

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

**RICARDO HENRIQUE BUENO**

**APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC) DA**  
**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO – PARANÁ**

**MARINGÁ**

**2016**

**RICARDO HENRIQUE BUENO**

**APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC) DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO – PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Luzia de Souza

**MARINGÁ**

**2016**

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

B928a Bueno, Ricardo Henrique  
Aplicação do diagnóstico físico-conservacionista (DFC) da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro - Paraná / Ricardo Henrique Bueno. - - Maringá, 2016.  
107 f. : il. (algumas color.), tabs., grafos, mapas.

Orientador<sup>a</sup>: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marta Luzia de Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2016.

1. Geotecnologia. 2. Degradação ambiental. 3. Geografia física. 4. Uso da terra. I. Souza, Marta Luzia de, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

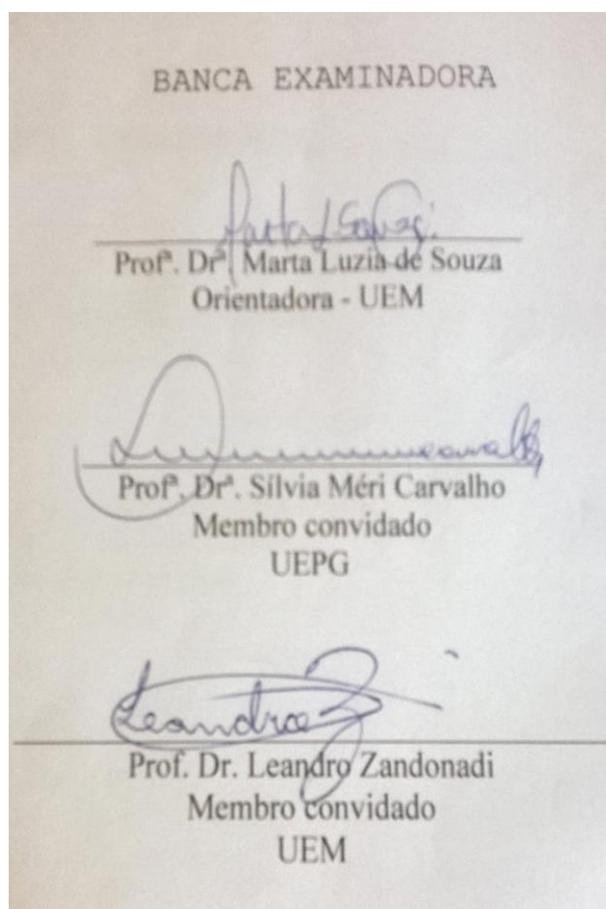
CDD 910.02

MGC-001734

APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC) DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO-PARANÁ

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

Aprovada em **15 de abril de 2016.**



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais esta etapa concluída em minha vida.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Marta Luzia de Souza, pela orientação e pelas contribuições ao longo deste período, pelos ensinamentos, apoio e confiança, a quem eu admiro por sua ética e profissionalismo.

Ao Cnpq, pela concessão da bolsa, que permitiu dedicar-me em tempo integral aos estudos e sem a qual não seria possível atingir os objetivos acadêmicos.

À minha família, pelo apoio, meus pais e meu irmão, que sempre me incentivaram ao estudo e que se esforçaram ao máximo para que isto fosse possível.

À minha noiva e grande amor, Taísa Martins Jordão, pelo carinho, dedicação, incentivo, ajuda e paciência que teve durante o curso.

À Professora Dr<sup>a</sup> Ana Paula Colavite da Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR – Campo Mourão, que durante o curso de graduação foi minha orientadora, me incentivando a prosseguir na carreira acadêmica.

Aos meus antigos professores da graduação na Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR – Campo Mourão.

Aos meus amigos Anderson Wesley de Lima Souza e Francieli Sant’ana Marcatto, pelas inúmeras horas de ajuda na pesquisa e pelo esforço nos trabalhos de campo, um especialmente a mais de 40° C.

Ao Vanderlei Grzegorzcyk, técnico de laboratório do Grupo de Estudos Multidisciplinar do Meio Ambiente (GEMA), pela ajuda nos ensaios de laboratório.

A secretaria do Programa de Pós-Graduação em Geografia, por auxiliar-me sempre que necessário.

Enfim, a todas as pessoas que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a execução deste trabalho e conclusão do curso.

Muito obrigado.

## RESUMO

A área de estudo pesquisada foi a bacia do rio Ligeiro – PR, localizada entre as Mesorregiões Centro Ocidental e Noroeste Paranaense, localizado inteiramente no Terceiro Planalto Paranaense, entre as coordenadas S24° 00' 35" e O52° 38' 03" e S23° 32' 09" e O52° 24' 05". A bacia hidrográfica do rio Ligeiro possui 788,02km<sup>2</sup> e seu rio principal, que dá o nome a bacia, é afluente à margem esquerda do rio Ivaí em seu médio curso. Objetivou-se nesta pesquisa realizar o levantamento e a análise sobre o grau de degradação ambiental na bacia do rio Ligeiro – PR, por meio da aplicação do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC). A partir desta metodologia e algumas adaptações, obteve-se os índices necessários para compor a fórmula descritiva e, assim, realizar o cálculo da equação da reta e obter o grau de degradação física da bacia, delimitada em três setores. Com os resultados finais, os setores A e B foram os que apresentaram maior risco de degradação ambiental evidenciando que merecem maior atenção nas medidas de uso. O setor C foi o que apresentou melhores resultados, em virtude da suscetibilidade à erosão do solo ser menor neste setor. Os resultados demonstraram o quanto às medidas de mitigação dos processos que impactam o ambiente são necessárias, sendo que os valores do DFC para a bacia do rio Ligeiro foram significativamente altos, revelando a necessidade de medidas que auxiliam na conservação do solo, da vegetação, da biodiversidade e dos recursos hídricos disponíveis na bacia. Como produto final, elaborou-se a carta de uso racional para a bacia do rio Ligeiro, sendo um produto cartográfico destinado ao planejamento do uso da terra.

**Palavras chave:** Uso da terra; Geotecnologias, Degradação ambiental.

## ABSTRACT

The study area surveyed was the basin of Ligeiro river - PR, located between the Meso West Center and Northwest Paranaense, fully occupying the Third Plateau Paranaense between the coordinates S24° 00 '35" and O52 ° 38' 03" and S23° 32 '09" and O52° 24' 05". The hydrographic basin of the Ligeiro river has 788,02km<sup>2</sup> and its main river, giving the name of the basin, it's a tributary on the left bank of the river Ivaí in medium course. The objective of this research is to carry out the survey and analysis of the degree of environmental degradation in the basin of Ligeiro river - PR, through the application of Diagnosis Physical Conservationist (DPC). From this methodology and some adaptations, afforded the necessary indices to compose the descriptive formula and thus to realize the calculation of the equation of the line and to obtain the degree of physical degradation of the basis that were delimited in three sectors. With the final results, the sectors A and B were those with the highest risk of environmental degradation showing that they deserve greater attention on the measures of use. The sector C was the sector with the best results, due to the susceptibility to erosion of soil which is lower in this sector. The results showed how the measures of mitigation of the processes that impact the environment are necessary, being the values of DPC for the basin of the Ligeiro river significantly high, revealing the need for measures to assist in the conservation of soil, vegetation, biodiversity and of the water resources available in the basin. As the final product, prepared to the rational use letter to basin Ligeiro river, being a cartographic product for the planning of land use.

**Keywords:** Land use; Geotechnology, Environmental degradation.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Localização da área de estudo.....	12
<b>Figura 2</b> – Carta geológica da bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	14
<b>Figura 3</b> – Tipos climáticos da bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	16
<b>Figura 4</b> – Formações fitogeográficas na bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	17
<b>Figura 5</b> – Carta de solos na bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	18
<b>Figura 6</b> – Coleta das amostras indeformadas na área de estudo .....	32
<b>Figura 7</b> – Sequência esquemática sobre os ensaios de laboratório realizados no Laboratório de Palinologia, Pedologia e Sedimentologia do GEMA/UEM .....	35
<b>Figura 8</b> – Carta Hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro – PR .....	37
<b>Figura 9</b> – Setorização da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR .....	38
<b>Figura 10</b> – Prancha com as fotos do setor A, a exposição do arenito da Formação Caiuá....	40
<b>Figura 11</b> – Prancha com fotos do setor B .....	41
<b>Figura 12</b> – Prancha com fotos do setor C .....	42
<b>Figura 13</b> – Hierarquia fluvial dos canais de drenagem da bacia do rio Ligeiro – PR.....	45
<b>Figura 14</b> – Declividade na bacia do rio Ligeiro - PR.....	46
<b>Figura 15</b> – Localização das estações pluviométricas no entorno e interior da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR.....	48
<b>Figura 16</b> – Precipitação média das estações de Igarité, Copacabana do Norte, Farol e Malu entre 1994 e 2014 .....	50
<b>Figura 17</b> – Frações da granulometria encontradas na bacia do rio Ligeiro - PR – Transectos 1, 2 e 3 .....	54
<b>Figura 18</b> – Ilustração do gráfico que classifica os materiais que apresentaram alta e baixa erodibilidade: Transecto 1 – bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	55
<b>Figura 19</b> – Ilustração do gráfico que classifica os materiais que apresentaram alta e baixa erodibilidade: Transecto 2 – bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	56
<b>Figura 20</b> – Ilustração do gráfico que classifica os materiais que apresentaram alta e baixa erodibilidade: Transecto 3 – bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	57
<b>Figura 21</b> – Classes de relevo da bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR.....	59
<b>Figura 22</b> – Extrato do Balanço Hídrico para a bacia do rio Ligeiro - PR, 2003 a 2014 .....	63
<b>Figura 23</b> – Predominância de áreas voltadas à agricultura nos três setores da bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	65
<b>Figura 24</b> – Carta de uso da terra para a bacia hidrográfica do rio Ligeiro – 1984 a 2014.....	66

<b>Figura 25</b> – Uso e ocupação da terra no setor A da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR de 1984 a 2014 .....	70
<b>Figura 26</b> – Uso e ocupação da terra no setor B da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR de 1984 a 2014 .....	71
<b>Figura 27</b> – Uso e ocupação da terra no setor C da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR de 1984 a 2014 .....	72
<b>Figura 28</b> – Bacia do rio Ligeiro setorizada e as respectivas fórmulas descritivas com os valores dos índices de degradação da área de pesquisa.....	74
<b>Figura 29</b> – Gráfico da equação da reta com os valores da unidade de risco de degradação física para a bacia do rio Ligeiro .....	75
<b>Figura 30</b> – Potencial erosivo da bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR.....	77
<b>Figura 31</b> – Conflitos do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR.....	78
<b>Figura 32</b> – Uso racional da terra na bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR.....	80

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Setorização da bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR.....	39
<b>Tabela 2</b> – Valores da densidade de drenagem dos setores A, B e C da bacia hidrográfica do rio Ligeiro com respectiva simbologia .....	43
<b>Tabela 3</b> – Comprimento dos canais e hierarquização da bacia pesquisada, segundo Strahler (1952) .....	44
<b>Tabela 4</b> – Classes de declividade encontradas na bacia do rio Ligeiro – PR.....	47
<b>Tabela 5</b> – Parâmetro Declividade Média (DM), por setor, na bacia do rio Ligeiro - PR.....	47
<b>Tabela 6</b> – Aplicação do método de Thiessen na bacia estudada .....	49
<b>Tabela 7</b> – Estações pluviométricas predominantes .....	49
<b>Tabela 8</b> – Classificação dos índices de erosividade para o estado do Paraná (1994 – 2014)	49
<b>Tabela 9</b> – Índices de erosividade.....	50
<b>Tabela 10</b> – Matriz de identificação da declividade, classes do relevo e substrato geológico para a bacia do rio Ligeiro .....	60
<b>Tabela 11</b> – Matriz de classificação entre os subíndices de declividade e de suscetibilidade da textura a erosão .....	60
<b>Tabela 12</b> – Escalonamento dos índices do potencial erosivo, qualificação e símbolo respectivo.....	61
<b>Tabela 13</b> – Classes de potencial erosivo para a bacia do rio Ligeiro - PR.....	61
<b>Tabela 14</b> – Cálculo do potencial erosivo dos solos por setor da bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR .....	62
<b>Tabela 15</b> – Valores anuais do excedente e déficit hídrico da estação Cianorte - PR.....	64
<b>Tabela 16</b> – Classificação do BH para os setores A, B e C .....	64
<b>Tabela 17</b> – Grau de semelhança cobertura vegetal atual.....	67
<b>Tabela 18</b> – Índice de CO para a bacia do rio Ligeiro - PR.....	67
<b>Tabela 19</b> – Índice de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal por setores da bacia do rio Ligeiro .....	68
<b>Tabela 20</b> – Índice e o símbolo de proteção total da vegetação. ....	69
<b>Tabela 21</b> – Índices e símbolos respectivos da proteção oferecida pela cobertura vegetal, dos setores A, B e C .....	69
<b>Tabela 22</b> – Unidades de risco de degradação física para a bacia do rio Ligeiro.....	75

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Classificação dos valores de Densidade de Drenagem (DD) e simbologia respectiva .....	43
<b>Quadro 2</b> – Classes de Declividade, respectivos símbolos utilizados no Diagnóstico Físico-Conservacionista da bacia do rio Ligeiro - PR .....	47
<b>Quadro 3</b> – Classe do potencial erosivo dos solos por setores e respectivos símbolos.....	62
<b>Quadro 4</b> – Classificação qualitativa do Balanço Hídrico para o Paraná .....	63
<b>Quadro 5</b> – Classificação do tipo de cobertura vegetal quanto à proteção fornecida ao solo.	68
<b>Quadro 6</b> – Síntese dos índices obtidos em cada parâmetro analisado nos setores A, B e C .	73

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. EMPREGO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC) EM BACIA HIDROGRÁFICA</b> .....	4
2.1. A bacia hidrográfica como unidade de gestão.....	5
2.2. Geotecnologias na análise em bacias hidrográficas .....	8
<b>3. ASPECTOS GEOGRÁFICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO</b> ..	11
3.1. Aspectos físico-geográficos da bacia hidrográfica do rio Ligeiro .....	13
3.2. Aspectos socioeconômicos .....	20
<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	22
4.1. Trabalhos de gabinete .....	24
4.2. Atividades de campo.....	31
4.3. Ensaios de laboratório.....	32
<b>5. ANÁLISES DOS PARÂMETROS DO DFC NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO</b> .....	36
5.1. Parâmetro Densidade de Drenagem (DD) .....	43
5.2. Parâmetro Declividade Média (DM) .....	44
5.3. Parâmetro Erosividade da Chuva (E).....	48
5.4. Parâmetro Potencial Erosivo dos solos (PE).....	51
5.5. Parâmetro Balanço Hídrico (BH) .....	62
5.6. Parâmetros Cobertura Vegetal Original (CO) e Cobertura Vegetal Atual (CA) .....	64
5.7. Índices dos parâmetros do DFC.....	73
<b>6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	81
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	85
<b>APÊNDICES</b> .....	94

## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade vários estudos geográficos abordam a questão ambiental no Brasil e utilizam a bacia hidrográfica como unidade territorial para suas referidas análises. Estes estudos possibilitam o aprofundamento teórico e metodológico a respeito da apropriação da natureza pelo homem. A abordagem atual pauta-se na integração dos elementos que compõem o ambiente, de uma maneira cada vez mais complexa.

São variados os elementos que integram estas pesquisas, tais como a conservação do solo e da água, aumento da produtividade rural para produção de alimentos, atividades comerciais, explorações econômicas, potencialidades turísticas e as relações sociais.

Neste cenário da relação homem-natureza, entende-se que a degradação ambiental é resultado dessa interação desordenada, sendo que algumas das atividades humanas são responsáveis por provocarem alterações no meio natural e, conseqüentemente, gerar anomalias na dinâmica natural dos ecossistemas.

Ao longo da história, o homem desenvolveu várias técnicas de domínio da natureza passando a viver em grupos maiores, em clãs e tribos, surgindo as primeiras formas de concentração humana. Ele descobriu como produzir seu próprio alimento e, a partir daí, passou da condição de nômade para se estabelecer em um determinado local, produzindo suas ferramentas para as práticas voltadas a relação homem-natureza.

Desde então, a exploração dos recursos naturais acompanhou o crescimento da população e esteve estreitamente relacionada ao desenvolvimento da humanidade, fazendo com que os problemas ambientais fossem cada vez mais intensificados pelas atividades antrópicas.

Pode-se mencionar alguns exemplos de problemas relacionados à agricultura praticada sem nenhuma preocupação com o ambiente, como o uso indiscriminado de agrotóxicos, que prejudica a fauna, flora e polui os rios, ausência de técnicas modernas no preparo da terra, desencadeando os processos erosivos, que podem ocasionar a baixa produtividade agrícola.

Neste contexto, a pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do rio Ligeiro, localizada nos municípios de Araruna, Cianorte, Peabiru, Terra Boa, Jussara e São Tomé, entre as Mesorregiões Centro Ocidental Paranaense e Noroeste Paranaense em um contexto econômico voltado, principalmente, para a agricultura extensiva.

Assim, objetivou-se nesta pesquisa, realizar o levantamento e a análise sobre o grau de degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR, por meio da aplicação do

Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC), com o auxílio de geotecnologias na elaboração dos produtos cartográficos.

Os objetivos específicos foram os seguintes: realizar a caracterização fisiográfica da área de estudo e os aspectos socioeconômicos; analisar a cobertura vegetal e atual da área de pesquisa; caracterizar o tipo de solo predominante na área da bacia, determinar quantitativamente o grau de degradação na bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

Para a determinação do grau de degradação na área da bacia hidrográfica do rio Ligeiro, utilizou-se a metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) proposta, inicialmente, pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CICIAT) e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) com sede na Venezuela e aplicado por vários autores no Brasil, e que serão explanados posteriormente.

A importância da realização desta pesquisa se dá pelas possibilidades de uso da terra na bacia, e por este motivo, a metodologia DFC é um importante meio de determinação de parâmetros referentes ao manejo da bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

Dentre as possibilidades futuras de uso na bacia, destaca-se o potencial turístico apresentado por Marcotti; Marcotti (2011), uma vez que, alguns trechos do rio Ligeiro apresentam-se com corredeiras e quedas d'água e localizam-se em uma região com vários núcleos urbanos com hotéis, restaurantes, agências turísticas e com pré-disposição para prática de esportes de aventura como, *rafting*, *rapel*, *boiacross*, entre outras atividades.

Além disso, o DOU (Diário Oficial da União) publicou em 24 de abril de 2013 o processo que discute a respeito da decisão de aceitar o projeto básico de instalação de cinco Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), sendo três no município de Cianorte – PR e duas no município de Jussara – PR, utilizando as águas do rio Ligeiro, com potência estimada nos estudos de inventário de 5,80MW, o que poderá gerar prováveis impactos ambientais, já que está previsto a construção de um lago para o reservatório desta usina hidrelétrica e, assim, poderá contribuir para a degradação ambiental da bacia.

Como principal hipótese da pesquisa, após o levantamento cartográfico básico realizado em escalas pequenas (1:600.000 e 1:250.000) para a área a ser pesquisada, aponta-se que as áreas com maior risco de degradação ambiental podem ocorrer nos locais onde a cobertura pedológica possui textura arenosa/média provenientes de rochas areníticas e aliadas as práticas de manejo e uso da terra.

As práticas de manejo e uso da terra em áreas onde a suscetibilidade natural do solo à erosão é elevada pode alterar toda a dinâmica da bacia, contribuindo para a degradação do

ambiente e produzindo efeitos danosos, como a perda de solo, assoreamento de canais de drenagem e ausência da vegetação primária, alterando no local e no ambiente como um todo. Deste modo, a hipótese será corroborada após as análises dos dados que serão obtidos em escala 1: 50.000 e detalhamentos específicos de vertentes realizados por meio de trabalhos de campo.

A pesquisa fundamentou-se na importância que os trabalhos voltados às análises ambientais adquiriram nos últimos anos e, principalmente, adotando-se uma bacia hidrográfica como unidade de análise integrada da paisagem, aliado ainda ao uso de geotecnologias como meio de obtenção, armazenamento e elaboração de novos dados para análises relacionadas aos estudos em bacias hidrográficas, como será explanado na sequência.

## **2. EMPREGO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC) EM BACIA HIDROGRÁFICA**

Os estudos capazes de detectar níveis de degradação dos recursos provenientes do solo e da água em bacias hidrográficas tem se tornado cada vez mais frequentes no meio acadêmico (PAZ, 2013, p.53). Estes estudos auxiliam em uma melhor compreensão a respeito do estado físico em que uma bacia hidrográfica se encontra.

Weil; Brady (2013) destacam que o homem degradou somente na segunda metade do século XX, cerca de cinco bilhões de hectares de terras do globo terrestre (cerca de 43%) e em cerca de dois bilhões de hectares das terras degradadas do mundo, a degradação do solo é o principal componente da alteração do ambiente.

A degradação ambiental é um efeito danoso causado por atividades humanas ou naturais em uma determinada área do relevo (GUERRA; MARÇAL, 2014, p.72). Mantovani (2003) aponta que o uso e manejo da terra inadequados contribuem para o aumento de processos erosivos que são agravados pela suscetibilidade natural do terreno à erosão.

As atividades antrópicas estão causando danos ao ambiente e isto tem causado consequências ao próprio homem, como a perda de solo e diminuição da produtividade agrícola, além da destruição de comunidades de vegetação nativa, redução do nível de diversidade do ecossistema natural e perda da qualidade ambiental.

Deste modo, o uso da metodologia do Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC), adaptada por Beltrame (1994) visa avaliar o estado de conservação de recursos naturais em bacias hidrográficas, possibilitando determinar o potencial de degradação ambiental na área pretendida ao estudo (CHUEH; SANTOS, 2005).

Nas palavras de Rocha; Daltrozo (2008) e Paz (2013), o diagnóstico físico-conservacionista (DFC) adaptado por Beltrame (1994) destaca-se por contribuir significativamente nos estudos brasileiros que visam o uso racional de recursos naturais renováveis, por meio da compreensão das características físicas do meio ambiente. Beltrame (1994), Chueh; Santos (2005) sinalizam que o DFC é uma metodologia genérica, porém, muito abrangente e prática na obtenção de valores objetivos que avaliam o estado físico conservacionista de uma bacia.

O DFC teve como embasamento teórico os trabalhos desenvolvidos pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT), com sede na Venezuela, e

pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) da Venezuela (BELTRAME, 1994, p.12).

O DFC como metodologia já foi avaliado em diversos trabalhos, como em: Ferretti (1998); Junior et al. (2002), Chueh (2004), Carvalho (2004), Teixeira (2005), Scapini (2006), Ferreira (2009), Destro (2010), Melo (2010), Souza (2010), Venturim (2011), Paz (2013) entre outros e, em sua maioria, apresentados como resultados de pesquisas de dissertações e teses.

A metodologia desenvolvida pelo CIDIAT; MARNR (1978) é, segundo Beltrame (1994, p.16), mais ampla que o DFC, utilizado nesta pesquisa, pois abrange um conjunto de vários outros diagnósticos, como o Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica (DIBH), que integra os aspectos socioeconômicos, água, fauna, solo e outros elementos não necessários ao DFC (BELTRAME, 1994, p.16). Sendo assim, o DFC consegue atender os propósitos desta pesquisa.

## **2.1. A bacia hidrográfica como unidade de gestão**

Os recursos hídricos caracterizam-se na atualidade como um dos recursos naturais primordiais ao desenvolvimento e sobrevivência da sociedade, não tendo recebido, na maioria dos países, a atenção necessária em relação a sua proteção e preservação, bem como a melhoria de sua qualidade.

A água é um importante elemento existente na natureza, e para Gomes, Melo; Vale (2005) é um dos mais importantes recursos naturais, essencial para uma ampla variedade de processos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e, principalmente, para a sobrevivência do homem. “É o líquido vital e, sem sua ingestão, animais, vegetais e seres humanos padecem em poucos dias, o corpo humano possui 70% de água em sua composição” (HIRATA, LIMA; HIRATA, 2009, p.448) e, ao mesmo tempo, “é a substância mais abundante na superfície do planeta [...]” (KARMANN, 2009 p. 186).

Desse modo, a conservação deste recurso natural é essencial, uma vez que seus efeitos na natureza e para a sociedade são comprovadamente necessários. Para tal, existem, atualmente, estudos que comprometem-se ao entendimento e dinâmica dos efeitos da degradação ambiental, e a adoção da bacia hidrográfica como recorte espacial para a realização destes estudos tem sido cada vez mais usuais.

Vestena (2008) destaca a importância da ciência hidrológica na obtenção do conhecimento referente às bacias hidrográficas que permite prever futuros problemas ambientais ocasionados pela dinâmica do movimento das águas na superfície terrestre e por processos químicos, físicos, e biológicos, que são: enchentes, inundações, secas, movimentos gravitacionais de massas, erosão hídrica, transporte e deposição de sedimentos, subsidência e colapso do solo.

O conceito de bacia hidrográfica tem sido cada vez mais utilizado como unidade físico-territorial preferencial de estudos relativos à gestão dos recursos hídricos (MACHADO, TORRES, 2012, p. 39). Para Pires, Santos; Del Prette (2002), o conceito de bacia hidrográfica é amplificado e empregado em larga escala como unidade de gestão da paisagem e planejamento ambiental.

Para Borsato; Oliveira (2011), a bacia hidrográfica tornou-se um recorte espacial amplamente utilizado em trabalhos ambientais. “É inegável a grande convergência de inúmeras áreas de pesquisa na definição de bacia hidrográfica como unidade de estudo, gerenciamento, pesquisa, análise, planejamento, gestão, desenvolvimento, manejo e banco de dados” (MACHADO, TORRES, 2012, p. 39).

A adoção do conceito de bacias hidrográficas está relacionada à possibilidade de avaliar o potencial de desenvolvimento e a produtividade biológica de um determinado local. Segundo Carvalho (2004), isto favorece a tomada de decisões e melhora o aproveitamento destas áreas, minimizando o impacto ambiental. Em outras palavras, na prática, o uso do conceito de bacia hidrográfica relaciona-se na determinação de um espaço físico funcional (PIRES, SANTOS; DEL PRETTE, 2002, p. 21).

Carvalho (2004, p. 35), salienta sobre a necessidade de diferenciação do conceito de bacia hidrográfica enquanto “unidade de análise” e “unidade de gerenciamento”. A unidade de análise possui caráter técnico científico, enquanto que a unidade de gerenciamento expressa o caráter político administrativo. Deste modo, para a autora, “gerir uma bacia hidrográfica significa analisar uma multiplicidade de relações internas e externas próprias a ela, sem que isso implique em contradição com o recorte adotado para a gestão”.

Para Machado; Torres (2012), os estudos que relacionam a bacia hidrográfica como unidade espacial ocorrem desde a década de 1960, e os autores citam os trabalhos sobre a bacia hidrográfica como unidade geomórfica fundamental de Chorley (1962 e 1969), as contribuições de Horton (1945), Strahler (1952) e Bormann; Likens (1967). Tratam-se dos

pioneiros em considerar bacia hidrográfica como unidade ecossistêmica básica (OLIVEIRA et al. 2002, p. 128).

Vilaça, et al. (2009) colocam que bacias hidrográficas são unidades físicas adotadas com a finalidade de facilitar seu reconhecimento, caracterização e avaliação. Consideram ainda que o seu “comportamento ao longo do tempo ocorre por dois fatores, um de ordem natural, responsável pela pré-disposição do meio à degradação ambiental, e os fatores antrópicos, em que as atividades humanas interferem de forma direta ou indireta no funcionamento da bacia”.

A análise em uma bacia hidrográfica deve compreender, portanto, todos os aspectos abordados, como os naturais e os sociais ao entorno do rio, para que se realize uma análise sistêmica. Todos os elementos devem ser considerados como parte integrada, não sendo possível desconsiderar nenhum destes elementos.

Sendo assim, o estudo em bacias hidrográficas é um importante meio de obtenção de resultados em uma determinada área, aliando os fenômenos físicos aos usos que o homem possui dos recursos naturais, constituindo uma importante unidade de planejamento e gestão.

Toda esta discussão está centrada na questão do manejo de bacias hidrográficas e no uso da água, a qual consiste um recurso natural. Para Bettencourt, Moreschi; Toledo (2009), sem este recurso o homem padeceria.

Em meio a esta discussão, quando o homem promove a alteração do ambiente, está promovendo a si mesmo consequências graves, como a diminuição na qualidade de vida. Tucci (2005) destaca que, os problemas ambientais gerados nas áreas urbanas em países economicamente subdesenvolvidos estão relacionados ao grau de degradação ambiental.

Botelho (2011) destaca que, no Brasil os registros das primeiras intervenções nos recursos hídricos são do século XVII, na cidade do Rio de Janeiro, com manifestação dos padres franciscanos reclamando o mau cheiro na Lagoa Santo Antônio no ano de 1641 (CEDAE, 2007).

Ao longo do tempo os problemas ambientais se intensificaram à medida que ocorreu o crescimento das áreas urbanas e o aumento populacional no Brasil, e como a área de pesquisa é uma bacia hidrográfica brasileira, esta também se insere neste contexto de degradação.

## 2.2. Geotecnologias na análise em bacias hidrográficas

O aprimoramento de técnicas levou o homem a desenvolver suas atividades com maior eficiência, maior produção do conhecimento, dentre outras melhorias relacionadas à própria vivência humana. Da mesma maneira, o desenvolvimento da ciência acompanhou este avanço e, na Geografia, o aprimoramento de técnicas de Cartografia, Georreferenciamento, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento permitiram realizar pesquisas com maior abrangência do todo, fornecendo informações confiáveis para a obtenção de resultados em pesquisas.

As geotecnologias, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, têm sido na atualidade amplamente utilizados nas mais variadas temáticas da pesquisa geográfica.

Os recursos geotecnológicos, como as imagens de satélite, o uso de cartas topográficas digitalizadas e softwares integrados em um Sistema de Informação Geográfica para a obtenção e análise de dados correspondentes ao DFC (Diagnóstico Físico-Conservacionista) são de extrema importância para a realização de um trabalho científico direcionado às questões ambientais. Uma vez que, para Colavite (2008), o uso das geotecnologias tem empenhado papel essencial no desenvolvimento de pesquisas voltadas à análise da paisagem ao fornecer instrumental de coleta e análise de dados.

Florenzano (2002) escreve sobre a importância das imagens de sensores remotos como fonte de dados da superfície terrestre, que são cada vez mais utilizadas para a elaboração de diferentes tipos de mapas, onde os dados contidos numa imagem são interpretados, transformados em informações e apresentados em forma de mapas.

Para Crósta (1992), a função primordial do processamento digital de imagens é fornecer instrumentos para facilitar a identificação e a extração de informações contidas nas imagens.

Bueno (2013) enfatiza que o uso de geotecnologias tem aumentado nos últimos anos, gerando um processo contínuo de inserção de tecnologias com o desenvolvimento dos softwares voltados ao processamento e vetorização das imagens.

Para tal, a utilização do Sensoriamento Remoto se dá de modo que seus dados forneçam bases cartográficas à pesquisa. Furtado, Hoot; Ribeiro (2007) consideram fundamental a obtenção de dados por Sensoriamento Remoto, dada sua praticidade em dimensionar em várias escalas num determinado local de onde se pretende monitorar.

Segundo os referidos autores:

Os dados de sensoriamento remoto orbital atendem à necessidade de informação em diversas escalas, representando um meio viável de monitoramento da superfície terrestre através de satélites e seus sensores, e vem servindo de fonte de informações para estudos e levantamentos geológicos, agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, entre outros (FURTADO, HOOT; RIBEIRO, 2007, p. 3381).

Para Vilaça et al. (2009), a importância dos SIGs são as aplicações para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Desse modo, trazendo para o estudo das bacias hidrográficas, destaca-se a utilização do SIG nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental. A importância do uso do SIG na análise de áreas como a bacia hidrográfica decorre, principalmente, da capacidade de descrever diversas características do campo de estudo.

O uso de imagens de satélite e fotografias aéreas desempenha papel fundamental na análise geográfica, uma vez que “permitem enxergar e descobrir o planeta Terra de uma posição privilegiada. Essas imagens proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (em diferentes datas) de extensas áreas da superfície terrestre” (FLORENZANO, 2007, p. 8).

E de acordo com Burrough (1986, p. 44) o “SIG é um poderoso conjunto de técnicas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e apresentar dados espaciais do mundo real”.

Para Aronoff (1989), Lang; Blaschke (2009, p. 51) um “SIG é um sistema composto de hardware, software e dados”, combinado por um conjunto de funções automatizadas, ou seja, um sistema organizado com capacidade avançada de armazenamento, acesso, manipulação e visualização de informações georreferenciadas.

Câmara et al. (1996) sinalizam que, um SIG deve conter os seguintes componentes: “interface com o usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados”.

Portanto, SIG é um conjunto que envolve os elementos georreferenciados, bem como os softwares, as metodologias empregadas em uma pesquisa, os dados desde a coleta até o seu tratamento e armazenamento, o hardware, e os recursos humanos, ou seja, os profissionais que manipulam e tratam estes dados também fazem parte do processo, sendo os responsáveis pelas tomadas de decisões a respeito dos elementos estudados.

A tomada de decisão em relação à pesquisa a ser desenvolvida com o uso do SIG deve conter bom planejamento, para que as despesas sejam otimizadas, ou seja, para que não ocorram atividades de campo desnecessárias e outros gastos relacionados aos materiais

utilizados na pesquisa. É indispensável, que a equipe seja qualificada e tenha uma visão multidisciplinar, visando inteirar os elementos a serem estudados. O hardware deve ser adequado, suportando os softwares utilizados e com memória suficiente para o armazenamento e o processamento dos dados.

Por fim, os dados adquiridos devem ser de qualidade, pois, a realização de uma pesquisa com dados inadequados resulta em um trabalho de baixa qualidade cartográfica em virtude da dificuldade de representação, análise e visualização do trabalho.

Deste modo, esta pesquisa utilizou-se de recursos de Geotecnologias, que estão descritos nos procedimentos metodológicos.

### 3. ASPECTOS GEOGRÁFICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO

De acordo com Maack (2012), os aspectos geomorfológicos estruturais controlam a paisagem natural no Estado do Paraná e, neste contexto, existem duas grandes regiões naturais, a destacar: o litoral e os planaltos do interior separados pela frente da grande escarpa de falha, com sedimentos orientados abruptamente para o Oceano Atlântico e os planaltos que declinam suavemente em direção a Oeste e Noroeste. Em virtude desta escarpa, distinguem-se no Estado cinco regiões de paisagens naturais: o Litoral, a Serra do Mar, o Primeiro Planalto Paranaense, Segundo Planalto Paranaense e Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto do Trapp.

