

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANA PAULA VANSAN

**ESTUDO DA EROSÃO HÍDRICA LAMINAR DO SOLO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ, EM FRANCISCO BELTRÃO (PR),  
UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO  
2017

ANA PAULA VANSAN

**ESTUDO DA EROSÃO HÍDRICA LAMINAR DO SOLO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ, EM FRANCISCO BELTRÃO (PR),  
UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – Área de Concentração: Tecnologia Ambiental no Ambiente Construído.

Orientador: Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni.

PATO BRANCO  
2017

V277e Vansan, Ana Paula.

Estudo da erosão hídrica laminar do solo da bacia hidrográfica do córrego São José, em Francisco Beltrão (PR), utilizando técnicas de geoprocessamento / Ana Paula Vansan . -- 2017.  
135 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Pato Branco, PR, 2017.  
Bibliografia: f. 107 – 112.

1. Erosão do solo. 2. Bacia hidrográfica. 3. Geoprocessamento.  
I. Tomazoni, Julio Caetano, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

CDD 22. ed. 624

Ficha Catalográfica elaborada por  
Maria Juçara Vieira da Silveira CRB-9/1359  
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



---

## TERMO DE APROVAÇÃO Nº 16

### Título da Dissertação

***"Estudo da Erosão Hídrica Laminar do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego São José, em Francisco Beltrão (PR), Utilizando Técnicas de Geoprocessamento."***

### Autora

**Ana Paula Vansan**

Esta dissertação foi apresentada às 14h-mim do dia 15 de dezembro de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL- Linha de pesquisa em Meio Ambiente, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. A autora foi arguida pela Banca Examinadora abaixo assinada, a qual, após deliberação, considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni  
UTFPR/FB  
Presidente

Prof. Dr. Ernan Vielmo  
UTFPR/FB  
Examinador

Prof. Dr. Fernando Cesar Manosso  
UTFPR/FB  
Examinador

Prof. Dr. Juliano Andres  
UNIOESTE/Francisco Beltrão  
Examinador

Visto da Coordenação

**Prof. Dr. Ney Lyzandro Tabalipa**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil- PPGEC

**O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGEC**

## RESUMO

VANSAN, A. P. Estudo da Erosão Hídrica Laminar do Solo da Bacia Hidrográfica do córrego São José, em Francisco Beltrão (PR), Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. 2017.135 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

A expansão da utilização de áreas para agricultura sem a implementação de medidas que diminuam o impacto causado através da exposição do solo à intempéries, alterando negativamente os regimes hidrológico e sedimentológico nas bacias hidrográficas. Este estudo tem como objetivo avaliar a erosão hídrica laminar do solo, por meio da Equação Universal de Perdas de Solos Revisada (RUSLE) na bacia hidrográfica do córrego São José, localizada no município de Francisco Beltrão (PR). A perda de solo média anual (A) foi determinada através da RUSLE para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017 utilizando-se técnicas de geoprocessamento com o auxílio do *software* ArcGis 10.0. O fator erosividade da chuva (R) foi determinado utilizando-se dados pluviométricos correspondentes ao período de 1974 a 2016. O fator erodibilidade do solo (K) foi obtido através da análise de física do solo de amostras de solo coletadas *in loco*. O fator topográfico (LS) foi estimado por meio dos dados altimétricos e hidrográficos da bacia. O fator de uso e manejo do solo (C) foi determinado por meio da caracterização multitemporal do uso e ocupação do solo, através de imagens dos satélites CBERS 4 (2017 e 2015), CBERS 2B (2009), CBERS 2 (2005) e Landsat 5 (2000). Ao fator de práticas conservacionistas do solo (P) foi atribuído o valor 1, devido a inexistência de práticas conservacionistas implementadas para as áreas de solo exposto, de 0,01 para as áreas de vegetação arbórea, e de 0,5 para as áreas de pastagem e agricultura por se tratarem de áreas de plantio direto. O potencial natural de erosão (PNE) foi determinado pela multiplicação dos fatores R, K e LS. A estimativa de perda de solo (A) foi determinada pela multiplicação do PNE pelos fatores C e P. A classe de perda de solo denominada baixa, variando de 0 a  $10 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , é a predominante na bacia, correspondendo de 38,85% a 55,35% da área total, caracterizando a mesma como de baixa suscetibilidade a erosão. Pode-se observar que o potencial natural de erosão (PNE) pouco influencia a suscetibilidade a erosão em relação aos fatores de uso e manejo e práticas conservacionistas do solo, pois mesmo possuindo um potencial natural de erosão muito forte, a mesma possui perda de solo predominantemente classificada como baixa.

Palavras-chave: Erosão do solo, Bacia hidrográfica, Equação Universal de Perdas de Solo Revisada, Geoprocessamento.

## ABSTRACT

VANSAN, A. P. Study of Laminar Soil Erosion in the Watershed Stream São José, in Francisco Beltrão (PR), Using Geoprocessing Techniques. 2017. 135 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

The expansion of the use of agricultural areas without the implementation of measures that reduce the impact caused by the exposure of the soil to the elements, negatively altering the hydrological and sedimentological regimes in the basins. The objective of this study was to evaluate the soil erosion of the soil by means of the Revised Soil Loss Universal Equation (RUSLE) in the São José stream basin, located in the municipality of Francisco Beltrão (PR). The average annual soil loss (A) was determined through RUSLE for the years 2000, 2005, 2009, 2015 and 2017 using geoprocessing techniques with ArcGis 10.0 software. Rainfall erosivity (R) was determined using rainfall data from 1974 to 2016. The soil erodibility factor (K) was obtained through the analysis of soil samples collected on the spot. The topographic factor (LS) was estimated by means of the altimetric and hydrographic data of the basin. The CBERS 4 (2017 and 2015), CBERS 2B (2009), CBERS 2 (2005) and Landsat 5 (2000) satellites were used to determine the land use and management factor (C), using multitemporal characterization of land use and occupation. A value of 1 was attributed to the soil conservation practices (P), due to the lack of conservation practices implemented for exposed soil areas, 0.01 for tree vegetation areas, and 0.5 for pasture and agriculture because they are no-tillage areas. The natural erosion potential (NEP) was determined by multiplying the R, K and LS factors. The soil loss estimation (A) was determined by the multiplication of the NEP by the factors C and P. The low soil loss class, ranging from 0 to 10 t.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, is the predominant in the basin, corresponding from 38.85% to 55.35% of the total area, characterizing it as being of low susceptibility to erosion. It can be observed that the natural potential of erosion (PNE) has little influence on the susceptibility to erosion in relation to the factors of use and management and conservation practices of the soil, since even possessing a natural potential of very strong erosion, it has soil loss predominantly classified as low.

Keywords: Soil Erosion, Watershed, Revised Universal Soil Loss Equation, Geoprocessing.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado forças para concluir esta caminhada.

Agradeço a meus pais, Elizabeth e Vilmar, que sempre incentivaram meus estudos.

Ao meu amor, Felipe, por sempre estar ao meu lado, me apoiando na realização dos meus sonhos, auxiliando nos momentos de dificuldade e comemorando junto comigo cada conquista alcançada.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni, por toda paciência e auxílio no desenvolvimento do presente trabalho, expandindo meu conhecimento pessoal e profissional.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, por contribuírem com minha formação acadêmica e por ofertar as condições necessárias ao desenvolvimento deste estudo.

*“O que sabemos é uma gota;  
O que ignoramos é um oceano.”  
(Isaac Newton)*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo hidrológico.....	20
Figura 2 - Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica.....	29
Figura 3 - Localização do município de Francisco Beltrão .....	32
Figura 4 - Localização da bacia hidrográfica do córrego São José .....	33
Figura 5 - Fluxograma para a determinação do potencial natural de erosão (PNE)..	46
Figura 6 - Fluxograma para a determinação da estimativa de perda de solo (A) .....	47
Figura 7 - Modelo digital de elevação da bacia hidrográfica do córrego São José....	52
Figura 8 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do córrego São José .....	53
Figura 9 - Tipos de solos que compõe a bacia hidrográfica do córrego São José ....	56
Figura 10 - Classificação climática do Estado do Paraná .....	59
Figura 11 - Temperatura média anual do Estado do Paraná .....	60
Figura 12 - Precipitação média anual do Estado do Paraná .....	61
Figura 13 - Mapa fitogeográfico do Estado do Paraná.....	63
Figura 14 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2000 .....	65
Figura 15 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2005 .....	67
Figura 16 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2009 .....	69
Figura 17 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2015 .....	71
Figura 18 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2017 .....	73
Figura 19 - Mapa com pontos de coleta das amostras de solo .....	78
Figura 20 - Mapa do fator de erodibilidade do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José .....	80
Figura 21 - Mapa do fator topográfico para a bacia de hidrográfica do córrego São José.....	83
Figura 22 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2000 .....	86
Figura 23 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2005 .....	87
Figura 24 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2009 .....	88
Figura 25 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2015 .....	89
Figura 26 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2017 .....	90
Figura 27 - Mapa do potencial natural de erosão para a bacia de hidrográfica do córrego São José .....	93

Figura 28 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2000 .....	98
Figura 29 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2005 .....	99
Figura 30 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2009 .....	100
Figura 31 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2015 .....	101
Figura 32 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2017 .....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Imagens dos respectivos satélites e bandas utilizadas .....	34
Tabela 2 - Pontos de coleta das amostras de solo, coordenadas geográficas, classificação do solo e sua utilização.....	39
Tabela 3 - Classes de uso e ocupação do solo e seus respectivos valores do fator C para a bacia hidrográfica do córrego São José .....	43
Tabela 4 - Classes de altitude da bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas .....	50
Tabela 5 - Classes de declividade da bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas .....	51
Tabela 6 - Tipos de solos localizados na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas.....	58
Tabela 7 - Médias históricas de temperatura para o município de Francisco Beltrão para o período de 1974 a 2016 .....	60
Tabela 8 - Índices pluviométricos médios mensais para o município de Francisco Beltrão no período de 1974 a 2016 .....	62
Tabela 9 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas.....	64
Tabela 10 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano 2000 .....	66
Tabela 11 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano de 2005.....	68
Tabela 12 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano de 2009.....	70
Tabela 13 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano de 2015.....	72
Tabela 14 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano 2017 .....	74
Tabela 15 - Precipitação média e erosividade da chuva mensal, no período de 1974 a 2016, para o município de Francisco Beltrão – PR .....	76
Tabela 16 - Fator de erodibilidade para os tipos de solo presentes na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas .....	77
Tabela 17 - Resultados das análises de solo para as amostras da bacia hidrográfica do córrego São José .....	79
Tabela 18 - Fator topográfico para os tipos de solo presentes na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas.....	82
Tabela 19 - Distribuição espacial do fator C para a bacia hidrográfica do córrego São José.....	85
Tabela 20 - Potencial natural de erosão da bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas.....	92
Tabela 21 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2000 .....	94

Tabela 22 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2005 .....	95
Tabela 23 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2009 .....	95
Tabela 24 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2015 .....	96
Tabela 25 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2017 .....	96

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

USLE	Equação Universal de Perdas de Solo
RUSLE	Equação Universal de Perdas de Solo Revisada
MUSLE	Equação Universal de Perdas de Solo Modificada
WEPP	<i>Water Erosion Prediction Project</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
GIS	<i>Geographic Information System</i>
EUA	Estados Unidos da América
R	Fator erosividade da chuva
EI	Índice de erosividade
K	Fator erodibilidade do solo
LS	Fator topográfico
C	Fator de uso e manejo do solo
P	Fator de práticas conservacionistas do solo
PNE	Potencial natural de erosão
A	Perda de solo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos.....	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	19
2.2 MECANISMOS DO PROCESSO DE EROÇÃO HÍDRICA LAMINAR DO SOLO	22
2.3 ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA .....	24
2.4 MODELOS DE ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO .....	25
2.5 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) NA ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO.....	26
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	32
3.1.1 Localização.....	32
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ.....	33
3.3 QUANTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE EROÇÃO HÍDRICA LAMINAR DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ ATRAVÉS DA RUSLE .....	35
3.3.1 Metodologia para Determinação da Erosividade da chuva (R).....	35
3.3.2 Metodologia para Determinação da Erodibilidade do Solo (K) .....	37
3.3.3 Metodologia para determinação do fator topográfico (LS).....	40
3.3.4 Metodologia para Determinar o fator de Uso e Manejo do Solo (C) .....	41
3.3.5 Metodologia para Determinar o fator de Práticas Conservacionistas do Solo (P) .....	43
3.3.6 Metodologia para determinação do Potencial Natural de Erosão (PNE) .....	45
3.3.7 Metodologia para determinação da estimativa de Perda de Solo (A) .....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	48
4.1 ASPECTOS FÍSICOS DA ÁREA DE ESTUDO .....	48
4.1.1 Geologia .....	48
4.1.2 Geomorfologia .....	50
4.1.3 Pedologia.....	54

4.1.4	Clima.....	58
4.1.5	Precipitação .....	61
4.1.6	Vegetação.....	62
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ .....	63
4.3	QUANTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE EROÇÃO HÍDRICA LAMINAR DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ ATRAVÉS DA RUSLE .....	75
4.3.1	Quantificação da Erosividade da Chuva .....	75
4.3.2	Quantificação da Erodibilidade do Solo .....	77
4.3.3	Quantificação do Fator Topográfico (LS) .....	82
4.3.4	Quantificação do Fator Uso e Manejo do Solo .....	84
4.3.5	Fator Práticas Conservacionistas do Solo (P) .....	91
4.3.6	Quantificação do Potencial Natural de Erosão (PNE).....	92
4.3.7	Quantificação das Perdas de Solo Média Anual.....	94
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	103
	<b>ANEXO A – LAUDOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E GRANULOMÉTRICAS DOS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ, EM FRANCISCO BELTRÃO (PR)</b> .....	113
	<b>ANEXO B – POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO REFERENTE AOS MESES DE JANEIRO A DEZEMBRO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ, EM FRANCISCO BELTRÃO (PR)</b> .....	124

## 1 INTRODUÇÃO

A demasiada utilização dos solos para a agricultura sem qualquer forma de planejamento, por meio da retirada da vegetação nativa, tem causado aumento no processo de erosão do solo, levando a degradação do solo da água (FUJIHARA, 2002).

A compreensão e o estudo dos fatores que integram o processo de erosão do solo e a quantificação das perdas de solo, no tempo e espaço, produção, transporte e deposição de sedimentos nas bacias hidrográficas, tem assumido cada vez mais importância, pois possibilitam o desenvolvimento de medidas que auxiliem na maximização do uso dos recursos hídricos disponíveis, de modo a evitar os efeitos negativos deste processo (BRANCO, 1998).

Uma bacia hidrográfica engloba a área onde ocorre a captação natural de água da chuva que é drenada por escoamento superficial até o curso d'água principal e seus tributários. Seu limite superior é o divisor de águas, sendo esse topográfico, e o inferior a saída da bacia, que se caracteriza pelo exutório (LIMA, 2008).

O comportamento hidrológico que uma bacia apresenta é relacionado diretamente com suas características morfológicas (forma, área, geologia, solo, topografia, cobertura vegetal, dentre outras). Para a compreensão das relações entre os fatores de forma e os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica é preciso que sejam expressas suas características de maneira quantitativa (LIMA, 2008).

Dessa forma, a bacia hidrográfica possui em suas características o solo juntamente com sua localização geográfica, geomorfologia, vegetação e morfodinâmica, em conjunto com os tipos e graus de erosão, aspectos climáticos, características físico-químico e a limnologia de seus cursos d'água. Por meio dessas características pode-se determinar a capacidade de uso do solo e o potencial de uso dos recursos hídricos (TOMAZONI, 2003).

Quaisquer que sejam os estudos ambientais desenvolvidos em determinado território, acabam tendo a bacia hidrográfica que o constitui como uma importante referência, pois por tratar-se de um sistema natural acaba possibilitando a análise de importantes relações entre a população e o meio que habita (SANTOS, 2005).



O presente estudo buscou avaliar a erosão hídrica laminar do solo, por meio da Equação Universal de Perdas de Solos Revisada (RUSLE) na bacia hidrográfica do córrego São José, localizada no município de Francisco Beltrão, na região Sudoeste do Estado do Paraná. A compreensão dessas relações contribuirá com medidas que possibilitem o uso do solo em conformidade com os aspectos naturais do ambiente hídrico, diminuindo a quantidade de material sedimentado hidrotransportado e os impactos ambientais ao mesmo, possibilitando um processo integrado de monitoramento e gestão ambiental em bacias hidrográficas, utilizando-se o geoprocessamento.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a erosão hídrica laminar do solo, por meio da Equação Universal de Perdas de Solos Revisada (RUSLE) na bacia hidrográfica do córrego São José, localizada no município de Francisco Beltrão, na região Sudoeste do Estado do Paraná.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a bacia hidrográfica quanto aos aspectos físicos (relevo, solos, litologia, hidrografia, vegetação) por meio de um banco de dados em ambiente de *software* de Sistema de Informações Geográficas (SIG);
- Levantar os índices pluviométricos da bacia, de modo a obter o valor de erosividade da chuva (R);
- Analisar as características granulométricas e químicas dos solos presentes na bacia hidrográfica através de análises laboratoriais de física e química do solo;
- Calcular os valores da erodibilidade (K) para os tipos de solo presentes na bacia;
- Determinar o fator topográfico (LS) da bacia hidrográfica;

- Identificar as atividades antrópicas (uso e ocupação do solo) através de imagens de satélite;
- Determinar o potencial natural de erosão (PNE) para a bacia hidrográfica;
- Quantificar o processo erosivo laminar da bacia por meio da Equação Universal de Perdas de Solos Revisada (RUSLE).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Cada vez mais a erosão hídrica do solo tem se mostrado uma problemática, que necessita de atenção especial no campo da gestão ambiental, pois causa impactos significativos em um dos recursos fundamentais ao suporte a vida no planeta (CHECCHIA, 2005).

A análise sócio-ambiental das bacias hidrográficas engloba a observação de características geoambientais, tais como: estrutura geomorfológica, potencial hídrico, cobertura vegetal e uso do solo, além dos desequilíbrios que a ação do homem causa ao meio ambiente (ROCHA; VIANNA, 2008).

Utilizando-se as áreas das bacias hidrográficas de forma adequada, é possível integrar as atividades agrícolas, de saneamento, abastecimento hídrico, habitação e lazer, mantendo-se o meio ambiente preservado (TOMAZONI, 2003).

Na região Sudoeste do Paraná, com a atividade predominantemente agrícola, os principais problemas ambientais encontram-se na retirada da cobertura vegetal do solo, degradando-o. Esse fator, juntamente com a expansão da atividade agrícola, acaba aumentando o transporte de material particulado para os cursos d'água, aumentando a erosão hídrica laminar.

Usualmente, os projetos de conservação do solo tendem a não considerar o entendimento sistêmico de bacias hidrográficas, sendo desenvolvidos de maneira não integrada, pois analisam as propriedades agrícolas de forma individualizada. Assim, para o desenvolvimento de métodos de gestão e monitoramento ambiental de bacias hidrográficas devem ser analisados todos os recursos naturais que as compõe: flora e fauna, solo, hidrografia, avaliando tanto o ambiente hídrico quanto o interflúvio (TOMAZONI, 2003).

A bacia hidrográfica do córrego São José foi escolhida para o desenvolvimento do presente estudo por tratar-se de uma área com uso intensivo agrícola e problemas de erosão do solo. Dessa forma, o presente estudo se mostra

de grande importância, pois com a análise em conjunto de todos os fatores acima citados, pode-se estabelecer a influência dos fatores naturais da bacia e a contribuição das formas de uso do solo no aumento da erosão laminar. Com essa análise integrada pode-se controlar o processo erosivo, diminuindo as partículas sólidas transportadas pelos cursos d'água e reduzir o impacto ambiental sobre a mesma.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

A intervenção do homem sobre o ecossistema global, principalmente no que diz respeito aos recursos hídricos, tem impactado negativamente o meio ambiente quanto ao seu uso e conservação. O ser humano tem sido agente e paciente dos maiores impactos causados aos ecossistemas, conforme cresce sua intervenção sobre a natureza. Esses impactos são consequência do desenvolvimento da sociedade, que promove alterações no meio ambiente objetivando suprir as necessidades dos habitantes de determinada área (CURY, 2005).

É necessário que sejam elaboradas estratégias para utilização dos recursos hídricos de modo a priorizar a recuperação daqueles degradados por uso inadequado, quando possível, e sua utilização buscando aumentar seu aproveitamento na atualidade, preservando seu potencial para o futuro (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

Cada vez mais há o entendimento de que os limitados recursos hídricos disponíveis devem ser administrados de forma que o desenvolvimento das sociedades humanas ocorra de maneira sustentável e racional, suprimindo suas necessidades e ao mesmo tempo respeitando os limites do meio ambiente. Isso pode ser obtido pelo gerenciamento adequado de um ecossistema fechado e completo, ligado aos recursos hídricos, o ciclo hidrológico e o território, denominado bacia hidrográfica (CURY, 2005).

A bacia hidrográfica é estabelecida legalmente como unidade territorial desde a publicação da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O artigo primeiro desta lei define a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997; BERNINI, 2009).

O ciclo hidrológico exerce influência direta sobre o equilíbrio do ecossistema formado pela bacia hidrográfica. Sua trajetória não tem início nem final (Figura 1). A água é evaporada da superfície dos continentes e dos oceanos e é armazenada na atmosfera. A umidade contida na atmosfera precipita-se tanto nos continentes

quanto nos oceanos. Nos continentes a água precipita sob a vegetação, pela qual pode ser interceptada, superfície dos terrenos, onde pode escoar, ou ser infiltrada pelo solo e deste, absorvida pelas plantas. Dessa forma, o ciclo hidrológico é composto de inúmeros processos: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial, etc. Mais do que uma cadeia de processos, o ciclo hidrológico é formado por fases agrupadas que descrevem os trajetos que a água percorre pelo meio ambiente (LIMA, 2008).

Figura 1 - Ciclo hidrológico



Fonte: USGS (United States Geological Survey), 2017.

Para o discernimento do uso racional dos cursos d'água nas bacias hidrográficas é necessário relacionar as fases de precipitação, escoamento superficial, infiltração e armazenamento de água do ciclo hidrológico, juntamente com o uso e ocupação do solo naquela área (ROCHA; VIANNA, 2008).

Conforme CURY (2005), para a elaboração e implementação do gerenciamento adequado de uma bacia hidrográfica, é necessária a observação de três características fundamentais para sua definição em relação a seus dados geográficos:

- As linhas divisórias de água como limites naturais parciais ou totais;
- Parte da área drenada por um sistema de tributários que deságuam em um curso d'água principal. O curso d'água principal direciona as águas superficiais até seu nível de base, onde a bacia hidrográfica tem suas águas introduzidas em outra bacia, lago ou mar;
- A dinâmica ambiental composta pelos intercâmbios sistemáticos entre os cursos d'água, o solo e a vegetação e o impacto que estes exercem sobre as decisões de utilização dos recursos naturais tomadas por agentes econômicos.

No desenvolvimento de estudos hidrológicos, as bacias hidrográficas compreendem a área drenada por um curso d'água principal e seus afluentes, representando uma unidade de gestão na área de planejamento ambiental adequada a estudos qualitativos e quantitativos (PIRES *et al.*, 2002).

Há bacias onde a variação topográfica é tão distinta que é possível identificar apenas duas seções (alta e baixa), como a bacia do Baixo e Alto Paranapanema. A bacia hidrográfica é uma delimitação geográfica de grande valor para a compreensão dos processos ambientais concludentes da utilização e manejo dos recursos hídricos, solo e vegetação. Esta delimitação geográfica também é importante para o planejamento de ações corretivas aos impactos ambientais causados pelo uso e manejo inadequado dos recursos naturais (CURY, 2005).

A rede hidrográfica, que compõe a drenagem de uma bacia detém aspectos espaciais que representam sua estrutura geológica e composição morfogenética. Dessa maneira, cada bacia hidrográfica cumpre uma importante função nas atividades econômicas que ocupam sua área, pois estabelecem distintos padrões de drenagem, e assim sendo, diferentes combinações de padrões que influenciam na presença ou não de condições apropriadas para as atividades nelas desenvolvidas (ROCHA; VIANNA, 2008).

Para que o desenvolvimento seja sustentável, a bacia hidrográfica deve ser utilizada como critério de análise, planejamento e gerenciamento, de forma que os recursos hídricos tenham gerência baseada em todas as inter-relações com o meio ambiente. Assim, a administração destas relações entre os bens e serviços e os métodos de exploração dos recursos naturais torna conveniente a adoção de um gerenciamento integrado de recursos hídricos (CURY, 2005).

## 2.2 MECANISMOS DO PROCESSO DE EROSÃO HÍDRICA LAMINAR DO SOLO

A erosão refere-se ao processo natural de desprendimento e deslocamento de partículas do solo, característico de sua formação, onde tem como principais agentes para sua ocorrência o vento (erosão eólica) e a água (erosão hídrica), havendo também influência de forças ativas, tais como a declividade e o comprimento do declive do terreno, as características da chuva, a absorção de água pelo solo, dentre outras, e por forças passivas, como a densidade da vegetação e a resistência do solo à ação erosiva da água (CARVALHO, 2012).

O processo erosivo do solo surge através das condições de reação que o solo apresenta à erodibilidade de natureza hidrológica. Estes referem-se às partículas destacadas do solo pelas gotas de chuva, transportadas pelo escoamento superficial e depositadas de forma centralizada. A deposição advém da superação da capacidade de transporte pela quantia de sedimentos a ser transportada. A rugosidade da superfície colabora para a diminuição da capacidade de transporte através do decréscimo da velocidade do escoamento/energia cinética em conjunto com outros meios de interação água-solo em que o fluxo de água no perfil e a infiltração possuem a mesma relevância (DIDONE, 2013).

A água tem papel fundamental no processo erosivo, pois além de soltar e manter as partículas do solo suspensas, seu escoamento superficial sobre o solo conduz sedimentos, carregando também matéria orgânica, nutrientes químicos, sementes e defensivos agrícolas, afetando a qualidade e oferta de água através da poluição e do assoreamento dos cursos d'água, aumentando a incidência de enchentes nos períodos de chuvas e a falta de água em períodos de estiagem (CARVALHO, 2012).

O solo tende a ser mais suscetível ao processo de erosão hídrica conforme aumenta a densidade superficial do solo, levando a diminuição da taxa de infiltração e propiciando o escoamento superficial. O decréscimo de infiltração de água no solo deve-se a inúmeros fatores, tais como: declividade do terreno, cobertura do solo, rugosidade da superfície, camadas subsuperficiais compactadas presentes, presença de água antes da precipitação, ocorrência de eventos de grande proporção no decorrer do tempo e o selamento da superfície em área com menor cobertura vegetal (DIDONE, 2013).

Entre as várias formas de erosão hídrica, ressaltam-se: erosão por embate ou pelo impacto da chuva, erosão laminar, erosão entre sulcos e voçorocas, erosão em queda, erosão subterrânea e a que se sucede em leitos e margens de cursos d'água. As três fases de que a erosão hídrica é composta pela desagregação de partículas do solo, transporte e deposição destas, podendo acontecer isoladamente ou concomitantemente (BRANCO, 1998).

A erosão laminar do solo é uma forma de erosão acelerada que pode ser menos ou mais intensa de acordo com características tais como cobertura vegetal, tipo de uso, erosividade, erodibilidade e declividade das encostas. Sua ocorrência é maior em grandes áreas rurais nas quais a cobertura vegetal dá lugar à agricultura e/ou pastagem, ou solos seguidamente remexidos para o plantio. Estes solos sujeitos à precipitação são retirados pelo impacto das gotas de chuva e os sedimentos são carreados de modo parcial ou completamente homogêneo pelo escoamento laminar na superfície do solo (SOUZA, 2010).

O acúmulo considerável de sedimentos nos cursos d'água causam inúmeros transtornos, desde dificuldades em obras de reservatórios e barragens, que acabam afetando a geração de energia elétrica, até a suavização de cheias e a regularização de cursos d'água. Podem também reduzir o acúmulo de açudes e reservatórios, além de oportunizar a poluição física e química dos corpos hídricos, afetando sua qualidade para o consumo humano e seu uso industrial e agrícola, prejudicando a vida aquática e encarecendo seu processo de tratamento. A deposição de sedimentos pode provocar o entupimento de canais de irrigação e assoreamento de canais de navegação, bem como elevar o leito dos rios e seu nível d'água, causando transbordamento e inundações (BRANCO, 1998).

As perdas de solo e água pelo processo erosivo têm gerado estudos, os quais tem abordado características de ampla abrangência, quanto aos agentes ocasionadores da erosão que circundam a alteração de sua suscetibilidade e a ação do ser humano, tanto quanto a chuva e o vento. A interferência do homem tem tomado grande destaque, através da retirada de vegetação nativa de grandes áreas e da implementação de agropecuária intensiva, aplicando em alguns casos um manejo de solo inapropriado a suas propriedades (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

O reconhecimento de áreas com maior suscetibilidade a erodibilidade e sua identificação em relação ao tipo de solo e atividades desenvolvidas nas bacias



hidrográficas, estabelecem um importante instrumento para fomentar os estudos relacionados à degradação de cursos d'água (GUIMARÃES *et al.*, 2011).

O entendimento dos fatores que compõe o processo erosivo do solo e a estimativa das perdas de solo são de grande relevância para a concepção de providências a serem tomadas para reduzir a produção, transporte e deposição de sedimentos, otimizando a utilização dos recursos hídricos (BRANCO, 1998).

### 2.3 ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA

O acúmulo de sedimentos nos cursos d'água em uma bacia hidrográfica ocorre devido a dois fatores: a presença de material passível de transporte e a existência de escoamento capaz de transportar o material. O material passível de transporte localizado nas vertentes da bacia é originado pela erosão produzida pelo impacto das gotas da chuva no solo. Em contrapartida, na calha dos corpos hídricos o material advém da erosão das margens e do fundo, e da descarga de suprimento de montante (BRANCO, 1998).

A erosão hídrica ocasiona efeitos na unidade produtiva (efeitos internos) e em seu exterior (efeitos externos) que afetam significativamente questões econômicas como diminuição de produtividade e perda de nutrientes, bem como ambientais, afinal os sedimentos e nutrientes conduzidos aos cursos d'água decorrem em sua poluição, sendo um grave impacto ambiental (SANTOS, 2014).

Com a evolução tecnológica das últimas décadas, em especial na informatização de dados, se tornou possível a modelagem de dados de cenários e processos ambientais para seu estudo. Assim, consegue-se verificar a dinâmica dos processos simulando-os dentro de um cenário real ou não, com agilidade e êxito, contribuindo no planejamento de execução de uma obra em meio urbano ou rural, gerenciamento de uma localidade ou até mesmo no uso e ocupação de uma área, como uma bacia hidrográfica, dentre outros (CHECCHIA, 2005).

Para quantificar-se o transporte de sedimentos nos cursos d'água é possível utilizar fórmulas empíricas nas quais é relacionada a carga sólida com parâmetros do fluido, do escoamento e do material transportado e por meio de medições *in loco* de vazão líquida e concentração de sedimentos em uma seção do leito fluvial, sendo tomadas periodicamente e em um determinado período de tempo representativo (BRANCO, 1998).

Há uma diversidade de modelos para a simulação do transporte de sedimentos, com diferenças entre si por sua complexidade, dados requisitados, processos levados em conta e aplicação do modelo. A escolha do modelo mais apropriado deve-se à sua aplicação e as características da bacia hidrográfica utilizada (CHECCHIA, 2005).

A erosão hídrica laminar, provocada pela retirada da camada superficial de solos, é a menos notória e mais grave, porque quando é percebida já causou danos consideráveis. Para analisar este evento empregam-se métodos diretos, com base em coletas em campo de material erodido para análise laboratorial, ou métodos indiretos, por modelagem matemática. Estes modelos quando relacionado com o geoprocessamento possibilita a análise especializada da erosão, otimizando tomadas de decisão (ALVES, 2000).

A estimativa de perdas de solo por erosão hídrica é usualmente realizada através de modelos como a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) e suas alterações como Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE), Equação Universal de Perdas de Solo Modificada (MUSLE), o *Water Erosion Prediction Project* (WEPP), etc. Por meio dos modelos é possível estudar áreas extensas e simular nestas os mais variados tipos de uso e ocupação do solo, contribuindo para a avaliação de qual o uso adequado para determinada área (SANTOS, 2014).

Com a aplicação dos modelos erosivos pode-se espacializar as áreas que possuem processos erosivos mais intensos, auxiliando na tomada de decisão e idealização de redes de monitoramento sedimentométrico, resultando na estimativa da carga de sedimentos gerada por cada mudança de uso do solo (DIDONE, 2013).

#### 2.4 MODELOS DE ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO

Trabalhos experimentais realizados no Centro Nacional de Dados de Escoamento e Perda de Solo, na Universidade de Purdue, nos Estados Unidos, através da interpretação dos dados de perdas de solo e água coletados em diversos locais do país, a partir dos anos 30, tiveram como resultado equações de perda de solo que compreendiam as características do solo, os efeitos de comprimento e declividade de rampa, as práticas conservacionistas e o uso e manejo do solo. Um comitê americano se reuniu em 1946 com o objetivo de revisar os dados já coletados no país e fatores da última equação obtida e, incluindo o fator chuva,

geraram uma nova equação de perda de solo denominada equação de MUSGRAVE (1947). Nos anos seguintes (1954 – 1965) através da revisão da equação por agências de pesquisa e extensão dos EUA, foi apresentado o modelo da *Universal Soil Loss Equation* – USLE (Equação Universal de Perdas de Solo) através da publicação *“Predicting rainfall erosion losses from cropland”* (WISCHMEIER; SMITH, 1965). Em 1978, foram realizados ajustes e acrescentados dados ao modelo, sendo sua nova versão apresentada na publicação *“Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning”* (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Dessa forma, a publicação passou a ser utilizada nos EUA como um manual de boas práticas e o modelo uma referência (AMORIM, 2004; SILVA, 2008).

Posteriormente a publicação do *“Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning”* (WISCHMEIER; SMITH, 1978), pesquisas e experimentos continuaram a ser realizados com o objetivo de melhorar as estimativas de perdas de solo fornecidas pela USLE, sendo então apresentado um novo modelo de estimativa da erosão nomeado *Revised Universal Soil Loss Equation* – RUSLE (Equação Universal de Perdas de Solo Revisada) (RENARD *et al.*, 1997). A equação da RUSLE manteve a mesma estrutura da USLE, porém, a maneira de determinar os fatores foi alterada significativamente, principalmente a união dos fatores (LS) e (CP), que eram computados separadamente e a aplicação em áreas maiores, tal qual bacias hidrográficas, de modo que a antecessora era aplicada em pequenas vertentes e glebas (AMORIM, 2004; SILVA, 2008).

## 2.5 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) NA ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surgiram primeiramente no Canadá, nos anos 60, integrando um programa do governo com o objetivo de instituir um inventário de recursos naturais. Contudo, estes sistemas apresentavam várias dificuldades em sua utilização: a inexistência de monitores gráficos de alta resolução, o alto custo dos computadores com as configurações necessárias e a necessidade de mão de obra altamente especialidade e cara. Não havia nessa época programas comerciais prontos para a utilização, sendo que para cada aplicação era preciso desenvolver um programa próprio, o que despendia muito tempo e dinheiro (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Na década de 80, com a disseminação das estações de trabalhos gráficas, o surgimento e desenvolvimento dos computadores pessoais e dos sistemas de gerenciamento de banco de dados relacionais, houve uma disseminação do uso de SIG, juntamente com a inclusão de várias funções de análise espacial, o que aumentou seu campo de aplicação. Nesta mesma época o geoprocessamento foi introduzido no Brasil através da vinda ao país em 1982 do Dr. Roger Tomlinson, responsável pelo desenvolvimento do *Canadian Geographical Information System*, bem como também pela iniciativa de divulgação e formação de profissionais do Prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), incentivando o surgimento de inúmeros grupos interessados em desenvolver a tecnologia SIG (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Atualmente, sua utilização tem se tornado cada vez mais comum pela disponibilidade de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) cada vez mais baratos e de *softwares* livres, devido à diminuição dos custos de *hardware* e *software* e o surgimento de mais opções para a construção de bases de dados geográficas, apresentando interfaces de fácil compreensão, permitindo a espacialização de variáveis como população de indivíduos, índices ambientais, tipos de solo, dentre outros por meio de mapas obtidos através de um banco de dados e de uma base geográfica dentro do SIG (DRUCK *et al.*, 2004; CÂMARA; DAVIS, 2001).

As aplicações do Geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm aumentado cada vez mais nos diferentes campos do conhecimento, sendo que possuem vasta aplicação relacionada às geotecnologias (FLORENZANO, 2005). Estes contribuem para a compreensão da distribuição espacial de dados obtidos de fenômenos ocorridos no espaço que levam ao esclarecimento de questões centrais nas diversas áreas do conhecimento (DRUCK *et al.*, 2004).

O Geoprocessamento apresenta-se como uma ferramenta de grande relevância para o monitoramento da biodiversidade, pois possibilita a coleta de dados para os mais variados estudos e a realização de análises complexas, integrando dados de diferentes fontes. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são um formidável meio de apoio e desenvolvimento de estudos aplicados ao meio ambiente, permitindo a junção de dados espaciais e levando a elaboração de alternativas que diminuam os impactos ambientais identificados em determinada área, até mesmo em bacias hidrográficas (SENA *et al.*, 2012).

A aplicação do geoprocessamento pode ocorrer através das mais variadas técnicas, sendo que a escolha destas dependerá do tipo de uso e manipulação dos dados coletados. Em meio a estas técnicas, destacam-se o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (LACERDA, 2010).

Os SIG são empregados como ferramenta na elaboração de mapas, em análise espacial e para armazenar informações espaciais. Por meio de sua pluralidade permite a integralização de inúmeras informações espaciais, tais como dados cartográficos, imagens de satélite, curvas de nível, hidrografia, em uma base de dados unificada, permitindo a consulta e visualização de suas informações (LACERDA, 2010).

