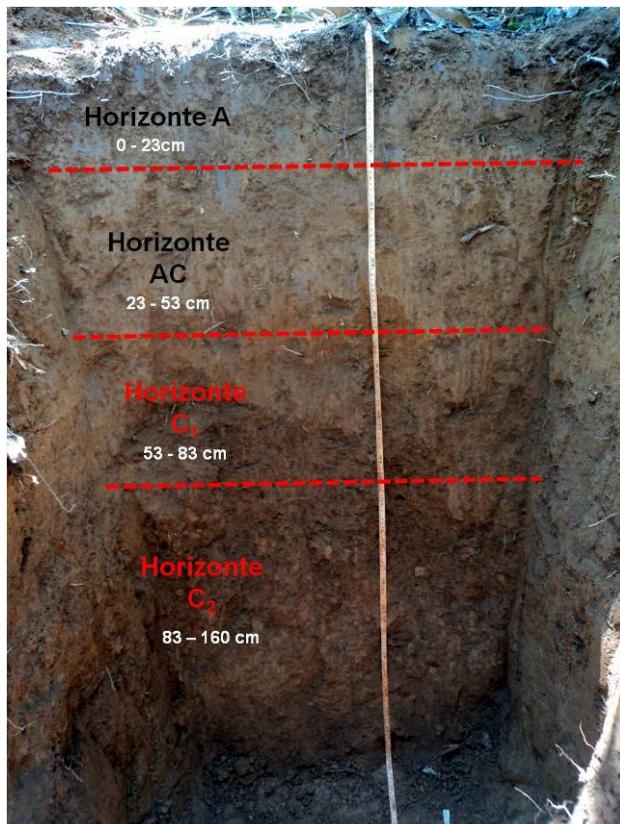
Fonte: Paulo Castro.

O Perfil 6 (Figura 35 e 36) possui a mesma estratificação de horizontes do Perfil 5 - A, AC, C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>, e apresenta características semelhantes. Como todo NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico, o Perfil 6 não apresenta horizonte B, tem atividade de argila alta ( $T > 27 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ ) e saturação por bases baixa (Tabela 12).

**Tabela 12 - Dados químicos e texturais - Perfil 6 - Ilha Mutum**

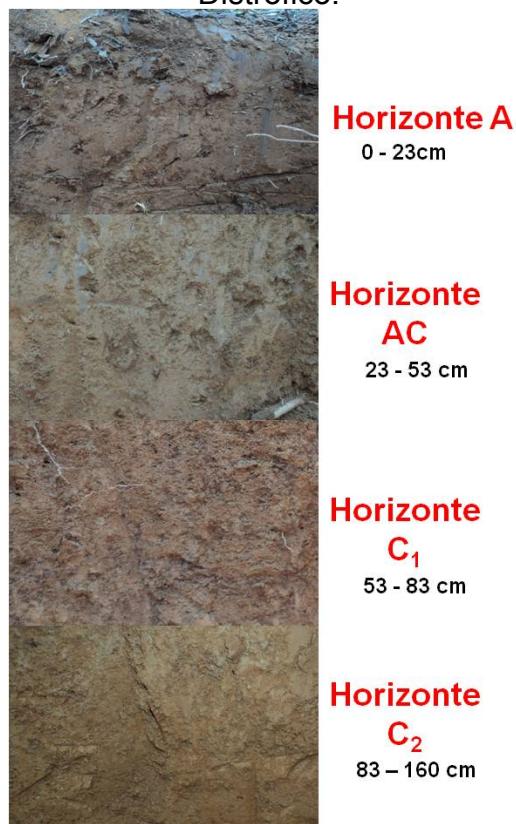
Perfil 6 - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico (RYvd)												
Localização: 22°46'30" S 53°20'08.6 " O - ILHA MUTUM												
Horizonte/Profundidade	Cm	Argila	Silte	Areia	Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	MO	V
		%			cmol <sub>c</sub> /kg						g.kg <sup>-1</sup>	%
A   0 - 23	41	23	36	1,2	3,0	0,5	3,6	8,8	32,9	42,8	35,2	
C <sub>2</sub>   83 - 160	33	25	42	0,2	4,6	0,3	2,7	5,6	32,4	20,1	48,0	

**Figura 35** –Perfil 6 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

**Figura 36** –Detalhe dos horizontes. Perfil 6 - Ilha Mutum - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

Assim como o observado no Perfil 3, no horizonte  $C_1$  do Perfil 6 (Figura 36) há forte presença de mosqueamento. Este perfil é o que melhor ilustra a classe dos NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos encontrados na Ilha Mutum, pelo conjunto das camadas estratificadas de sedimentos recentes, sem relação pedogenética entre si, e também, pelas características químicas, texturais e mineralógicas dos horizontes.

#### 7.1.2 NEOSSOLOS FLÚVICOS Psamíticos

O Perfil 7 é representativo da classe dos NEOSSOS FLÚVICOS Psamíticos. Essa classe de solo possui as mesmas características dos NEOSSOLOS FLÚVICOS, já destacadas anteriormente, e o que os definem como Psamíticos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, é a textura arenosa em todos os horizontes dentro de 120 cm em relação à superfície do solo.

Considerando as informações contidas no Triângulo Textural (Figura 22), os solos de textura arenosa (areia ou areia franca), são aqueles que apresentam valores iguais ou acima de 70% de areia. Observa-se na Tabela 14, que o Perfil 7 (Figura 38), localizado na Ilha Porto Rico, apresenta teores de areia correspondentes a 79% no horizonte A, e 92% no horizonte C, ou seja, arenosa tanto superficialmente como subsuperficialmente.

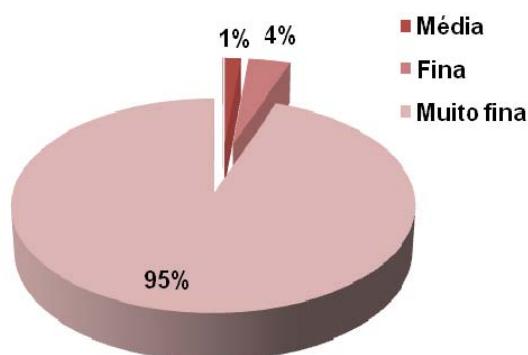
O fracionamento granulométrico (Figura 37) da fração areia deste solo, indica que a grande porcentagem é de areia muito fina (Gráfico 7), segundo a escala de Escala Granulométrica de Wentworth, (1922) [Tabela 13].