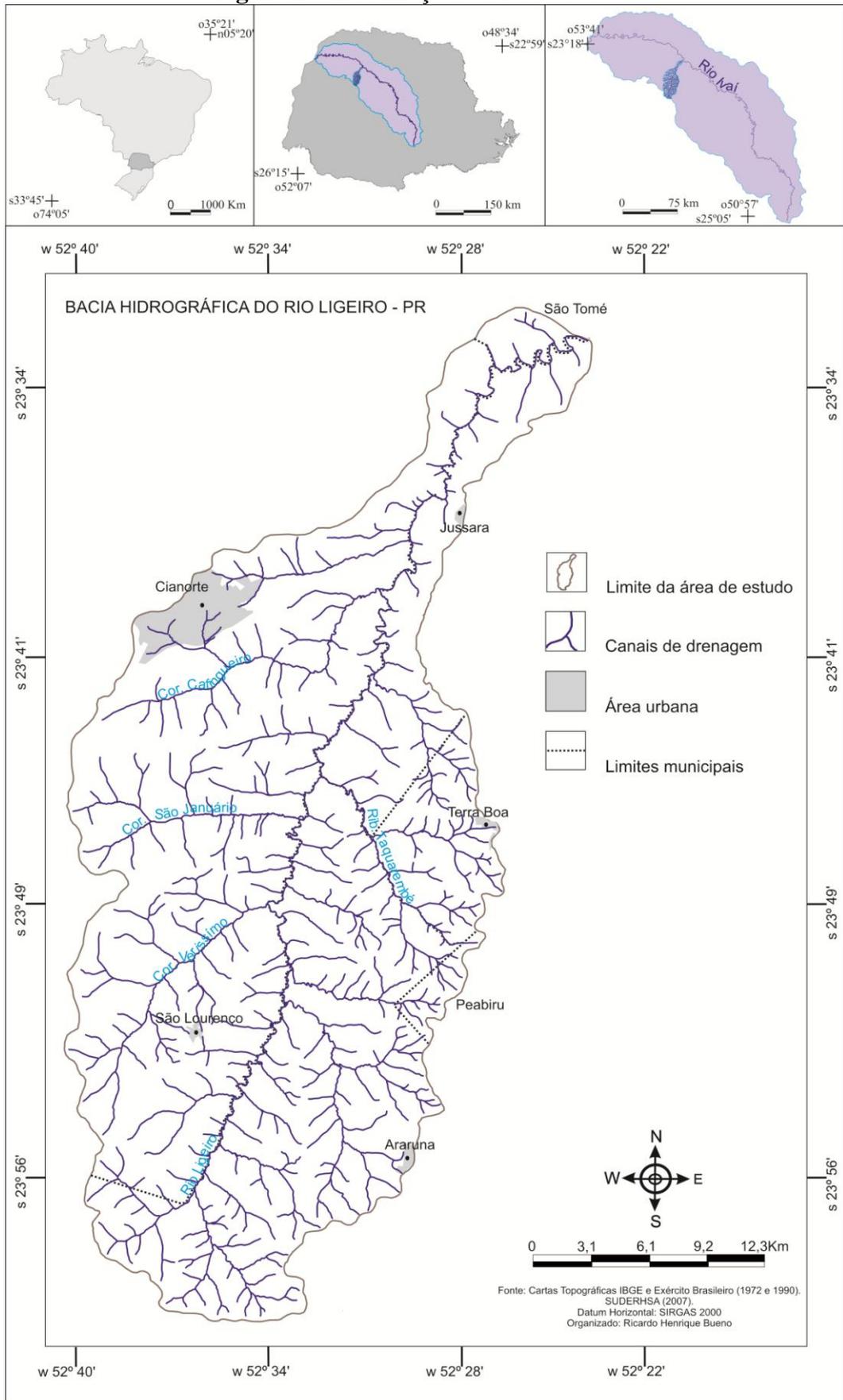
A área de estudo abrange a bacia hidrográfica do rio Ligeiro que localiza-se inteiramente na região do Terceiro Planalto Paranaense, entre as coordenadas S24° 00' 35" e O52° 38' 03" e S23° 32' 09" e O52° 24' 05" (Figura 3). Possui sua montante no município de Araruna – PR em uma altitude aproximada de 600 metros e compreende uma área de 788,02km<sup>2</sup> fazendo parte da bacia hidrográfica do rio Ivaí.

A jusante do rio Ligeiro localiza-se à margem esquerda do rio Ivaí entre as coordenadas de S23° 31' 00" e O52° 24' 11", com várias quedas d'água a partir do médio e baixo curso, como observado nos trabalhos de campo realizados. Neste ponto, o rio ganha maior competência erosiva devido ao vale mais dissecado e com canais caudalosos e menos sinuosos, ocorrendo o transporte de material de maior calibre.

Territorialmente, a bacia hidrográfica do rio Ligeiro está localizada em seis municípios, a mencionar: No setor sul e sudeste, o município de Araruna, onde estão localizadas as principais nascentes do rio Ligeiro. No setor leste da bacia localizam-se os municípios de Peabiru e Terra Boa. Ao Norte e Nordeste estão os municípios de São Tomé e Jussara, respectivamente, e, a Oeste, ocupando a maior porção da bacia, o município de Cianorte com 50,63% da área total da bacia.

Dentre os seis municípios, quatro possuem parte de seus centros urbanos localizados nos limites internos da bacia, sendo eles: Cianorte, o distrito de São Lourenço, Araruna, Terra Boa e Jussara. Os municípios de Peabiru e São Tomé possuem apenas áreas rurais nos limites internos da bacia, como verifica-se na figura 1.

**Figura 1 – Localização da área de estudo**



### 3.1. Aspectos físico-geográficos da bacia hidrográfica do rio Ligeiro

A bacia hidrográfica do rio Ligeiro apresenta-se de maneira incomum em relação a sua forma, comparada a outras bacias hidrográficas da região, pois em seu alto curso, o rio apresenta vários meandros localizados em planícies, e em direção ao seu baixo curso o rio torna-se encaixado no afloramento basáltico, apresentando fortes corredeiras.

Ao longo do principal canal fluvial que compõe a bacia do rio Ligeiro, nota-se curvas sinuosas no traçado do rio, principalmente, no alto e médio curso, possuindo em alguns pontos específicos meandros (MARCOTTI e MARCOTTI, 2011). Existem muitas corredeiras, sendo observadas por meio de imagens de satélite, bem como uma cachoeira. As diferenças no comportamento dos padrões de drenagem estão associadas, inicialmente, a mudança litológica que ocorre na área, passando do substrato de rocha arenítica para basáltica.

O padrão de drenagem predominante verificado ao longo da bacia foi o dendrítico. Para Riccomini et al (2009), ocorre este padrão de drenagem em bacias cujo substrato rochoso é homogêneo ou formado por rochas sedimentares com estratos horizontais.

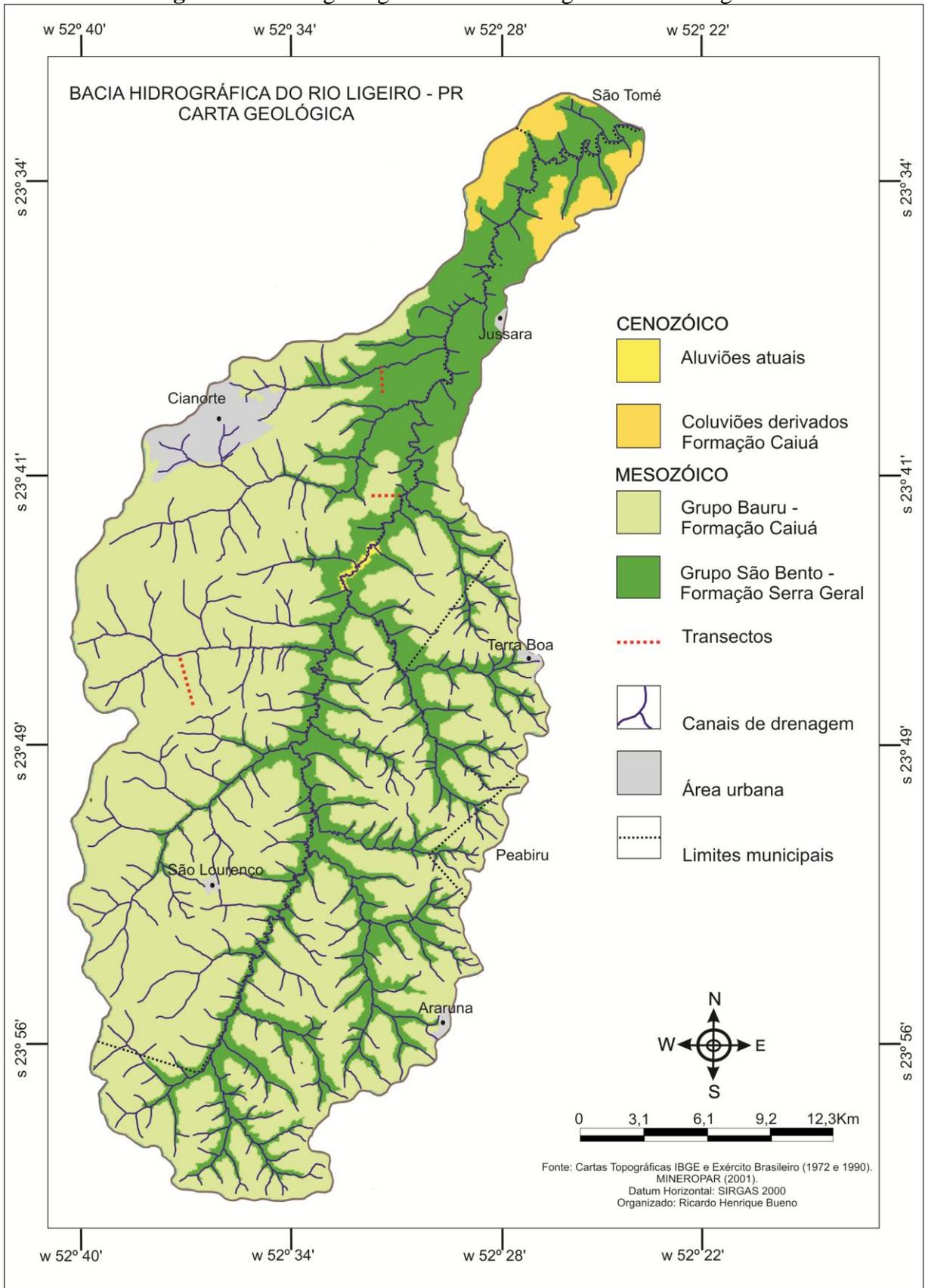
Para Howard (1967), o padrão dendrítico está associado a áreas com declive regional suave, este padrão pode sofrer alterações para subdendrítico, pinado, anastomosado e distributário. É característico em rochas graníticas ou em rochas sedimentares, como acontece no alto curso da bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

O leito do rio Ligeiro encontra-se sobre duas formações geológicas, a Formação Serra Geral e a Formação Caiuá (Figura 2).

A Formação Serra Geral, que pertence ao Grupo São Bento foi formada no Mesozóico e é constituída por extensos derrames basálticos que abrangem uma área de 1200000 km<sup>2</sup>, distribuídos no sul do Brasil, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, além de Argentina, Paraguai e Uruguai (KUERTEN; GUERRERO, 2010 p.31).

De acordo com o Atlas Geológico da MINEROPAR (MINEROPAR, 2006), a Formação Caiuá é composta por depósitos sedimentares em ambientes de origem eólica e fluvial, ocorridas com o término do vulcanismo da Formação Serra Geral (BIGARELLA; PAROLIN, 2010 p.30).

**Figura 2 – Carta geológica da bacia hidrográfica do rio Ligeiro**



As características climáticas da bacia hidrográfica do rio Ligeiro (Figura 3) foram descritas por Maack (2012) como sendo de clima predominante *Cfa*: clima subtropical úmido (mesotérmico) com verão quente e inverno brando, e *Cfb*: clima subtropical úmido (mesotérmico) com chuvas ao longo do ano todo, verões brandos e invernos rigorosos de acordo com a classificação climática de Köppen (1928). De acordo com Palhares (2007), as temperaturas são inferiores a 17°C no inverno e acima de 22°C no verão, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano todo, sem uma estação seca definida e geada menos frequente.

A vegetação nativa existente na bacia foi classificada como: Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Estacional com variações de Estacional Semidecidual Submontana e Estacional Semidecidual Aluvial. Fragmentos da Floresta Ombrófila Mista também são encontrados na bacia, principalmente, em áreas mais elevadas e mais ao sul da bacia, como descrito por Maack (2012).

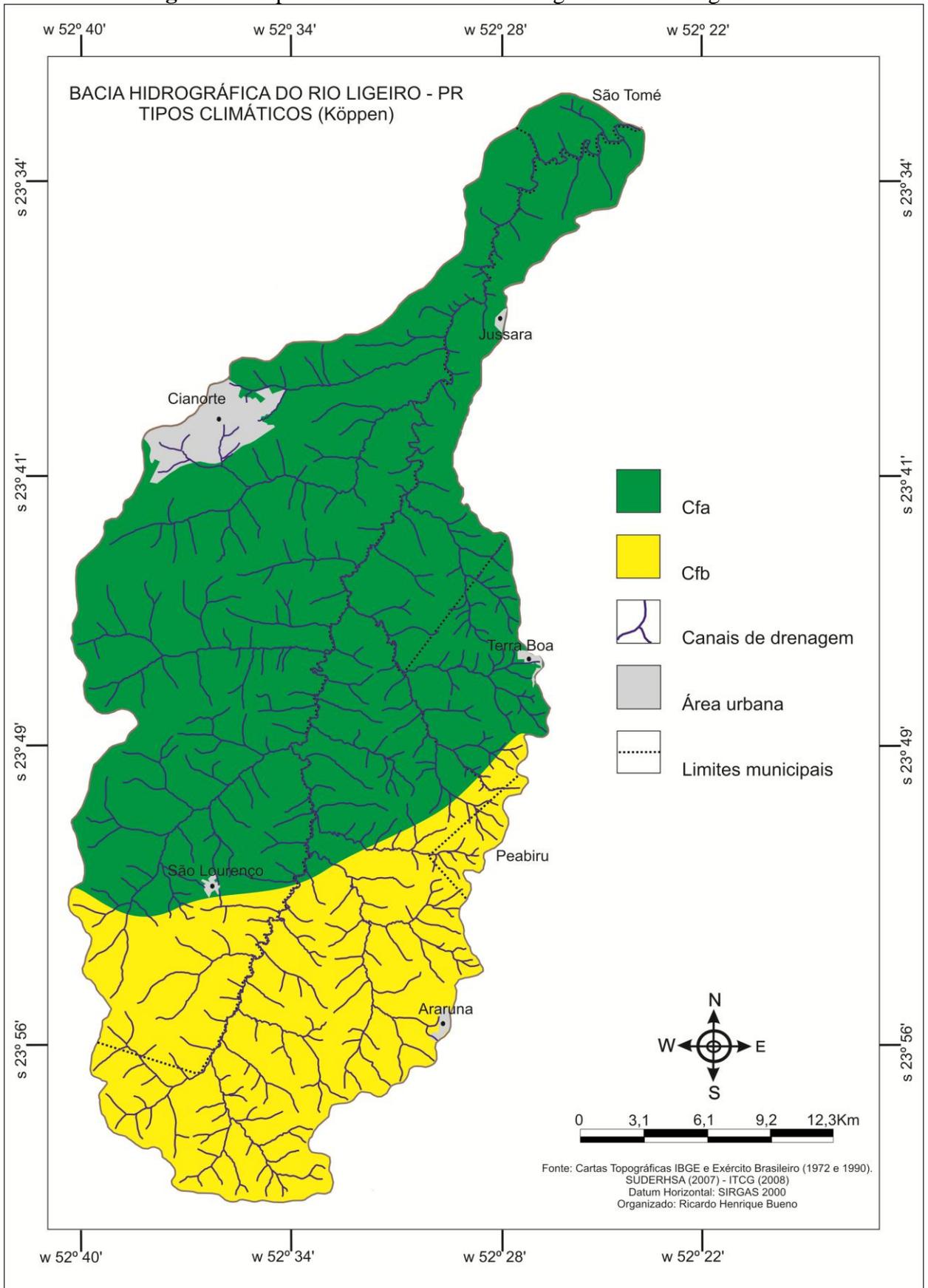
Segundo Campos; Filho (2010), a região abrangida pela Floresta Estacional Semidecidual ocupava a margem esquerda da bacia do rio Paranapanema, a partir do rio Itararé e abrangia todas as bacias afluentes a margem esquerda do rio Paraná. A figura 4 mostra como as formações vegetais eram distribuídas originalmente pela bacia, com base no mapa de Formações Fitogeográficas do Estado do Paraná, elaborado pelo ITCG (2009).

A Floresta Estacional Semidecidual ocupava, de acordo com Campos; Filho (2010), 37,3% de todo o território paranaense e, atualmente, devido ao intenso processo de exploração esta formação vegetal encontra-se presente em apenas 3,4% do total de onde antes ocorria.

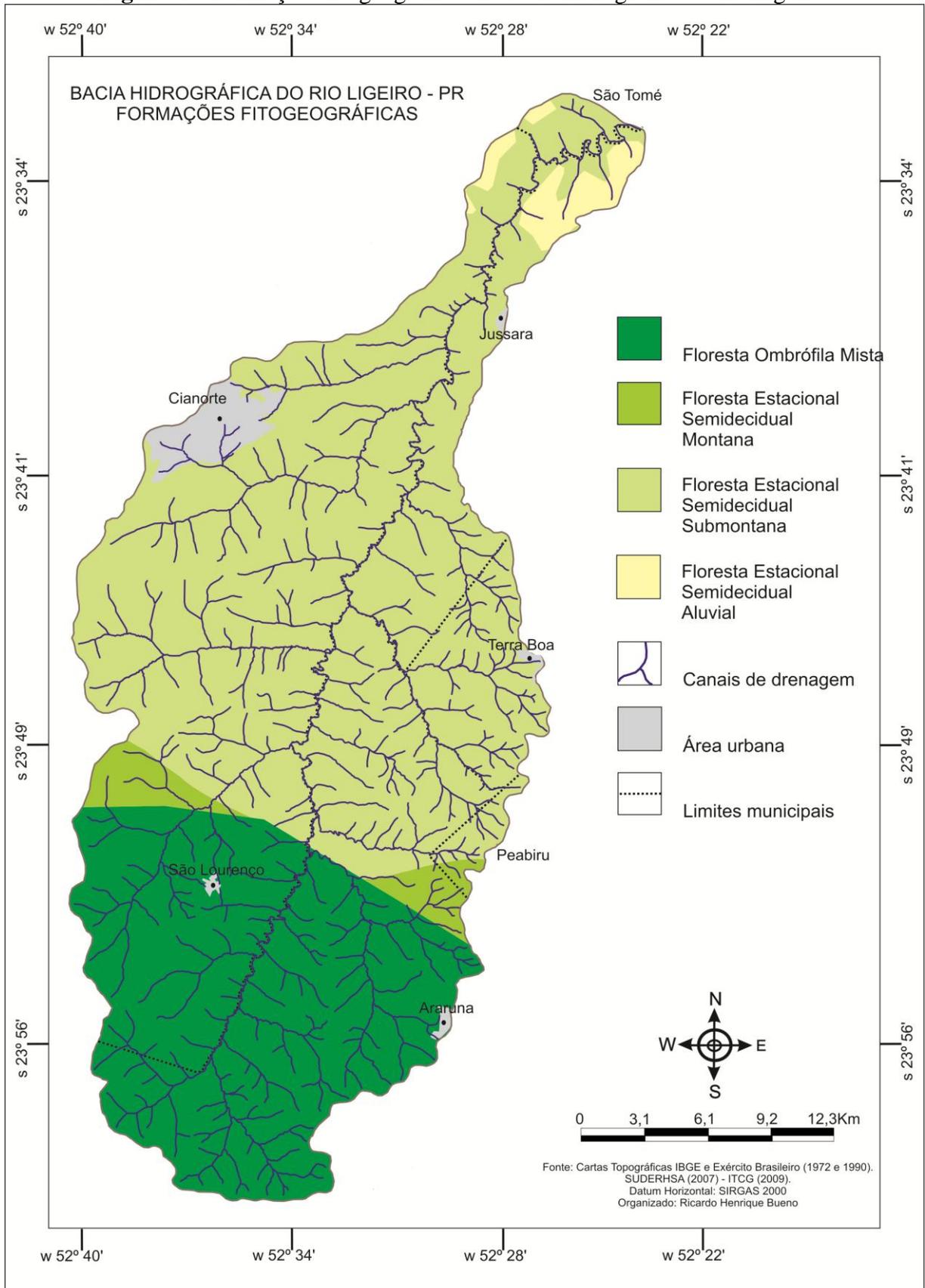
A tipologia dos solos encontrados na área de pesquisa é composta basicamente por Argissolos, Latossolos e Nitossolo, de acordo com o mapeamento dos solos realizado pela EMBRAPA (2006) e análises feitas em campo (Figura 5).

Para Lepsch (2010), os Latossolos são produtos muito intemperizados das rochas em locais de clima úmido, predominantes nas faixas tropicais, geralmente possuem baixa fertilidade e ocorrem em relevos com superfícies relativamente estáveis. Possuem pequena diferenciação de horizontes, em grande parte dos casos, sem macroagregados nítidos no horizonte B. Sua consistência é muito friável, com elevada porosidade, boa permeabilidade e muito profundos, atingindo mais de 2m de espessura. Ainda de acordo com o autor, a textura dos Latossolos varia entre média a muito argilosa, sendo relativamente muito uniforme em todo o perfil. Possuem estrutura de agregados granulares denominados “pseudoareias” ou “pó de café”.

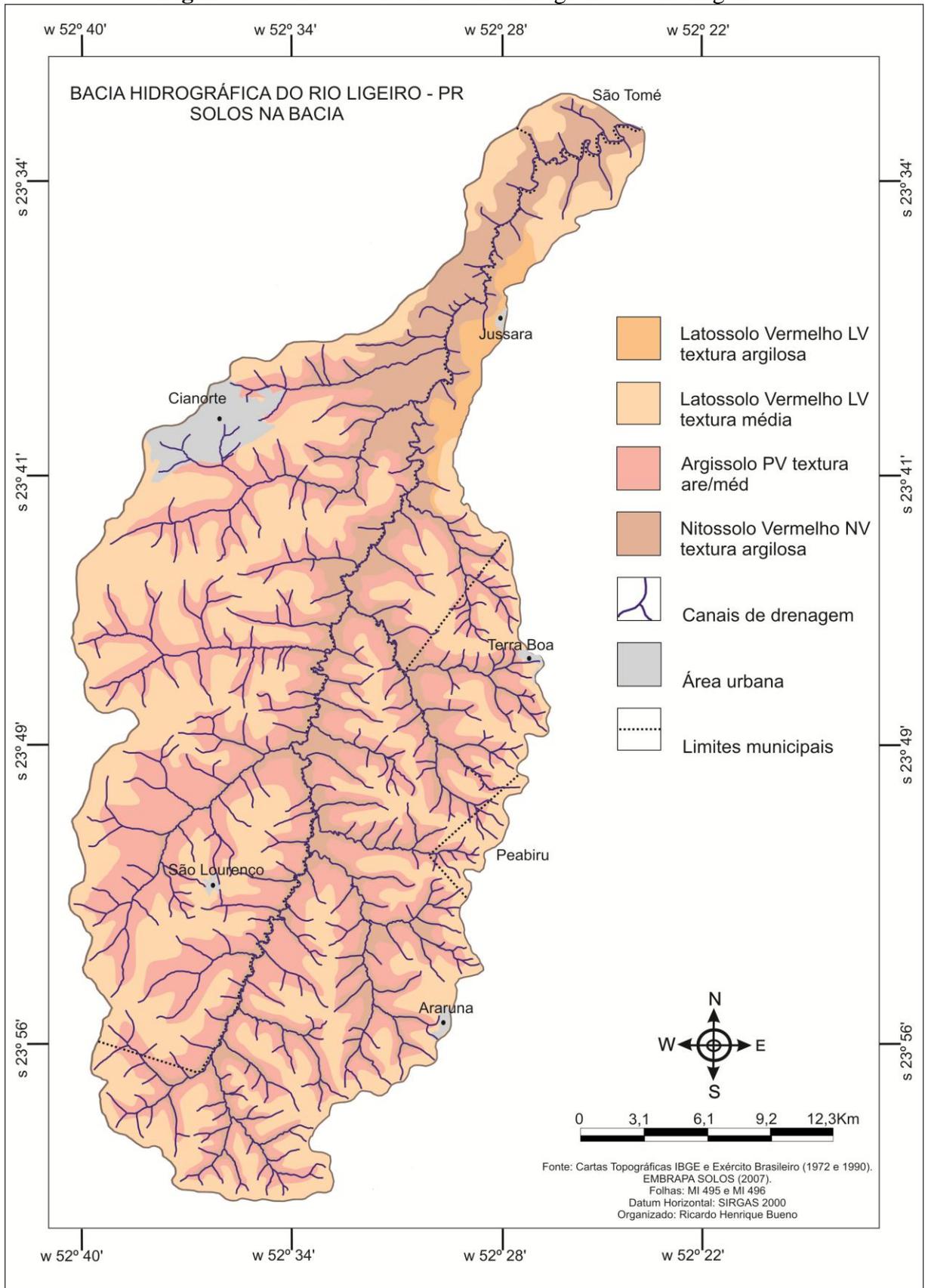
**Figura 3 – Tipos climáticos da bacia hidrográfica do rio Ligeiro**



**Figura 4 – Formações fitogeográficas na bacia hidrográfica do rio Ligeiro**



**Figura 5 – Carta de solos na bacia hidrográfica do rio Ligeiro**



Os Nitossolos são solos com profundidade média, bastante intemperizados e com fraca diferenciação de horizontes, mas com macroagregados reluzentes de brilho característico no horizonte B. São solos de textura argilosa ou muito argilosa e podem ocorrer em áreas de relevo mais dissecado. Para Lepsch (2010), os perfis de Nitossolos apresentam predomínio de cor avermelhada em todo o perfil. A diferenciação entre os horizontes ocorre gradualmente, com alta a média saturação por bases e desenvolve-se em rochas básicas (diabásio e basalto, principalmente). Os Nitossolos vermelhos são mais comumente encontrados na bacia do rio Paraná, principalmente, nos estados do Paraná e São Paulo (LEPSCH, 2010 p. 101).

Em decorrência de sua profundidade, ausência de cascalho, relevo quase plano, alta porosidade e boa drenagem, esses solos tornam-se bons para o uso agrícola e, apesar de sua baixa fertilidade, a correção dos solos e práticas de adubação são responsáveis por torná-los mais produtivos.

Os Argissolos são solos mediantemente profundos a profundos, bastante intemperizados, e com diferenciação marcante entre os seus horizontes com acúmulo de argila no horizonte B. Os Argissolos ocupam em torno de 20% do território nacional, possuem características distintas de textura, pois podem ser desde arenosos a argilosos em superfície e, as transições de textura podem ser graduais ou abruptas. O relevo varia muito, desde regiões dissecadas até suave ondulado e, quando associado aos Latossolos, geralmente formam-se em um relevo mais declivoso.

Quanto ao relevo na área da bacia, verificou-se a partir dos trabalhos de campo realizados que é notório na paisagem as áreas com baixa dissecção, com classes de declividade, de acordo com Ross (1990), entre 5,4° e 10,8°, com altitudes variando entre 240m a 600m, com topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V” modelados em rochas da Formação Caiuá que recobre 67,53% do total da área. A jusante da bacia possui topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base com vales em calhas modelados nas rochas da Formação Serra Geral.

As atividades antrópicas são responsáveis por uma série de alterações na dinâmica natural dos ecossistemas, deste modo, são elementos de extrema relevância na realização de análises ambientais. Beltrame (1994, p.14) menciona que as alterações realizadas pelo homem apresentam influências marcantes no ambiente e, neste caso, sobre o estado de conservação física em uma determinada bacia. Na sequência apresentam-se os aspectos socioeconômicos mais preponderantes que estão relacionados diretamente com o tema desta pesquisa.

### 3.2. Aspectos socioeconômicos

O uso e a ocupação na região Norte e Noroeste do Paraná possuem cunho histórico e a colonização na bacia hidrográfica do rio Ligeiro, segundo Romão (2010) também foi marcada pela presença da Companhia Melhoramentos do Paraná e, pela necessidade de interligar o litoral brasileiro à província de Mato Grosso (WACHOWICZ, 2002).

Segundo Romão (2010), o município de Cianorte, com 50,63% de seu território localizado na área da bacia, sofreu influência de sua estrutura urbana e agrícola por meio da colonização realizada pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, destacando-se o processo de planejamento e ocupação deste e dos demais municípios que compõem a bacia.

Wachowicz (2002) destaca que, a ocupação nesta região foi predominantemente realizada por agricultores que buscavam prosperidade na cultura cafeeira e os lotes foram planejados em forma de longos retângulos, com a frente voltada para o topo da vertente e o fundo voltado para o canal de drenagem, dando origem a configuração atual dos lotes na região.

De acordo com Romão (2010), o cultivo do café na região Norte Novíssimo perdurou até meados da década de 1970, perdendo influência face ao processo de modernização da agricultura. Para Lima (1989), a severíssima geada ocorrida no ano de 1975 teve um efeito catastrófico na cultura cafeeira paranaense e aliadas à situação econômica internacional foram, portanto, fatores preponderantes na redução da área ocupada com café no estado do Paraná.

Para Rafaelli et al. (2006), a ocorrência de frequentes geadas na década de 1970 e os baixos preços levaram os agricultores paranaenses a substituir a cultura do café pelas culturas de soja e trigo. A principal consequência social deste período foi o êxodo rural, a concentração fundiária e o desemprego no campo (PRIORI et al. 2012).

Estes fatores provocaram queda no total populacional em todos os municípios que estão localizados na bacia no período que compreendeu os anos de 1970 a 1980. A população na área voltou a crescer novamente a partir dos anos de 1990, com o incremento de outras atividades econômicas como: comércio diversificado nas áreas urbanas e a inserção das culturas temporárias, a se destacar a cana de açúcar, segundo Romão (2010).

O Produto Interno Bruto (PIB) per capita somado entre os municípios localizados no interior da bacia do rio Ligeiro é de cerca de R\$135.985,00, sendo que as principais atividades econômicas encontradas na região são voltadas para agricultura e pecuária - bovinos, equinos,

galináceos, ovinos, suínos, cana de açúcar, soja, mandioca, milho e trigo (IBGE, 2014) e (IPARDES, 2014).

À medida que uma região passa por uma reestruturação econômica, os elementos físicos que integram uma bacia hidrográfica também podem ser modificados, gerando impactos ao ambiente por diversos motivos, os quais destacam-se a atividade econômica exercida e as alterações nos índices populacionais, uma vez que a ausência de planejamento será desastrosa com o aumento significativo da população, podendo acarretar a degradação ambiental.

#### 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta parte, estão descritos os procedimentos metodológicos aplicados para a realização desta pesquisa, pautados fundamentalmente na metodologia do DFC (Diagnóstico Físico-Conservacionista) adaptado por Beltrame (1994). A realização dos procedimentos metodológicos se desenvolveu em três etapas, a mencionar: os trabalhos de gabinete, as atividades de campo e os ensaios de laboratório.

O DFC é uma metodologia que visa determinar o grau de degradação ambiental em uma bacia hidrográfica, a partir de fatores naturais e os parâmetros potenciais que são expressos em valores numéricos (CARVALHO, 2004, p.46). Os parâmetros foram selecionados em virtude da sua capacidade potencial intrínseca de contribuir para a degradação dos recursos naturais renováveis ou refletirem essa degradação (BELTRAME, 1994, p. 13).

Nesta pesquisa, utilizou-se o DFC com o objetivo de apontar e diferenciar as principais áreas de degradação ambiental existentes ao longo da bacia hidrográfica do rio Ligeiro por meio da setorização da bacia e, para isto, tornou-se necessário o estabelecimento de indicadores potenciais de degradação dos recursos naturais renováveis na bacia.

Avaliou-se os parâmetros com potencial de degradação, de forma numérica numa fórmula descritiva de medida dos níveis e riscos de degradação ambiental dos recursos naturais presentes na bacia a partir dos dados obtidos.

De acordo com Ferretti (1998), a fórmula descritiva proposta pelo CIDIAT e MARNR (1978) – Venezuela é a seguinte:

$$E(f) = \frac{ZV, D, d, p}{g, E, e, V}$$

Onde:

E(f) – estado físico-conservacionista  
ZV – zona de vida  
D – degradação específica (erosão potencial)  
d – sedimentos medidos na estação (erosão atual)  
p – declividade média  
g – geologia da área  
E – Erodibilidade das rochas  
e – cobertura do processo atual de erosão  
V – cobertura vegetal atual

Cada parâmetro foi definido por um índice a partir da classificação previamente estabelecida, sendo que os parâmetros e índices sugerem uma análise qualitativa a respeito da degradação na área pesquisada.

Segundo Carvalho (2004) a somatória dos índices mínimos de cada parâmetro estabelece o padrão de melhores condições da bacia hidrográfica frente aos processos erosivos. A somatória dos índices máximos de cada parâmetro estabelece o padrão de piores condições da bacia hidrográfica frente aos processos erosivos.

A metodologia venezuelana apresenta o valor crítico do processo erosivo para a bacia hidrográfica, por meio da equação da reta e dos eixos cartesianos, onde no eixo “x” encontram-se as unidades de risco e, no “y” o valor crítico da erosão que varia de 0 (zero) a 100 (cem).

Segundo Beltrame (1994), o valor que representa o melhor estado físico-conservacionista na bacia é o valor mínimo de sete (somatório de todos os índices iguais a um). Da mesma forma, o máximo valor possível a ser obtido com a fórmula descritiva e, conseqüentemente, o que representa o pior estado físico-conservacionista é trinta e sete. A partir destes valores, mínimo e máximo, verifica-se o ângulo de inclinação da reta.

Para a autora, são quatro os aspectos potenciais naturais de degradação física, dos quais definiu-se os parâmetros componentes da fórmula descritiva final das condições físico-conservacionistas da bacia em estudo.

Os aspectos potenciais naturais de degradação são:

- I. Vegetação: considerada sob dois aspectos: a) pelo grau de semelhança entre a cobertura vegetal e original da bacia (CO); b) pelo grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo (CA).
- II. Clima: considerado: a) pela erosividade da chuva (E); b) pelo balanço hídrico da bacia (BH).
- III. Características geológicas e pedológicas: sob dois aspectos: a) pela suscetibilidade da textura à erosão, associada à declividade (PE); b) pela densidade de drenagem (DD).
- IV. Características do relevo: considerado em termos de declividade média (DM).

Em decorrência disto, a fórmula descritiva proposta por Beltrame (1994, p.89) é:

$$E(f) = COa + CA b + DMc + Ed + PEe + DDf + BHg$$

Onde:

$E(f)$  = Estado físico ambiental do setor que é proporcional aos parâmetros;

$Coa$  = Cobertura vegetal original: define o tipo de vegetação que deveria existir originalmente, de acordo com levantamentos fitogeográficos. Pretende-se encontrar o grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a cobertura atual ( $a$  é o índice específico);

$CAb$  = Cobertura vegetal atual: define o grau de proteção do solo proporcionado pelo tipo de cobertura existente ( $b$  é o índice específico);

$DMc$  = Declividade média: este parâmetro é utilizado para caracterizar o relevo da bacia conforme as classes de declividade de Ross (1990) e  $c$  é o índice específico;

$Ed$  = Erosividade da chuva: corresponde à quantidade de solo que se perde pela erosão causada pelas chuvas ( $d$  é o índice específico);

$PEe$  = Potencial erosivo do solo: é a erodibilidade dos solos, ou seja, a suscetibilidade que apresentam de erodirem em diferentes taxas, devido às diferenças em suas propriedades e seus diversos usos ( $e$  é o índice específico);

$DDf$  = Densidade de drenagem: é o potencial da bacia e de seus setores em permitir maior ou menor escoamento superficial da água ( $f$  é o índice específico);

$BHg$  = Balanço hídrico: é a relação da entrada e saída de água no solo. Desequilíbrios no balanço hídrico poderão causar danos irreversíveis aos recursos naturais renováveis da área de estudo e ( $g$  é o índice específico).

Sendo assim, para a obtenção de todos os parâmetros necessários para a equação do  $E(f)$ , foram realizadas várias etapas na pesquisa que compuseram os trabalhos de gabinete, campo e laboratório. Elas foram desenvolvidas de uma maneira interligada para a realização dos objetivos propostos na presente pesquisa, assim como a validação ou não da hipótese estabelecida.

#### **4.1. Trabalhos de gabinete**

Elaborou-se em gabinete as atividades necessárias ao planejamento da pesquisa e, também, a análise dos resultados parciais obtidos. Portanto, realizou-se nesta etapa a criação do Banco de Dados (BD) a partir de produtos cartográficos pré-existentes, elaborou-se os produtos cartográficos referentes à área de estudo que foram posteriormente checados em campo, realizou-se os cálculos dos índices morfométricos e dos parâmetros do DFC, elaborou-se as tabelas com os resultados do DFC, além dos gráficos referentes à erosividade

da chuva e ao balanço hídrico. Todas as atividades desenvolvidas no gabinete estão descritas a seguir.

Criou-se o BD no software SPRING® 5.2.2 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) contendo a base cartográfica necessária para a elaboração dos produtos cartográficos referentes a pesquisa desenvolvida.