O planejamento ambiental deve ser desenvolvido a partir das coletas de dados em campo para a análise teórica, retornando posteriormente ao campo através de uma visão sistêmica e holística, perpetuando-se ao longo do tempo, e não apenas elaboração de diagnósticos. Na gestão ambiental a ferramenta de Geoprocessamento que mais tem se destacado é o SIG, juntamente com a utilização de imagens de satélite. Os programas de SIG permitem a espacialização das informações coletadas, facilitando a tomada de decisão do usuário. (SÁ et al., 2010).

Por possuir uma vasta gama de aplicações, três formas de utilização do SIG destacam-se, sendo estas: ferramenta para elaboração de mapas, suporte para análise espacial de fenômenos e banco de dados geográficos, com armazenamento e recuperação de informação espacial (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

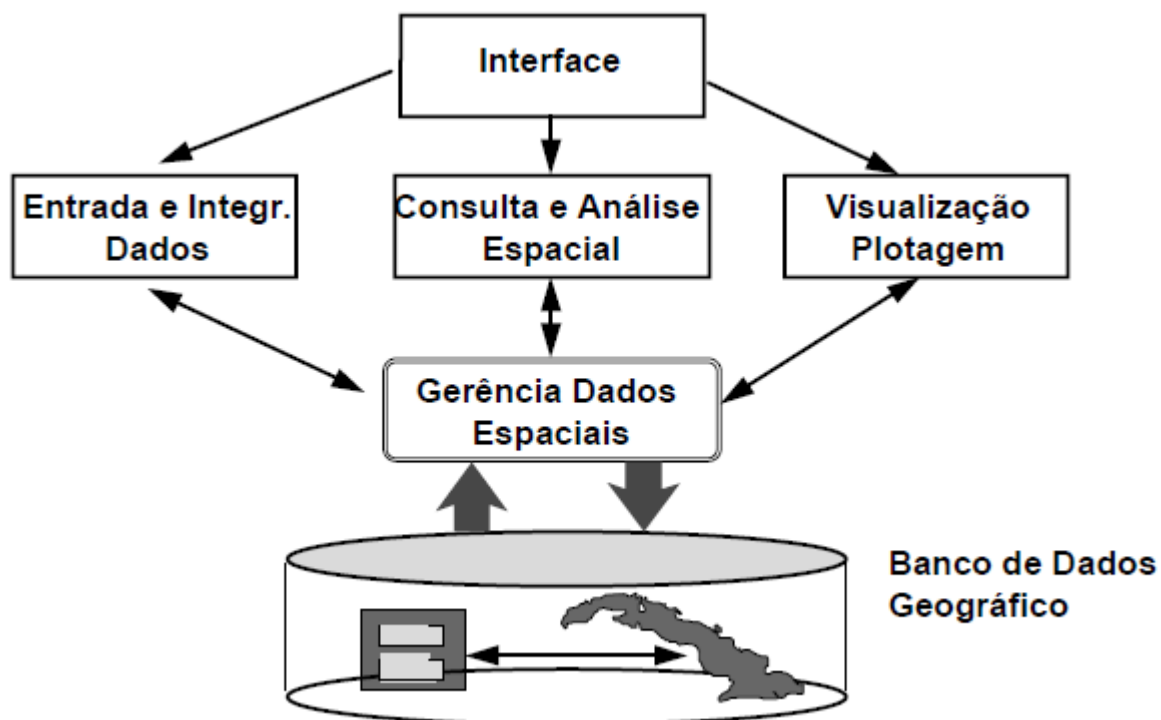
A utilização dos SIG permite relacionar-se dados de sensores remotos com dados oriundos de outras fontes, possibilitando a análise espacial e a modelagem dos ambientes, gerando a projeção de panoramas futuros (FLORENZANO, 2005).

No geral, um SIG possui os seguintes componentes: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados sob a forma de banco de dados geográficos, sendo que a relação entre estes componentes ocorre de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface com o usuário define a operação e controle do sistema. No nível intermediário, um SIG deve possuir estrutura para o processamento de dados espaciais, tais como entrada, edição, análise, visualização e saída. No nível mais aproximado do sistema, o gerenciamento de bancos de dados geográficos possibilita armazenamento e

recuperação de dados especiais e seus respectivos atributos. Conforme apresentado na Figura 2 cada SIG implementa estes componentes de forma particular, para seus objetivos e necessidades específicos, porém todos os componentes devem integrar um sistema (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

Em um SIG as funções de processamento atuam sobre dados dispostos em uma área de trabalho em memória principal, de modo que a conexão entre os dados geográficos e as funções de processamento é feita através de mecanismos de seleção e consulta que determinam restrições no conjunto de dados (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

Figura 2 - Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica



Fonte: Câmara; Queiroz (2001).

Com o estudo cada vez mais aprofundado da paisagem geográfica, a evolução das ciências e tecnologias empregadas tem função fundamental no suporte a informação. Dessa forma, os SIG têm permitido uma análise muito mais qualitativa dos dados espaciais, onde a obtenção de dados atualizados constantemente é fundamental frente às mudanças que a sociedade impõe ao espaço geográfico (LOBATO *et al.*, 2008).

Atualmente, os Sistemas de Informação Geográfica encontram-se com grande variedade disponível no mercado, sendo quatro grandes tecnologias apresentadas como principais complementos: Os GIS *desktop*, contendo interfaces simplificadas e maior funcionalidade; Os Gerenciadores de Dados Gráficos, armazenando dados espaciais em ambientes multiusuário; Os Componentes GIS, provendo condições por meio de ambientes de programação para que o usuário desenvolva aplicação apropriada para sua necessidade e; Os Servidores *Web* de Dados Geográficos, possibilitando a publicação e o acesso de dados geográficos pela Internet (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

Os GIS *desktop* são sistemas baseados em cartografia, com banco de dados limitado e com a modelagem de trabalho baseada em mapa (chamada de cobertura ou plano de informação). Foram desenvolvidos no início dos anos 80 para ambientes da classe VAX e a partir de 1985 para sistemas PC/DOS, sendo esses sistemas utilizados, sobretudo em projetos isolados, sem possibilitar a geração de arquivos digitais de dados. Esta geração inicial dos SIG também pode ser denominada como sistemas orientados a projeto (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

A segunda geração dos SIG, conhecida como sistemas para suporte à instituições, surgiu no início dos anos 90 e foi desenvolvida para utilização em ambientes usuário-servidor, unido a bancos de dados com gerenciamento relacional e contendo pacotes para o processamento de imagens (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

A terceira geração dos SIG, caracterizada pelo desenvolvimento de sistemas orientados para permuta de informações entre instituições e sociedade, apresentou o gerenciamento de bases de dados geográficos acessadas por meio de redes locais e remotas, com interface pela *World Wide Web* (WWW). Dessa maneira, o aumento dos bancos de dados espaciais decorreu na necessidade de compartilhamento destes entre instituições, levando os sistemas a implementarem a interoperabilidade, possibilitando o acesso das informações espaciais entre diferentes SIG (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

Todas as diferentes tecnologias acima citadas possuem complementaridade entre si, de forma que os GIS *desktop* podem fazer uso de gerenciadores de dados geográficos, que podem ser conectados a servidores web, podendo ter suas interfaces personalizadas por usuários através dos componentes GIS (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

Dessa forma, o desenvolvimento recente e acelerado das tecnologias de sensoriamento remoto e de SIG auxiliam no aprimoramento das ciências agrárias e ambientais, facilitando a correlação entre estas (FLORENZANO, 2005).



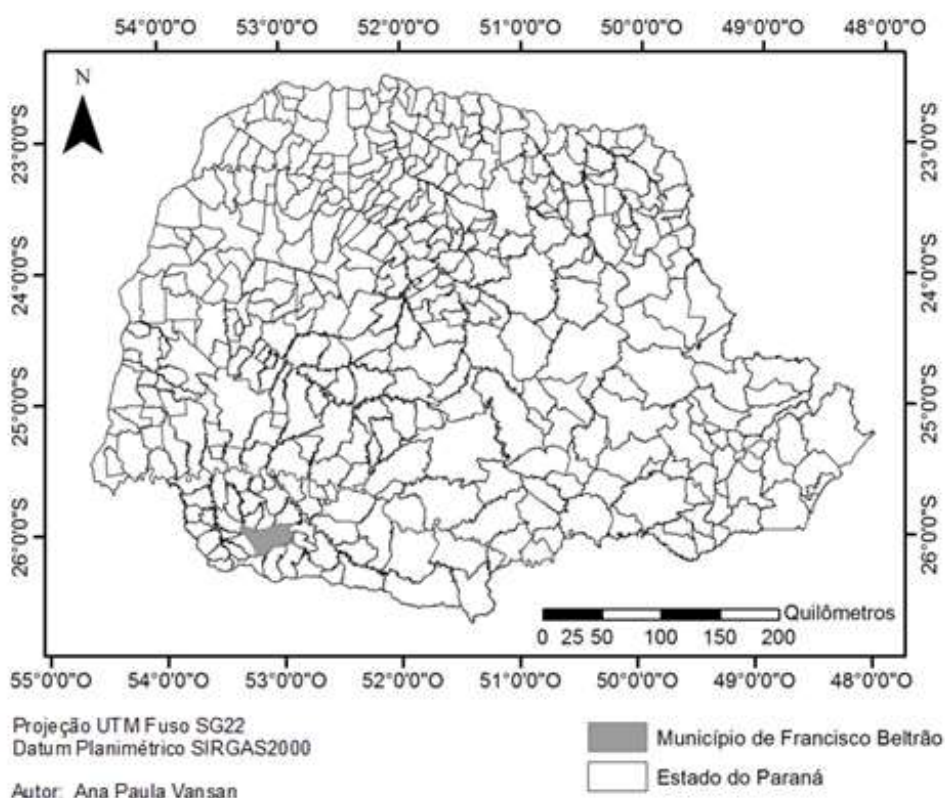
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 Localização

A bacia hidrográfica do córrego São José está localizada no município de Francisco Beltrão, na região Sudoeste do estado do Paraná (Figura 3). Este município possui população estimada de 87.491 habitantes, área de 735,111 km<sup>2</sup>, cujos limites geográficos são; a norte com Enéas Marques, Nova Esperança, Verê e Itapejara do Oeste; A oeste com Ampére e Manfrinópolis; A leste com Bom Sucesso do Sul; Ao sul com Marmeleiro, Renascença e Flor da Serra (IBGE, 2017).

Figura 3 - Localização do município de Francisco Beltrão

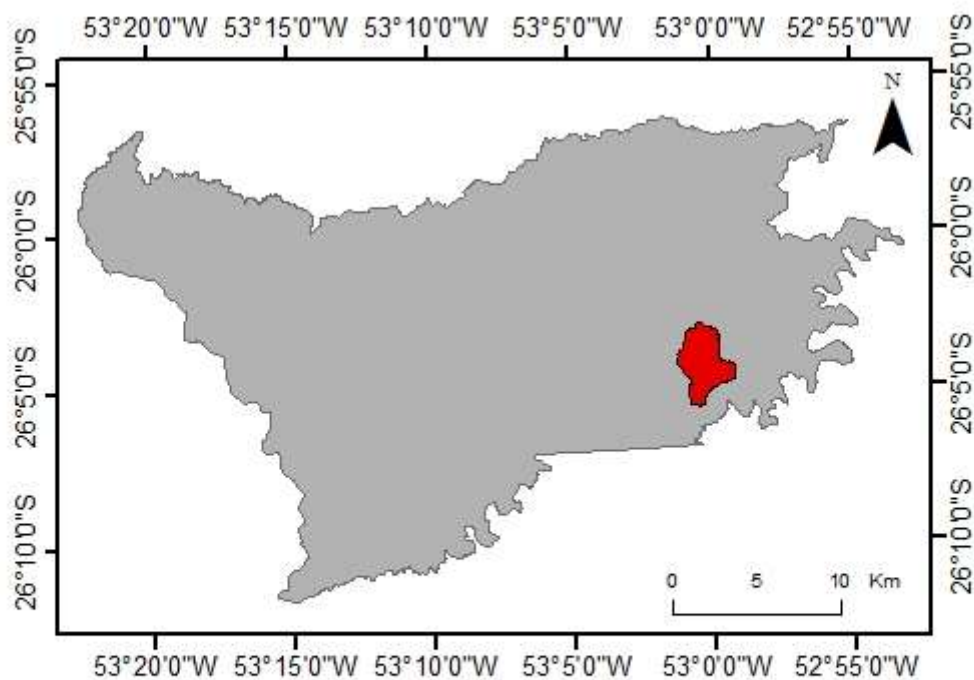


Fonte: Adaptado de ITCG (2008).

O córrego São José é contribuinte do rio Marrecas, sendo este o maior afluente do rio Santana, que é tributário do rio Chopim, o qual deságua no rio Iguaçu. A bacia hidrográfica do córrego São José, objeto do presente estudo, possui

área de 9,8165 km<sup>2</sup>, estando inserida essencialmente em área rural, contendo em geral lavouras e pastagens (Figura 4).

Figura 4 - Localização da bacia hidrográfica do córrego São José



Projeção UTM Fuso SG22  
Datum Planimétrico SIRGAS2000

Autor: Ana Paula Vansan

Fonte: Adaptado de ITCG (2008).

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ

A caracterização do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego São José foi realizada através da utilização do *software* ArcGis 10.0 (com licença de uso no Laboratório de Agrimensura da UTFPR – Câmpus Pato Branco) através de imagens dos satélites CBERS 4, CBERS 2B, CBERS 2 e Landsat 5.

Para a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia foram utilizadas imagens do CBERS 4, dos anos de 2017 (Sensor PAN) e 2015 (Sensores MUX e PAN), do CBERS 2B, Sensor CCD, de 2009, do CBERS 2, Sensor CCD, de 2005 e do Landsat 5, Sensor TM, de 2000. A Tabela 1 apresenta abaixo as imagens de

satélite utilizadas e suas bandas correspondentes, sendo que estas foram obtidas através do Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em formato TIFF (CBERS 2B, CBERS 2 e Landsat 5) e GeoTIFF (CBERS 4).

Tabela 1 - Imagens dos respectivos satélites e bandas utilizadas

Satélite	Órbita/Ponto	Data	Bandas
CBERS 4/Sensor PAN	160/129	21/06/2017	B2, B3 e B4
CBERS 4/Sensor MUX	160/129	12/08/2015	B5, B6, B7 e B8
CBERS 4/Sensor PAN	160/129	06/10/2015	PAN 5 m
CBERS 2B/Sensor CCD	160/129	05/12/2009	B2, B3 e B4
CBERS 2/Sensor CCD	160/129	08/07/2005	B2, B3 e B4
Landsat5/Sensor TM	223/78	07/07/2000	B1, B2, B3 e B4

As imagens foram inseridas no ArcGis 10.0, sendo as imagens obtidas do CBERS 4 já georreferenciadas (formato GeoTIFF), as imagens dos satélites CBERS 2B, CBERS 2 e do Landsat 5 foram georreferenciadas com base na imagem do CBERS 4 para o ano de 2017.

As bandas para cada uma das imagens foram processadas através de composição de bandas (*“composite bands”*) para gerarem a composição de cor natural (RGB) e de falsa cor. A imagem do CBERS 4 (PAN) para o ano de 2017 possui resolução espacial de 5 m, enquanto que para o ano de 2015 a imagem do CBERS 4 (MUX) possui resolução espacial de 20 m. As imagens dos satélites CBERS 2B (2009) e do CBERS 2 (2005) possuem resolução de 20 m, sendo a do Landsat 5 (2000) de 30 m. Após, objetivando uma melhor caracterização do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica a imagem para o ano de 2015 foi submetida a um processo de fusão de imagens com uma imagem pancromática de resolução de 5 m, datada de 06/10/2015, por meio do comando *“pan-sharpening”*, para alcançarem uma resolução espacial de 5 m.

Para a classificação do uso e ocupação do solo, através do *software* ArcGis 10.0, foi utilizado o método de classificação supervisionada por máxima verossimilhança (MAXVER) onde foram utilizadas as seguintes classes de cobertura de solo: solo exposto (solo exposto, estradas e edificações), pastagem, agricultura e vegetação arbórea. Para cada uma destas classes foram selecionadas no mínimo 10 amostras de referência de modo a representar de forma adequada cada uma das classes e ter homogeneidade na classificação obtida.

Após a digitalização dos polígonos que definem as amostras de referência para cada uma das classes de cobertura de solo adotadas, para cada um dos respectivos anos analisados, através do comando “*create signatures*”, dentro da ferramenta “*multivariate*” do “*spatial analyst tools*”, são criadas suas respectivas assinaturas e posteriormente é gerada a imagem contendo a classificação do uso e ocupação do solo pelo comando “*maximum likelihood*”, dentro da ferramenta “*multivariate*” do “*spatial analyst tools*”. Em seguida, a imagem referente à classificação do uso e ocupação do solo foi convertida em vetores, possibilitando o cálculo da área de cada polígono, sendo sua tabela exportada em formato de texto apresentando as respectivas áreas destes, permitindo o cálculo das respectivas áreas totais de cada uma das classes de cobertura de solo.

### 3.3 QUANTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE EROSIÃO HÍDRICA LAMINAR DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ ATRAVÉS DA RUSLE

#### 3.3.1 Metodologia para Determinação da Erosividade da chuva (R)

Para a determinação do fator erosividade da chuva (R) foram utilizados como base dados pluviométricos do município de Francisco Beltrão – PR para o período de 1974 a 2016 obtidos junto ao IAPAR (2017) referentes à estação de código 02653012, latitude 26.05 S, longitude 53.04 W e altitude de 650 m.

O fator erosividade da chuva (R) é obtido a partir do produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos, denominado índice  $EI_{30}$ . Dessa maneira, é necessário conhecer os dados da intensidade da chuva, porém a complexidade da obtenção destes dados já foi mencionada por diversos autores tais como BERTONI & LOMBARDI NETO (2012) e SILVA (2004). Como forma de solucionar o problema buscou-se correlacionar o índice de erosão com fatores climáticos, que são de fácil aquisição (WISCHMEIER & SMITH, 1958; CECCHIA, 2005).

Waltrick (2010) desenvolveu no ano de 2010 o estudo “*Erosividade de Chuvas no Paraná: Atualização, Influência do “El Niño” e “La Niña” e Estimativa para Cenários Climáticos Futuros*”, baseado nos dados históricos pluviométricos de 114 localidades do estado do Paraná, utilizou oito equações lineares propostas por RUFINO *et al.* (1993), distribuindo estas entre as regiões do estado onde localizam-

se as estações. A variável independente  $X$  é calculada por meio da Equação 1 adaptada por LOMBARDI NETO (1977), enquanto a variável dependente  $Y$  (Equação 2) corresponde ao  $EI_{30}$  mensal, e a soma destes calculados para os 12 meses do ano ao  $EI_{30}$  anual. A média dos  $EI_{30}$  anuais para o período histórico dos dados pluviométricos determina a erosividade média anual (fator  $R$ ).

$$R_c = \frac{p^2}{P} \quad (1)$$

Onde:

$R_c$  = coeficiente de relação da chuva;

$p$  = precipitação médiademaisal (mm);

$P$  = precipitação média anual (mm).

$$Y = 146,86 + 55,20X \quad (2)$$

Onde:

$Y$  = variável dependente que resulta no  $EI_{30}$  mensal, e a soma dos  $EI_{30}$  mensais ao longo dos 12 meses resulta no  $EI_{30}$  anual;

$X$  = variável independente determinada através da Equação 1 adaptada por LOMBARDI NETO (1977 *apud* Waltrick, 2010).

Os cálculos do fator de erosividade da chuva ( $R$ ) foram realizados em planilha eletrônica no *software* Microsoft Excel, onde foram inseridos os dados pluviométricos médios mensais correspondentes ao período de 1974 a 2016.

Os valores finais da erosividade das chuvas, anual e mensal, foram inseridos no ArcGis 10.0 por meio da tabela de atributos do polígono que representa os limites da bacia hidrográfica do córrego São José, sendo inseridos na tabela de atributos um campo para cada um dos valores mensais e para o valor anual.

Posteriormente, foi realizada a conversão do polígono para um conjunto de dados *raster* através do comando “*polygon to raster*”, dentro da ferramenta “*conversion tools*” – “*to raster*”. As conversões foram feitas individualmente, atribuindo aos dados *raster* cada um dos valores mensais e anual, por meio da

seleção destes no campo denominado “*value field*” dos campos da tabela de atributos correspondentes a informação considerada na análise (valores de R), gerando matrizes do fator R mensais e anual.

### 3.3.2 Metodologia para Determinação da Erodibilidade do Solo (K)

Para que o fator de erodibilidade do solo (K) fosse adaptado para a RUSLE foram desenvolvidos métodos alternativos, permitindo o usuário estimar o fator para tipos de solos que não encontram-se no nomograma do “*Agriculture Handbook 537*” (solos tropicais de origem vulcânica, contendo alto teor de matéria orgânica). Dessa forma, dados de erodibilidade de todo o mundo passaram por revisão e equações de regressão foram elaboradas para a estimativa de K em função das características físicas e químicas do solo (AMORIM, 2004).

Também é levado em consideração o efeito de fragmento de rocha na superfície do solo, tratado como cobertura de solo no fator de uso e manejo do solo (C), e o fragmento de rocha no perfil do solo, pelo qual o fator K é ajustado incorporando o efeito dos fragmentos de rocha contidos no perfil do solo sobre sua permeabilidade, e por conseguinte, em seu escoamento. Outra grande alteração no fator K pela RUSLE é sua variabilidade sazonal incorporada através de estimativas instantâneas de K em função da erosividade quinzenal proporcional á anual, obtidas através de equações que relacionam K e o fator erosividade da chuva (R) anual (AMORIM, 2004).

Denardin (1990) propôs em sua tese denominada “*Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos*” um método indireto para a determinação da erodibilidade do solo, adaptando-o aos solos encontrados no Brasil, apresentado na Equação 3.

$$K = (7,48 \cdot 10^{-6}M + 4,48059 \cdot 10^{-3}P) - (6,31175 \cdot 10^{-2}DMP + 1,039657 \cdot 10^{-2}R) \quad (3)$$

Na qual:

M = (areia fina+silte).[(areia fina+silte)+areia grossa];

P = valor da permeabilidade do solo, sendo este: 1 – muito baixa, 2 – baixa, 3 – baixa a moderada, 4 – moderada, 5 – moderada a rápida, 6 – rápida,

sendo adotado o valor 3 para os solos Latossolo Vermelho Distroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico e o valor 4 para a associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprolítico;

DMP = diâmetro médio ponderado das partículas de solo (mm), definido pela Equação 4;

R = [areia grossa.(teor de matéria orgânica/100)].

$$DMP = \frac{[(0,65 \cdot \text{areia grossa}) + (0,15 \cdot \text{areia fina}) + (0,0117 \cdot \text{silte}) + (0,00024 \cdot \text{argila})]}{100} \quad (4)$$

Para a estimativa do fator de erodibilidade do solo (K) foram verificados quais os tipos de solo presentes na bacia do córrego São José. Dessa forma, o mapa da bacia foi sobreposto ao mapa de solos do estado do Paraná elaborado pelo ITCG (2008), constatando-se a existência na bacia do Latossolo Vermelho Distroférico, Nitossolo Vermelho Eutroférico e associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprolítico. Com base nessas informações, foram definidos os pontos de coleta de amostras de solos dentro da bacia, sendo estes identificados através de suas respectivas coordenadas geográficas, classificação e uso do solo na Tabela 2. Para a coleta das amostras de solo em campo foram utilizados GPS Etrex Garmin, prancheta com folha de anotações para identificação das amostras referentes a cada um dos pontos pré-definidos para coleta, enxada, pá, balde, sacos de 3 L para armazenamento e etiquetas para identificação.

As amostras foram coletadas em uma faixa de profundidade de 0 a 30 cm a partir da superfície do solo, sendo que cada uma foi composta pelo quarteamento de cinco amostras de aproximadamente 1Kg coletadas em seu entorno.

Em seguida, as amostras já quarteadas foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)/Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Câmpus Pato Branco, para a realização das análises granulométricas e físico-químicas do solo, sendo seus resultados apresentados no ANEXO A (fls. 104 a 114).

Tabela 2 - Pontos de coleta das amostras de solo, coordenadas geográficas, classificação do solo e sua utilização

Ponto de coleta	Coordenadas geográficas (m) (Datum SIRGAS 2000)			Classificação do solo	Uso do solo
	X	Y	Z		
1	298563	7116469	582	Latossolo Vermelho Distroférrico Típico	Plantio de <i>Pinus sp.</i>
2	299596	7116437	553	Associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutróférrico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprólítico	Vegetação arbórea/Pecuária
3	299442	7117011	531	Associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutróférrico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprólítico	Plantio de <i>Pinus sp.</i>
4	300346	7116059	637	Latossolo Vermelho Distroférrico Típico	Vegetação arbórea
5	298839	7115181	560	Latossolo Vermelho Distroférrico Típico	Agricultura (mandioca)
6	299610	7114489	575	Nitossolo Vermelho Eutróférrico Chernossólico	Agricultura (aveia e milho)
7	299417	7113466	622	Associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutróférrico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprólítico	Plantio de <i>Pinus sp.</i>
8	299656	7113068	650	Associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutróférrico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprólítico	Plantio de erva mate
9	299290	7112966	654	Nitossolo Vermelho Eutróférrico Chernossólico	Atividade avícola
10	299279	7114300	574	Associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutróférrico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprólítico	Agricultura (milho)

Os valores de erodibilidade do solo (K) foram calculados utilizando-se planilha eletrônica no *software* Microsoft Excel, sendo inseridos no ArcGis 10.0 por meio da tabela de atributos do polígono que apresenta os limites dos tipos de solo encontrados na bacia hidrográfica do córrego São José, acrescentando-se na tabela de atributos um campo para os valores de K correspondentes a cada um dos tipos de solos.

Em seguida, foi realizada a conversão do polígono para um conjunto de dados *raster* através do comando “*polygon to raster*”, dentro da ferramenta “*conversion tools*” – “*to raster*”. A conversão foi realizada atribuindo aos dados *raster*



dos tipos de solos os respectivos valores de K, por meio da seleção destes no campo denominado “*value field*” do campo da tabela de atributos correspondente a informação considerada na análise (valores de K), gerando a matriz do fator K com resolução de 15 m.

### 3.3.3 Metodologia para determinação do fator topográfico (LS)

Diferentemente da USLE, na RUSLE permite-se seccionar a encosta, permitindo sua representatividade em relação a declividades irregulares, cujas podem ser côncava, convexa ou complexa. Em grande parte das aplicações, isto leva a uma melhora na estimativa do efeito topográfico sobre as perdas de solo do que quando considera-se apenas um plano, como na USLE, gerando maior precisão nos valores de perdas de solo (AMORIM, 2004).

O fator topográfico (LS) pode ser calculado por meio da Equação 5 proposta por Wischmeier e Smith (1978).

$$LS = \left( \frac{L}{22,13} \right)^m \cdot (65,41 \cdot \text{sen}^2 \alpha + 4,56 \cdot \text{sen} \alpha + 0,065) \quad (5)$$

Onde:

L = comprimento da encosta, em metros;

m = coeficiente dependente da declividade, equivalente ao valor de 0,5 para declividade maior ou igual a 5%, 0,4 para declividade de 3,5 a 4,5%, 0,3 para declividade entre 1 a 3% e de 0,2 para declividade menor que 1%;

$\alpha$  = declividade da encosta, em graus.

A determinação do fator topográfico foi adaptada por Bertoni e Lombardi Neto (2012) baseada em dados de perdas de solo dos principais tipos de solo encontrados no Estado de São Paulo e observações de talhões por dez anos, possibilitando a quantificação das perdas médias de solo para variados graus de declividade e comprimento de rampa, conforme apresentado na Equação 6 (PASQUATTO, 2016).

$$LS = 0,0984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (6)$$

Sendo:

$C$  = comprimento de rampa, em metros;

$D$  = grau de declividade, em porcentagem.

A matriz de declividade em porcentagem foi gerada com base no modelo digital de elevação (MDE) por meio do comando “*slope*”, inserido na ferramenta “*surface*” do “*spatial analyst tools*”.

Para obtenção da matriz do fator topográfico (LS) foram multiplicadas a constante 0,0984, o comprimento de rampa de 100 metros da bacia em estudo elevado a 0,63 e a matriz de declividade em porcentagem elevada a 1,18 utilizando-se o comando “*raster calculator*”, contido na ferramenta “*map algebra*” do “*spatial analyst tools*”.

### 3.3.4 Metodologia para Determinar o fator de Uso e Manejo do Solo (C)

Na RUSLE o fator de uso e manejo do solo (C) é quantificado através da razão da perda de solo de uma área cultivada em determinada condição de cobertura e de manejo e da perda de solo de uma área mantida descoberta e preparada convencionalmente na direção do declive, sendo calculado conforme a Equação 7 para intervalos de 15 dias (GALDINO, 2012).

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{24} SLR_i EI_i}{\sum_{i=1}^{24} EI_i} \quad (7)$$

Onde:

$C$  = fator de manejo do solo, variando de 0 a 1;

$SLR$  = *Soil Loss Ratio* é a relação entre a perda de solo em determinado tipo de cobertura e de manejo do solo e a perda de solo de uma área mantida descoberta e preparada convencionalmente na direção do declive, variando de 0 a 1;

$EI$  = índice de erosividade, em MJ.mm/ha.h.

O SLR é determinado através do método dos subfatores apresentado conforme a Equação 8 abaixo (AMORIM, 2004; GALDINO, 2012):

$$SLR = PLU.CC.SC.SR.SM \quad (8)$$

Sendo:

PLU = *Prior Land Use* é o subfator uso anterior do solo;

CC = *Canopy-Cover* é o subfator cobertura do solo pelas copas da cultura;

SC = *Surface-Cover* é o subfator cobertura superficial do solo por resíduos culturais e/ou por plantas em contato direto com este;

SR = *Surface-Roughness* é o subfator rugosidade superficial do solo;

SM = *Soil-Moisture* é o subfator umidade do solo.

O desenvolvimento deste método permite sua aplicação em áreas ou situações não descritas pelo “*Agriculture Handbook 537*” e também em locais que não possuem dados experimentais para determinar o valor de C, além de permitir verificar a variabilidade ao longo do tempo do fator de manejo do solo em função do uso do solo (AMORIM, 2004).

A caracterização do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego São José foi realizada através do *software* ArcGis 10.0, conforme apresentado no item 3.2.

Devido à ausência de informações referentes aos períodos de plantio e colheita das culturas desenvolvidas na área da bacia, bem como a carência de dados para determinar-se a relação entre a perda de solo em determinado tipo de cobertura e de manejo do solo e a perda de solo de uma área mantida descoberta e preparada convencionalmente na direção do declive (SLR), não foi possível a quantificação do fator de uso e manejo do solo (C). Dessa forma, para a determinação do fator de uso e manejo do solo foram adotados valores já apresentados na literatura, tais como os de Fujihara (2002), Galdino (2012) e Silva *et al.* (2010), apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Classes de uso e ocupação do solo e seus respectivos valores do fator C para a bacia hidrográfica do córrego São José

Classes de uso e ocupação do solo	Fator C	Bibliografia
Solo Exposto <sup>1</sup>	1,00	FUJIHARA (2002)
Pastagem	0,07	GALDINO (2012)
Agricultura	0,0821	FUJIHARA (2002)
Vegetação arbórea	0,0004	SILVA <i>et al.</i> (2010)

<sup>1</sup> Para o caso da bacia hidrográfica do córrego São José, as áreas de solo exposto contemplam, além de solo exposto, estradas e edificações, áreas de lavoura em pousio.

Os mapas do fator de uso e manejo do solo para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017 foram elaborados com base na classificação de uso e ocupação do solo, sendo atribuído a cada uma das classes o respectivo valor definidos na tabela acima apresentada.

Os valores do fator C foram atribuídos para as respectivas classes de uso e ocupação do solo, para os anos estudados, através do *software* ArcGis 10.0. Primeiramente, os arquivos *raster* respectivos à classificação de uso e ocupação do solo para os anos em estudo foram reclassificados por meio do comando “*reclassify*”, contido na ferramenta “*reclass*” do “*spatial analyst tools*”. Dessa forma, as classes solo exposto, pastagem, agricultura e vegetação arbórea foram reclassificadas, atribuindo-se valores genéricos a cada uma (1, 2, 3 e 4).

Em seguida, para atribuir os valores do fator C aos valores genéricos empregados por meio do comando “*reclassify*”, foi utilizado o comando “*raster calculator*”, inserido na ferramenta “*map algebra*” do “*spatial analyst tools*”. Através da “*raster calculator*” os valores genéricos (inteiros) foram reclassificados para os valores do fator C (flutuantes), gerando as matrizes correspondentes aos fatores de uso e manejo do solo para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017.

### 3.3.5 Metodologia para Determinar o fator de Práticas Conservacionistas do Solo (P)

Na elaboração da RUSLE foram avaliados dados experimentais relacionados ao cultivo em contorno com a finalidade de se determinar os valores do fator de cultivo de contorno como uma função da altura dos camalhões, da

quantidade de sulcos e da erosividade das chuvas. Foram desenvolvidos novos valores para o fator de práticas conservacionistas do solo (P) para englobar o efeito dos terraços em levar ao acúmulo dentro dos canais e foram incorporadas a RUSLE várias condições de cultivo em faixas. Ademais, foram desenvolvidos valores para o fator P relacionando-o as práticas conservacionistas em florestas, além de todos os outros aperfeiçoamentos para a determinação do fator P com base na teoria do desprendimento e transporte, fundamentados no transporte de sedimentos e hidráulica de escoamento (AMORIM, 2004).

A RUSLE abrange nas áreas cultivadas as práticas de cultivo em contorno, plantio em faixa, terraceamento e drenagem superficial, enquanto que em áreas áridas e de pastagens considera práticas que beneficiam a diminuição do escoamento superficial e da retenção de umidade no solo. Práticas melhoradas de cultivo em lavouras, de controle de erosão, como rotação de culturas, correção de fertilidade, plantio direto, incorporação de resíduos, dentre outras, não são contempladas pelo fator P, mas sim pelo fator C (GALDINO, 2012).

O fator de práticas conservacionistas do solo (P) (Equação 9) possui um valor global a ser determinado por meio do produto de subfatores P quando práticas individuais são utilizadas em conjunto, como cultivo em contorno combinado com plantio em faixas e terraços (GALDINO, 2012).

$$P = P_C P_S P_T P_{Sb} P_R \quad (9)$$

Em que:

$P_C$  = *Contouring* é o fator de prática conservacionista (P) para cultivo em contorno;

$P_S$  = *Cross-Slope Stripcropping* é o fator de prática conservacionista (P) para plantio em faixa em nível;

$P_T$  = *Terracing* é o fator de prática conservacionista (P) para terraceamento;

$P_{Sb}$  = *Subsurface Drained Areas* é o fator de prática conservacionista (P) para drenagem sub-superficial;

$P_R$  = *Rangelands* é o fator de prática conservacionista (P) para pastagens.

Na determinação do fator de práticas conservacionistas do solo (P) foi constatada a inexistência de práticas conservacionistas implementadas na área da bacia para solo exposto, sendo então atribuído o valor 1 (um) ao fator P, sendo as áreas de solo exposto, compostas por áreas de solo exposto, estradas, edificações e lavoura em pousio. Para a área de vegetação arbórea o valor de P foi especificado como sendo de vegetação primária, com valor de 0,01. Quanto às áreas de pastagem e agricultura, por se tratarem de áreas de lavoura de plantio direto e pastagem plantadas em nível, foi adotado o valor de 0,5 (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; TOMAZONI, 2003).

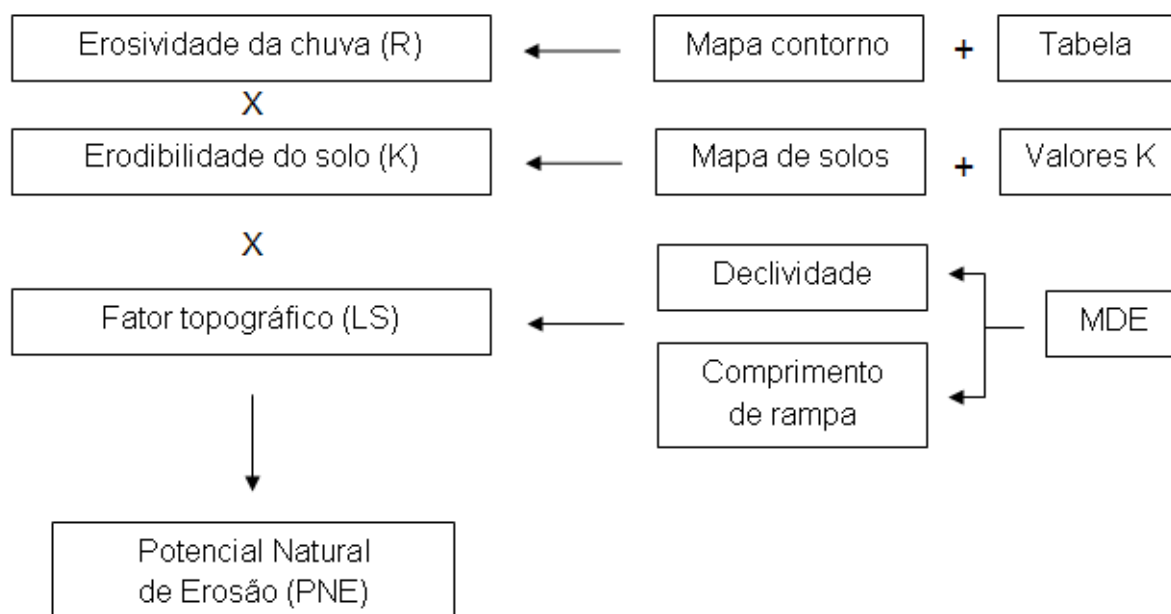
Os valores do fator P foram determinados para as respectivas classes de uso e ocupação do solo, para o período estudado, por meio do *software* ArcGis 10.0. Inicialmente, os arquivos *raster* respectivos à classificação de uso e ocupação do solo para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017 foram reclassificados por meio do comando *“reclassify”*, pertencente a ferramenta *“reclass”* do *“spatial analyst tools”*. Assim sendo, as classes solo exposto, pastagem, agricultura e vegetação arbórea foram reclassificadas, atribuindo-se valores genéricos a cada uma (1, 2, 3 e 4).

