



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E  
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**GEOGRAFIA – BACHARELADO**

**ESTUDO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS MUNICÍPIOS DE  
FOZ DO IGUAÇU E SANTA TEREZINHA DE ITAIPU**

**PATRICIA ANTONIO DE OLIVEIRA**

**Foz do Iguaçu – PR**

**2016**



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E  
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**GEOGRAFIA – BACHARELADO**

**ESTUDO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS MUNICÍPIOS DE  
FOZ DO IGUAÇU E SANTA TEREZINHA DE ITAIPU**

**PATRICIA ANTONIO DE OLIVEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: prof. Dr. Samuel Fernando Adami

**Foz do Iguaçu – PR**

**2016**

**PATRICIA ANTONIO DE OLIVEIRA**

**ESTUDO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS MUNICÍPIOS DE  
FOZ DO IGUAÇU E SANTA TEREZINHA DE ITAIPU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Samuel Fernando Adami  
UNILA

---

Profa. Dr. Ana Clarissa Stefanello  
UNILA

---

Haroldo Virgilio  
Mestre em Sistemas de Informação Geográfica  
ITAIPU BINACIONAL

Foz do Iguaçu, 30 de novembro de 2016.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu professor orientador Samuel, pela sua constante orientação neste trabalho, pela paciência e pela partilha de conhecimentos tão importantes para a pesquisa e para meu crescimento acadêmico.

Aos professores da banca pelas formidáveis contribuições neste trabalho.  
E aos meus familiares pelos incentivos e por todo apoio incondicional, que permitiram eu chegar até aqui.

OLIVEIRA, A. Patricia. **Estudo da Fragilidade Ambiental nos Municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu**. 2016. 49 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia – Bacharelado) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2016.

## **RESUMO**

Este trabalho, ao empregar a metodologia de Fragilidade Ambiental, procura contribuir para tentativa de uma análise integrada do espaço, apontando os diferentes graus de fragilidades ambiental para os municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu. Afim, de delimitar áreas mais adequadas a ocupação humana e auxiliar na proposição de diagnósticos a possíveis problemas ambientais futuros. Para tanto, utilizou-se técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), pois permitem reconhecer e monitorar as mudanças ocorridas na estrutura dos arranjos espaciais subsidiando um planejamento eficiente do território. Encontramos, na maior parte de nossa área de estudos, cerca de 95% da área, fragilidade ambiental Muito Baixa e Baixa, as quais são reflexo das características geomorfológicas e pedológicas, pois apresentam em cerca de 97% da área declives suaves, aqueles inferiores a 12% de declividade, e mais de 70% da área é composta por Latossolos Vermelhos distroféricos e eutroféricos, os quais são bastante resistentes aos processos erosivos, sendo as áreas frágeis pontuais e pouco significativas.

**Palavras-chave: Unidades Ecodinâmicas, Relevo, Erosão, Solos, Declividade.**

OLIVEIRA, A. Patricia. **Study of the Environmental Fragility in the Municipalities of Foz do Iguaçu and Santa Terezinha de Itaipu.** 2016. 49 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia – Bacharelado) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2016.

### **ABSTRACT**

The objective of this study is contribute to an attempt of integrated analysis of space using the environmental fragility methodology, pointing out the different degrees of environmental vulnerability of the Foz do Iguaçu and Santa Terezinha de Itaipu counties. With this approach it is defined more appropriate areas for human occupation and is sought anticipate the future potential environmental problems. The use of Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS), allow to recognize and monitor the changes in the spatial arrangements structure and subsidizing efficient planning of the territory. Ninety-five percent of the study area is classified at very low or low environmental fragility grade, which are effect of the geomorphological and soil features. Because about 97% study area show gentle gradients, those below 12% slope, and over 70% of the area consists of typic Hapludox, which are quite resistant to erosion. The fragile areas are small and quite localized.

**Key words: Ecodynamics land-units, Landforms, Soil Erosion, Soils, Slope.**

## **LISTA DE SIGLAS:**

**Cfa:** Clima Subtropical Úmido

**EMBRAPA:** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**IAPAR:** Instituto Agrônômico do Paraná

**ILWIS:** Integrated Land Water Information System

**MDE:** Modelo Digital de Elevação

**MMA:** Ministério de Meio Ambiente

**RGB:** Red, Green, Blue

**SIG:** Sistemas de Informação Geográfica

**SR:** Sensoriamento Remoto

**SRTM:** Shuttle Radar Topography Mission

## **LISTA DE FIGURAS:**

**Figura 1.** Área de estudos

**Figura 2.** Fluxograma dos principais procedimentos em SIG

**Figura 3.** Declividade de Santa Terezinha de Itaipu e Foz do Iguaçu

**Figura 4.** Constituição pedológica de Santa Terezinha de Itaipu e Foz do Iguaçu

**Figura 5.** Composição Colorida falsa-cor RGB (5,4,3)

**Figura 6.** Mapa de uso/cobertura das terras

**Figura 7.** Graus de Fragilidade Relevo

**Figura 8.** Graus de Fragilidade dos Solos

**Figura 9.** Graus de Fragilidade Potencial

**Figura 10.** Graus de Proteção por Uso/Cobertura

**Figura 11.** Fragilidade Ambiental de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu

**Figura 12.** Exemplo área de estudos.

## **LISTA DE TABELAS:**

**Tabela 1.** Potencial de escoamento segundo a dissecação do relevo

**Tabela 2.** Classes de fragilidade segundo os tipos de solo

**Tabela 3.** Graus de proteção segundo cobertura/uso

**Tabela 4.** Reclassificação dos Solos em Graus de Fragilidade

**Tabela 5.** Área correspondente aos usos e coberturas das terras de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu

**Tabela 6.** Grau de Proteção por Uso/Cobertura

**Tabela 7.** Sobreposição da Fragilidade dos Solos e da Fragilidade do Relevo

**Tabela 8.** Sobreposição dos Graus de Fragilidade Potencial com o Grau de Proteção

**LISTA DE GRÁFICOS:**

**Gráfico 1.** Área de Fragilidade do Relevo

**Gráfico 2.** Área de Fragilidade do Solo

**Gráfico 3.** Área de Fragilidade Potencial

**Gráfico 4.** Área de Proteção por Uso/Cobertura

**Gráfico 5.** Área de Fragilidade Ambiental

**LISTA DE QUADROS:**

**Quadro 1.** Descrição Legenda

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
2.1. BREVES ASPECTOS SOBRE A EROSÃO .....	16
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
3.1. ÁREA DE ESTUDOS .....	18
3.2. MATERIAL .....	20
3.3. PROCEDIMENTOS E TRATAMENTO DOS DADOS .....	21
3.3.1 Tratamento dos Dados de Relevô: .....	22
3.3.2 Tratamento dos Dados Pedolôgicos: .....	24
3.3.3 Tratamento dos Dados de Uso/Cobertura Vegetal .....	27
3.3.4 Tratamento dos Dados para Fragilidade Potencial e Fragilidade Ambiental .....	31
<b>4. RESULTADOS</b> .....	32
4.1. RELEVÔ .....	32
4.2. SOLOS .....	35
4.3. FRAGILIDADE POTENCIAL .....	37
4.4. USOS/COBERTURAS DA TERRA .....	39
4.5. CARTA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	41
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	45
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

No momento em que o homem deixou de ser nômade, necessitou intensificar o uso do solo para garantir sua sobrevivência. Isso acarretou na destruição da cobertura vegetal, o que, por conseguinte, acabou por contribuir com a ação dos processos erosivos. A partir daí, ele percebeu que a remoção da vegetação para o cultivo ou também o excesso de pastoreio, tornava as terras mais frágeis, onde essas eram mais facilmente carregadas pela enxurrada das chuvas. Desde então, para garantir sua sobrevivência e desenvolvimento, precisou formular estratégias para evitar que a terra perdesse seu caráter produtivo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Assim, podemos dizer que a prosperidade das sociedades se dá pela sua habilidade em harmonizar o uso dos recursos naturais com suas necessidades básicas. No entanto, o início marcado pelo pouco conhecimento, corroborou para que se chegasse a resultados bastante desordenados.

Atualmente, as transformações das paisagens ocorrem de maneira mais acelerada, propiciadas pelo progresso técnico. Assim entende-se que o uso coerente dos recursos naturais e o planejamento racional do espaço devam ser feitos de forma integrada, considerando seus diferentes elementos constituintes, as relações estabelecidas por eles, e as consequências da modificação da sua dinâmica, afim de redirecionar as ações atuais, com vista a amenizar problemas futuros (IBGE, 2006).

Desta forma, este trabalho, ao empregar a metodologia de fragilidade ambiental proposta por Ross (1993), tem como objetivo analisar conjuntamente as características geomorfológicas, pedológicas e de uso/ocupação das terras, a fim de contribuir para tentativa de uma análise integrada do espaço e auxiliar num planejamento coerente do espaço.

Uma vez que, a distinção e delimitação de áreas frágeis, ou mesmo aquelas que passaram por intensas transformações, possibilitam o uso racional dos recursos e ordenamento coerente do espaço. Uma vez que permite, por exemplo, identificar áreas que são mais adequadas a determinados cultivos, ou então auxiliar nas práticas de manejo, com o intuito de potencializar o caráter produtivo do solo, visto que a área de estudos utiliza grande parte do seu território ao cultivo agrícola. E, também permite identificar áreas aptas à ocupação humana, evitando-se áreas sujeitas à ocorrência de deslizamentos e inundações, por exemplo. Isto é, reconhecer as relações intrínsecas

entre, geomorfologia, constituição pedológica e a estrutura e disposição do uso/ocupação das terras, permite reconhecer a resiliência dos ambientes frente aos processos erosivos, e, por conseguinte, direcionar o tipo de uso, afim de utilizar cada área por um período de tempo maior e com mais eficiência, tanto quantitativa como qualitativamente.

Pretende-se inicialmente segundo a metodologia proposta por Ross (1993) e utilizando-se de técnicas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR), pois estes permitirem uma visão de conjunto do espaço (CRÓSTA, 1992), realizar a criação de um banco de dados temáticos, referentes ao mapeamento das características geomorfológicas, pedológicas e dos usos das terras para a área de estudos, a saber, os municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu. Posteriormente, os resultados obtidos através destes produtos intermediários, darão sustentação e, conseqüentemente, permitirão a criação do mapa síntese, objeto deste trabalho, ou seja, a criação de uma Carta de Fragilidade Ambiental.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A análise do espaço num sentido integrado se faz mediante a utilização da noção de funcionamento em sistema, isto é, considera as relações existentes entre todos os seus elementos constituintes, sejam eles bióticos ou abióticos, levando em consideração também a ação antrópica na dinâmica de funcionamento e na formação e estruturação dos diferentes arranjos espaciais (CHRISTOFOLETTI, 1999).

É, pois, com base nesta dinâmica de funcionamento, que Ross (1993) ressalta que o estudo integrado do espaço só é possível “a partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural, e do meio sócio econômico” (p.64). Assim, Ross (1993) chama atenção para o reconhecimento das relações intrínsecas entre homem e meio, considerando as restrições e potencialidades oferecidas pelo meio natural às ações humanas.

Para a elaboração de sua metodologia sobre fragilidade ambiental, Ross (1993) baseia-se no conceito de Unidades Ecodinâmicas proposto por Tricart (1977). Para determinação das Unidades Ecodinâmicas, Tricart (1977) por sua vez, utiliza a noção de ecossistema da Ecologia ao considerar que o ambiente é constituído por diferentes seres

vivos, os quais mantêm relações de dependência entre si e entre o ambiente em que estão inseridos. Segundo Tricart (1977), a adoção da noção de ecossistema permite uma visão integrada sobre os fenômenos e as relações que eles processam no ambiente, uma vez, que é possível considerar a interdependência dos diversos componentes existentes no meio, e o papel que cada um deles desempenha na estruturação do espaço em que vivem.

Essa ideia de interdependência e dinâmica constante, estabelecidas pelos diferentes elementos do espaço (bióticos e abióticos), só é possível segundo Tricart (1977) porque a noção de ecossistema se apoia justamente na lógica de funcionamento em sistema, o qual “é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos.” (p.19). Assim, têm-se a possibilidade de uma visão de conjunto do funcionamento, levando em consideração as relações existentes entre os elementos.

No que tange a dinâmica terrestre, o elemento mais importante segundo Tricart (1977) é o morfogênico. Pois a morfodinâmica é um fator limitante para o desenvolvimento dos seres vivos, sejam eles, plantas, animais, e/ou o próprio homem, visto que as características geomorfológicas podem dificultar a utilização de certos ambientes. Além de apresentar limitações para o uso, a morfodinâmica também está relacionada aos estágios dos processos pedogenéticos, já que em ocasiões de *biostasia*, a morfodinâmica sendo pouco expressiva somada ao revestimento da cobertura vegetal, acentuam os processos pedogenéticos, pois tais condições, a infiltração da água é maior, auxiliando nos processos de intemperismo. Enquanto que condições de *resistasia* configuram a ruptura do equilíbrio, onde há erosão significativa, devido à inclinação da vertente e a pouca cobertura vegetal, resultando na retirada e transporte de material e posterior sedimentação (ERHART, 1966).