As cartas topográficas na escala 1: 50.000 que abrangem a área da bacia do rio Ligeiro formaram a base cartográfica previamente necessária à realização do BD, sendo elas, Folha SF-22-Y-C-VI-2 do município de Cianorte, Folha SF-22-Y-CVI-4 do município de Araruna, Folha SF-22-Y-D-IV-3 do município de Peabiru, Folha SG-22-V-A-III-2 do município de Farol e Folha SF-22-Y-D-IV-1 do município de Jussara. A partir desta base, elaborou-se a figura de localização da bacia.

Utilizou-se os dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) Cena 23 S54; Cena 23 S525; Cena 24 S254 e Cena 24 S525 na interpretação de alguns aspectos geomorfológicos da área da bacia.

A elaboração do BD seguiu a nova recomendação de sistema geodésico de referência (*Datum*) que é o SIRGAS 2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - IBGE (2015). Ou seja, isto ocorre desde 25 de fevereiro de 2015, quando passou a ser oficialmente o único sistema geodésico de referência substituindo os referenciais SAD 69 (*South American Datum*) e Córrego Alegre. De acordo com o IBGE (2015), o emprego de sistemas que não possuam respaldo em lei, podem provocar inconsistências e imprecisões na combinação de diferentes bases de dados georreferenciadas.

Como já mencionado, em gabinete realizou-se os cálculos de alguns dos parâmetros morfométricos que são associados aos parâmetros potenciais de degradação, adotou-se os parâmetros morfométricos propostos por Christofolletti (1980), assim como os propostos por Strahler (1952) com objetivo de obter dados mais apurados para a realização das análises referentes ao DFC na bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

Deste modo, realizou-se a análise linear da rede hidrográfica da bacia do rio Ligeiro com os seguintes parâmetros: hierarquia fluvial, relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem e índice de bifurcação. Realizou-se, também, a análise areal a partir dos parâmetros morfométricos de área da bacia, comprimento da bacia, fator de forma, índice de circularidade, densidade dos rios e densidade de drenagem. Quanto à análise hipsométrica, verificou-se a amplitude altimétrica máxima da bacia.

Na elaboração da carta geológica preliminar da bacia hidrográfica do rio Ligeiro utilizou-se as cartas de Descrição das Unidades Litoestratigráficas do Estado do Paraná em escala 1: 250.00 produzidas pela MINEROPAR (2006), Folha SF.22-Y-C, Umuarama e Folha SF.22-Y-D, Londrina. Importou-se a base cartográfica para o software SPRING para a elaboração da carta geológica. Posteriormente, os contatos litológicos foram checados em campo, permitindo a elaboração da carta geológica, tipos de solos e de classes de relevo.

A partir da carta geológica, realizou-se a elaboração da carta de solos da bacia do rio Ligeiro, utilizando o mapa de solos do Estado do Paraná, da EMBRAPA (2006), em escala 1:250.000, o qual foi adaptado para a escala utilizada nesta pesquisa, 1: 50.000, e posteriormente com verificação nos trabalhos de campo realizados.

A carta hipsométrica foi elaborada a partir da carta base e com o uso das imagens SRTM, sendo importadas para o software SPRING® 5.2.2 e realizado a classificação das faixas hipsométricas para a bacia.

A carta climática da bacia hidrográfica do rio Ligeiro foi elaborada a partir da classificação de Köppen (1928) e a do mapa de clima do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2006), na escala 1: 250.000, foi adaptado para a escala utilizada nesta pesquisa, assim como foi realizado com a carta das formações fitogeográficas da bacia do rio Ligeiro.

Para a realização da setorização da bacia hidrográfica do rio Ligeiro utilizou-se os critérios: hidrográfico (divisores de águas), hipsométrico com o perfil longitudinal do rio principal (rio Ligeiro) e substrato geológico, conforme adaptações sugeridas por Beltrame (1994) e Carvalho (2004). Definiu-se, portanto, três setores de análise para a bacia do rio Ligeiro, sendo os setores A, B e C, que serão explicados nos resultados.

Para as cartas de uso da terra foram obtidas as imagens disponíveis no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a partir do satélite LANDSAT TM5 sensor TM (Thematic Mapper) para os anos de 1984, 1990, 2000, 2010 e LANDSAT 8 sensor OLI (Operational Land Image) para o ano de 2014. Definiu-se um intervalo de dez anos entre as imagens dos anos de 1990, 2000 e 2010, sendo que a primeira imagem LANDSAT TM5 foi a de 1984, devido a disponibilidade de imagens de boa resolução nesta área apenas a partir desta data, totalizando um intervalo de 30 anos para o estudo na bacia. Desta forma, analisou-se, primeiramente, o ano de 1984, e a última imagem para análise foi a do ano de 2014.

Utilizou-se o software SPRING® 5.2.2 com o BD já definido e importou-se as bandas 3(R), 4(G), 5(B) do sensor TM e 6(R), 5(G) e 4(B) do sensor OLI que são as mais indicadas

para pesquisas que trabalham com o uso da terra. Para Luchiari et al. (2011), a banda 3 caracteriza-se pela forte absorção de energia pela vegetação e a elevada reflexão das áreas urbanas e pelo solo exposto, enquanto que a banda 4 apresenta comportamento inverso, ou seja, elevada reflexão da vegetação e média absorção das áreas urbanas e de solo exposto e a banda 5 caracteriza-se pela forte absorção da vegetação, porém com menor intensidade que na banda 3.

As imagens foram convertidas do formato de imagem TIFF (Tagged Image File Format) para o formato ASCII (American Standard Code for Information Interchange) por meio do módulo IMPIMA para os demais procedimentos no próprio SPRING®, as quais as imagens foram registradas e georreferenciadas para compor o banco de dados da bacia. As datas das imagens utilizadas na elaboração das cartas de uso da terra são: 29/09/1984; 29/08/1990, 24/08/2000, 20/08/2010 e a de 21/10/2014. O critério de escolha das datas das imagens foi o período entre os meses de agosto a outubro para se obter um parâmetro confiável de comparação por ser um período que não apresenta nuvens com frequência na região da área de estudo.

Utilizou-se para elaboração da carta de declividade as cartas topográficas em escala 1:50.000, com a equidistância de 20 metros entre as curvas de nível, elaborando-se na sequência a grade triangular de altimetria TIN (Triangulated Irregular Network), a partir de amostras com o uso do software SPRING®. Posteriormente, gerou-se a matriz de declividade para a área em estudo a partir da grade de altimetria, e, na sequência realizou-se o fatiamento das classes de declividade com os intervalos entre: 0-06, 06-12, 12-20, 20-30, 30+, definidos a partir de Ross (1994) e posteriormente convertidos para graus (°).

Com o uso do software SPRING® 5.2.2 mediu-se o comprimento de todos os canais totais da área da bacia. A partir desses dados pode-se aplicar a fórmula da densidade de drenagem e classificar de acordo com Beltrame (1994) o índice DD para a área.

A densidade de drenagem informa o comprimento em quilômetros de um canal fluvial disponível para drenar cada unidade de área da bacia em quilômetros quadrados e, em consequência, informa também, indiretamente, sobre a disponibilidade do escoamento hídrico superficial (GRANELL-PÉREZ, 2001, p.40).

O parâmetro densidade de drenagem é importante na análise de bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.116), ou seja, a alta densidade de drenagem em uma bacia hidrográfica representa menor tamanho nos componentes fluviais da bacia de drenagem.

A densidade de drenagem é importante para se conhecer-se o potencial erosivo na bacia de drenagem e sua conseqüente esculturação de canais, segundo Beltrame (1994). Para Carvalho (2004), as rochas com baixa infiltração possuem melhores condições para o escoamento superficial, o que possibilita a esculturação de novos canais de drenagem.

O parâmetro foi inicialmente definido por Horton (1945) e correlaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.115). A densidade de drenagem pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Na qual Dd significa a densidade de drenagem; Lt é o comprimento total dos canais e A é a área da bacia.

Para Vilella; Mattos (1975), Beltrame (1994), Carvalho (2004) e Machado; Torres (2012), o índice de densidade de drenagem pode variar de 0,50km/km<sup>2</sup> para bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas. Machado; Torres (2012) destacam que existem outras interpretações, com valores bastante distintos dos apresentados pelos autores supracitados e estas variações decorrem do fato de alguns autores considerarem apenas os cursos permanentes e outros considerarem todos os canais (permanentes, efêmeros e intermitentes) e ainda todas as linhas de escoamento d'água (canais, ravinas etc.).

Outro parâmetro levantado foi a erosividade da chuva que corresponde à quantidade de solo que se perde pela erosão causada pela chuva (BELTRAME, 1994, p.50).

Para calcular a perda de solos por este parâmetro, utilizou-se nesta pesquisa, a equação desenvolvida por Lombardi Neto; Moldenhauer (1980) trabalhada por Bertoni; Lombardi Neto (1985) e Beltrame (1994).

Lombardi Neto; Moldenhauer (1980) utilizaram a expressão  $E = 6,886 (r^2/P)^{0,85}$ . Esta fórmula relaciona a média mensal do índice de erosão (E), a precipitação média mensal em mm (r<sup>2</sup>) e a precipitação média anual em mm (P), gerando a classificação do índice de erosividade da chuva.

$$E = 6,886(r^2/P)^{0,85}$$

Onde:

E – média mensal do índice de erosão (t/ha.mm/h)

r – precipitação média mensal em mm

P – precipitação média anual em mm

Com os dados pluviométricos obtidos pelo Instituto de Águas Paraná (2015) para as estações de Farol, Igarité, Malu e Copacabana do Norte, localizadas próximas e no interior da bacia do rio Ligeiro, no período de 1994 – 2014, avaliou-se o potencial erosivo da chuva a partir da equação, em que a unidade corresponde a toneladas de solo por hectare por milímetro de chuva por hora.

Tornou-se necessário a obtenção e tratamento dos dados referente aos totais da maior e da menor precipitação para o estado do Paraná no ano de 2014, período final da série histórica analisada, para a realização do parâmetro potencial erosivo (Apêndice 1).

Para a determinação do parâmetro erosividade, necessitou-se aplicar o procedimento dos “polígonos de Thiessen”. O método de Thiessen é muito usual em trabalhos hidrológicos, quando se deseja obter a área de abrangência de cada estação pluviométrica e a precipitação média da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975).

Para tanto, criou-se linhas retas aos pontos onde estão localizadas as estações pluviométricas plotadas no mapa base da bacia hidrográfica do rio Ligeiro. Traçou-se as mediatrizes destas linhas até unirem-se formando áreas fechadas e, assim, os limites destes polígonos formaram as áreas de influência de cada estação.

Beltrame (1994) ressalta que o método de Thiessen é um dos mais adequados para avaliar a precipitação em bacias hidrográficas, pois determina a área de influência de cada estação.

Para os cálculos do balanço hídrico, os dados de precipitação para a área da bacia hidrográfica do rio Ligeiro foram obtidos a partir do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) para a estação meteorológica do município de Cianorte – PR, a qual dispunha dados a partir do mês de janeiro de 2004 até dezembro de 2014, além dos valores de Evapotranspiração real e Evaporação, necessários para os cálculos. Estabeleceu-se o balanço hídrico mediante analogia aos dados propostos por Beltrame (1994), ou seja, utilizou-se a metodologia de Thornthwaite; Matter (1955), por meio da planilha eletrônica elaborada por Sentelhas et al. (1999). Deste modo, chegou-se aos valores do excedente e déficit hídrico para cada setor da bacia.

O balanço hídrico representa a contabilidade da entrada de água no solo e de saída de água do solo. É mais um indicador potencial natural de degradação e/ou conservação física da bacia. De acordo com Beltrame (1994), os desequilíbrios no balanço hídrico podem gerar danos irreversíveis sobre os cursos naturais renováveis na bacia.

Para a autora, a partir do cálculo do balanço hídrico verifica-se quando o teor de umidade está acima da capacidade de campo (CAD). Verifica-se também o déficit hídrico, indicando a duração de um período muito seco.

A carta de potencial erosivo do solo da bacia do rio Ligeiro foi elaborada a partir da carta de declividade, tipo de solo da bacia e os dados obtidos em campo e laboratório, desta forma, as áreas com baixo potencial erosivo, muito alto a alto potencial erosivo e muito alto potencial erosivo na bacia foram classificadas utilizando-se o software SPRING 5.2.2 ©.

Para a elaboração da carta de conflitos do uso da terra, correlacionou-se a partir da sobreposição das cartas de uso da terra do ano de 2014 e de potencial erosivo, classificando as áreas em uso correspondente, subutilizadas e sobre-uso.

As áreas com uso correspondente são aquelas que estão sendo utilizadas de acordo com a capacidade de uso, ou seja, áreas de proteção permanentes e com manejo por meio de técnicas conservacionistas de acordo com as características físicas da área.

Considerou-se como áreas subutilizadas aquelas que são adequadas para culturas perenes, pastagens e/ou reflorestamento ou ainda, áreas que podem ser ocupadas por culturas anuais, desde que sejam utilizadas técnicas conservacionistas.

Como áreas de sobre-uso, considerou-se aquelas onde verificou-se que as características naturais do terreno e a suscetibilidade à erosão não favorecem a prática de culturas temporárias, destinando portanto, a preservação destas áreas com vegetação nativa.

A carta de uso racional da terra foi elaborada a partir da sobreposição das características do solo da bacia, carta de uso da terra no ano de 2014, carta de declividade e conflitos do uso da terra da bacia do rio Ligeiro.

Para a carta de uso racional da terra na bacia do rio Ligeiro, considerou-se como classes de uso as áreas que podem ser mantidas com o mesmo uso que existe atualmente no local. Áreas a serem otimizadas o uso, onde as características naturais do terreno e a suscetibilidade à erosão suportam o cultivo de culturas temporárias, desde que sejam realizadas com práticas conservacionistas. E as áreas a serem preservadas, são áreas que em razão do tipo de solo, a declividade do terreno possui maior suscetibilidade natural à erosão e precisam ser preservadas com vegetação natural.

## 4.2. Atividades de campo

Para a realização das atividades no campo, necessitou-se do prévio conhecimento da área já demarcada e delimitada por meio das cartas topográficas e pelas imagens de satélite LANDSAT TM5. Com estas informações pré-definidas, realizou-se três atividades de campo iniciais com o objetivo de caracterização fisiográfica da área de pesquisa, utilizando-se uma ficha de campo (Apêndice 2) para padronizar as informações obtidas sobre a toponímia, localização, relevo, rochas, solos, os tipos de cobertura vegetal natural e uso da terra, hidrografia e feições erosivas.

Devido à setorização da bacia (A, B e C), explicada anteriormente, definiram-se três vertentes ao longo da bacia do rio Ligeiro, sendo que em cada vertente foram selecionados três pontos de coleta de solos para a realização dos ensaios de laboratório. Os pontos foram dispostos em transectos (1, 2 e 3) ao longo da vertente, sendo: ponto 1, baixa vertente; ponto 2, média vertente; e, ponto 3, alta vertente.

A localização dos pontos de coletas de amostras no campo foi realizada por meio da utilização do GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmin eTrex®.

Ao longo das atividades de campo foram realizados registros fotográficos que contribuíram para a representação da área de pesquisa e a descrição morfológica do solo, conforme ficha padrão (Apêndice 3), que auxiliaram na interpretação dos tipos de solos que compõem a bacia do rio Ligeiro.

As amostras deformadas e indeformadas foram coletadas nos horizontes superficiais e subsuperficiais, que serão descritos posteriormente, seguindo os critérios do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo de Lemos e Santos (1996). Para a definição da cor, obteve-se os critérios definidos por Munsell (1975).

Realizou-se a coleta das amostras indeformadas para os ensaios de determinação do índice de erodibilidade, utilizando-se, para isto, a abertura de cavas com dimensões de 40cm de largura por 30cm de profundidade.

As amostras possuíam 2,5cm de altura por 5cm de diâmetro e foram retirados com o auxílio de um anel de PVC, necessário ao encaixe e proteção das amostras. Para cada ponto de amostragem realizou-se três retiradas de amostras nos horizontes A e B, totalizando para cada ponto, 6 amostras. Os anéis com as amostras foram envolvidos em papel filme e colocados em caixas de isopor para a preservação da umidade e da temperatura obtidas em campo.

A figura 6 ilustra como se realizou a coleta das amostras indeformadas no horizonte superficial (horizonte A) e horizonte em profundidade (horizonte B) para a realização dos ensaios de laboratório, posteriormente.

**Figura 6** – Coleta das amostras indeformadas na área de estudo



As amostras deformadas e indeformadas coletadas no trabalho de campo foram levadas para o laboratório, onde foram realizados os ensaios de absorção de água (S) e perda de massa por imersão (P), que fundamentam o cálculo da erodibilidade, de granulometria, que permite a determinação da textura dos solos para que se gerassem os índices relativos ao potencial erosivo para a bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

### 4.3. Ensaio de laboratório

Primeiramente realizou-se a secagem prévia da umidade higroscópica das amostras deformadas, destorroando-as, posteriormente, nas quantidades necessárias aos ensaios realizados em laboratório.

Após este procedimento, realizou-se a caracterização dos solos a partir das normas da ABNT para preparação das amostras (NBR 6457:1986) e análise granulométrica (NBR 7181:1984).

Segundo Scott (2000), a granulometria corresponde a uma das propriedades mais estudadas na tentativa de correlacionar com a erodibilidade e ela também indica a classe textural do solo.

Para a determinação da granulometria utilizou-se 20g de solo em um becker, adicionando-se água e 50ml de  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . O material foi transferido para um vidro e levado à mesa agitadora por 24 horas. Após a agitação, o material passou por uma peneira de 20cm de

diâmetro e malha de 0,053mm, e uma proveta de 1.000ml, sendo procedida a lavagem das areias retidas na peneira com água.

Preparou-se uma prova em branco, colocando o dispersante em uma proveta de 1.000 ml e completando-a com água. As amostras foram agitadas, marcando o tempo ao término da agitação e verificando o tempo de sedimentação da argila conforme a temperatura da amostra. Procedeu-se a coleta do material em suspensão com auxílio de uma pipeta de 10ml, a 5cm de profundidade e colocou-se a amostra em um *becker* de peso conhecido e o levou a estufa. No dia seguinte pesou-se a argila e o resíduo da prova em branco.

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

Para o cálculo das frações de areia, silte e argila, realizaram-se as seguintes equações:

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

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

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

Na realização dos ensaios de erodibilidade foi necessário integrar os índices de suscetibilidade à erosão e, integrado aos trabalhos de campo e laboratório, estabelecer os índices de erodibilidade do solo para a bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

A realização do ensaio de erodibilidade se deu a partir dos procedimentos metodológicos propostos por Nogami e Villibor (1979), adaptados por Pejon (1992). O método consiste nos ensaios laboratoriais de absorção de água (S) e perda de massa por imersão (P).

Para a realização do ensaio de absorção de água adotou-se os mesmos procedimentos utilizados por Souza (2011), no qual usou um equipamento simples, montado no Laboratório de Palinologia, Pedologia e Sedimentologia do GEMA/UEM (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente da Universidade Estadual de Maringá) que foi adaptado dos ensaios de Pejon (1992). O aparelho é formado por um recipiente cilíndrico graduado em centímetros com as seguintes dimensões: 150cm de comprimento e 2cm de diâmetro. Em cada uma das suas extremidades é acoplado um apresto, composto por um suporte para a fixação das amostras e uma placa porosa com as mesmas dimensões do anel em PVC usado na coleta do solo em campo.

Para a realização do ensaio de absorção de água, preencheu-se o tubo de vidro graduado e a base do aparelho com água até a saturação da placa porosa. A amostra

indeformada de solo foi colocada no suporte sobre a placa porosa. A partir daí, observou-se em função do tempo o volume do solo que absorveu a água até o ponto de saturação.

O índice de absorção de água (S) de cada amostra foi adquirido a partir do cálculo do coeficiente angular da reta, obtida por meio da construção de um gráfico que representa o volume de água absorvido por unidade de área da base do corpo de prova (q), em função da raiz quadrada do tempo (t), conforme Souza; Gasparetto (2010, p.10).

Em seguida, após o término do ensaio de absorção de água (S), a amostra foi acoplada a um suporte e imersa verticalmente em um tanque com água, dentro de um recipiente que permitiu a recolha do material desprendido. Após 24 horas, as amostras foram retiradas e o material desprendido foi seco em uma estufa e pesado posteriormente. Pôde-se, deste modo, calcular a porcentagem de perda de massa (P) do material durante o processo de imersão.

Ainda de acordo com Souza; Gasparetto (2010) e Souza (2011), o índice de erodibilidade pode ser finalmente calculado por meio da seguinte equação:  $E = 40S/P$ , que foi inicialmente proposta por Pejon (1992), que estudou solos semelhantes à área de estudo, em que:

E = Erodibilidade;

S e P são os valores determinados nos ensaios laboratoriais.

Os resultados numéricos obtidos obedecem à seguinte classificação qualitativa:

$E > 1$  = baixa erodibilidade;

$E < 1$  = alta erodibilidade.

Para a realização dos ensaios de erodibilidade foi necessário o procedimento de eliminação da MO (Matéria Orgânica) presente nas amostras coletadas no campo. Após as amostras serem imersas em um tanque com água por durante 24 horas, o corpo de prova com a amostra que não se desprendeu foi colocado em um recipiente e adicionado 100ml de Peróxido de Hidrogênio na amostra com 100g de solo.

Para acelerar o processo de queima da MO colocou-se a amostra em placa aquecedora com a temperatura ajustada para 60°C até cessar a reação (parar de espumar) e resfriou-se a amostra com água destilada.

Após cessar a reação, a amostra foi levada até a estufa e deixada secando por durante 24 horas a uma temperatura de 105°C. Passadas as 24 horas, a amostra foi retirada da estufa e colocada no dessecador para esfriar e pesar o recipiente com a amostra seca.

A figura 7 apresenta a sequência dos ensaios de erodibilidade e da parte final da análise granulométrica. É possível verificar todos os elementos que foram utilizados para a

realização dos procedimentos metodológicos em laboratório, desde a secagem das amostras naturalmente até a secagem em estufa.

Após a etapa de realização dos ensaios no Laboratório de Palinologia, Pedologia e Sedimentologia do GEMA/UEM, realizou-se as análises e interpretações dos resultados obtidos comparando-se os dados pré-estabelecidos no campo para a área de pesquisa com os dados verificados no laboratório.

**Figura 7** – Sequência esquemática sobre os ensaios de laboratório realizados no Laboratório de Palinologia, Pedologia e Sedimentologia do GEMA/UEM



1. As amostras sendo colocadas para secagem ao natural por durante sete dias. 2. Amostras secas após o período de sete dias, prontas para a realização do ensaio de erodibilidade. 3. Pesagem da amostra seca. 4. Aparelho utilizado para o ensaio de absorção de água e erodibilidade. 5. Amostras de solo no tanque de imersão por 24 horas. 6. Amostras em recipiente em chapa para o procedimento da queima da matéria orgânica. 7. Amostras em estufa para a secagem do líquido e posterior pesagem do solo que se despreendeu da amostra no tanque de imersão. 8. Provetas com amostras para a realização do ensaio de granulometria da parte fina dos solos.

## **5. ANÁLISES DOS PARÂMETROS DO DFC NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO**

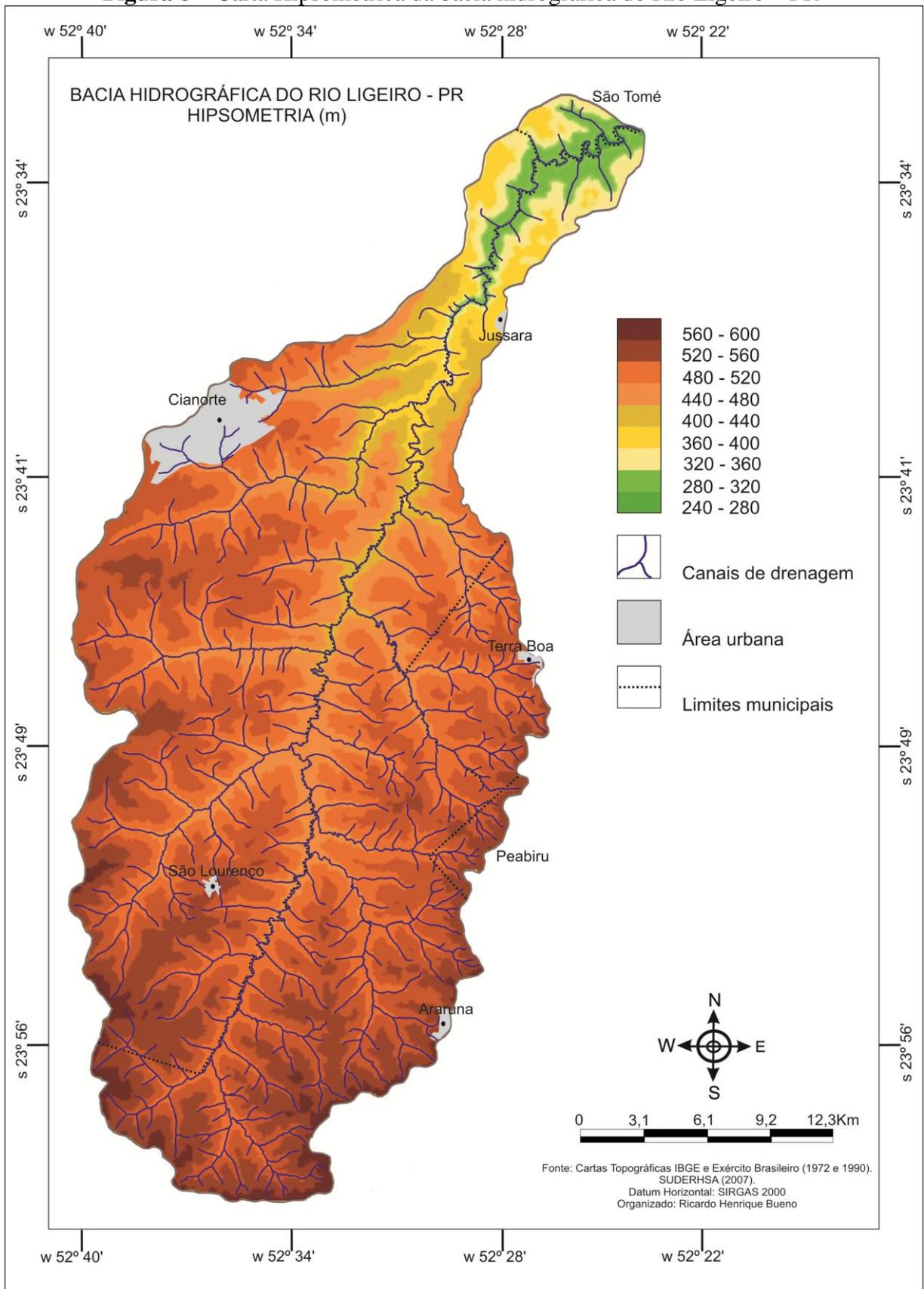
Como já mencionado anteriormente, a bacia do rio Ligeiro localiza-se inteiramente na região natural denominada por Maack (2012) como Terceiro Planalto Paranaense, sendo o maior compartimento de relevo do Estado do Paraná. As litologias características desta região natural é o basalto da Formação Serra Geral e o arenito da Formação Caiuá e, que segundo Santos (2009), as formas de relevo predominantes na paisagem nesta região são o suave ondulado com amplas vertentes convexas e espessos mantos de alteração. O relevo caracteriza-se por ser suave a ondulado, não apresentando dissecções escarpadas e, portanto, a variação da altitude ocorre de maneira gradativa na paisagem.

De acordo com as características naturais da paisagem verificou-se que as condições hipsométricas revelam altitudes entre 240 a 600m, com as maiores elevações ao Sul da bacia (Figura 8). A carta hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Ligeiro revelou uma amplitude de elevação de 360 metros e dentre as nove classes hipsométricas destacam-se pela abrangência na área três delas: a faixa entre 520m e 560m é mais representativa na área total da bacia do rio Ligeiro, com 230,75km<sup>2</sup> de abrangência, totalizando 29,28% da área total da bacia; a faixa entre 480m e 520m é a segunda classe mais representativa, apresentando 213,78 km<sup>2</sup>, 27,08% da área total da bacia; a faixa entre 440m e 480m é a terceira classe mais representativa e possui 120,94km<sup>2</sup> e 15,35% da área total da bacia. Já a faixa entre 560m e 600m corresponde a 114,44km<sup>2</sup> e 14,52% da área total e as demais faixas hipsométricas entre 240m e 440m correspondem juntas ao total de 13,77% da área total.

A setorização da bacia do rio Ligeiro foi necessária para a realização do levantamento dos parâmetros do DFC em trechos com diferentes características físicas, como expostas anteriormente, considerando os divisores de águas, hipsométrico com o perfil longitudinal do rio principal, e o substrato geológico.

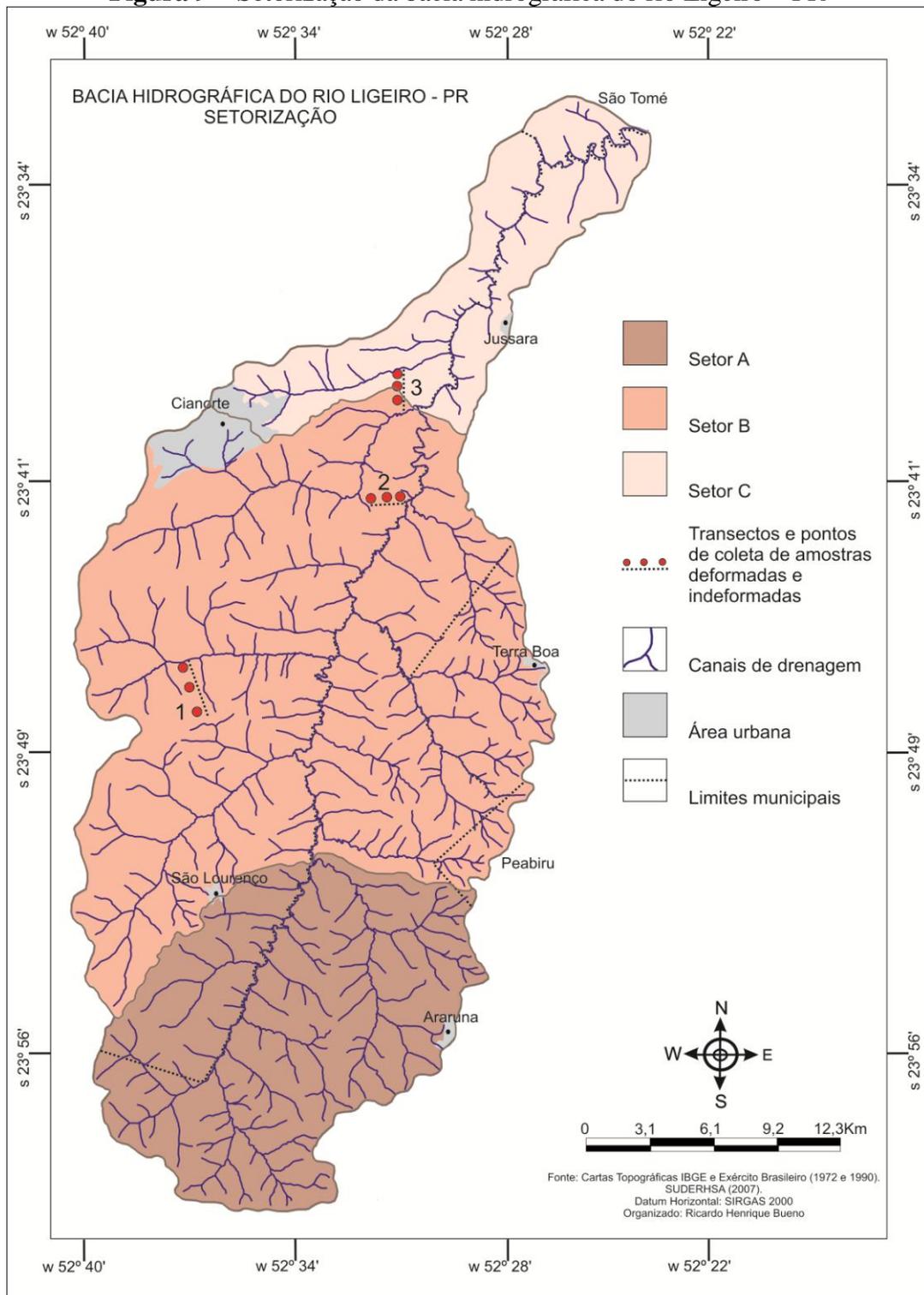
Verificou-se por meio dos registros fotográficos realizados nos trabalhos de campo, os quais auxiliaram na interpretação da paisagem da área de pesquisa, os principais elementos visuais que distinguem os setores entre si, bem como os tipos de substrato rochoso e solos, uso e ocupação da terra, tipo de cobertura vegetal existente, tipo de relevo e padrões de drenagem.

**Figura 8** – Carta Hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro – PR



A figura 9 apresenta a setorização e, também, os locais onde se localizam os transectos 1, 2 e 3 onde foram realizadas as atividades de campo, como a coleta de amostras de solo deformadas e indeformadas, descrição morfológica do solo e análise da paisagem, que foram abordados nos procedimentos metodológicos.

**Figura 9 – Setorização da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR**



Com base nestas informações, a bacia hidrográfica do rio Ligeiro foi segmentada em três setores, conforme tabela 1.

**Tabela 1** – Setorização da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR

SETOR	ÁREA km <sup>2</sup>	(%)
A	213,49	27,09
B	465,43	59,06
C	109,10	13,85
<b>Total</b>	<b>788,02</b>	<b>100</b>

O setor A compreende 28% do total da área da bacia, incluindo as nascentes do rio Ligeiro com altitudes que variam de 440m a 600m, relevo ondulado com vertentes planas e topos alongados e declividade predominante entre 5,4° a 10,8°, tendo como substrato rochoso a Formação Caiuá, prevalecente na paisagem, e a Formação Serra Geral, aflorando nos fundos de vale. Os tipos de solos característicos no setor A são: no topo das vertentes predominam os Latossolos Vermelhos bem desenvolvidos com textura arenosa a média; na média vertente encontra-se o Argissolo Vermelho de textura arenosa e média e nos fundos de vale, afloram os Nitossolos Vermelhos.

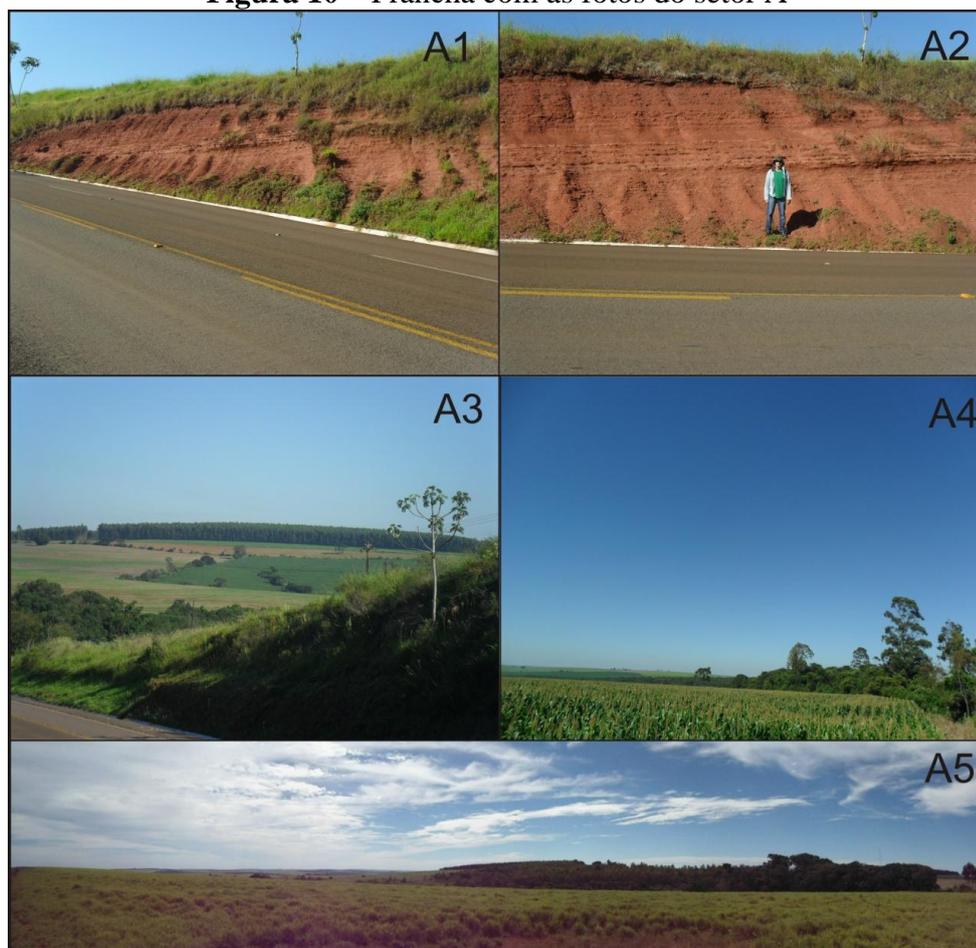
O padrão de drenagem no setor A é o dendrítico, ou, arborescente, como Christofolletti (1980) apresenta, pelo fato de o curso dos canais fluviais se assemelharem à distribuição de galhos de uma árvore. De acordo com Riccomini et al. (2009), o padrão dendrítico é o mais comum, ocorrendo com frequência em rochas sedimentares com estratos horizontais, como é o caso do setor A da bacia do rio Ligeiro. A figura 10 apresenta uma prancha com fotos realizadas no setor A destacando as características da paisagem no setor.