Posteriormente, para os valores do fator P serem atribuídos aos valores genéricos empregados por meio do comando *“reclassify”*, foi utilizado o comando *“raster calculator”*, contido na ferramenta *“map algebra”* do *“spatial analyst tools”*. Por meio da *“raster calculator”* os valores genéricos (inteiros) foram reclassificados para os valores do fator P (flutuantes), gerando as matrizes correspondentes aos fatores de práticas conservacionistas do solo para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017.

### 3.3.6 Metodologia para determinação do Potencial Natural de Erosão (PNE)

Para a determinação do potencial natural de erosão foram multiplicadas no ArcGis 10.0 através do comando *“raster calculator”*, contido na ferramenta *“map algebra”* do *“spatial analyst tools”*, a matriz de erosividade da chuva (R), a matriz de erodibilidade do solo (K) e a matriz do fator topográfico (LS), gerando assim o mapa do potencial natural de erosão (PNE) da bacia hidrográfica do córrego São José. Na Figura 5 apresenta-se o fluxograma de atividades para a determinação do PNE.

Figura 5 - Fluxograma para a determinação do potencial natural de erosão (PNE)



### 3.3.7 Metodologia para determinação da estimativa de Perda de Solo (A)

Para a quantificação do processo de erosão hídrica laminar do solo da bacia do córrego São José foi utilizada a Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE) (RENARD *et al.*, 1997), sendo esta descrita abaixo na Equação 10.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (10)$$

Onde:

A = Perda de solo média anual por unidade de área e de tempo, em ton/ha.ano;

R = Fator de erosividade das chuvas, em MJ.mm/ha.h.ano;

K = Fator de erodibilidade do solo, em ton.ha.h/ha.MJ.mm;

L = Fator de comprimento da vertente, adimensional;

S = Fator de declividade da vertente, adimensional;

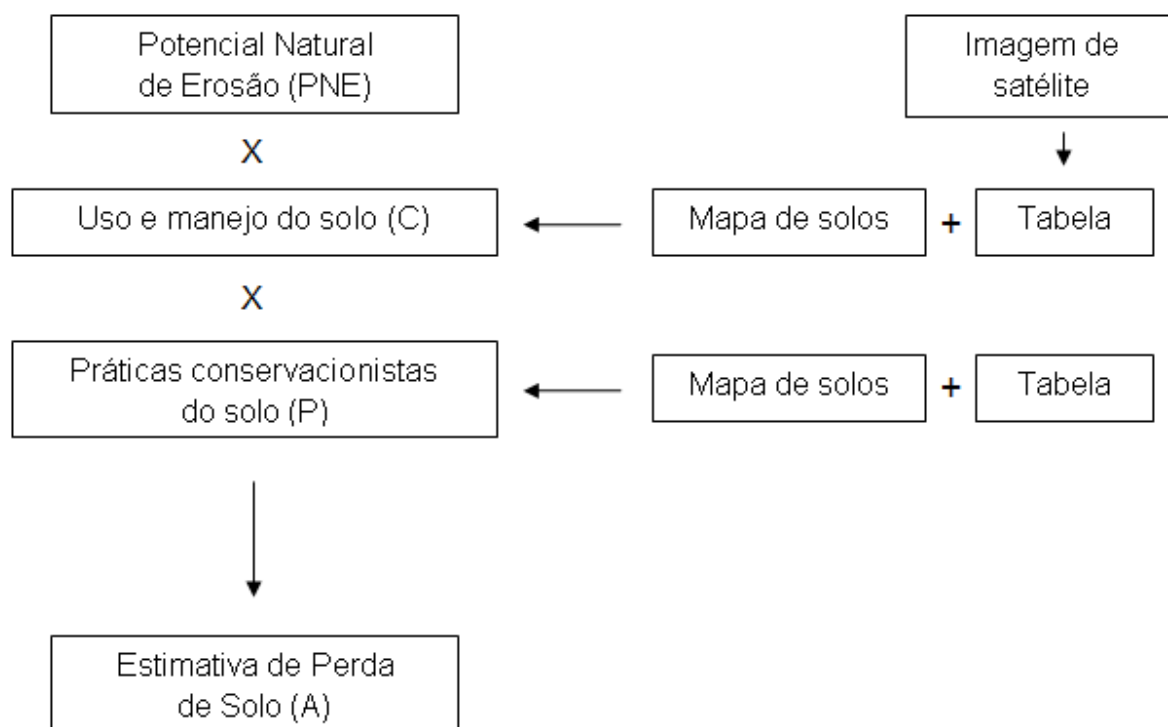
C = Fator de uso e manejo do solo, adimensional;

P = Fator de práticas conservacionistas do solo, adimensional.

Para a determinação da estimativa de perda de solo foram multiplicadas no ArcGis 10.0 por meio do comando “*raster calculator*”, pertencente a ferramenta “*map*

*algebra*” do “*spatial analyst tools*”, a matriz do potencial natural de erosão (PNE) (obtida pelo produto das matrizes de erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K) e do fator topográfico (LS)), pelas matrizes do fator de uso e manejo do solo (C), para cada um dos anos estudados, e do fator de práticas conservacionistas do solo (P) para cada um dos anos estudados, sendo gerada então a matriz da estimativa de perda de solo (A) da bacia hidrográfica do córrego São José para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017. Na Figura 6 apresenta-se o fluxograma de atividades para a determinação estimativa de perda de solo.

Figura 6 - Fluxograma para a determinação da estimativa de perda de solo (A)





## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ASPECTOS FÍSICOS DA ÁREA DE ESTUDO

Para uma adequada interpretação dos fenômenos naturais e causados pelo uso e ocupação do solo se faz necessária a descrição dos aspectos físicos da área de estudo. Sendo assim, a seguir são descritos geologia, geomorfologia, pedologia, clima, precipitação e vegetação da área onde localiza-se a bacia hidrográfica do córrego São José.

#### 4.1.1 Geologia

O município de Francisco Beltrão, localizado no Sudoeste do Paraná, está contido no Terceiro Planalto Paranaense, que é compreendido pela Bacia do Paraná. Esta é uma bacia sedimentar formada por derrames basálticos, recoberta por cobertura vulcânica e sedimentar, abrangendo o Terceiro Planalto Paranaense, recobrando uma área de 1,5 milhão de Km<sup>2</sup>, equivalente a aproximadamente 75% do Estado (MINEROPAR, 2006).

Segundo Tomazoni (2003), os basaltos são compostos fundamentalmente pelos minerais feldspatos álcali-cálcicos e piroxênios, correspondendo de 70 a 80% de seu volume. Grande parte dos plagioclásios está na faixa da andesina, contendo também os feldspatos potássicos, na maioria das vezes microcristalinos, compondo aproximadamente 10% da rocha basáltica. Entre os piroxênios se sobressaem as pigeonitas e os clinopiroxênios sub-cálcicos, estando as augitas e ferroaugitas nos equivalentes intrusivos. As magnetitas são os opacos identificados. É frequente a aparição de basaltos amigdalóides, eventualmente preenchidos por quartzo, variedades microcristalinas ou hidratadas de sílica, calcitas e zeólitas.

A Bacia do Paraná possui as formações paleozóicas estendendo-se até a Escarpa Devoniana a leste, onde destacam-se no sentido Sul-Norte as feições das Serras da Prata, do Purunã, do Carambeí e das Frunas. A Formação Serra Geral no Estado do Paraná é delimitada pela borda do Terceiro Planalto onde sobressaem-se a a Serra da Esperança, a sul do Arco de Ponta Grossa, a Serra dos Porongos, sobre a inflexão do arco, e a Serra Grande na região de São Jerônimo da Serra (MINEROPAR, 2013).

O Grupo Serra Geral (denominado formação quando se refere à nomenclatura anterior ao relatório O Grupo Serra Geral no Estado do Paraná, publicado pela Mineropar em 2013, e a maneira em que é citado em outros documentos) é subdividido no Paraná em quatro formações, sendo estas Formação Cascavel, Barracão, Candói e Covó, subdivididas em treze membros, sendo que o município de Francisco Beltrão tem seu território localizado na Formação Barracão, em sua subdivisão Membro Salgado Filho (MINEROPAR, 2013).

A Formação Barracão abrange sequências de derrames predominantemente lobados, tendo menor ocorrência de derrames tabulares extensos de basalto vesicular avermelhado, com consideráveis intercalações de brechas vulcanoclásticas e rochas sedimentares, em sua maioria de origem tufácea ou deposição química. Há a ocorrência de níveis de brecha hidrovulcanoclástica que compõe até 40% da sequência na região de Santo Antônio do Sudoeste, não havendo referências na literatura sobre episódios similares fora do Estado do Paraná. Em sentido ao norte as intercalações vulcanoclásticas são reduzidas em frequência, espessura e persistência lateral, enquanto que aumentam a ocorrência de brechas de fluxo, na zona de topo dos lobos vesiculares, havendo presença abundante de cimento de sílica cristalina e calcita (MINEROPAR, 2013).

O Membro Salgado Filho inicia-se na região Sudoeste do Paraná, circundada pelas fronteiras com a Argentina a oeste e o Estado de Santa Catarina a sul, pelo vale do rio Iguaçu a norte e a leste até a circunvizinhança da cidade de Francisco Beltrão. Possui extensos derrames tabulares de basalto roxo-esverdeado, fanerítico fino a médio, com zona de topo finamente vesicular e núcleos recortados por disjunção colunar sigmoidal de grande porte, nomeados Membro Flor da Serra do Sul (MINEROPAR, 2013).

Sua localização encontra-se ao nível da foz do rio Iguaçu, na cota 400 m e a região do município de Salgado Filho, na cota 1100 m, sendo sua espessura exposta de aproximadamente 700 m. O Membro Salgado Filho possui seu relevo nos domínios morfoesculturais, nomeados por OKA-FIORI (2006) como sendo planaltos de Alto Capanema, Baixo Iguaçu e Francisco Beltrão. O planalto de Francisco Beltrão possui vertentes convexas, interflúvios alongados, vales em V, declividades de 6 –12% e gradiente de 520 m (500 – 1020 m) (MINEROPAR, 2013).

#### 4.1.2 Geomorfologia

A bacia hidrográfica do córrego São José está situada no Terceiro Planalto Paranaense, na sub-unidade morfoescultural denominada Planalto de Francisco Beltrão. O Planalto de Francisco Beltrão apresenta uma área total de 4688 Km<sup>2</sup>, com relevo dominante composto por dissecação média, topos alongados, vertentes convexas e vales em “V” aberto, além de altitude com gradiente de 680 m sobre o nível do mar, com mínimo de 340 m e máximo de 1020 m (MINEROPAR; UFPR, 2006).

Os dados relacionados aos aspectos superficiais do terreno representam dados geomorfológicos relevantes. Quanto a hipsometria, a bacia possui altitude mínima de 510 m e máxima de 757 m, com classes de altitudes e respectivas áreas ocupadas por estas apresentadas na Tabela 4. O modelo digital de elevação da bacia está abaixo representado na Figura 7.

Tabela 4 - Classes de altitude da bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas

<b>Classe de altitude (m)</b>	<b>Área ocupada (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual correspondente à área total (%)</b>
510 – 535	0,185	1,88
535 – 560	0,7751	7,89
560 – 585	2,1368	21,77
585 – 610	1,7071	17,39
610 – 635	1,1422	11,64
635 – 660	1,6334	16,64
660 – 685	1,4408	14,68
685 – 710	0,5884	5,99
710 – 735	0,1704	1,74
735 – 757	0,0373	0,38
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>

A classe de altitude de 560 m a 585 m ocupa a maior área dentro da bacia hidrográfica, correspondendo a 21,77% da área total. As classes de 585 m a 610 m, 635 a 660 m, 660 m a 685 m e 610 m a 635 m ocupam a segunda, terceira, quarta e quinta maiores áreas, equivalendo a 17,39%, 16,64%, 14,68% e 11,64% da área total, respectivamente. As classes de 535 m a 560 m, 685 m a 710 m, 510m a 535 m e 710 m a 735 m possuem as menores, com respectivos 7,89%, 5,99%, 1,88% e

1,74%, sendo que a classe de 735 m a 757 m possui a menor porção de área na bacia, tendo apenas 0,38% da área total.

Os dados relativos a declividade do terreno na bacia são descritos na Tabela 5, sendo as classes de declividade: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado. Na Figura 8 está representado o mapa de declividade da bacia.

Há na bacia hidrográfica um predomínio das áreas de relevo ondulado e forte ondulado, correspondendo a 41,30% e 39,68% da área total, respectivamente. As classes de declividade suave ondulado, plano e montanhoso são que possuem as menores áreas dentro da bacia, com 7,86%, 7,29% e 3,81%, respectivamente, sendo que o relevo escarpado corresponde a menor área, correspondendo a apenas 0,06% da área total.

Tabela 5 - Classes de declividade da bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas

<b>Classe de declividade (%)</b>	<b>Área ocupada (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual correspondente à área total (%)</b>
0 – 3 (Plano)	0,7157	7,29
3 – 8 (Suave ondulado)	0,7716	7,86
8 – 20 (Ondulado)	4,0548	41,30
20 – 45 (Forte ondulado)	3,8952	39,68
45 – 75 (Montanhoso)	0,3738	3,81
> 75 (Escarpado)	0,0054	0,06
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>

Figura 7 - Modelo digital de elevação da bacia hidrográfica do córrego São José

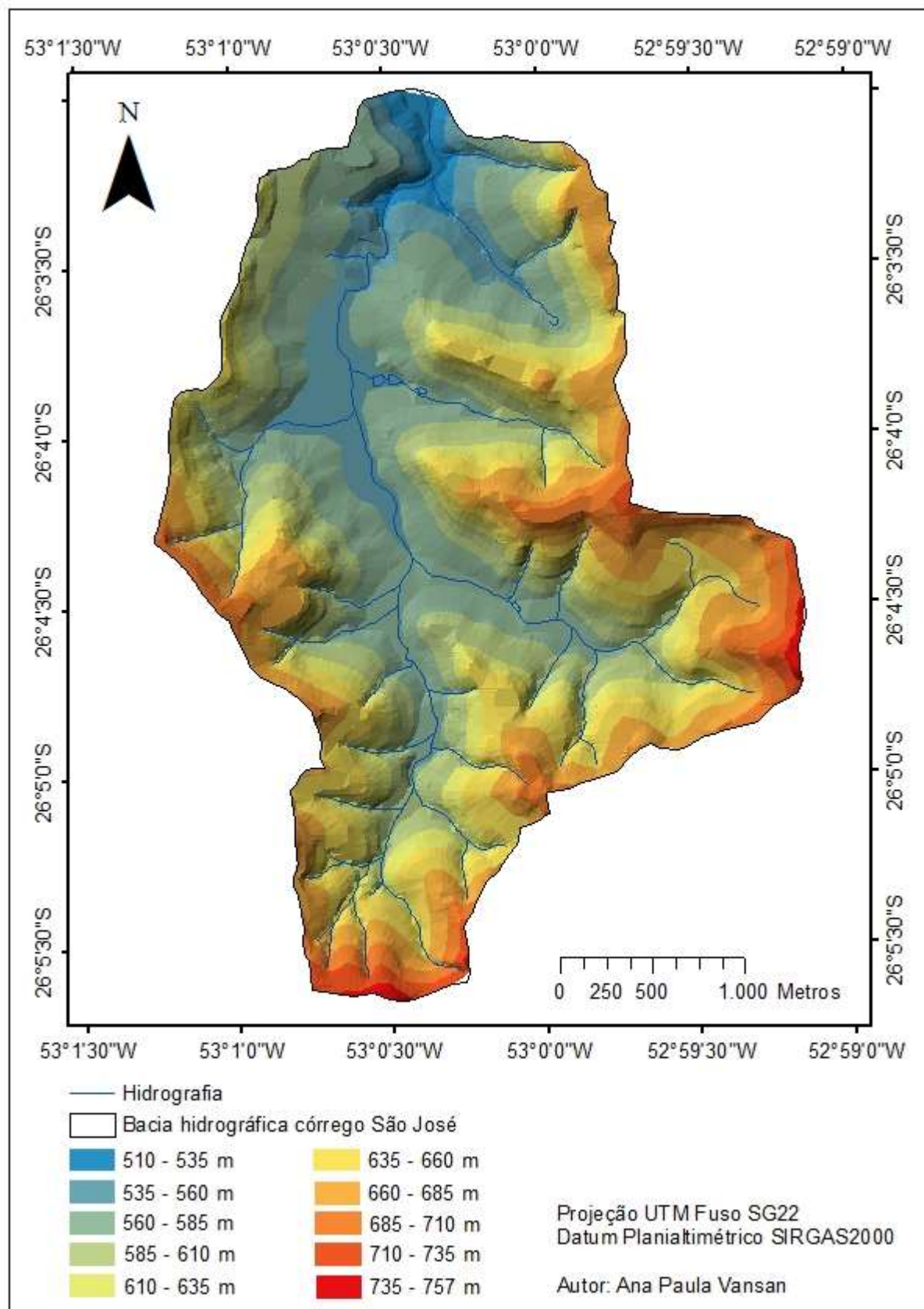
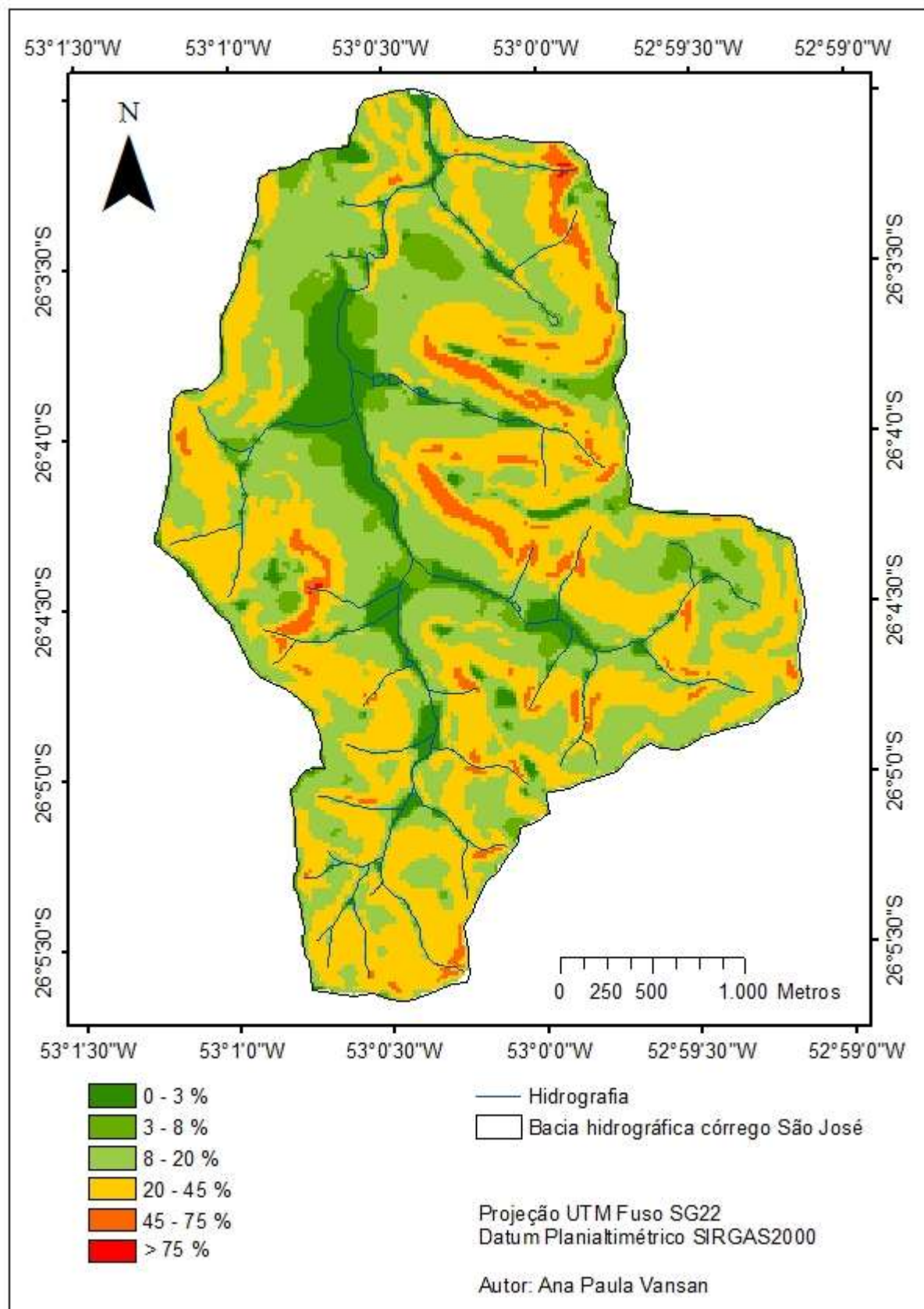


Figura 8 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do córrego São José



### 4.1.3 Pedologia

Devido a sua geologia limitada ao basalto e suas variedades, juntamente com o clima mesotérmico, úmido e ameno, sem estação seca, o município de Francisco Beltrão apresenta um perfil de intemperismo com pouca variação. Neste perfil ocorre preponderantemente o Latossolo Roxo (atualmente classificado como Latossolo Vermelho Distroférico), muito profundo, sobretudo nas áreas planas do relevo, bem como Terra Roxa Estruturada (atualmente classificada como Nitossolo Vermelho Distroférico) nas encostas com declive acentuado. Os locais íngremes e escarpados possuem numerosos afloramentos de rocha com uma fina camada de solo em estágio inicial de formação, contendo inúmeras pedras, chamados solos Litólicos (atualmente classificada como Neossolo Litólico). Nas cabeceiras de drenagens e várzeas, mantidos saturados em água, são encontrados os solos Hidromórficos ou Gleyssolos. Na extensão das várzeas mais longas e adjacente aos sopés das encostas mais íngremes ocorrem os colúvios e aluviões, habitualmente unidos como cobertura colúvio-aluvial (MINEROPAR, 2002).

Os tipos de solos encontrados na bacia hidrográfica do Córrego São José são o Latossolo Vermelho Distroférico Típico, o Nitossolo Vermelho Eutroférico Chernossólico e associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprolítico (Figura 9).

Os Latossolos são solos típicos de regiões tropicais e equatoriais, sendo também encontrados em zonas subtropicais, distribuídos principalmente por extensas e antigas áreas de erosão, pedimentos ou antigos terraços fluviais, frequentemente em relevo plano e suave ondulado, podendo localizar-se também em superfícies acidentadas, como relevo montanhoso. Encontrados com maior frequência em relevos de declividade de 2% a 8%, em alguns casos ocorrendo em relevos de até 12% e raramente até 15%, possuem grande espessura, normalmente ultrapassando os 3 metros, podendo chegar a 10 metros em relevo plano. Originam-se das mais variadas espécies de rochas e sedimentos, nas mais diversas circunstâncias de clima e vegetação (EMBRAPA, 2013; MINEROPAR, 2002).

Possuem variação de fortemente a bem drenados, apesar de ocorrerem solos de cores pálidas, moderadamente drenados e ainda imperfeitamente drenados, indicando formação em condições atuais ou pretéritas, com um certo nível de gleização. Em estado natural, possuem muita resistência a erosão, no entanto, se

submetidos a cultivo sua suscetibilidade a esta aumenta ou decresce de acordo com a declividade, comprimento da pendente, tipo de manejo, período de utilização e cultura (EMBRAPA, 2013; MINEROPAR, 2002).

O Latossolo Vermelho Distroférico Típico encontrado na bacia hidrográfica do córrego São José possui coloração vermelho-escuro (matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)). Os solos do grupo Distroférico possuem saturação por bases baixa ( $V < 50\%$ ) e teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de  $180 \text{ g.Kg}^{-1}$  a  $< 360 \text{ g.Kg}^{-1}$ , ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), com baixa fertilidade. Estes possuem elevada capacidade de desenvolvimento de atividade agrícola (EMBRAPA, 2013).

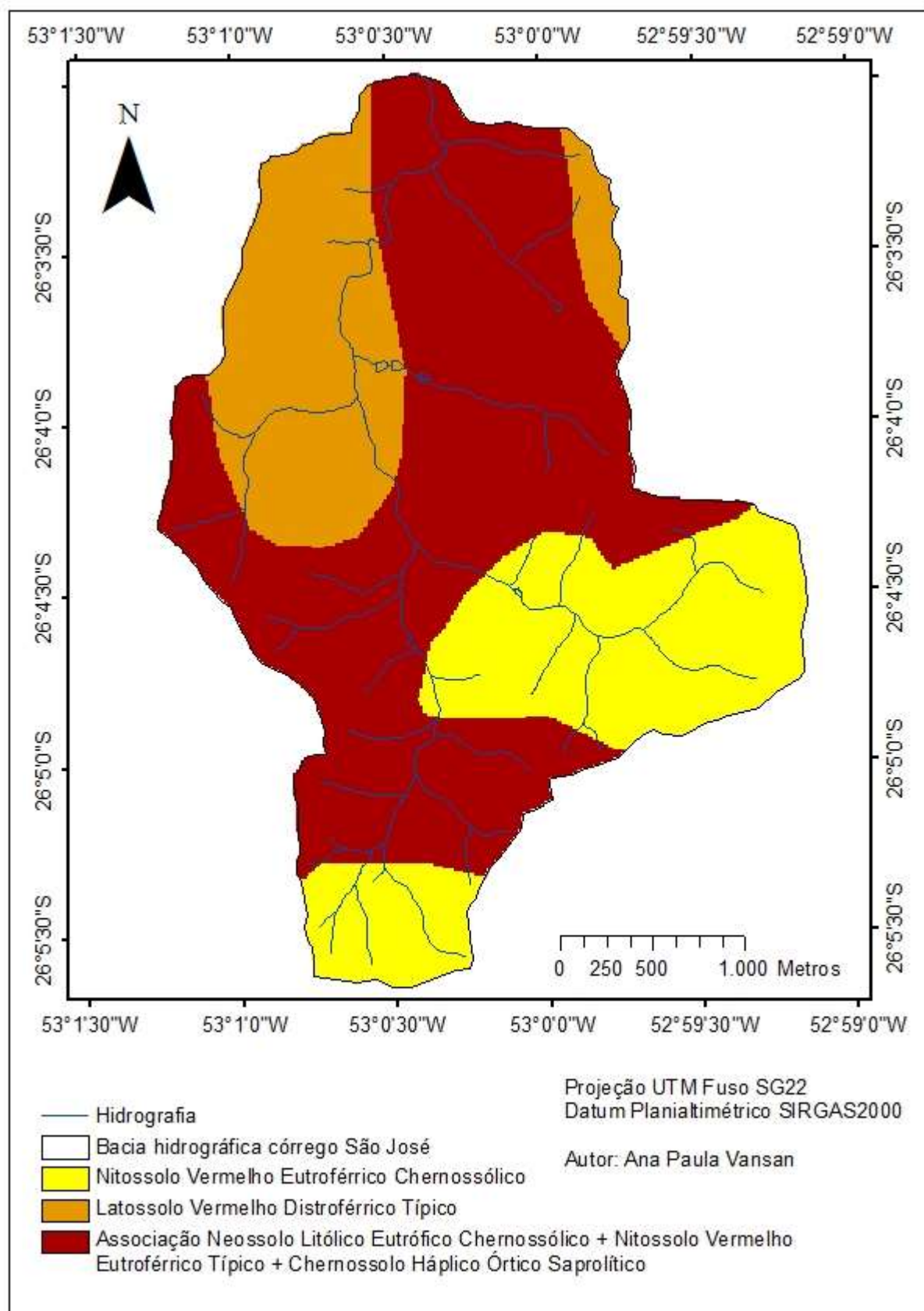
Os Nitossolos são formados por material mineral, com horizonte B nítico abaixo do horizonte A, contendo argila de baixa atividade ou caráter alítico predominando o horizonte B na faixa de 150 cm a partir da superfície. Possuem horizonte B expressivo em relação ao grau de desenvolvimento de estrutura, em conjunto com cerosidade e/ou superfícies de compressão, textura argilosa ou muito argilosa e relação textural menor ou igual a 1,5 (EMBRAPA, 2013).

São solos profundos, bem drenados, com coloração entre vermelha a brunada, moderadamente ácidos a ácidos, com argila de baixa atividade ou de caráter alítico, de composição caulínico-oxídica e de horizontes mal diferenciados e limites difusos. Possuem estrutura prismática ou em blocos e alta cerosidade no horizonte B, se desenvolvendo em relevos mais ondulados, com declividade entre 8% a 20% e excepcionalmente acima de 20% (EMBRAPA, 2013; MINEROPAR, 2002).

O Nitossolo Vermelho Eutroférico Chernossólico encontrado na bacia em estudo apresenta coloração vermelho-escuro, com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (exclusive BA), com horizonte A chernozêmico. Os solos do grupo Eutroférico possuem saturação por bases alta ( $V \geq 50\%$ ) e teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de  $150 \text{ g.Kg}^{-1}$  a  $< 360 \text{ g.Kg}^{-1}$ , ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2013).



Figura 9 - Tipos de solos que compõe a bacia hidrográfica do córrego São José



Os Neossolos são constituídos por material mineral ou orgânico com espessura menor de 20 cm, não possuindo nenhum tipo de horizonte B diagnóstico e atendendo aos seguintes requisitos: inexistência de horizonte glei abaixo do horizonte A na faixa de 150 cm a partir da superfície, a não ser para solos de textura areia ou areia fraca virtualmente sem materiais primários intemperizáveis; Inexistência de horizonte vértico logo abaixo de horizonte A; Inexistência de horizonte plúntica faixa de 40 cm ou de 150 cm desde a superfície se logo abaixo de horizontes A ou E ou se antecedido de horizontes de coloração pálida, variegada ou com mosqueados em grande quantidade; Inexistência de horizonte A chernozêmico com caráter carbonático ou conjugado com horizonte C cálcico ou com caráter carbonático. Compõe esta classe também solos com horizonte A ou hístico de espessura menor de 20 cm seguidos de camada(s) com 90% de volume ou mais de fragmentos de rocha ou de material de origem, independente de sua capacidade de resistir ao intemperismo (EMBRAPA, 2013).

Este tipo de solo é muito comum em áreas de relevo montanhoso e escarpado, com declividades maiores de 20%. Possuem grande quantidade de matacões, blocos e cascalhos não decompostos. Os seixos de basalto são envolvidos por matriz argilosa com altos teores de argilas quimicamente ativas, pela imaturidade do material. Tem alta suscetibilidade a erosão e pequena profundidade, não propiciando o armazenamento de água necessária para as plantas e possui pedras em sua superfície, não indicados para aplicação de cultura tecnificada, sendo adequados para pastagens (MINEROPAR, 2002).

Na bacia hidrográfica do córrego São José é encontrada a associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprólítico.

O Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico possui horizonte A ou hístico assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C, Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa formada por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo, admitindo um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Os solos do grupo Eutróficos possuem saturação por bases alta ( $V \geq 50\%$ ) (EMBRAPA, 2013).

O Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico possui coloração vermelho-escuro, com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (exclusive BA). Os solos do grupo Eutroférico possuem saturação por bases alta ( $V \geq 50\%$ ) e teores de  $Fe_2O_3$  (pelo  $H_2SO_4$ ) de  $150 \text{ g.Kg}^{-1}$  a  $< 360 \text{ g.Kg}^{-1}$ , ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2013).

O Chernossolo Háplico Órtico Saprolítico pertence ao grupo de solos com horizonte A chernozêmico, com argila de atividade alta e saturação por bases alta, com ou sem acumulação de carbonato de cálcio. Não possui evolução muito avançada segundo atuação expressiva de processo de bissialitização, manutenção de cátions básicos divalentes, principalmente cálcio, aferindo alto grau de saturação dos coloides e eventual acumulação de carbonato de cálcio, gerando reação aproximadamente neutra com enriquecimento em matéria orgânica, beneficiando a complexação e floculação de coloides minerais e orgânicos (EMBRAPA, 2013).

Na Tabela 6 encontram-se as áreas ocupadas por cada um dos tipos de solos encontrados na bacia hidrográfica do córrego São José.

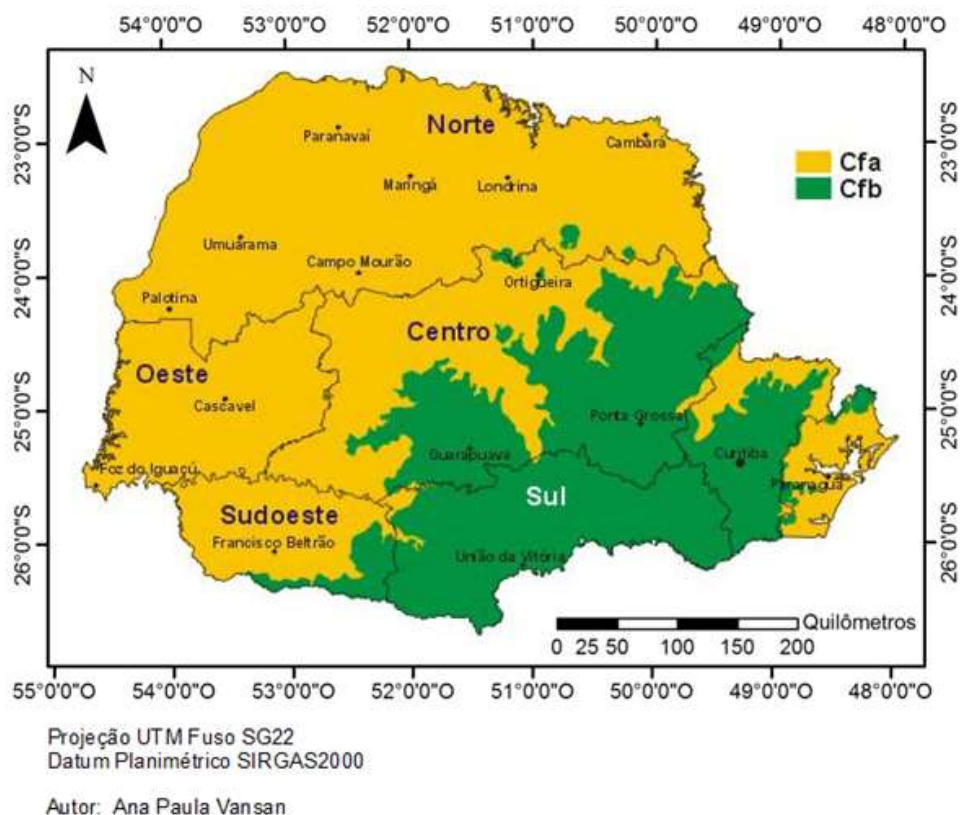
Tabela 6 - Tipos de solos localizados na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas

Classe de altitude (m)	Área ocupada (Km <sup>2</sup> )	Percentual correspondente à área total (%)
Latossolo Vermelho Distroférico Típico	2,0379	20,76
Nitossolo Vermelho Eutroférico Chernossólico	2,4557	25,02
Associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háplico Órtico Saprolítico	5,3229	54,22
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100,00</b>

#### 4.1.4 Clima

Conforme o sistema de classificação climática de Köppen, aplicado ao Estado do Paraná utilizando-se a série de dados do IAPAR até 1998, foram identificados dois tipos climáticos (Cfa e Cfb), sendo que a área do município de Francisco Beltrão pertence à região caracterizada pelo clima subtropical (Cfa), como apresentado pela Figura 10 (IAPAR, 2017).

Figura 10 - Classificação climática do Estado do Paraná



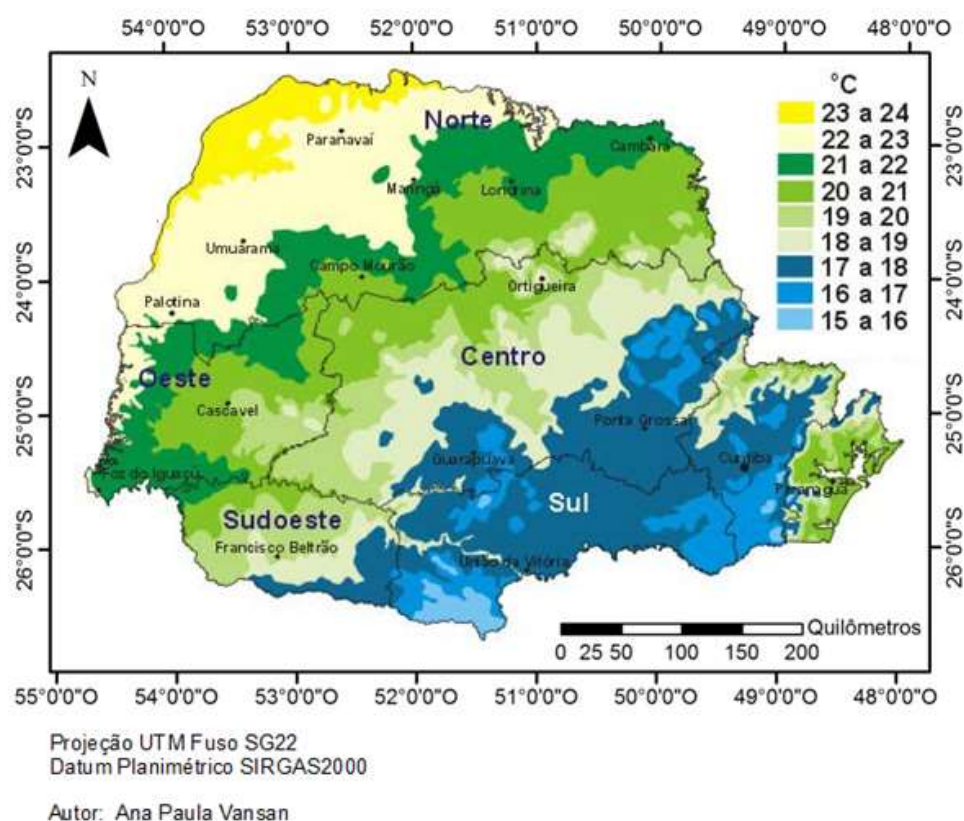
Fonte: Adaptado de IAPAR (2017).