Desta forma, para um melhor ordenamento e planejamento do espaço, é necessário classificar, por meio da intensidade dos processos geomorfológicos, o grau de estabilidade ou instabilidade sofrido por cada ambiente. Daí a distinção entre Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Unidades Ecodinâmicas Instáveis por Tricart (1977).

Para Tricart (1977), nos meios ou Unidades Ecodinâmicas Estáveis, os processos ocorrem de maneira mais lenta no decorrer do tempo, sendo pouco perceptíveis. As formas do terreno são geralmente mais sutis, onde as características pedogenéticas terão mais relevância na manutenção da estabilidade destes meios, isto é, são as propriedades pedogenéticas que agirão contra os processos erosivos, impedindo o desgaste e

instabilidade. Neste contexto, o papel da cobertura vegetal é essencial, visto que proporciona maior proteção do solo, impedindo que os processos mecânicos do escoamento superficial sejam mais intensos, amenizando a atuação dos processos de dissecação da superfície.

As instabilidades dos meios, ou Unidades Ecodinâmicas Instáveis para Tricart (1977), se dá principalmente pela ação dos efeitos das tectônicas de placas, isto é, pela forma mais íngreme da superfície. Em que as áreas mais elevadas, neste sentido, sofrerão os efeitos da gravidade mais nitidamente, onde a erosão e dissecação da superfície será mais intensa, em que “mesmo sob floresta densa, as encostas suficientemente íngremes tornam-se instáveis” (p.53). A instabilidades destes meios também está associada a atuação das ações humanas e as flutuações climáticas, pois os efeitos das intervenções humanas e dos fenômenos climáticos podem causar mudanças abruptas na superfície, interferindo na dinâmica natural dos processos.

Neste contexto, Ross (1993) ao se utilizar da noção de unidades Estáveis e Instáveis de Tricart (1977) reconhece que a natureza está em equilíbrio dinâmico no que tange as suas trocas de energia e matéria, e em certas circunstâncias, com o predomínio de algumas características e com a interferência das ações humanas este equilíbrio pode ser perturbado, chegando a causar estados de desequilíbrio temporários ou permanentes (KAWAKUBO et al., 2005); (ROSS, 1993).

Ross (1993), por conseguinte, reclassificou as Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977). As Unidades Ecodinâmicas Instáveis foram denominadas de Instabilidade Emergente, sendo definidas como unidades altamente antropizadas, isto é, ambientes que sofreram grandes alterações pela ação humana, onde “as intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais, através do desmatamento e práticas de atividades econômicas diversas” (ROSS, 1993, p.66). Enquanto que as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, para Ross (1993), caracterizam-se por permanecerem em seu estado natural, não sofrendo intervenções humanas. Porém, Ross (1993) ressalta que as Unidades Ecodinâmicas Estáveis “apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível face as suas características naturais e a sempre possível inserção antrópica” (p.66), deste modo, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis de Tricart (1977) são reclassificadas por Ross (1993) como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial.

Para maior operacionalidade do conceito no que tange as práticas de planejamento, Ross (1993) estabelece uma hierarquia de graus de instabilidade, isto é,

de fragilidade, que podem ocorrer nos ambientes. Os graus de fragilidade variam de 1 a 5, onde (1) representa a categoria *muito fraca*, (2) *fraca*, (3) *média*, (4) *forte*, (5) *muito forte*. Estas categorias representam essencialmente a fragilidade que o ambiente possui frente aos processos de erosão ocasionados pelo escoamento superficial pluvial (KAWAKUBO et al., 2005). Portanto, a fragilidade ambiental de Ross (1993) corresponde aos diferentes graus de vulnerabilidade que o ambiente possui frente aos processos erosivos, principalmente relacionados ao tipo de solo e aos níveis de dissecação do relevo, juntamente associados aos diferentes graus de proteção que este ambiente pode conter, através da sua cobertura vegetal ou uso que este ambiente apresenta.

Assim sendo, a criação de uma carta de fragilidade ambiental vai depender de produtos intermediários, como as características geomorfológicas, pedológicas e cobertura vegetal/uso da terra.

No que tange as características geomorfológicas, Ross (1993) estabelece intervalos de classes de declividade que representam o nível de intensidade dos processos erosivos, isto é, ao potencial que cada classe de declividade possui em gerar escoamentos superficiais (Tabela 1).

**Tabela 1. Potencial de escoamento segundo a dissecação do relevo**

Nível	Categorias Hierárquicas	Classes de Declividade
1	Muito Fraca	Até 6%
2	Fraca	De 6 a 12%
3	Média	De 12 a 20%
4	Forte	De 20 a 30%
5	Muito Forte	Acima de 30%

Adaptado ROSS, 1993.

As características pedológicas, por sua vez representam a vulnerabilidade de determinado tipo de solo aos processos erosivos. Considerando suas diferentes propriedades e o grau dos processos pedogenéticos, isto é, “textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais” (ROSS, 1993, p.67), juntamente com a influência sofrida pelas características do relevo, pois vão permitir a identificação da sua maior ou menor

suscetibilidade a erosão. Na Tabela 2 são apresentadas as classes de fragilidade segundo os tipos de solo<sup>1</sup>.

**Tabela 2. Classes de fragilidade segundo os tipos de solo**

Nível	Classes de Fragilidade	Tipo de Solos
1	Muito Fraca	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa
2	Fraca	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura média argilosa
3	Média	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólio Vermelho Amarelo Textura média argilosa
4	Forte	Podzólico Vermelho Amarelo Textura média arenosa, Cambissolos
5	Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzózas

Adaptado ROSS, 1993.

O produto intermediário cobertura vegetal/uso da terra se refere ao grau de proteção estabelecido pelos diferentes usos e coberturas das terras. Para as características de cobertura vegetal Ross (1993) estabelece classes de proteção conforme a Tabela 3.

**Tabela 3. Graus de proteção segundo cobertura/uso**

Nível	Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1	Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade
2	Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata Homogênea de Pinos densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau
3	Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos sub-bosque de nativos

<sup>1</sup> As classes de solos exemplificada na tabela são aquelas apresentadas por Ross (1993), porém desde 1999 com o lançamento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos a taxonomia e a nomenclatura das classes de solos foram alteradas.

4	Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento)
5	Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terra planagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas

Adaptado ROSS, 1993.

## 2.1. BREVES ASPECTOS SOBRE A EROSIÃO

A erosão, segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999), é o processo de desprendimento e arraste das partículas de solo, causados pela ação da água e também dos ventos. Como sabemos, desde o momento em que o homem começou a intensificar o uso do solo, precisou criar meios para evitar que as enxurradas das chuvas carregassem consigo, não só o solo propriamente dito, mas também, todos os nutrientes existentes em suas partículas, e também, evitar que a deposição do material erodido não danificasse áreas férteis. Pois, com o decorrer do tempo a capacidade de uso de determinadas áreas acabaria comprometida, afetando seu caráter produtivo, tanto na quantidade, como também, na qualidade da produção.

A erosão é um processo complexo, e está associada a características pedológicas, climáticas, geomorfológicas, e também ao tipo de cobertura existente.

Solos são um recurso básico em que se sustentam a vida animal e vegetal. Segundo Muggler (*et al.* 2005), solo é um material que evolui no tempo através da ação de fatores naturais, isto é, é o resultado do material de origem, do clima, dos organismos, e do relevo no tempo, trata-se então, de um corpo natural, composto por elementos orgânicos e minerais, o qual desenvolve-se em camadas, denominadas horizontes (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Estes apresentam espessura variável e se diferenciam do material de origem pelas suas propriedades morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas (BIRKELAND, 1999).

São as características físicas e químicas dos solos que irão determinar sua maior ou menor resiliência aos processos erosivos. Assim, a erodibilidade dos solos está associada com suas propriedades básicas, a saber, textura, estrutura, porosidade, e permeabilidade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). A textura se refere ao tamanho das partículas do solo. Assim, solos arenosos tem coesão menor que os solos

argilosos, por exemplo. Pois, os arenosos possuem espaços porosos maiores, e em uma chuva relativamente forte, suas partículas podem ser desprendidas e carregadas com mais facilidade, enquanto que os argilosos por serem mais coesos, suas partículas possuem uma resistência maior ao desprendimento por processos de salpicamento das gotas de chuva, sendo mais difícil de serem erodidas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A estrutura dos solos está ligada ao modo como as partículas se arranjam no perfil de solo. A estrutura é classificada de acordo com a forma das partículas (forma laminar, prismática, em blocos e granular); com o tamanho delas (muito pequenas, pequenas, médias, grandes e muito grandes); e com o grau de desenvolvimento das unidades estruturais. A estrutura dos solos é importante no estudo da erosão, porque tem relação com a aeração e absorção de água pelo solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A porosidade dos solos refere-se a porção de espaços que estão ocupados por gases e líquidos e pela massa de solo. A porosidade interfere no grau de compactação dos agregados, o qual influi no impacto das gotas de chuvas e na infiltração da água. A permeabilidade por sua vez, é a capacidade do solo em deixar a água passar através de seu perfil, e está diretamente ligada ao tamanho, volume e distribuição dos poros existentes nos solos, e varia ao longo do perfil.

Desta forma, a taxonomia das classes de solos tende a ser bastante extensa, pois tentará abarcar as mais específicas e particulares características contidas num determinado solo, abrangendo o máximo possível de suas características físicas e químicas, bem como os distintos processos que lhe deram origem (JACOMINE, 2009). E, portanto, é a composição física e química dos solos que irão determinar seu comportamento em relação à ação da água e conferir a cada tipo de solo maior ou menor resistência aos processos erosivos.

No fator climático, podemos considerar que a partir do impacto da gota de água no solo, a ação da chuva é essencialmente desprender e transportar as suas partículas. Ação esta, propiciada pela intensidade, duração e frequência das chuvas. A intensidade pode ser considerada como elemento mais importante. Visto que, quando cai uma grande quantidade de chuva num período de tempo muito curto, os solos não conseguem absorver a água com o mesmo ritmo, e as enxurradas acabam se formando mais rapidamente. A duração de chuvas de grande intensidade também será decisiva na formação do volume e velocidade da enxurrada. A frequência com que estes eventos

acontecem também é importante, pois se o intervalo entre eles é relativamente curto, o solo pode não ter tempo suficiente para se recuperar (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A partir do momento em que os solos não conseguem mais infiltrar<sup>2</sup> a água da chuva, formando as enxurradas, a ação da declividade se inicia. Assim, a velocidade e volume do deflúvio irão depender do grau de declividade do terreno e do comprimento da rampa. Onde, segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999), em áreas mais planas, o material desprendido pelo processo de salpicamento das partículas dos solos tende a esparramar-se pela superfície, enquanto que em áreas mais inclinadas as partículas desprendidas ganham energia suficiente para movimentar-se e escorrer sobre a superfície.

Neste sentido, podemos atribuir que a erosão é causada por forças ativas, aquelas relacionadas a características das chuvas, as quais erodem os solos pelo impacto das gotas de chuva, e as características da inclinação do terreno, a qual influi no volume e na velocidade da água que o solo não conseguiu absorver, isto é, das enxurradas; e por forças passivas, aquelas correspondentes a resistência dos solos aos processos erosivos, dada pelas suas propriedades físicas e químicas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDOS**

A área de estudo escolhida corresponde aos municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu (Figura 1), localizados respectivamente entre as latitudes 25°32'45"S e longitudes 54°35'07"O; e latitudes 25°25'00"S e longitudes 54°25'00"O. Os quais abrangem uma área de aproximadamente 877 km<sup>2</sup>.