**Tabela 13 - Escala Granulométrica de Wentworth, 1922**

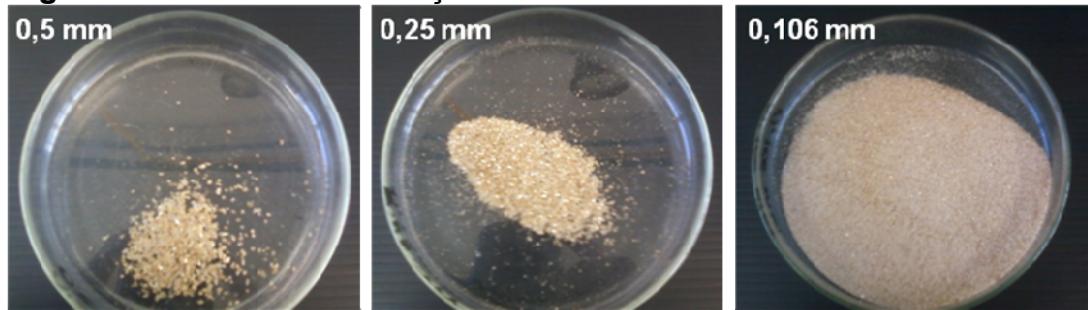
Classificação	(mm)
Areia muito grossa	2 a 1
Areia grossa	1 a 0,5
Areia média	0,5 a 0,25
Areia fina	0,25 a 0,125
Areia muito fina	0,125 a 0,062
Silte	0,062 a 0,00394
Argila	0,00394 a 0,0002

**Fonte:** WENTWORTH, (1922).

**Gráfico 7 –**Média das porcentagens da frações areia. Perfil 7 - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico.



**Figura 37 – Amostras das frações areia. Perfil 7 - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico.**

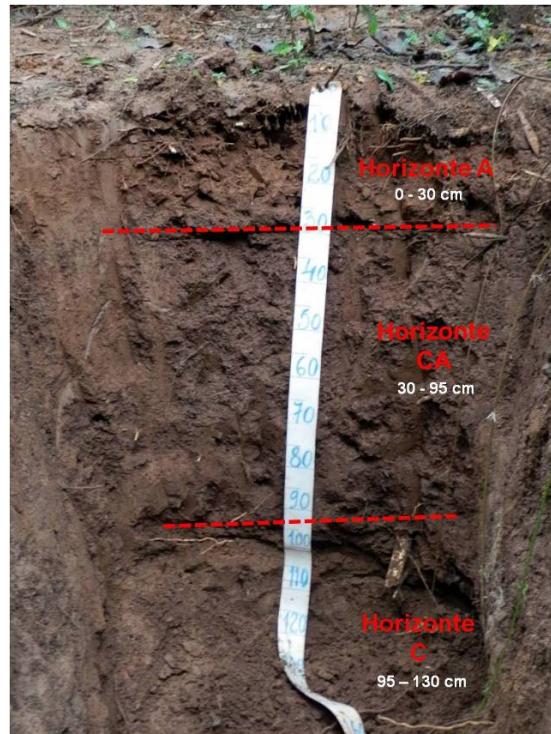


Fonte: Paulo Castro.

**Tabela 14 - Dados químicos e texturais - Perfil 7 - Ilha Porto Rico**

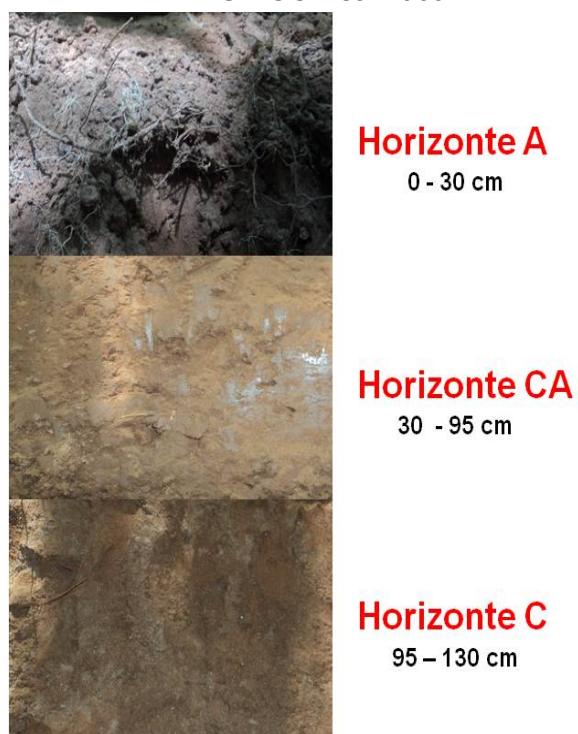
Perfil 7 - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico (RYq)												
Localização: 22°45'06.1" S 53°15'18.8 "O - ILHA PORTO RICO												
Horizonte/Profundidade	Argila	Silte	Areia	Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	MO	V	
Cm	%			cmol <sub>c</sub> /kg								
A   0 - 30	13	8	79	2,4	2,2	0,6	0,4	4,8	- <sup>2</sup>	33,5	52,4	
C   95 - 130	3	5	92	1,6	0,7	0,3	0,0	9,6	-	13,4	21,5	

**Figura 38 – Perfil 7 - Ilha Porto Rico - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico.**



Fonte: Paulo Castro.

**Figura 39 – Detalhe dos horizontes Perfil 7 - Ilha Porto Rico - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico.**



Fonte: Paulo Castro.

<sup>2</sup> Não determinado, pois o cálculo da atividade da fração argila, sem correção para carbono, não se aplica aos solos que, por definição, têm classes texturais areia e areia franca (SANTOS, et, al. 2006).

No Perfil 7 (Figura 38) é evidente a textura arenosa e caráter flúvico em todos os horizontes. Outros atributos como, por exemplo, a cerosidade, ocorre no horizonte CA (Figura 39), devido a concentração de material inorgânico, na forma de preenchimento de poros ou de revestimentos de partículas de frações grosseiras (grãos de areia, por exemplo), que se apresentam em nível macromorfológico com aspecto lustroso e brilho graxo.

### 7.1.3 CAMBISSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos

O Perfil 8 da Ilha Porto Rico, e o Perfil 2 da Ilha Mutum, são representativos da classe CAMBISSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos. Os CAMBISSOLOS são um grupamento de solos, também pouco desenvolvidos, com pedogênese pouco avançada evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura do solo, ausência ou quase ausência da estrutura da rocha, croma mais forte, matizes mais vermelhos ou conteúdo de argila mais elevados que os horizontes subjacentes. Os CAMBISSOLOS possuem o desenvolvimento de horizonte diagnóstico B incipiente em sequencia a horizonte superficial de qualquer natureza (SANTOS, et al., 2006).

O horizonte B incipiente trata-se de um:

[...] horizonte subsuperficial, subjacente ao A, Ap, ou AB, que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou de unidades estruturais, e no qual mais da metade do volume de todos os subhorizontes não deve consistir em estrutura da rocha original (SANTOS, et al., 2006).

- O horizonte B incipiente deve ter no mínimo 10 cm de espessura e apresenta algumas características principais, como:
- Não satisfazer os requisitos estabelecidos para caracterizar um horizonte B textural, B nítico, B espódico, B plânico e B latossólico, horizonte plíntico e nem expressiva evidência de redução distintiva de horizonte glei;
- Apresenta dominância de cores brunadas, amareladas e avermelhadas, com ou sem mosqueados ou cores acinzentadas com mosqueados, resultantes da segregação de óxidos de ferro;

- Textura franco-arenosa ou mais fina;
- Desenvolvimento de unidades estruturais no solo (agregados ou peds) e ausência da estrutura da rocha original, em 50% ou mais do seu volume.