O clima subtropical (Cfa) é caracterizado por temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, apresentado geadas menos frequentes, verões quentes e maior concentração de chuvas nos meses de verão, porém sem haver estação seca definida (IAPAR, 2017).

Segundo a carta climática de temperatura média anual elaborada pelo IAPAR (2017), a temperatura média anual para o município de Francisco Beltrão situa-se na faixa de 19 a 20°C (Figura 11).

Na Tabela 7 a seguir são apresentadas as médias históricas de temperatura para o município de Francisco Beltrão para o período de 1974 a 2016, assim como as temperaturas médias e absolutas máxima e mínima para cada um dos meses do ano.

Figura 11 - Temperatura média anual do Estado do Paraná



Fonte: Adaptado de IAPAR (2017).

Tabela 7 - Médias históricas de temperatura para o município de Francisco Beltrão para o período de 1974 a 2016

Mês	Temperatura média máxima (°C)	Temperatura média mínima (°C)	Temperatura máxima absoluta (°C)	Ano	Temperatura mínima absoluta (°C)	Ano
<b>Janeiro</b>	30,2	18,5	36,4	1991	8,0	1974
<b>Fevereiro</b>	29,9	18,4	37,6	2014	8,7	1991
<b>Março</b>	29,2	17,0	37,4	2005	3,4	1976
<b>Abril</b>	26,2	14,2	33,8	2007	1,0	1999
<b>Mai</b>	22,3	10,7	31,9	1981	-0,2	2007
<b>Junho</b>	20,7	9,3	31,0	1974	-4,2	1978
<b>Julho</b>	21,1	9,0	30,0	1994	-5,0	1975
<b>Agosto</b>	23,4	10,3	34,0	1999	-2,4	1984
<b>Setembro</b>	24,4	11,9	35,7	1988	-0,4	2002
<b>Outubro</b>	26,8	14,6	36,4	2014	3,3	1982
<b>Novembro</b>	28,4	15,9	38,3	1985	4,8	1995
<b>Dezembro</b>	29,6	17,7	38,2	1985	8,6	2010

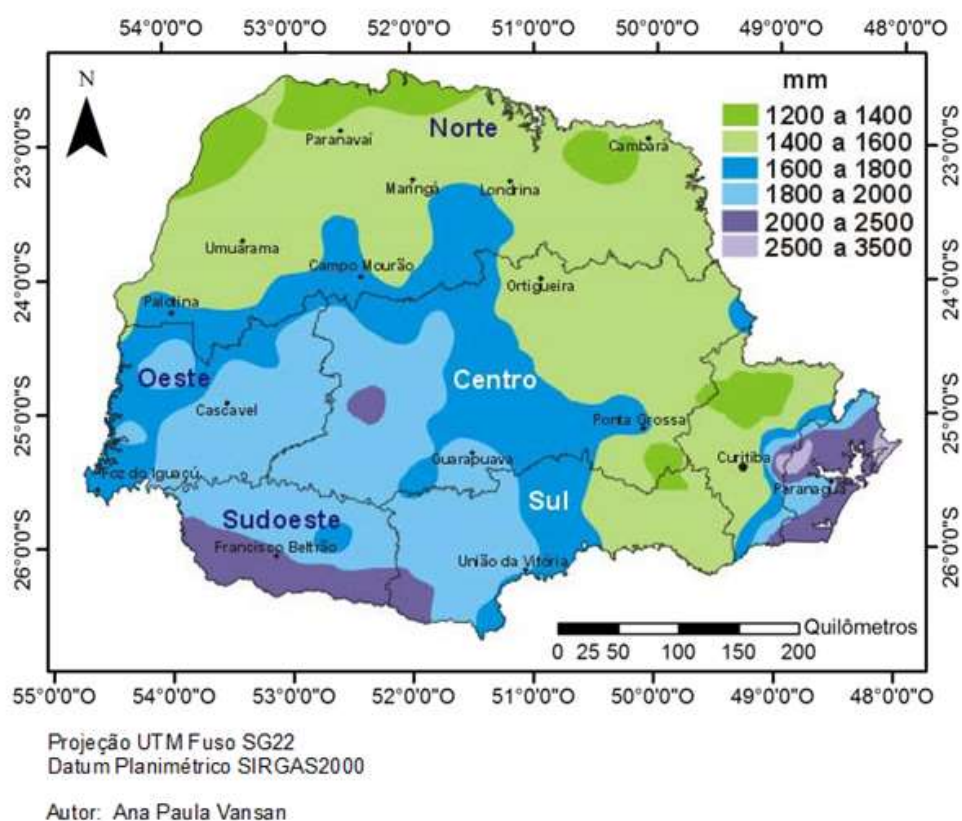
Fonte: IAPAR (2017).

#### 4.1.5 Precipitação

Conforme a carta climática de precipitação média anual (IAPAR, 2017), a região Sudoeste do Estado do Paraná possui seus índices pluviométricos anuais entre 1600 a 2500 mm, sendo a segunda região com os maiores índices pluviométricos do Estado (Figura 12).

A Tabela 8 apresenta os índices pluviométricos médios mensais para o município de Francisco Beltrão no período de 1974 a 2016. Observando-se a mesma é possível verificar que há a distribuição regular de chuvas durante todo o ano, sem registro de estação seca, sendo que o mês de outubro apresenta a maior precipitação média mensal com 251,7mm e o mês de agosto a menor precipitação média com 111,1mm. Além disso, no mês de abril de 2010 houve o maior registro de precipitação total diária com 178,0 mm em 24 horas e o mês de janeiro como o mês com o maior total médio de dias chuvosos com 14 dias.

Figura 12 - Precipitação média anual do Estado do Paraná



Fonte: IAPAR (2017).

Tabela 8 - Índices pluviométricos médios mensais para o município de Francisco Beltrão no período de 1974 a 2016

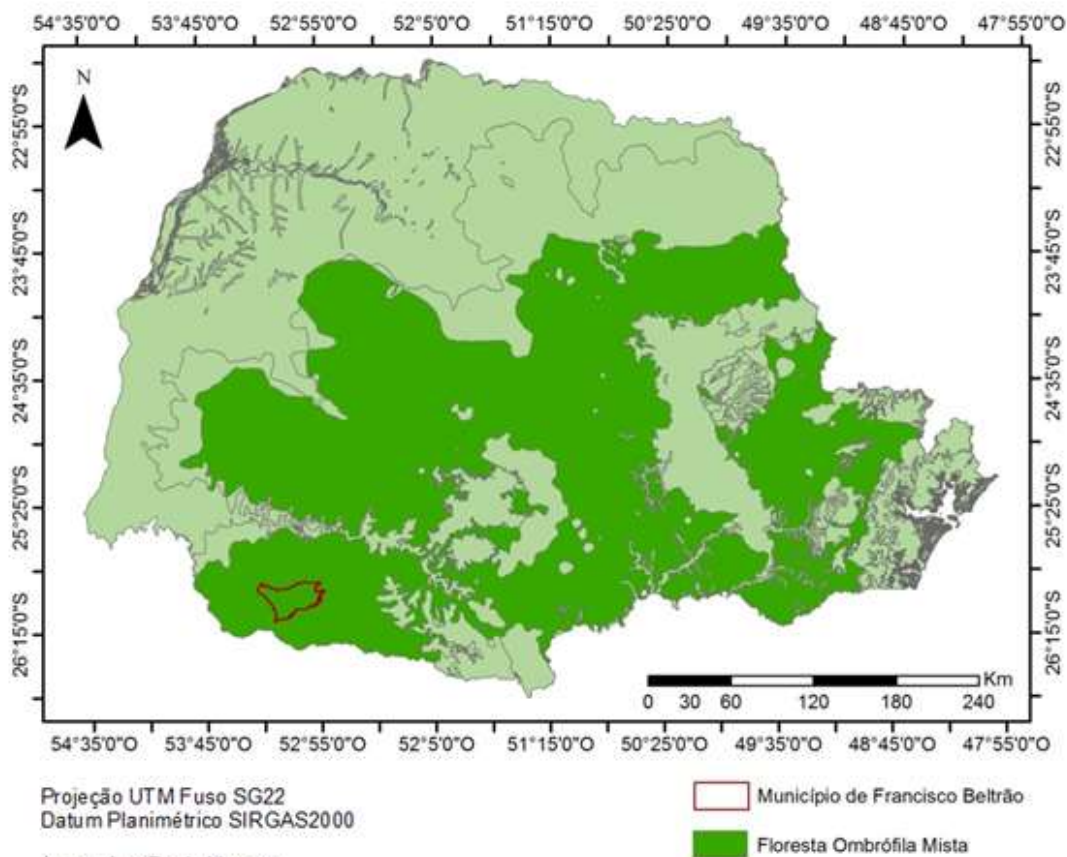
Mês	Precipitação total média mensal (mm)	Total diário máximo no período (mm)	Ano da ocorrência (diário máximo)	Total médio de dias chuvosos ( $\geq 0,2$ mm)
Janeiro	188,8	146,8	1980	14
Fevereiro	173,0	131,0	1983	13
Março	141,8	98,4	1983	11
Abril	167,6	178,0	2010	10
Maio	186,5	176,5	2014	9
Junho	167,3	183,6	1991	10
Julho	137,7	137,8	1983	10
Agosto	111,1	152,0	2011	8
Setembro	165,2	116,0	2014	10
Outubro	251,7	113,2	1975	12
Novembro	178,1	137,0	1982	11
Dezembro	177,5	117,0	1994	12
<b>SOMA</b>	2046	-	-	131

Fonte: IAPAR (2017)

#### 4.1.6 Vegetação

A vegetação da região Sudoeste do Estado do Paraná é caracterizada pela Floresta Ombrófila Mista, sendo esta também conhecida como “pinheiral” ou “mata-de-araucária” (Figura 13). Teve origem no Planalto Meridional, onde possuía maior presença, onde se considera que o vulcanismo iniciado no período Jurássico e concluído no Cretáceo foi o fator determinante para o despovoamento vegetal. Assim, supõe-se que o Pinheiro do Paraná (*Araucaria Angustifolia*) tenha se espalhado por meio do “Escudo Atlântico” que se encontrava junto da grande plataforma afro-brasileira no Paleozoico. A composição de espécies vegetais deste tipo de floresta, como *Drymis* e *Araucaria* (australásicos) e *Podocarpus* (afro-asiático), demonstra uma ocupação recente desde Refúgios Alto-Montanos, devido à altitude e latitude do Planalto Meridional (IBGE, 2012).

Figura 13 - Mapa fitogeográfico do Estado do Paraná



Fonte: Adaptado de ITCG (2008).

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ

Para a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego São José foram utilizadas as imagens dos satélites CBERS 4, CBERS 2B, CBERS 2 e Landsat 5. Para a classificação do uso e ocupação do solo, através do *software* ArcGis 10.0, foram constatadas áreas de solo exposto (solo exposto, estradas e edificações), pastagem, agricultura e vegetação arbórea, sendo que a Tabela 9 apresenta as áreas correspondentes a cada classe para os anos de 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017.



Tabela 9 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas

Classes de uso e ocupação do solo	Área ocupada (Km <sup>2</sup> )				
	2000	2005	2009	2015	2017
Solo Exposto	2,597280	1,772010	2,012805	1,182301	0,886800
Pastagem	0,163905	0,111113	0,123325	1,325925	1,785900
Agricultura	3,345190	4,520673	2,334345	2,388842	2,689500
Vegetação arbórea	3,710125	3,412704	5,346025	4,919432	4,454300
<b>Total</b>	9,8165	9,8165	9,8165	9,8165	9,8165

Na Figura 14 são apresentadas as áreas pertencentes cada uma das respectivas classe de uso e ocupação do solo para a área da bacia hidrográfica no mês de julho do ano 2000. Pode-se verificar que há a predominância de áreas de vegetação arbórea, correspondendo a 3,71 Km<sup>2</sup> (aproximadamente 37,8% da área total). A classe agricultura ocupa a segunda maior área dentro da bacia, com 3,345 Km<sup>2</sup>, equivalentes a aproximadamente 34,08% do total, enquanto a classe solo exposto ocupa a terceira maior área, com aproximadamente 2,60 Km<sup>2</sup> (26,46% do total), correspondendo a áreas de solo exposto, estradas, edificações e áreas de lavoura em pousio. As áreas de pastagem correspondem a menor área dentro da bacia, possuindo em torno de 0,164 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 1,67% do total.

A Tabela 10 relaciona as classes de uso e ocupação do solo com as classes de declividade da bacia para o ano 2000. O solo exposto encontra-se presente classes de relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, com predominância no relevo ondulado (13,5%) e forte ondulado (8,5%). A pastagem apresenta-se nas áreas de relevo plano, suave ondulado, ondulado e forte ondulado, com um total de 1,55%, sendo a menor representatividade na bacia. As classes de agricultura e vegetação estão presentes em todas as classes de relevo, sendo ambas predominantes no relevo ondulado e forte ondulado, representando 14,5% e 14,1%, e 12,41% e 17,11% da área total da bacia, respectivamente.

Figura 14 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2000

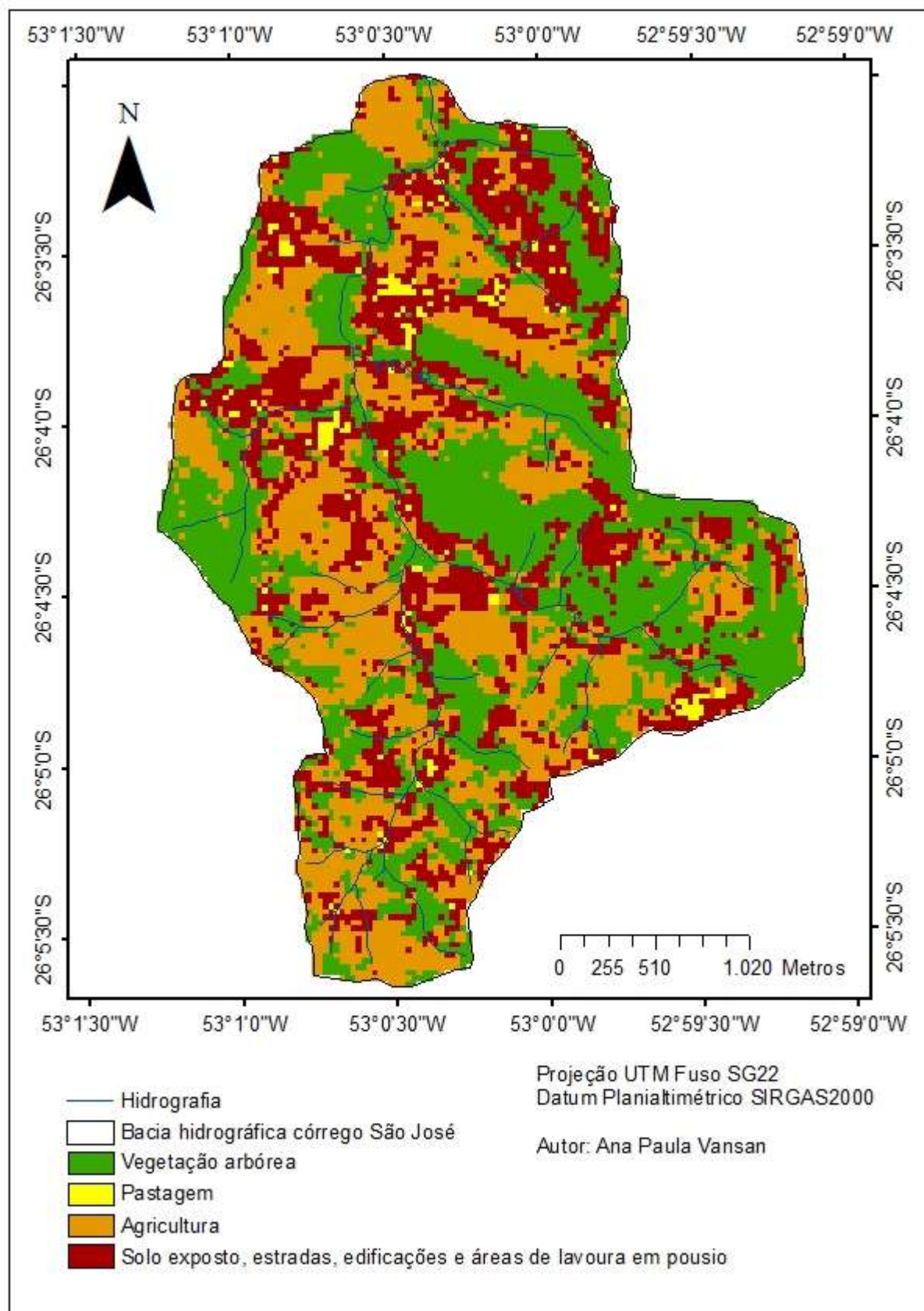


Tabela 10 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano 2000

Classes de uso e ocupação do solo	Relevo (%)						Total
	Plano (0 – 3%)	Suave Ondulado (3 – 8%)	Ondulado (8 – 20%)	Forte Ondulado (20 – 45%)	Montanhoso (45 – 75%)	Escarpado (> 75%)	
Solo Exposto	1,97	2	13,5	8,5	0,4	0	26,37
Pastagem	0,08	0,2	1,05	0,22	0	0	1,55
Agricultura	2,14	2,68	14,5	14,1	0,85	0,01	34,28
Vegetação arbórea	3,01	2,73	12,41	17,11	2,51	0,03	37,8
<b>Total</b>	<b>7,2</b>	<b>7,61</b>	<b>41,46</b>	<b>39,93</b>	<b>3,76</b>	<b>0,04</b>	<b>100</b>

Para o mês de julho de 2005 as áreas pertencentes a cada uma das classes de uso e ocupação do solo e suas correspondentes áreas para a bacia hidrográfica são representadas na Figura 15. As áreas de agricultura predominaram o uso e ocupação do solo para este ano, sendo aproximadamente 4,52 Km<sup>2</sup> e 46,05% da área total. As segunda e terceira maiores áreas dentro da bacia são, respectivamente, de vegetação arbórea, equivalente a aproximados 3,41 Km<sup>2</sup> (34,77% do total), e de solo exposto, equivalente a áreas de solo exposto, estradas, edificações e áreas de lavoura em pousio, com 1,77 Km<sup>2</sup>, correspondendo em torno de 18,05% do total. A menor área de uso e ocupação do solo dentro da bacia é de pastagem com área de 0,11 Km<sup>2</sup>, em torno de 1,13% do total.

Na Tabela 11 são apresentadas as classes de uso e ocupação do solo e as classes de declividade correspondentes para a bacia hidrográfica no ano de 2005. A classe solo exposto está presente nos relevos plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, com predominância no ondulado (8,81%) e forte ondulado (6,56%). A pastagem apresenta-se nas áreas de relevo plano, suave ondulado, ondulado e forte ondulado, com um total de 1,03%, ocupando a menor área da bacia. A classe de agricultura encontra-se em todas as classes de relevo, com as maiores áreas nos relevos ondulado e forte ondulado, representando 21,1% e 15,1% da área total da bacia, respectivamente. A vegetação arbórea não encontra-se presente apenas no relevo escarpado, tendo sua maior porção nos relevos ondulado e forte ondulado, equivalendo a 11,02% e 16,55% da área total, respectivamente.

Figura 15 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2005

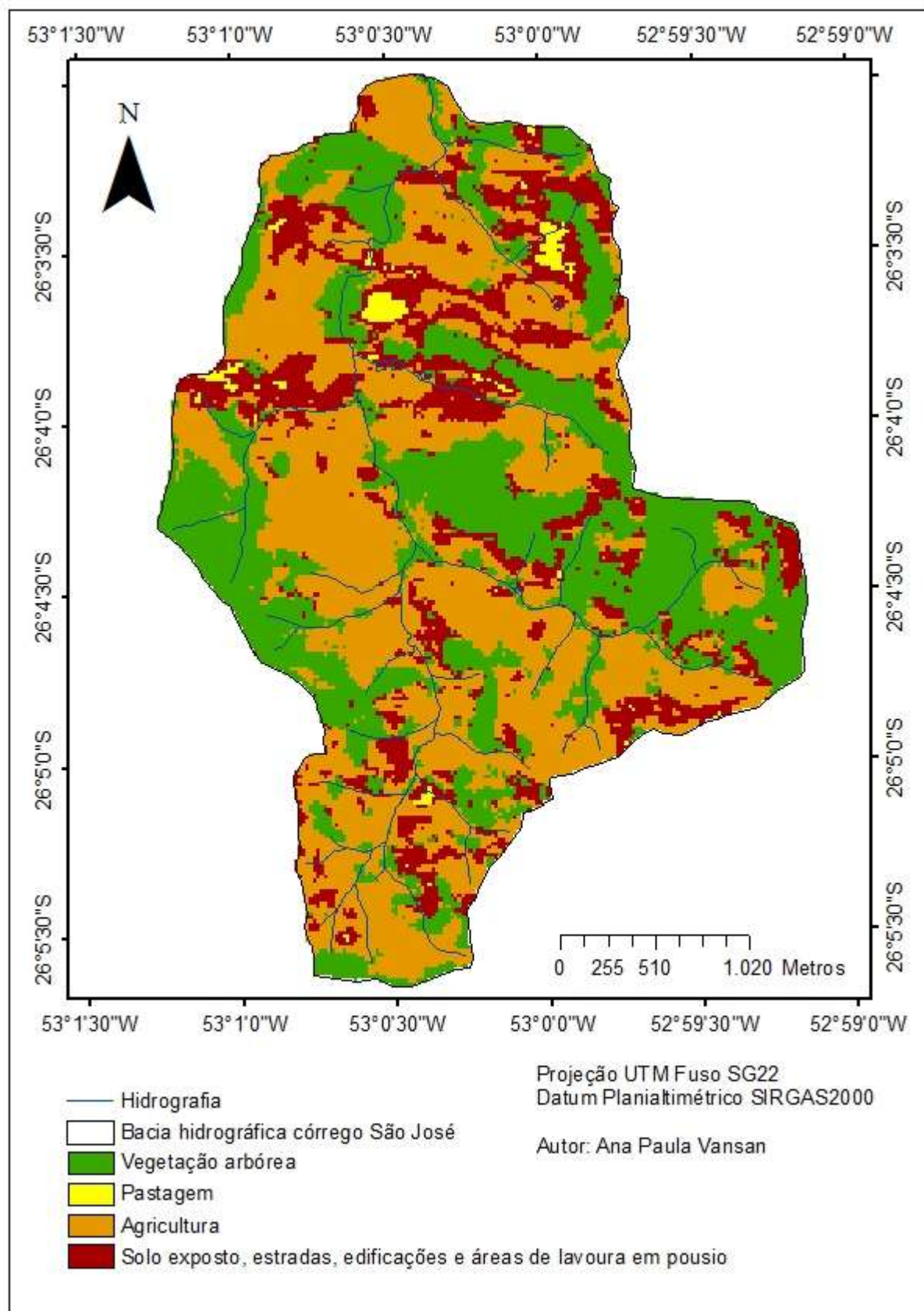


Tabela 11 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano de 2005

Classes de uso e ocupação do solo	Relevo (%)						Total
	Plano (0 – 3%)	Suave Ondulado (3 – 8%)	Ondulado (8 – 20%)	Forte Ondulado (20–45%)	Montanhoso (45 – 75%)	Escarpado (> 75%)	
Solo Exposto	1,25	1,16	8,81	6,56	0,27	0	18,05
Pastagem	0,02	0,12	0,49	0,4	0	0	1,03
Agricultura	3,84	3,94	21,1	15,1	2,21	0,01	46,2
Vegetação arbórea	2,09	2,46	11,02	16,55	2,6	0	34,72
<b>Total</b>	<b>7,2</b>	<b>7,68</b>	<b>41,42</b>	<b>38,61</b>	<b>5,08</b>	<b>0,01</b>	<b>100</b>

O mês de dezembro do ano de 2009 tem o mapa de classes de uso e ocupação do solo e respectivas áreas para a bacia hidrográfica apresentado na Figura 16. A vegetação arbórea possui a maior área tendo em torno de 5,35 Km<sup>2</sup> (54,46% da área total), enquanto a agricultura possui a segunda maior área, com aproximados 2,33 Km<sup>2</sup> (23,78% da área total). A terceira maior área de uso e ocupação do solo na bacia é de solo exposto, possuindo 2,01 Km<sup>2</sup>, aproximadamente 20,5% do total, sendo que a menor área pertence a classe de pastagem, com área de 0,12 Km<sup>2</sup> (1,26% do total).

As classes de uso e ocupação do solo e suas respectivas classes de declividade para a bacia hidrográfica no ano de 2009 estão descritas na Tabela 12. A classe solo exposto não está presente apenas no relevo escarpado, com predominância nas classes de relevo ondulado, com 10,2%, e forte ondulado, com 6,43%. A pastagem está presente nas áreas de relevo plano, suave ondulado, ondulado e forte ondulado, ocupando uma área de 1,14% do total da bacia. A pastagem encontra-se nas classes de relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, predominando nas áreas de relevo ondulado e forte ondulado, correspondendo a 10,60% e 8,73% da área total, respectivamente. A vegetação arbórea apresenta-se em todas as classes de relevo, concentrando-se nos relevos ondulado e forte ondulado, com 19,96% e 24,39%, respectivamente.

Figura 16 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2009

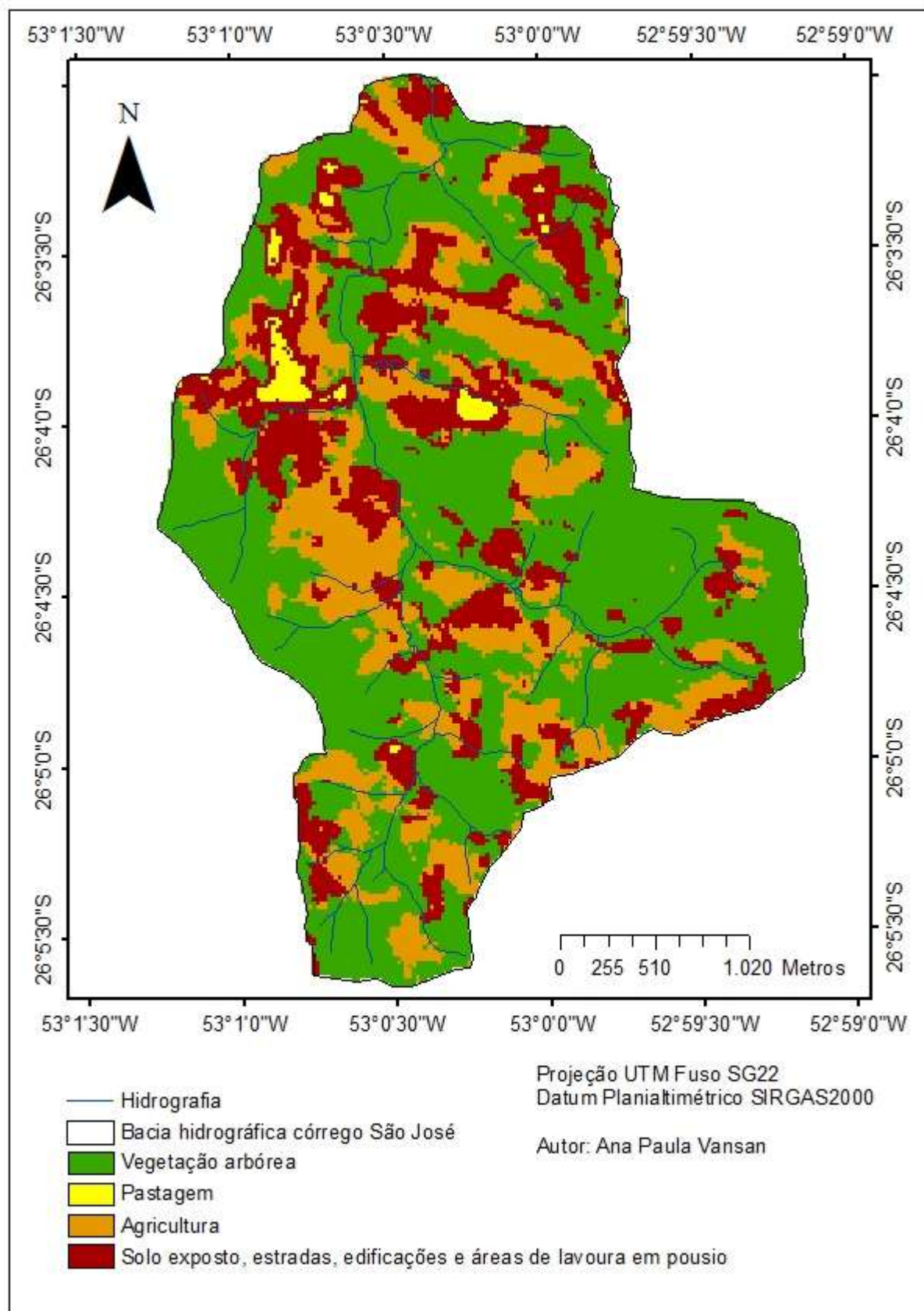


Tabela 12 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano de 2009

Classes de uso e ocupação do solo	Relevo (%)						Total
	Plano (0 – 3%)	Suave Ondulado (3 – 8%)	Ondulado (8 – 20%)	Forte Ondulado (20 – 45%)	Montanhoso (45 – 75%)	Escarpado (> 75%)	
Solo Exposto	1,71	1,76	10,2	6,43	0,48	0	20,58
Pastagem	0,12	0,03	0,66	0,33	0	0	1,14
Agricultura	2,05	2,06	10,6	8,73	0,51	0	23,95
Vegetação arbórea	3,34	3,82	19,96	24,39	2,78	0,04	54,33
<b>Total</b>	<b>7,22</b>	<b>7,67</b>	<b>41,42</b>	<b>39,88</b>	<b>3,77</b>	<b>0,04</b>	<b>100</b>

As classes de uso e ocupação do solo e respectivas áreas para a bacia hidrográfica para o mês de agosto de 2015 estão representadas na Figura 17. A vegetação arbórea teve uma diminuição em sua área de aproximadamente 0,427 Km<sup>2</sup>, porém ainda equivalendo a maior porção de área dentro da bacia (50,11%). A agricultura permaneceu possuindo a segunda maior área, tendo um torno de 2,39 Km<sup>2</sup> (24,34% da área total), enquanto a terceira maior área passou a ser ocupada por pastagem, com aproximadamente 1,33 Km<sup>2</sup> (13,51% da área total). O solo exposto passou a possuir a menor porção de área, com área de 1,18 Km<sup>2</sup> (12,04% do total), correspondendo a áreas de solo exposto, estradas, edificações e áreas de lavoura em pousio.

A Tabela 13 apresenta as classes de uso e ocupação do solo e suas respectivas classes de declividade para a bacia hidrográfica no ano de 2015. O solo exposto encontra-se em todas as classes de relevo, com exceção da classe escarpado, concentrando-se nas classes de relevo ondulado (6,56%) e forte ondulado (4,65%). As classes de pastagem e agricultura apresentam-se nas áreas de relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, com predominância dos relevos ondulado e forte ondulado, equivalendo a 8,12% e 3,8%, e 11,75% e 8,88% da área total, respectivamente. Em todas as classes de relevo há a ocorrência de vegetação arbórea, predominando nos relevos ondulado (17,66%) e forte ondulado (23,87%).

Figura 17 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2015

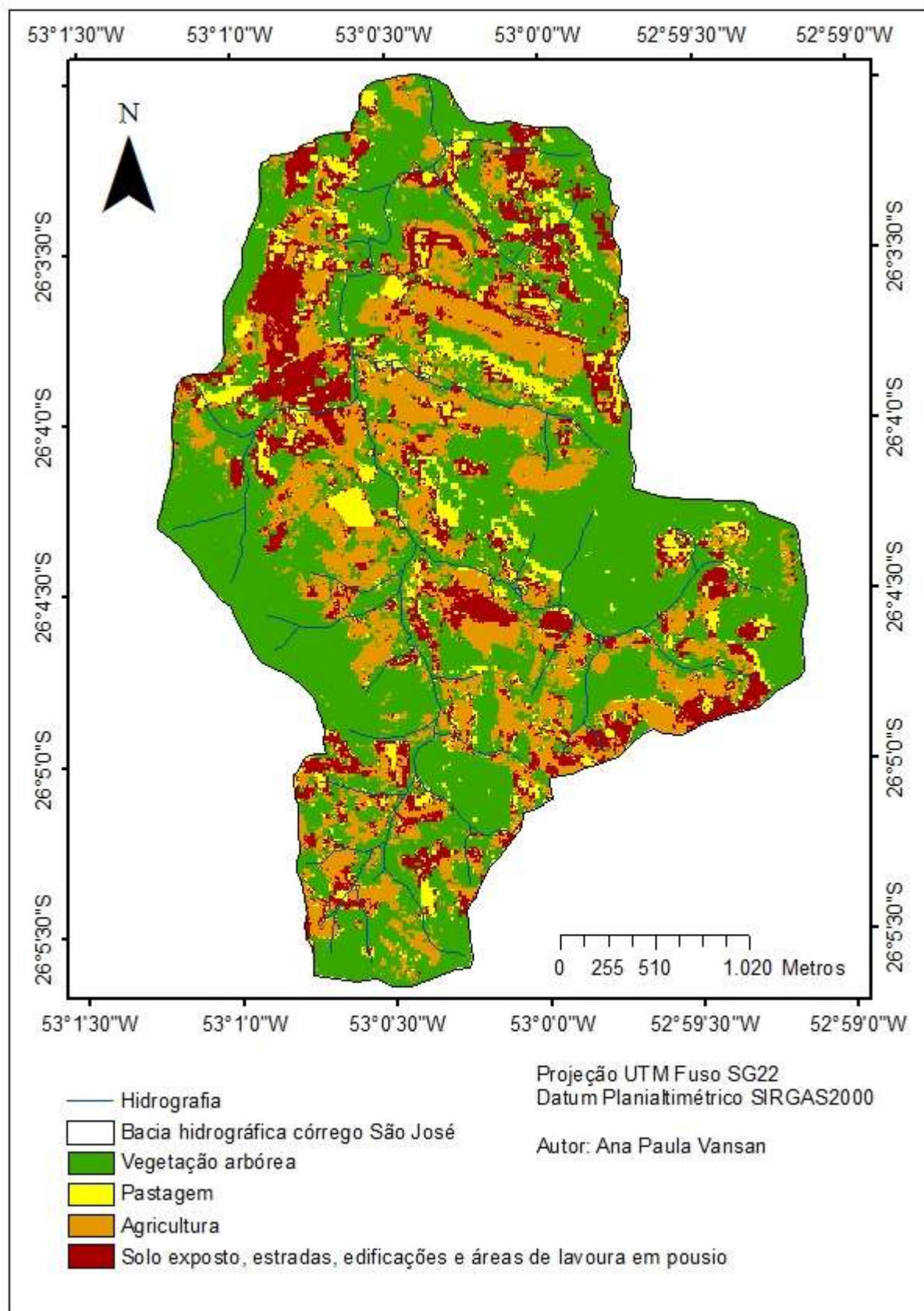




Tabela 13 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano de 2015

Classes de uso e ocupação do solo	Relevo (%)						Total
	Plano (0 – 3%)	Suave Ondulado (3 – 8%)	Ondulado (8 – 20%)	Forte Ondulado (20 – 45%)	Montanhoso (45 – 75%)	Escarpado (> 75%)	
Solo Exposto	0,77	0,51	6,56	4,65	0,31	0	12,8
Pastagem	1	1,33	8,12	3,8	0,21	0	14,46
Agricultura	1,32	1,44	11,75	8,88	0,4	0	23,79
Vegetação arbórea	2,67	2,87	17,66	23,87	1,84	0,04	48,95
<b>Total</b>	<b>5,76</b>	<b>6,15</b>	<b>44,09</b>	<b>41,2</b>	<b>2,76</b>	<b>0,04</b>	<b>100</b>

Para o mês de junho do ano de 2017 as classes de uso e ocupação do solo para a bacia são apresentadas na Figura 18. Houve uma diminuição na área de vegetação arbórea em aproximados 0,465 Km<sup>2</sup> (45,38% do total) mantendo-se como o maior uso e ocupação do solo na bacia. As áreas de agricultura e pastagem tiveram um aumento, com 2,69 Km<sup>2</sup> e 1,79 Km<sup>2</sup>, respectivamente, equivalendo a segunda e terceira maior porção da bacia, com 27,4% e 18,19%. O menor uso e ocupação do solo permaneceu como solo exposto, equivalendo a áreas de solo exposto, estradas, edificações e áreas de lavoura em pousio, com aproximadamente 0,89 Km<sup>2</sup> (9,03% do total).

Para o ano de 2017 são correlacionadas as classes de uso e ocupação do solo com as classes de declividade da bacia na Tabela 14. O solo exposto está presente nos relevos plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, com predomínio dos relevos ondulado e forte ondulado, sendo estas 5,26% e 2,44% da área total da bacia. Pastagem e agricultura são encontradas nas áreas pertencentes aos relevos plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, com a maior parte de suas áreas inseridas nos relevos ondulado (10,3% e 15,34%, respectivamente) e forte ondulado (5,9% e 9,72%, respectivamente). A vegetação arbórea tem sua ocorrência em todas as classes de relevo, com a maior parcela de sua área concentrada no relevo ondulado, com 15,34%, e forte ondulado, com 22% da área total da bacia.