Localizados no extremo oeste do estado do Paraná, estes municípios fazem parte do denominado Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto de Guarapuava. A área apresenta uma dissecação baixa, de um relevo predominantemente suave, onde suas

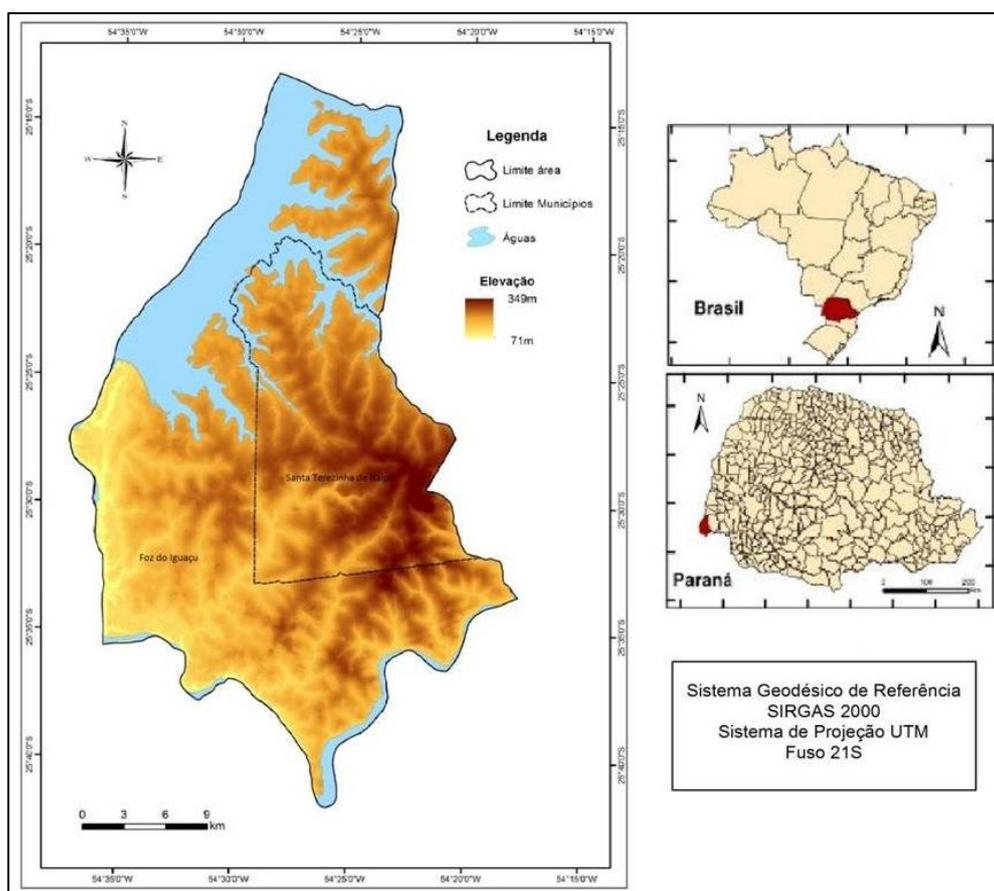
---

<sup>2</sup> A infiltração está intimamente ligada a permeabilidade do solo, é o movimento da água dentro da superfície do solo. Irá depender do grau de agregação das partículas do solo, isto é, do tamanho e disposição dos espaços porosos existentes em cada tipo de solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

altitudes variam de 70m a 340m. As formas são predominantemente de colinas baixas de topos aplainados, com vertentes convexas e vales em V aberto (MINEROPAR, 2006).

A intensa atividade vulcânica e derrames de lava propiciou a formação de rochas basálticas, as quais sob a influência e ação dos processos de intemperismos físicos e químicos, juntamente com as características do relevo, contribuíram com a formação pedogenética da região (CORREA & ALMEIDA, 2003), a qual é essencialmente formada por solos profundos.

**Figura 1. Área de estudos.**



Segundo a classificação de Köppen a área de estudos encontra-se sob influência do tipo climático denominado de Cfa, isto é, Clima Subtropical Úmido. O qual basicamente corresponde a um clima mesotérmico, no qual, a temperatura média no mês mais frio é inferior a 18 °C, e a temperatura média no mês mais quente, é superior a 22 °C. Como não possui uma estação seca definida, suas chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, chegando a uma média de 1600 mm a 1800 mm de chuva por ano (CAVIGLIONE, *et al.*, 2000), onde a predominância de verões quentes permite um

índice pluviométrico maior nesta época do ano. Caviglione et al. (2000) ressalta que no trimestre mais chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro) o índice pluviométrico pode variar de 400mm a 500 mm de chuva; este período corresponde também ao trimestre mais quente, onde a temperatura pode variar de 27 °C a 39 °C. Estas características climáticas, juntamente com as do relevo e propriedades pedológicas, permitem a existência da Floresta Estacional Semidecidual, sendo o Parque Nacional do Iguaçu o maior remanescente (MAACK, 1968). Também fazem parte desta paisagem o Rio Paraná, o qual divide Brasil e Paraguai, e os estados do Paraná com Mato Grosso, sendo o maior rio do sistema, e o Rio Iguaçu, maior bacia do Paraná, dividindo Brasil e Argentina (MAACK, 1968).

No que se refere a produção agropecuária, estes municípios estão voltados sobretudo para a produção vegetal, com ênfase no cultivo de lavouras temporárias, principalmente lavouras de soja e milho, distribuídas em propriedades pequenas a médias, reflexo do processo de ocupação da região (Zanão Júnior, *et al.*, 2015). O município de Foz do Iguaçu, além das atividades agropecuárias, conta também com atividades voltadas ao turismo, dado a presença do Parque Nacional do Iguaçu e da Usina Hidrelétrica de Itaipu, entre outros atrativos.

### 3.2 MATERIAL

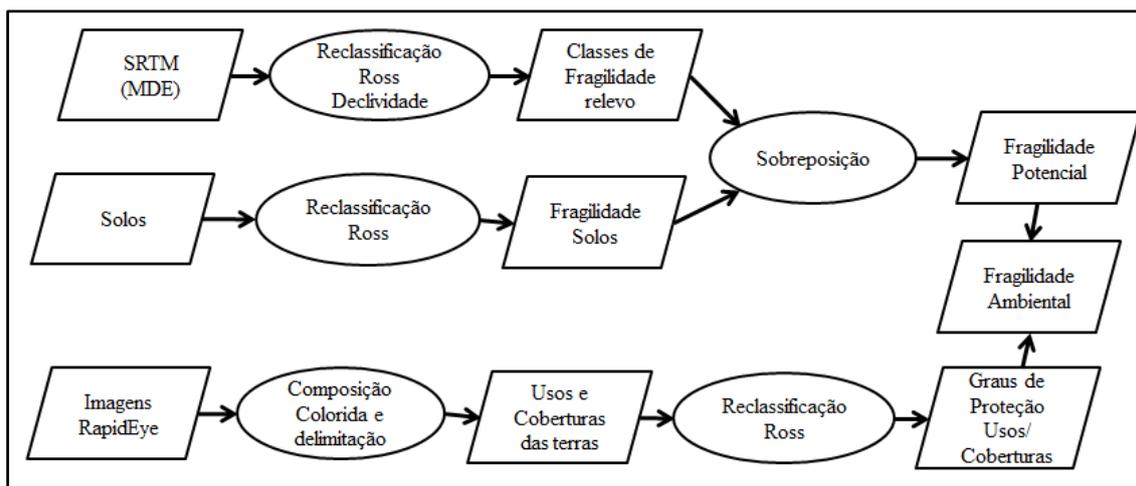
- Imagens digitais de satélite RapidEye escala 1:25.000, com resolução 5m para delimitação dos usos/coberturas das terras;
- Mapa referente a constituição pedológica da área elaborado pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) para posterior reclassificação;
- Dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução de 90m para caracterização do relevo;
- Sistema de Informação Geográfica (SIG) ILWIS (*Integrated Land Water Information System*)(WESTEN & FARIFTEH, 1997) na versão 3.3 para tratamento dos dados e ESRI ArcGis 10.4 (ORMSBY et. al, 2010) para produção dos mapas finais.

### 3.3 PROCEDIMENTOS E TRATAMENTO DOS DADOS

Para a elaboração e tratamento dos diversos dados dos produtos intermediários, bem como, a criação do mapa síntese, isto é, a carta de fragilidade ambiental para a área de estudos, utilizou-se ferramentas ligadas ao geoprocessamento, isto é, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR), pois estes fornecem uma visão de conjunto do espaço geográfico. Utilizamos para o tratamento dos dados, o SIG ILWIS (*Integrated Land Water Information System*) na versão 3.3 (WESTEN & FARIFTEH, 1997) e ArcGis na versão 10.4 (ORMSBY et. al, 2010) para produção dos mapas finais.

A construção da carta de Fragilidade Potencial dos municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu se baseia na reclassificação dos dados originais de relevo e solo em graus de fragilidade (conforme Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente), os quais representam as características “naturais” da paisagem, mas que são potencialmente passíveis a intervenção humana. A Fragilidade Potencial, posteriormente é sobreposta às características referentes ao grau de proteção dos ambientes, dados pelos tipos de uso/cobertura da terra (conforme tabela 3). Por fim a análise destes dois produtos resulta em uma Carta de Fragilidade Ambiental, obedecendo desta maneira, a proposta de Ross (1993), sucintamente demonstrada na Figura 2.

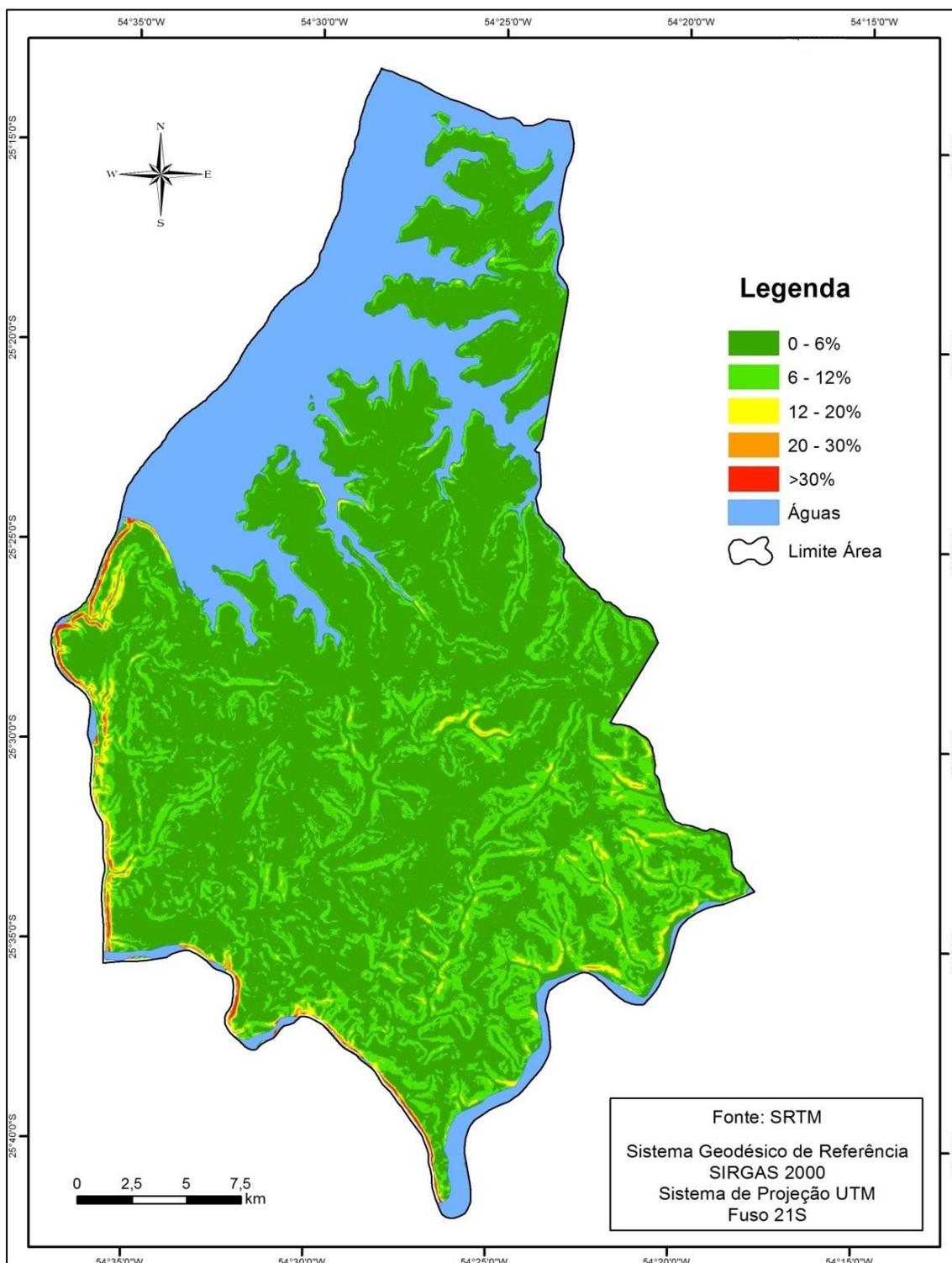
**Figura 2. Fluxograma dos principais procedimentos em SIG.**



### 3.3.1 Tratamento dos Dados de Relevo:

Para a caracterização do produto intermediário do relevo, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual corresponde a um “sistema de representação digital da variação contínua de determinado relevo no espaço” (SILVA, 1999, p:186) derivados do sistema de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução de 90 metros. Primeiramente as imagens SRTM foram filtradas, a fim de amenizar falhas e ruídos na imagem, os quais não correspondem com a real textura da superfície, refinando e proporcionando uma melhor suavização na imagem (FLORENZANO, 2008). A partir do processamento dos dados altimétricos de SRTM da área, delimitamos as classes de declividade conforme a proposta de Ross (1993) (Figura 3).