Destacam-se as fotos A1 e A2, onde o corte realizado na rocha para a construção da rodovia expôs o arenito da Formação Caiuá. A foto A3 apresenta o relevo suave ondulado na região e alguns espécimes vegetais da Formação Fitogeográfica Floresta Ombrófila Mista. A foto A4 apresenta uma APP (Área de Proteção Permanente), com remanescentes da vegetação original, Floresta Estacional Semidecidual. A foto A5, panorâmica, apresenta dois tipos de uso da terra na região, em primeiro plano, área de pastagem e ao fundo uma área de silvicultura, muito comum neste setor da bacia.

O setor B compreende a maior extensão na bacia do rio Ligeiro abrangendo 59% do total da área da bacia. O relevo predominante é o ondulado com declividade entre 5,4° a 10,8°, altitudes variando entre 320m a 560m e engloba as nascentes dos principais afluentes do rio Ligeiro, como o ribeirão Taquarembé, à margem direita, e os córregos Veríssimo, São

Januário e Catingueiro, à margem esquerda. A drenagem composta neste setor apresenta-se no padrão dendrítico e verifica-se no substrato geológico o predomínio da Formação Caiuá, com locais assentados sobre a Formação Serra Geral e aluviões atuais ocorridos pela deposição do rio.

**Figura 10** – Prancha com as fotos do setor A

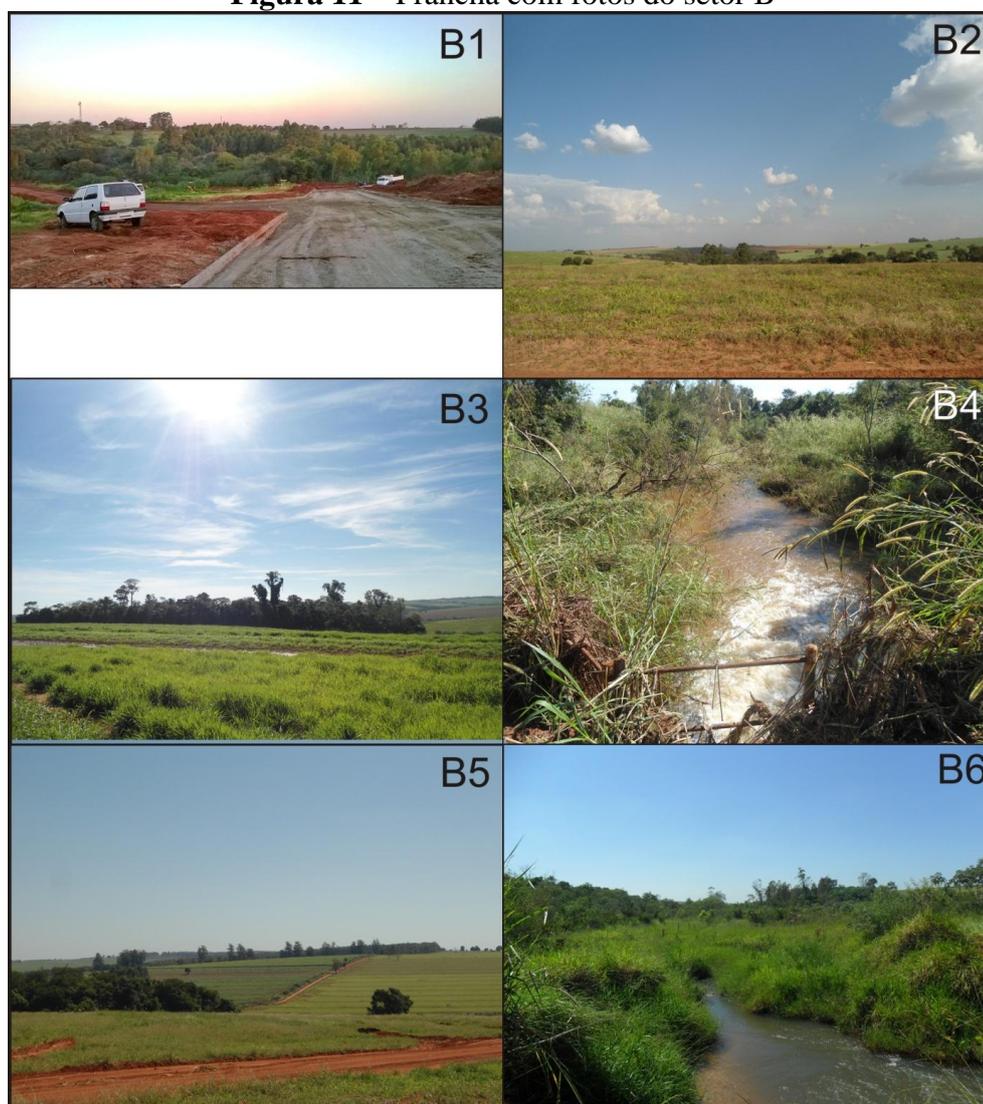


Quanto aos tipos de solos característicos encontrados no setor B, à montante verifica-se no topo das vertentes os Latossolos Vermelhos bem desenvolvidos com textura arenosa a média. Na média encontra-se o Argissolo Vermelho de textura arenosa e média. Nos fundos de vale, afloram os Nitossolos Vermelhos. À jusante do setor B, encontra-se na média vertente e no topo o Latossolo Vermelho de textura argilosa. Na figura 11 são apresentadas as principais características da paisagem no setor B.

O padrão de drenagem encontrado no setor B é dendrítico pinado, onde os tributários unem-se ao rio principal formando ângulos agudos (CHRISTOFOLETTI, 1980 p. 105). Esta mudança no padrão de drenagem ocorre em razão da alteração do substrato litológico existente ao longo da bacia.

A foto B1 apresenta expansão urbana no município de Terra Boa – PR, com o loteamento de terrenos urbanos próximos ao fundo de vale, nota-se a existência de área rural aos fundos, voltada ao setor agropecuário, com pastagem. A foto B2 apresenta o relevo suave ondulado, bem como a foto B5. A foto B3 apresenta uma área de proteção permanente com remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual. As fotos B4 e B6 apresentam dois córregos que contribuem para o rio Ligeiro, sendo o córrego Taquarembé (B4) em período de pós-cheia e o córrego Veríssimo (B6), desprovido de vegetação ripária.

**Figura 11** – Prancha com fotos do setor B



O setor C compreende a menor área em extensão na bacia com 13% da área total e abrange a foz do rio Ligeiro, que deságua no rio Ivaí, correspondendo ao baixo curso da bacia, com altitudes entre 240 a 560 metros, declividade entre 0° e 5,4°, porém com áreas com declividade acima de 27°, em razão da mudança de substrato rochoso.

Neste setor, a Formação Serra Geral é predominante e encontram-se os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho de textura argilosa no topo e na média vertente e na baixa vertente o Nitossolo Vermelho. Também verifica-se a presença da Formação Caiuá em áreas mais elevadas e próxima a transição com o setor B. Os coluviões derivados da Formação Caiuá são encontrados nas áreas menos elevadas, próximo a foz do rio Ligeiro.

A figura 12 apresenta a sequência esquemática das fotografias realizadas nos trabalhos de campo no setor C da bacia hidrográfica do rio Ligeiro, evidenciando a distinção litológica entre os setores da área de estudo.

**Figura 12** – Prancha com fotos do setor C



Fotos C1 e C2 apresentam o relevo com declividade acentuada e as áreas agricultáveis. Foto C3 mostra o rio Ligeiro, com alguns matacões trazidos pelo fluxo de água mais intenso nesta parte do rio, sendo predominante na paisagem as rochas basálticas da Formação Serra

Geral, C4 e C5. Foto C6 apresenta o relevo com declividade acentuada, associado à transição do substrato litológico.

O padrão de drenagem no setor C é o paralelo, conforme descrito por Riccomini et al. (2009 p. 310), em razão da alteração entre o substrato litológico nos outros setores da bacia, em função da declividade mais acentuada em parte deste setor, orientando-se em direção da inclinação do terreno.

Após esta explanação geral das principais características fisiográficas da área pesquisada, por setores, serão apresentados os resultados obtidos em cada parâmetro utilizado na aplicação do DFC para a determinação da degradação ambiental da bacia.

### 5.1. Parâmetro Densidade de Drenagem (DD)

Com base em Beltrame (1994), que apresenta uma classificação de referência para os valores de densidade de drenagem (Quadro 1), realizou-se o cálculo da densidade de drenagem para a bacia hidrográfica do rio Ligeiro. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 2.

**Quadro 1** – Classificação dos valores de Densidade de Drenagem (DD) e simbologia respectiva

VALORES DA DD (Km/Km <sup>2</sup> )	QUALIFICAÇÃO DA DD	SÍMBOLO
< 0,50	Baixa	DD <sub>1</sub>
0,50 - 2,00	Média	DD <sub>2</sub>
2,01 - 3,50	Alta	DD <sub>3</sub>
> 3,50	Muito alta	DD <sub>4</sub>

Fonte: Beltrame (1994)

**Tabela 2** – Valores da densidade de drenagem dos setores A, B e C da bacia hidrográfica do rio Ligeiro com respectiva simbologia

SETOR	Lt (km)	ÁREA (km <sup>2</sup> )	DD (km/Km <sup>2</sup> )	QUALIFICAÇÃO	SÍMBOLO
A	240,44	213,49	1,13	Média	DD <sub>2</sub>
B	475,18	465,43	1,02	Média	DD <sub>2</sub>
C	84,61	109,10	0,78	Média	DD <sub>2</sub>

Lt = comprimento total dos canais

Com base na classificação para o parâmetro de densidade de drenagem apresentado por Christofolletti (1980), verificou-se que os três setores da bacia hidrográfica do rio Ligeiro apresentaram índice médio de densidade, sendo que o setor A, onde estão localizadas as principais nascentes da bacia, possui a densidade de drenagem ligeiramente maior.

Realizou-se também os cálculos da análise linear da rede de drenagem, na qual a bacia é composta por canais de sexta ordem de acordo com a hierarquia fluvial proposta por Strahler (1952), ou seja, o comprimento total de todos os canais é de 800,11km (Tabela 3), sendo 350 canais de primeira ordem, 68 canais de segunda ordem, 15 canais de terceira ordem, 5 canais de quarta ordem, 2 canais de quinta ordem, e um canal principal, de sexta ordem (Figura 13).

**Tabela 3** – Comprimento dos canais e hierarquização da bacia pesquisada, segundo Strahler (1952)

<b>Ordem</b>	<b>Nº Canais</b>	<b>Comprimento (km)</b>
1 <sup>a</sup>	350	463,21
2 <sup>a</sup>	68	136,56
3 <sup>a</sup>	15	79,31
4 <sup>a</sup>	5	49,58
5 <sup>a</sup>	2	25,68
6 <sup>a</sup>	1	45,74
<b>TOTAL</b>		<b>800,11</b>

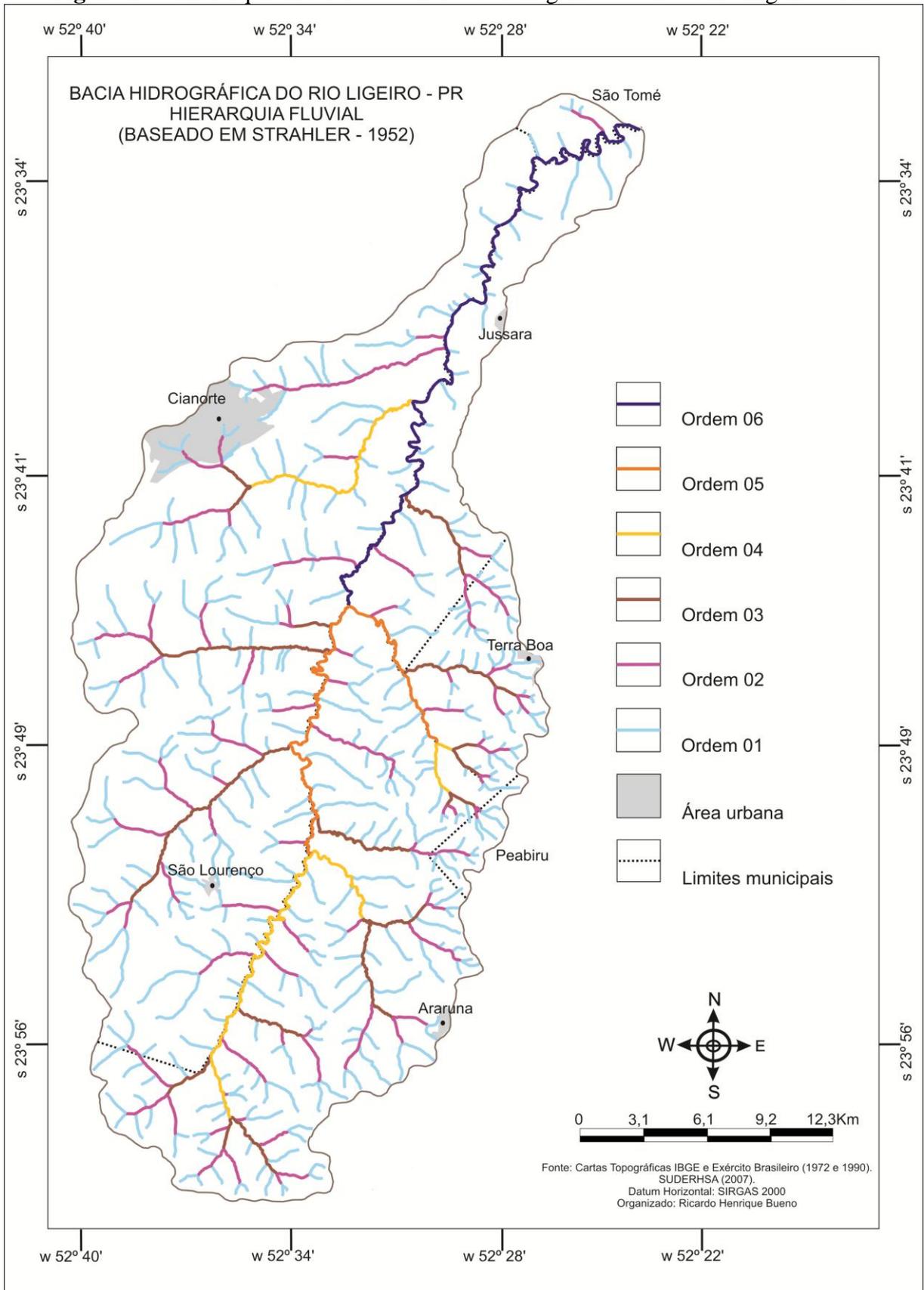
## **5.2. Parâmetro Declividade Média (DM)**

Para o parâmetro declividade média da bacia hidrográfica do rio Ligeiro, considerou-se as classes de declividade propostas por Ross (1990) e os respectivos índices e símbolos utilizados no diagnóstico físico-conservacionista, conforme Beltrame (1994), que está representado na figura 14.

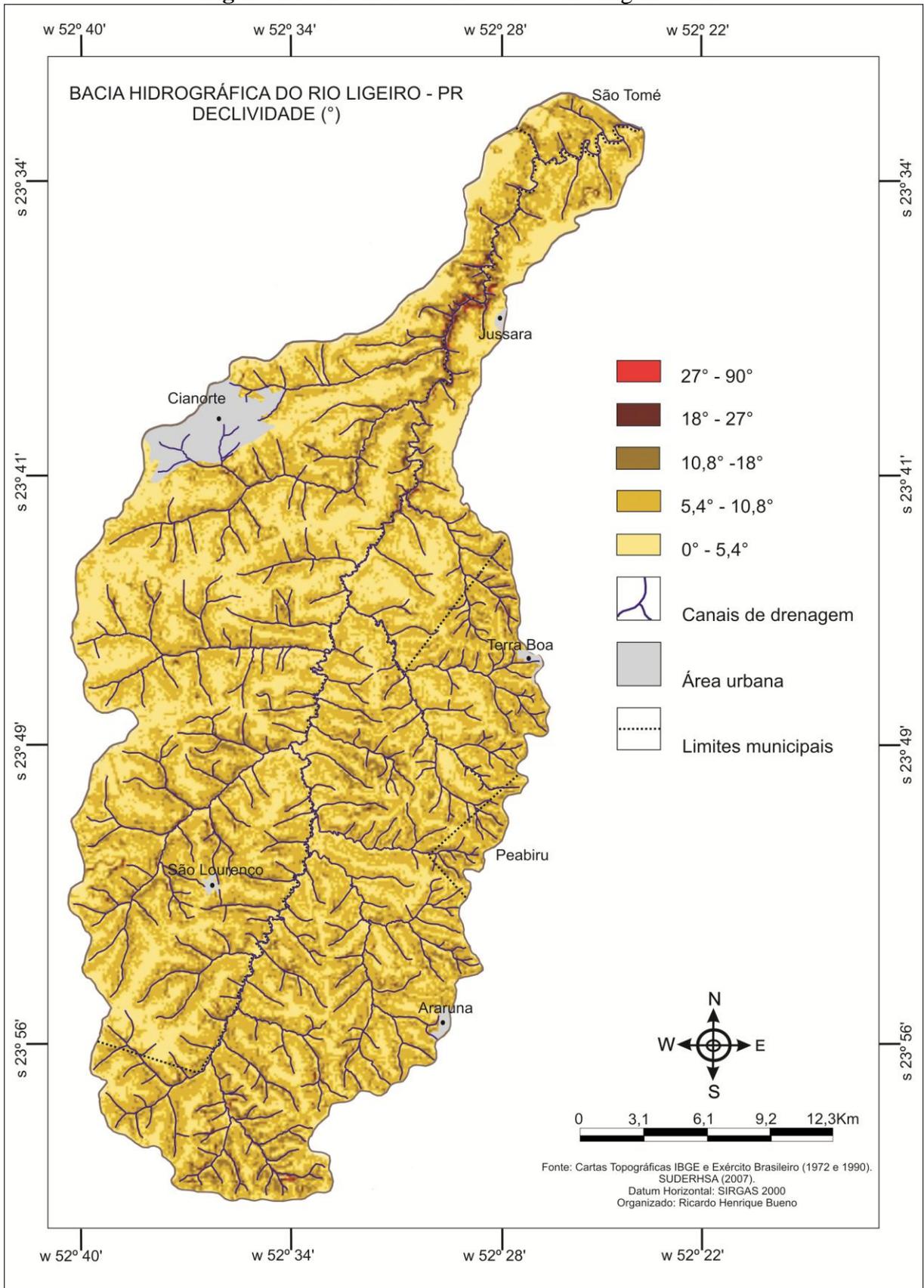
Observou-se o predomínio de baixas declividades, entre 5,4° e 10,8°, caracterizando a área com relevo pouco dissecado, suave a suave ondulado. As áreas com declividades mais acentuadas, de 18° a 27° estão localizadas em maior proporção no baixo curso do rio Ligeiro, com algumas áreas apresentando faixas entre 27° a 90°.

Com base na adoção das classes de declividade em graus para a bacia do rio Ligeiro, elaborou-se a tabela 4, com as classes de declividade, em %, e a sua área em cada setor na bacia.

**Figura 13 – Hierarquia fluvial dos canais de drenagem da bacia do rio Ligeiro – PR**



**Figura 14 – Declividade na bacia do rio Ligeiro - PR**



**Tabela 4** – Classes de declividade encontradas na bacia do rio Ligeiro – PR e sua área de abrangência em cada setor

CLASSES DE DECLIVIDADE		SETOR A Área (%)	SETOR B Área (%)	SETOR C Área (%)
(%)	(°)			
0 – 06	< 5,4	33,50	42,49	45,28
06 – 12	5,4 – 10,8	54,32	49,07	42,40
12 – 20	10,8 – 18	11,66	8,14	10,47
20 – 30	18 – 27	0,51	0,30	1,63
30 – 45	27 - 90	0,01	0,004	0,22

Com base nas classes de declividade encontradas na bacia do rio Ligeiro, elaborou-se o quadro 2 com os respectivos índices utilizados no DFC.

**Quadro 2** – Classes de Declividade, respectivos símbolos utilizados no Diagnóstico Físico-Conservacionista da bacia do rio Ligeiro - PR

DECLIVIDADE	RELEVO	SÍMBOLO
< 5,4°	Suave Ondulado	DM <sub>1</sub>
5,4° - 10,8°	Ondulado	DM <sub>2</sub>
10,8° - 18°	Forte Ondulado	DM <sub>3</sub>
18° >	Montanhoso a Escarpado	DM <sub>4</sub>

Com a classificação da declividade para a bacia do rio Ligeiro a partir da metodologia adotada, obteve-se os índices de declividade média para a bacia do rio Ligeiro, apresentados na tabela 5.

**Tabela 5** – Parâmetro Declividade Média (DM), por setor, na bacia do rio Ligeiro - PR

SETOR	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	DM	RELEVO	SÍMBOLO
A	116,26	5,4° - 10,8°	Ondulado	DM <sub>2</sub>
B	229,13	5,4° 10,8°	Ondulado	DM <sub>2</sub>
C	49,63	<5,4°	Suave Ondulado	DM <sub>1</sub>

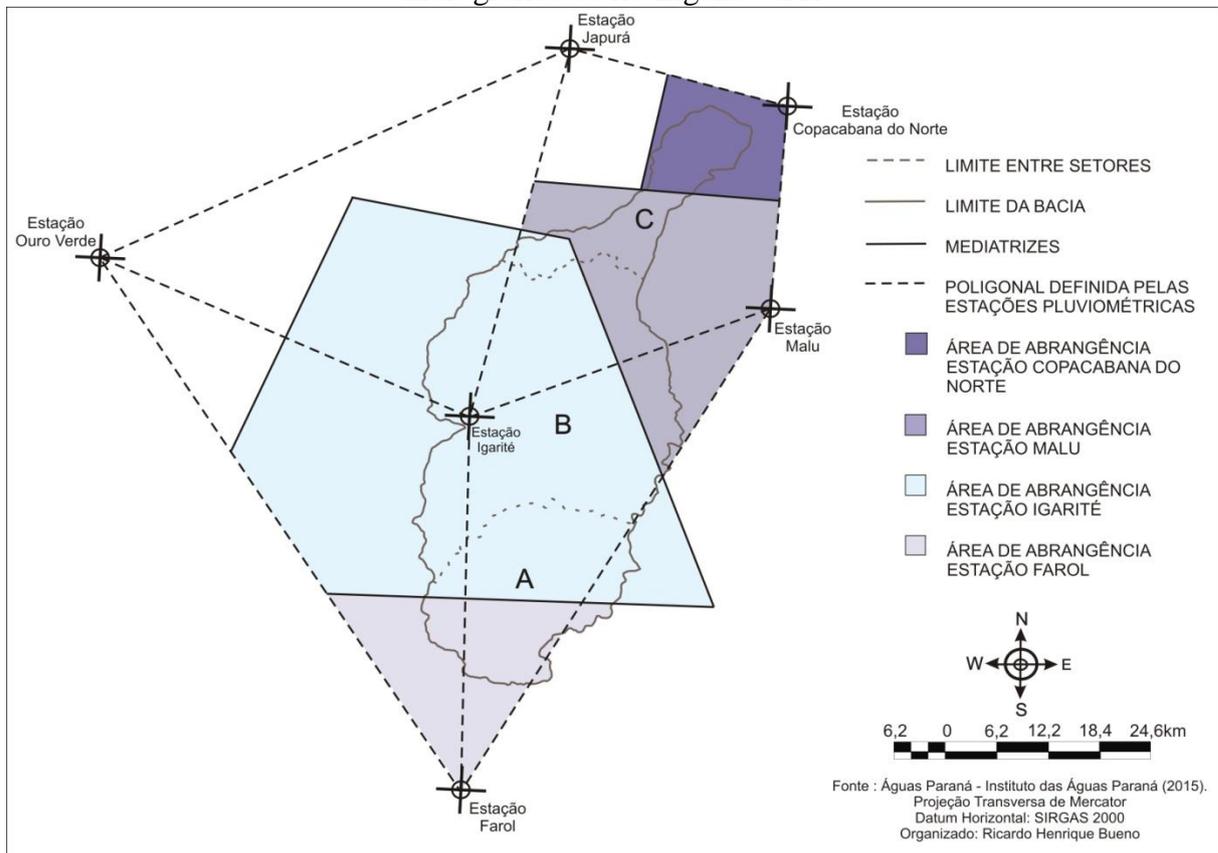
A tabela 5 revelou, por setor, o parâmetro Declividade Média na bacia do rio Ligeiro, sendo que no setor A o relevo ondulado apresentou maior representatividade com 116,26km<sup>2</sup>, ou seja, 54,31% da área total do setor. No setor B o relevo também apresentou-se como sendo ondulado, com área de 229,12 km<sup>2</sup>, equivalendo a 49,06% da área total, sendo o mais representativo para esta área. No setor C, verificou-se que o relevo apresentou-se como sendo suave ondulado com 49,63km<sup>2</sup>, o que corresponde a 45,27% da área total, sendo o mais representativo para este setor.

### 5.3. Parâmetro Erosividade da Chuva (E)

Para a determinação do parâmetro erosividade da chuva em cada setor da bacia do rio Ligeiro, considerou-se a equação proposta por Lombardi Neto; Moldenhauer (1985), adotada por Beltrame (1994) e Carvalho (2004).

Conforme explicado anteriormente, utilizou-se o método dos “polígonos de Thiessen” para a determinação da área de abrangência das estações na bacia. Para Villela e Matos (1975), o método de Thiessen (Figura 15) é utilizado em trabalhos de hidrologia quando deseja-se obter a área que abrange de cada estação pluviométrica e a precipitação média da bacia.

**Figura 15** – Localização das estações pluviométricas no entorno e interior da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR



Os dados referentes à aplicação do método de Thiessen estão apresentados na tabela 6, bem como, a localização das estações pluviométricas, altitude, precipitação média de 1994 a 2014 e a área do polígono em quilômetros e a área percentual interna na bacia.

Na tabela 7 estão os dados referentes às estações predominantes em cada setor da bacia do rio Ligeiro e o seu percentual.

**Tabela 6** – Aplicação do método de Thiessen na bacia estudada

Estação	Coordenadas geográficas	Altitudes (m)	Precipitação (mm) [1994 – 2014]	Área do polígono interno (km <sup>2</sup> )	Área do polígono interno (%)	Precipitação ponderada (mm)
Farol	S24° 05' 26" O52° 37' 17"	582	138,7	89,16	11,3	15,6
Igarité	S23° 47' 34" O52° 38' 29"	572	126,6	540,44	68,5	86,7
Malu	S23° 40' 23" O52° 22' 50"	474	133,9	112,34	14,2	19,0
Copacabana do Norte	S23° 31' 51" O52° 22' 51"	358	133,5	47,82	6,0	8,0

**Tabela 7** – Estações pluviométricas predominantes em cada setor da bacia e (%) de influência das mesmas

Setor	Estação predominante	% da área no setor total
A	Igarité	58 %
B	Igarité	85%
C	Copacabana do Norte	43%

Para determinação do parâmetro erosividade, tornou-se necessário a obtenção e o tratamento dos dados referentes à altura da maior e da menor precipitação para o estado do Paraná no ano de 2014, assim como descrito nos procedimentos metodológicos.

Deste modo, a estação que registrou a maior precipitação para o ano de 2014 no estado do Paraná foi à estação Siqueira Belo, localizada no município de Barracão, região Sudoeste do Paraná. O índice pluviométrico registrado na estação de Siqueira Belo foi de 3151,1mm e índice de 1992,7t/ha.mm/h.

O menor índice pluviométrico registrado para o ano de 2014 no estado do Paraná foi o da estação Olaria do Estado, localizada no município de Pinhais, com 1057,6mm e índice de 679,0t/ha.mm/h.

Os valores encontrados para a classificação dos índices de erosividade para o Estado do Paraná permitiram a elaboração da tabela 8.

**Tabela 8** – Classificação dos índices de erosividade para o estado do Paraná (1994 – 2014)

Índice (t/ha.mm/h)	Qualificação	Símbolo e Subíndice
<679,0	Erosividade débil	E <sub>1</sub>
679,0 – 1116,9	Erosividade média	E <sub>2</sub>
1116,9 – 1554,8	Erosividade forte	E <sub>3</sub>
1554,8 – 1992,7	Erosividade muito forte	E <sub>4</sub>
>1992,7	Erosividade excessiva	E <sub>5</sub>

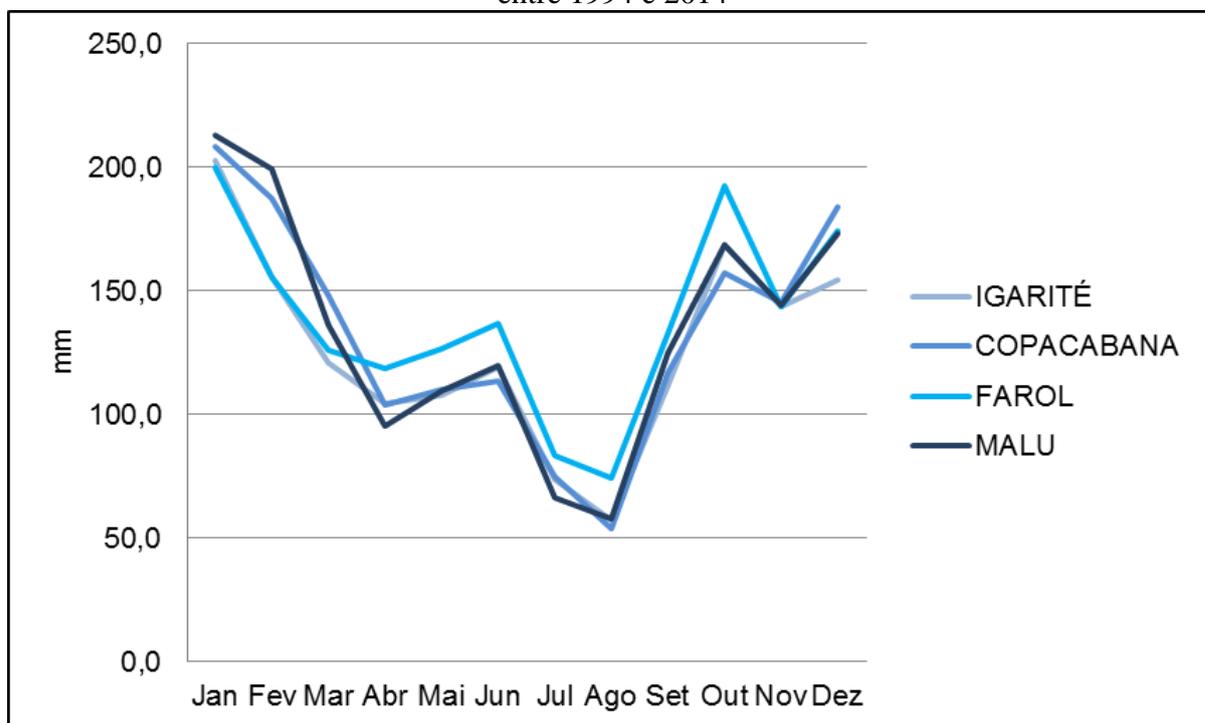
Os índices de erosividade apresentados na tabela 9 (setores A, B e C da bacia) foram obtidos por meio do cálculo da equação do potencial erosivo da chuva apresentado anteriormente e pela classificação dos índices de erosividade do Estado do Paraná no período de 1994 a 2014.

**Tabela 9** – Índices de erosividade para os setores A, B e C e respectivos símbolos e subíndices

Setor	Estação	Índice (t/ha.mm/h)	Qualificação	Símbolo e Subíndices
A	Igarité	832,0	Erosividade média	E <sub>2</sub>
B	Igarité	832,0	Erosividade média	E <sub>2</sub>
C	Copacabana do Norte	885,0	Erosividade média	E <sub>2</sub>

Os dados médios mensais de 1994 até 2014 para as estações de Igarité, Copacabana do Norte, Malu, e Farol estão representados graficamente na figura 16.

**Figura 16** – Precipitação média das estações de Igarité, Copacabana do Norte, Farol e Malu entre 1994 e 2014



Verifica-se que os meses de janeiro a fevereiro são os meses com os maiores índices pluviométricos registrados pelas estações pluviométricas analisadas (média acima de 200 mm/mês), seguidos posteriormente pelo mês de outubro (média acima de 150 mm/mês). Os

meses de julho e agosto compreendem os meses com os menores índices pluviométricos para as estações verificadas, (média abaixo de 60 mm/mês).

#### **5.4. Parâmetro Potencial Erosivo dos solos (PE)**

A determinação do parâmetro potencial erosivo do solo na bacia hidrográfica do rio Ligeiro foi realizada pela análise da correlação de elementos de suscetibilidade à erosão do solo. Para tal, avaliou-se a erodibilidade em nove pontos de coletas ao longo da bacia, considerando-se o substrato litológico e a textura obtida da análise granulométrica, conforme descritos nos procedimentos metodológicos e localizados na figura 9, já apresentada.

Nos três transectos definidos, o primeiro localizou-se em uma vertente com substrato rochoso da Formação Caiuá, já o segundo transecto ocorreu em uma vertente com rochas da Formação Caiuá, no topo, e Formação Serra Geral na baixa vertente, e o terceiro transecto em uma vertente com substrato rochoso da Formação Serra Geral.

O Transecto 1, localizado em uma vertente do setor B, apresenta o ponto 1 com o substrato rochoso da Formação Caiuá, e encontrou-se na média vertente, o Argissolo Vermelho com horizonte A variando entre 17 e 20cm de profundidade, matiz 5YR 4/4, estrutura de grãos simples e textura areia franca. O horizonte B, do ponto 1, com profundidade abaixo de 20cm, apresentou matiz 5YR 4/1, com estrutura de blocos subangulares de tamanho pequeno e grau fraco, a consistência é seca, macia quando úmida é friável e quando molhada é plástica.

Na média vertente, ponto 2, verificou-se a predominância do Argissolo Vermelho com horizonte A, variando entre 10 e 20cm de profundidade, com textura arenosa, matiz 5YR 3/4, estrutura granular, consistência macia, friável e ligeiramente plástica. O horizonte B, abaixo de 20cm de profundidade possui cor 2,5YR 3/4, estrutura subangular, textura franco arenosa.

No ponto 3, no topo da vertente verificou-se o Latossolo Vermelho, com horizonte A com 50 cm de espessura, de matiz 5YR 3/3, estrutura formada por blocos subangulares e textura arenosa. No horizonte B, abaixo de 50cm de espessura possui matiz 5 YR 3/3, blocos angulares e subangulares e textura franco arenosa.

O Transecto 2 foi realizado em uma vertente do setor B da bacia hidrográfica do rio Ligeiro, com substrato rochoso da Formação Serra Geral no fundo do vale e Formação Caiuá no topo. No ponto 1, encontrou-se Latossolo vermelho com horizonte A com espessura de 18cm de profundidade, transição entre horizontes difusa e matiz 2.5YR 2.5/4, estrutura

formada por blocos subangulares a angulares de tamanho médio e grau moderado a forte com textura argilosa. O horizonte B, abaixo de 18cm possui matiz 2.5YR 3/6, estrutura do tipo angular e tamanho médio com grau moderado e consistência pegajosa e plástica, a textura é argilosa.