O horizonte B incipiente pode apresentar características morfológicas semelhantes a um horizonte B latossólico, diferindo deste, segundo o SIBCS, destingem-se destes por apresentar uma ou mais das características abaixo especificadas, não compatíveis com solos muito evoluídos:

- Capacidade de troca de cátions, sem correção para carbono, de 17cmolc/kg de argila ou maior;
- 4% ou mais de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo), ou 6% ou mais de muscovita, determinados na fração areia, porém referidos à TFSA;
- Relação silte/argila igual ou maior que 0,7 quando a textura for média, sendo igual ou maior que 0,6 quando for argilosa ou muito argilosa;
- Espessura menor que 50cm;
- 5% ou mais do volume do horizonte apresenta estrutura da rocha original, como estratificações finas, ou saprolito, ou fragmentos de rocha semi ou não intemperizada.

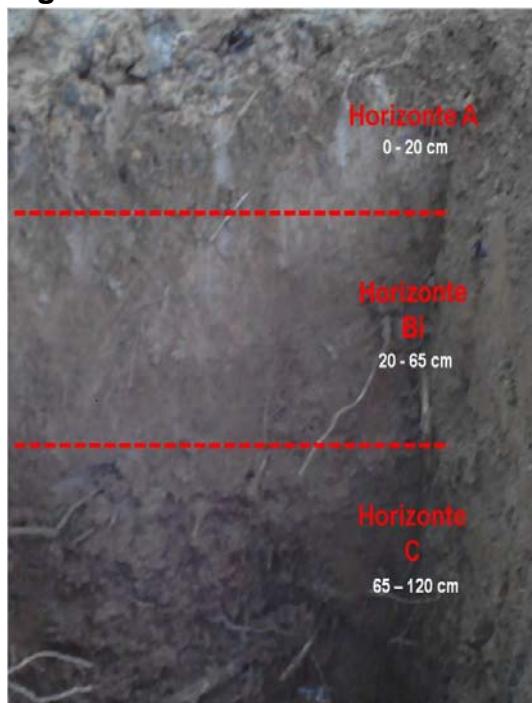
Os CAMBISSOLOS FLÚVICOS apresentam caráter flúvico dentro de 120 cm a partir da superfície do solo. No perfil 8 (Figura 40), o horizonte diagnóstico B incipiente (Bi) tem espessura de 45 cm (Tabela 15), com predominância de cores acinzentadas com mosqueados, resultantes da segregação de óxidos de ferro. A relação silte/argila do horizonte diagnóstico é de 0,7, característico de horizonte B incipiente, tratando-se de solos de textura média.

**Tabela 15 - Dados químicos e texturais - Perfil 8 - Ilha Porto Rico**

Perfil 8 - CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Distrófico (CYvd)											
Horizonte/Profundidade	Argila	Silte	Areia	Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	MO	V
Cm	%			cmol <sub>c</sub> /kg						g.kg <sup>-1</sup>	%
A   0 - 20	46	36	18	1,9	1,4	0,4	4,1	15,1	41,3	28,4	20,2
Bi   20 - 65	24	17	59	0,8	1,4	0,1	1,5	7,2	40,0	4,5	25,1
C   65 - 120	9	4	87	0,4	1,1	0,0	0,9	3,9	-	0,2	28,4

A atividade da argila (T) no horizonte Bi foi maior que 27 cmol<sub>c</sub>/kg, o que classifica este solo como Ta, e sendo sua saturação por bases (V) menor que 50%, como Distrófico (Tabela 15).

O perfil 2 (Figura 41), localizado na Ilha Mutum, também apresenta características semelhantes, uma vez que a relação silte/argila do horizonte Bi é 0,91, tendo atividade de argila alta (T = 33,7 cmol<sub>c</sub>/kg) e saturação por bases baixa (V = 42,6%) [Tabela 16].

**Figura 40 – Perfil 8 - Ilha Porto Rico - CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.**

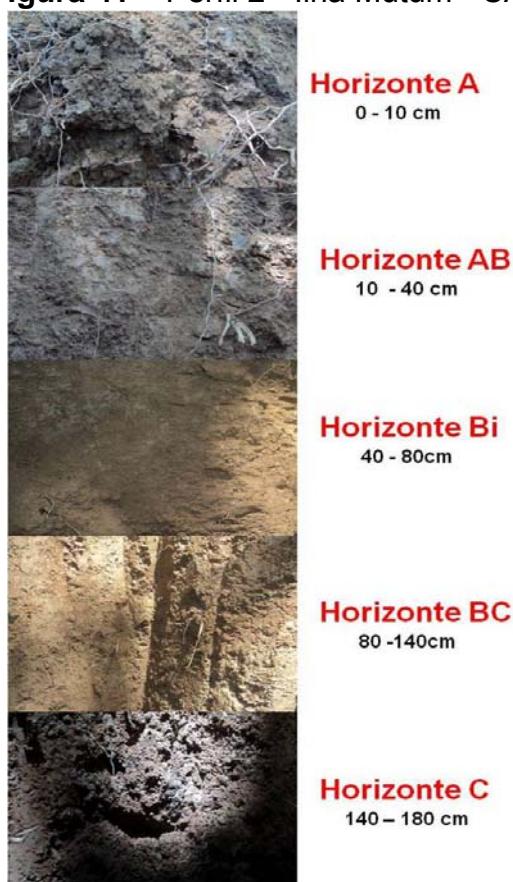
Fonte: Paulo Castro.

**Tabela 16 - Dados químicos e texturais - Perfil 2 - Ilha Mutum**

Perfil 2 - CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Distrófico (CYvd)											
Localização: 22°44'46.5" S 53°14'25.5" O - ILHA MUTUM											
Horizonte/Profundidade	Argila	Silte	Areia	Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	MO	V
Cm	%			cmol <sub>c</sub> /kg				g.kg <sup>-1</sup>		%	
A   0 - 10	12	48	40	2,8	2,5	0,5	1,7	10,4	-	44,2	36,1
Bi   80 - 140	37	34	29	0,8	4,3	0,1	1,1	7,2	33,7	3,0	42,6
C   140 - 180	22	30	48	1,0	6,2	0,2	1,7	5,6	59,0	22,7	57,0

Diferente do Perfil 8, o Perfil 2 apresentou cores brunadas e amareladas com mosquedados, no horizonte diagnóstico Bi (Figura 41) com espessura de 40 cm. As cores dos horizontes de solos, além de outros fatores como, por exemplo, quantidade de matéria orgânica, geralmente estão relacionadas principalmente ao material de origem, que no caso deste perfil pode ser decorrente do mineral goethita.

Por se tratar de um perfil um pouco menos evoluído que o anterior, ainda é possível observar horizontes de transição, como o AB e o BC.

**Figura 41 – Perfil 2 - Ilha Mutum - CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Distrófico.**

**Fonte:** Paulo Castro.

### 7.1.4 GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos

O Perfil 1 da Ilha Mutum é representativo da classe GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos. Os GLEISSOLOS são um grupamento de solos constituídos por material mineral com horizonte glei imediatamente de horizonte A, ou de horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura; ou horizonte glei começando dentro de 50 cm da superfície do solo, além disso, não apresentam qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei (SANTOS, et al., 2006).