Figura 18 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2017

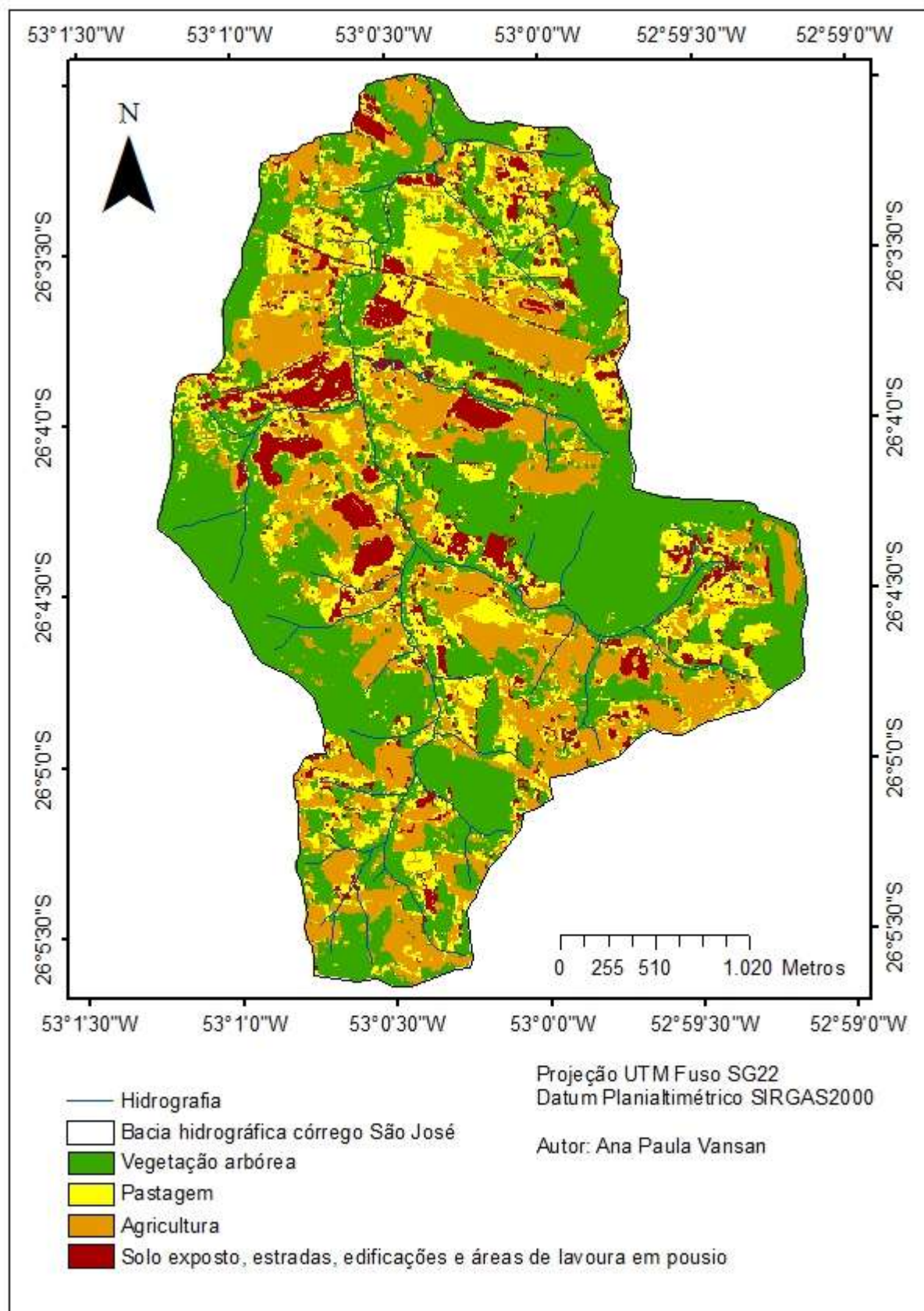


Tabela 14 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas no ano 2017

Classes de uso e ocupação do solo	Relevo (%)						Total
	Plano (0 – 3%)	Suave Ondulado (3 – 8%)	Ondulado (8 – 20%)	Forte Ondulado (20 – 45%)	Montanhoso (45 – 75%)	Escarpado (> 75%)	
Solo Exposto	1	0,7	5,26	2,44	0,2	0	9,6
Pastagem	1,6	2,07	10,3	5,9	0,26	0	20,13
Agricultura	1,95	1,94	11,38	9,72	0,12	0	25,11
Vegetação arbórea	2,32	2,7	15,34	22	2,76	0,04	45,16
<b>Total</b>	<b>6,87</b>	<b>7,41</b>	<b>42,28</b>	<b>40,06</b>	<b>3,34</b>	<b>0,04</b>	<b>100</b>

Analisando-se o histórico do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego São José verifica-se que há o predomínio da vegetação arbórea, sendo que apenas no ano de 2005 a área de agricultura foi superior. Entre os anos 2000 a 2005 houve um declínio da área de vegetação arbórea, com aumento dos anos de 2005 a 2009 (37,8% a 34,77%), tendo uma diminuição entre os anos 2009 a 2017 (54,46% a 45,38%), porém comparando-se as áreas no início do período analisado (2000), até o presente ano houve um aumento desse uso e ocupação do solo na bacia, de 37,8% para 45,38%, indicando um crescimento das áreas de preservação.

As áreas de agricultura possuíram para o período analisado a segunda maior porção da bacia hidrográfica, tendo um aumento de 34,08% para 46,05% entre os anos 2000 e 2005, chegando ao ano de 2009 com decréscimo de área, representando 23,78% do total. Entre os anos de 2009, 2015 a 2017 houve um aumento de área, de 23,78%, 24,34% e 27,4%, respectivamente.

A classe de uso e ocupação do solo de pastagem passou da menor área de utilização para a terceira maior área dentro da bacia hidrográfica no período estudado, com decréscimo nos anos 2000 a 2005 de 1,67% para 1,13%. Nos anos seguintes, houve acréscimo de área com 1,26%, 13,51% e 18,19% para os anos de 2009, 2015 e 2017, respectivamente. Devido a baixa resolução das imagens utilizadas nos anos de 2000 a 2009 houve dificuldade em diferenciar-se agricultura e pastagem, devendo-se seu acréscimo de área a esse fator.

O solo exposto possuía nos anos 2000 a terceira maior área dentro da bacia hidrográfica, correspondendo a 26,46%. Até o ano de 2005 houve um decréscimo da área, chegando a 18,05%, com posterior acréscimo até o ano de 2009 possuindo

então aproximadamente 20,5%. Nos anos de 2015 e 2017 ocorreu uma nova diminuição da porção de solo exposto na bacia, para respectivos 12,04% e 9,03%, tornando-se a classe menos representativa na bacia hidrográfica. Isso deve-se a melhora no decorrer do período analisado na resolução das imagens de satélite utilizadas, permitindo uma melhor diferenciação entre os diversos uso e ocupação do solo.

#### 4.3 QUANTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE EROSIÃO HÍDRICA LAMINAR DO SOLO DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ ATRAVÉS DA RUSLE

A quantificação do processo de erosão laminar do solo da bacia hidrográfica do córrego São José foi determinada por meio da Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE) (RENARD *et al.*, 1997). Dessa forma, foram determinados os fatores que influenciam no processo de erosão hídrica laminar: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), fator topográfico (LS), uso e manejo (C) e práticas conservacionistas do solo (P).

Esta estimativa do processo erosivo laminar do solo para a bacia foi quantificada para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017 com o auxílio do *software* ArcGis 10.0, sendo a seguir determinados os fatores que compõe a RUSLE individualmente.

##### 4.3.1 Quantificação da Erosividade da Chuva

A erosividade da chuva foi determinada para o município de Francisco Beltrão – PR através dos dados pluviométricos correspondentes a um período de 42 anos (1974 a 2016).

Na Tabela 15 são apresentados os valores de precipitação média mensal e erosividade da chuva calculada para cada um destes valores e seus respectivos somatórios.

Observa-se na Tabela 15 que o mês de outubro possui a maior precipitação média mensal, com 251,7 mm, sendo este valor consideravelmente maior que dos meses de janeiro e maio, que classificam-se como o segundo e terceiro meses mais chuvosos, com 188,8mm e 186,5mm, respectivamente. Dessa maneira, estes também são os meses de maior fator de erosividade da chuva no ano, com 1856,09

MJ/ha.mm/a, 1108,56 MJ/ha.mm/a e 1085,27 MJ/ha.mm/a, respectivamente, pois o aumento da precipitação causa um aumento proporcional na erosividade da chuva.

Tabela 15 - Precipitação média e erosividade da chuva mensal, no período de 1974 a 2016, para o município de Francisco Beltrão – PR

<b>Mês</b>	<b>Precipitação média mensal (mm)</b>	<b>Erosividade da chuva mensal (MJ/ha.mm/a)</b>
Janeiro	188,8	1108,56
Fevereiro	173	954,33
Março	141,8	689,34
Abril	167,6	904,71
Maio	186,5	1085,27
Junho	167,3	902
Julho	137,7	658,43
Agosto	111,1	479,87
Setembro	165,2	883,16
Outubro	251,7	1856,09
Novembro	178,1	1002,64
Dezembro	177,5	996,88
<b>Total</b>	<b>2046</b>	<b>11521,26</b>

Os meses com menor precipitação média mensal são agosto, julho e março, com 111,1 mm, 137,7 mm e 141,8 mm, respectivamente, sendo também os meses com menor fator de erosividade da chuva, com 479,87 MJ/ha.mm/a, 658,43 MJ/ha.mm/a e 689,34 MJ/ha.mm/a, respectivamente.

Em relação à sazonalidade da erosividade causada pelas chuvas na área de estudo verifica-se que a primavera é a estação mais chuvosa e com a maior erosividade do solo, precedida do outono e do verão, sendo o inverno a estação com menor erosividade do solo.

O fator erosividade média anual da bacia foi determinado por meio da equação desenvolvida por Waltrick (2010) sendo este de 11521,26 MJ/ha.mm/a. No boletim técnico publicado em julho de 2011, referente a erosividade de chuvas no estado do Paraná, Waltrick *et al.* (2011) apresentam erosividade média anual para o município de Francisco Beltrão – PR de 11896 MJ/ha.mm/a, valor muito aproximado ao estimado no presente estudo.

#### 4.3.2 Quantificação da Erodibilidade do Solo

Para a determinação da erodibilidade do solo foram primeiramente identificados os tipos de solos presentes na área da bacia hidrográfica do córrego São José por meio do mapa de solos do estado do Paraná elaborado pelo ITCG (2008).

Com base nos tipos de solos e áreas onde estes estão localizados dentro dos limites da bacia foram definidos os pontos de coleta de amostras (Figura 19) que foram encaminhadas para análises granulométricas e físico-químicas realizadas pelo laboratório de solos da UTFPR – Câmpus Pato Branco, sendo os resultados referentes a estas análises apresentados na Tabela 16 e nos Laudos de Análise de Solo que constam no ANEXO A (fls. 104 a 114).

O fator de erodibilidade do solo foi determinado através da metodologia de Denardin (1990) descrita na Equação 3 (fl. 32), sendo os valores obtidos para cada um dos tipos de solo presentes na bacia apresentados na Tabela 17 e sua distribuição espacial na Figura 20.

Tabela 16 - Fator de erodibilidade para os tipos de solo presentes na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Erodibilidade do Solo (t.ha.h/ha.MJ.mm)</b>	<b>Área ocupada (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual correspondente à área total (%)</b>
Latossolo Vermelho Distroférrico Típico	0,02771	2,0379	20,76
Nitossolo Vermelho Eutroférrico Chernossólico	0,02342	2,4557	25,02
Associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférrico Típico + Chernossolo Háplico Órtico Saprolítico	0,03018	5,3229	54,22
<b>Total</b>		9,8165	100

Figura 19 - Mapa com pontos de coleta das amostras de solo

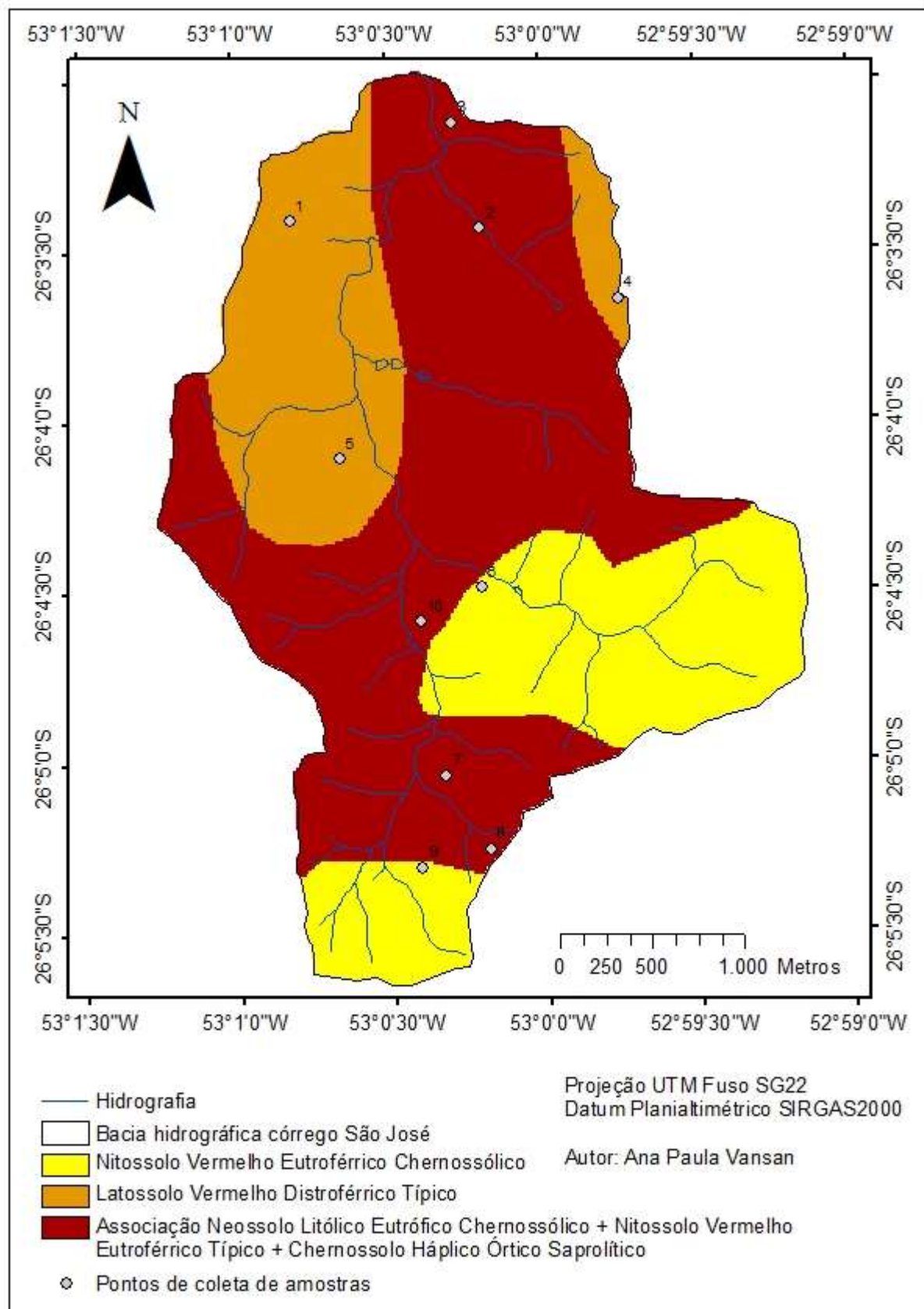
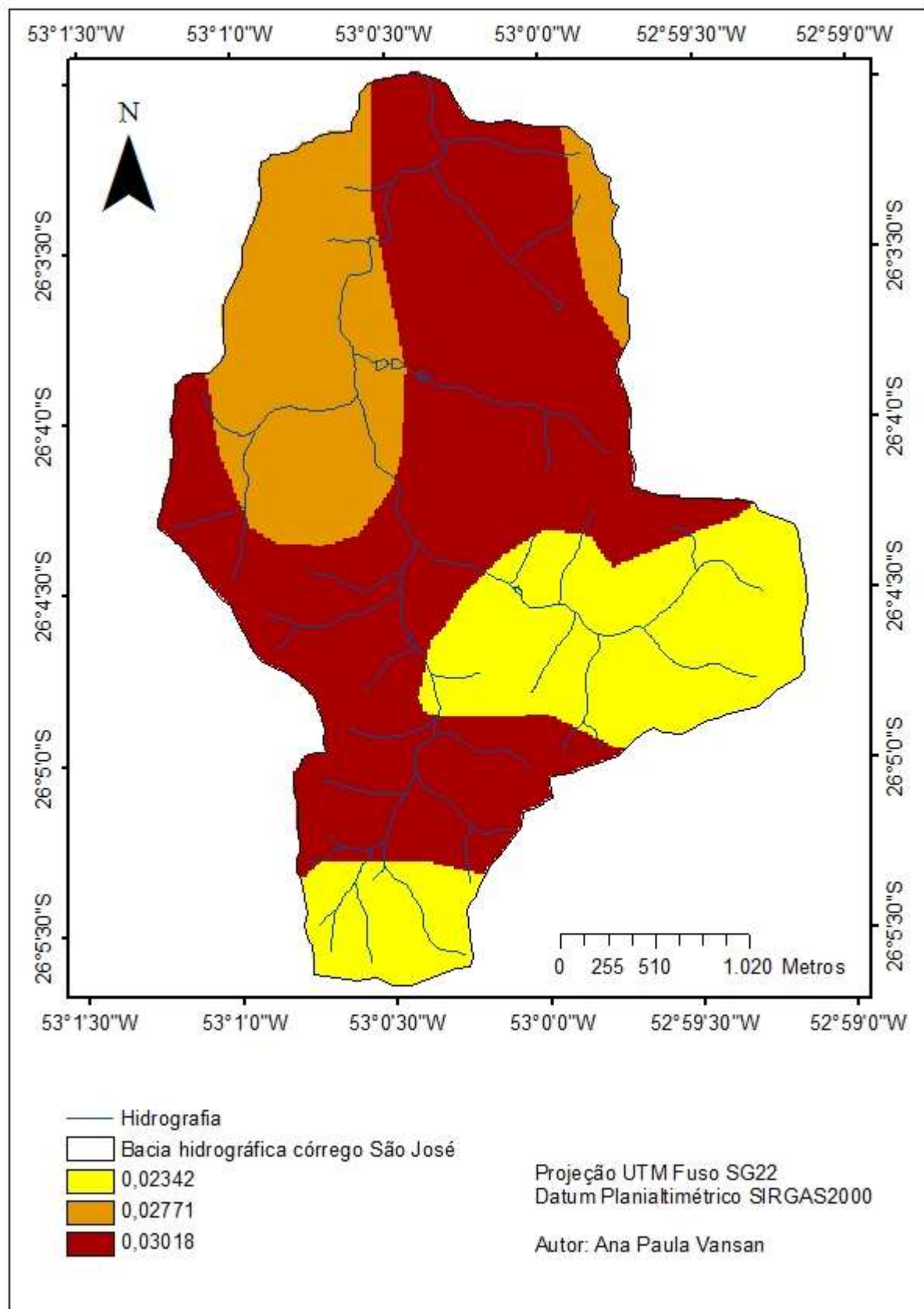


Tabela 17 - Resultados das análises de solo para as amostras da bacia hidrográfica do córrego São José

Amostra	Característica						Fator K
	Tipo de Solo	Argila (%)	Silte (%)	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	MO (%)	
1	Latossolo Vermelho Distroférico Típico Associação Neossolo Litólico Eutrófico	66	25,2	5,8	3	1,742	0,019893
2	Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprolítico Associação Neossolo Litólico Eutrófico	59	31,4	6,9	2,7	2,68	0,028419
3	Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprolítico	53	37,7	6,6	2,7	2,144	0,032079
4	Latossolo Vermelho Distroférico Típico	40	36,2	13,8	10	3,753	0,034101
5	Latossolo Vermelho Distroférico Típico	50	36,8	9,5	3,7	2,814	0,029144
6	Nitossolo Vermelho Eutroférico Chernossólico Associação Neossolo Litólico Eutrófico	69	22,4	7,3	1,3	2,144	0,019218
7	Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprolítico Associação Neossolo Litólico Eutrófico	58	31	8,2	2,8	2,948	0,028933
8	Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprolítico	48	38,1	9,1	4,8	2,144	0,034232
9	Nitossolo Vermelho Eutroférico Chernossólico Associação Neossolo Litólico Eutrófico	52	34,3	9,9	3,8	2,68	0,027613
10	Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprolítico	59	26,6	10,2	4,2	2,144	0,02725



Figura 20 - Mapa do fator de erodibilidade do solo na bacia de hidrográfica do córrego São José



A associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutrófico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprólítico foi o tipo de solo que apresentou o maior fator de erodibilidade, com 0,03018 t.ha.h/ha.MJ.mm, correspondendo a 54,22% da área total da bacia. Isso se deve aos Neossolos possuírem matriz argilosa quimicamente ativa por ser um material de baixa maturidade e pequena profundidade, resultando em uma alta suscetibilidade a erosão.

O Latossolo Vermelho Distroférrico típico foi o solo com o segundo maior fator de erodibilidade com 0,02771 t.ha.h/ha.MJ.mm, localizado em área equivalente a 20,76% da área total da bacia. Os Latossolos em estado natural possuem alta resistência a erosão, porém quando são utilizados para cultivo sua suscetibilidade à erosão pode aumentar devido a declividade, comprimento da pendente, periodicidade de uso e cultura e tipo de manejo.

O Nitossolo Vermelho Eutrófico Chernossólico apresentou a menor suscetibilidade a erosão, com um fator K de 0,02342 t.ha.h/ha.MJ.mm, estando presente em 25,02% da área total da bacia, o que ocorre devido aos Nitossolos serem solos profundos, que contém argila de baixa atividade ou de caráter alítico, de composição caulínítico-oxídica e de horizontes mal diferenciados e limites difusos.

Na literatura são apresentados valores para Neossolos situam-se na faixa de 0,0196 a 0,1238 (t.ha.h/ha.MJ.mm) de acordo com Pasquatto (2016), Farinasso *et al.* (2006), Tomazoni *et al.* (2005) e Ruthes *et al.* (2012), sendo que o valor calculado para a associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutrófico Típico + Chernossolo Háptico Órtico Saprólítico encontra-se entre esta faixa.

Nos estudos realizados por Ruthes *et al.* (2012), Tomazoni *et al.* (2005) e Pasquatto (2016) foram determinados valores para o fator K referente ao Latossolo Vermelho de 0,0611, 0,03 e 0,0138 (t.ha.h/ha.MJ.mm), respectivamente. Assim sendo, o valor calculado no presente trabalho apresenta-se coerente com os valores dos estudos acima citados.

Para o Nitossolo Vermelho são apresentados valores do fator K de 0,0738, 0,04, 0,0137 (t.ha.h/ha.MJ.mm) de acordo com os estudos realizados por Ruthes *et al.* (2012), Tomazoni *et al.* (2005) e Pasquatto (2016), respectivamente, estando o valor calculado no presente trabalho em consonância com os estudos citados.

Observando-se os valores encontrados na literatura e os valores calculados no presente estudo para o fator K, bem como os resultados das análises físicas do solo (ANEXO A) que indicam percentuais elevados de argila em todas as amostras verifica-se que os solos encontrados na bacia hidrográfica do córrego São José possuem baixa suscetibilidade a erosão.

#### 4.3.3 Quantificação do Fator Topográfico (LS)

O fator topográfico (LS) foi determinado para a bacia hidrográfica do córrego São José através das equações 8 a 11 por meio do *software* ArcGis 10.0. Na Figura 21 são apresentados os valores do fator topográfico para a bacia, enquanto que a Tabela 18 apresenta os valores do fator topográfico e a área ocupada por estas.

Tabela 18 - Fator topográfico para os tipos de solo presentes na bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas

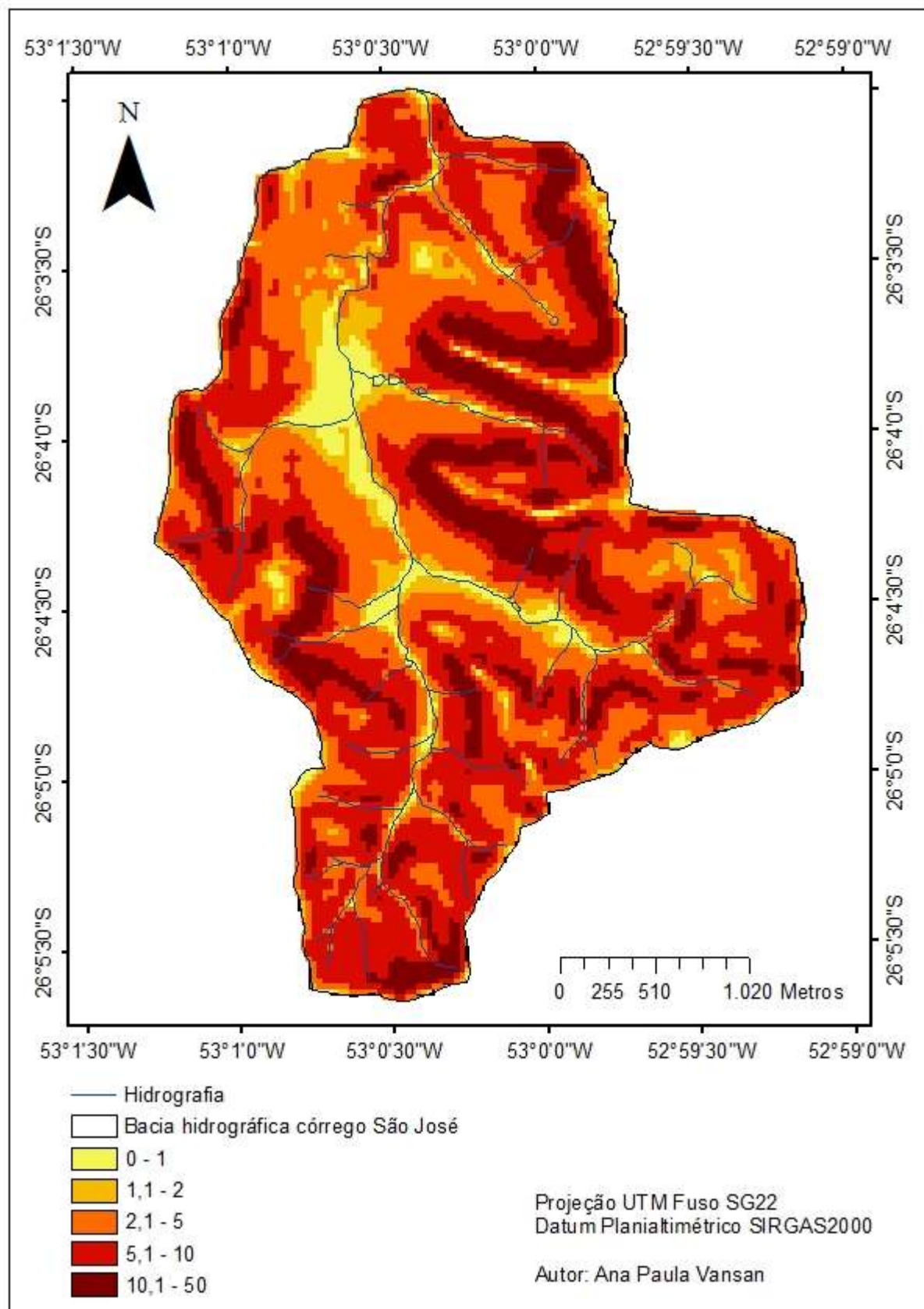
<b>Fator Topográfico (LS)<sup>1</sup></b>	<b>Área ocupada (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual correspondente à área total (%)</b>
0 – 1 (Muito baixo)	0,5080	5,18
1,1 – 2 (Baixo)	0,7905	8,05
2,1 – 5 (Moderado)	3,2050	32,65
5,1 – 10 (Moderadamente forte)	3,7990	38,70
10,1 – 50 (Forte)	1,5140	15,42
> 50 (Muito forte)	0	0
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Classes de fator topográfico conforme proposto por Fornelos e Neves (2007).

Os intervalos com os fatores topográficos classificados em moderado (2,1 – 5) e moderadamente forte (5,1 – 10) ocupam as maiores áreas dentro da bacia hidrográfica, correspondendo a 32,65% e 38,70% do total, respectivamente, demonstrando que grande parte da bacia hidrográfica possui tendência moderada ao processo erosivo através do fator topográfico.

As classes com os menores valores de fator topográfico, com intervalos de 0 – 1 (muito baixo) e de 1,1 – 2 (baixo) possuem valores pouco representativos em relação a área total da bacia, sendo estes 5,18% e 8,05%, respectivamente.

Figura 21 - Mapa do fator topográfico para a bacia de hidrográfica do córrego São José



A classe de fator topográfico denominada forte (10,1 – 50) ocupa 15,42% em relação a área total, enquanto a classe muito forte (> 50) não ocorre na bacia hidrográfica do córrego São José. Dessa forma, as áreas com maior suscetibilidade a erosão por meio do fator topográfico correspondem juntas a pouco mais de 1/7 do total.

#### 4.3.4 Quantificação do Fator Uso e Manejo do Solo

Para a determinação do fator uso e manejo do solo da bacia foram utilizados valores já apresentados em estudos desenvolvidos anteriormente, conforme apresentado no item 3.4.4. Dessa forma, foram adotados os valores de C para solo exposto de 1, pastagem de 0,07, agricultura de 0,0821 e vegetação arbórea de 0,0004. Para a determinação da estimativa de perda de solo da bacia hidrográfica do córrego São José para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017 foram inseridos os valores de C nos mapas de uso e ocupação do solo por meio do *software* ArcGis 10.0.

Para o ano 2000 é apresentada a distribuição espacial do fator C para a bacia na Figura 22. A vegetação arbórea ocupa a maior porção da bacia, sendo esta aproximadamente de 37,8% da área total, possuindo um fator C de 0,0004 que denota nessa área uma maior resistência do solo ao processo erosivo devido a sua proteção pela vegetação, reduzindo o impacto das gotas de chuva sobre o solo. A agricultura ocupa a segunda maior área, correspondendo a 34,08% do total, com um valor de C de 0,0821, considerado um valor elevado, pois demonstra a pequena proteção que o solo possui ao impacto das gotas de chuva em áreas de cultivo agrícola. O solo exposto corresponde a terceira maior área, com aproximados 26,46% do total e fator C de 1, sendo o maior fator dentre todos os identificados na bacia em estudo. A pastagem ocupa a menor área dentro da bacia, sendo 0,017% do total, com um fator C de 0,007, um pouco menor que o valor das áreas de agricultura, pois oferece um pouco mais de resistência ao processo de erosão do solo que estas.

A Figura 23 apresenta os valores do fator C e suas respectivas áreas na bacia para o ano de 2005. Para este ano houve um aumento nas áreas de agricultura, que passaram a ocupar a maior porção da bacia, sendo esta de 46,05% da área total. Enquanto isso, as áreas de vegetação arbórea tiveram uma diminuição de 3,03%, conseqüentemente diminuindo as áreas com proteção ao processo erosivo do solo e aumento das áreas mais suscetíveis à erosão.

O ano de 2009 tem os valores do fator C para a bacia hidrográfica apresentados na Figura 24. A área de vegetação arbórea teve um incremento de 19,69% e a área de agricultura um declínio de 22,27% aumentando consideravelmente as áreas com maior resistência ao processo erosivo do solo com relação ao ano de 2005.

Na Figura 25 encontram-se os valores do fator C e suas respectivas áreas na bacia para o ano de 2015. Houve uma redução na área de vegetação arbórea de 4,35% da área total, enquanto as áreas de agricultura e pastagem tiveram um aumento de 0,56% e 12,25% respectivamente, favorecendo a ocorrência do processo erosivo laminar na bacia.

Para o ano de 2017 são representados espacialmente dentro da bacia hidrográfica os valores do fator C na Figura 26. A área correspondente a vegetação arbórea teve uma nova redução, sendo esta de aproximadamente 4,73%, ao mesmo tempo que as áreas de agricultura e pastagem tiveram um acréscimo de 3,06% e 4,68%, reduzindo ainda mais as áreas com menor suscetibilidade a erosão na bacia.

Tabela 19 - Distribuição espacial do fator C para a bacia hidrográfica do córrego São José

Classe de Fator C	Área ocupada (Km <sup>2</sup> )				
	2000	2005	2009	2015	2017
0,0004	2,5973	1,772	2,0128	1,1823	0,8868
0,07	0,1639	0,1111	0,1233	1,3259	1,7859
0,0821	3,3452	4,5207	2,3344	2,3889	2,6895
1	3,7101	3,4127	5,346	4,9194	4,4543
<b>Total</b>	9,8165	9,8165	9,8165	9,8165	9,8165