O ponto 2 do Transecto 2 ocorreu a 500 metros do ponto 1. O horizonte A, neste local, possui 10 cm de espessura, o tipo de solo encontrado foi um Argissolo Vermelho com textura arenosa, a matiz é 2.5YR 4/4 com estrutura granular passando a bloco subangulares de tamanho pequeno e grau fraco, possui raízes finas e fasciculadas. O horizonte B possui profundidade abaixo de 10cm e matiz 2.5 Y R3/6, textura franco arenosa a areia franca com blocos subangulares de tamanho pequeno e grau fraco, sem raízes.

O ponto 3, localizado no topo da vertente do transecto 2, possui um Latossolo Vermelho de textura média, a espessura entre os horizontes é de 8 cm ocorrendo de maneira abrupta, matiz 2.5YR 3/4, a textura é arenosa com estrutura granular pequena e de grau fraco, consistência não pegajosa e não plástica e possui raízes pequenas e fasciculadas decorrentes do tipo de ocupação da terra no local, sendo pastagem. O horizonte B com profundidade abaixo de 8cm é arenoso, matiz 2.5YR 2.5/4 com estrutura granular, tamanho pequeno e grau fraco.

O Transecto 3 foi realizado em uma vertente da bacia do rio Ligeiro com substrato rochoso somente da Formação Serra Geral e solo do tipo Nitossolo Vermelho de textura argilosa. O horizonte A do ponto 1 do transecto 3 localiza-se na baixa vertente e o tipo de solo é o Nitossolo, com textura argilosa, matiz 2.5YR 2.5/4 com espessura de 18cm entre os horizontes e transição gradual. A estrutura do solo neste ponto de coleta é de blocos angulares de tamanho médio e grau moderado a forte, sendo muito pegajoso e muito plástico. O horizonte B possui profundidade abaixo de 18cm e basicamente as mesmas características do horizonte A, com matiz 2.5 YR 2.5/4, blocos angulares, tamanho médio e grau moderado a forte, a consistência é pegajosa e plástica e não possui raízes.

O ponto 2, do transecto 3, possui horizonte A com 18cm de profundidade, com transição gradual e textura argilosa, a matiz do solo é 2.5 YR 2.5/3, estrutura composta por blocos subangulares de tamanho médio e grau moderado e consistência plástica e pegajosa. O horizonte B do ponto 2 possui profundidade abaixo de 18cm, matiz 2.5 YR 2.5/4 com estrutura de blocos subangulares, tamanho médio e grau fraco a moderado e a consistência é plástica e pegajosa.

O ponto 3, do Transecto 3, localizado no topo da vertente possui um Latossolo de textura argilosa com espessura de 20cm e transição difusa entre horizontes, a matiz do solo é 2.5YR 2.5/4, estrutura granular de tamanho pequeno e grau moderado, consistência plástica e pegajosa. O horizonte B do ponto 3 possui profundidade abaixo de 20cm com textura argilosa, matiz 2.5 YR 2.5/4 e estrutura granular passando a blocos subangulares de tamanho pequeno e grau fraco a moderado, consistência plástica e pegajosa.

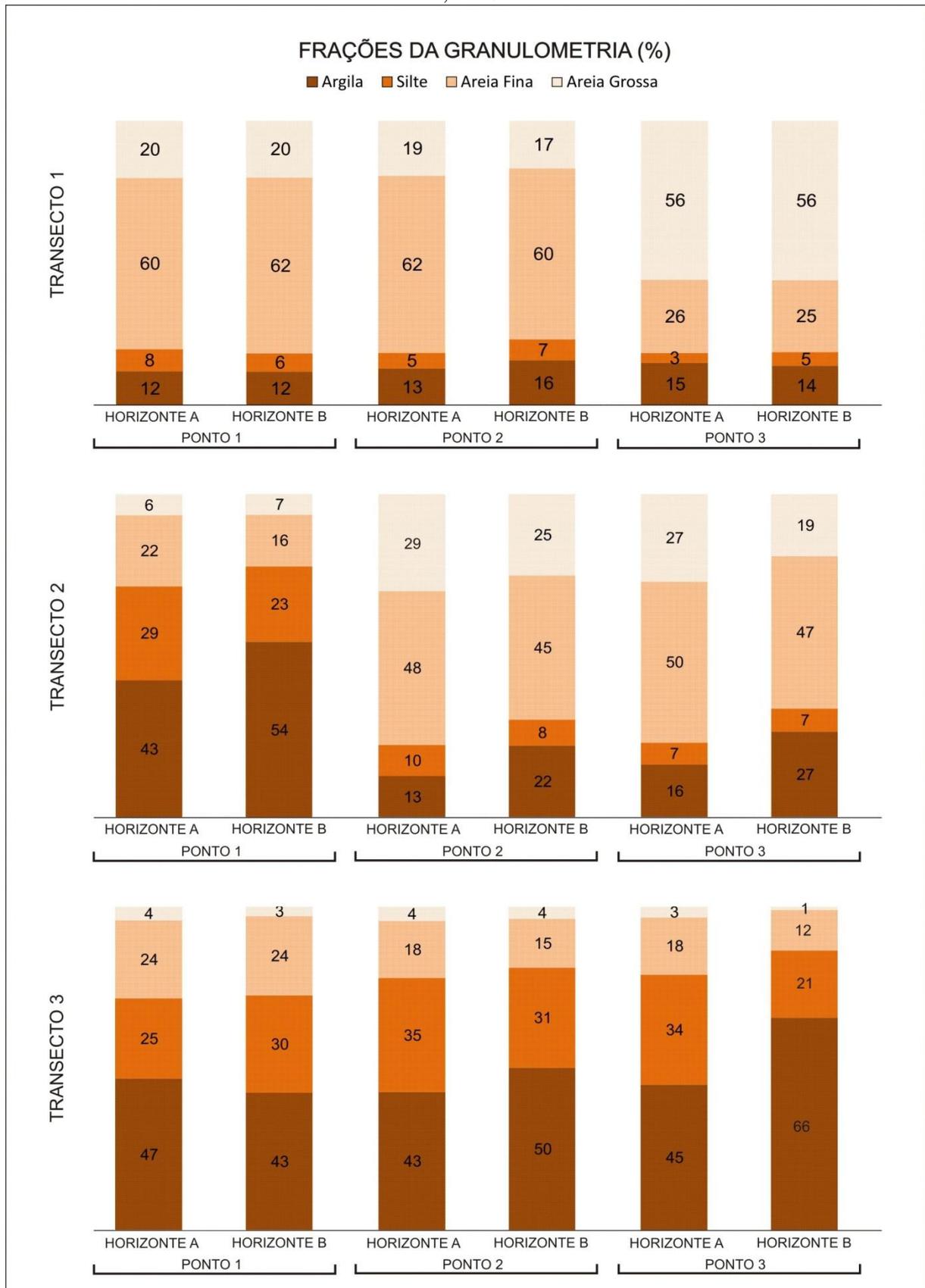
Na figura 17 encontra-se o resultado obtido na análise granulométrica dos solos coletados na bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

Os ensaios de granulometria confirmaram o que verificou-se por meio da descrição morfológica do solo em campo. As amostras de solos coletadas na vertente com substrato litológico da Formação Caiuá (Transecto 1) apresentaram textura arenosa a média, enquanto que as amostras de solo coletadas na vertente com a faixa de transição entre a Formação Caiuá e a Formação Serra Geral (Transecto 2) apresentaram textura arenosa a média no topo e na média vertente e textura argilosa no fundo do vale, onde a Formação Serra Geral aflora. E as amostras de solo coletadas na vertente da Formação Serra Geral (Transecto 3), apresentaram alto teor de argila acima de 40%, bem como já havia se constatado previamente na descrição morfológica no trabalho de campo.

Os resultados obtidos por meio da aplicação do ensaio de erodibilidade dos solos revelaram que as amostras coletadas no Transecto 1, ponto 1, nos horizontes A e B, atendem à classificação de baixa erodibilidade. As amostras do horizonte A do ponto 2, também apresentaram-se como não erodíveis, já as amostras do horizonte B do ponto 2, e horizontes A e B, do ponto 3, foram classificados como de alta erodibilidade.

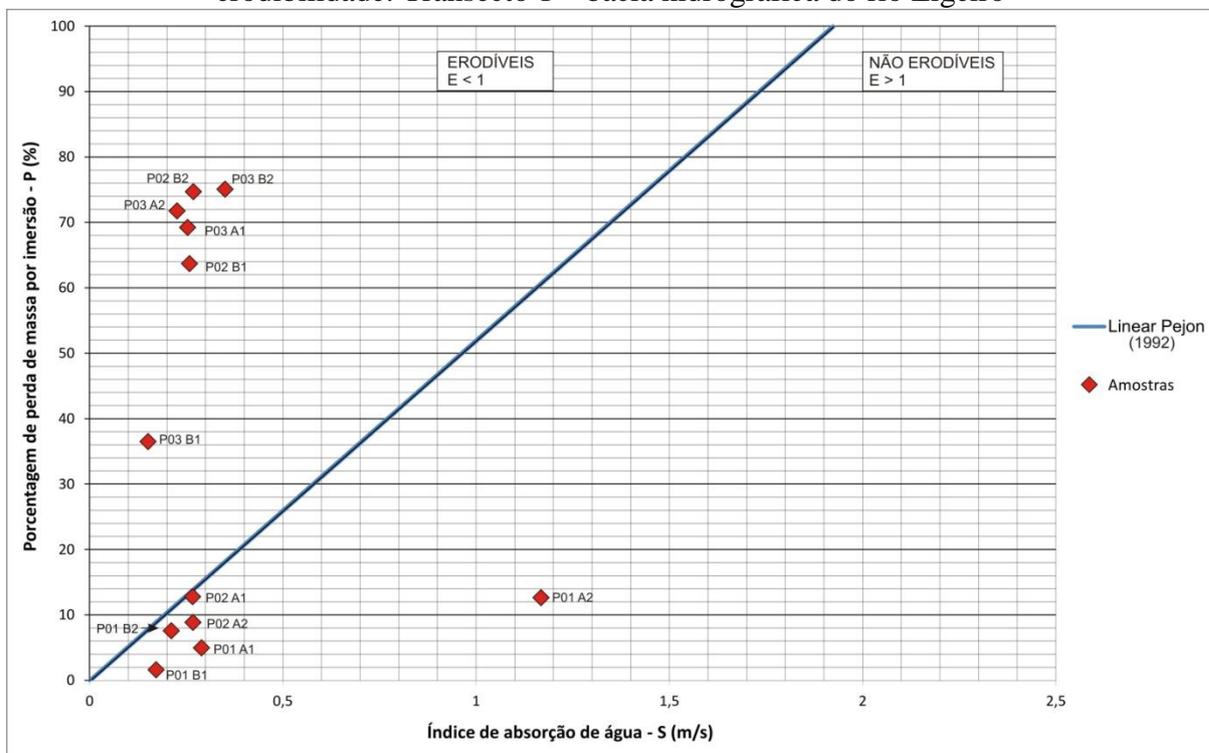
As amostras que apresentaram o índice de alta erodibilidade obtiveram elevada perda de massa nos ensaios de imersão, sendo que as amostras do ponto 2, horizonte B, perderam 63,68% e 74,68% de massa no tanque de imersão. As amostras do horizonte A, do ponto 3, perderam 69,22% e 71,74% de massa, enquanto que as amostras do horizonte B, do ponto 3, perderam 36,49% e 75,06% de massa no tanque de imersão.

**Figura 17** – Frações da granulometria encontradas na bacia do rio Ligeiro - PR – Transectos 1, 2 e 3



A figura 18 apresenta os resultados obtidos para cada amostra do Transecto 1 analisada no ensaio de absorção de água e na perda de massa por imersão.

**Figura 18** – Ilustração do gráfico que classifica os materiais que apresentaram alta e baixa erodibilidade: Transecto 1 – bacia hidrográfica do rio Ligeiro



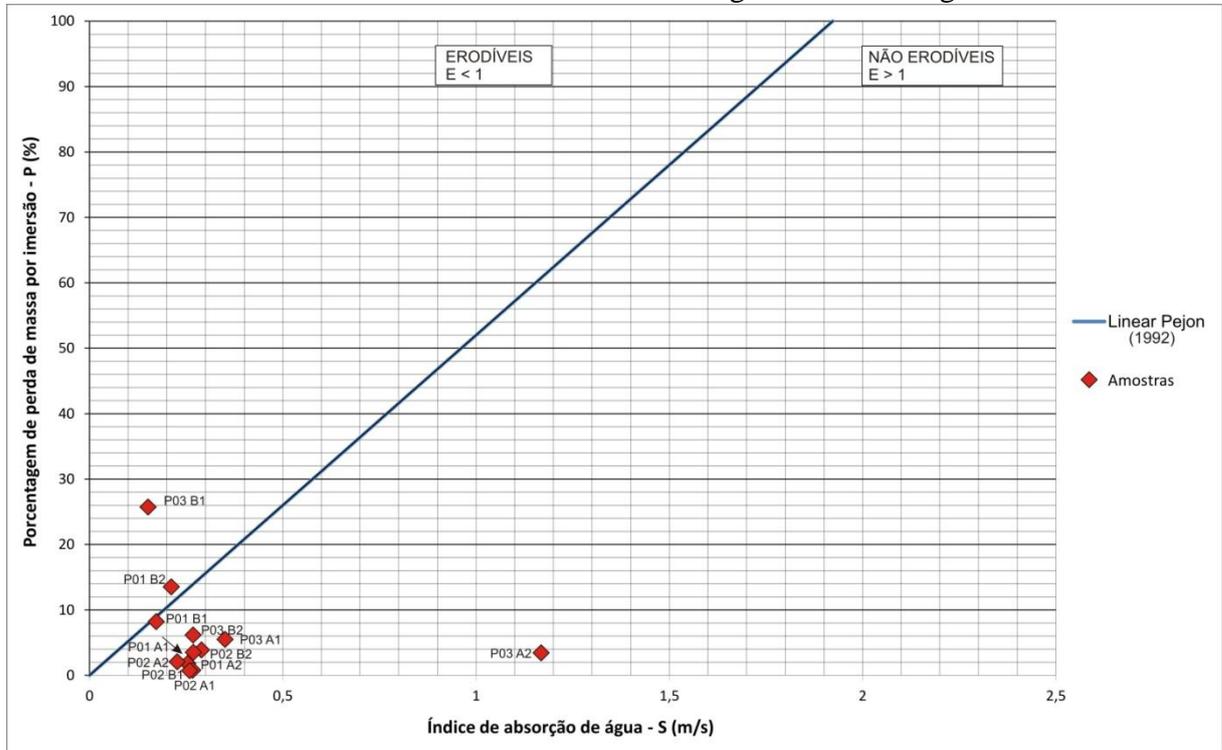
No Transecto 2, obteve-se o resultado ilustrado no gráfico da figura 19, onde verificou-se que as amostras de solo coletadas na vertente onde ocorre a transição entre a Formação Caiuá e a Formação Serra Geral perderam massa, em média menos de 10%, nos ensaios de erodibilidade.

A amostra do ponto 3, horizonte B, localizada no topo da vertente e com substrato rochoso da Formação Caiuá e textura arenosa perdeu 25,73% de massa, mostrando-se com alta erodibilidade. Já a amostra do ponto 1, horizonte B, perdeu 13,53% de sua massa nos ensaios de erodibilidade.

Associou-se o índice de alta erodibilidade para a amostra de solo do ponto 3, localizada no topo da vertente, à textura do solo, que é arenosa, e pelo fato de o horizonte em profundidade não possuir raízes, o que contribui para agregar a estrutura do solo. A amostra de solo do ponto 1 possui textura argilosa, mas também foi coletada em profundidade, sem presença de raízes, com declividade mais acentuada, o que explica a perda de massa nos ensaios de erodibilidade.

A figura 19 apresenta o comportamento das amostras coletadas no Transecto 2 nos ensaios de absorção de água e de erodibilidade.

**Figura 19** – Ilustração do gráfico que classifica os materiais que apresentaram alta e baixa erodibilidade: Transecto 2 – bacia hidrográfica do rio Ligeiro

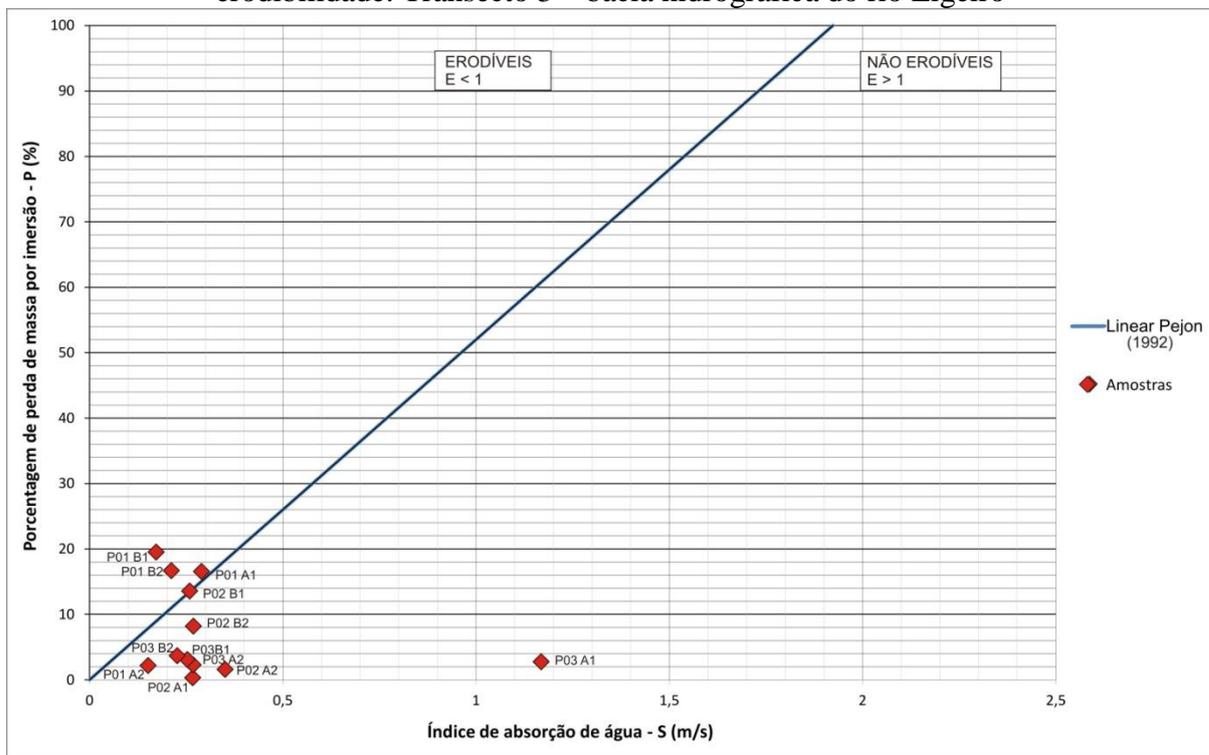


No Transecto 3, as amostras de solo foram coletadas em uma vertente com substrato litológico sendo apenas da Formação Serra Geral, com textura do solo, argilosa como comprovado pelo ensaio de granulometria, e as amostras que apresentaram índice de alta erodibilidade são aquelas coletadas nos horizontes em profundidade, mais de 50cm. As duas amostras coletadas no ponto 1, do Transecto 3, no horizonte B, apresentaram alta erodibilidade e perda de massa de 19,52% e 16,68%.

Verificou-se que, embora as amostras do ponto 1, do horizonte B, do transecto 3 possuam textura argilosa, as mesmas foram classificadas como erodíveis. Assim, a perda de massa nos ensaios de erodibilidade foi relativamente menor que o verificado nos ensaios anteriores, com amostras de textura arenosa, o que se deve justamente, ao fato de ser textura argilosa a menor perda de massa, ou seja, apesar do processo erosivo ocorrer nesse tipo de solo, o mesmo ocorre com menor intensidade.

A figura 20 apresenta a classificação dos materiais com alta e baixa erodibilidade para o Transecto 3 na bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

**Figura 20** – Ilustração do gráfico que classifica os materiais que apresentaram alta e baixa erodibilidade: Transecto 3 – bacia hidrográfica do rio Ligeiro



Para a determinação do Potencial Erosivo (PE) cruzou-se as informações obtidas nos trabalhos de campo e ensaios de laboratório com as informações pré estabelecidas sobre a declividade, classes de relevo e o substrato geológico (Apêndice 4). Foram estabelecidas classes de relevo de acordo com as características mais marcantes na paisagem, como as áreas mais elevadas na bacia e as classes de declividade (Figura 21).

As áreas de baixa elevação (C1), ocupam basicamente todo o setor C da bacia do rio Ligeiro e compreendem as faixas hipsométricas entre 240m a 360m de altitude, com faixas de declividade  $< 5,4^\circ$  até  $> 27^\circ$  e sobre os colúviões derivados da Formação Caiuá e a Formação Serra Geral, onde predominam as declividades mais acentuadas e o processo erosivo é mais atuante. Próximo à jusante verificam-se as planícies aluviais com relevo suave ondulado.

Áreas de média elevação (C2) estão localizadas sobre as rochas da Formação Caiuá, Formação Serra Geral e aluviões atuais, com faixas de declividade  $< 5,4^\circ$  até  $27^\circ$  e faixas hipsométricas de 360m a 520 metros de altitude. As vertentes são compostas por relevo suave ondulado a ondulado, ocupando principalmente o setor B, e também nos interflúvios do setor C.

As áreas de alta elevação (C3) são regiões que possuem cotas altimétricas mais elevadas em relação às áreas vizinhas, esta classe compreende os setores A e B com faixas

hipsométricas de 520m a 600m de altitude, declividade <math>5,4^\circ</math> até

E, para a determinação do potencial erosivo do solo – Parâmetro PE para a bacia hidrográfica do rio Ligeiro, integraram-se as informações da carta de declividade, as classes do relevo e a carta geológica.

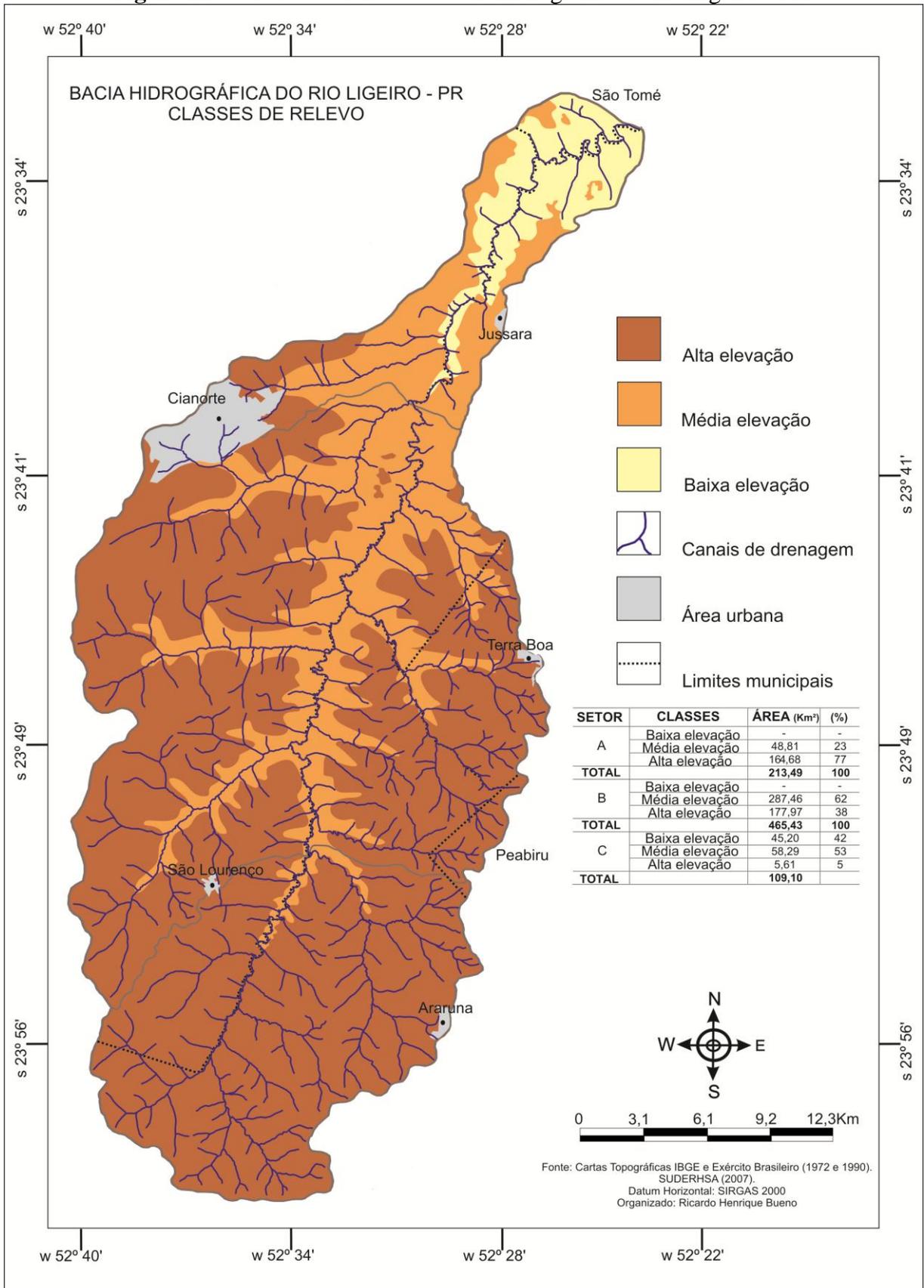
Com base nas informações contidas nestas cartas, elaborou-se uma matriz, combinando as diferentes classes de informações, conforme apresentado na tabela 10.

Para a realização da classificação do relevo, levou-se em consideração, a princípio, o potencial erosivo das formações geológicas, os resultados dos ensaios de erodibilidade e a análise granulométrica dos solos representativos da bacia hidrográfica do rio Ligeiro, pois como menciona Souza, Gasparetto e Nakashima (2008), a localização da bacia em área com cobertura pedológica de textura arenosa tende a provocar maiores processos erosivos ao longo de sua extensão, principalmente se o regime hídrico for alterado.

Sendo assim, considerou-se, conforme a literatura, que a Formação Caiuá é a que oferece a maior suscetibilidade à erosão, enquanto que a Formação Serra Geral oferece a menor suscetibilidade à erosão.

Tomou-se como base para a elaboração da matriz de integração dos elementos do potencial erosivo para a bacia do rio Ligeiro a matriz de integração entre os subíndices de declividade e os de suscetibilidade da textura de erosão adaptada de Beltrame (1994), e apresentada na tabela 11.

**Figura 21 – Classes de relevo da bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR**



**Tabela 10** – Matriz de identificação da declividade, classes do relevo e substrato geológico para a bacia do rio Ligeiro

CLASSES DE RELEVO		SUBSTRATO GEOLÓGICO		DECLIVIDADE		SÍMBOLO
Classes	Identificador	Formações	Identificador	Classes	Identificador	Identificador
Baixa Elevação	C1	Coluviões derivados do Caiuá	CC	< 5,4°	1	C1CC1
				5,4° - 10,8°	2	C1CC2
				10,8 - 18°	3	C1CC3
				18° - 27°	4	C1CC4
		Serra Geral	SG	5,4° - 10,8°	3	C1SG3
				10,8° - 18°	4	C1SG4
				18° - 27°	5	C1SG5
		Formação Caiuá	FC	< 5,4°	1	C1FC1
				5,4° - 10,8°	2	C1FC2
		10,8° - 18°	3	C1FC3		
Média Elevação	C2	Aluviões Atuais	AA	< 5,4°	1	C2AA1
				Serra Geral	SG	5,4° - 10,8°
		10,8° - 18°	3			C2SG3
		Formação Caiuá	FC	< 5,4°	1	C2FC1
				5,4° - 10,8°	2	C2FC2
				10,8 - 18°	3	C2FC3
				18° - 27°	4	C2FC4
Alta Elevação	C3	Serra Geral	SG	< 5,4°	1	C3SG1
				5,4° - 10,8°	2	C3SG2
				10,8 - 18°	3	C3SG3
				18° - 27°	4	C3SG4
		Formação Caiuá	FC	< 5,4°	1	C3FC1
				5,4° - 10,8°	2	C3FC2
				10,8 - 18°	3	C3FC3
				18° - 27°	4	C3FC4

**Tabela 11** – Matriz de classificação entre os subíndices de declividade e de suscetibilidade da textura a erosão

SUBÍNDICE DE DECLIVIDADE	SUBÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE DA TEXTURA A EROSIÃO	
	BAIXA 1	ALTA 2
1	*11A	12B
2	21C	22D
3	31E	32F
4	41G	42H

A - baixo potencial erosivo; B - baixo a moderado potencial erosivo; C - moderado a baixo potencial erosivo; D - moderado a alto potencial erosivo; E - alto a moderado potencial erosivo; F - alto a muito alto potencial erosivo; G - muito alto a alto potencial erosivo; H - muito alto potencial erosivo.

A tabela 11 foi produzida a partir da relação entre os dados de declividade e suscetibilidade da textura à erosão, sendo que o primeiro dígito refere-se à declividade e o segundo dígito refere-se ao índice de suscetibilidade à erosão.

Para a obtenção dos índices do potencial erosivo total dos solos por setor, levaram-se em consideração os valores apresentados na tabela 12, no qual os índices foram adaptados para os parâmetros desenvolvidos por Pundek (1994), assim como Chue (2005), variando de 0 a 1, inversamente aos apresentados por Beltrame (1994).

**Tabela 12** – Escalonamento dos índices do potencial erosivo, qualificação e símbolo respectivo

POTENCIAL EROSIVO	SÍMBOLO	ESCALONAMENTO DOS ÍNDICES DO POTENCIAL EROSIVO
BAIXO	PE <sub>1</sub>	0,0 - 1
BAIXO A MODERADO	PE <sub>2</sub>	0,126 – 0,250
MODERADO A BAIXO	PE <sub>3</sub>	0,251 – 0,375
MODERADO A ALTO	PE <sub>4</sub>	0,376 – 0,500
ALTO A MODERADO	PE <sub>5</sub>	0,501 – 0,625
ALTO A MUITO ALTO	PE <sub>6</sub>	0,626 – 0,750
MUITO ALTO A ALTO	PE <sub>7</sub>	0,751 – 0,875
MUITO ALTO	PE <sub>8</sub>	0,876 – 1

Os valores que correspondem a matriz do potencial erosivo para a bacia do rio ligeiro estão representados na tabela 13.

**Tabela 13** – Classes de potencial erosivo para a bacia do rio Ligeiro - PR

CLASSES	POTENCIAL EROSIVO	SÍMBOLO
11A	Baixo potencial erosivo	PE <sub>1</sub>
32F	Alto a muito alto potencial erosivo	PE <sub>6</sub>
41G	Muito alto a alto potencial erosivo	PE <sub>7</sub>
42H	Muito alto potencial erosivo	PE <sub>8</sub>

E o cálculo do potencial erosivo dos solos por setor está representado na tabela 14 e em seguida a realização do cálculo do índice do potencial erosivo de cada setor da bacia, onde, multiplicou-se os valores da coluna (1) da tabela 14 pelos valores da coluna (2), obtendo-se os valores da coluna (3). O índice do potencial erosivo para cada setor da bacia foi obtido a partir da somatória dos valores da coluna (3), dividindo-se pela área total do setor, ou pela somatória dos valores da coluna (1).

Em resumo, os índices totais e seus respectivos símbolos do potencial erosivo dos solos para a bacia do rio Ligeiro estão representados no quadro 3.

**Tabela 14** – Cálculo do potencial erosivo dos solos por setor da bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR

SETOR	POTENCIAL EROSIVO	ÁREA (Km <sup>2</sup> ) (1)	ÍNDICE (2)	SUPERFÍCIE REDUZIDA (3)	ÍNDICE DO POTENCIAL EROSIVO
A	Baixo	-	0,1	-	
	Alto a muito alto	-	0,750	-	
	Muito alto a alto	59,79	0,500	29,89	
	Muito alto	153,70	0,875	134,48	
<b>TOTAL</b>		<b>213,49</b>		<b>164,37</b>	<b>0,769</b>
B	Baixo	1,04	0,1	0,10	
	Alto a muito alto	-	0,750	-	
	Muito alto a alto	107,79	0,500	53,89	
	Muito alto	356,60	0,875	312,02	
<b>TOTAL</b>		<b>465,43</b>		<b>366,01</b>	<b>0,786</b>
C	Baixo	-	0,1	-	
	Alto a muito alto	-	0,750	-	
	Muito alto a alto	90,00	0,500	45	
	Muito alto	19,10	0,875	16,71	
<b>TOTAL</b>		<b>109,10</b>		<b>61,71</b>	<b>0,565</b>

O quadro 3 apresenta a síntese dos cálculos realizados na tabela 14.

**Quadro 3** – Classe do potencial erosivo dos solos por setores e respectivos símbolos

SETOR	POTENCIAL EROSIVO	ÍNDICE	SÍMBOLO
A	MUITO ALTO A ALTO	0,769	PE <sub>7</sub>
B	MUITO ALTO A ALTO	0,789	PE <sub>7</sub>
C	ALTO A MODERADO	0,565	PE <sub>5</sub>

Com os resultados obtidos, os setores A e B apresentaram o potencial erosivo muito alto a alto, e o setor C, potencial erosivo alto a moderado. Associa-se a este resultado, principalmente, as características do substrato rochoso, sendo que os setores com predominância da Formação Caiuá são os que obtiveram os maiores índices do potencial erosivo, por apresentarem uma suscetibilidade natural à ocorrência de feições erosivas e que podem ser aceleradas por ações antrópicas.

### 5.5. Parâmetro Balanço Hídrico (BH)

O balanço hídrico é fundamental na análise do diagnóstico físico-conservacionista, pois, de acordo com Beltrame (1994), Ferretti (1998) e Carvalho (2004) é um indicador potencial natural de degradação física ou de conservação da bacia.

Por meio do balanço hídrico é possível verificar o *déficit* hídrico, correspondente à taxa de precipitação e a evaporação, que indica a duração e a época da estação seca.

Para o Estado do Paraná a classificação qualitativa do balanço hídrico foi representada no quadro 4.

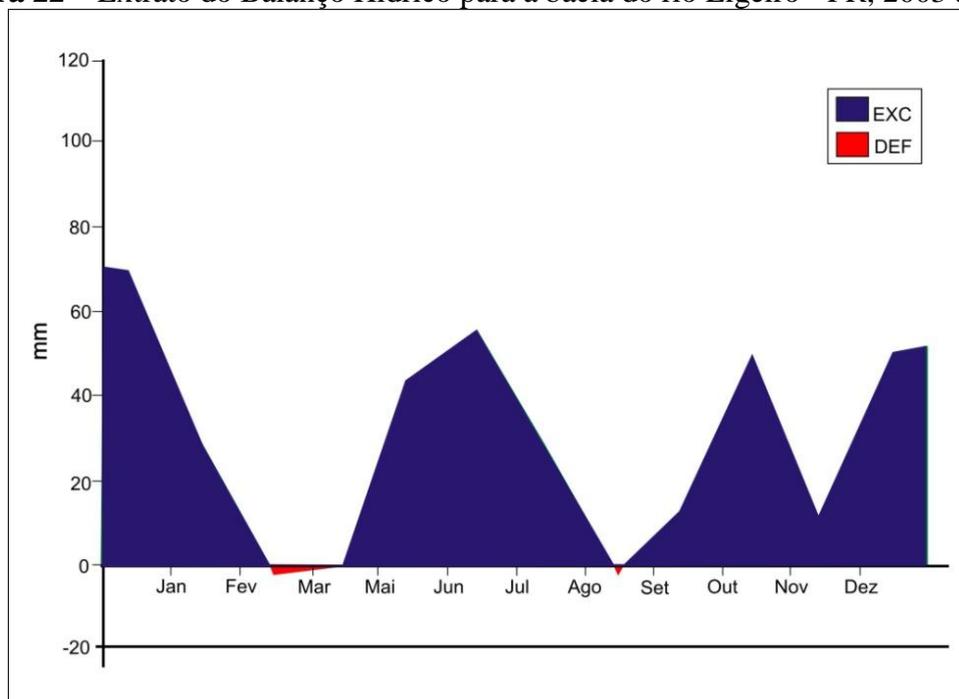
**Quadro4** – Classificação qualitativa do Balanço Hídrico para o Paraná.