É um horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial, com espessura de 15 cm ou mais, caracterizado por redução de ferro e prevalência do estado reduzido, no todo ou em parte, devido principalmente à água estagnada, como evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do horizonte, com ou sem mosqueados de cores mais vivas. Trata-se de horizonte fortemente influenciado pelo lençol freático e regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica (SANTOS, et al., 2006).

O Perfil 1 (Figura 44 e 45) apresenta horizonte glei com 50 cm de espessura, iniciando a 25 cm da superfície do solo, sendo este o horizonte diagnóstico. Como este perfil não apresenta horizontes sulfúricos, caráter sálico, horizonte H hístico ou A húmico, ele é HÁPLICO, ou seja, não se enquadra na classe dos TIOMÓRFICOS, SÁLICOS ou MELÂNICOS.

O horizonte glei deste perfil (Figura 42 e 43) é constituído por material de textura argilosa (Tabela 17) e suas cores são de cromas bastante baixos, próximas de neutras ou realmente neutras. Há estrutura com agregação, sendo as faces dos elementos estruturais de cor acinzentada e mosqueamento de cores avermelhadas; e os interiores dos elementos de estrutura possuem mosqueados proeminentes.

No caso deste perfil, o horizonte glei é saturado com água periodicamente, devido aos processos de cheias do Rio Paraná, o que propicia estes mosqueados de croma alto, avermelhados, resultantes de segregação de ferro e precipitação na forma de óxidos.

**Figura 43** –Mosqueamentos do horizonte glei. Perfil 1 - Ilha Mutum - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro

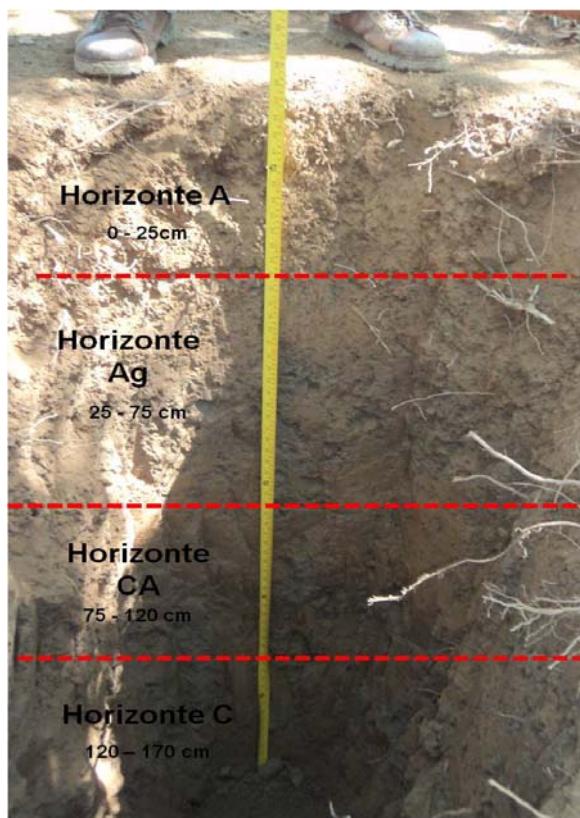
**Figura 42** –Detalhe do horizonte glei. Perfil 1 - Ilha Mutum - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro

Como o horizonte satisfaz os requisitos para ser identificado como horizonte glei, atribui-se à condição de gleização importância mais decisiva para identificação de horizonte diagnóstico que aos demais atributos que ocorrem simultaneamente no horizonte (SANTOS, et al., 2006).

**Figura 44** –Perfil 1 - Ilha Mutum - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

**Figura 45** –Detalhe dos horizontes. Perfil 1 - Ilha Mutum - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico.



Fonte: Paulo Castro.

Com base nos resultados das análises químicas o perfil se enquadra como Ta Distrófico, uma vez que, apresenta solos com argila de atividade alta, em média 30,2 cmol<sub>c</sub>/kg, e baixa saturação por bases na maior parte dos primeiros 100cm a partir da superfície do solo (Tabela 17).

**Tabela 17** - Dados químicos e texturais - Perfil 1 - Ilha Mutum

Perfil 1 - GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distrófico (GXvd)												
Localização: 22°44'08.2" S 53°13'26.7" - ILHA MUTUM												
Horizonte/Profundidade	Argila	Silte	Areia	Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	MO	V	
Cm	%		cmol <sub>c</sub> /kg				g.kg <sup>-1</sup>		%			
A   0 - 25	41	19	40	0,4	2,4	0,4	3	6,4	23,4	40,2	33,9	
Ag   25 - 75	50	24	26	1,1	2,7	0,3	3,2	12,1	32,6	12,9	25,7	
C   120 - 170	45	2	53	0,6	10	0,2	2,7	4,8	34,6	21,4	69,3	

Em geral, pode-se dizer que o Pefil 1 representa um solo mal drenado, em condições naturais, que apresenta horizonte glei formado principalmente a partir de sedimentos estratificados, e sujeitos a constante excesso d'água, devido a proximidade dos cursos d'água, ou seja, sujeito a condições de hidromorfia.

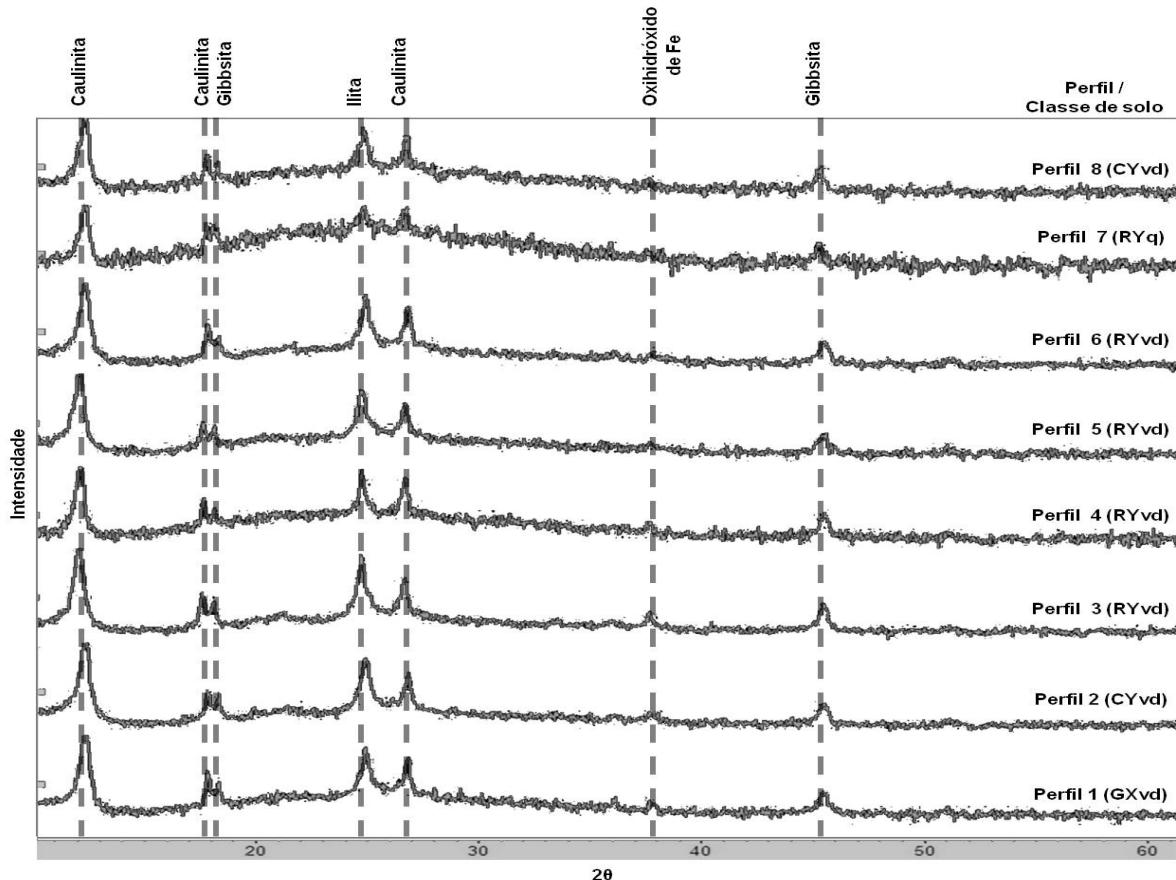
## 7.2 MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