**Figura 3. Declividade de Santa Terezinha de Itaipu e Foz do Iguaçu.**



As classes com declives inferiores a 6% correspondem a grande maioria da área, caracterizada por um relevo plano, onde o escoamento superficial é muito lento. Seguidos por áreas com declives que variam de 6% a 12%, correspondentes a um relevo suave ondulado, em que o escoamento superficial varia de muito lento a lento. Já a

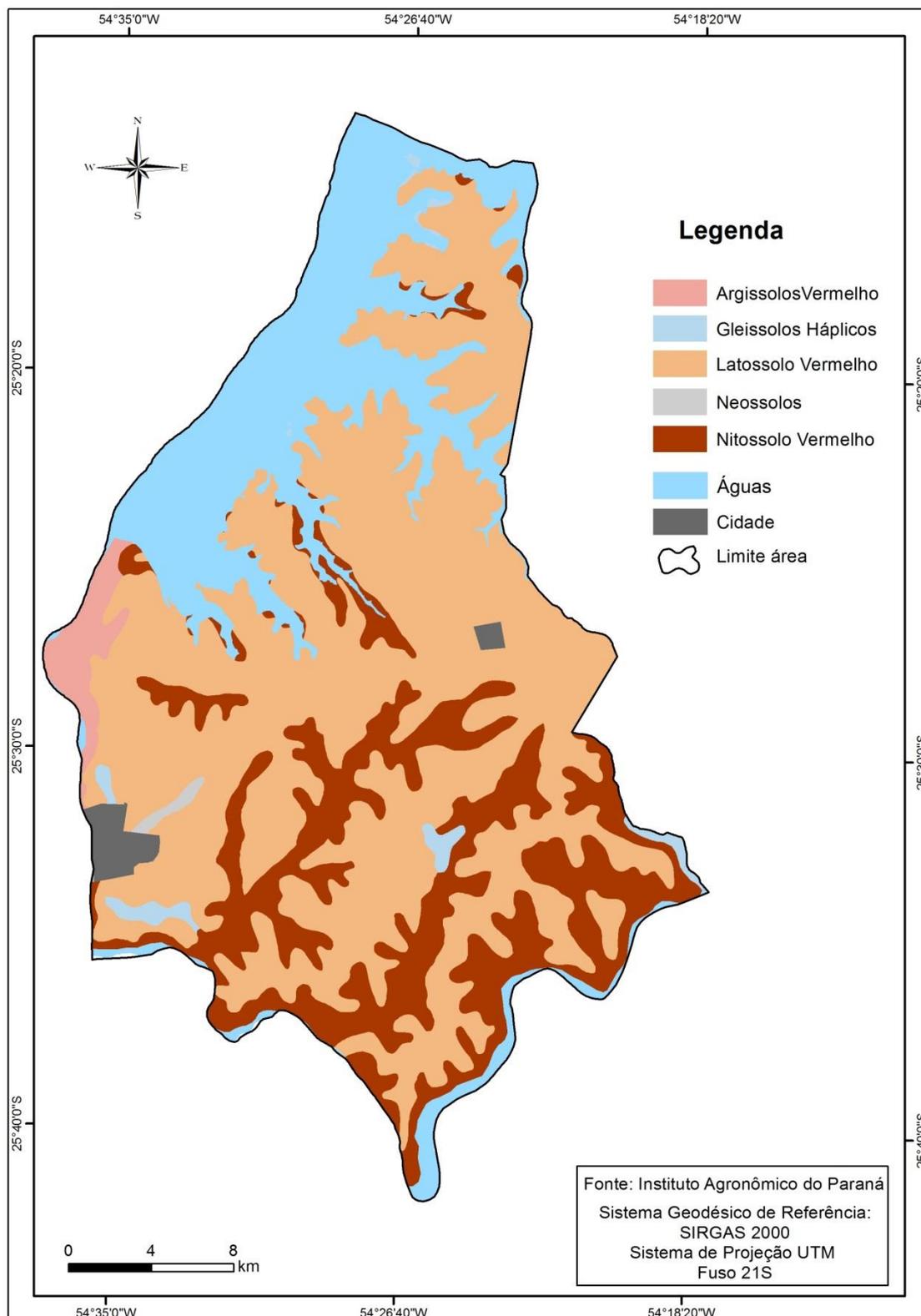
classe de 12% a 20% pode gerar velocidades de escoamento moderadamente rápidas, pois se caracterizam por um relevo ondulado. Enquanto que nos declives que variam de 20% a 30% as velocidades de escoamento superficial são rápidas, pois se referem a superfícies essencialmente onduladas. Relevos com declividade acima de 30% são considerados relevos fortemente ondulados, onde predomina um escoamento superficial com velocidades que vão de rápidas a muito rápidas.

### 3.3.2 Tratamento dos Dados Pedológicos:

No trabalho em questão, utilizamos como base os dados da constituição pedológica do Paraná elaborado pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (BHERING & SANTOS, 2008). Reclassificamos os solos existentes na área em nível de Ordem. Com o intuito de facilitar a interpretação e identificar, através de uma definição mais simples e sintetizada das classes de solo, porém não menos coerente, os principais grupos de solos existentes nos municípios de Foz do Iguaçu e de Santa Terezinha de Itaipu. Dando-lhes um nome mais abreviado, que corresponde com as suas características mais gerais, ou seja, aos fatores e características que são considerados dominantes no desenvolvimento de determinado tipo solo (Figura 4).

Na área de estudos são encontrados cinco principais grupos de solos. Sendo eles: Gleissolos Hápicos (GX1); Neossolos Regolíticos (RRe12); Latossolos Vermelho (LVd13, LVd19, LVef1, LVef2); Nitossolos Vermelho (NVef2 e NVef4, NVef8); e Argissolos Vermelho (PVe3).

**Figura 4. Constituição pedológica de Santa Terezinha de Itaipu e Foz do Iguaçu.**



Os Gleissolos Háplicos são solos que encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água o que lhes permite apresentar cores acinzentadas

(EMBRAPA, 2006, p: 80). Apresenta textura argilosa o que permitem serem solos bastante coesos ao longo de seu perfil, já que “não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150cm” (EMBRAPA, 2006, p: 80). Já os Neossolos constituem solos com material orgânico e/ou mineral “pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos” (EMBRAPA, 2006, p: 84). São solos que possuem pouca capacidade de retenção de água com grande propensão a erosão.

No que diz respeito aos Latossolos, estes são geralmente profundos apresentando um estágio avançado de intemperização, sendo então muito evoluídos, devido apresentar grandes transformações no material que o constitui (EMBRAPA, 2006).

No que tange os Nitossolos, estes segundo a EMBRAPA (2006), são solos profundos e bem drenados, apresentando baixa atividade de argila no horizonte A. Estes solos estão estruturados em “blocos subangulares ou angulares, apresentando cerosidade expressiva nas superfícies dos agregados” (p:85). O teor de argila aumenta no horizonte B, no entanto são solos bastante porosos, com pouca coesão dos agregados no horizonte A.

Os Argissolos por sua vez, são solos menos evoluídos e, por conseguinte, variam em profundidade, apresentando textura bastante arenosa no horizonte A. Frequentemente este tipo de solo apresenta baixa atividade de argila nos demais horizontes, contudo o teor de argila tende a aumentar a partir do horizonte B (EMBRAPA, 2006).

Outro aspecto importante é que a distribuição dos diferentes tipos de solo, na grande maioria das vezes estará correlacionada com a distribuição das formas do relevo, isto é, em áreas mais aplainadas predomina a existência de solos mais profundos, solos pedogeneticamente mais evoluídos, como por exemplo, os Latossolos e Nitossolos. Enquanto que em áreas mais dissecadas predominam a ocorrência de solos menos evoluídos, como por exemplo, os Neossolos (CORREA, 2003).

Os cinco grupos de solos presentes na área de estudos, foram incorporados a metodologia de Ross (1993) (Tabela 4) seguindo a proposta de fragilidades a partir das suas características físicas e estruturais, as quais lhe atribuem maior ou menor resiliência frente aos processos erosivos em condições “normais”, isto é, sem ainda correlacioná-las com as características topográficas e/ou uso/cobertura da terra.

**Tabela 4. Reclassificação dos Solos em Graus de Fragilidade**

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Latossolos	Muito Fraca
Gleissolos	Fraca
Nitossolos	Média
Argissolos	Forte
Neossolos	Muito Forte

### 3.3.3 Tratamento dos Dados de Uso/Cobertura Vegetal

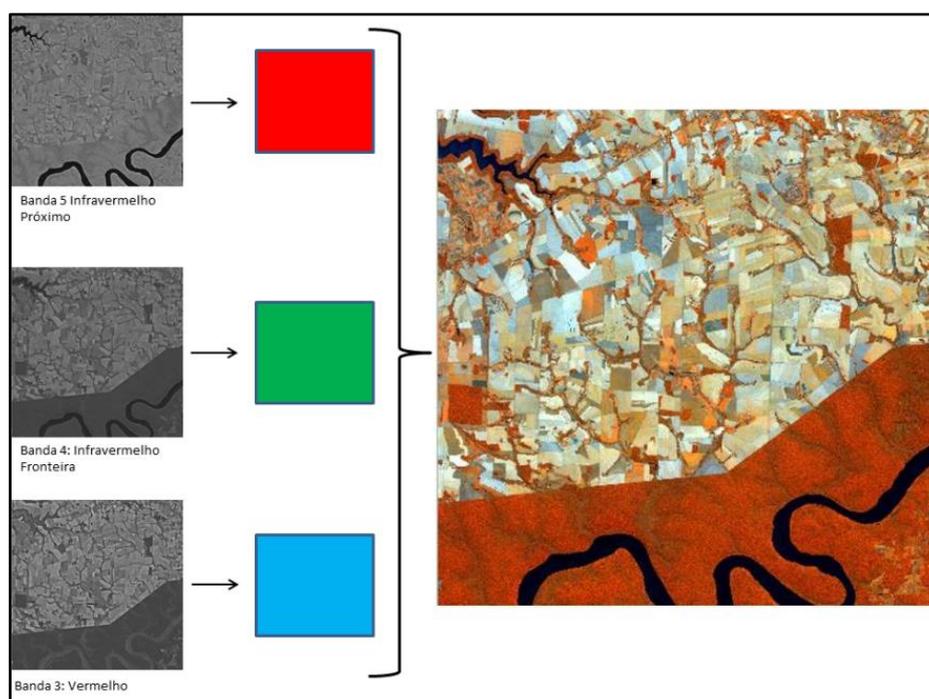
Já no que concerne a caracterização e criação do mapa de usos e coberturas das terras para Foz do Iguaçu e Santa Terezinha, utilizou-se seis imagens<sup>3</sup> do sistema de satélites alemães RapidEye, em escala de 1:25.000, com resolução de aproximadamente 5 m, obtidas no site do Ministério de Meio Ambiente (geocatálogo MMA).

As imagens dos satélites RapidEye possuem cinco bandas espectrais, a saber, azul (banda 1), verde (banda 2), vermelho (banda 3), infravermelho fronteira (banda 4), e infravermelho próximo (banda 5). Com destaque para a banda 4, a qual é bastante sensível na detecção de diferentes tipos de cobertura vegetal.

As imagens são captadas e disponibilizadas em escalas de cinza (12 bits). Para melhor interpretação e distinção dos diferentes arranjos espaciais existentes na área de estudo, foram realizadas composições coloridas nas imagens, obedecendo a ordem de composição colorida RGB (Red, Green, Blue) (CROSTA, 1992), onde se utilizou as bandas infravermelho próximo, infravermelho fronteira e vermelha respectivamente, dando origem a imagens falsa cor (Figura 5).

<sup>3</sup> 2127-225 (20/12/12); 2127-226 (12/08/12); 2127-324 (20/09/2012); 2127-325 (13/06/2012); 2127-326 (12/08/12) e 2127-425 (30/08/2012).

**Figura 5. Composição Colorida falsa-cor RGB (5,4,3)**



A partir da fotointerpretação das imagens falsa-cor, levando em consideração características como a forma, a textura, o padrão, e a resposta espectral das feições (FITZ, 2008), foi possível reconhecer os diferentes usos e coberturas das terras presentes na área de estudos. A delimitação dos tipos de usos foi feita manualmente, seguindo a legenda: Águas, Área Urbana, Área Agrícola, Construção, Vegetação Mata, Vegetação Capoeira, Vegetação Reflorestamento, Pasto Sujo, Pasto Misto e Pasto Limpo (Quadro 2).

**Quadro 2. Descrição Legenda**

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
<b>Águas</b>	Lagos, Reservatórios e Rios
<b>Áreas Agrícolas</b>	Terras Cultivadas ou em Pousio: lavouras temporárias ou permanentes
<b>Área Urbana</b>	Superfícies artificiais não agrícolas predominantemente em cidades.
<b>Construção</b>	Superfícies artificiais predominantemente em áreas rurais.

<b>Pasto Limpo</b>	Campos antrópicos dominados por gramíneas e outras ervas pastáveis de ocorrência natural ou modificadas pela introdução das mesmas.
<b>Pasto Sujo</b>	Campos antrópicos dominados por pastagem herbácea mais caracterizada por tipos vegetativos com caules lenhosos
<b>Reflorestamento</b>	Áreas replantadas
<b>Vegetação Capoeira</b>	Remanescentes de Floresta menos densos
<b>Vegetação Mata</b>	Remanescentes de Floresta mais densos, com dossel bem definido.