Balanço Hídrico	Qualificação	Símbolo
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico superior a 1596,52 mm/ano	Muito forte	BH <sub>1</sub>
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico entre 798,26 até 1596,52 mm/ano	Alto	BH <sub>2</sub>
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico até 798,26 mm/ano	Médio	BH <sub>3</sub>
Com deficiência hídrica, pelo menos em um mês/ano com qualquer excedente	Baixo	BH <sub>4</sub>

Fonte: Carvalho (2004)

Para o período compreendido entre 2003 a 2014, verificou-se que na Estação de Cianorte, localizada entre as coordenadas geográficas de latitude Sul 23° 47' 34" e longitude Oeste 52° 38' 29", que houve excedente de 354mm e déficit de 0,2mm (Figura 22).

**Figura 22** – Extrato do Balanço Hídrico para a bacia do rio Ligeiro - PR, 2003 a 2014



Verificou-se os índices para o parâmetro Balanço Hídrico (BH) na tabela 15, no qual registrou-se um excedente de 354mm para todos os setores da bacia e um déficit de 0,2mm.

Considerou-se estes valores para todos os setores da bacia em razão da coleta de dados pela estação climatológica do município de Cianorte.

**Tabela 15** – Valores anuais do excedente e déficit hídrico da estação Cianorte - PR

Setor	Estação	Excedente	Déficit
Todos	Cianorte	354 mm	0,2 mm

Com base no quadro 4 e tabela 15, definiu-se os índices para o parâmetro BH, conforme observa-se na tabela 16. A estação de Cianorte foi a única nos três setores da bacia, que forneceu dados meteorológicos necessários para a realização do Balanço Hídrico.

**Tabela 16** – Classificação do BH para os setores A, B e C

Setor	Estação	Qualificação	Símbolo
A	Cianorte	Baixo	BH4
B	Cianorte	Baixo	BH4
C	Cianorte	Baixo	BH4

Com a classificação do BH para a bacia do rio Ligeiro, verificou-se que a qualificação obtida é de baixo balanço hídrico em virtude da existência de déficit hídrico registrado na série histórica analisada.

## 5.6. Parâmetros Cobertura Vegetal Original (CO) e Cobertura Vegetal Atual (CA)

Para definição do grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio ligeiro, necessitou-se conhecer o uso da terra. Deste modo, utilizou-se as imagens do satélite *LANDSAT TM5* (Thematic Mapper), proporcionais à escala de 1:50.000, conforme descrito anteriormente.

As imagens foram geoprocessadas no software *SPRING® 5.2.2* e obteve-se as cartas de uso da terra para os anos de 1984, 1990, 2000, 2010 e 2014, então encontrou-se os valores para os diferentes usos nos determinados períodos para a bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

Os usos para a bacia estão divididos em lavoura permanente (cana-de-açúcar, café e mandioca), silvicultura, pastagem, área urbana, floresta e lavoura temporária (soja, milho, trigo e aveia).

Conforme Paz (2013) “[...] é preciso considerar que a degradação ambiental no Brasil tem sido favorecida pela expansão do agronegócio e produção agropecuária”. Para Carvalho

(2004), a cobertura vegetal é o principal mecanismo de defesa na superfície contra os processos erosivos. Neste sentido, a carta de uso do solo permite-nos conhecer a dinâmica de produção na área da bacia e compreender os processos que geram a degradação na bacia em estudo.

Como já apresentado no mapa de vegetação natural da bacia do rio Ligeiro (figura 04), as formações fitogeográficas predominantes na área da bacia eram antes, a Floresta Estacional Semidecidual, principalmente nos setores B e C ao norte e a Floresta Ombrófila Mista mais ao sul, com as variações decorrentes da diferença de altitude. Na atualidade, a vegetação natural é pouco frequente, salvo as reservas naturais determinadas pelas legislações vigentes, além disso, o que predomina na paisagem da bacia é a agricultura e áreas de pastagem (Figura 23).

**Figura 23** – Predominância de áreas voltadas à agricultura nos três setores da bacia hidrográfica do rio Ligeiro

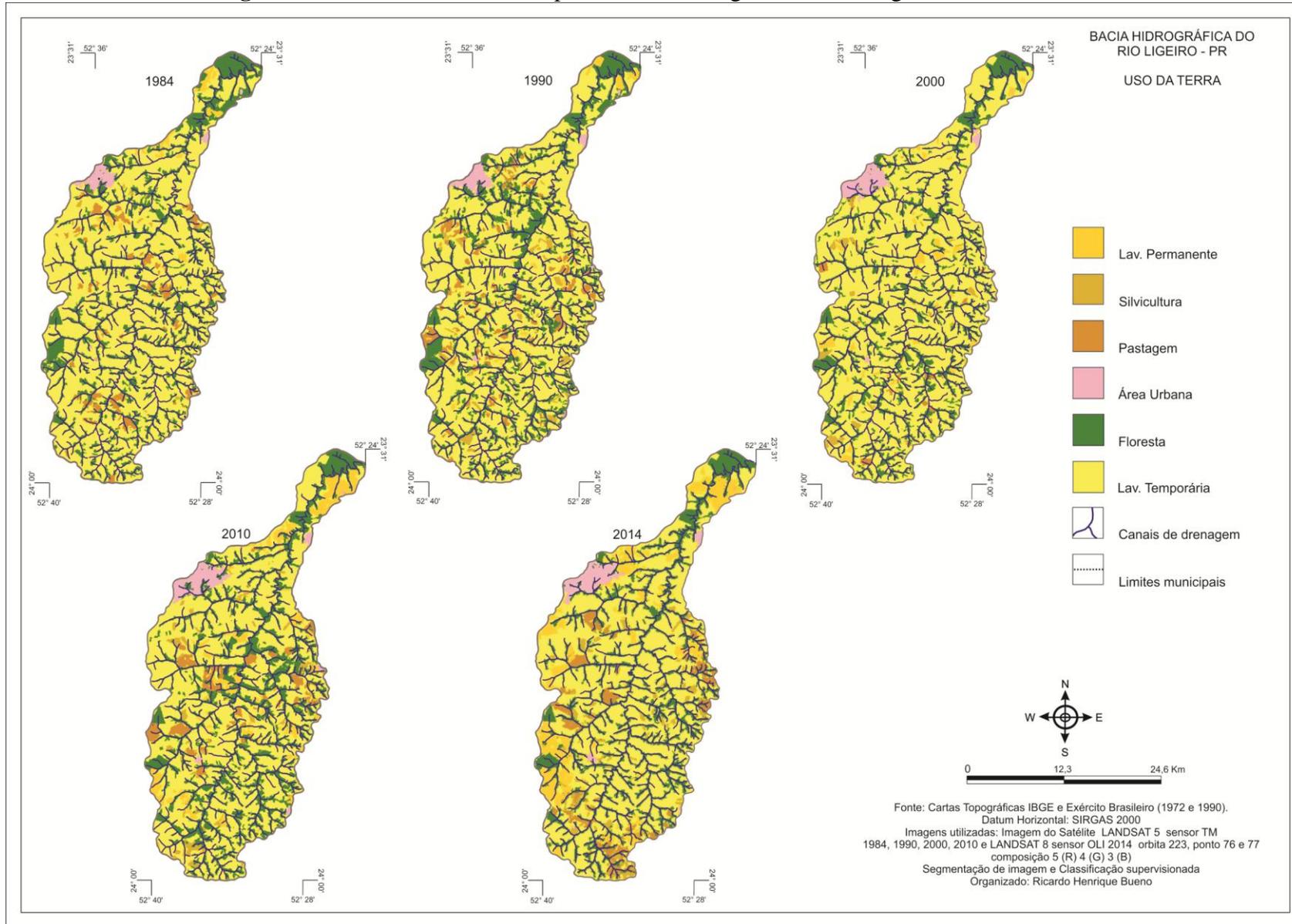


A – Setor A, no município de Araruna – PR, solo exposto para o plantio de soja (14/05/2015); B – Setor B, município de Cianorte – PR, área com cultivo de milho e ao fundo destinado a pastagem (14/05/2015); C – Setor C, Cultivo de milho no município de Jussara – PR (29/04/2015)

Para a determinação do parâmetro cobertura vegetal original (CO) utilizou-se as imagens de satélite e produziu-se as cartas de uso da terra para os anos de 1984, 1990, 2000, 2010 e 2014, totalizando um período de trinta anos, para que se pudesse observar, se houve ou não, alguma mudança significativa na paisagem.

Verificou-se que para o ano de 1984, a cobertura vegetal original na bacia ocupava apenas 18,30%, para o ano de 1990, a cobertura vegetal original na bacia do rio Ligeiro foi de 21,31%, para o ano de 2000, verificou-se que a cobertura vegetal original para a bacia do rio ligeiro foi de 16,90%, para o ano de 2010, verificou-se que a cobertura vegetal original para a bacia foi de 23,47%, notando-se um ligeiro aumento na proteção oferecida pela vegetação ao solo e para o ano de 2014, verificou-se que a cobertura vegetal original para a bacia é 19,92% (Figura 24), ou seja, constatou-se que a cobertura vegetal na área da bacia hidrográfica do rio Ligeiro foi alterada em virtude do uso da terra na área, adentrando as culturas temporárias e a pastagem e que ao longo dos anos, diante da legislação houve um ligeiro aumento da cobertura vegetal de 1,63% da cobertura total (Figura 24).

**Figura 24** – Carta de uso da terra para a bacia hidrográfica do rio Ligeiro – 1984 a 2014



Por meio das informações sobre a cobertura vegetal original, buscou-se estabelecer o grau de semelhança entre a cobertura original e a cobertura existente atualmente, com base na tabela de classificação do grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a atual (Tabela 17).

**Tabela 17** – Grau de semelhança cobertura vegetal atual

GRAU DE SEMELHANÇA	ÍNDICE	NÍVEIS
81 – 100%	CO <sub>1</sub>	Altamente semelhante
61 – 80%	CO <sub>2</sub>	Semelhante
41 – 60%	CO <sub>3</sub>	Mediamente semelhante
21 – 40%	CO <sub>4</sub>	Baixa semelhança
1 – 20%	CO <sub>5</sub>	Nenhuma

Fonte: MARNR (1978)

A partir das informações adquiridas com as cartas de uso da terra e o cálculo dos valores referentes as áreas cobertas por vegetação natural na bacia hidrográfica do rio Ligeiro, pôde-se determinar com base na tabela 17 o índice CO, na tabela 18.

**Tabela 18** – Índice de CO para a bacia do rio Ligeiro - PR

SETOR	(%)	ÍNDICE
A	14,31	CO <sub>5</sub>
B	16,15	CO <sub>5</sub>
C	35,05	CO <sub>4</sub>

Verificou-se que o setor C possui uma área maior de vegetação em relação aos outros setores da bacia. Ela se concentra a jusante da bacia rio Ligeiro com o rio Ivaí e ocupa 35,05% do Setor C, no entanto, ainda possui baixa semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal natural.

Para a determinação do grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual, utilizou-se a imagem de satélite LANDSAT 8, sensor OLI, orbita 223, ponto 76 e 77, Bandas 6, 5 e 4 e elaborou-se a carta de uso da terra para o ano de 2014 (figura 28).

A partir da carta de uso da terra do ano de 2014 para a bacia do rio Ligeiro, obteve-se as informações espaciais dos tipos de uso da terra e com estas informações foi possível estabelecer o índice de proteção total de cada setor, além disso, para determinar o índice de proteção fornecido ao solo pelo tipo de uso, utilizou-se a classificação adaptada de Hidalgo (1990), apresentado no quadro 5.

**Quadro 5** – Classificação do tipo de cobertura vegetal quanto à proteção fornecida ao solo

TIPO DE COBERTURA	ÍNDICE DE PROTEÇÃO
FLORESTA	1
PASTAGEM	0,6
REFLORESTAMENTO	0,5
AGRICULTURA	0,4
ÁREA URBANIZADA	0,1

Fonte: Hidalgo (1990)

Na determinação do parâmetro CA, considerou-se as características de densidade da cobertura vegetal e não foi relacionado com a semelhança botânica entre uma espécie original e atual, bem como menciona Beltrame (1994). E para a obtenção do índice de proteção fornecida ao solo pela cobertura vegetal atual de cada setor, foram necessárias cinco etapas, a mencionar: determinou-se a área para cada tipo de cobertura vegetal, por meio do mapeamento da carta de uso da terra para o ano de 2014 no *software* SPRING® 5.2.2, desta maneira obteve-se os valores da coluna (1) da tabela 19. Em seguida, a coluna (2) foi preenchida com os valores referentes aos índices de proteção de cada tipo da cobertura vegetal existente no setor, de acordo com o quadro 05. A coluna (3) da tabela 19 é produto da multiplicação da coluna (1) pela coluna (2). Somou-se os valores da coluna (3) e dividiu-se pela somatória dos valores da coluna (1), concluindo-se assim, o índice de proteção total por setores.

**Tabela 19** – Índice de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal por setores da bacia do rio Ligeiro

SETOR	COBERTURA	ÁREA (Km <sup>2</sup> ) (1)	ÍNDICE (2)	(3)	ÍNDICE
A	Floresta	39,18	1	39,18	
	Pastagem	12,55	0,6	7,53	
	Reflorestamento	8,61	0,5	4,30	
	Agricultura	152,34	0,4	60,93	
	Área urbanizada	0,81	0,1	0,081	
Total		<b>213,49</b>		<b>112,02</b>	<b>0,52</b>
B	Floresta	83,30	1	83,30	
	Pastagem	18,98	0,6	11,39	
	Reflorestamento	12,71	0,5	6,36	
	Agricultura	339,82	0,4	135,93	
	Área urbanizada	10,62	0,1	1,06	
Total		<b>465,43</b>		<b>238,03</b>	<b>0,51</b>
C	Floresta	34,87	1	34,87	
	Pastagem	-	0,6	-	
	Reflorestamento	-	0,5	-	
	Agricultura	67,58	0,4	27,03	
	Área urbanizada	6,65	0,1	0,67	
Total		<b>109,10</b>		<b>62,57</b>	<b>0,57</b>

A tabela 20 apresenta os valores dos índices e o símbolo para a proteção total da vegetação fornecida ao solo.

**Tabela 20** – Índice e o símbolo de proteção total da vegetação.

ÍNDICE DE PROTEÇÃO TOTAL (Escalonamento dos índices)	SÍMBOLO
1	CA <sub>1</sub>
0,8 – 0,99	CA <sub>2</sub>
0,6 – 0,79	CA <sub>3</sub>
0,4 – 0,59	CA <sub>4</sub>
0,2 – 0,39	CA <sub>5</sub>
0,0 – 0,19	CA <sub>6</sub>
0,0	CA <sub>7</sub>

Deste modo, obteve-se os índices e símbolos para a proteção oferecida pela cobertura vegetal a cada setor da bacia do rio Ligeiro (tabela 21).

**Tabela 21** – Índices e símbolos respectivos da proteção oferecida pela cobertura vegetal, dos setores A, B e C

SETOR	ÍNDICE	SÍMBOLO
A	0,52	CA <sub>4</sub>
B	0,51	CA <sub>4</sub>
C	0,57	CA <sub>4</sub>

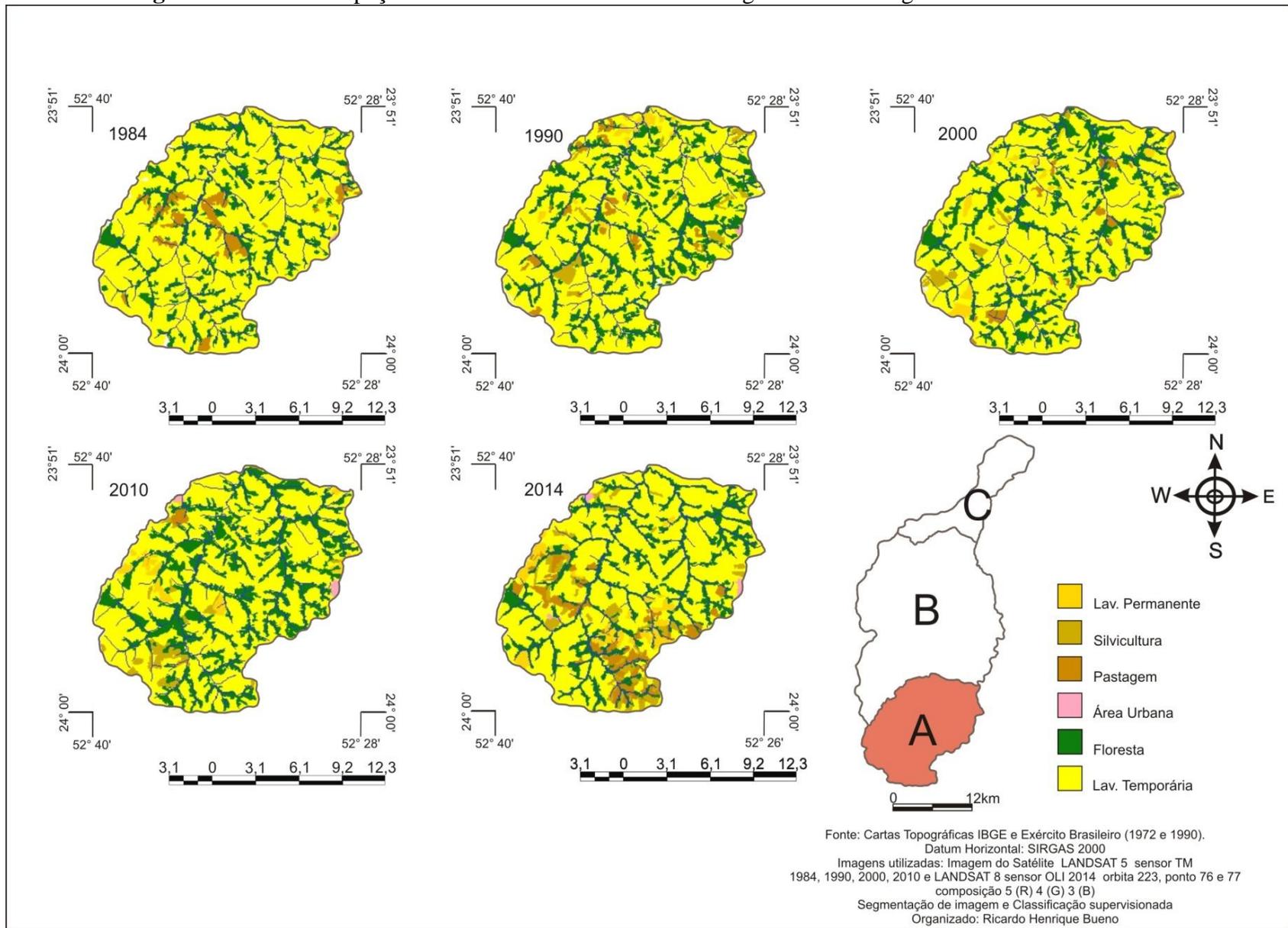
Na determinação do parâmetro CA, verificou-se que os três setores obtiveram índices próximos, correspondendo ao símbolo CA<sub>4</sub>, considerando-se que a proteção oferecida pela cobertura vegetal atual é pouco mais da metade que a cobertura vegetal original oferecia.

As figuras 25, 26 e 27 apresentam as cartas de uso da terra nos setores A, B e C da bacia hidrográfica do rio Ligeiro no período de 1984 até 2014. O intuito de mostrar as cartas de uso da terra numa evolução temporal, separadas por setores, foi o de permitir uma visualização conjunta que facilitou as análises feitas.

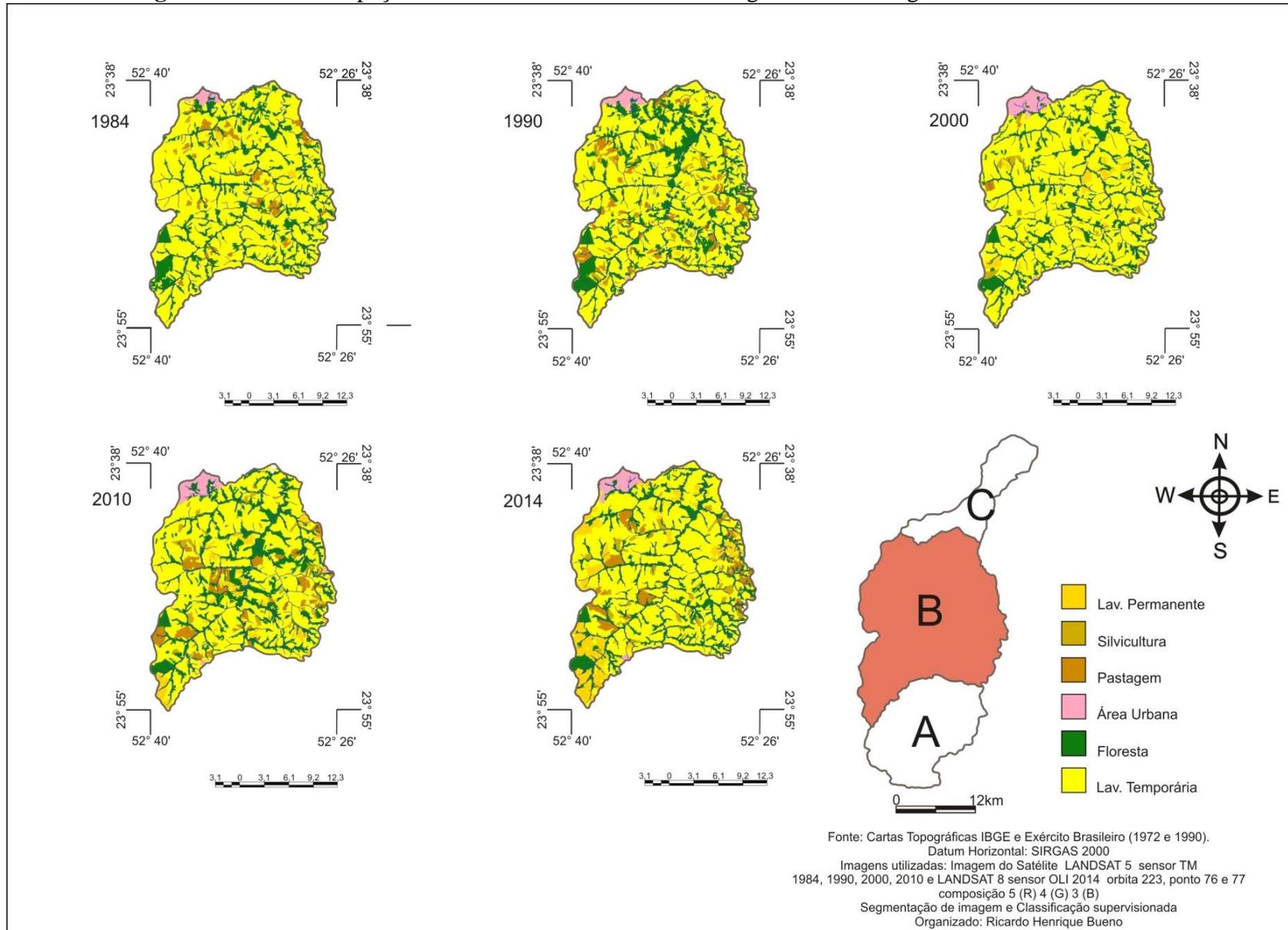
É possível verificar a partir das cartas de uso da terra a expansão da área urbana no município de Cianorte, bem como verificar que houve um padrão no tipo de cultura ao longo da bacia. As áreas de proteção permanentes foram mantidas e houve um ligeiro aumento de 1,6% das áreas florestadas na área total da bacia ao longo da série histórica analisada.

O tipo predominante de cultura realizada na bacia é o temporário, sendo a cultura de soja, milho, trigo, mandioca as mais comuns, no entanto, como verificou-se, a predominância do substrato litológico na área da bacia é o arenito da Formação Caiuá, que da origem a solos com textura arenosa e portanto, as práticas de cultivo na bacia devem seguir medidas conservacionistas para conter processos erosivos e conseqüentemente não causar degradação no ambiente.

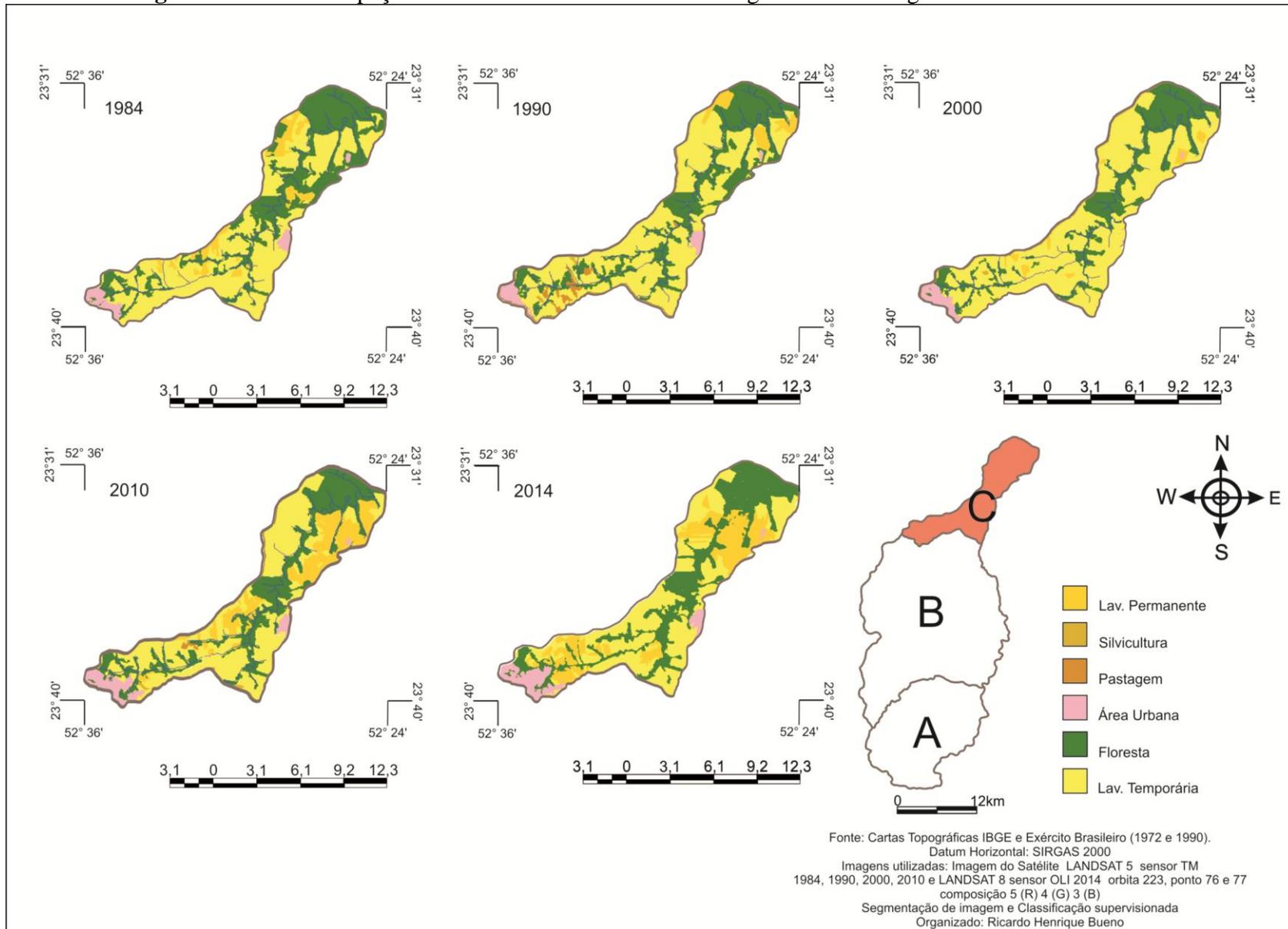
**Figura 25 – Uso e ocupação da terra no setor A da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR de 1984 a 2014**



**Figura 26 – Uso e ocupação da terra no setor B da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR de 1984 a 2014**



**Figura 27** – Uso e ocupação da terra no setor C da bacia hidrográfica do rio Ligeiro – PR de 1984 a 2014



### 5.7. Índices dos parâmetros do DFC

Com base na metodologia do DFC, permitiu-se estabelecer quantitativamente os parâmetros e respectivos índices para a análise qualitativa quanto ao índice de degradação dos recursos naturais da bacia do rio Ligeiro.

Os resultados dos índices respectivos de cada parâmetro analisado para os três setores da bacia hidrográfica do rio Ligeiro estão sistematizados no quadro 6 e representados graficamente na figura 28, junto ao gráfico da equação da reta.

**Quadro 6** – Síntese dos índices obtidos em cada parâmetro analisado nos setores A, B e C

PARÂMETRO	SETOR A	SETOR B	SETOR C
Cobertura vegetal original	5	5	4
Erosividade da chuva	2	2	2
Declividade média	2	2	1
Potencial erosivo do solo	7	7	5
Cobertura vegetal atual	4	4	4
Densidade de drenagem	2	2	2
Balanço hídrico	4	4	4
$\Sigma$	26	26	22

Com os valores da fórmula descritiva obtidos para cada setor, realizou-se o cálculo do valor crítico do processo de degradação na bacia do rio Ligeiro, por meio da equação da reta (Figura 29). Para realizar-se o cálculo da equação da reta, considerou-se que, o valor mínimo que um setor poderia obter com a somatória dos índices da fórmula descritiva era 7, com todos os índices recebendo o valor igual a 1, que neste caso, representa o melhor estado físico-conservacionista. Da mesma maneira, o valor máximo que pode-se atribuir ao setor com a somatória dos índices é 37, com todos os índices com valores máximos e, neste caso, o pior estado físico-conservacionista que a bacia poderia apresentar.

A partir dos valores de mínimo e máximo, tem-se o ângulo de inclinação da reta, e plotando-se os valores nos eixos cartesianos x e y, chega-se ao resultado das unidades de degradação física para cada setor da bacia.

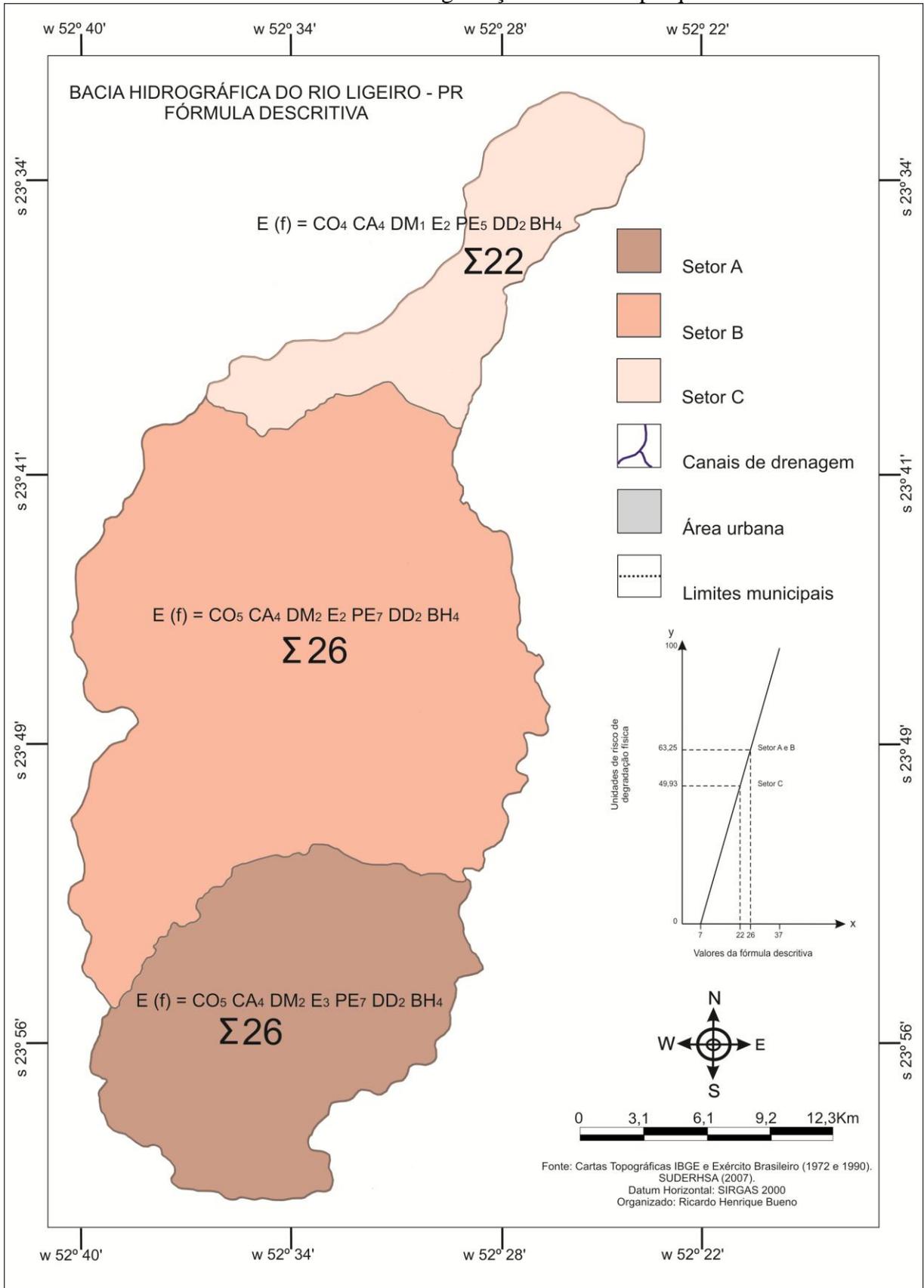
Logo a equação da reta é:  $y = 3,33$  e  $x = 23,33$ , que resultará em:

Setor A:  $y = 3,33 \cdot 26 - 23,33 = 63,25$   $y = 63,25$

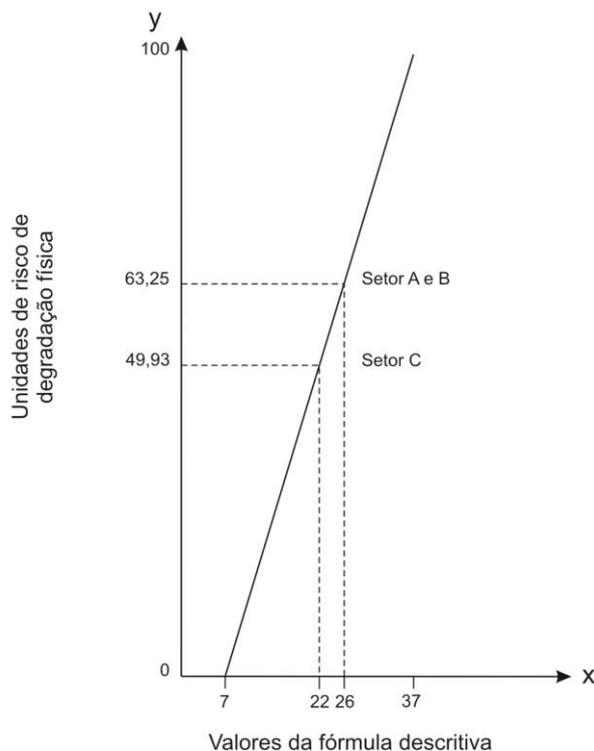
Setor B:  $y = 3,33 \cdot 26 - 23,33 = 63,25$   $y = 63,25$

Setor C:  $y = 3,33 \cdot 22 - 23,33 = 49,93$   $y = 49,93$

**Figura 28** – Bacia do rio Ligeiro setorizada e as respectivas fórmulas descritivas com os valores dos índices de degradação da área de pesquisa



**Figura 29** – Gráfico da equação da reta com os valores da unidade de risco de degradação física para a bacia do rio Ligeiro



Na tabela 22 estão apresentados os dados obtidos por meio do gráfico da equação da reta com os valores da unidade de risco de degradação física para a bacia do rio Ligeiro, sendo possível visualizar os resultados para cada setor da bacia.