Na ausência de horizonte diagnóstico, como B incipiente ou horizonte glei; aplicou-se o mesmo critério utilizado para atividade da fração argila, ou seja, foi realizada a análise mineralógica no horizonte C. Desta maneira, nos Perfis 2 e 8 (CYvd) a análise mineralógica foi realizada com a fração argila do horizonte Bi; no Perfil 1 (Gxvd) com o horizonte Ag (glei); e nos demais (RYvd) com o horizonte C. A Figura 46 demonstra esquematicamente os picos dos difratogramas dos oito perfis de solos analisados nas ilhas Mutum e Porto Rico.

Todos os solos analisados apresentaram um padrão de picos em relação a alguns argilo-minerais, como: caulinita, gibbsita e ilita, além de oxihidróxido de ferro (Figura 46). Os argilo-minerais compreendem uma grande família de minerais, que podem ser classificados em diversos grupos, conforme a estrutura cristalina e as propriedades semelhantes. Os principais grupos de argilo-minerais são os das caulinitas, ilitas e montmorilonitas.

A estrutura dos argilo-minerais é constituída, em sua essência, de camadas de sílica e hidróxido de alumínio. A unidade cristalina da sílica é um tetraedro, cujos vértices são ocupados por oxigênio e em cujo centro há um silício; enquanto o hidróxido de alumínio da gibbsita é um octaedro, onde os vértices são ocupados por hidroxilas e o centro pelo alumínio (VIEIRA, 1988).

**Figura 46 –** Esquema apresentando os picos do respectivos minerais, a partir dos difratogramas gerados no software X’Pert Highscore Plus.



A caulinita é um argilo-mineral composto por Alumínio, Silício, Oxigênio e OH, ela tem estrutura simples de camadas 1:1 em que não ocorrem substituições por outros íons, visto que não há deficiência de carga em sua estrutura. Ela é geralmente formada pelo intemperismo gerado pela hidrólise parcial, em condições de drenagem menos eficientes, onde o potássio é totalmente eliminado pela água, e 66% da sílica permanece no mineral, formado através da seguinte reação:  $2 \text{KAIS}_3\text{O}_8 + 11 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + 4\text{H}_4\text{SiO}_4 + 2\text{K}^+ + 2\text{OH}^-$  (VIEIRA, 1988).

Desta maneira, a formação da caulinita se dá em ambientes muito diluídos, com muita lixiviação ou presença de ácidos orgânicos,  $\text{CO}_2$ , provenientes de compostos ricos em matéria orgânica, com é o caso do ambiente das ilhas Mutum e Porto Rico.

A gibbsita,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , é uma das formas minerais do hidróxido de alumínio, e pode estar associada a feldspatos, caulinita e outros minerais aluminosos. A gibbsita é gerada por intemperismo químico, com intensa lixiviação,

de rochas ricas em feldspatos ou outros minerais aluminosos em clima quente e úmidos.

A participação da caulinita e da gibbsita nas características físicas dos solos já foi estudada por diversos autores, como: Resende (1985), Ferreira et al. (1999), Resende et al. (2007), entre outros. A presença da caulinita e a gibsita nos solos é condicionada, principalmente, pelo conteúdo de sílica, oriunda da evolução pedogenética. Desta forma, quando a dessilicatização é moderada, a caulinita é formada, e quando total, forma-se a gibssita (CAMPOS, et al. 2008).

Os solos onde predominam os minerais de argila do grupo das caulinitas têm pouca capacidade de reter elementos nutrientes. Como há pouca substituição do átomo central tanto nos tetraedros de caulinita quanto nos octaedros de gibbsita, há pouco desequilíbrio de cargas, gerando poucas cargas negativas, ou seja, pequena capacidade de troca de cátions (CTC).

Esses dois minerais, segundo Ferreira et al.(1999), exercem influência sobre as propriedades físicas do solo, sendo responsáveis pelo desenvolvimento da estrutura granular e importantes para manter as partículas do solo flokuladas, além de dar maior estabilidade aos agregados. Altos teores de gibbsita, por exemplo, favorecem a agregação na forma de estrutura granular fina e muito estável (CAMPOS, et al. 2008), que não é o caso das ilhas Mutum e Porto Rico, por se tratar de solos pouco evoluídos.

A ilita, ou mica hidratada, também identificada nos difratogramas (Figura 46), são micas que gradam em direção a argilas, possui estrutura semelhante a da esmectita (2:1), diferindo por haver maior substituição do alumínio por sílica, diferem também da mica-muscovita por ter mais sílica e menos potássio. O diâmetro médio das ilitas varia entre 0,1 e 0,3 micrôn, e é representada pela fórmula geral:  $K_{1-1,5}Al_4[Si_{7-6,5}Al_{1-1,5}O_{20}](OH)_4$ .

Desta forma, esperava-se identificar ilita na fração argila dos solos das ilhas Mutum e Porto Rico, uma vez que foi identificada mica-muscovita em análise mineralógica preliminar considerando todas as frações do solo, e também em observações de campo, uma vez que possui brilho característico.

Nas ilitas, geralmente o potássio interlaminar impede a entrada de água e cátions na estrutura. No entanto, quando nas ilitas a substituição do silício das camadas de tetraedros por alumínio for pequena, as ligações entre as unidades

estruturais proporcionadas pelos cátions de potássio podem ser deficientes e permitirão a entrada de água e cátions. Quando isso ocorre, as propriedades das ilitas se aproximam das propriedades das montmorilonitas.