Figura 22 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2000

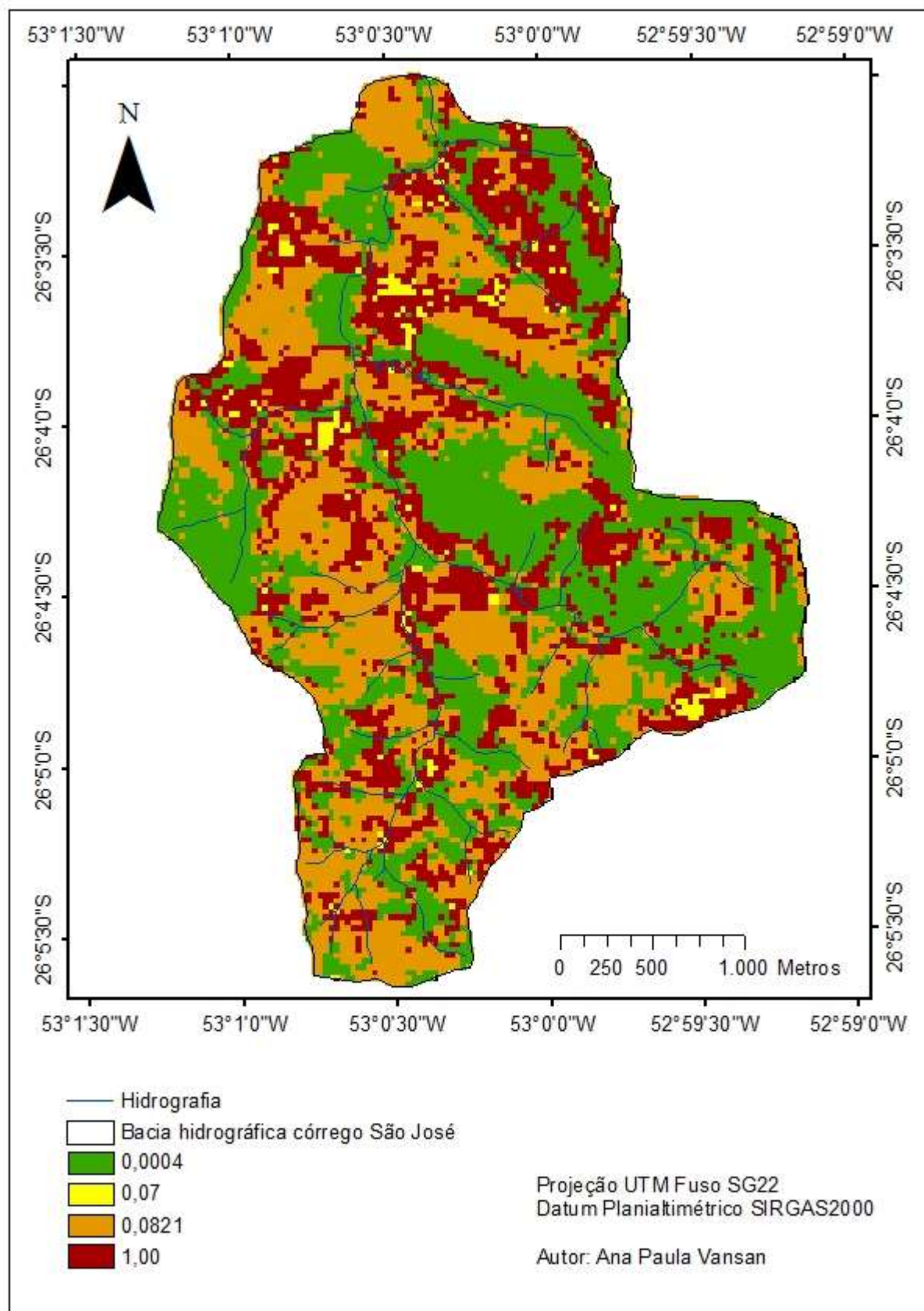


Figura 23 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2005

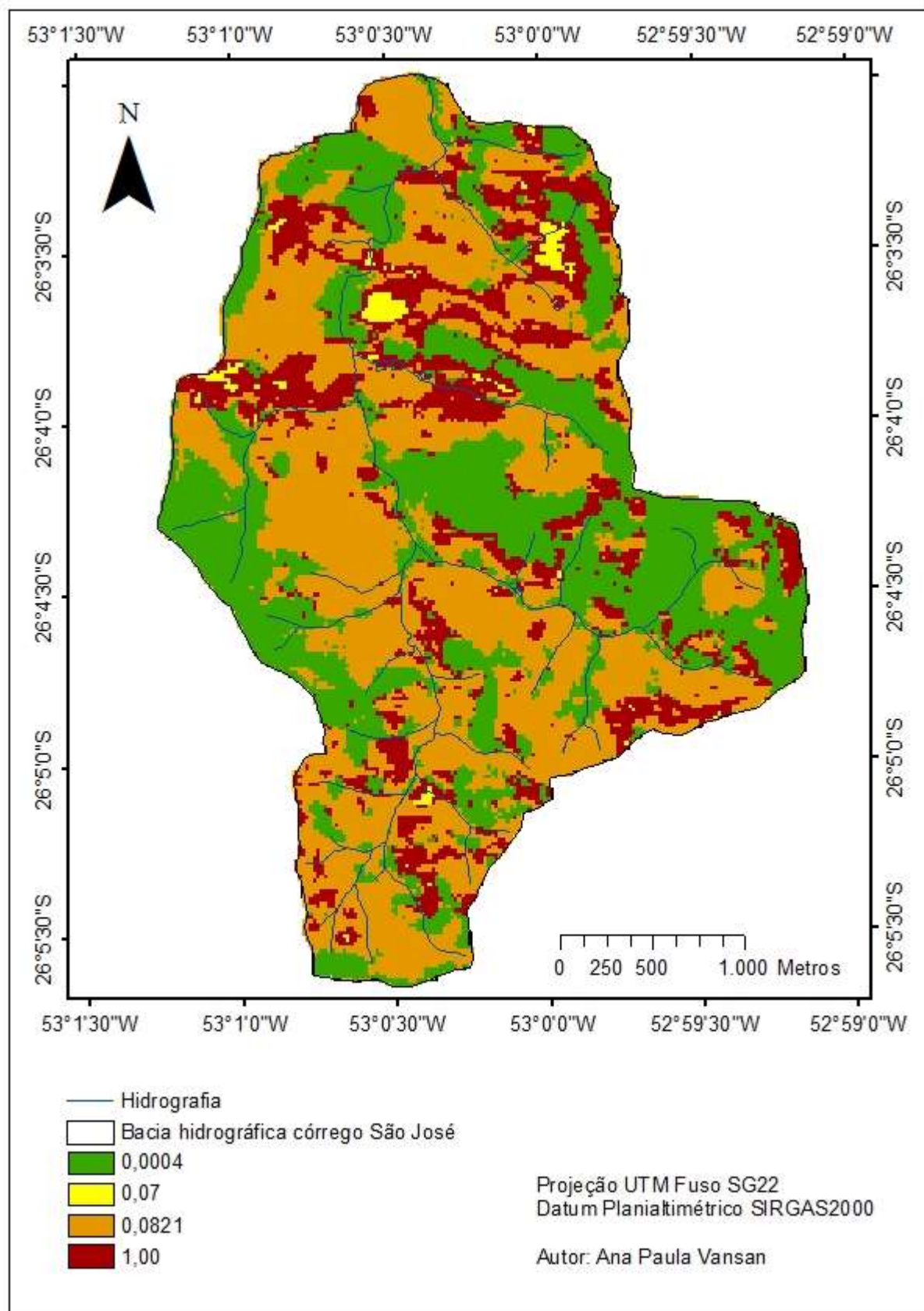




Figura 24 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2009

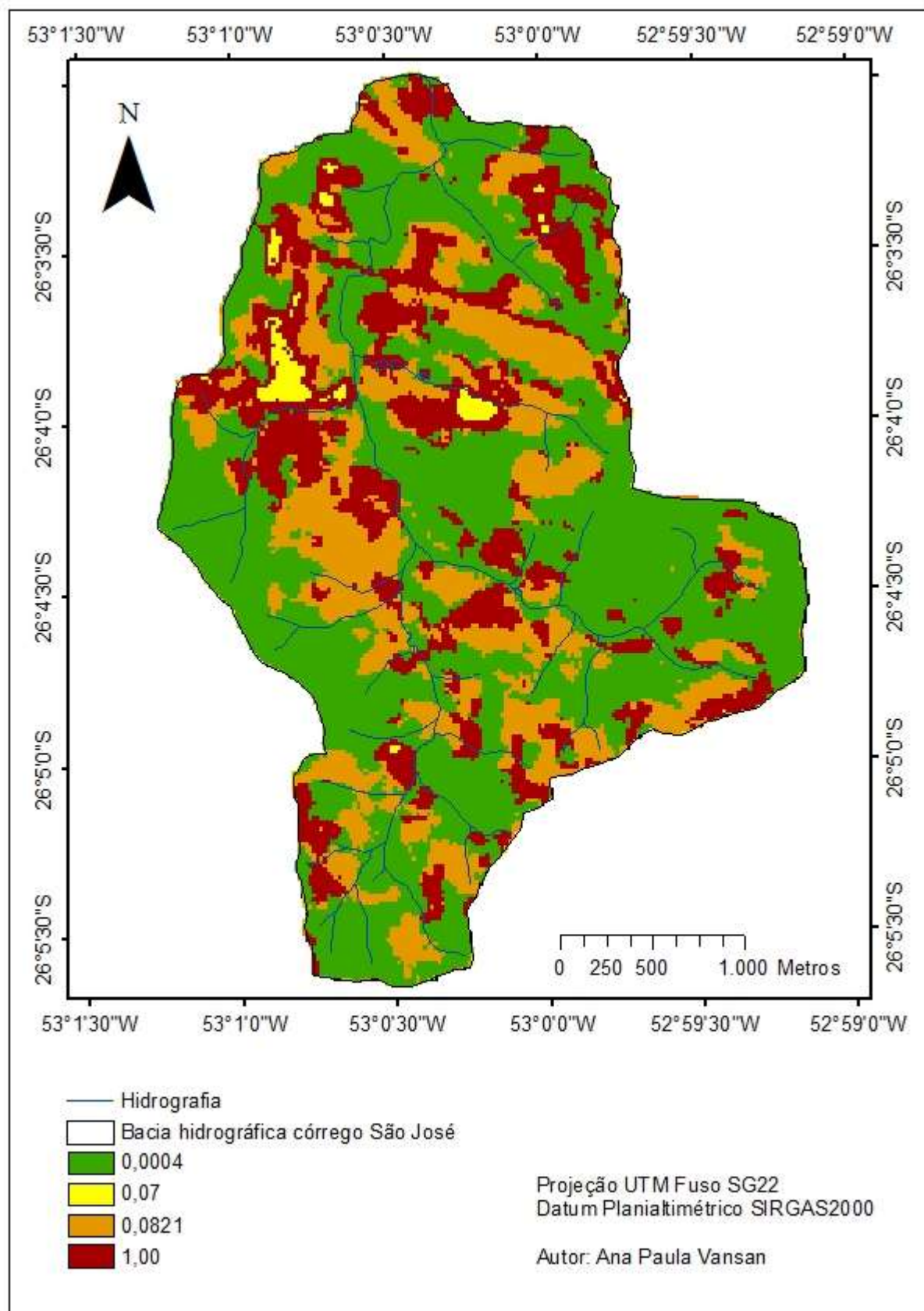


Figura 25 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2015

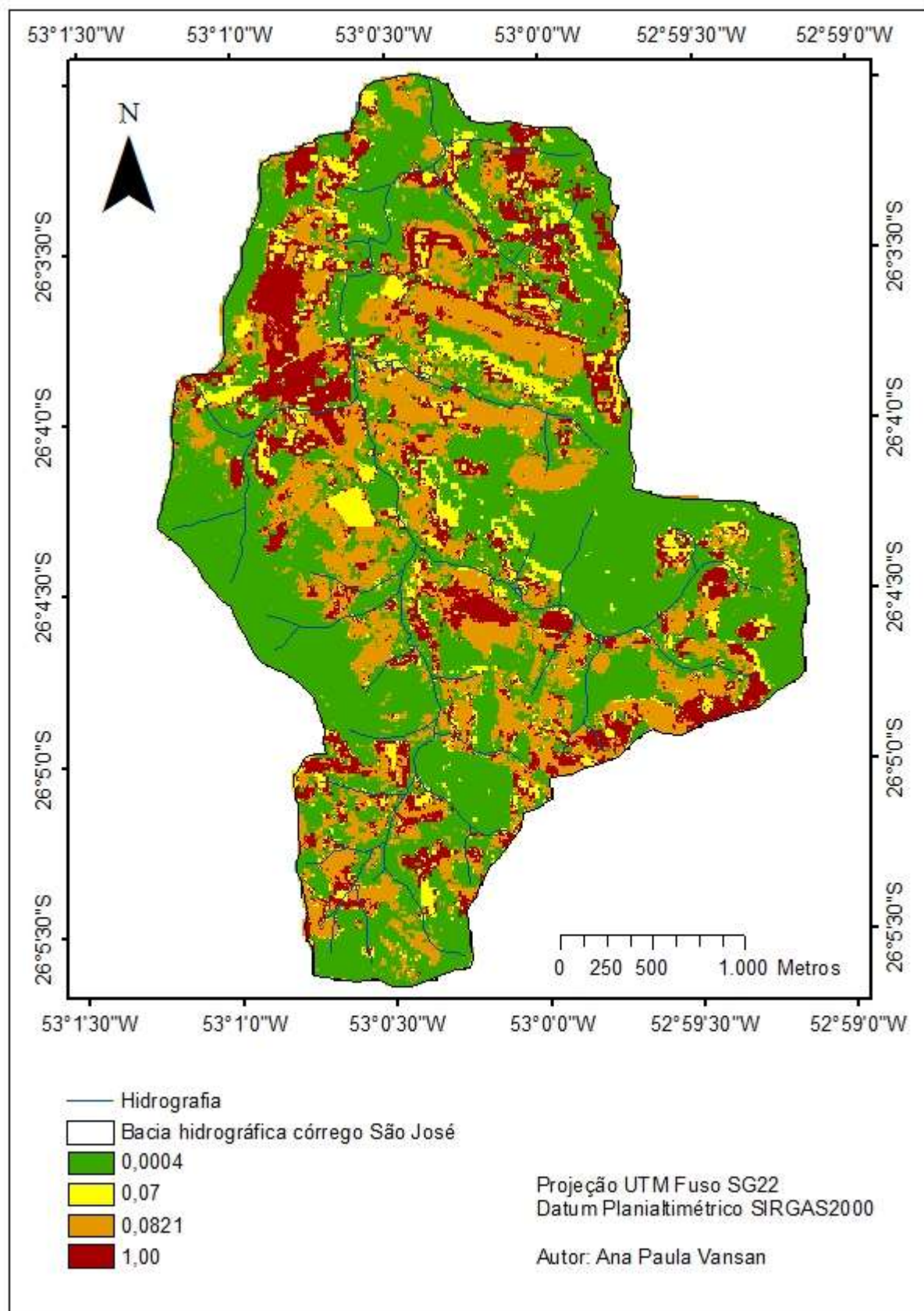
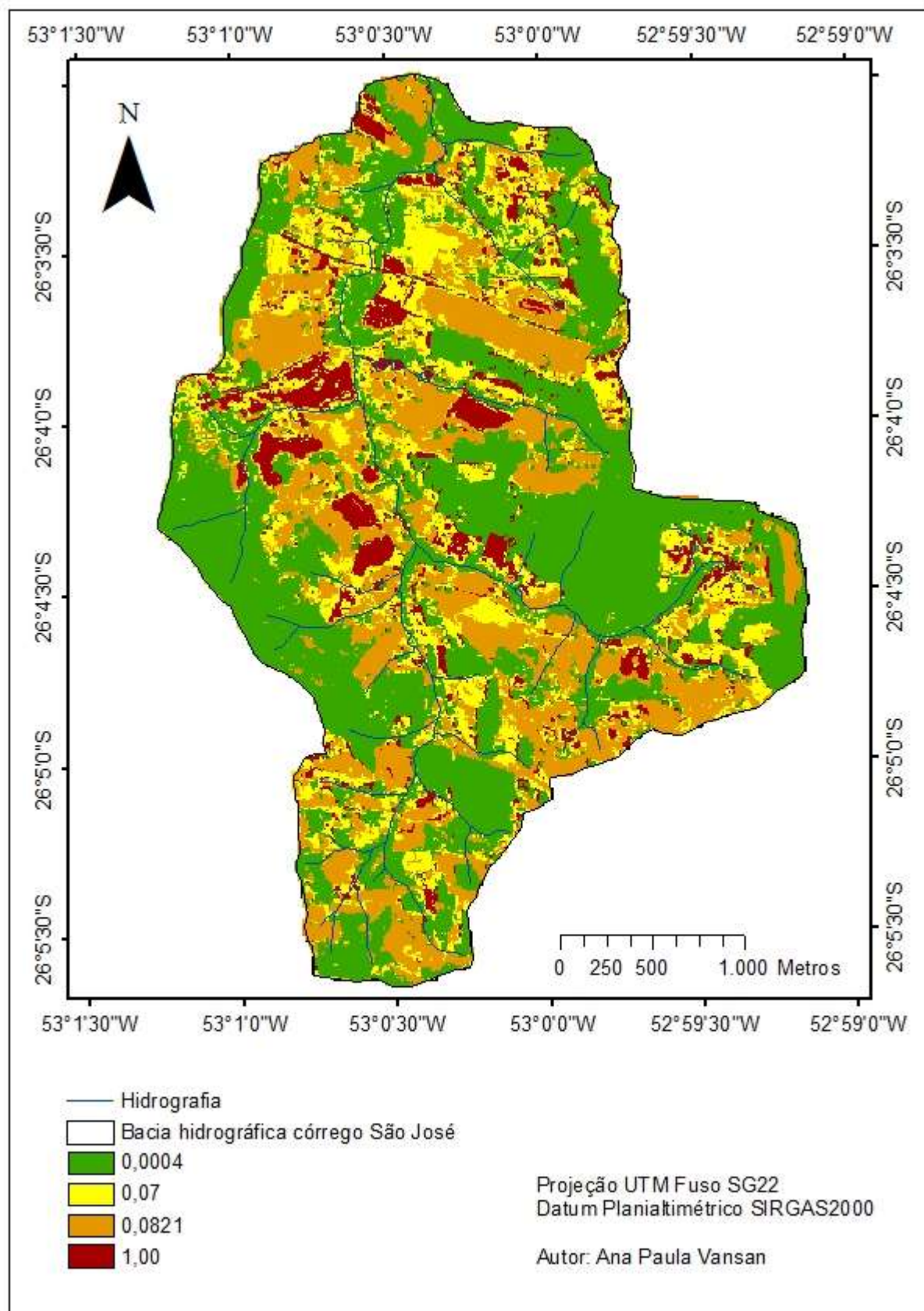


Figura 26 - Mapa do uso e manejo do solo para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2017



Através da análise multitemporal das classes de uso e ocupação do solo para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017 observa-se que o ano de 2017 possui os menores valores de C, enquanto o ano 2000 possui os maiores (Tabela 19). Mesmo com a diminuição da vegetação arbórea em relação aos anos de 2009 e 2015, 2017 possui os menores valores de C devido a diminuição considerável das áreas de solo exposto. Já o ano 2000 possui os maiores valores por possuir a segunda menor área de vegetação arbórea dentro do período analisado, além de a maior área de solo exposto e a segunda maior área de agricultura em relação aos demais anos.

Para a bacia hidrográfica do córrego São José o menor valor de C é o das áreas com vegetação arbórea. Isto ocorre devido a vegetação contribuir com o amortecimento das gotas de chuva antes destas entrarem em contato com o solo, bem como suas raízes favorecerem a infiltração da água no solo, auxiliando na estabilidade de encostas, evitando o escoamento superficial.

As áreas de pastagem e agricultura são as que possuem o segundo e terceiro maiores valores de C encontrados na bacia, por estas classes de uso e ocupação do solo possuírem menor proteção ao impacto das gotas de chuva no solo e as áreas de cultivo agrícola sofrerem compactação superficial do solo através da mecanização agrícola, reduzindo a infiltração da água no solo e favorecendo a erosão e o escoamento superficial do solo.

O maior valor do fator C é correspondente as áreas de solo exposto, que englobam solo exposto, estradas e edificações, que por possuírem solo sem qualquer cobertura oferecem menor resistência ao impacto das chuvas, favorecendo o processo de erosão.

#### 4.3.5 Fator Práticas Conservacionistas do Solo (P)

O fator práticas conservacionistas do solo (P) teve seu valor determinado em 1 para as áreas de solo exposto devido a nestas não serem adotadas práticas conservacionistas do solo. As áreas de pastagem e agricultura, por se tratarem de áreas de plantio direto, tiveram o valor do fator P adotado como sendo 0,5, enquanto que para as área de vegetação arbórea foi atribuído o valor de P em 0,01 (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; TOMAZONI, 2003).

#### 4.3.6 Quantificação do Potencial Natural de Erosão (PNE)

O mapa do potencial natural de erosão (PNE), apresentado na Figura 27, foi determinado para a bacia hidrográfica do córrego São José por meio da multiplicação do mapa de erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K) e fator topográfico (LS), sendo apresentadas na Tabela 20 as classes de potencial natural de erosão (SILVA, 2008) e suas correspondentes áreas dentro da bacia.

Tabela 20 - Potencial natural de erosão da bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas

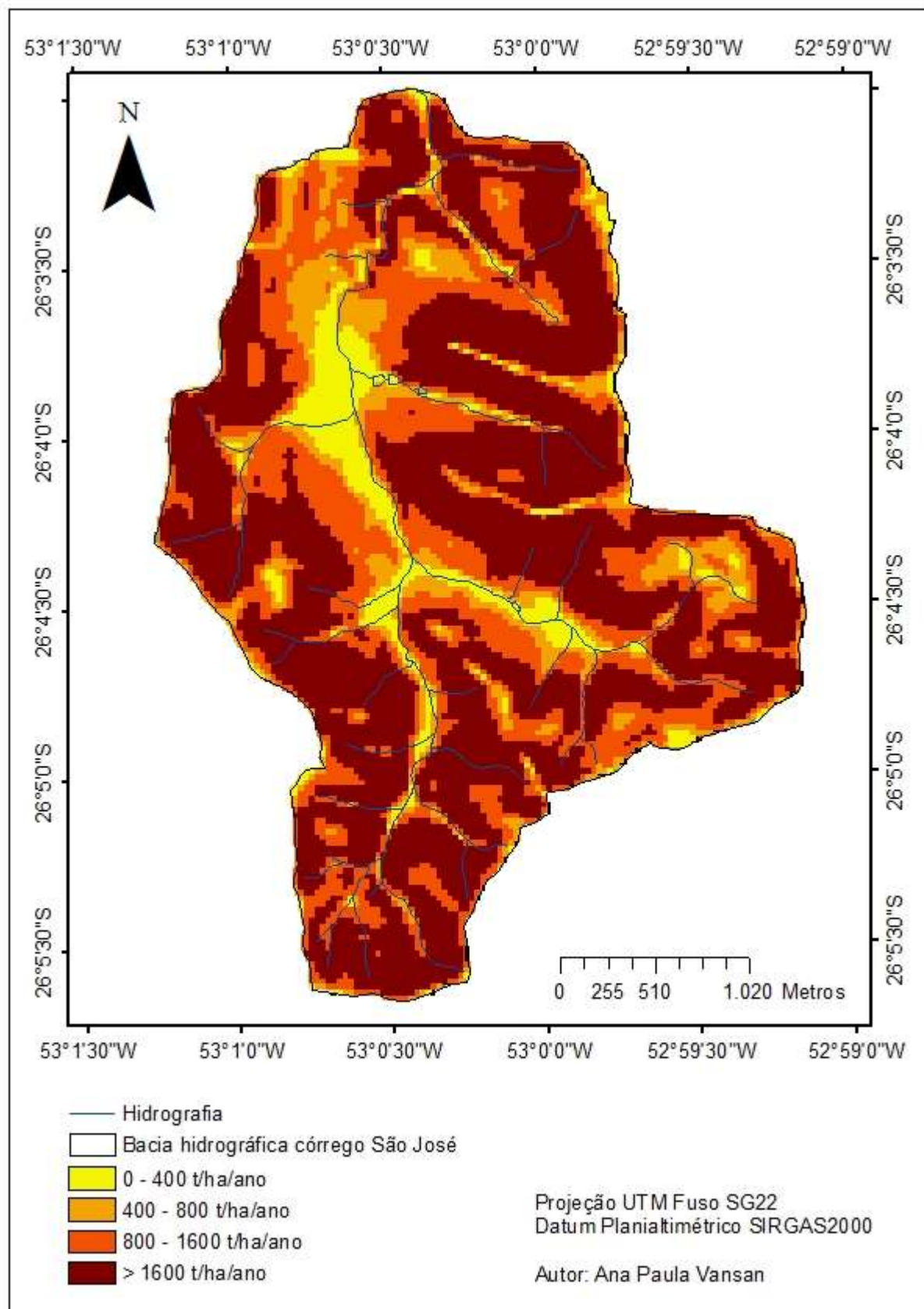
<b>Classes de potencial natural de erosão (t/ha/ano)<sup>1</sup></b>	<b>Área ocupada (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual correspondente à área total (%)</b>
0 – 400 (Fraco)	0,6917	7,05
400 – 800 (Moderado)	1,0931	11,13
800 – 1600 (Forte)	2,7032	27,54
> 1600 (Muito forte)	5,3285	54,28
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Classes de potencial natural de erosão conforme proposto por Silva (2008).

Na bacia hidrográfica do córrego São José 7,05% da área total apresenta potencial natural de erosão classificado como fraco, sendo esta porção localizada em áreas com comprimento de vertente e declividade menores, em conjunto com solos com fator erodibilidade do solo menor. Mais da metade da área total da bacia, cerca de 54,28% possui potencial natural de erosão muito forte devido a possuírem fator topográfico mais elevado, em combinação com solos com erodibilidade mais elevada. As classes de potencial natural de erosão moderado e forte correspondem a aproximadamente 1/3 da área total da bacia, com 11,13% e 27,54%.

Analisando os valores encontrados, a bacia possui um potencial natural de erosão muito forte, por possuir fator erosividade da chuva relativamente alto. Os mapas correspondentes ao potencial natural de erosão determinados para cada um dos meses do ano, baseados nos valores de erosividade da chuva (R) mensais encontram-se no ANEXO B (fls. 115 a 126).

Figura 27 - Mapa do potencial natural de erosão para a bacia de hidrográfica do córrego São José



#### 4.3.7 Quantificação das Perdas de Solo Média Anual

A perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José foi determinada por meio da multiplicação do mapa do potencial natural de erosão (PNE) pelo mapa do fator uso e manejo do solo (C) e pelo fator práticas conservacionistas do solo (P) por meio da ferramenta por meio do “*map calculator*” do ArcGis 10.0. As classes de perda de solo média anual do solo foram determinadas conforme a classificação Food and Agriculture Organization (FAO) (1967), sendo estas: nenhuma ou ligeira (0 – 10 t/ha/ano), moderada (10 – 50 t/ha/ano), alta (50 – 100) e muito alta (> 100 t/ha/ano). As Tabelas 21 a 25 apresentam as classes de perda de solo média anual e suas respectivas áreas e percentuais na bacia hidrográfica para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017.

Os mapas da perda de solo média anual determinada para a bacia hidrográfica para cada um dos anos que compõe o período analisado encontram-se apresentados nas Figuras 28 a 32.

Tabela 21 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2000

<b>Classes de perda de solo média anual (t/ha/ano)<sup>1</sup></b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Classificação<sup>1</sup></b>
0 – 2,5	3,7203	37,90	Nenhuma ou ligeira
2,5 – 5,0	0,0348	0,36	Nenhuma ou ligeira
5,0 – 10	0,0573	0,59	Nenhuma ou ligeira
10 – 15	0,0897	0,91	Moderada
15 – 20	0,0915	0,93	Moderada
20 – 50	0,8709	8,87	Moderada
50 – 100	1,4208	14,47	Alta
> 100	3,5312	35,97	Muito alta
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>	

<sup>1</sup> FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Cuadernos Agropecuario. Roma: Org. de Las Naciones Unidas – FAO, n.81, 1967. 207p.

Tabela 22 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2005

<b>Classes de perda de solo média anual (t/ha/ano)<sup>1</sup></b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Classificação<sup>1</sup></b>
0 – 2,5	3,4200	34,84	Nenhuma ou ligeira
2,5 – 5,0	0,0558	0,57	Nenhuma ou ligeira
5,0 – 10	0,1045	1,06	Nenhuma ou ligeira
10 – 15	0,1458	1,49	Moderada
15 – 20	0,1513	1,54	Moderada
20 – 50	1,2123	12,35	Moderada
50 – 100	1,8846	19,20	Alta
> 100	2,8422	28,95	Muito alta
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>	

<sup>1</sup> FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla em las tierras de cultivo. Cuadernos Agropecuario. Roma: Org. de Las Naciones Unidas – FAO, n.81, 1967. 207p.

Tabela 23 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2009

<b>Classes de perda de solo média anual (t/ha/ano)<sup>1</sup></b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Classificação<sup>1</sup></b>
0 – 2,5	5,3368	54,37	Nenhuma ou ligeira
2,5 – 5,0	0,0394	0,40	Nenhuma ou ligeira
5,0 – 10	0,0565	0,58	Nenhuma ou ligeira
10 – 15	0,0826	0,84	Moderada
15 – 20	0,0808	0,82	Moderada
20 – 50	0,6604	6,73	Moderada
50 – 100	0,9268	9,44	Alta
> 100	2,6332	26,82	Muito alta
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>	

<sup>1</sup> FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla em las tierras de cultivo. Cuadernos Agropecuario. Roma: Org. de Las Naciones Unidas – FAO, n.81, 1967. 207p.



Tabela 24 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2015

<b>Classes de perda de solo média anual (t/ha/ano)<sup>1</sup></b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Classificação<sup>1</sup></b>
0 – 2,5	5,1649	52,61	Nenhuma ou ligeira
2,5 – 5,0	0,0295	0,30	Nenhuma ou ligeira
5,0 – 10	0,0790	0,80	Nenhuma ou ligeira
10 – 15	0,0889	0,91	Moderada
15 – 20	0,1060	1,08	Moderada
20 – 50	0,8827	9,00	Moderada
50 – 100	1,1896	12,12	Alta
> 100	2,2759	23,18	Muito alta
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>	

<sup>1</sup> FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Cuadernos Agropecuario. Roma: Org. de Las Naciones Unidas – FAO, n.81, 1967. 207p.

Tabela 25 - Classes de perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José e suas respectivas áreas e percentuais para o ano 2017

<b>Classes de perda de solo média anual (t/ha/ano)<sup>1</sup></b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Classificação<sup>1</sup></b>
0 – 2,5	4,4544	45,38	Nenhuma ou ligeira
2,5 – 5,0	0,0589	0,60	Nenhuma ou ligeira
5,0 – 10	0,1146	1,17	Nenhuma ou ligeira
10 – 15	0,1678	1,71	Moderada
15 – 20	0,1705	1,73	Moderada
20 – 50	1,3666	13,92	Moderada
50 – 100	1,7265	17,59	Alta
> 100	1,7572	17,90	Muito alta
<b>Total</b>	<b>9,8165</b>	<b>100</b>	

<sup>1</sup> FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Cuadernos Agropecuario. Roma: Org. de Las Naciones Unidas – FAO, n.81, 1967. 207p.

A partir dos dados acima apresentados verifica-se que classe de perda de solo denominada nenhuma ou ligeira (0 – 10 t/ha/ano) representa para os anos de 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017 a 38,85%, 36,47%, 55,35%, 53,71% e 47,15%, respectivamente, enquanto que o potencial natural de erosão para a classe denominada fraco (0 – 400 t/ha/ano) compõe apenas 7,05% da área total. Esta diferença significativa entre o potencial natural de erosão e a perda de solo média anual denota a redução das taxas de erosão por meio dos fatores uso e manejo (C)

e práticas conservacionistas do solo (P), auxiliando na proteção do solo diante do processo erosivo.

Os fatores de uso e manejo (C) e de práticas conservacionistas do solo (P) foram os que influenciaram diretamente a diminuição das taxas de erosão inicialmente calculadas no potencial natural de erosão. As áreas de vegetação arbórea foram as que mais contribuíram para a diminuição das taxas de erosão por possuírem o menor fator C ( $C = 0,0004$ ) e fator P ( $P = 0,01$ ) a maior área de abrangência dentro da bacia, auxiliando na redução dos impactos das gotas de chuva sobre o solo e na absorção da água pelo solo, diminuindo a sedimentação das partículas do solo e o escoamento superficial.

As áreas de pastagem e agricultura, que possuem os valores intermediários para o fator C (0,07 e 0,0821, respectivamente) e de 0,5 para o fator P, apresentaram os valores de perda de solo média intermediários. As classes de perda de solo moderada (10 – 50 t/ha/ano) e alta (50 – 100) corresponderam a 10,71 e 14,47%, 15,38 e 19,20%, 8,39 e 9,44%, 10,99 e 12,12%, 17,36 e 17,59%, respectivamente, para o período estudado.

O uso e ocupação do solo que promoveu as maiores taxas de erosão foi o solo exposto, com os maiores valores de perda de solo média para todos os anos analisados. Isso se deve ao solo exposto apresentar o maior fator C ( $C=1,00$ ) dentre os tipos de uso e ocupação do solo constatados na bacia hidrográfica, por possuir pouca resistência a erodibilidade do solo. A classe de perda de solo muito alta (> 100 t/ha/ano) corresponde a 35,97%, 28,95%, 26,82%, 23,18% e 17,90% da área total da bacia para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017, respectivamente, tendo uma diminuição significativa dentro do período, em consonância com a diminuição das áreas de solo exposto de 2000 a 2017.