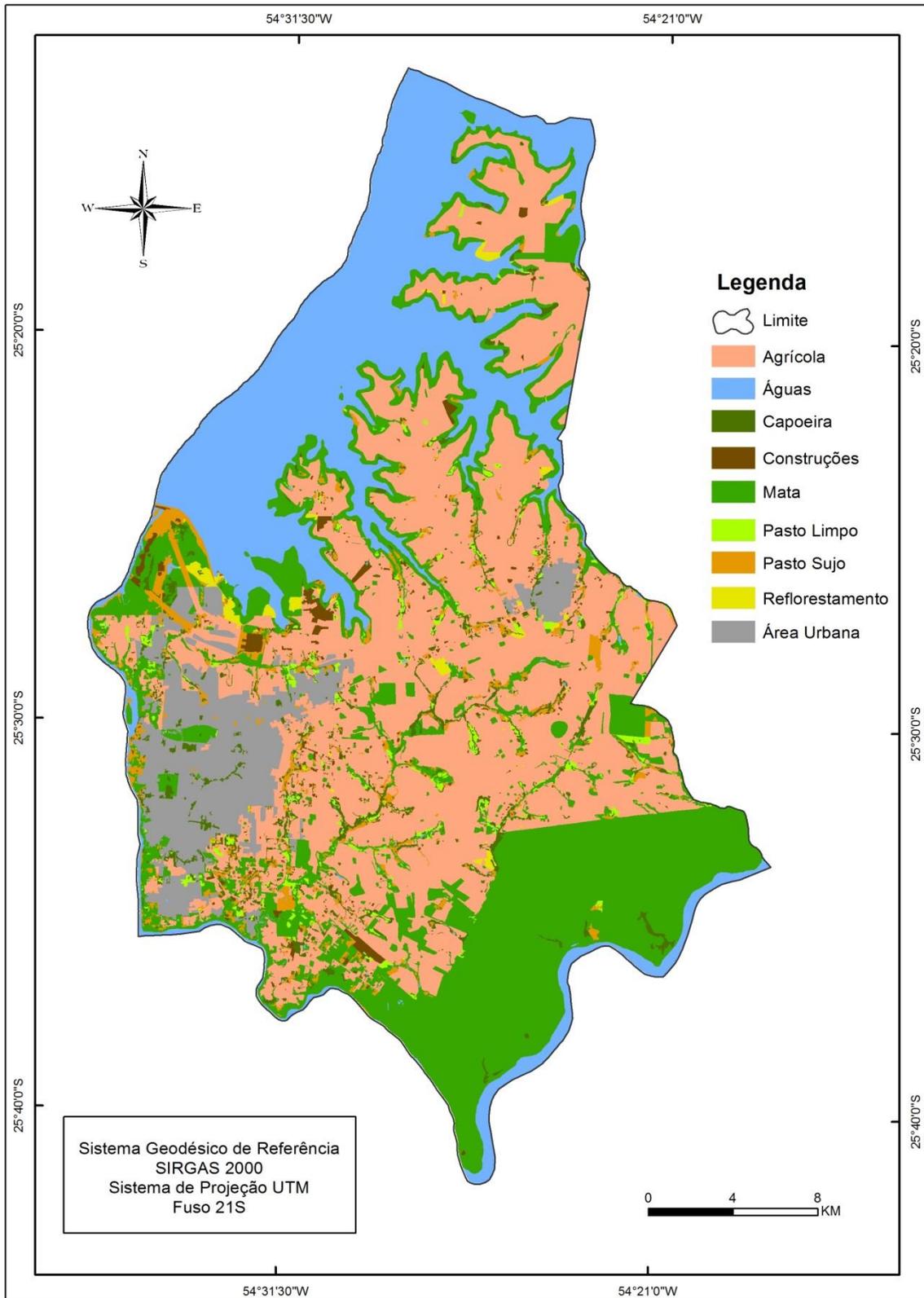
Fonte: Anderson et al. (1979), adaptada por Adami (2006).

Assim, seguindo a legenda proposta, chegamos a um mapa de usos e coberturas das terras para a área de estudos (Figura 6). A qual possui um uso essencialmente agrícola, ocupando mais de 37% da área (32.438 ha). Com cerca de 26% da área (22.779 ha), segue o uso de vegetação mata, do qual a presença do Parque Nacional do Iguaçu tem grande importância neste resultado. Em seguida, cerca de 22% da área (18.693ha) é ocupado por águas, cujo resultado se dá pela presença do reservatório de Itaipu na área de estudos. Na sequência, encontra-se uso de área urbana, ocupando mais de 7% da área (6.350 ha). Menos de 9% da área divide-se nos demais usos/coberturas, pasto sujo, vegetação capoeira, pasto limpo, construções e reflorestamento (Tabela 5).

**Tabela 5. Área correspondente aos usos e coberturas das terras de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu.**

<b>Classe</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Área (ha)</b>
Agrícola	37,1	32.438
Mata	26,0	22.779
Águas	21,4	18.693
Área Urbana	7,3	6.350
Pasto Sujo	2,8	2.444
Capoeira	2,7	2.375
Pasto Limpo	1,2	1.013
Construções	1,1	949
Reflorestamento	0,6	484

**Figura 6. Mapa de uso cobertura das terras.**



A reclassificação do uso/coberturas das terras em graus de proteção conforme a proposta de Ross (1993) seguiu a lógica da tabela 6, não sendo considerada a classe águas.

**Tabela 6. Grau de Proteção por Uso/Cobertura**

<b>Grau de Proteção</b>	<b>Tipo de Uso/Cobertura</b>
Muito Alta	Mata densa, Capoeira, área urbana
Alta	Pasto Sujo
Média	Pasto Limpo, Reflorestamento
Baixa	Construções
Muito Baixa	Área Agrícola

### 3.3.4 Tratamento dos Dados para Fragilidade Potencial e Fragilidade Ambiental

A partir da análise conjunta dos produtos intermediários de Fragilidade dos Solos e Fragilidade do Relevo, obteve-se a Fragilidade Potencial da área, a qual seguiu a lógica da tabela 7.

**Tabela 7. Sobreposição da Fragilidade dos Solos e da Fragilidade do Relevo**

<b>Graus de Fragilidade Relevo</b>	<b>Grau de Fragilidade dos Solos</b>				
	<b>Muito Forte</b>	<b>Forte</b>	<b>Media</b>	<b>Fraca</b>	<b>Muito Fraca</b>
<b>Muito Forte</b>	Muito Forte	Muito Forte	Muito Forte	Forte	Media
<b>Forte</b>	Muito Forte	Muito Forte	Forte	Media	Fraca
<b>Média</b>	Forte	Média	Média	Fraca	Fraca
<b>Fraca</b>	Média	Média	Fraca	Fraca	Muito Fraca
<b>Muito Fraca</b>	Média	Fraca	Muito Fraca	Muito Fraca	Muito Fraca

O resultado da Fragilidade Potencial da área foi cruzado com os Graus de Proteção por uso/cobertura das terras conforme a tabela 8, gerando a carta síntese do presente trabalho, a carta de Fragilidade ambiental para os municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu.

**Tabela 8. Sobreposição dos Graus de Fragilidade Potencial com o Grau de Proteção**

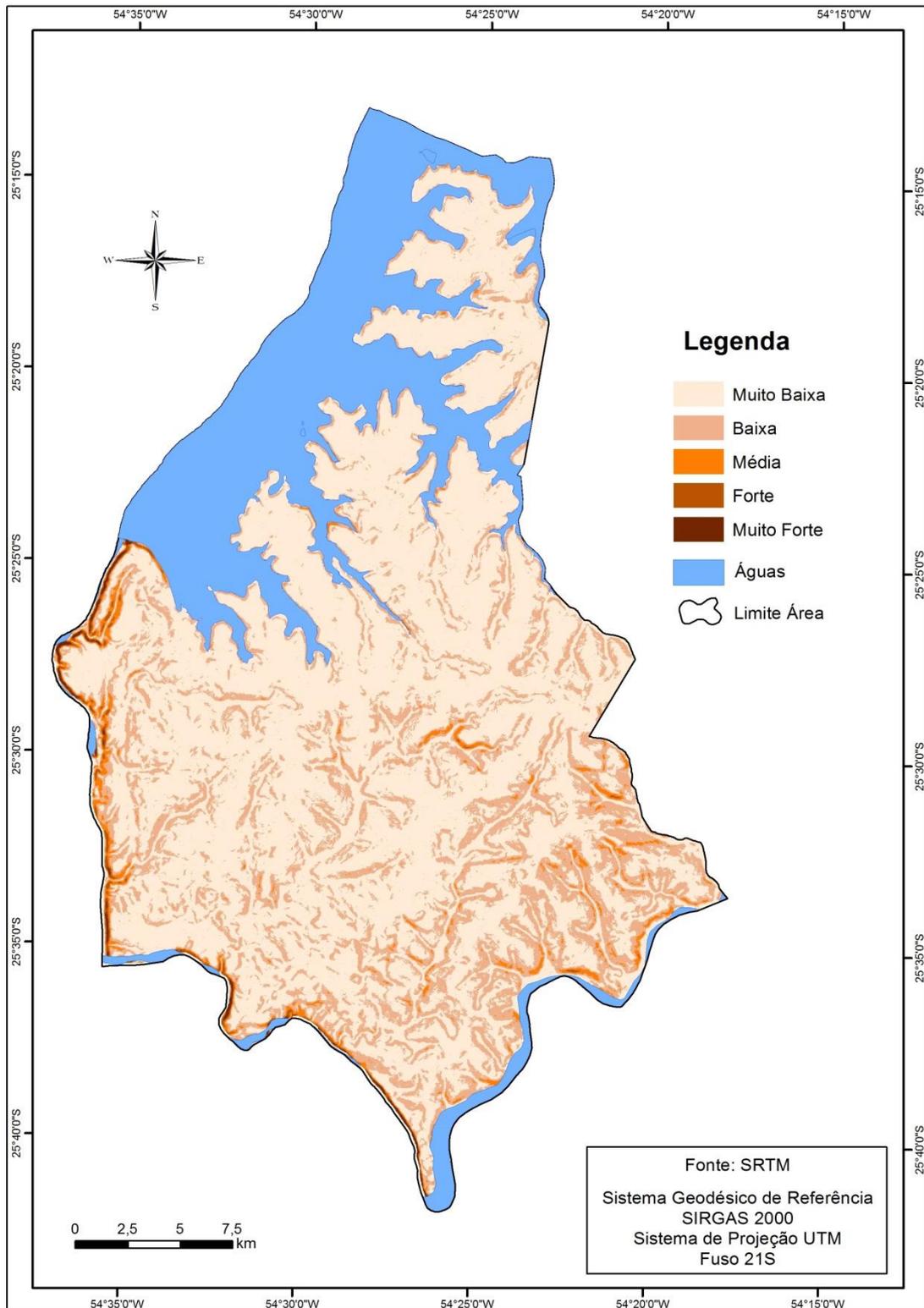
		<b>Grau de Fragilidade Potencial</b>				
		<b>Muito Fraca</b>	<b>Fraca</b>	<b>Média</b>	<b>Forte</b>	<b>Muito Forte</b>
<b>Grau de Proteção</b>	<b>Muito Baixa</b>	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Muito Alta
	<b>Baixa</b>	Baixa	Baixa	Alta	Muito Alta	Muito Alta
	<b>Média</b>	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta
	<b>Alta</b>	Muito Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Alta
	<b>Muito Alta</b>	Muito Baixa	Muito Baixa	Baixa	Alta	Média

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 RELEVO**

A partir da reclassificação das classes de declividade da área em graus de fragilidade propostos por Ross (1993) conforme Tabela 1, chegamos ao mapa de fragilidade ambiental do relevo para os municípios de Santa Terezinha de Itaipu e Foz do Iguaçu (Figura 7).

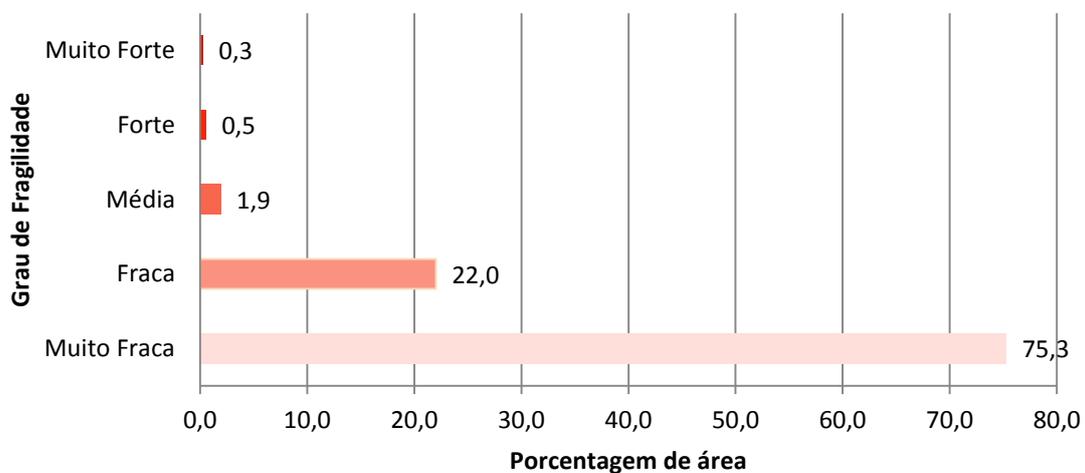
**Figura 7. Graus de Fragilidade Relevo.**



A área de estudos possui 75,3% da sua área total (cerca de 65.499 ha), uma fragilidade de declividade *Muito Baixa*, onde o modelado do terreno é pouco ondulado,

declives inferiores a 6%, que por conseguinte proporciona um escoamento superficial muito lento, os quais, não oferecem erosão hídrica significativa. 22% da área (19.164 ha) apresenta fragilidade *Baixa*, em que os declives da área são geralmente suaves, indo de 6 a 12% de declividade, onde os escoamentos superficiais são geralmente lentos, em que o pouco deflúvio não causa danos expressivos, exceto em locais onde as rampas sejam muito longas. Já, 1,9% da área de estudos (1.670 ha), correspondem a um grau de fragilidade *Médio*, apresentando áreas mais inclinadas, de 12 a 20% de declividade, onde o escoamento superficial possui velocidades médias. Enquanto que, 0,5% da área (461 ha), corresponde a áreas bastante colinosas e inclinadas, nas quais a declividade varia de 20 a 30%, sendo por sua vez, caracterizada como uma área de fragilidade *Forte*, onde o escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos, podendo gerar erosões hídricas significativas. Apenas 0,3% da área (230 ha) é uma área de fragilidade *Muito Forte*, tendo declives acima de 30%, possuindo áreas fortemente inclinadas, onde o escoamento superficial é muito rápido (Gráfico 1).