Diversos autores como, Caputo (1988), Ferreira et al., (2005), Pinto (2000), entre outros, vêm procurando correlacionar os limites de consistência dos solos com os aspectos mineralógicos das argilas, pois a plasticidade, por exemplo, está relacionada à forma de suas partículas, que é específica do argilo-mineral existente no solo. No entanto, ainda que, os limites de liquidez e de plasticidade possam ser obtidos através de ensaios bastante simples, a interpretação física e o relacionamento quantitativo dos valores obtidos com os fatores de composição do solo, tipo e quantidade dos minerais, tipo de cátion adsorvido, forma e tamanho das partículas, composição da água é difícil e complexo.

Como o objetivo da análise mineralógica realizada nos perfis de solos das ilhas Mutum e Porto Rico, era o de identificar os minerais, e não quantificá-los; o tempo de leitura de cada placa no difratômetro de raios x foi relativamente curto, dificultando a determinação exata do mineral do pico de oxihidróxido de ferro (Figura 46). Além do mais, óxidos de ferro e alumínio, assim como grande parte de minerais de argila do tipo 1:1, são decorrentes de intensos processos de intemperismo, considerados como produtos finais do intemperismo químico e altamente resistentes à dissolução, consequentemente típicos de solos bastante desenvolvidos, o que não é característico das ilhas Mutum e Porto Rico.

Os óxidos de ferro e alumínio, à semelhança dos argilo-minerais 1:1, têm baixa CTC e também contribuem pouco na retenção de nutrientes no solo. As cores avermelhadas e/ou amareladas de boa parte dos mosqueamentos verificados nos perfis analisados nas ilhas, como, por exemplo, no horizonte diagnóstico glei (Figura 43) do Perfil 1 da Ilha Mutum se deve a presença, em quantidades variáveis, dos oxihidróxidos de ferro.

Como a hematita é mais comum em ambientes menos úmidos e pobres em matéria orgânica, e a goethita, por outro lado, forma-se preferencialmente em ambientes mais úmidos, de drenagem mais fraca e ricos em matéria orgânica, como ocorre nas ilhas Mutum e Porto Rico, provavelmente os picos de oxihidróxido de ferro, identificados nos difratogramas, sejam de goethita.

A goethita é um dos minerais da fração argila mais encontrados em solos de clima tropical e em quase todos os tipos de solos nas mais diversas regiões climáticas do globo. Nos locais onde predomina, a goethita imprime aos solos a coloração amarela ou bruna bastante encontrada nos solos brasileiros. Em função dos vários tipos de hidroxila, a morfologia e as faces expostas desse mineral são importantes no desenvolvimento de cargas em ambiente aquoso. O grupamento OH possui um par de elétrons junto com um átomo de hidrogênio dissociável, o que permite reagir tanto com ácidos quanto com bases, dando aos óxidos de ferro, em geral, um caráter anfótero (CORNELL et al., 1996).

Dentre esses quatro principais minerais da fração argila (caulinita, gibbsita, ilita goethita) identificados nos solos das ilhas Mutum e Porto Rico, é possível observar nos difratogramas (Figura 46) que a intensidade dos picos se dispõe de forma semelhante, com exceção dos picos de oxidohidróxido de ferro, provavelmente correspondentes a goethita, que estão mais visíveis apenas nos perfis 1, 3 e 7, e praticamente ausente nos demais.

Os difratogramas dos perfis 7 e 8, correspondentes a Ilha Porto Rico, indicam a existência de ruído com maior intensidade. Nestas amostras a relação entre a intensidade do pico e o ruído é muito pequena, por isso os espectros estão mais “grossos” que os demais. Isso demonstra que as amostras possuem pouco material cristalino, provavelmente por se tratarem de solos arenosos. O perfil 7 - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico, por exemplo, apresenta valores >70% de areia, o que evidencia a característica de solos ainda pouco intemperizados (evoluídos), de maneira que a maior parte do material cristalino encontra-se na fração areia, e não na fração argila.

## 8 MAPA DE SOLOS DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO

O mapa de solos das ilhas Mutum e Porto Rico está apresentado no Anexo 1. Para sua elaboração em escala 1:100 000, como visto anteriormente, foi utilizado o mapeamento de reconhecimento de alta intensidade, segundo o Manual de Pelodologia do IBGE (2007). Teve-se como área mínima mapeável (AMM) 40 ha, onde foram realizadas as coletas de amostras extras e definidas, a partir desta grid, as zonas de prospecção das classes de solos. Todas as etapas deste mapeamento estão ilustradas no fluxograma (Figura 17).

Os padrões de cores, simbologia e legendas pautaram-se em critérios estabelecidos pelo SiBCS (2006). A distinção das cores das classes nos mapas de solos é definida, apenas, no 1º e 2º nível categórico (Figura 47), para distinções a partir do 3º nível categórico é utilizada a simbologia.

Por exemplo, para distinguir as classes NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos e NEOSSOLOS FLÚVICOS Psamíticos, é necessário utilizar a simbologia (Tabela 18), uma vez que, a diferença entre elas está no 3º nível categórico, sendo representadas pela mesma cor.

**Figura 47** – Padrão de cores para representação da classe de NEOSSOLOS.

### NEOSSOLOS



**Fonte:** adaptado SBICS (Santos, et al., 2006)

**Tabela 18 - Simbologia empregada para NEOSSOLOS FLÚVICOS**

<b>CLASSE - 3º NÍVEL CATEGÓRICO</b>	<b>SIMBOLOGIA</b>
NEOSSOLOS FLÚVICOS Carbonáticos	RYk
NEOSSOLOS FLÚVICOS Sódicos	RYn
NEOSSOLOS FLÚVICOS Sálicos	RYz
NEOSSOLOS FLÚVICOS Psamíticos	RYq
NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos	RYbd
NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos	RYbe
NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos	RYve
NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos	RYvd <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Simbologia adaptada, classe não consta no SiBCS. NEOSSOLOS FLÚVICOS (RY), Ta (v) Distróficos (d).

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste mapeamento de solos realizado nas ilhas Mutum e Porto Rico, no alto Rio Paraná, buscou-se identificar os solos destes locais no âmbito pedológico. Ainda que as ilhas do alto Rio Paraná façam parte da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (APAIV), 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, elas correspondem também, a áreas de preservação permanente, o que restringe o uso do solo, por exemplo, para atividades econômicas.

Os mapeamentos de reconhecimento de alta intensidade, elaborados em áreas de dimensões relativamente pequenas, como o realizado nas ilhas Mutum e Porto Rico, têm sido muito demandados ultimamente para efeito de estudos ambientais, fornecendo informações básicas razoavelmente precisas para planejamento geral de programas de conservação dos solos. E foi nesta perspectiva que esta pesquisa buscou contribuir, tendo em vista que, a preservação destas ilhas é de grande importância para a paisagem local, à medida que a população regional, principalmente do município de Porto Rico-PR é dependente destes locais em suas atividades socioeconômicas, hoje fundamentalmente baseada na atividade turística.

Diversos estudos vêm sendo realizados nas ilhas do alto Rio Paraná, principalmente após a criação do Núcleo de Pesquisas em Limnologia e Aquicultura (NUPELIA), na década de 80. No entanto, são poucos e não muito aprofundados os estudos a cerca dos solos destas áreas, os mais específicos foram relacionados à avaliação de processos de erosão marginal. Neste sentido, esta pesquisa buscou gerar conhecimentos mais quanto à classificação dos solos destes locais.