**Tabela 22** – Unidades de risco de degradação física para a bacia do rio Ligeiro

SETORES	UNIDADES DE RISCO (0-100)
A	63,25
B	63,25
C	49,93

Com o resultado da equação da reta, conclui-se que os setores A e B apresentaram 63,25 unidades de risco de degradação física e o setor C apresentou 49,93 unidades de risco de degradação física, ou seja, os setores A e B encontram-se com condições físico-conservacionistas idênticas, com maiores riscos que o setor C.

Deste modo, os setores A e B merecem prioridade na adoção de medidas que venham contribuir para a conservação dos recursos naturais existentes na bacia do rio Ligeiro, atentando-se, principalmente, para os recursos do solo e a cobertura vegetal.

Observou-se que houve semelhança entre alguns dos índices dos parâmetros do diagnóstico físico-conservacionista entre os setores da bacia, bem como, parâmetros E, DM, CA, CA, DD e BH.

E os índices que apresentaram distinção entre as fórmulas descritivas dos setores foram os parâmetros CO e PE, onde, nos Setores A e B, o parâmetro CO apresentou nenhuma semelhança entre a cobertura vegetal original e atual, enquanto, que o setor C apresentou baixa semelhança, porém, maior que os setores A e B.

O outro parâmetro que apresentou diferença entre os índices foi o PE, onde os setores A e B corresponderam ao índice PE7, ou seja, muito alto a alto potencial erosivo e o setor C obteve o índice PE5, alto a moderado potencial erosivo.

Além do mais, considerando os atributos do meio físico em correlação ao uso da terra ocorrente na bacia hidrográfica do rio Ligeiro, produziu-se o e o mapa de potencial erosivo dos solos, cartas de conflito e uso racional da terra. Estas cartas permitem avaliar o uso da terra na área da bacia, correlacionando o mapa de uso da terra para o ano de 2014.

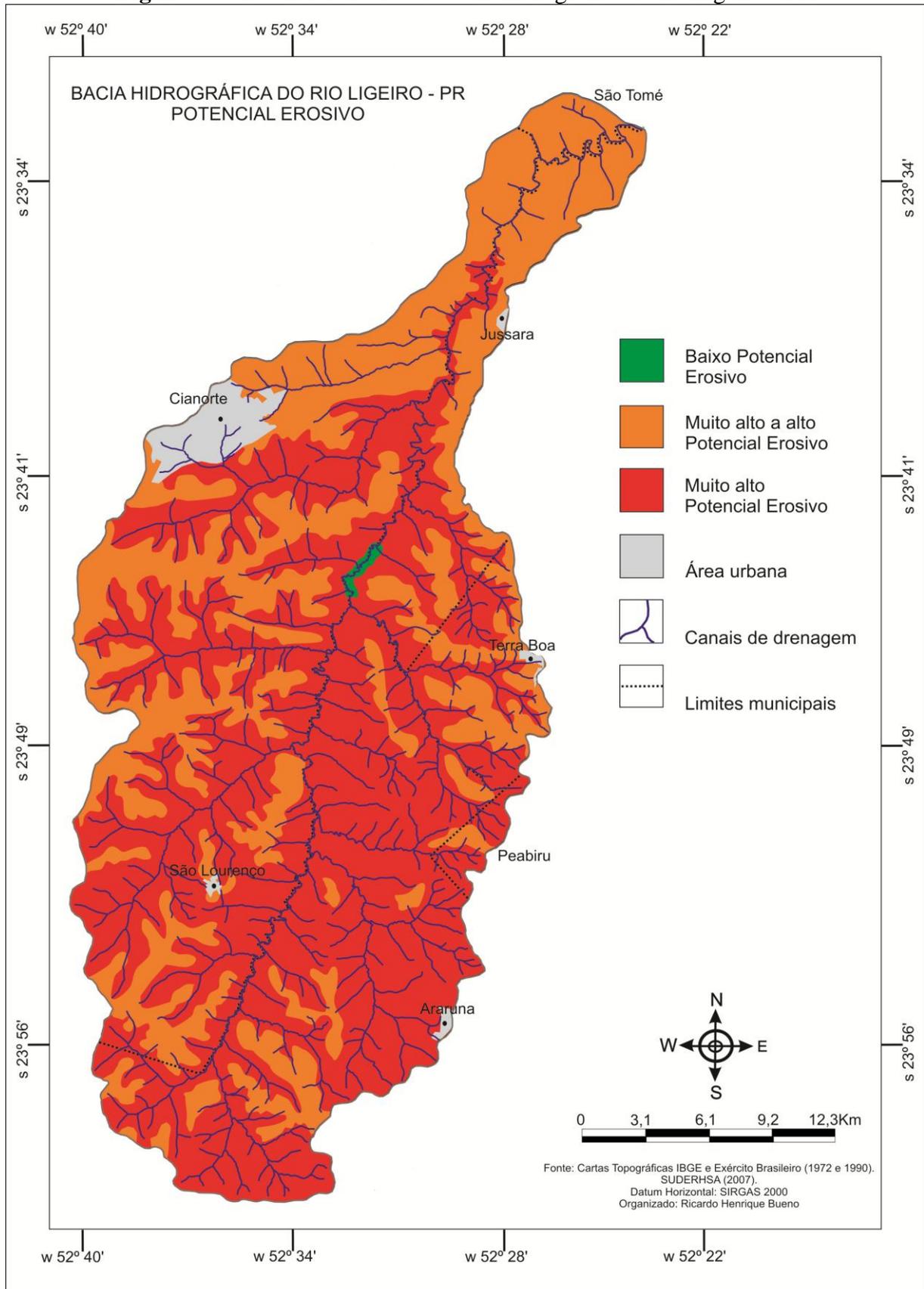
A figura 30 apresenta o potencial erosivo na bacia do rio Ligeiro, verifica-se que os setores A e B são os setores onde a classe predominante é muito alto potencial erosivo, correspondendo ao índice PE para a bacia. O setor B apresenta uma pequena área com baixo potencial erosivo, enquanto que no setor C a classe predominante é de muito alto a alto potencial erosivo em virtude, principalmente, das características físicas das rochas.

A carta de conflitos do uso da terra apresenta situações conflitantes de sobre-utilização e sub-utilização da terra, de acordo com as distintas classes de capacidade de uso que estão representadas na figura 31. Os conflitos do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Ligeiro foram representadas pelas classes de uso correspondente, sobre-uso e sub-utilizadas, assim como Carvalho (2004) utilizou em seu trabalho.

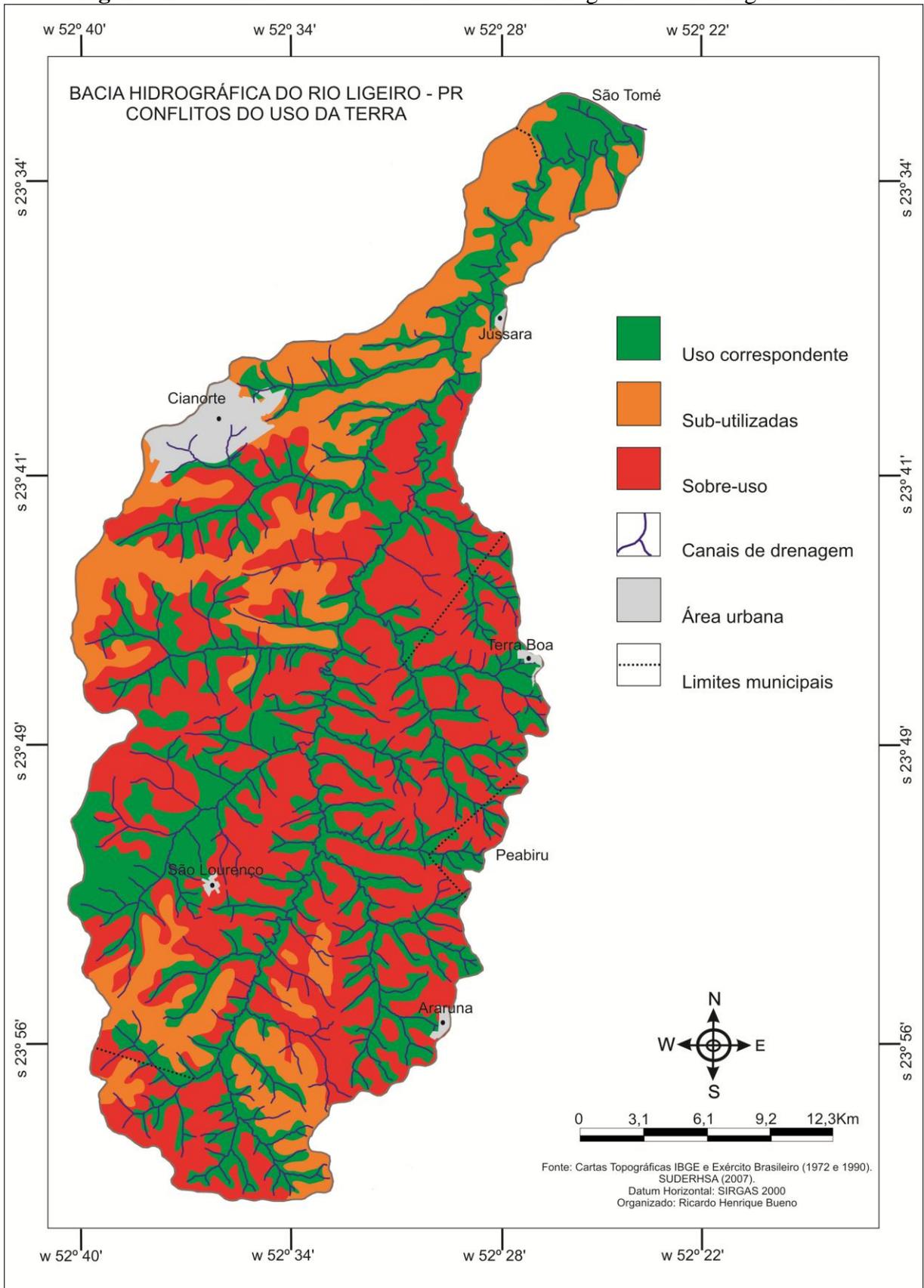
A figura 31 apresenta a carta de conflitos de uso da terra na bacia do rio Ligeiro, sendo que nos setores A e B predominam as classes de sobre-uso, ou seja, onde o uso da terra não corresponde com a capacidade de uso, em razão pelo tipo de solo e declividade do terreno, tornando assim, a área imprópria para culturas de lavoura temporária e principalmente se não for utilizado práticas de manejo conservacionista.

As áreas de uso correspondente são as que estão sendo utilizadas conforme a sua capacidade de uso, como as áreas de preservação permanentes, e áreas que possuam cultivo com práticas de conservação do solo.

**Figura 30** – Potencial erosivo da bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR



**Figura 31** – Conflitos do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR



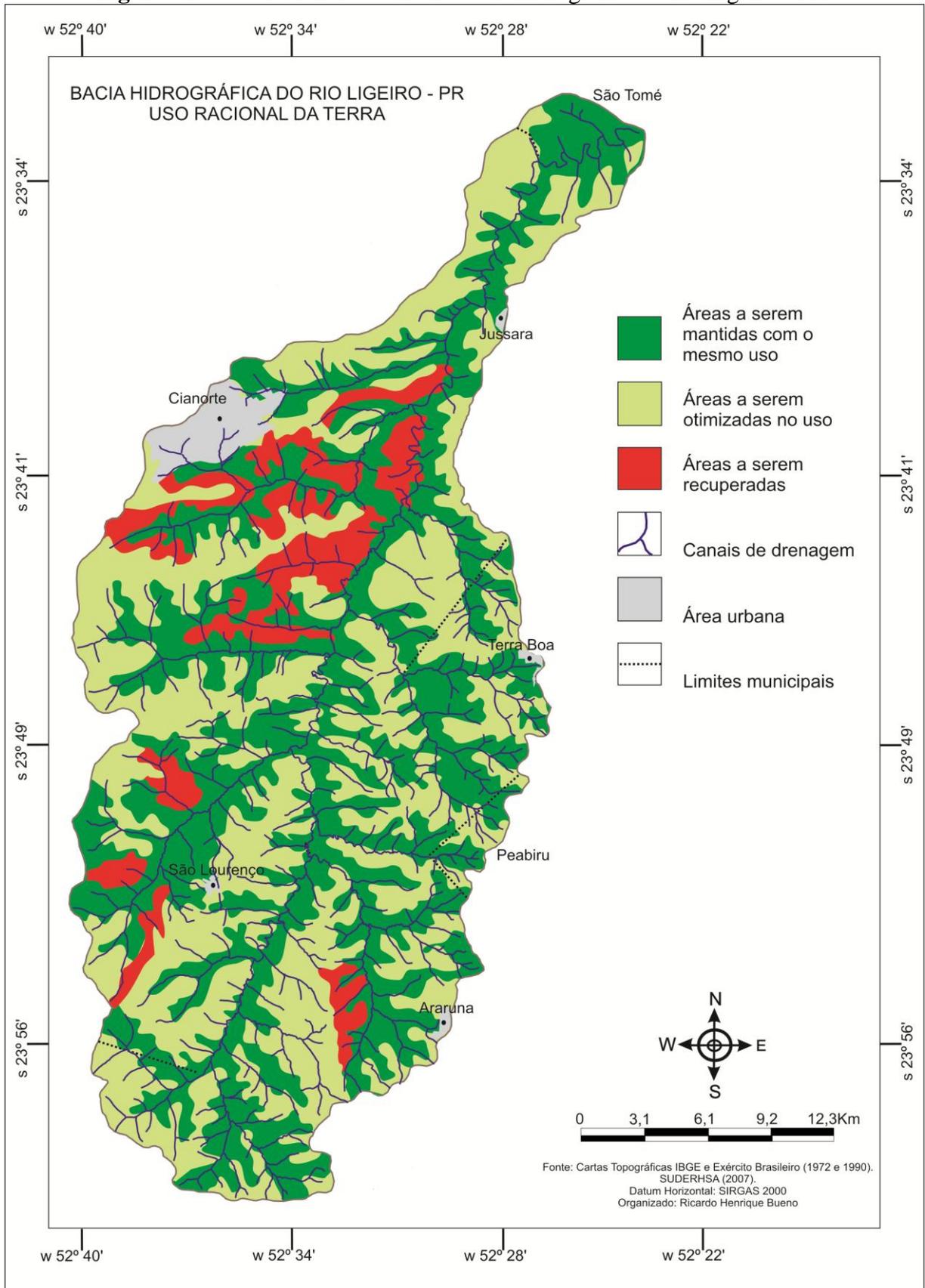
As áreas de sobre-uso são áreas cuja destinação principal recairia na preservação permanente, uma vez que correspondem a um potencial erosivo do solo de alto a muito alto com declividades muito elevadas.

Por fim, as áreas sub-utilizadas são áreas cobertas por campo e floresta que poderão ter outro destino, como, por exemplo, o cultivo e pastoreio, ou até mesmo uso de uma cultura temporária por apresentarem um baixo potencial erosivo, no entanto com a adoção de uma prática conservacionista, em função da declividade aí dominante de 8% a 20%.

Tendo como referência a carta de uso atual da terra e de conflitos sobre o uso da terra, elaborou-se a carta de uso racional da terra (Figura 32) para a bacia hidrográfica do rio Ligeiro, sendo que as classes representadas são: Áreas a serem mantidas com o uso, sendo, áreas que apresentam uso correspondente, ou seja, que são adequadas às características do ambiente onde se encontram; Áreas a serem otimizadas levando em consideração suas características, deverão propor atividades coerentes à capacidade de uso e; Áreas a serem recuperadas, que correspondem às áreas que deveriam apresentar cobertura vegetal ao redor dos cursos d'água e nascentes, representando áreas de preservação permanente e áreas com potencial erosivo muito elevado.

Deste modo, foi elaborada a carta de uso racional, a partir das técnicas de geoprocessamento, o que possibilitou a compilação de dados de campo e de produtos cartográficos pré-existentes. Os dados referentes às características físicas do substrato litológico, tipo de solo, tipo de clima, vegetação, declividade e uso da terra foram sobrepostos e subsidiaram a elaboração do produto final desta pesquisa. Além do mais, a interação entre esta técnica permitiu a obtenção de dados referentes aos parâmetros do DFC analisados.

**Figura 32 – Uso racional da terra na bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR**



## 6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizou-se nesta pesquisa, o Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) adaptado por Beltrame (1994) como base metodológica, objetivando-se avaliar o grau de degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Ligeiro-PR. Para tal, realizou-se as aplicações necessárias à obtenção dos índices gerados para o cálculo da fórmula descritiva.

Com os resultados obtidos, chegou-se ao valor crítico dos riscos de degradação resumidos em um valor numérico que evidenciaram o estado físico-conservacionista da bacia. Este valor determinou qualitativamente o grau de degradação ambiental da bacia e possibilitou a realização de análises comparativas entre os setores da bacia do rio Ligeiro e, portanto, por meio da análise do estado físico dos setores concluiu-se a real situação em que se encontra a bacia, com a elaboração também das cartas de conflito do uso da terra e do uso racional da terra.

A utilização da proposta metodológica do DFC mostrou-se eficiente e válida para a análise ambiental da bacia hidrográfica estudada, no entanto, não tratou-se de uma simples aplicação metodológica, pois, ao longo da pesquisa foi necessário buscar novas soluções para a obtenção dos índices dos parâmetros da fórmula descrita, constituindo-se, como menciona Carvalho (2004), em um exercício metodológico e mental.

A proposta de Beltrame (1994) apresenta uma certa flexibilidade na sua aplicação, pois como já mencionado neste trabalho, alguns dos índices dos parâmetros da fórmula descritiva foram obtidos a partir de adequações em função das condições físicas da própria área de estudo, assim como, a obtenção de dados secundários necessários a obtenção dos índices e conhecimentos sobre as características e os elementos que compõem os fatores potenciais naturais de degradação e, conseqüentemente, o cálculo final para a obtenção do grau de degradação da bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

Dentre as alterações realizadas para a elaboração desta pesquisa em relação à proposta original, destacam-se a setorização da bacia hidrográfica do rio Ligeiro, onde utilizou-se também o critério dos dados do substrato geológico, hidrográfico, hipsométrico e o perfil longitudinal do rio principal.

Outra adaptação foi na obtenção dos índices para o potencial erosivo da chuva, no qual necessitou-se a elaboração do índice de erosividade da chuva para o estado do Paraná e a sua aplicação para as estações com abrangência na área da bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

O potencial erosivo também sofreu adaptações, sendo que os dados pedológicos disponíveis estavam em escala inadequada para a representação na escala utilizada nesta pesquisa, 1:50.000. Deste modo, adotou-se em parte a metodologia de Carvalho (2004), onde os valores foram obtidos com a associação da declividade, substrato geológico e classes do relevo e os dados obtidos em ensaios laboratoriais e comparados em trabalhos de campo. Os valores do potencial erosivo foram considerados a partir da proposta de Pundek (1994), onde os índices variaram entre 0 e 1, inversamente ao proposto por Beltrame (1994).

Outra adaptação ocorreu na obtenção do índice do parâmetro balanço hídrico, no qual, buscou-se realizar uma classificação para o estado do Paraná, assim como no potencial erosivo da chuva. De modo geral, estas foram às adaptações significativas ocorridas na aplicação desta pesquisa.

Verificou-se também, por meio das cartas de uso da terra, analisadas em um período de 30 anos (1984 – 2014), a diminuição da cobertura vegetal e o aumento de áreas utilizadas para a agricultura, além da expansão urbana do município de Cianorte – PR, conseqüentemente gerando menor proteção ao solo e contribuindo, desta maneira, para o maior grau de degradação ambiental na bacia.

A aplicação setorizada do DFC na bacia hidrográfica do rio Ligeiro evidenciou que os setores A e B possuem os resultados mais críticos em relação à bacia, com o valor 63,25 unidades de risco de degradação física. A este resultado associa-se, principalmente, a suscetibilidade à erosão que os solos nestes setores da bacia apresentam, além da baixa proteção oferecida pela cobertura vegetal atual, associada ao intenso processo de expansão agrícola.

O setor C obteve o valor de 49,93 unidades de risco de degradação física, o melhor resultado em relação aos outros setores da bacia, em decorrência de possuir uma cobertura vegetal atual que cobre maior parte do setor, além da suscetibilidade à erosão do solo ser menor em virtude do substrato rochoso ser o basalto oriundo da Formação Serra Geral.

Destaca-se que os recursos que merecem atenção na adoção de medidas físico-conservacionistas são os do solo e da cobertura vegetal, em decorrência dos resultados obtidos por meio da fórmula descritiva, verificou-se o alto índice de degradação física para estes potenciais naturais, que são o solo e a vegetação.

À medida que houve o aumento considerável das áreas agrícolas nas últimas décadas e ao aumento das áreas urbanas, o solo se tornou mais suscetível aos processos erosivos, uma

vez que não possui mais a mesma proteção oferecida anteriormente pela cobertura vegetal original.

Sugere-se, portanto, que sejam estimuladas a criação de novas áreas de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) que são instituídas voluntariamente pelo proprietário de terras e das APPs e com o efetivo controle dos órgãos governamentais limitando os tipos de uso, com isso, auxiliando na conservação do solo, da biodiversidade e, principalmente, dos recursos hídricos que são indispensáveis à existência humana e que carecem cada vez mais de atenção pelos órgãos de planejamento, pois, podem tornar-se escassos diante de práticas de manejo inadequadas.

Mencionou-se a instalação de cinco Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) ao longo do curso do rio Ligeiro, que na setorização da bacia estariam incluídas no setor C, sendo três no município de Cianorte - PR e duas no município de Jussara - PR. Até o final desta pesquisa, ainda não havia se concretizado a instalação das PCHs. No entanto, a implantação de tal empreendimento denota práticas que visam mitigar os impactos prováveis originados pelo empreendimento, tais como: a conservação, monitoramento e manejo da fauna e flora na área, implantação de APPs como já mencionado anteriormente, monitoramento e conservação do solo e monitoramento da vazão nos canais.

Concluiu-se que os setores A e B apresentaram maior risco de degradação física, onde predominam o substrato rochoso da Formação Caiuá e os tipos de solos são os Argissolos e Latossolos de textura arenosa/média, corroborando-se com a hipótese estabelecida no projeto de pesquisa, denotando prioridade na adoção de medidas que visam contribuir para a conservação dos recursos naturais existentes na bacia do rio Ligeiro, principalmente, os recursos do solo, cobertura vegetal e os recursos hídricos.

Aliado ao tipo de solo verificou-se qual a relação entre o uso da terra e o grau de degradação ambiental, considerando-se que um dos processos mais degradantes em ambientes naturais relaciona-se as práticas do agronegócio e agropecuária. Em virtude da necessidade de áreas de pastagem ou para a produção agrícola, o processo de desmatamento ocorre com maior intensidade, o que pode alterar a dinâmica natural de um determinado ambiente.

Sendo assim, verificou-se que as áreas com maior grau de degradação ambiental encontram-se em áreas localizadas sobre solo de textura arenosa e com uso da terra voltada para o agronegócio e produção pecuária.

Outra questão refere-se à monocultura de cana de açúcar, muito intensificada em alguns setores da bacia, e a pastagem, sendo consideradas como culturas que aceleram os processos erosivos em regiões de solo de textura arenosa.

Portanto, a realização desta pesquisa pode auxiliar no desenvolvimento de medidas mitigadoras aos processos de degradação do ambiente, corroborando para futuros planejamentos, incluindo as atividades turísticas, e elaboração de diretrizes e estratégias de ação na área.

## REFERÊNCIAS

ÁGUAS PARANÁ. *Altura da precipitação - Estação Copacabana do Norte*. Instituto das águas do Paraná – Secretária do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2015.

ÁGUAS PARANÁ. *Altura da precipitação - Estação Farol*. Instituto das águas do Paraná – Secretária do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2015.

ÁGUAS PARANÁ. *Altura da precipitação - Estação Igarité*. Instituto das águas do Paraná – Secretária do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2015.

ÁGUAS PARANÁ. *Altura da precipitação - Estação Japurá*. Instituto das águas do Paraná – Secretária do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2015.

ÁGUAS PARANÁ. *Altura da precipitação - Estação Malu*. Instituto das águas do Paraná – Secretária do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2015.

ÁGUAS PARANÁ. *Altura da precipitação - Estação Ouro Verde*. Instituto das águas do Paraná – Secretária do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2015.

ARONOFF, S. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa: WDL Publications, 1989. p. 294.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. *NBR 7181: Solo – Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 1984. p.09.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. *NBR 6457: Amostra de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro, 1986. p.10.

BELTRAME, A. da V. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Florianópolis/SC: UFSC, 1994. p. 111.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO. F. *Conservação do solo*. Piracicaba/SP: Livroceres, 1985. p. 355.

BETTENCOURT, J.S; MORESCHI, J. B; TOLEDO, M. C.M. Recursos Minerais da Terra. In: TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M. C. M; TAIOLI, F. (Orgs.). *Decifrando a Terra 2ª ed*. São Paulo/SP: Companhia Editora Nacional, 2009. Cap.19, p.508-535.

BIGARELLA, J. J.; PAROLIN, M. Aspectos geográficos e geológicos do Paraná. In: PAROLIN, M.; VOLKME-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Orgs.). *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Campo Mourão/PR: FECILCAM, 2010. Cap. 1, p. 1 - 42.

BORMANN, F. H.; LIKENS, G. E. Nutrient cycling: Small watersheds can provide invaluable information about terrestrial ecosystems. *Science*, v.155, p.424-429, 1967.

BORSATO, V. A.; OLIVEIRA, E. D. Propriedades Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego Marumbizinho, Jandaia do Sul-PR. *Revista Geografar*, Curitiba/PR, v.6, n.1, p.76 – 94, 2011.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T.(Org.). *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand Brasil, 2011. Cap. 03, p. 71-115.

BUENO, R. H. *Análise da Paisagem correlacionada com a morfometria da bacia hidrográfica do Córrego da Imbuia em Terra Boa – PR*. 2013. 48f. Monografia (Graduação), Curso de Geografia – Departamento de Geografia. Universidade Estadual do Paraná, Campo Mourão/PR, 2013.

BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Claredon, 1986. p.108.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Interating remote sensing and GIS by object-oriented data molding. *J Computers & Graphics*, v.20, n.3, p.395-403, 1996.

CAMPOS, J. B.; FILHO, L. S. *Séries Ecossistemas Paranaenses: Floresta Estacional Semidecidual*. ACS/SEMA, Curitiba/PR, 2010. p. 08.

CARVALHO, S. M. *Diagnóstico físico-conservacionista – DFC como subsídio à gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Quebra Perna, Ponta Grossa – PR*. 2004. 183f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP, 2004.

CARVALHO, S. M.; STIPP, N. A. F. Contribuição ao estudo do Balanço Hídrico no Estado do Paraná: Uma proposta de classificação qualitativa. *Geografia – Londrina/PR*, v.13, n° 1, p.57-71, jan/jun. 2004.

CARVALHO, S. M. A contribuição dos estudos em bacias hidrográficas para a abordagem ambiental na Geografia. In: MENDONÇA, F. A.; LOWEN-SAHR, L. C.; SILVA, M. *Espaço e tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico*. Curitiba: Associação de Defesa ao Meio Ambiente e Defesa de Antonina (ADEMAN), 2009. p.15.

CEDAE, COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTO. *No Brasil, a história do abastecimento começa no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro/RJ: CEDAE, 2007. p.12

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. *U.S.Geological Survey Professional Paper*, v.500-b, p.1-10, 1962.

CHORLEY, R. J. The drainage basis as the fundamental geomorphic unit. In: CHORLEY, R. J. (Org.). *Water, earth and man: A synthesis of hidrology, geomorphology and socio-economic geography*. London, Methuen, 1969. Cap.02, p.77-110.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo/SP: Edgard Blücher, 1980. p.115.

CHUEH, A. M. *Análise do uso da terra e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno – São José dos Pinhais, PR, por meio do Diagnóstico Físico conservacionista – DFC*. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Ciências da Terra – Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2004.

CHUE, A. M.; SANTOS, L. J. C. Análise do potencial de degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais/PR, por meio do DFC – Diagnóstico Físico-Conservacionista. *Ra'e ga: O espaço geográfico em análise*, Curitiba/PR, ano 9, n.10, p.61-p72, 2005.

COLAVITE, A. P. *Cartografia aplicada à análise ambiental da Bacia hidrográfica do rio do Campo – PR*. Maringá, 2008. Monografia (Especialização) Pós-Graduação em Planejamento e Gerenciamento Urbano e Rural – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá /PR, 2008. p.75.

COPATI. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA. Londrina/PR, 1990. p. 53.

CRÓSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas/SP: Instituto de Geociências da Universidade de Campinas, 1992. p. 170.

DESTRO, G. F. G. Diagnóstico físico-conservacionista no estudo dos conflitos de uso da terra em microbacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife/PE. v.5, n.4, p.525-534, 2010.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM SOLOS. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília/DF: EMBRAPA Solos, 2006. p.286.

EMBRAPA. *Mapa de solos do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 1 mapa, Color, 118,9 cm x 84,1 cm. Escala 1: 250.000, 2007.

FERRETTI, E.R. *Diagnóstico Físico-Conservacionista - DFC da Bacia do rio Marrecas – Sudoeste do PR*. Curitiba, 1998. 194 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geologia - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 1998.

FLORENZANO, T. G. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2002. p. 97.

FLORENZANO, T. G. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. São Paulo/SP, Oficina de Textos, 2007. p. 128.

FURTADO, A. L. S.; HOTT, M. C.; RIBEIRO, C. A. A. S. Determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas no município de Campinas-SP. In: XIII SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO. *Anais...*, Florianópolis/SC, 2007. p. 3381 – 3388.

GOMES, P. M; MELO, C; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia – MG: análise macroscópica. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia/SP, v. 17, n.32, p.103-120, 2005.

GRANELL-PÉREZ, M. D.C. *Trabalhando geografia com as cartas topográficas*. Ijuí/RS: Editora Unijuí, 2001. p. 128.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M.S. *Geomorfologia ambiental*. 6ª ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand Brasil, 2014.

HIDALGO, P. *Manejo Conservacionista em Bacias Hidrográficas: Diagnóstico Físico – Conservacionista*. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SUREHMA, Consórcio Intermunicipal para Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi –

HIRATA, R; LIMA, J. B. V; HIRATA, H. A água como recurso. In: TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M. C. M; TAIOLI, F. (Orgs.). *Decifrando a Terra* 2ª ed. São Paulo/SP: Companhia Editora Nacional, 2009. Cap. 17, p. 448-485.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, New York, v.56, p.807-8013, 1945.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation. In: *Bulletin American Association of Petroleum Geologists*, Tulsa, v.51, n.11, 1967.

IBGE, *Folha SF-22-Y-D-IV-1*: Município de Jussara/ PR. Rio de Janeiro/RJ. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1 carta topográfica, color, 29,7 cm x 40,0 cm. Datum Vertical: Marégrafo- Imbituba-SC, Datum Horizontal: Córrego Alegre- MG Escala 1:50.000, 1972.

IBGE, *Folha SF-Y-D-IV-3*: Município de Peabiru/PR. Rio de Janeiro/RJ. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1 carta topográfica, color, 29,7 cm x 40,0 cm. Datum Vertical: Marégrafo- Imbituba-SC, Datum Horizontal: Córrego Alegre- MG Escala 1:50.000, 1972.

IBGE, *Folha SF-22-Y-C-VI-2*: Município de Cianorte/ PR. Brasília/DF. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1 carta topográfica, color, 29,7 cm x 40,0 cm. Datum Vertical: Imbituba-SC, Datum Horizontal: SAD-69- MG Escala 1:50.000, 1989.

IBGE, *Folha SF-Y-CVI-4*: Município de Araruna/ PR. Brasília/DF. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1 carta topográfica, color, 29,7 cm x 40,0 cm. Datum Vertical: Imbituba-SC, Datum Horizontal: SAD-69- MG Escala 1:50.000, 1990.

IBGE, *Folha SG-22-V-A-III-2*: Município de Farol/PR. Brasília/DF. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1 carta topográfica, color, 29,7 cm x 40,0 cm. Datum Vertical: Imbituba-SC, Datum Horizontal: SAD-69- MG Escala 1:50.000, 1990.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapa de vegetação do Brasil*. Ministério do Planejamento e Orçamento. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1993.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*: município de Araruna/PR. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 2014.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*: município de Cianorte/PR. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 2014.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*: município de Jussara/PR. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 2014.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*: município de Peabiru/PR. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 2014.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*: município de Terra Boa/PR. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 2014.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*: município de São Tomé/PR. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 2014.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mudança do Referencial Geodésico*. Projeto Mudanças do Referencial Geodésico. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 2015. p.28.

IPARDES. INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *Cadernos municipais*. Curitiba/PR, IPARDES, 2014. p.44.

ITCG: *Mapa de Formações Fitogeográficas*: Estado do Paraná. Curitiba/PR: Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. 1 mapa, Color., 29,7 cm x 40,0 cm. Escala 1:50.000, 2009.

ITCG: *Mapa de clima*: Estado do Paraná. Curitiba/PR: Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. 1 mapa, Color., 29,7 cm x 40,0 cm. Escala 1:50.000, 2008.

JUNIOR, A. A. A. Diagnóstico físico-conservacionista de 10 microbacias do rio Capivara, Botucatu/SP visando o uso racional do solo. *Revista Irriga Botucatu*, São Paulo/SP. v.07, n.02, p.108, 2002.

KARMANN, I. Água: Ciclo e ação geológica. In: TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M. C. M; TAIOLI, F. (Orgs.). *Decifrando a Terra* 2<sup>a</sup> ed. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 2009. Cap. 7, p.186-209.

KÖPPEN, W; GEIGER, R. *Klimate der Erder*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cm x 200cm.

KUERTEN, S.; GUERREIRO, R. L. Aspectos geográficos e geológicos do Paraná. In: PAROLIN, M.; VOLKME-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Orgs). *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Campo Mourão/PR: Fecilcam, 2010. p.31.

LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da Paisagem com SIG*. Traduzido por: Hermann Kux. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2009. p. 423.

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

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2010. p. 216.

- LIMA, F. B. Café no Paraná: diagnóstico da cultura, análise e perspectivas. *Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira*, Instituto Brasileiro de Café, n.7, p.22-25, 1989.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3. *Anais...* Recife/PE, 1980. p.159.
- LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G. Técnicas de Sensoriamento Remoto. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). *Geografia: Práticas de campo, laboratório e sala de aula*. São Paulo/SP: Editora Sarandi, 2011. Cap. 9, p.232-254.
- MAACK, R. (Org.): *Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná*. Ponta Grossa/PR. 1 mapa. Hachura. 21,0 cm x 29,7 cm. Escala 1:200.000, 1965.
- MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. 4.ed. Ponta Grossa/PR: Editora UEPG, 2012. p.526.
- MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. *Introdução a Hidrogeografia*. São Paulo/SP: Cenage Learning, 2012. p. 178.
- MANTOVANI, W. A degradação dos Biomas Brasileiros. In: RIBEIRO, W.C. (Org.). *Patrimônio Ambiental Brasileiro*. São Paulo/SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. p. 367-439.
- MARCOTTI, A. R.; MARCOTTI, T. C. B. Contribuições de estudos geográficos para a análise dos atrativos turísticos no rio Ligeiro-PR. In: ENCONTRO PARANAENSE DE PESQUISA E EXTENSÃO EM CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, 7, *Anais...* Campo Mourão/PR: Universidade Estadual do Paraná, 2011. p. 1-9.
- MARNR (Minist. Ambiente y Rec. Naturales Renovables). *Instructivo para Diagnóstico Conservacionista – fases*. Caracas: Instructivo/DGI/I/11, 1978. p. 81.
- MELO, J. A. B. *Diagnóstico Físico-Conservacionista e das vulnerabilidades como subsídio ao ordenamento territorial da microbacia do riacho do Tronco, Boa Vista, PB*. 2010. 243f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB, 2010.
- MINEROPAR. *Mapa Geológico do Estado do Paraná*. Escala 1: 650.000, 2001.
- MINEROPAR. *Atlas Geológico do Estado do Paraná*. Descrição das unidades litoestratigráficas, folha SF.22-Y-C, Umuarama/PR, Escala 1:250.000, 2006.
- MINEROPAR. *Atlas Geológico do Estado do Paraná*. Descrição das unidades litoestratigráficas, folha SF.22-Y-D, Londrina/PR, Escala 1:250.000, 2006.
- MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. *Munsell soil charts*. Baltimore, 1975. p.34.
- NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. Soil characterization of mapping units for highway and purposes in a tropical area. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, n.19, p.196-199, 1979.