**Gráfico 1 . Área de Fragilidade do Relevo.**



Percebe-se que área de estudos é bastante uniforme no que diz respeito as suas características geomorfológicas. Sendo essencialmente plana, com relevo bastante suave, o que permite conferir certa estabilidade, já que não apresenta no modelado do terreno características suficientes para torna-la uma área de risco.

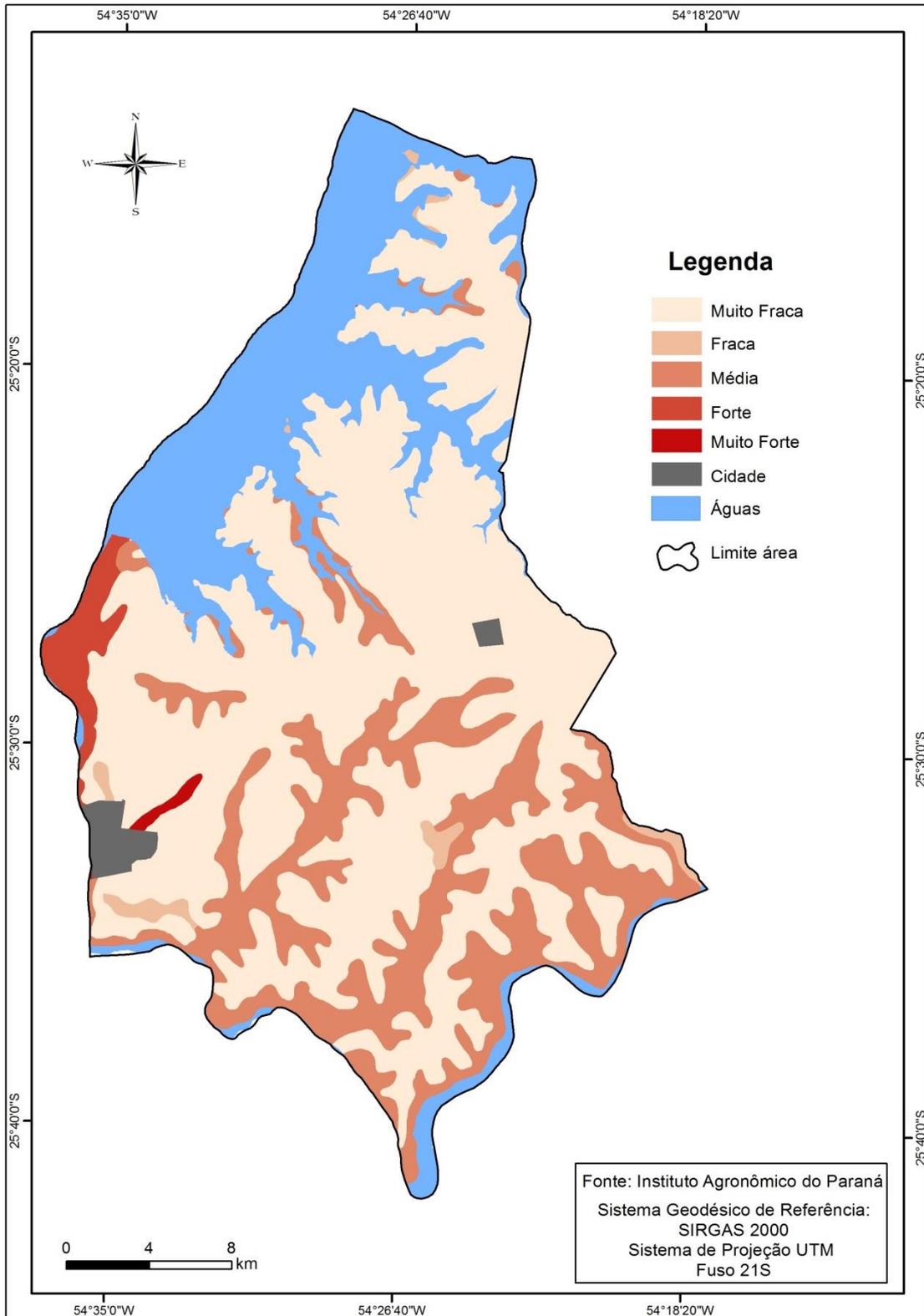
## 4.2 SOLOS

A partir da reclassificação dos dados pedológicos elaborados pelo IAPAR de acordo com os graus de fragilidade dos solos propostos na metodologia de Ross (1993) conforme a Tabela 4, chegamos a um mapa de fragilidade dos solos para a área de estudos (Figura 8).

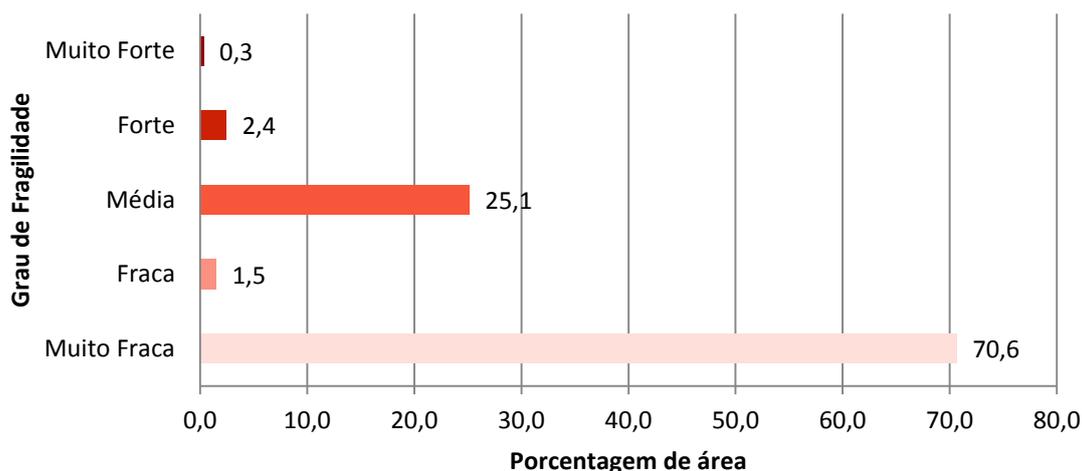
Encontramos em 70,6% da área (49.006 ha) Latossolos Vermelhos, os quais são geralmente profundos apresentando um estágio avançado de intemperização (EMBRAPA, 2006), o que lhes garante uma boa resistência frente aos processos erosivos, sendo classificados com um grau de fragilidade *Muito Fraca*. Em 1,5% da área (1.035 ha) são constituídos por Gleissolos, tendo fragilidade *Fraca*, por estar periodicamente saturados por água seus processos de intemperização e transformações em seu material de origem são consideravelmente rápido, também apresentarem alta coesão em seus agregados, o que dificulta o desprendimento das suas partículas pelos processos de salpicamento. No entanto, por encontrarem-se permanentemente ou temporariamente saturados por água, dependendo da intensidade das chuvas e do grau de proteção do uso, podem ocorrer enchentes nestes solos.

Já 25,1% da área (17.436 ha) é composta por Nitossolos, possuindo uma fragilidade *Média*, pois, estes solos apresentam grande concentração de argila no horizonte B, e no horizonte mais superficial, o horizonte A, possui maior presença de areia. Essa característica torna este solo frágil na medida em que o horizonte A satura-se rapidamente devido a diminuição da capacidade de infiltração da água no horizonte B, deixando as partículas e agregados do horizonte mais superficial suscetível ao desprendimento e arraste. Enquanto que 2,4% da área (1.692 ha) são constituídos por Argissolos, apresentando fragilidade *Forte*, pois, sua estrutura varia de arenosa a argilosa no horizonte A, que lhe confere uma forte vulnerabilidade ao escoamento superficial (EMBRAPA, 2006). Somente 0,3% da área (225 ha) possui fragilidade *Muito Forte*, constituídos por Neossolos, pois este, por não apresentar alterações expressivas em seu material de origem, é pouco espesso, tornando-se muito vulnerável a degradação por erosão (Gráfico 2).

**Figura 8. Graus de Fragilidade dos solos.**



**Gráfico 2 . Área de Fragilidade do Solo.**



Podemos atribuir certa relação entre a constituição geomorfológica e a estruturação pedogenética. Uma vez que, em áreas com declividade mais baixa, se concentram solos mais profundos, pois, o pouco deflúvio permite que haja processos de intemperização mais intensos e, por conseguinte, a formação de solos com profundidades maiores do que naquelas áreas mais inclinadas, onde a perda dos solos é mais significativa comprometendo os processos pedogenéticos.

### 4.3 FRAGILIDADE POTENCIAL

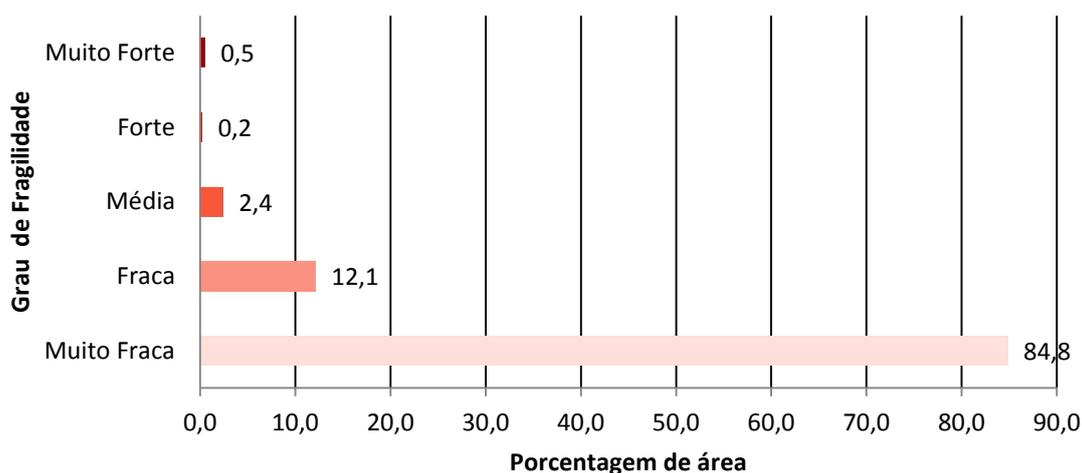
A partir da análise conjunta da fragilidade do relevo e da fragilidade do solo conforme a Tabela 6 obtemos a Carta de Fragilidade Potencial da área.