Ainda que os solos das ilhas do alto Rio Paraná sejam pouco evoluídos, em sua maioria NEOSSOLOS FLÚVICOS, decorrentes de processos deposicionais recentes; a caracterização pedológica proposta neste mapeamento revelou também, solos com horizontes mais evoluídos e com relações pedogenéticas entre si, como no caso dos horizontes diagnósticos B incipiente e glei, presentes nos CAMBISSOLOS e GLEISSOLOS encontrados nas ilhas Mutum e Porto Rico, respectivamente.

Com base nos levantamentos de campo e no SiBCS foram identificados, até o 3º nível categórico, CAMBISSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos, GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos e NEOSSOLOS FLÚVICOS Psamíticos. No entanto, além destas, os dados químicos e físicos gerados a partir da análise de horizontes dos perfis de solos, revelaram uma classe, a partir do 3º nível categórico, ainda não discriminada no SiBCS (2006) - a dos NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos (RYvd), sugerida, uma vez que a maioria dos solos analisados apresentaram alta atividade da fração argila (sem correção para carbono) e baixa saturação por bases.

Dos oito perfis de solos analisados nas ilhas Mutum e Porto Rico, quatro deles, localizados na Ilha Mutum, apresentaram esta nova classe de solo sugerida (RYvd), condizendo com o tratamento estatístico dos dados das amostras extras, que indicavam um grupamento estatisticamente diferenciado nestes locais.

Com base neste mapeamento, realizado na escala de 1:100.000, dos solos das ilhas Mutum e Porto Rico, é possível considerar que as classes de solos encontradas nestes locais, possam também estar presentes nas demais ilhas do alto Rio Paraná, tanto a montante quanto a jusante.

## REFERÊNCIAS

- ALVA, A. K. et al. **Relationships between root lenght of soybean and calculated activities of aluminium monomers in nutrient solution.** Soil Science Society of America Journal, v. 50, p. 959-962, 1986.
- AGOSTINHO, A.G; HAHN, N.S; VAZZOLER, A. E. A de M. **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.** Maringá: EDUEM: Nupélia, 1997. 460 p.
- ANDRADE, H. et al. Diagnóstico ambiental do município de Lavras com base em dados georreferenciados do meio físico: IV principais grupamentos de solos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, (CONBEA) 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais... Minas Gerais:** SBEA, 1998. Artigos, p.442-443.
- BARROSO, L.P. **Análise Multivariada.** 48<sup>a</sup> Reunião da RBRAS e 10<sup>o</sup> SEGRO –7 a –Lavras MG. Departamento de Ciências e Exatas. Universidade Federal de Lavras, 2003.
- BALDWIN, M., KELLOGG, C. E., & THORP, J. **Soil classification.** In Soils and men: Yearbook of agriculture. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 1938. pp. 979-1001.
- BENEDINI, M.S. **Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar.** COPERSUCAR, Série Agronômica, n° 16, 1<sup>a</sup> edição, 1988. 19p.
- BHERING, S. B; SANTOS, H.G. dos. **Mapa de Solos do Estado do Paraná - Legenda Atualizada.** 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: IAPAR, 2008. v. 1. 74 p.
- BOLETIM TÉCNICO N° 100, 2<sup>a</sup> edição.** RAIJ, B. van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A . & FURLANI, A.M.C., (eds). Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo, 2.ed., Campinas, SP, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996, 285p
- BOLETIM TÉCNICO, N° 106.** CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S., (eds). Métodos de Analise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p.
- BORSATO, Victor de Assunção ; SOUZA FILHO, E. E. . **A dinâmica climática em Porto Rico-PR.** In: VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2006, Rondonópolis. Anais do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2006. p. 01-11.
- BRAGA, G. M. **A matéria orgânica do solo.** Disponível em: <http://www.artigos.com/artigos/engenharia/agricola/a-materia-organica-do-solo-14382/artigo/>. 2010. Acesso em: Jul. 2011.

CAMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensingand GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CAMARGO, Antonio O. de; RAIJ, Bernardo V; VALADARES, Jose M. A. da S. Avaliação da capacidade de troca de cátions em solos utilizando o método do tampão SMP. **Revista Científica do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Junho de 1982, Artigo 12.

CAMPOS, P. M. et al. **Difratômetria de raios X aplicada na identificação de gibsita e caulinita em latossolos do Distrito Federal**. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. Brasília, DF, 2008.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. 6 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1988. 234 p.

CASTILHOS, R.M.V. **Suprimento de potássio em solos cultivados com arroz irrigado e sua relação com mineralogia, formas e cinética de liberação**. Porto Alegre, 1999. 175p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

CASTRO, Paulo Henrique Marques de. **Mapeamento do uso do solo no Arquipélago Mutum-Porto Rico, Alto Rio Paraná (2000-2010)**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina - PR. 2010. 47 p.

CHAVES, C.D.; PAVAN, M.A. & MIYAZAWA, M. **Especiação química da solução do solo para interpretação da absorção de cálcio e alumínio por raízes de cafeeiro**. Pesq. Agropec. Bras., 26: 447-453, 1991.

CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U. **The iron oxides**: structure, properties, reactions, occurrence and uses. New York: VHC, 1996. 573p.

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.

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

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina: Imprensa Oficial. 1984. t. I e II. Publicação com IAPAR.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Procedimentos normativos de levantamento pedológico**. Brasília, 1995. 116p.

FAGERIA, N. K. Produção de Sementes Sadias de Feijão Comum em Várzeas Tropicais. In: **Embrapa Arroz e Feijão Sistemas de Produção**, n.4, 2004. Versão Eletrônica. Disponível em:  
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/solos.htm>. Acesso em: Fev. 2012.

FERNANDES, Luis A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FERNANDES, Luis A., CASTRO, Alice B., BASILICI, Giorgio. Seismites in continental sand sea deposits of the Late Cretaceous Caiuá Desert, Bauru Basin, Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 199, p. 51-64, 2007.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos na Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 23:507-514, 1999.

FERREIRA, R. C; FALEIRO, H. T; FREIRE, W. J. **Desempenho físico-mecânico de solo argiloso estabilizado com cal e silicato de sódio visando a aplicação em estradas rurais**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.35, n.3, p.191-198, 2005.

GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C.; LIMA, J.M.J.C. Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas do Paraná. I – Mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 293-306, 2006.

GOMES, J.B.V. Análise de Componentes Principais de Atributos Físicos, Químicos e Mineralógicos de Solos do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira do Solo**. v.28, p 137 - 153, 2004.

GROBE, J. R. **Aplicação da estatística multivariada na análise de resultados em experimentos com solos e animais**. Dissertação de mestrado, UFPR. Curitiba, 2005.