- OLIVEIRA, I. M.; SILVINO, A. N. O.; SILVEIRA, A.; ZEILHOFER, P. Caracterização morfométrica da Bacia do Alto Rio das Mortes no Município de Campo Verde-MT Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. In: SIMPÓSIO D RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO OESTE, 1. *Anais...* Cuiabá/MT, 2002. p.12.
- PALHARES, J. M. *Paraná: Aspectos da geografia*. Foz do Iguaçu/PR: J. M. Palhares, 2007. p. 138.
- PAZ, F. N. V. *Diagnóstico Físico-Conservacionista na bacia do ribeirão Lajes, Aragoínas – TO*. Palmas, 2013. 124f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação *Stricte Sensu* em Ciências do Ambiente – Universidade Federal do Tocantins, Palmas/TO, 2013.
- PEJON, O. J. *Mapeamento geotécnico regional da folha de Piracicaba-SP escala 1:10.000: estudo dos aspectos metodológicos de caracterização e de apresentação de atributos*. 1992. 224f. Tese (Doutorado). EESC/USP, São Carlos/SP, 1992.
- PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos hídricos. In: SHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). *Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Editus, 2002, p. 17-35
- PRIORI, A.; POMARI, L. R.; AMÂNCIO, S. M.; IPÓLITO, V. K. *A modernização do campo e o êxodo rural*. Maringá/PR: Eduem, 2012. p. 234.
- PUNDEK, M. Utilização prática da equação de perdas de solo para as condições de Santa Catarina In: SANTA CATARINA - Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. *Manual de uso, manejo e conservação: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas*. 2. ed. Florianópolis/SC: EPAGRI, 1994. p.99 – 131.
- RAFAELLI, D. R.; CAMPOS, S.; MOREIRA, M. A.; FARIA, R. T. Imagem TERRA/MODIS para verificação do impacto de geadas na região cafeeira de Cornélio Procopio – PR. *Revista Energia Agrícola*, Botucatu/SP, v.21, n.2, 2006. p.12.
- RICCOMINI, C.; ALMEIDA, R. P.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Processos fluviais e lacustres e seus registros. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (Orgs.). *Decifrando a Terra* 2ª ed. São Paulo/SP: Companhia Editora Nacional, 2009. Cap.11, p.306-333.
- ROCHA, J. S. M.; DALTROZO, C.C. Florestamentos compensatórios para retenção de água em Microbacias. *Revista Educação Agrícola Superior*, v.23, n.1 p.71-75, 2008.
- ROMÃO, A. C. B. C. *O uso de geoindicadores na análise ambiental da bacia do ribeirão São Tomé – Cianorte e São Tomé-PR*. 2010. 116f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2010.
- ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. São Paulo, Contexto, 1990. p. 85.
- ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n.8, FFLCH-USP, 1994. p. 63-74.

SCAPINI, G.P. *Diagnóstico Físico-Conservacionista e sua relação com a sedimentação e preferências\cf. de paisagem*. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2006.

SCOTT, H. D. Soil water flow process in the field. In: *Soil physics: agricultural and environmental applications*. Iowa: State University Press, 2000. p. 244 – 281.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; ALFONSI, R. R.; CARAMORI, P. H.; SWART, S. *Balances hídricos climáticos do Brasil – 500 balances hídricos de localidades brasileiras*. Piracicaba/SP: ESALQ, 1999. 1 CD-ROOM

SERRANO, D. G. *Uso de mapa de vulnerabilidade ambiental como ferramenta de planejamento urbano: ocupação da bacia do córrego Mauá-Sarandi/PR*. 2011. 157f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2011.

SOUZA, M. L.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P. Diagnóstico geoambiental da bacia do córrego Tenente em Mariluz, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. v.38, n.2, p.379-371, 2008.

SOUZA, V. *Estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia do córrego Pinhalzinho II com suporte de geoprocessamento*. 2011. 75f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2011.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N. V. L. Avaliação da erodibilidade de algumas classes de solos do município de Maringá/PR por meio de análises físicas e geotécnicas. *Boletim de Geografia*, Maringá/PR, v. 28, n.2, p.05-16, 2010.

SOUZA, A.T.D. Diagnóstico Físico-Conservacionista da bacia Hidrográfica do Açude Jatobá, Patos – PB. 2010. 35f. Monografia (Engenharia Florestal) Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos/PB, 2010.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, v 63, nº 9. p. 923- 938, 1952. Disponível em: < [Dynamic basis of geomorphology, Bulletin of the Geological Society of America, 63, 923-938.gsabulletin.gsapubs.org/content/63/9/923.full.pdf](http://Dynamic%20basis%20of%20geomorphology,%20Bulletin%20of%20the%20Geological%20Society%20of%20America,%2063,%20923-938.gsabulletin.gsapubs.org/content/63/9/923.full.pdf)

SUDERSHA, *Bacias hidrográficas do Paraná*. Curitiba. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Projeto Guarani. 1 mapa, color, 21,0 cm x 29,7 cm. Escala 1:25000, 2007.

SUDERSHA, Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. *Bacias hidrográficas do Paraná*, Projeto Guarani, Curitiba/PR, 2007.

TEIXEIRA, M. M. S. *Diagnóstico Físico-Conservacionista da Sub-bacia Hidrográfica do rio Ibicuí-Mirim, RS Brasil*. 2005. 114f. Relatório (Relatório de Estágio em Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas) – Escola Superior Agrária de Coimbra – Coimbra, Portugal, 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. Centerton, NJ, Drexel Institute of Tecnology, Laboratory of Climatology, 1955. p. 104.

TUCCI, C. E. M. *Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo de águas pluviais urbanas*. Versão 2.0. Brasília/DF: Ministério das Cidades, 2005. p. 192.

VENTURIM, G. H. *Diagnóstico físico-conservacionista da bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém, Alegre/ES*. 2011. 104f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Gerônimo Monteiro – Vitória/ES, 2011.

VESTENA, L. R. A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais. *Revista Ambiência*, Guarapuava/PR, ano4, n.1, p.151-162, 2008.

VILAÇA, M. F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do ribeirão conquista no município de Itáguara – MG. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. *Anais...* Viçosa/MG, 2009. p.19.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo/SP: McGraw-Hill do Brasil, 1975. p. 245.

WACHOWICZ, R. *História do Paraná*. 10. ed. Curitiba/PR: Imprensa Oficial do Paraná, 2002. p. 335.

WEIL, R. R.; BRADY, N. C. Erosão dos solos e seu controle. In: WEIL, R. R.; BRADY, N.C. (Orgs.). *Elementos da natureza e propriedades dos solos* 3ª ed. Porto Alegre/RS: Bookman, 2013. Cap. 14, p. 551-590.

## **APÊNDICES**

## Apêndice 1 – Totais de precipitação do Estado do Paraná – ano de 2014

Município	Estação	Precipitação (mm)
ADRIANÓPOLIS	TATUPEVA	1217,5
ADRIANÓPOLIS	FAZENDA BOA VISTA	1252,5
ADRIANÓPOLIS	CAPELA DA RIBEIRA	1171,2
ALMIRANTE TAMANDARÉ	ALMIRANTE TAMANDARÉ	1373,3
ALMIRANTE TAMANDARÉ	AREIAS	1598,8
ALTAMIRA DO PARANÁ	BALSA DO CANTU	2292,8
ALTAMIRA DO PARANÁ	ALTAMIRA DO PARANÁ	1261,6
ALTO PARAÍSO	MARCO PRETO	1649,9
ALTO PIQUIRI	ALTO PIQUIRI	1710,6
ALTO PIQUIRI	PORTO FORMOSA	1863,8
ALTÔNIA	ALTÔNIA	1759,1
ALVORADA DO SUL	ALVORADA DO SUL	1093,4
AMAPORÁ	AMAPORÁ	1519,7
AMPÉRE	AMPÉRE	2569,8
ANDIRÁ	NOSSA SENHORA APARECIDA	1220,9
ANDIRÁ	ANDIRÁ	1226,8
ANTONINA	COLONIA CACHOEIRA	2901,7
ANTONINA	ANTONINA	1489,6
ANTONINA	PINGUELA	2486,4
ARAPONGAS	ARAPONGAS	1457,6
ARAPOTI	FAZENDA REDOMONA	1491,9
ARAPOTI	CARATUVA	1650
ARIRANHA DO IVAÍ	ARIRANHA	2505,9
ASSAÍ	CERRO LEÃO	1790,6
ASSAÍ	ETA-ASSAÍ	1135,1
ASSIS CHATEAUBRIAND	BRAGANTINA	2030,1
ASTORGA	ASTORGA	1565,7
BARBOSA FERRAZ	BARBOSA FERRAZ	2031,7
BARRAÇÃO	SIQUEIRA BELO	3151,1
BOA VENTURA DE SÃO ROQUE	CARAZINHO	2131,1
BOA VENTURA DE SÃO ROQUE	BOA VENTURA DE SÃO ROQUE	2296,9
BOA VISTA DA APARECIDA	FLOR DA SERRA	2422,8
BOA VISTA DA APARECIDA	SÃO SEBASTIÃO	2481
BOCAIÚVA DO SUL	BOCAIÚVA DO SUL	1416,1
BOM SUCESSO	BOM SUCESSO	1694,4
BOM SUCESSO DO SUL	BOM SUCESSO DO SUL	2533,3
BORRAZÓPOLIS	BORRAZÓPOLIS	2050,2
BRASILÂNDIA DO SUL	BRASILÂNDIA DO SUL	1686,8
CAFEARA	CAFEARA	1647,1
CAFEZAL DO SUL	GUAIPORÃ	1669,4
CALIFÓRNIA	CALIFÓRNIA	1554,6
CAMBÉ	PRATA	1550,1
CAMBIRA	CRUZEIRO	1678,4
CAMPINA DO SIMÃO	CAMPINA DO SIMÃO	2160,1
CAMPO BONITO	PONTE TOURINHO	1960,5

CAMPO DO TENENTE	CAMPO DO TENENTE	1938,5
CAMPO LARGO	ITAQUI	1656,8
CAMPO LARGO	BATEIAS	1298,2
CAMPO LARGO	TRÊS CÓRREGOS	1608
CAMPO LARGO	OURO FINO DE BAIXO	1508,7
CAMPO LARGO	PINHEIRINHO	1810,8
CAMPO LARGO	COLONIA DO PEDRO	1662,1
CAMPO MOURÃO	CAMPO MOURÃO	1614,2
CAMPO MOURÃO	RIO MOURÃO	1965,8
CANDIDO DE ABREU	TERESA CRISTINA	1355,3
CANDIDO DE ABREU	FAXINAL CATANDUVAS	1997,3
CANDIDO DE ABREU	CANDIDO DE ABREU	2089,3
CANDÓI	USINA SANTA MARIA	2523,3
CANDÓI	CACHOEIRA	2225,2
CANDÓI	PASSO GRANDE	2737
CANDÓI	CAVERNOSO	2092,3
CANTAGALO	CANTAGALO	1762,3
CAPANEMA	PORTO LUPION	2485,3
CAPANEMA	PORTO CAPANEMA	2073,6
CAPITÃO LEONIDAS MARQUES	CAPITÃO LEONIDAS MARQUES	2632,4
CARAMBEÍ	CATANDUVA DE FORA	1348,2
CARLÓPOLIS	PINTOS-NOVA BRASILIA	1406,5
CASCAVEL	SÃO JOÃO DO OESTE	2333,8
CASCAVEL	RIO DO SALTO	2449,9
CASTRO	ABAPÃ	1836,5
CASTRO	SOCAVÃO	1631,1
CASTRO	TAMBOR	1694,1
CASTRO	CHÁCARA CACHOEIRA	1641,4
CASTRO	COLONIA IAPÓ	1812,3
CATANDUVAS	TORRE ALTA	2426,5
CENTENÁRIO DO SUL	CENTENÁRIO DO SUL	1339,2
CERRO AZUL	BALSA DO CERRO AZUL	1383,3
CERRO AZUL	CERRO AZUL	1397,2
CERRO AZUL	SÃO SEBASTIÃO	1468,8
CERRO AZUL	SANTA CRUZ - TIGRE	1481
CÉU AZUL	CÉU AZUL	2472,1
CHOPINZINHO	CHOPINZINHO	2293,5
CHOPINZINHO	BUGRE	2371
CHOPINZINHO	SÃO LUIZ DO OESTE	2562,7
CHOPINZINHO	BAIA	2478,5
CIANORTE	IGARITÉ	1891,4
CIDADE GAÚCHA	CIDADE GAÚCHA	1564,1
CIDADE GAÚCHA	SANTA MÔNICA	1482
CLEVELÂNDIA	SALTO CLAUDELINO	2358,1
COLOMBO	COLOMBO - COPEL	1643
COLOMBO	SANEPAR - CAPIVARI	1469,4
COLOMBO	EMBRAPA - SUDERHSA	1614,5

COLORADO	ALTO ALEGRE	1402,2
CONGOINHAS	SANTA MARIA DO RIO DO PEIXE	1629,5
CORBÉLIA	CORBÉLIA	2038,2
CORONEL DOMINGOS SOARES	UBALDINO TAQUES	2406,7
CORONEL DOMINGOS SOARES	FAZENDA SANTA TEREZA	2343,1
CORONEL DOMINGOS SOARES	SOLAIS NOVO	2302,6
CORONEL DOMINGOS SOARES	USINA RIO CHOPIM	2313,8
CRUZEIRO DO IGUAÇU	CRUZEIRO DO IGUAÇU	2394,2
CRUZEIRO DO OESTE	CRUZEIRO DO OESTE	1594,9
CRUZMALTINA	PORTO MONTEIRO	1753,9
CURITIBA	CURITIBA	1726,8
CURIÚVA	LAGEADO LISO	1597,4
DIAMANTE DO NORTE	DIAMANTE DO NORTE	1558,9
DIAMANTE D'OESTE	PONTE QUEIMADA	2324,2
DOIS VIZINHOS	FLOR DA SERRA	2405
DOURADINA	DOURADINA	1616,4
DOUTOR ULYSSES	TURVO	1535,1
DOUTOR ULYSSES	DR. ULYSSES	1522,4
ENÉAS MARQUES	ENÉAS MARQUES	2542,2
ENÉAS MARQUES	PINHALZINHO	2514,4
ENGENHEIRO BELTRÃO	PORTO BANANEIRA	1937,3
ENGENHEIRO BELTRÃO	SALTINHO	1997,4
ENGENHEIRO BELTRÃO	ENGENHEIRO BELTRÃO	2012,9
ENTRE RIOS DO OESTE	ENTRE RIOS	2147
ESPIGÃO DO ALTO IGUAÇU	ESPIGÃO DO ALTO IGUAÇU	2376,7
ESPIGÃO DO ALTO IGUAÇU	SÃO ROQUE	2264,6
FAROL	FAROL	1885,7
FÊNIX	VILA RICA	1936
FÊNIX	BELA VISTA DO IVAÍ	2135,5
FIGUEIRA	FIGUEIRA	1675,8
FLOR DA SERRA DO SUL	RIO VERDE	2370
FLOR DA SERRA DO SUL	RINCÃO DO CAPETINGA	2561,3
FLORAÍ	FLORAÍ	1621,9
FORMOSA DO OESTE	FORMOSA DO OESTE	1922,9
FOZ DO IGUAÇU	SALTO CATARATAS	2344
FOZ DO IGUAÇU	CACIC	2468,8
FRANCISCO ALVES	RIO BONITO	1747,2
GENERAL CARNEIRO	JANGADA DO SUL	2187,8
GENERAL CARNEIRO	INDUBRÁS	2033,4
GENERAL CARNEIRO	IRATIM	2176
GOIOERÊ	GOIOERÊ	1725,2
GOIOXIM	GOIOXIM	2349,2
GRANDES RIOS	RIBEIRÃO BONITO	1357,4
GUAÍRA	BELA VISTA	1803,1
GUAIRAÇÁ	FAZENDA NOVO MATÃO	1693,8
GUARAMIRANGA	GUARAMIRANGA	1810,2
GUAPIRAMA	GUAPIRAMA	1280,5

GUARANIAÇÚ	PORTO GUARANI	2082,3
GUARAPUAVA	COLONIA VITÓRIA	2135
GUARAPUAVA	COLONIA AGRICOLA GUARAPUAVA	2152
GUARAPUAVA	COLONIA SOCORRO	2441,5
GUARAPUAVA	PALMEIRINHA	2116,2
GUARAPUAVA	INVERNADINHA	2008,9
GUARAPUAVA	CAMPO DO DENTRO	2103,4
GUARATUBA	PEDRA BRANCA	1462,5
GUARATUBA	GUARATUBA	1771,1
GUARATUBA	CUBATÃO	1696,6
GUARATUBA	SANEPAR	1934,6
HONÓRIO SERPA	HONÓRIO SERPA	2451,6
IBAITI	AMORINHA	1698,2
IBAITI	PATRIMÔNIO DO CAFÉ	1481,3
IBAITI	CALIXTO	1288,7
IBAITI	FAZENDA SANTA LAURA	1656,9
IBEMA	IBEMA	2608,9
ICARAÍMA	ICARAÍMA	1774,7
IGUARAÇU	IGUARAÇU	1104,5
IGUATU	SALTO SAPUCAÍ	1958,4
INDIANÓPOLIS	INDIANÓPOLIS	1593
IRETAMA	IRETAMA	2422,4
IRETAMA	MARILU	1943,8
IRETAMA	ÁGUA FRIA	1734,6
ITAIPULÂNDIA	ITAIPULÂNDIA	2518,8
ITAMBARACÁ	SÃO JOAQUIM DO PONTAL	1155
ITAMBÉ	ITAMBÉ	1862,5
ITAPERUÇU	ERVALZINHO	1815,4
IVAÍ	SALTINHO	1862
IVAÍ	IVAÍ	1871,6
IVAÍ	BOM JARDIM DO SUL	1719,6
IVAÍ	IVAÍ II	1944,9
IVAIPORÃ	IVAIPORÃ	2084,1
IVAIPORÃ	JACUTINGA	2172,3
IVAIPORÃ	ALTO PORÃ	2742,7
IVATUBA	STÍO FLORESTA	2033,9
JANIÓPOLIS	JANIÓPOLIS	1882,5
JAPIRA	JAPIRA	1525,1
JAPURÁ	JAPURÁ	1675,8
JARDIM ALEGRE	POUSO ALEGRE	1923,1
JARDIM OLINDA	JARDIM OLINDA	1280
JUNDIAÍ DO SUL	JUNDIAÍ DO SUL	1245,9
JURANDA	PRIMAVERA	1913,3
KALORÉ	KALORÉ	1920,1
LARANJAL	LARANJAL	1900,9
LARANJEIRAS DO SUL	CAMPO VERDE	2526,7

LEÓPOLES	CAMPO ALEGRE	1511
LEÓPOLES	TRÊS CANTOS	1110,3
LEÓPOLES	LEÓPOLES	1349,1
LIDIANÓPOLIS	UBÁ DO SUL	1757,3
LINDOESTE	BOI PRETO	2315,1
LOANDA	FAZENDA ERECHIM	1277,5
LONDRINA	PORTO LONDRINA	1535,3
LONDRINA	ESTAÇÃO. AGROCLIMATOLÓGICA	1485,4
LONDRINA	SÃO LUIZ	1673,3
LUIZIANA	LUIZIANA	2062,2
LUPIONÓPOLIS	MAÍRA	1241
MALLET	RIO CLARO DO SUL	2167,2
MAMBORÊ	MAMBORÊ	2070,6
MAMBORÊ	GUARANI	1596,5
MAMBORÊ	PENSAMENTO	1869,7
MANDIRITUBA	MANDIRITUBA	1275,1
MANFRINÓPOLIS	SÃO SEBASTIÃO DA BELA	2248,9
MANGUEIRINHA	GENEROSO CACHOEIRA	2269,6
MANOEL RIBAS	MANOEL RIBAS	2345,3
MARECHAL CÂNDIDO RONDON	IGUIPORÁ	1999,4
MARIA HELENA	MARIA HELENA	1664,9
MARIALVA	SÃO MIGUEL DO CAMBUI	1743,9
MARILÂNDIA DO SUL	SÃO JOSÉ	1906,9
MARILUZ	BALSA DO GOIO ERE	1571,3
MARINGÁ	MARINGÁ	1922,9
MARINGÁ	GUAIAPÓ	1572,4
MARINGÁ	FLORIANO	1459,1
MARIÓPOLIS	MARIÓPOLIS	2571,2
MARIPÁ	VILA MARIPÁ	1842,2
MARMELEIRO	FAXINAL DO CAMPO ERE	2497,7
MARQUINHO	MARQUINHOS	2483,5
MATELÂNDIA	FLORIANO	2340,9
MATELÂNDIA	MATELÂNDIA	2988
MATINHOS	SANEPAR	2074,5
MERCEDES	NOVA MERCEDES	2070,4
MISSAL	MISSAL	2729,7
NOVA AURORA	USINA MELISSA	1915,8
NOVA ESPERANÇA	NOVA ESPERANÇA	1438,1
NOVA FÁTIMA	DOCTOR CLÓVIS	1568,7
NOVA LARANJEIRAS	NOVA LARANJEIRAS	2376,6
NOVA LONDRINA	NOVA LONDRINA	1359,1
NOVA OLÍMPIA	NOVA OLÍMPIA	1672,8
NOVA SANTA ROSA	ALTO SANTA FÉ	2213,1
NOVA TEBAS	NOVA TEBAS	2140
ORTIGUEIRA	BAIRRO TRÊS VENDAS	1769
ORTIGUEIRA	ORTIGUEIRA	1884,2

ORTIGUEIRA	FAZENDA SANTANA	1497,6
OURIZONA	OURIZONA	1678,6
OURO VERDE DO OESTE	OURO VERDE DO OESTE	2295,4
PALMAS	SÃO PEDRO CODEGA	2290
PALMEIRA	COLONIA WITMARSUN	1755,2
PALMEIRA	USINA MANOEL RIBAS	1394,4
PALMEIRA	VIEIRAS	1749
PALMEIRA	MANDAÇAIA	1620,8
PALMITAL	PALMITAL	2507,1
PARANACITY	VILA SILVIA JARDIM	1284
PARANAGUÁ	COLONIA SANTA CRUZ	1662
PARANAVAÍ	CRISTO REI	1496,9
PATO BRAGATO	PORTO BRITANIA	2220,7
PATO FRANCO	PATO BRANCO	2330,4
PEABIRU	PEABIRU	1828,9
PÉROLA	PÉROLA	1570
PIÊN	FRAGOSOS	2415,7
PINHAIS	OLARIA DO ESTADO	1057,6
PINHAIS	AUTÓDROMO	1505,4
PINHAIS	PINHAIS	1164,9
PINHALÃO	RIBEIRÃO DO CAFÉ	1547,7
PINHÃO	PINHÃO	2665
PIRAÍ DO SUL	PIRAÍ DO SUL	1669,6
PIRAQUARA	PIRAQUARA	1560,6
PITANGA	PITANGA	2626,1
PLANALTINA DO PARANÁ	PLANALTINA DO PARANÁ	1399
PLANALTO	SÃO VALÉRIO	2397,2
PONTAL DO PARANÁ	IPANEMA	1703,7
PORECATU	PORECATU	1139,7
PORTO AMAZONAS	AMAZONAS	1797,5
PORTO BARREIRO	BARREIRINHO	2710,1
PORTO RICO	PORTO RICO	1111,5
PRANCHITA	NOVA ESPERANÇA	2597,8
PRIMEIRO DE MAIO	PRIMEIRO DE MAIO	1212,3
PRUDENTÓPOLIS	RIO DOS PATOS	1913,5
QUEDAS DO IGUAÇU	QUEDAS DO IGUAÇU	2254,4
QUERÊNCIA DO NORTE	QUERÊNCIA DO NORTE	1643,9
QUINTA DO SOL	QUINTA DO SOL	1357,6
QUITANDINHA	QUITANDINHA	1436
RAMILÂNDIA	RAMILÂNDIA	2434,1
REBOUÇAS	TURVO	1919,7
RESERVA	JOSÉ LACERDA	2105,7
RESERVA DO IGUAÇU	RESERVA DO IGUAÇU	2685,5
RIBEIRÃO CLARO	RIBEIRÃO CLARO	1157
RIBEIRÃO DO PINHAL	RIBEIRÃO DO PINHAL	1371,8
RIO BOM	RIO BOM	1723,4
RIO BONITO DO IGUAÇU	RIO BONITO DO IGUAÇU	2485,2

RIO BRANCO DO IVAÍ	PORTO ESPANHOL	2146,9
RIO BRANCO DO IVAÍ	RIO BRANCO DO IVAÍ	2192,4
RIO BRANCO DO SIUL	COSTAS	1499,9
RIO BRANCO DO SUL	BALSA DO JACARÉ	1522,2
RIO NEGRO	RIO NEGRO	2045,6
RIO NEGRO	INMET	2014,1
ROLÂNDIA	SÃO MARTINHO	1391,2
RONCADOR	RONCADOR	2317,2
RONCADOR	SANTO ANTÔNIO	2268,3
RONCADOR	ALTO SÃO JOÃO	2299,6
RONDON	PORTO PARAÍSO DO NORTE	1385
SALGADO FILHO	GUABIJU	2321
SALGADO FILHO	SALGADO FILHO	2462,8
SALTO DA LONTRA	SALTO DA LONTRA	2318
SANTA AMÉLIA	SANTA AMÉLIA	1321,5
SANTA CRUZ DE MONTE CASTELO	SANTA CRUZ DE MONTE CASTELO	1135,3
SANTA FÉ	SANTA FÉ	1754,1
SANTA HELENA	SÃO CLEMENTE	2116,4
SANTA ISABEL DO IVAÍ	SÃO JOSÉ DO IVAÍ	1267,5
SANTA ISABEL DO IVAÍ	NOVO PORTO TAQUARA	1285
SANTA LÚCIA	SANTA LÚCIA	2580,2
SANTA LÚCIA	LINHA SANTA CATARINA	2989,3
SANTA MARIA DO OESTE	SANTA MARIA DO OESTE	2380
SANTA MARIA DO OESTE	BARRA GRANDE	2595,2
SANTA MÔNICA	APARECIDA DO IVAÍ	1362,4
SANTA TERESINHA DE ITAIPÚ	SANTA TERESINHA DE ITAIPÚ	2475,6
SANTANA DO ITARARÉ	SANTANA DO ITARARÉ	1383,2
SANTO ANTÔNIO DA PLATINA	CONSELHEIRO ZACARIAS	1240,6
SANTO ANTÔNIO DA PLATINA	SANTO ANTÔNIO DA PLATINA	1088,2
SANTO ANÔNIO DO CAIUÁ	SANTO ANTÔNIO DO CAIUÁ	1503,1
SANTO ANTÔNIO DO PARAÍSO	SANTO ANTÔNIO DO PARAÍSO	1267,6
SANTO INÁCIO	SANTO INÁCIO	1486,5
SÃO JERÔNIMO DA SERRA	TERRA NOVA	1687,5
SÃO JOÃO	SÃO JOÃO DO OESTE	2686,6
SÃO JOÃO DO TRIUNFO	GUAIACÁ	1920,4
SÃO JORGE DO IVAÍ	COPACABANA DO NORTE	2001,7
SÃO JORGE DO IVAÍ	SÃO JORGE DO IVAÍ	1873
SÃO JORGE DO PATROCÍNIO	BAIRRO GURUCAIA	1820,9
SÃO JORGE D'OESTE	IOLÓPOLIS	2711,1
SÃO JOSÉ DA BOA VISTA	SÃO JOSÉ DA BOA VISTA	1342,3
SÃO JOSÉ DA BOA VISTA	BARRA MANSA	1289
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	FAZENDINHA	1544,1
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	ILHA DO RIO CLARO	1756,6
SÃO MATEUS DO SUL	SÃO MATEUS DO SUL	2128,3
SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	2124,8
SÃO PEDRO DO IVAÍ	SÃO PEDRO DO IVAÍ	2004,2

SÃO PEDRO DO PARANÁ	LEONI	1400,9
SÃO PEDRO DO PARANÁ	PORTO SÃO JOSÉ	1283,3
SAPOPEMA	SAPOPEMA	1572,5
SARANDI	VALE AZUL	1746,1
SENGÉS	SENGÉS	1326,3
SERRANÓPOLIS DO IGUAÇU	SERRANÓPOLIS	2657,9
SERTANEJA	PARANAGI	1229,3
TAPEJARA	OURO VERDE	1772,7
TAPIRA	TAPIRA	1553
TEIXEIRA SOARES	TEIXEIRA SOARES	1843,1
TERRA BOA	MALU	1773,6
TERRA RICA	TERRA RICA	1569,2
TERRA ROXA	TERRA ROXA DO OESTE	1717,7
TIBAGI	TIBAGI	1545,4
TIBAGI	FAENDA SÃO CARLOS	2069,4
TIJUCAS DO SUL	RINCÃO DO CAPETINGA	1463,1
TOLEDO	NOVA CONCORDIA	1980,4
TOLEDO	BOM PRINCIPIO	2167,3
TOLEDO	DOIS IRMÃOS	1946,8
TOLEDO	TOLEDO	2041,6
TOMAZINA	TOMAZINA	1515,2
TRÊS BARRAS DO PARANÁ	TRÊS BARRAS DO PARANÁ	2134,8
TRÊS BARRAS DO PARANÁ	PORTO SANTO ANTÔNIO	2241,7
TUNAS DO PARANÁ	TUNAS	1340,9
TUNEIRAS DO OESTE	CANAÃ	1627
TURVO	TURVO	1909,8
UBIRATÃ	UBIRATÃ	1982,3
UBIRATÃ	PONTE DO PIQUIRI	1889,8
UNIÃO DA VITÓRIA	UNIÃO DA VITÓRIA	2072,4
UNIÃO DA VITÓRIA	SALTO DO VAU	2470,5
URAI	URAI	1369,7
VENTANIA	VENTANIA	1511,2
VERA CRUZ D'OESTE	SÃO SEBASTIÃO D'OESTE	2262,8
VERÊ	ÁGUAS DO VERDE	3078
VIRMOND	VIRMOND	2440,6
VIRTORINO	SÃO CARVAJO	2423,3
XAMBRÊ	XAMBRÊ	1503,2
XAMBRÊ	PINDORAMA	1776,2

Fonte: Adaptado de AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná (2015)

## Apêndice 2 – Ficha de campo da bacia do rio Ligeiro – PR

**FICHA DE CAMPO PARA INVENTÁRIO DAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS – BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO – PR**

Ponto n°: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Base Topográfica: \_\_\_\_\_

Toponímia: \_\_\_\_\_

Nome da Propriedade: \_\_\_\_\_

Nome do Proprietário: \_\_\_\_\_

**Coordenadas:**

Latitude	
Longitude	
Altitude	
Fotos	
Principal via de acesso	

**Tipo de relevo:** Vertentes com perfis retilíneos a convexos Vertentes com perfis retilíneos a côncavos Interflúvios com topos extensos e aplainados

Outros: \_\_\_\_\_

**Tipo de rocha:** Basalto Arenito**Tipo de solo:** Latossolo – textura média Latossolo – textura argilosa Argissolo Vermelho Nitossolo Vermelho Neossolo

Outros: \_\_\_\_\_

**Cobertura vegetal natural:** Floresta Estacional Semidecidual Floresta Estacional Semidecidual Aluvial Floresta Ombrófila Mista Cerrado

Outros: \_\_\_\_\_

**Ocupação /Uso da Terra:** Reflorestamento/Silvicultura

Eucalipto (*Eucalyptus spp*)

Pinus (*Pinus elliottii*)

Outros: \_\_\_\_\_

**Culturas:**

Outros: \_\_\_\_\_

**Hidrografia:**  Rios  Córregos  Lagos  Nascentes

Nome: \_\_\_\_\_

**Feições erosivas:**  Laminar  Sulco  Ravina  Voçorocas

## Apêndice 3 – Ficha de descrição morfológica dos solos da área de pesquisa

**FICHA DE DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE SOLOS**

Local:

Ponto de coleta (vertente):

**Solo:**

**Horizonte:**

Espessura:

**Cor:**

**Textura:**

**Estrutura:**

- a) Tipo:
- b) Tamanho:
- c) Grau:

**Consistência:**

- a) Seco:
- b) Úmido:
- c) Molhado:
  - a. Plasticidade:
  - b. Pegajosidade:

Raízes:

Porosidade:

Transição entre os horizontes:

**Cilindros:**

**Obs.**

---

**Horizonte:**

Espessura:

**Cor:**

**Textura:**

**Estrutura:**

- d) Tipo:
- e) Tamanho:
- f) Grau:

**Consistência:**

- d) Seco:
- e) Úmido:
- f) Molhado:
  - c. Plasticidade:
  - d. Pegajosidade:

Raízes:

Porosidade:

Transição entre os horizontes:

**Cilindros:**

**Obs.**

Apêndice 4 – Classes de erodibilidade na bacia hidrográfica do rio Ligeiro - PR

AMOSTRA	SÍMBOLO ERODIBILIDADE	POSIÇÃO EM RELAÇÃO A VERTENTE	FORMAÇÃO GEOLÓGICA
P01 A1 T1	E <sub>1</sub>	Baixa vertente	Formação Caiuá
P01 A2 T1	E <sub>1</sub>	Baixa vertente	Formação Caiuá
P01 B1 T1	E <sub>1</sub>	Baixa vertente	Formação Caiuá
P01 B2 T1	E <sub>1</sub>	Baixa vertente	Formação Caiuá
P02 A1 T1	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Caiuá
P02 A2 T1	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Caiuá
P02 B1 T1	E <sub>0</sub>	Média vertente	Formação Caiuá
P02 B2 T1	E <sub>0</sub>	Média vertente	Formação Caiuá
P03 A1 T1	E <sub>1</sub>	Topo	Formação Caiuá
P03 A2 T1	E <sub>0</sub>	Topo	Formação Caiuá
P03 B1 T1	E <sub>0</sub>	Topo	Formação Caiuá
P03 B2 T1	E <sub>0</sub>	Topo	Formação Caiuá
P01 A1 T2	E <sub>1</sub>	Baixa vertente	Formação Serra Geral
P01 A2 T2	E <sub>1</sub>	Baixa vertente	Formação Serra Geral
P01 B1 T2	E <sub>1</sub>	Baixa vertente	Formação Serra Geral
P01 B2 T2	E <sub>0</sub>	Baixa vertente	Formação Serra Geral
P02 A1 T2	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Caiuá
P02 A2 T2	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Caiuá
P02 B1 T2	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Caiuá
P02 B2 T2	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Caiuá
P03 A1 T2	E <sub>1</sub>	Topo	Formação Caiuá
P03 A2 T2	E <sub>1</sub>	Topo	Formação Caiuá
P03 B1 T2	E <sub>0</sub>	Topo	Formação Caiuá
P03 B2 T2	E <sub>1</sub>	Topo	Formação Caiuá
P01 A1 T3	E <sub>0</sub>	Baixa vertente	Formação Serra Geral
P01 A2 T3	E <sub>1</sub>	Baixa vertente	Formação Serra Geral
P01 B1 T3	E <sub>0</sub>	Baixa vertente	Formação Serra Geral
P01 B2 T3	E <sub>0</sub>	Baixa vertente	Formação Serra Geral
P02 A1 T3	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Serra Geral
P02 A2 T3	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Serra Geral
P02 B1 T3	E <sub>0</sub>	Média vertente	Formação Serra Geral
P02 B2 T3	E <sub>1</sub>	Média vertente	Formação Serra Geral
P03 A1 T3	E <sub>1</sub>	Topo	Formação Serra Geral
P03 A2 T3	E <sub>1</sub>	Topo	Formação Serra Geral
P03 B1 T3	E <sub>1</sub>	Topo	Formação Serra Geral
P03 B2 T3	E <sub>1</sub>	Topo	Formação Serra Geral

E<sub>0</sub> - Erodível, E<sub>1</sub> - Não erodível, P- Ponto, A B – Horizonte e T – Transecto