84,8% da área de estudos apresenta Fragilidade Potencial *Muito Fraca* (58.601 ha), caracterizada por um relevo plano, essencialmente declives inferiores a 6%, com escoamento superficial muito lento e principalmente pela presença de solos com fragilidade muito fraca (Latosolos) os quais são bastante resistentes a erosão, e também solos com fragilidade fraca (Gleissolos), e média (Nitossolos), mas que sob influência de relevos planos não apresentam propensão a erosão. 12,1% da área é caracterizada principalmente por declives suave ondulado e os solos existentes não apresentam considerável suscetibilidade a erosão, apresentando então fragilidade potencial *Fraca* (8.369 ha). Nesta categoria solos como Latossolos associados a relevo bastante dissecado, com declividade de 20% a 30%, podem sofrer perdas do seu material, tendo, por exemplo, o mesmo grau de fragilidade potencial que solos com considerável

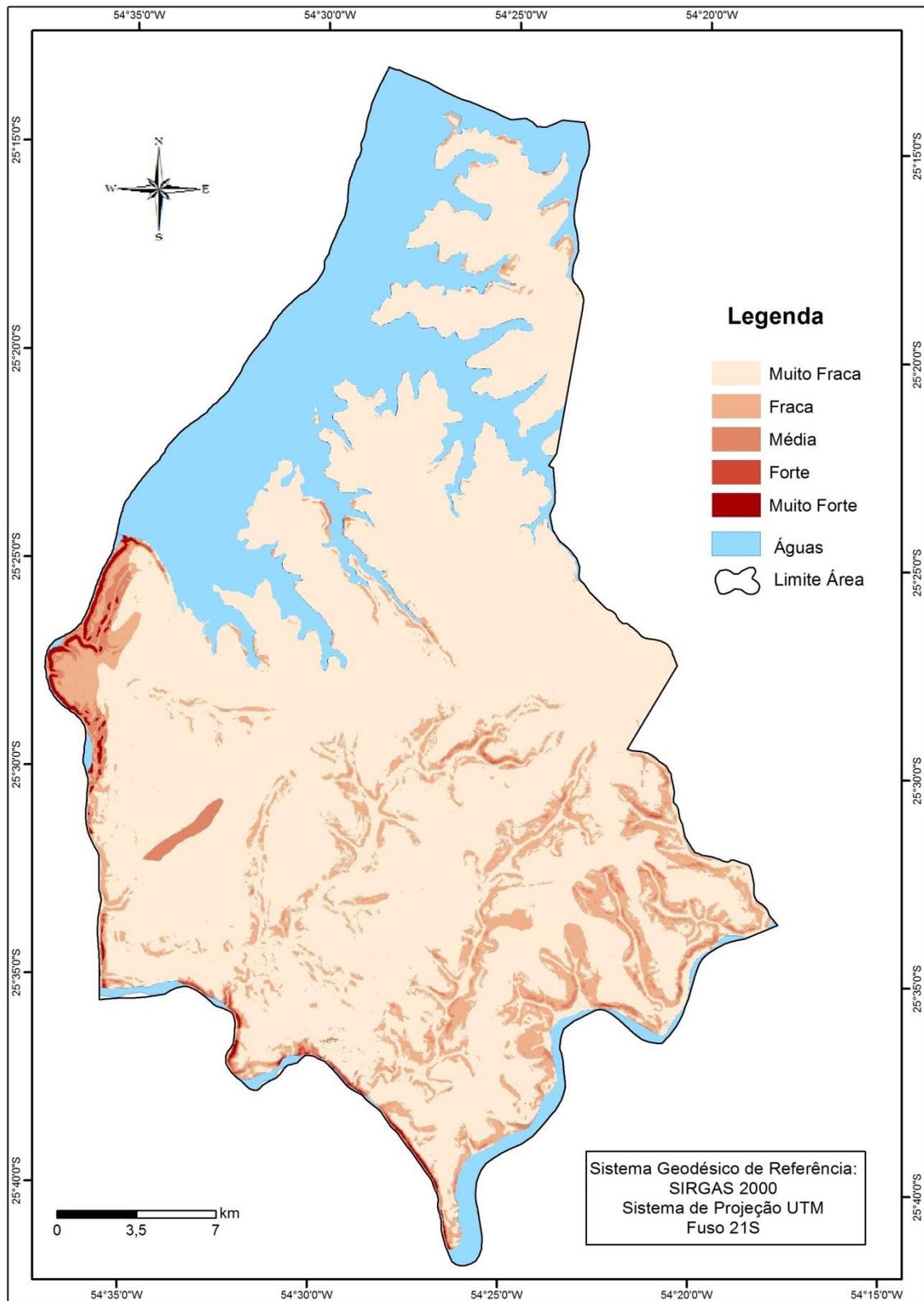
propensão a erosão, como os Argissolos, sob a influência de um relevo plano, inferior a 6%, apresentando fragilidade potencial fraca.

Pouco mais de 2% da área possui Fragilidade Potencial *Media* (1.641 ha). Nesta categoria, Neossolos e Latossolos apresentam a mesma fragilidade potencial, no entanto o primeiro encontra-se sob influência de relevos suaves e o segundo sob influência de declives bastante acentuados, aqueles superiores a 30% de declividade. Enquanto que somente 0,2% e 0,5% da área (141 ha e 337 ha) pertencem a Fragilidade Potencial *Forte* e *Muito Forte*, respectivamente. Em que os declives são bastante inclinados, de 20 a 30% e acima de 30% de declividade associados principalmente com a presença de Argissolos e Neossolos, respectivamente, os quais são bastantes vulneráveis aos processos erosivos. (Gráfico 3 ) (Figura 9).

**Gráfico 3. Área de Fragilidade Potencial**



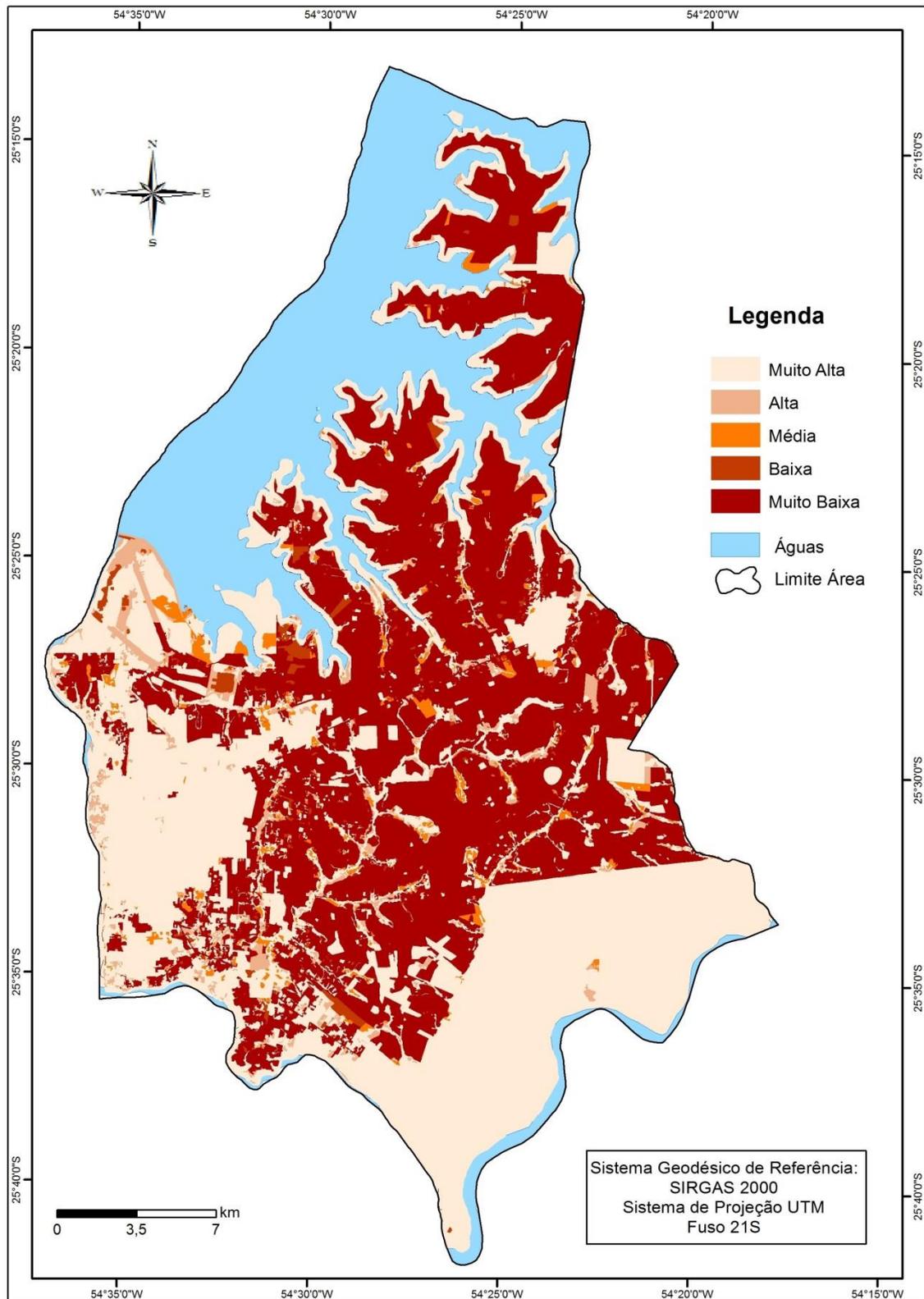
**Figura 9. Graus de Fragilidade Potencial.**



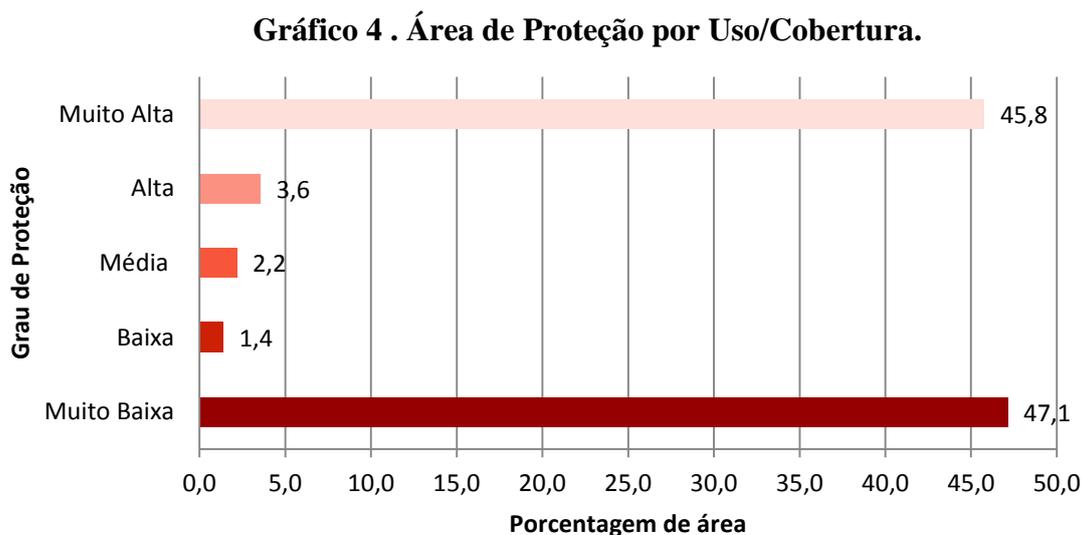
#### 4.4 USOS/COBERTURAS DA TERRA

A partir da classificação de Ross (1993) chegamos aos graus de proteção fornecidos pelos usos e coberturas das terras (Figura 10).

**Figura 10. Graus de Proteção por Uso/Cobertura.**



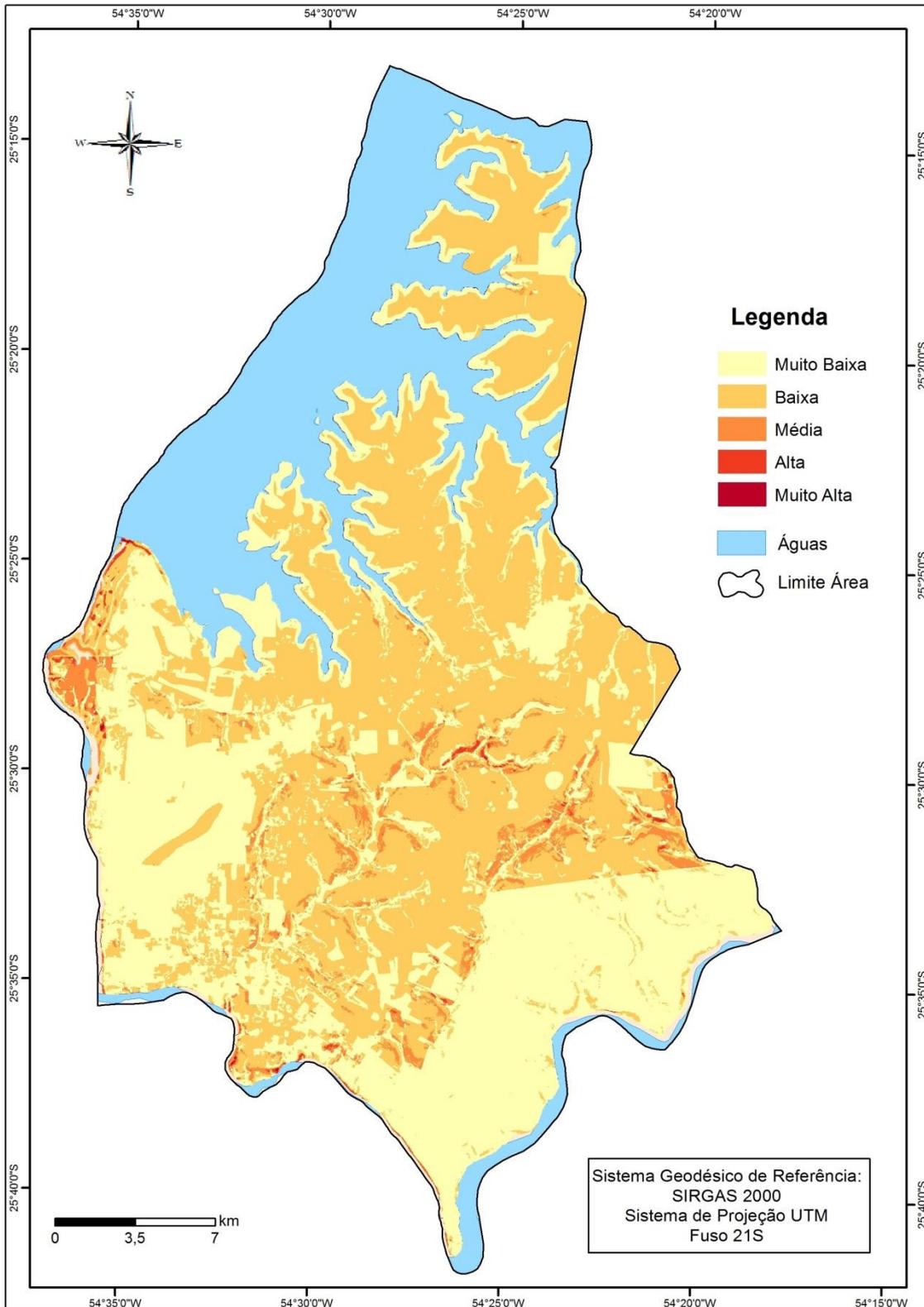
Encontrou-se na área de estudos, 45,8% grau de proteção *Muito Alta* (31.504 ha) caracterizados pelos uso/cobertura de Mata e Capoeira. 3,6% de proteção *Alta* (2.444 ha), representados por uso/cobertura de Pasto Sujo. 2,1% de proteção *Média* (1.497 ha), constituídos por uso/cobertura de Pasto Limpo e Reflorestamento. 1,4% de proteção *Baixa* (949 ha), caracterizados por uso/cobertura de construções. 47,1% da área (32.438 ha) possui proteção *Muito Baixa*, sendo caracterizada pelo uso/cobertura de Área Agrícola. (Gráfico 4) (Figura 10).