GUIMARÃES, R.C; SARSFIELD, Cabral, J.A. **Estatística**. Edição Revista. McGraw-Hill, Lisboa, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATISTICA. **Manual técnico de pedologia** – Rio de Janeiro. 2. edição. Editora: IBGE, 2007

JUNIOR, Paulo J. do A. Ribeiro. **Origem das cargas no solo**. Universidade do Estado de Mato Grosso, 2008. Disponível em:  
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPUUAF/origem-das-cargas-nos-solos>. Acesso em Set. 2011.

KOFFLER, N.F. **A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no Cerrado**. Piracicaba, POTAFÓS, 1986. 12p.

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.

LARACH, J. O. I. Usos de levantamento de solo. Levantamento e classificação de solos. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, 9105, p.26-44, 1993

LEMOS, R.C; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** – Campinas. 3ed, 1996. 51-64 p.

MOITA, G. C; NETO, J. M. M. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Revista Química Nova**, 21 (4). Universidade Federal do Piauí. Teresina, 1998.

MORELLI, M. **Apostila Didática da Disciplina de Morfologia e Gênese do Solo.** Departamento de Solos - CCR - UFSM. Santa Maria, RS. 1986. 27 p.

OLIVEIRA, E. **Desempenho animal e da pastagem de coastcross (*cynodon dactylon* pers cv. coastcross-1) consorciada com *Arachis (arachis pintoi* cv. krapovickas e gregory) e microbiota do solo em áreas recuperadas.** 2004. 96f. Tese (Doutorado). UEM, Maringá, 2004.

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

PELLINI, T.A. **Bovinocultura no estado do Paraná: evolução recente e** importância. In: MONTEIRO, A.L.G. et al. (Eds.). Forragicultura no Paraná. Londrina: CPAF, 1996. p.1-14.

PENATTI, C.P. & FORTI, J.A. **Projeto: Calcário e Gesso em cana-de-açúcar. Divisão Central de Engenharia Agrícola - Seção de Manejo de Solo.** COPERSUCAR, 1993, 79p.

PINTO, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos, em 16 Aulas. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 247 p.

POPP, J.H. & BIGARELLA, J.J. 1975. **Formações cenozóicas do Noroeste do Paraná.** Academia Brasileira de Ciências, 47, Rio de Janeiro, Anais, (Suplemento): 465-472.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera:** conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2008.

REICHERT, J. M; REINERT, D. J. **Propriedades física do solo.** Universidade Estadual de Santa Maria. Santa Maria, 2006.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**. 11:3-18, 1985.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia:** base para distinção de ambientes. 5. ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 2007.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento:** tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora: Edição do Autor, 2007. 220 p.

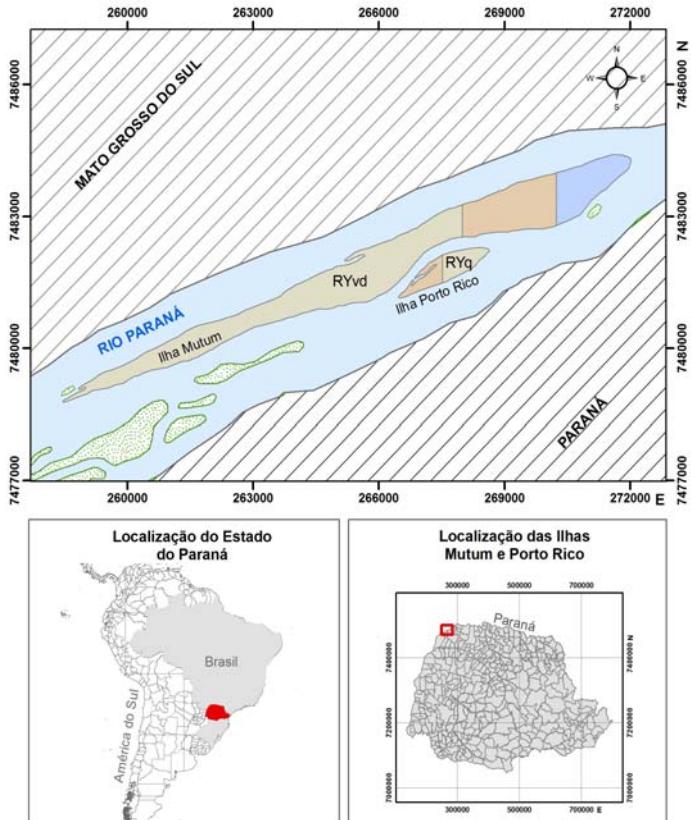
- ROSA, M.C. **Processo de ocupação e situação atual.** In: VAZZOLER, A.E.A. et al. (Ed.). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: Eduem, 1997. p. 371-394.
- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 6 ed. Uberlândia: EDUFU, 2007.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2nd ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. **Soils: genesis and geomorphology.** New York: Cambridge University Press, 2005.
- SERRAT, B. M. et al. Conhecendo o solo. Curitiba: UFPR / Setor de Ciências Agrária / Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2002
- SILVA, C.; BELLINI, L. **Remanescentes populacionais nas ilhas do rio Paraná: aspectos sociais e econômicos** - DOI: 10.4025/actascibiolsci.v30i2.3639. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Brasil, 30 mai. 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/3639/2540>> Acesso em: 11 nov. 2010.
- 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 <[www.nupelia.uem.br](http://www.nupelia.uem.br)> Acesso em Ago. 2010.
- 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.** Maringá, 2006. 80 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá.
- TEIXEIRA, Wilson. FAIRCHILD, Thomas Rich. TOLEDO, M. Cristina Motta de. TAIOLI, Fabio. **Decifrando a Terra – 2<sup>a</sup> edição.** Companhia Editora Nacional. São Paulo. 2009.
- VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R; GUIMARAES, M. F.; MARTINS, E. S; BECQUER, T. **Caracterização da solução de solos sob pastagens no Cerrado.** Semina: Ciências Agrárias, v. 28, p. 167-178, 2007.
- VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do Solo.** Editora Agronomia Ceres, São Paulo. 1975. 464p.
- XAVIER da Silva, J. e ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 396 p.

WENTWORTH, C.K., 1922, **A scale of grade and class terms for clastic sediments.** Journal of Geology, v. 30, p. 377-392.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Mapa de Solos das Ilhas Mutum e Porto Rico



### MAPA DE SOLOS DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO

#### Classes de Solos

- CYvd - CAMBISOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos
- GXvd - GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos
- RYq - NEOSSOLOS FLÚVICOS Psamíticos
- RYvd - NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos

#### Convenções

- Áreas continentais (Hachurado)
- Ilhas (Verde escuro)
- Corpos d'água (Azul)

ESCALA 1:100.000  
2012

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator -  
UTM Zona 22S  
Datum: SAD-69

**Nota Técnica:**  
Este mapeamento foi realizado baseado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS), 2006; e no Manual Técnico de Pedodologia do IBGE, 2007; a partir de levantamento de Reconhecimento de Alto Nível.

A base de apoio para o delimitamento das Ilhas Mutum e Porto Rico, foi gerada a partir de Imagem LANDSAT 5 TM. Os limites políticos e drenagem foram gerados a partir de planos de informações fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), do Estado do Paraná.

Autoria:  
Paulo Henrique Marques de Castro

## **ANEXO B**

## Carta de solos do estado do Paraná