Figura 28 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2000

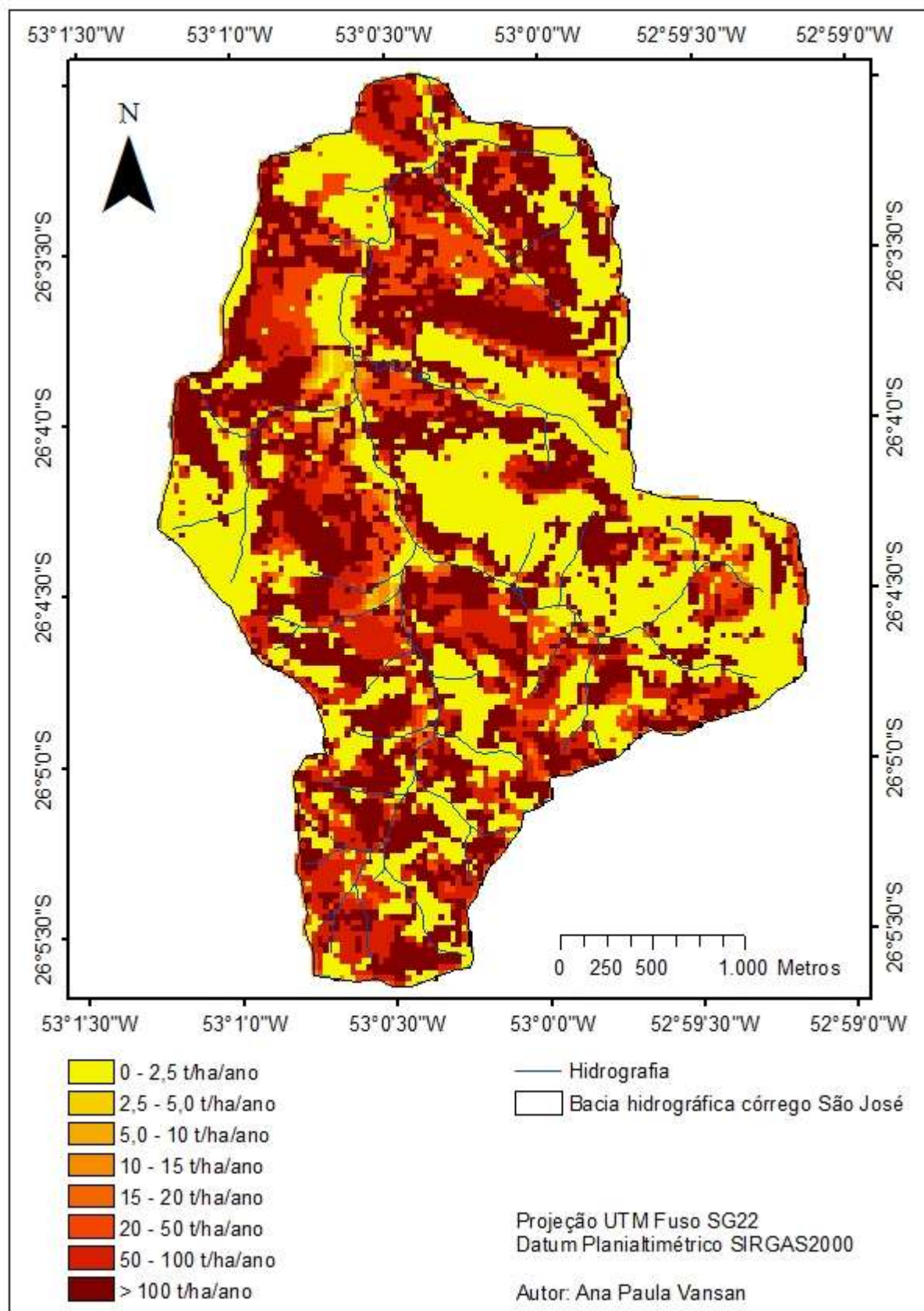


Figura 29 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2005

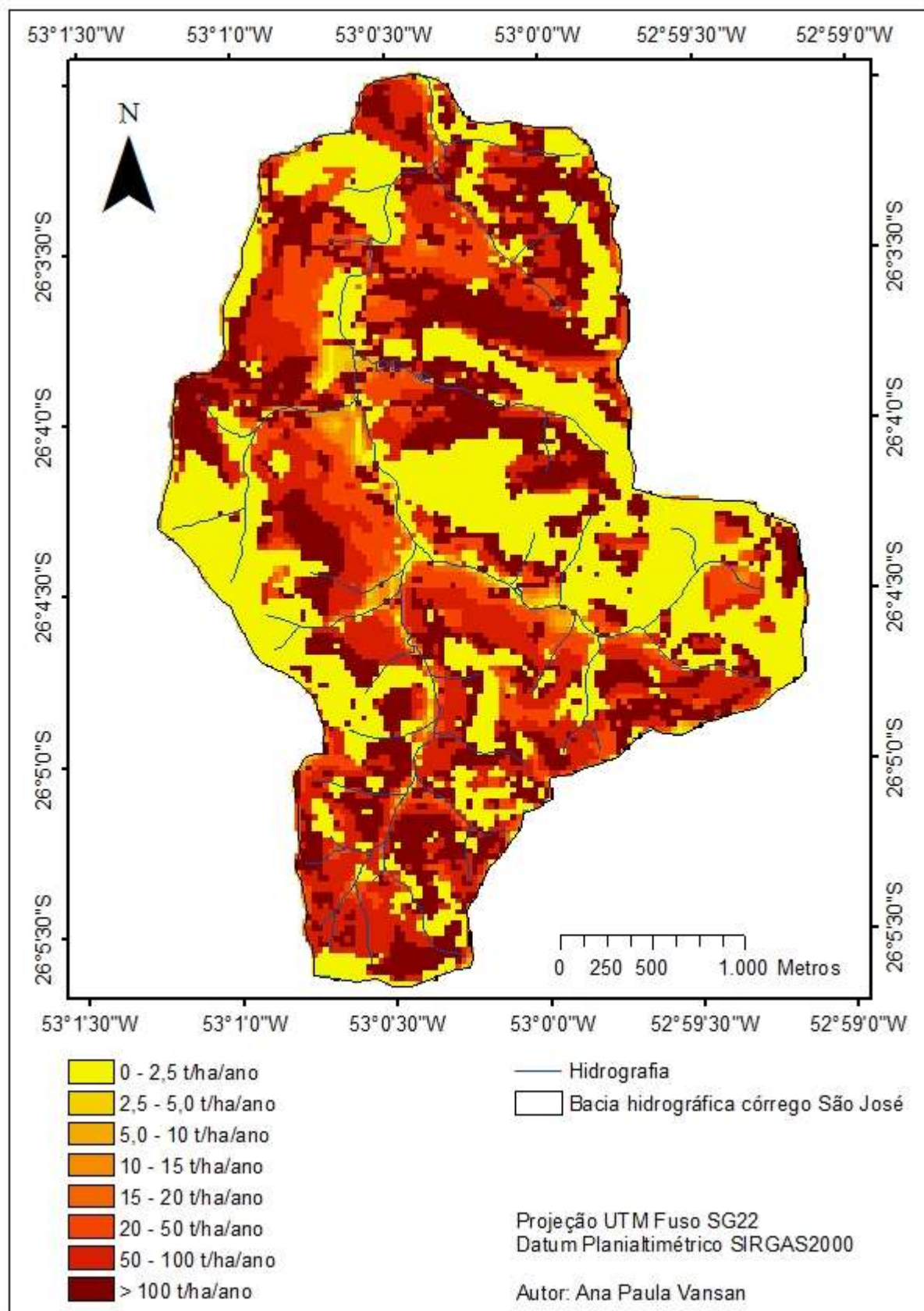


Figura 30 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2009

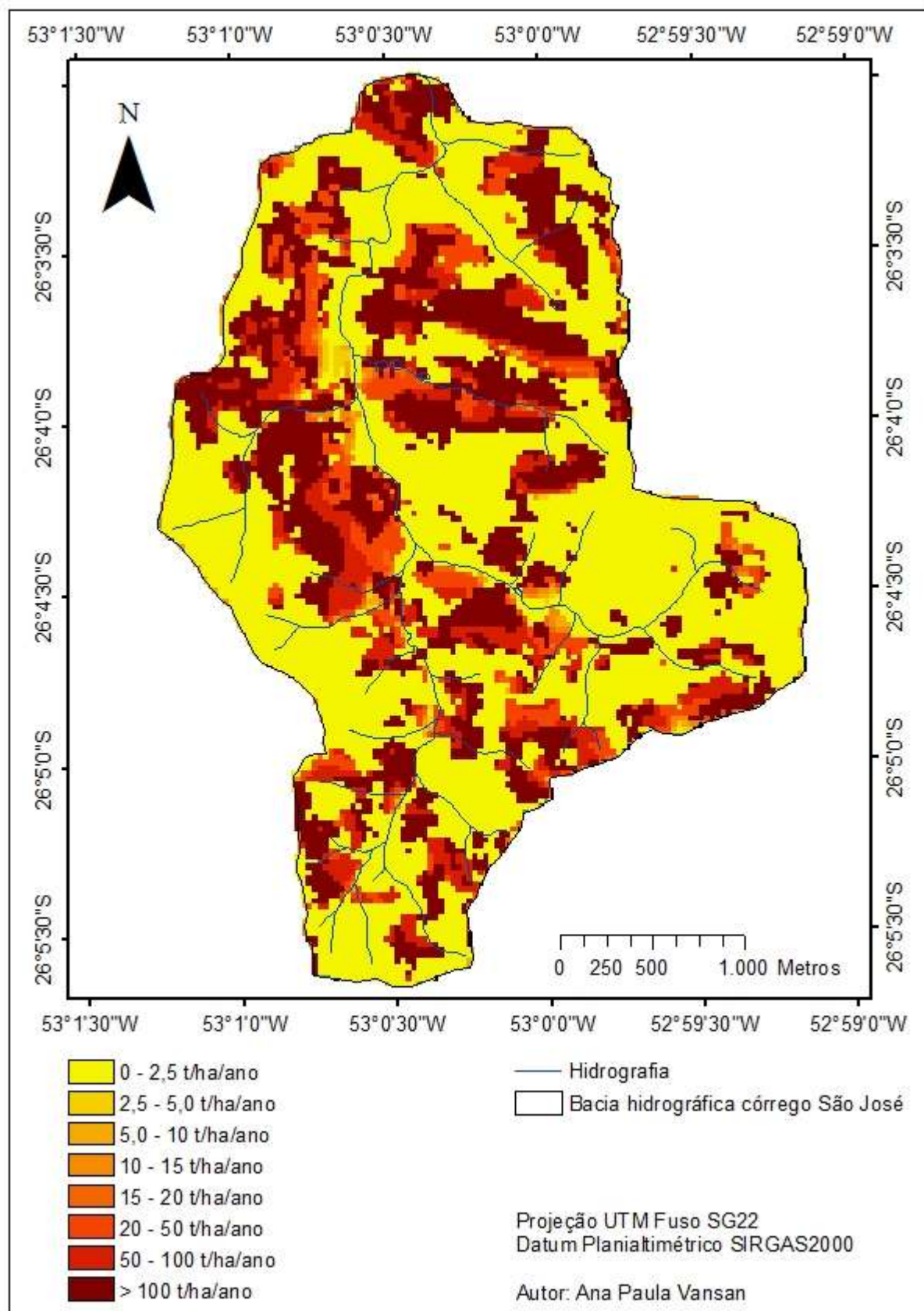


Figura 31 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2015

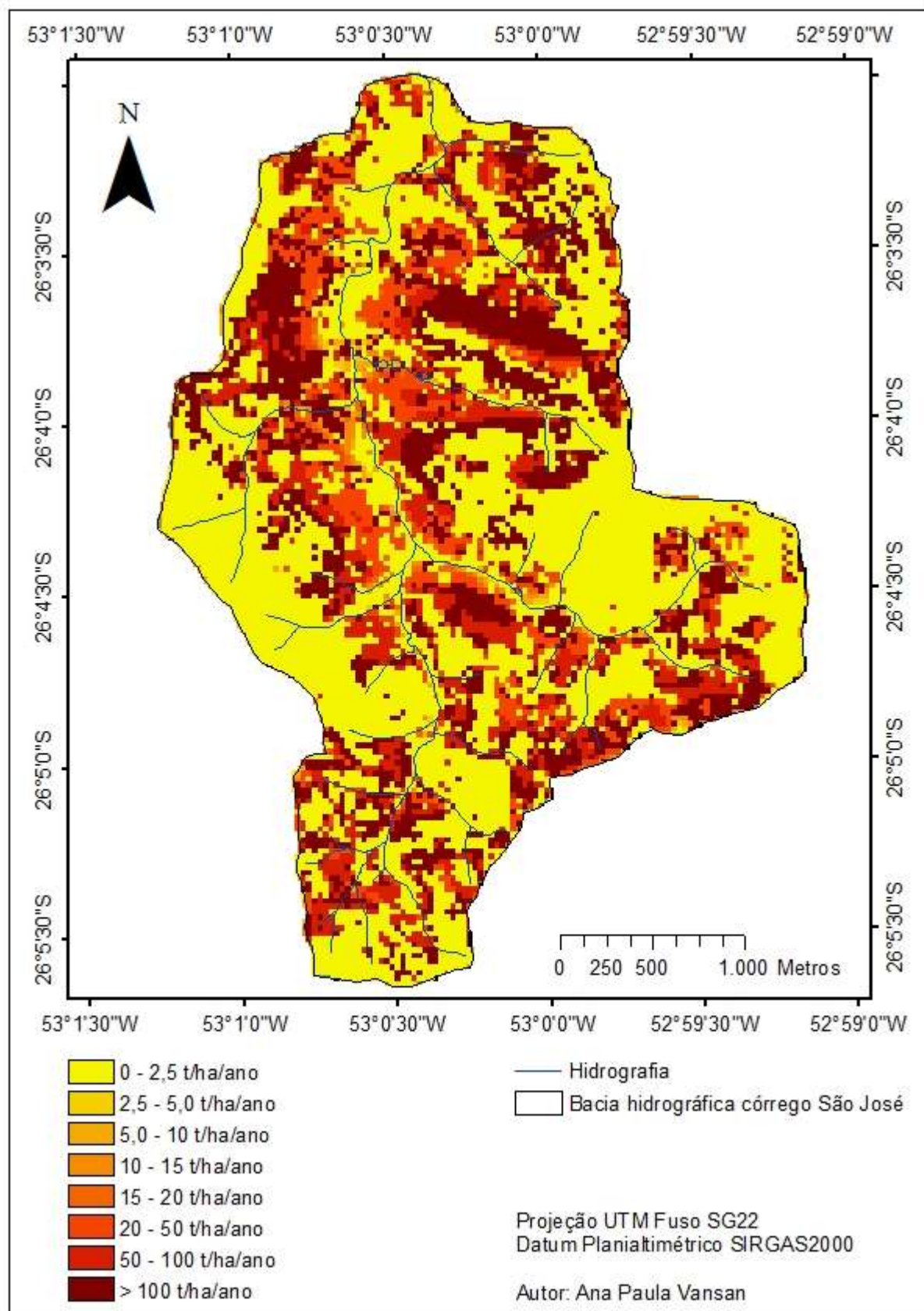
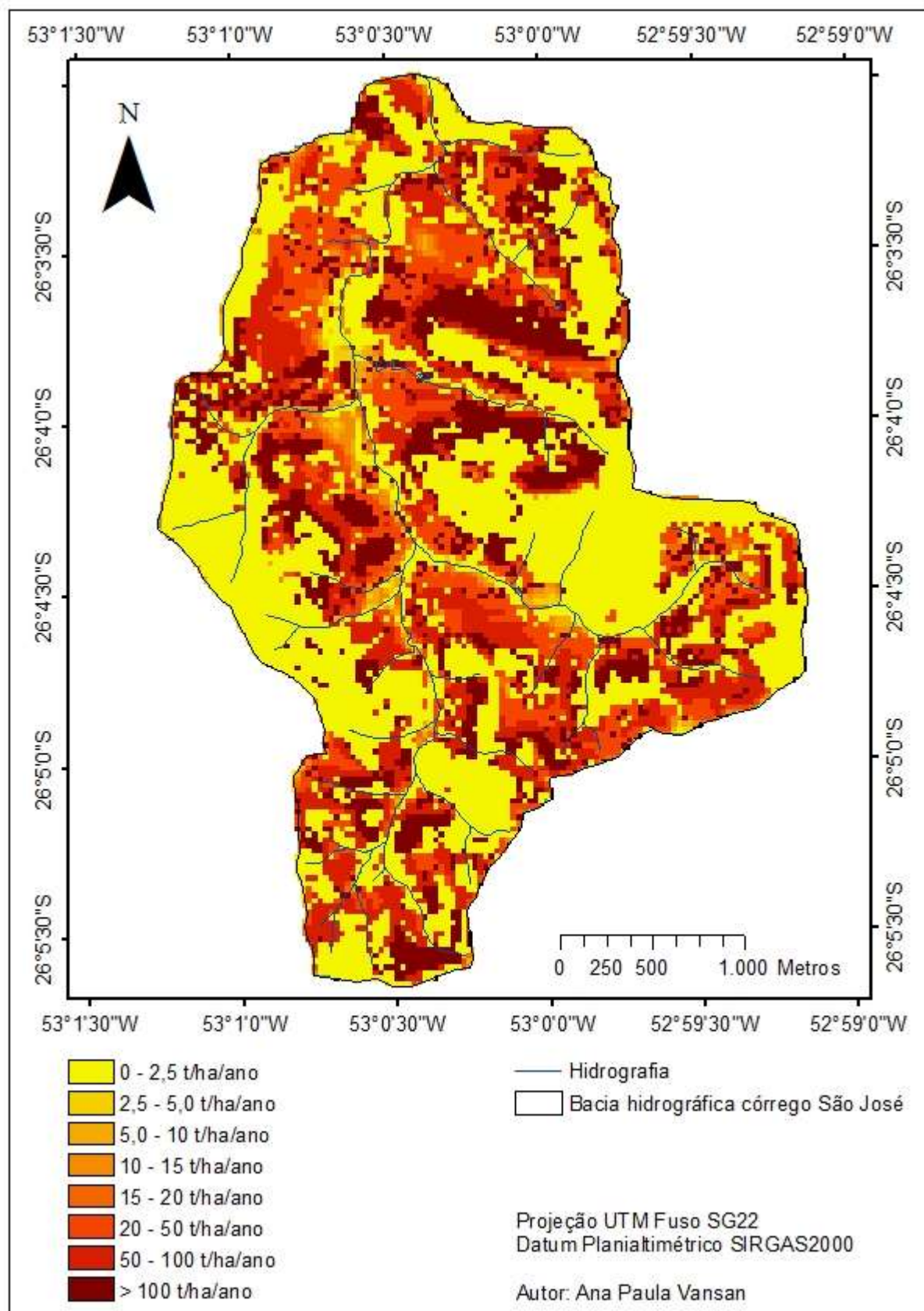


Figura 32 - Mapa da perda de solo média anual para a bacia de hidrográfica do córrego São José no ano 2017



## 5 CONCLUSÕES

A estimativa da erosão hídrica laminar do solo na bacia hidrográfica do córrego São José através da Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation* – RUSLE) por meio de técnicas de geoprocessamento, com o auxílio do *software* ArcGis 10.0, mostrou-se eficaz para a determinação da perda de solo média anual, bem como dos fatores que a compõe.

A caracterização da bacia quanto aos aspectos físicos (relevo, solos, litologia, hidrografia, vegetação) através da criação de banco de dados no ArcGis 10.0 auxiliou na análise da bacia hidrográfica, pois associados ao uso e ocupação do solo e demais fatores que compõe a RUSLE permitem a identificação dos fatores que contribuem com a erosão hídrica laminar da mesma.

O levantamento dos índices pluviométricos da bacia demonstrou que em relação à sazonalidade da erosividade causada pelas chuvas na área de estudo que a primavera é a estação mais chuvosa e com a maior erosividade do solo, precedida do outono e do verão, sendo o inverno a estação com menor erosividade do solo. O mês de outubro possui a maior precipitação média mensal, com 251,7mm, sendo este também o mês de maior fator de erosividade da chuva no ano, com 1856,09 MJ/ha.mm/a, enquanto o mês de agosto possui a menor precipitação média mensal, com 111,1 mm, sendo também o mês com menor fator de erosividade da chuva, com 479,87 MJ/ha.mm/a. O fator erosividade média anual da bacia foi determinado em 11521,26MJ/ha.mm/a.

As características granulométricas e químicas dos solos foram obtidas através de análises laboratoriais das amostras coletadas em campo, tendo sido utilizadas para a determinação do fator de erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica. A associação Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutrófico Típico + Chernossolo Háplico Órtico Saprolítico foi o tipo de solo que apresentou o maior fator de erodibilidade, com 0,03018 t.ha.h/ha.MJ.mm, equivalendo a 54,22% da área total. O Latossolo Vermelho Distroférrico típico foi o solo com o segundo maior fator de erodibilidade com 0,02771 t.ha.h/ha.MJ.mm, possuindo área de 20,76% do total da bacia. O Nitossolo Vermelho Eutrófico Chernossólico apresentou a menor suscetibilidade a erosão, com 0,02342 t.ha.h/ha.MJ.mm, possuindo porção de 25,02% da área total da bacia. Dessa forma, o fator de erodibilidade dos solos para a bacia variou de 0,02342 a 0,03018



t.ha.h/ha.MJ.mm, verificando-se que os solos encontrados na bacia possuem baixa suscetibilidade a erosão, tendo o resultado de suas análises físicas do solo indicado percentuais elevados de argila em todas as amostras.

As classes de fator topográfico moderado (2,1 – 5) e moderadamente forte (5,1 – 10) predominaram dentro da área da bacia, correspondendo a 32,65% e 38,70% do total, respectivamente, demonstrando que grande parte da bacia hidrográfica possui tendência moderada ao processo erosivo através do fator topográfico. Os menores fatores topográficos, correspondentes às classes com intervalos de 0 – 1 (muito baixo) e de 1,1 – 2 (baixo), apresentam os menores montantes em relação à área total da bacia, com 5,18% e 8,05%, respectivamente. As áreas com maior suscetibilidade a erosão por meio do fator topográfico correspondem apenas a aproximadamente 1/7 do total, pois a classe forte (10,1 – 50) ocupa 15,42% da área total, não havendo a ocorrência da classe muito forte (> 50) na bacia hidrográfica do córrego São José.

Por meio da identificação do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego São José verificou-se o predomínio da vegetação arbórea, sendo que apenas no ano de 2005 a área de agricultura foi superior. Comparando-se as áreas de vegetação arbórea do ano 2000 até o ano de 2017 houve um incremento de área, de 37,8% para 45,38%, indicando um crescimento das áreas de preservação. As áreas de agricultura possuíram para o período analisado a segunda maior porção da bacia hidrográfica, tendo decréscimo de 34,08% em 2000 para 27,4% no ano de 2017. A classe de uso e ocupação do solo de pastagem possui a terceira maior área dentro da bacia hidrográfica no período estudado, tendo tido um aumento em sua área de 1,67% para 18,19%. O solo exposto é a classe menos representativa na bacia hidrográfica, tendo tido um decréscimo de área no período estudado de 26,46% para 9,03%, justificado pelo aumento na resolução das imagens de satélite utilizadas dentro do período estudado, auxiliando em uma melhor identificação das atividades antrópicas.

Em relação à análise das classes de uso e ocupação do solo para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017 foram determinados valores de C como 1 para solo exposto, 0,07 para pastagem, 0,0821 para agricultura e 0,0004 para vegetação arbórea, sendo que a vegetação arbórea ocupa a maior área de uso e ocupação do solo na bacia. Os valores do fator C tiveram uma redução significativa quando multiplicados ao fator práticas conservacionistas do solo (P) para as áreas de

pastagem e agricultura, pois este foi determinado como 0,5, e vegetação arbórea de 0,01, enquanto permaneceram constantes para as áreas de solo exposto, que possuem o fator P igual a 1 devido a ausência práticas conservacionistas do solo.

O potencial natural de erosão (PNE) determinado para a bacia apresentou a classe fraco em aproximadamente 7,05% de sua área, sendo esta localizada em áreas com comprimento de vertente e declividade menores, em conjunto com solos de fator erodibilidade do solo menor. Pouco mais da metade da área total da bacia (54,28%) possui potencial natural de erosão classificado como muito forte devido a possuir fator topográfico maior, associado a solos com fator de erodibilidade mais elevado. As classes de potencial natural de erosão moderado e forte ocupam aproximadamente 1/3 da área total da bacia, com respectivos 11,13% e 27,54%.

Por meio dos dados obtidos, observa-se que o potencial natural de erosão (PNE), composto pelos fatores erosividade da chuva, erodibilidade do solo e topográfico, correspondentes aos aspectos físicos da bacia hidrográfica tem menor influência na suscetibilidade a erosão que os fatores de uso e manejo e práticas conservacionistas do solo.

A perda de solo média anual para a bacia hidrográfica do córrego São José teve predominância da classe denominada baixa, variando entre 0 a 10 t/ha/ano, representando 38,85%, 36,47%, 55,35%, 53,71% e 47,15%, da área total para os anos de 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017, respectivamente, sendo essa então de baixa suscetibilidade à erosão.

As classes de perda de solo moderada (10 – 50 t/ha/ano) e alta (50 – 100) corresponderam a 10,71 e 14,47%, 15,38 e 19,20%, 8,39 e 9,44%, 10,99 e 12,12%, 17,36 e 17,59%, respectivamente, para o período estudado, enquanto a classe de perda de solo muito alta (> 100 t/ha/ano) corresponde a 35,97%, 28,95%, 26,82%, 23,18% e 17,90% da área total da bacia para os anos 2000, 2005, 2009, 2015 e 2017.

Ao mesmo tempo em que mais da metade da área total da bacia possui perda de solo média anual classificada como baixa, a classe denominada fraco (0 – 400 t/ha/ano) do potencial natural de erosão corresponde apenas a 7,05% da área total. Esta diferença significativa entre o potencial natural de erosão e a perda de solo média anual denota a redução das taxas de erosão por meio dos fatores uso e manejo (C) e práticas conservacionistas do solo (P), auxiliando na proteção do solo diante do processo erosivo.

Dessa forma, para que haja um efetivo controle e diminuição do processo erosivo laminar na bacia é necessário que haja uma adequação no uso e ocupação do solo, em consonância com seu potencial natural de erosão, que auxilie na proteção da camada superficial do solo, diminuindo o impacto das gotas de chuva em sua superfície e auxiliando na infiltração de água e redução do escoamento laminar deste, além da associação de práticas conservacionistas do solo.

Assim sendo, o presente estudo traz contribuições quanto ao geoprocessamento como ferramenta para a análise da erosão hídrica laminar em bacias hidrográficas, por meio de sua sistematização em *software* de sistema de informações geográficas, além de auxiliar no uso e ocupação adequada do solo na bacia hidrográfica do córrego São José.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu - DF, usando técnicas de geoprocessamento.** Relatório Técnico. p.33, São José dos Campos: INPE, 2000.

AMORIM, R. S. S. **Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas brasileiras.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004.

BERNINI, H. **Diagnóstico da erosão hídrica para planejamento de conservação e manutenção de mananciais de abastecimento público: o caso de Espigão d'Oeste – RO.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2012.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo.** 8 ed. São Paulo, SP: Ícone, 2012.

BRANCO, N. **Avaliação da produção de sedimentos de eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica rural de encosta.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1998.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário oficial da União**, 09/01/1997, p. 18.

CARVALHO, A. C. B. **Avaliação da perda de solo por fluxo superficial em cultivos puro e consorciado.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2012.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos, SP: INPE, 2001.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos, SP: INPE, 2001.

CBERS 4. CBERS\_4\_PAN10M\_20170621\_160\_129\_L4. São José dos Campos, INPE: 21/06/2017. Imagem de satélite, bandas 2, 3 e 4, da cena 160/129.

CBERS 4. CBERS\_4\_MUX\_20150812\_161\_129\_L4. São José dos Campos, INPE: 12/08/2015. Imagem de satélite, bandas 5, 6, 7 e 8, da cena 160/129.

CBERS 4. CBERS\_4\_PAN5M\_20151006\_160\_129\_L4. São José dos Campos, INPE: 06/10/2015. Imagem de satélite, banda pancromática, da cena 160/129.

CBERS 2B. CBERS\_2B\_CCD1XS\_20091205\_160\_129\_L2. São José dos Campos, INPE: 05/12/2009. Imagem de satélite, bandas 2, 3 e 4, da cena 160/129.

CBERS 2. CBERS\_2\_CCD1XS\_20050708\_160\_129\_L2. São José dos Campos, INPE: 08/07/2005. Imagem de satélite, bandas 2, 3 e 4, da cena 160/129.

CHECCHIA, T. **Avaliação de perda de solo por erosão hídrica e estudo de emergência na bacia do rio Caeté, Alfredo Wagner – Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

CPRM; MINEROPAR. **Geologia e recursos minerais do Sudoeste do Estado do Paraná.** Escala 1:200.000. Brasília: CPRM, 2006. (Convênio CPRM/MINEROPAR). 95 p.

CURY, J. F. **A gestão integrada de Bacias Hidrográficas: a abertura de uma oportunidade para o desenvolvimento sustentável do Alto Paranapanema.** Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos.** Tese (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1990.

DESMET, P. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **J. Soil Water Conserv.**, 51:427-433, 1996.

DIDONE, E. J. **Erosão bruta e produção de sedimentos em bacia hidrográfica sob plantio direto no planalto do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

ENGEL, B. **Estimating soil erosion using RUSLE – using Arcview.** Purdue University, Indianapolis. 2003.

FARINASSO, M. *et al.* Avaliação qualitativa do Potencial de Erosão Laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 73-85, 2006.

FLORENZANO, T. G. Geotechnologies in applied geography: diffusion and accessibility. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 17, p. 24-29. 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla em las tierras de cultivo. **Cuadernos de Fomento Agropecuario da Organización de las Naciones Unidas**. Roma: FAO, 1967. n. 81, 207 p.

FORNELOS, L. F.; NEVES, S. M. A. S. Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.59/01, abr, p.25-33, 2007.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari – MS/MT**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

GUIMARÃES *et al.* Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do rio Campinas, Joinville SC. **RA E GA** 23, p. 534-554. Curitiba, 2011.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Estações meteorológicas do Paraná**. 2017. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Francisco\\_Beltrao.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Francisco_Beltrao.htm)>. Acesso em: 15 abr. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades – Francisco Beltrão**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pr/francisco-beltrao/panorama>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais Técnicos em Geociências. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. n. 1. Rio de Janeiro, 2012.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. **Dados e informações geoespaciais temáticos**. 2008. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9#>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

LACERDA, J. M. F. Uso do geoprocessamento na expansão urbana: o caso das comunidades subnormais do município de Bayeux-PB. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife, 2010.

LANDSAT 5. LANDSAT\_5\_TM\_20000707\_223\_078\_L2. São José dos Campos, INPE: 07/07/2000. Imagem de satélite, bandas 1, 2, 3 e 4, da cena 223/78.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2 ed. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2008.

LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. 1997. 53 f. Tese (Mestrado). Purdue University, West Lafayette, 1977.

MCCOOL, D. K. *et al.* Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation, **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 32, p. 1571-1576, 1989.

MINEROPAR. **Projeto Riquezas Minerais – Avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Francisco Beltrão**. Curitiba, 2002.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: Escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Universidade Federal do Paraná. 2006. 63 p.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO BRASILEIRO. FRANCISCO BELTRÃO, 2011, carta topográfica MI-2861-2-NE, folha SG-22-Y-A-II-2-NE, escala 1:25.000.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO BRASILEIRO. FRANCISCO BELTRÃO, 2004, carta topográfica MI-2862-1-NO, folha SG-22-Y-A-III-1-NO, escala 1:25.000.

OLIVEIRA, P. T. S. *et al.* Estimativa do fator topográfico da USLE a partir de três algoritmos. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 217-225, 2010.

PASQUATTO, M. C. **Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água e no Processo Erosivo da Bacia de Captação do Rio Barro Preto, Coronel Vivida (PR)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Org.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002.

RENARD, K. G. *et al.* Predicting soil erosion by water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle). **U.S. Department of Agriculture**, Agriculture Handbook 703, 1997.

ROCHA, A. A.; VIANNA, P. C. G. A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água. In: **II SEMILUSO - Seminário Luso-Brasileiro sobre Agricultura Familiar e Desertificação**. João Pessoa, 2008.

RUFINO, Ronaldo L. *et al.* Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina, v. 17, n. 2, p. 439-444, 1993.

RUTHES *et al.* Propriedades do solo da bacia hidrográfica do Rio Catorze que intensificam a erosão laminar. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 01, p. 160-169. Recife, 2012.

SÁ, T. F. F. *et al.* Sistema de informações geográficas (SIG) para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife, 2010.

SANTOS, A. C. N. **Análise do custo da erosão do solo na microbacia hidrográfica do Ceveiro**. Tese (Doutorado em Ciências – Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.

SANTOS, E. **Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Jirau município de Dois Vizinhos – Paraná**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

SENA, F. T. N. S. *et al.* Uso do geoprocessamento como subsídio à análise ambiental: imagem SRMT na geração dos mapas hipsométrico e de declividade das bacias difusas da barragem Boa Esperança no Estado do Piauí. In: **IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife, 2012.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. Introdução. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Org.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002.

SILVA, A. M. Potencial Natural de Erosão no Município de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil**. Vol. 8 (1), 2008, p. 5-14.

SILVA, F. G. B. *et al.* Predição da perda de solo na Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) utilizando Geoprocessamento e o USLE 2D. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p.141-148, 2010.

SOUZA, J. C. **Avaliação da suscetibilidade e do potencial a erosão laminar da bacia do Ribeirão Sozinha (GO)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2010.

TOMAZONI, J. C. **Morfodinâmica e transporte fluvial no Sudoeste do estado do Paraná por método de levantamento de microbacias hidrográficas através de geoprocessamento**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

TOMAZONI, J. C. *et al.* A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na Bacia do Rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 1-21, 2005.

WALTRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no Paraná: atualização, influência do “El Niño” e “La Niña” e estimativa para cenários climáticos futuros**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.



WALTRICK *et al.* **Erosividade de chuvas no Estado do Paraná: Atualização e influência dos eventos “El Niño” e “La Niña”**. SBCS-NEP. Boletim técnico, 01. Curitiba, 2011. 20 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions**, American Geophysical Union. v.39, n. 2. 1958.

WISCHMEIER, Walter H.; SMITH, Dwight D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. **U.S. Department of Agriculture**, Agriculture Handbook, 537. 1978.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide for selection of practices for soil and water conservation. **U.S. Department of Agriculture**, Agriculture Handbook, 282. 1965.

## ANEXO A – LAUDOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E GRANULOMÉTRICAS DOS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ, EM FRANCISCO BELTRÃO (PR)



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
 Campus Pato Branco  
 Laboratório de Solos UTFPR  
 Rodovia PR 469, Km 01, Cx.Postal 571 - 85501-970  
 Telefone: (46) 3220 2539 Pato Branco - PR



### LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS

Solicitante: Ana Paula Vansan

Endereço: UTFPR-PB

Amostra: 170P a 179P

Profundidade: 0 a 50 cm

#### Resultado da Análise de Física do Solo


Amostra	Talhão	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	
				Fina	Grossa
170P	Ponto 1	66,0	25,2	5,8	3,0
171P	Ponto 2	59,0	31,4	6,9	2,7
172P	Ponto 3	53,0	37,7	6,6	2,7
173P	Ponto 4	40,0	36,2	13,8	10,0
174P	Ponto 5	50,0	36,8	9,5	3,7
175P	Ponto 6	69,0	22,4	7,3	1,3
176P	Ponto 7	58,0	31,0	8,2	2,8
177P	Ponto 8	48,0	38,1	9,1	4,8
178P	Ponto 9	52,0	34,3	9,9	3,8
179P	Ponto 10	59,0	26,6	10,2	4,2

Para maiores esclarecimentos consulte um Engenheiro Agrônomo.

De acordo com a Instrução Normativa nº 2, de 09 de outubro de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, este solo é classificado como do **TIPO 3**

Este resultado representa a amostra enviada pelo interessado.

Pato Branco, 17 Julho de 2017

	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agronômico do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 170
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 1 - Ponto 01	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	17,42	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10
	MO gdm <sup>-3</sup>	P mgdm <sup>-3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Cu mgdm <sup>-3</sup>	Fe mgdm <sup>-3</sup>	Zn mgdm <sup>-3</sup>	Mn mgdm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>3</sup>): 31,28

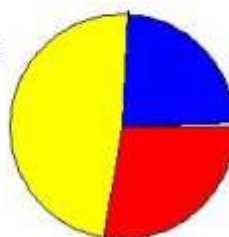
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,30	0,00	3,97	6,90	3,40	10,38	72,33	0,00
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>h</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 14,35

K : 0,56 %  
Mg : 23,69 %  
Ca : 48,08 %  
H+Al : 27,67 %



	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agronômico do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 171
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 2 - Ponto 02	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	26,80	13,11	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50
	MO gdm <sup>-2</sup>	P mgdm <sup>-2</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Cu mgdm <sup>-2</sup>	Fe mgdm <sup>-2</sup>	Zn mgdm <sup>-2</sup>	Mn mgdm <sup>-2</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>2</sup>): 109,48

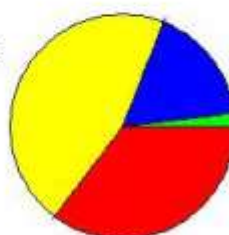
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,00	0,29	4,96	6,40	2,40	9,08	64,67	3,09
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	V (%)	Sat. Al (%)


Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>h</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 14,04





K : 1,99 %  
Mg : 17,09 %  
Ca : 45,58 %  
H+Al : 35,33 %
























 Ministério da Educação Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco Coordenação de Agronomia	 Governo do Estado do Paraná Secretaria de Agricultura e Abastecimento Instituto Agronômico do Paraná

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 172
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR	Profundidade: 0 a 20 cm	
Talhão: 3 - Ponto 03	Nº Matrícula: 0	
Técnico: ....		

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	21,44	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40
	MO gdm <sup>-3</sup>	P mgdm <sup>-3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Cu mgdm <sup>-3</sup>	Fe mgdm <sup>-3</sup>	Zn mgdm <sup>-3</sup>	Mn mgdm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>


OBS: K(mgdm<sup>3</sup>): 31,28

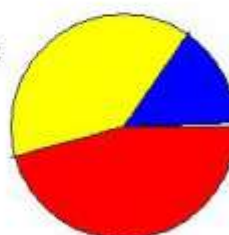
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	5,70	0,49	6,21	5,30	2,00	7,38	54,30	6,23
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>h</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 13,59

K : 0,59 %   
 Mg : 14,72 %   
 Ca : 39 %   
 H+Al : 45,7 % 



	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agronômico do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 173
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 4 - Ponto 04	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	37,53	113,76	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50
	MO gdm <sup>-2</sup>	P mgdm <sup>-2</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Cu mgdm <sup>-2</sup>	Fe mgdm <sup>-2</sup>	Zn mgdm <sup>-2</sup>	Mn mgdm <sup>-2</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>2</sup>): 226,78

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	7,00	0,00	2,36	17,90	7,70	26,18	91,73	0,00
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>c</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 28,54

K : 2,03 %  
Mg : 26,98 %  
Ca : 62,72 %  
H+Al : 8,27 %



	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agronômico do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 174
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 5 - Ponto 05	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	28,14	13,11	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
	MO gdm <sup>-2</sup>	P mgdm <sup>-2</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Cu mgdm <sup>-2</sup>	Fe mgdm <sup>-2</sup>	Zn mgdm <sup>-2</sup>	Mn mgdm <sup>-2</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>2</sup>): 97,75

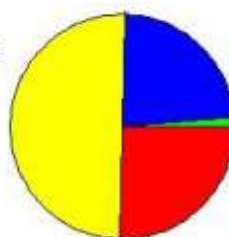
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,10	0,00	4,61	9,10	4,20	13,55	74,61	0,00
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>h</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 18,16

K : 1,38 %   
Mg : 23,13 %   
Ca : 50,11 %   
H+Al : 25,39 % 



 Ministério da Educação Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco Coordenação de Agronomia	 Governo do Estado do Paraná Secretaria de Agricultura e Abastecimento Instituto Agronômico do Paraná

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 175
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 8 - Ponto 08	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	21,44	1,97	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50
	MO gdm <sup>-2</sup>	P mgdm <sup>-2</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Cu mgdm <sup>-2</sup>	Fe mgdm <sup>-2</sup>	Zn mgdm <sup>-2</sup>	Mn mgdm <sup>-2</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>2</sup>): 97,75

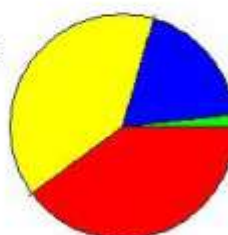
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	5,90	0,13	5,36	5,30	2,50	8,05	60,07	1,59
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>h</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>


#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 13,40

K : 1,87 %  
 Mg : 18,66 %  
 Ca : 39,55 %  
 H+Al : 39,93 %





	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agronômico do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 178
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 7 - Ponto 07	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	29,48	0,08	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	4,60
	MO gdm <sup>-3</sup>	P mgdm <sup>-3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Cu mgdm <sup>-3</sup>	Fe mgdm <sup>-3</sup>	Zn mgdm <sup>-3</sup>	Mn mgdm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>3</sup>): 70,38

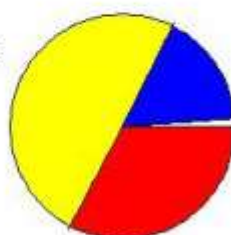
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,00	0,23	4,96	7,50	2,50	10,18	67,24	2,21
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>c</sub>Ca.Cl<sub>2</sub> 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 15,14

K : 1,19 %   
Mg : 16,51 %   
Ca : 49,54 %   
H+Al : 32,76 % 



	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agronômico do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 177
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 8 - Ponto 08	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	21,44	16,40	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80
	MO gdm <sup>-2</sup>	P mgdm <sup>-2</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Cu mgdm <sup>-2</sup>	Fe mgdm <sup>-2</sup>	Zn mgdm <sup>-2</sup>	Mn mgdm <sup>-2</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>2</sup>): 70,38

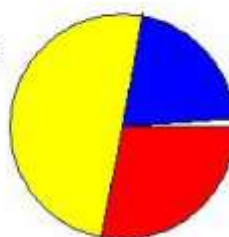
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,20	0,31	4,28	7,60	3,20	10,98	71,95	2,75
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-2</sup>	V (%)	Sat. Al (%)


Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>h</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 15,26

K : 1,18 %  
Mg : 20,97 %  
Ca : 49,8 %  
H+Al : 28,05 %



 Ministério da Educação Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco Coordenação de Agronomia	 Governo do Estado do Paraná Secretaria de Agricultura e Abastecimento Instituto Agronômico do Paraná

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 178
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 9 - Ponto 09	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	26,80	75,16	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20
	MO gdm <sup>3</sup>	P mgdm <sup>3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	Cu mgdm <sup>3</sup>	Fe mgdm <sup>3</sup>	Zn mgdm <sup>3</sup>	Mn mgdm <sup>3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>3</sup>): 129,03

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,10	0,00	4,61	13,10	3,20	16,63	78,30	0,00
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>h</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

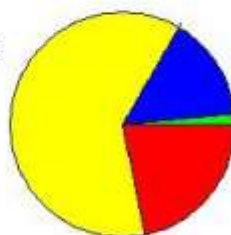
Valor do CTC = 21,24

K : 1,55 %

Mg : 15,07 %

Ca : 61,68 %

H+Al : 21,7 %



	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agronômico do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Ana Paula Vansan	Laudo : 7515	Amostra: 179
Endereço:	Data: 28/06/2017	
Propriedade: UTFPR - - PR		
Talhão: 10 - Ponto 10	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	21,44	1,02	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20
	MO gdm <sup>-3</sup>	P mgdm <sup>-3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Cu mgdm <sup>-3</sup>	Fe mgdm <sup>-3</sup>	Zn mgdm <sup>-3</sup>	Mn mgdm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>

OBS: K(mgdm<sup>3</sup>): 109,48

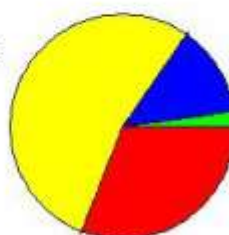
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,30	0,00	3,97	6,90	1,70	8,88	69,11	0,00
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>h</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