#### 4.5 CARTA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

A partir da sobreposição dos resultados da Fragilidade Potencial e dos Graus de Proteção do Uso/Cobertura das terras, conforme a Tabela 7, foi obtida a carta de Fragilidade Ambiental para Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu (Figura 11).

**Figura 11. Fragilidade Ambiental de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu**



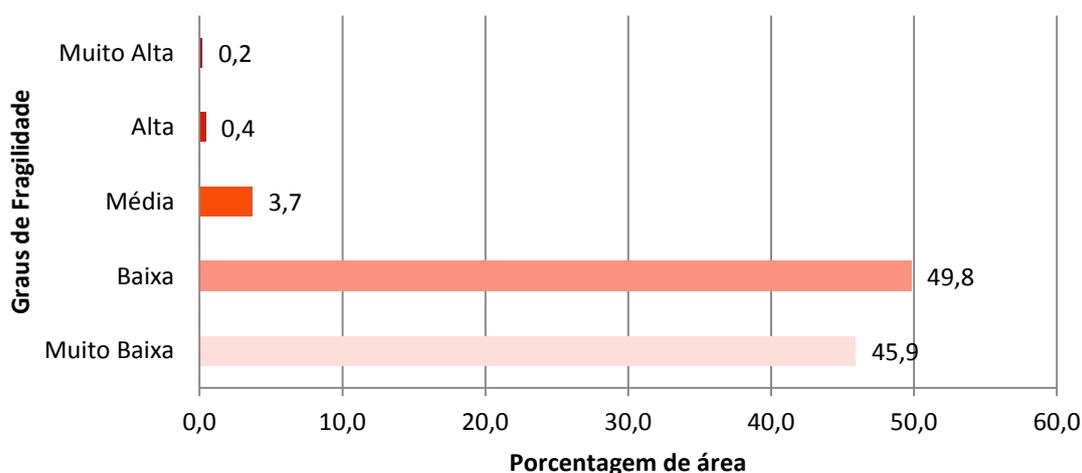
Encontrou-se Fragilidade Ambiental *Muito Baixa* em 45,9% da área (31.137 ha), caracterizada por modelado do terreno essencialmente suave com solos resistentes aos

processos erosivos, em geral Latossolos, somados a isto, um grau de proteção muito alto, como áreas urbanas e vegetação, as quais protegem os solos tanto do impacto da chuva, como também impedem a formação de enxurradas. 49,8% da área (33.763 ha), é caracterizada por uma Fragilidade Ambiental *Baixa*, que é constituída por superfícies relativamente suaves e usos com proteção alta, como pasto sujo, pois a pastagem ao formar um entrelaçado de raízes protegem as partículas do solo do desprendimento, e os arbustos atuam como barreiras as eventuais enxurradas que possam se formar.

Enquanto que em áreas com fragilidade potencial média, correspondentes a um grau de proteção médio, dado pelos usos de reflorestamento e pasto limpo, onde um diminui a velocidade do impacto das gotas de chuva no solo, e o outro, a pastagem, protegem os solos tanto do impacto da água como também, evita que as partículas desprendidas sejam carregadas por eventuais enxurradas, proporciona a estes ambientes uma Fragilidade Ambiental *Média*, a qual corresponde a 3,7% da área (2.609 ha).

Encontrou-se uma Fragilidade Ambiental *Alta* em 0,4% (277 ha) da área, caracterizada pela presença de solos bastante susceptíveis a erosão, como Argissolos, e relevos montanhosos, com declives que variam de 20% a 30%, cujo uso é caracterizado por construções dispersas ao longo da área, as quais geralmente possuem parcelas de solos exposto, proporcionando um grau de proteção baixo. Somente 0,2% da área (15 ha) possui uma Fragilidade Ambiental *Muito Alta*, isto é, áreas bastante inclinadas, com mais de 30% de declividade e com solos suscetíveis a erosão, os Neossolos cujos usos não protegem adequadamente os solos dos processos erosivos. (Gráfico 5).

**Gráfico 5. Área de Fragilidade Ambiental**



A Figura 12 traz alguns exemplos de como a área de estudos não apresenta características significativas de degradação.

**Figura 12. Exemplo área de estudos.**



Arquivo pessoal. Outubro 2016.

Percebe-se na figura A e B, que a área possui uma topografia bastante suave a qual não confere grandes riscos ao desgaste dos solos, somados a isto a cobertura vegetal mais densa, e áreas de pasto sujo, por exemplo, auxiliam na manutenção ainda maior destes ambientes, uma vez que dificultam o desprendimento das partículas dos solos, ou em relevos mais acidentados agem como barreiras às enxurradas. Percebe-se que em terrenos mais ondulados, como os da figura C e D, práticas conservacionistas como plantio em contorno e criação de terraços procuram amenizar os efeitos dos processos erosivos, devido a pouca proteção oferecida pelo uso agrícola.

## 5. CONCLUSÃO

É possível atribuir dois motivos para a área de estudos apresentar uma Fragilidade Ambiental *Muito Baixa* e *Baixa* em praticamente toda sua área (cerca de 95%), os quais contribuem para que ela não apresente vulnerabilidade significativa aos processos de degradação por erosão.

Primeiro, os elementos físicos da área de estudos, solo e relevo, não apresentam características de degradação o suficiente para tornar esta área frágil. Pois, em mais de 75% da área o relevo é constituído por declives inferiores a 6% de declividade, o que garante que as partículas desprendidas pelo impacto das gotas de chuva se espalhem pela superfície, já que a pouca inclinação do terreno dificulta aumento de velocidade de escoamento superficial, onde as enxurradas que podem vir a se formar não ganham energia o suficiente para degradar as áreas de maneira expressiva, pois em terrenos planos a força da gravidade tende a atuar mais nos processos de infiltração da água no solo do que em escoamento superficial. E também, os solos presentes em mais de 70% da área é correspondem a Latossolos. Estes possuem grande resistência aos processos erosivos por serem solos bastante evoluídos pedogeneticamente, e, por conseguinte, solos profundos, com grande grau de coesão em suas partículas, o que dificulta o desprendimento das suas partículas. Assim, áreas correspondentes a Fragilidade Ambiental *Alta* e *Muito Alta*, acabam por ser pontuais e pouco expressivas, em que juntas não chegam a ocupar nem 0,05% da área, localizadas geralmente nas encostas dos dois rios principais da área, rio Paraná e rio Iguçu.

E segundo motivo é que, mesmo a área estudos apresentando quase metade da sua área total (47,13%) um uso/cobertura com grau de proteção *Muito Baixa*, dado pelo uso/ocupação de áreas agrícolas, isto não a torna uma área suficientemente vulnerável. Pois como ressaltando anteriormente, está área é constituída de um modelado bastante suave, o qual lhe confere velocidades lentas de escoamento superficial, e também por ser composta em grande parte por Latossolos, os quais são bastante evoluídos em seus processo pedogenéticos, e, por conseguinte, bastante resistentes a perda de material, que de certa forma acabam por compensar a pouca proteção.

Enquanto que as áreas correspondentes a Fragilidades Ambiental *Alta* e *Muito Alta* não chegam a somar nem 0,5% da área. Elas são definidas principalmente pela presença de declives acentuados, aqueles de 20% a 30% e acima de 30% de declividade.

Estas áreas localizam-se nas encostas dos principais rios, a saber, rio Paraná e rio Iguaçu. Onde o movimento do fluxo d'água dos rios atua no entalhamento das suas encostas, acentuando, ao longo do tempo, a inclinação das vertentes. Porém, estas áreas são pontuais e pouco expressivas.

## 6. REFERÊNCIAS:

AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. **As Unidades Ecodinâmicas na Análise da Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP**. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n° 26. pp 59-78, 2009.

ANDERSON, J.R, HARDY, E.E, ROACH, J.T., WITMER, R.E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para a utilização com dados de Sensores Remotos**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2.ed. São Paulo, Ícone, 1999.

BIRKELAND, P.W. **Soils and geomorphology**. New York: Oxford University. 1999.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do Estado do Paraná: Legenda atualizada**. Embrapa Florestas, Embrapa Solos, Instituto Agrônômico do Paraná. Rio de Janeiro, 2008.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Caracterização do Sistema Ambiental**. In: \_\_\_\_\_. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgard Blucher, Cap. 3, p. 35-50, 1999.

CORREA, J. ALMEIDA, J. A. **Mineralogia e Gênese das Principais Classes de Solos de Encostas Basálticas do Estado de Santa Catarina**. UDESC/Lajes, 2003. Acesso em 20 de março de 2016. Disponível em <[http://manejodosolo.cav.udesc.br/wp/?page\\_id=563](http://manejodosolo.cav.udesc.br/wp/?page_id=563)>

CROSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto** – ed. rev. Universidade Estadual de Campinas, Campinas,1992.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Boletim de Pesquisa N°27. Londrina, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

ERHART, H. **A Teoria Bio-resistásica e os Problemas Biogeográficos e Paleobiológicos**. Tradução de Antonio Christofolletti. In: *Notícia Geomorfológica*, n. 11, p.51-58. Campinas junho de 1966.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

FOZ DO IGUAÇU. Prefeitura Municipal. **A Cidade**. Disponível em <[www.pmf.iguaçu.pr.gov.br/conteudo/?idMenu=1004](http://www.pmf.iguaçu.pr.gov.br/conteudo/?idMenu=1004)> Acesso em 09 de julho de 2015.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Foz do Iguaçu**. Disponível em <<http://cod.ibge.gov.br/233j4>> Acesso em 03 de junho de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Santa Terezinha de Itaipu**. Disponível em <<http://cod.ibge.gov.br/3g6>> Acesso em 03 de junho de 2015.

JACOMINE, P. K. T. **A nova classificação brasileira de solos**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2008-2009.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. **Caracterização Empírica da Fragilidade utilizando Geoprocessamento**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, p. 2203-2210. Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005.

LEPSCH, I. F.; BELINAZZI JR. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. Manual para Levantamento Utilitário do meio Físico e Classificação das Terras no sistema de Capacidade de Uso. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1983.

MAACK, R.. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, Universidade Federal do Paraná, Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, 1968.

MINEROPAR (MINERAIS DO PARANÁ). **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: escala 1:250.000, modelos reduzidos 1.500.000. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <[http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/Geomorfologicos/atlas\\_geomorforlogico.pdf](http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/Geomorfologicos/atlas_geomorforlogico.pdf)> Acesso em 03 de junho de 2015.

MUGLLER, C.C; CARDOSO, I. M; RESENDE, M; FONTES, M. P. F; ABRAHÃO, W. A. P; CARVALHO, A. F. **Conteúdos básicos de geologia e pedologia**. Viçosa - Minas Gerais, 2005.

ORMSBY, T.; NAPOLEON, E.; BURKE, R.; GROESSL, C.; BOWDEN, L. **Getting to know ArcGIS desktop**. Redlands: ESRI Press, 2010.

QUEIROZ NETO, J. P. **O Estudo de Formações Superficiais no Brasil**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 22 (I/2), 65-78, 2001.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. S. **Aplicação de SIG na geração de Cartas de Fragilidade**. Revista do Departamento de Geografia n° 13, 1999.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia – FFLCH/USP, 1993.

SANTA TEREZINHA DE ITAPU. Prefeitura Municipal. **A Cidade**. Disponível em <[www.stitaipu.pr.gov/cidade/historia/31-pagina/cidade.html](http://www.stitaipu.pr.gov/cidade/historia/31-pagina/cidade.html)> Acesso em 09 de julho de 2015.

SILVA, A. B. **Sistemas de informação Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Editora da Unicamp. Campinas, 1999.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de três modelos**. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n° 15, pp. 39-49, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**. 1ed. Londrina: IAPAR, v. 1, 2015.

WESTEN, C.; FARIFTEH, J. **ILWIS-Integrated Land and Water Information System**. User's Guide. Enschede: ITC-International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 1997.