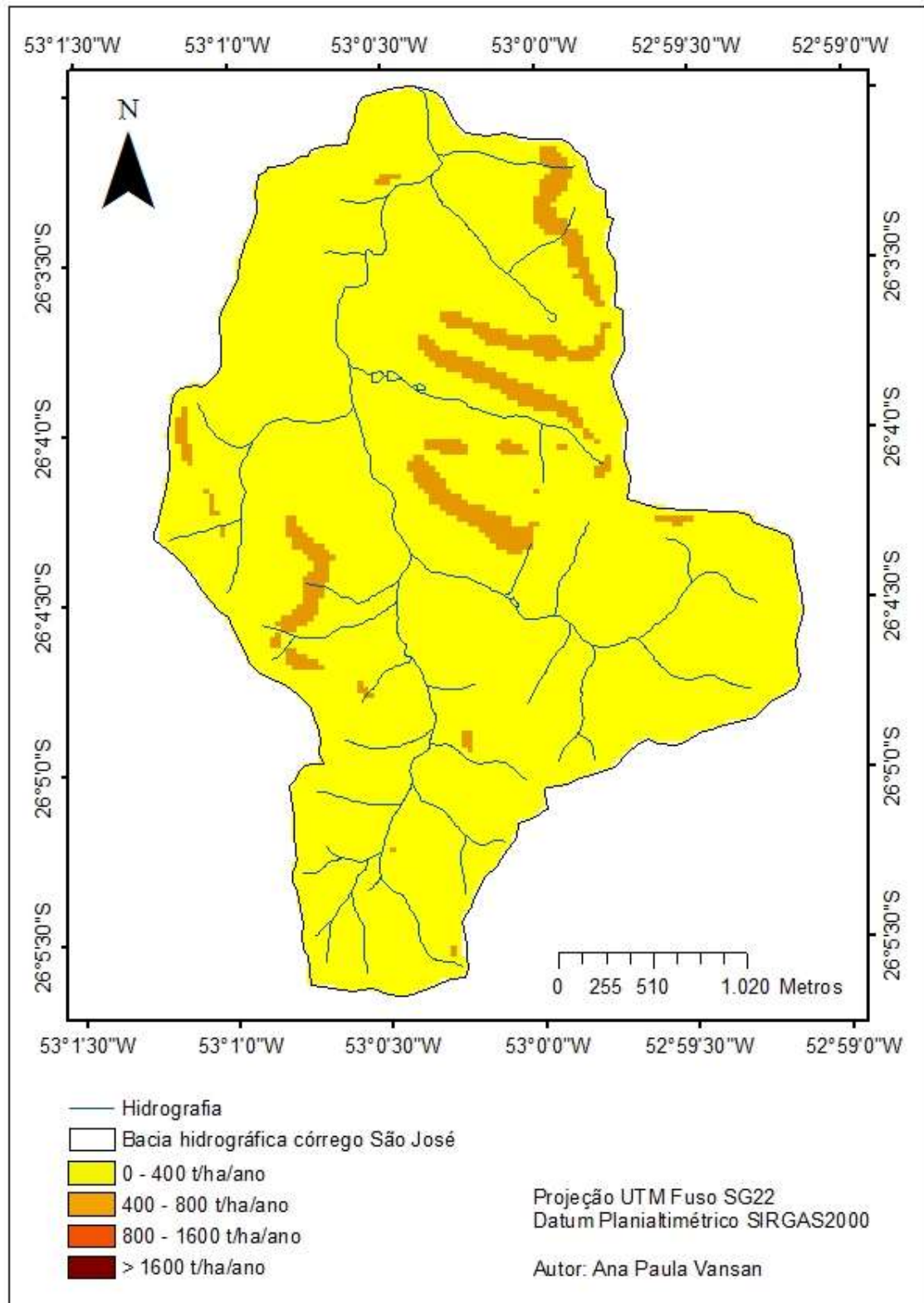
Valor do CTC = 12,85

K : 2,18 %  
Mg : 13,23 %  
Ca : 53,7 %  
H+Al : 30,89 %

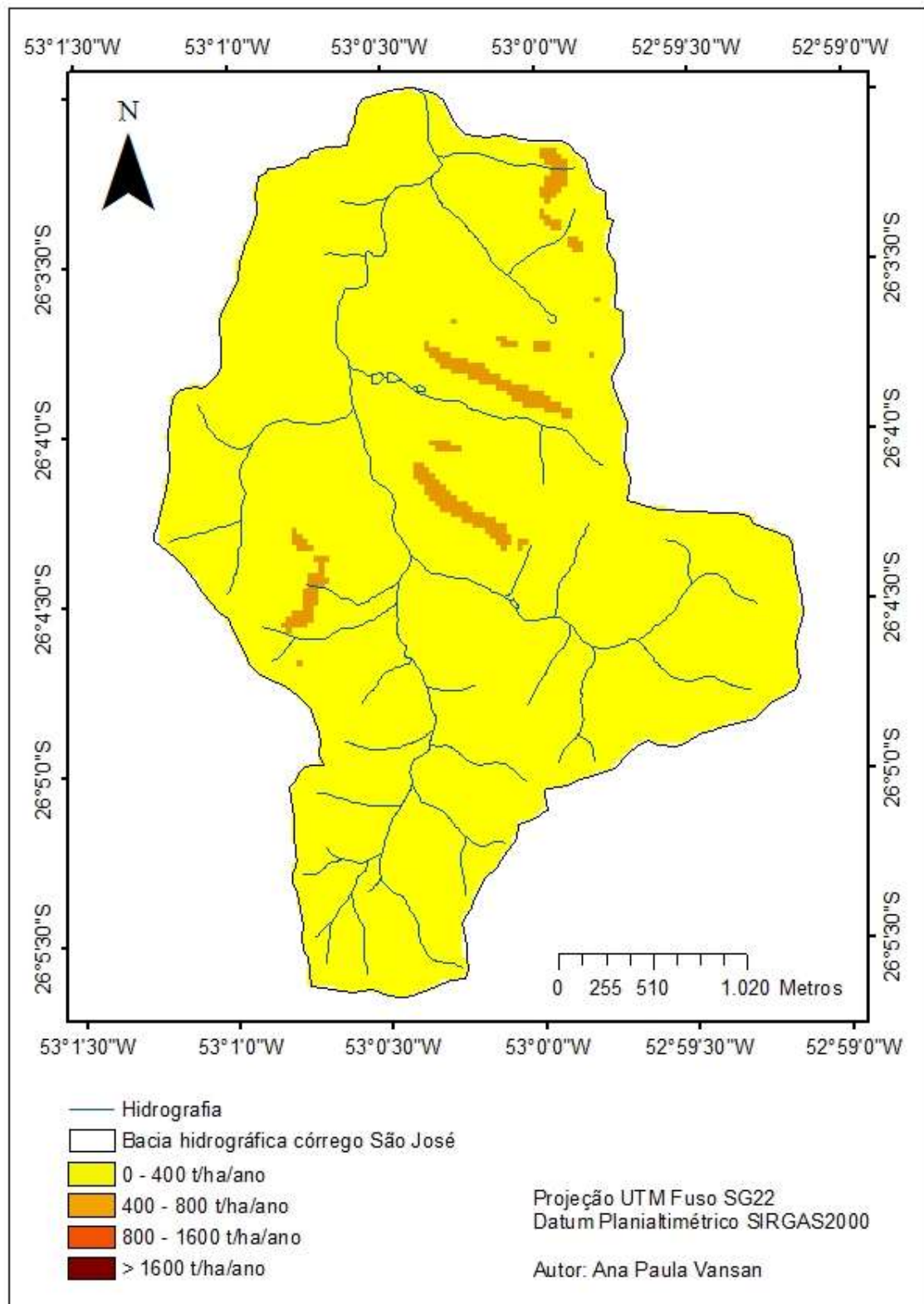


**ANEXO B – POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO REFERENTE AOS MESES DE JANEIRO A DEZEMBRO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ, EM FRANCISCO BELTRÃO (PR)**

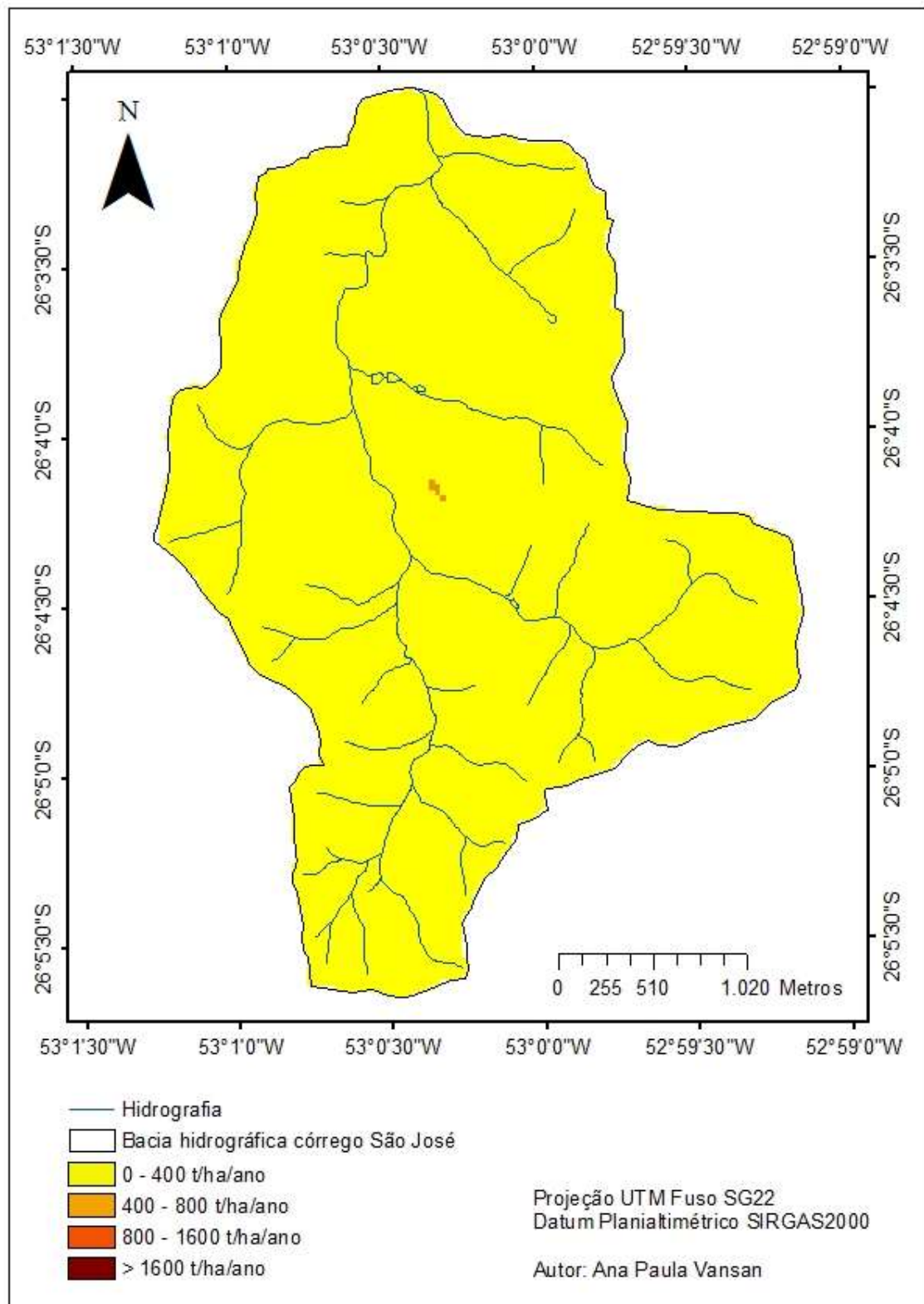
**PNE JANEIRO**



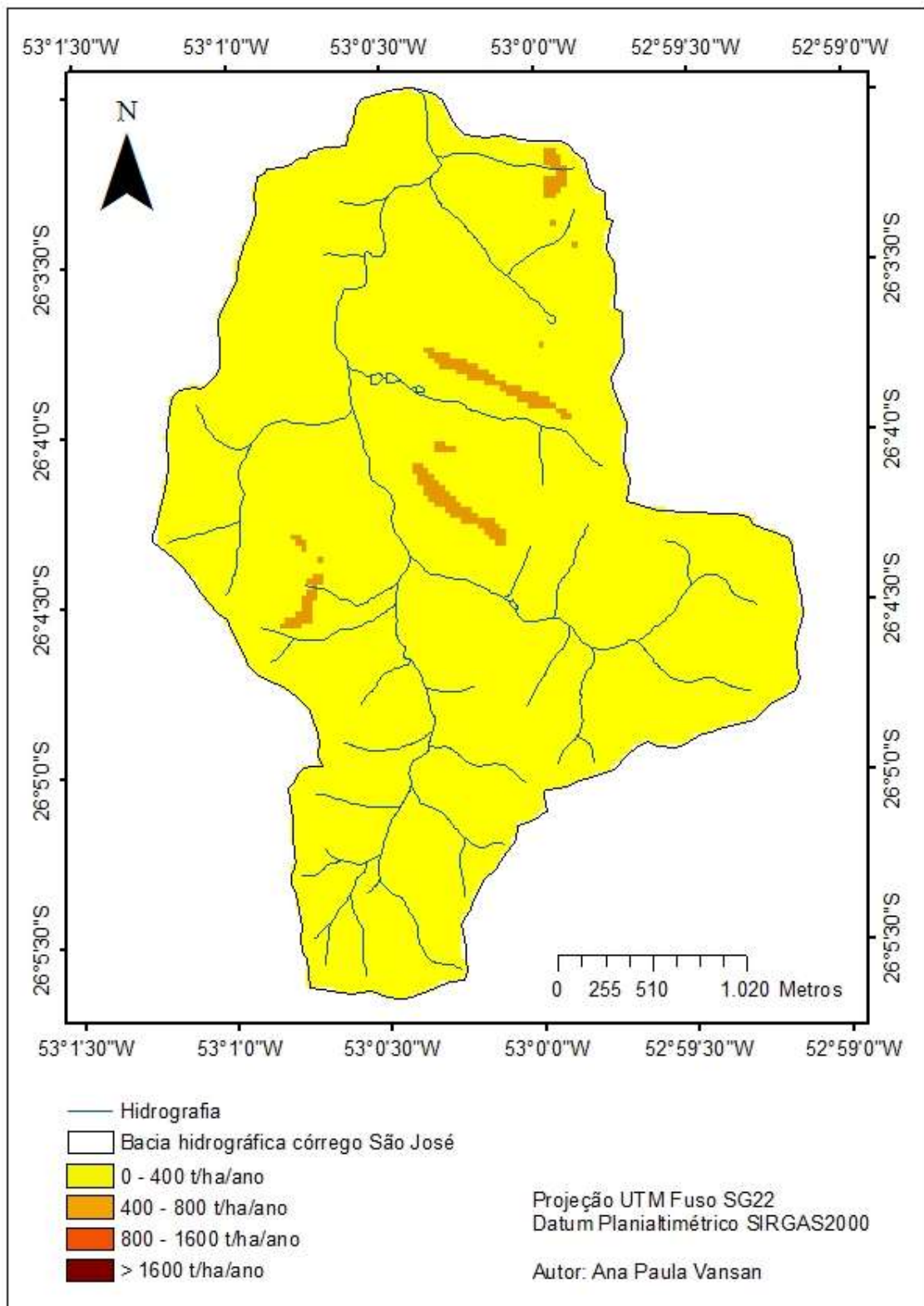
## PNE FEVEREIRO



## PNE MARÇO

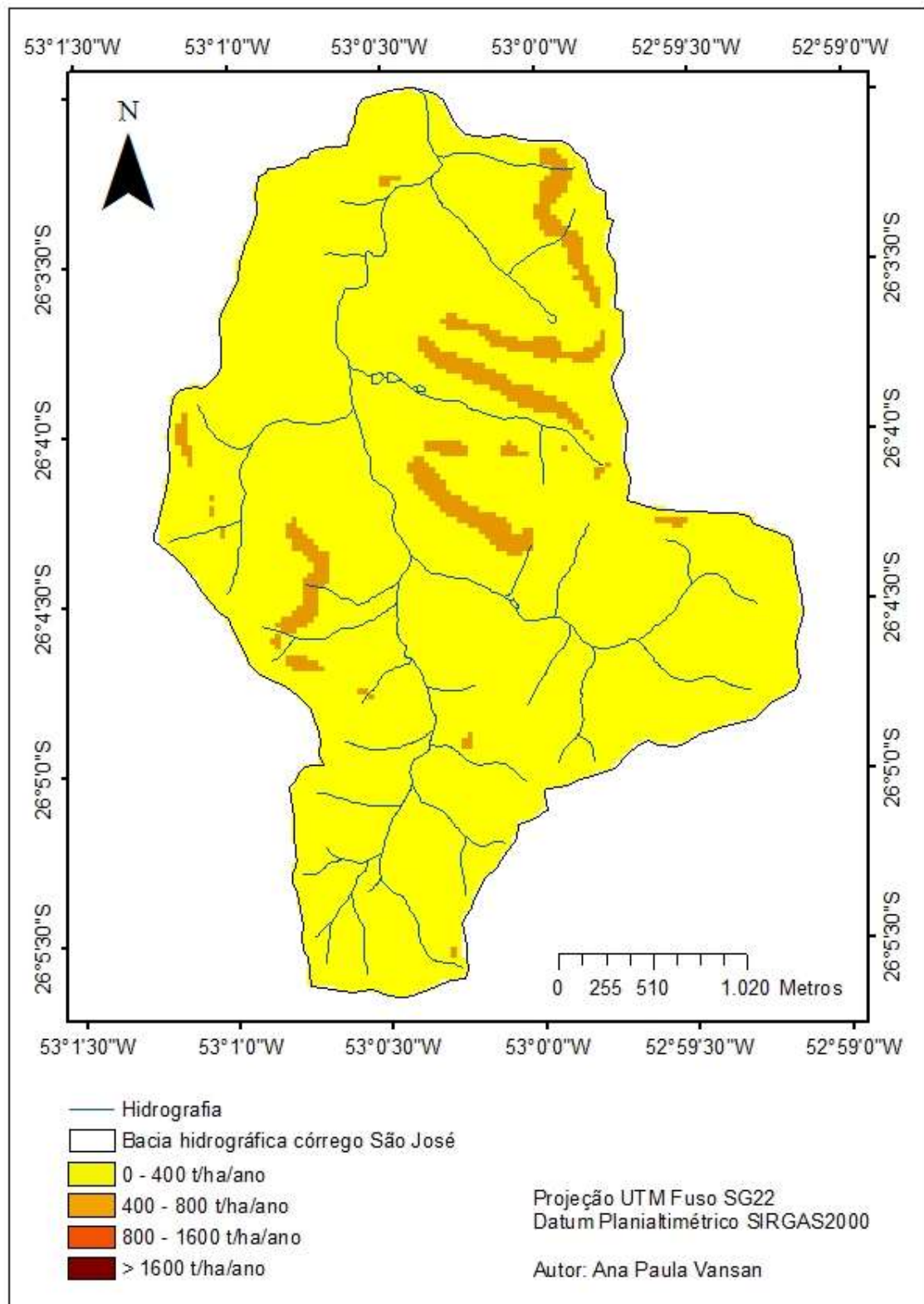


## PNE ABRIL

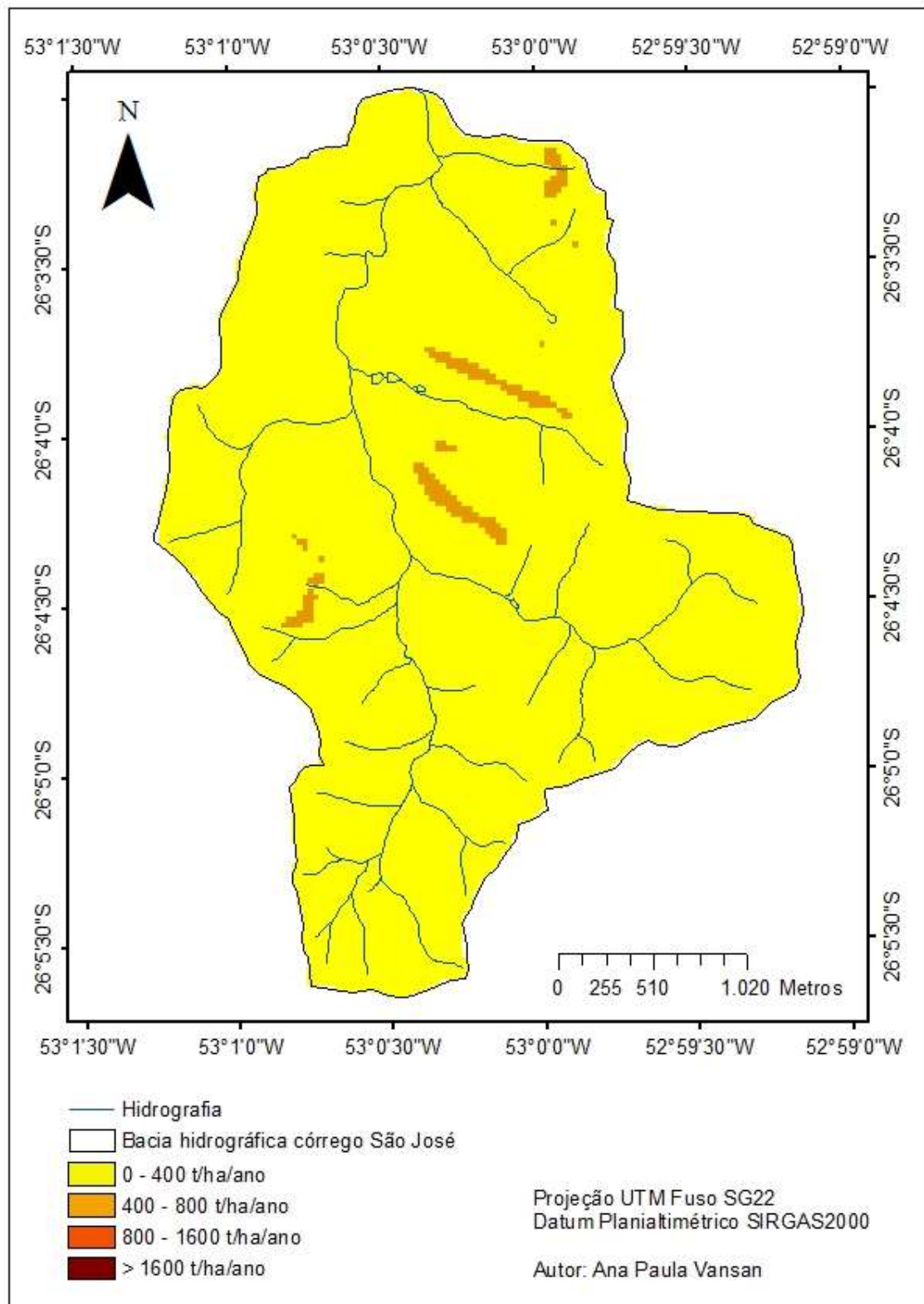




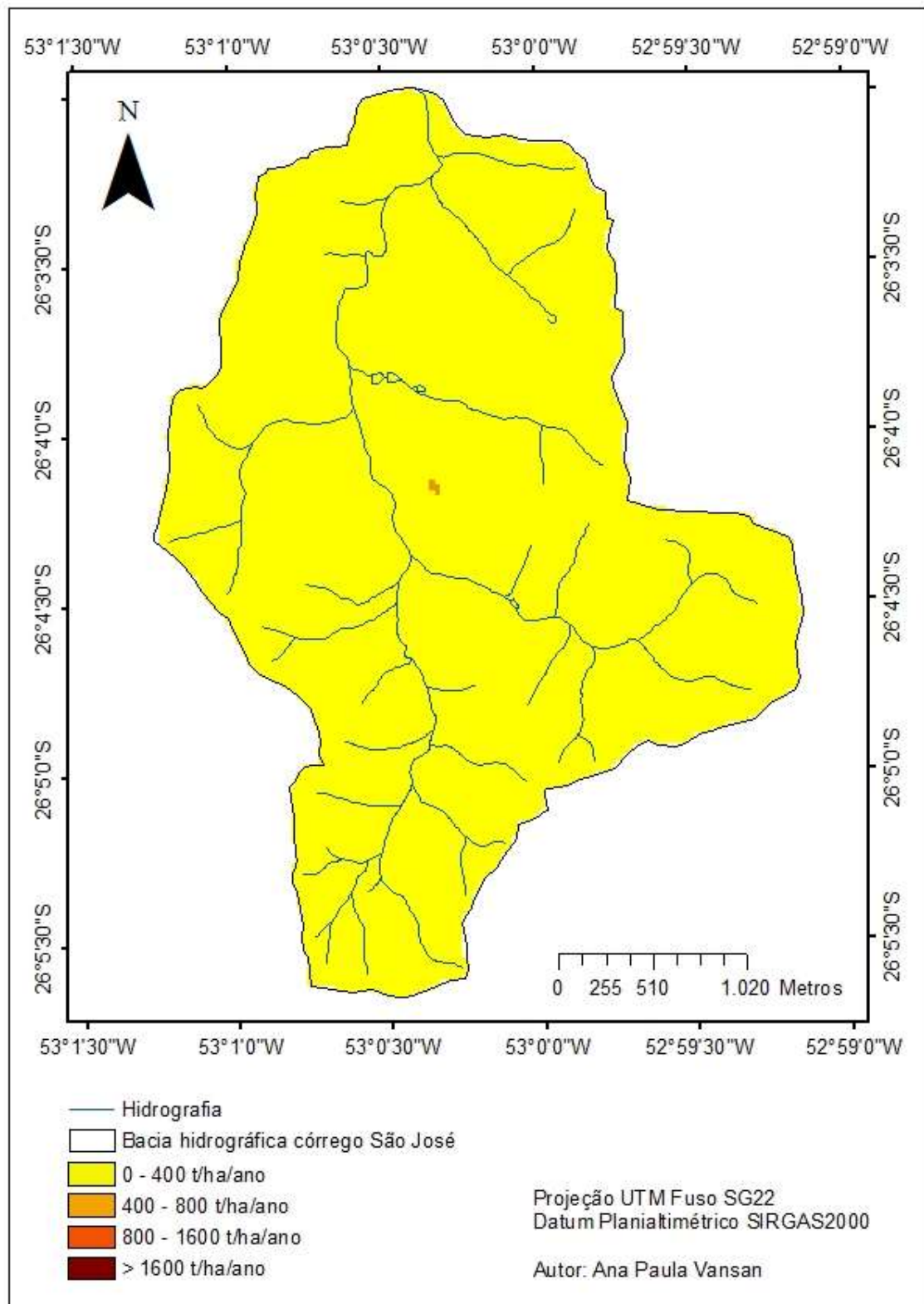
## PNE MAIO



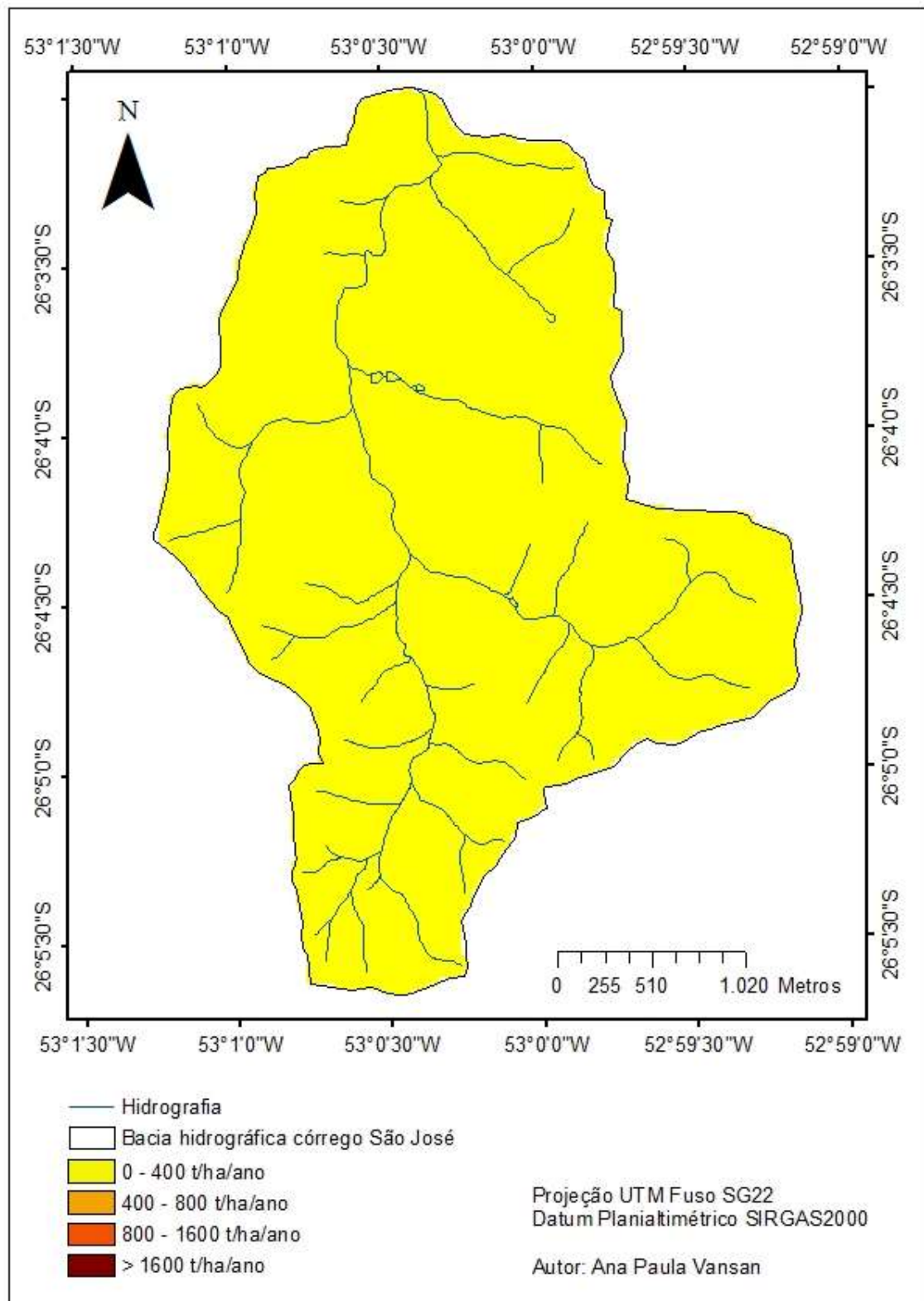
## PNE JUNHO



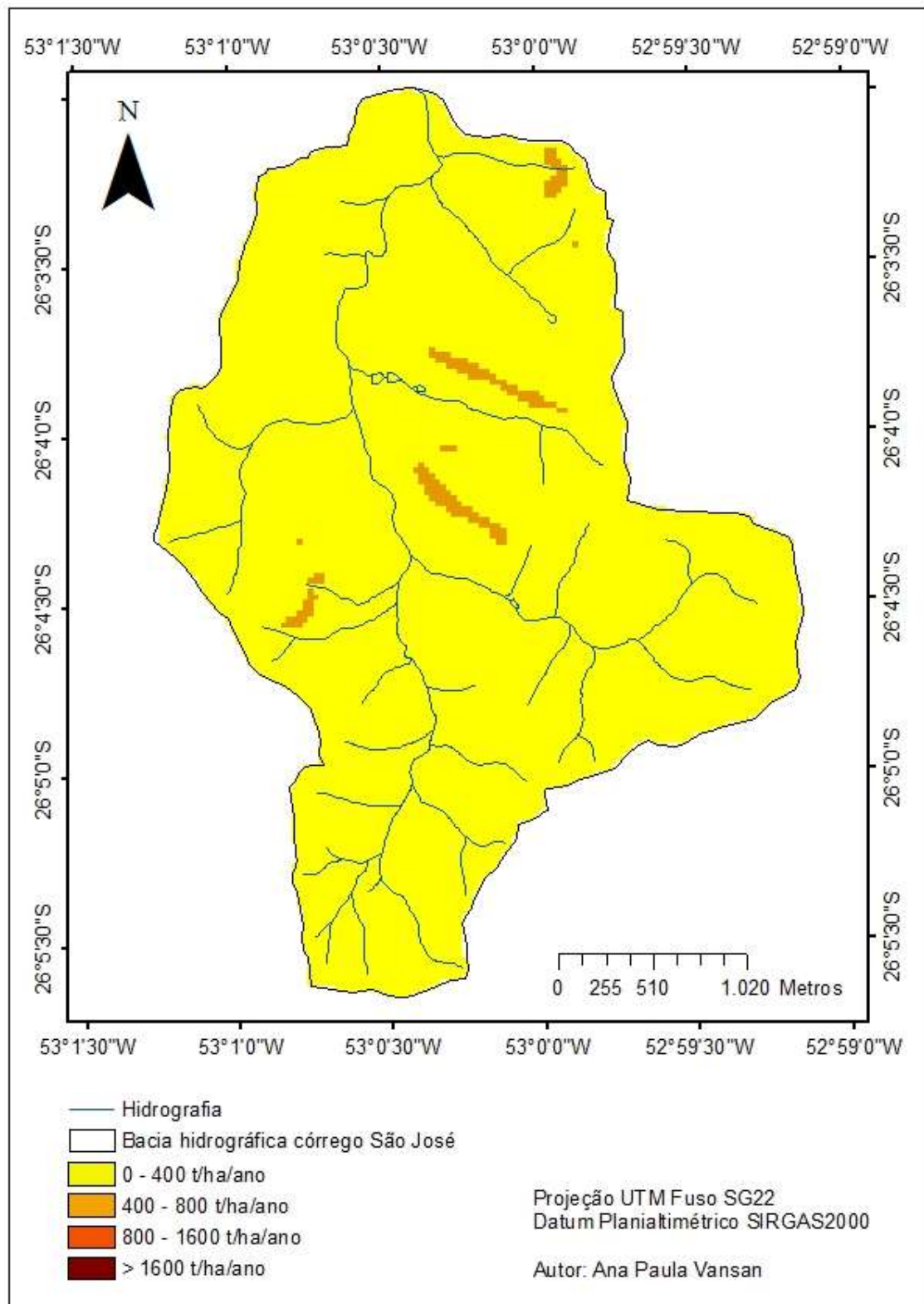
## PNE JULHO



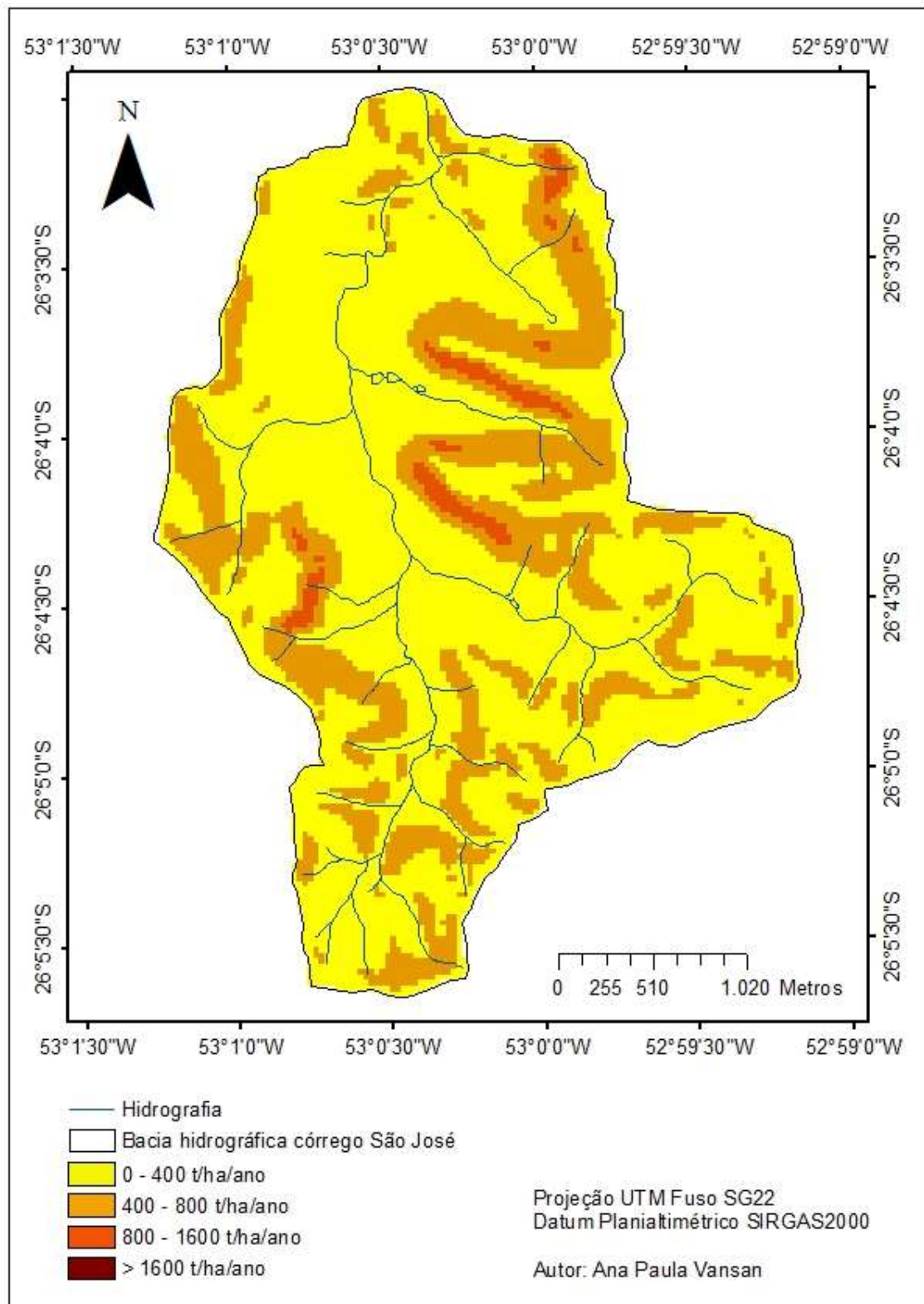
## PNE AGOSTO



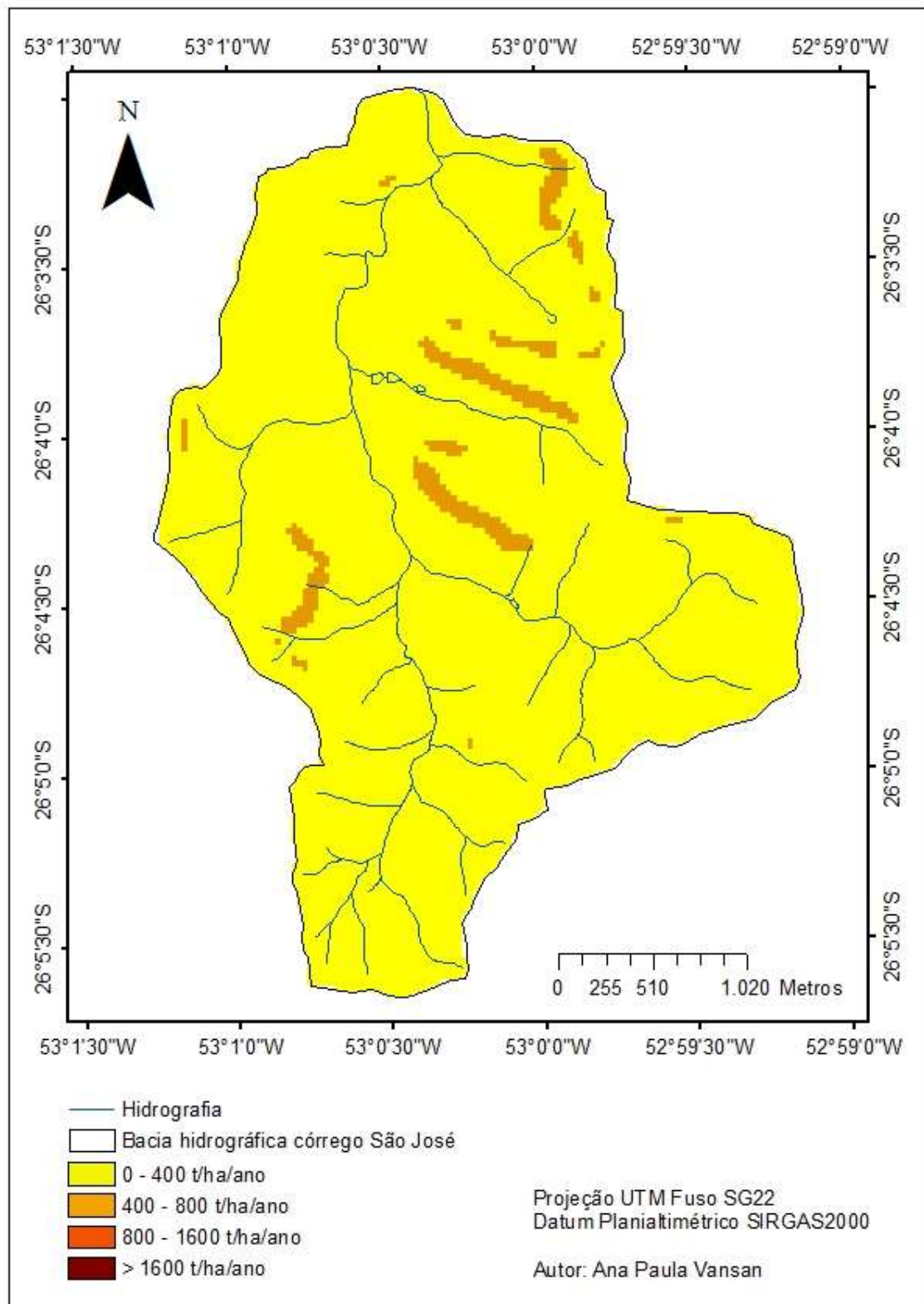
## PNE SETEMBRO



## PNE OUTUBRO



## PNE NOVEMBRO



## PNE DEZEMBRO

