



Geoprocessamento Aplicado no Planejamento de Bacias Hidrográficas

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Bruno Timóteo Rodrigues
Flávia Luíze Pereira de Souza
Mateus de Campos Leme

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Bruno Timóteo Rodrigues
Flávia Luize Pereira de Souza
Mateus de Campos Leme

Geoprocessamento Aplicado no Planejamento de Bacias Hidrográficas

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G345 Geoprocessamento aplicado no planejamento de bacias hidrográficas [recurso eletrônico] / Organizadores Sérgio Campos... [et al.]. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia.
ISBN 978-85-7247-407-8
DOI 10.22533/at.ed.078191306

1. Bacias hidrográficas – Brasil. 2. Ecossistemas. 3. Sistemas de informação geográfica. I. Campos, Sérgio. II. Campos, Marcelo. III. Rodrigues, Bruno Timóteo. IV. Souza, Flávia Luize Pereira de. V. Leme, Mateus de Campos.

CDD 333.95

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

O livro “*Geoprocessamento aplicado no planejamento de bacias hidrográficas*” apresenta uma coletânea de trabalhos desenvolvido pelo Grupo de Estudos e Pesquisas em Geotecnologia, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Topografia (GEPEGEO), cadastrado no CNPQ desde 2007, sobre estudos de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação dos processos que ocorrem na unidade territorial de bacias hidrográficas e municipais.

Os artigos compilados neste livro foram desenvolvidos por discentes dos Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, da FCA, UNESP – Botucatu; UNESP/Tupã, entre outros, reconhecidos pela CAPES e por docentes da área de Agronomia, Engenharia Florestal, Física e Geografia.

O conteúdo deste livro traz subsídios para futuros trabalhos que utilizam geotecnologias aplicadas para o planejamento ambiental de bacias hidrográficas, servindo de fonte de informações para o desenvolvimento de novas pesquisas na área de ciências agrárias.

O planejamento ambiental envolve compilação e levantamento de dados, estabelecimento das unidades cartográficas e até a aplicação de um método de avaliação apoiada no estudo das capacidades ou potencialidades de uso e ocupação de um determinado território e dos impactos que a implantação e desenvolvimento dessas atividades produzem ao meio ambiente.

O desenvolvimento econômico do Brasil nas últimas décadas, seja nas áreas urbanas ou rurais, foi caracterizado pelo planejamento inadequado das bacias hidrográficas, com pressão cada vez maior sobre os recursos naturais.

A bacia hidrográfica quando usada como unidade natural de análise da superfície terrestre, favorece o reconhecimento das inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação.

Na análise ambiental, os estudos sobre bacia hidrográfica como unidade de planejamento tem grande importância nos contextos técnico-científicos e aplicados à montagem e execução de um projeto integrado de manejo sustentável, por ser uma unidade de planificação, devido a sua alta coesão geográfica e ao seu funcionamento em torno do elemento água, ou seja, a bacia hidrográfica é uma interessante unidade de planificação e gestão integral do meio na definição das unidades territoriais funcionais como unidades básicas de ordenação territorial

A paisagem é sempre complexa, sendo necessário definir unidades de mapeamento compostas, com mais de um parâmetro ambiental selecionado, descrevendo a complexidade que está presente, assim estas devem ser chamadas de áreas homogêneas de unidades ambientais que aplicado nos métodos de avaliações, pode ser uma combinação de diferentes tipos, podendo servir de base para diversos planejamentos, sob diferentes demandas e finalidades.

Assim, delimitação das unidades de ambientais apresenta grande complexidade,

pois a interação entre os diversos atributos do sistema natural e antrópico permite a identificação dos atributos responsáveis pela dinâmica da paisagem, como também identifica as principais fragilidades ambientais de cada unidade, elemento essencial na gestão do território.

Desta forma, este livro pode proporcionar subsídios teóricos, conceituais e metodológicos para a realização de outros projetos, bem como, fornecer ao poder público e à comunidade o diagnóstico da área e seus respectivos usos, visando à tomada de decisões adequadas à solução de possíveis problemas encontrados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARTA PLANEJAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	
Ronaldo Alberto Pollo	
Sérgio Campos	
Lincoln Gehring Cardoso	
Bruno Timóteo Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0781913061	
CAPÍTULO 2	6
ANÁLISE FÍSICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.	
Thyellenn Lopes De Souza	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
Mateus De Campos Leme	
Flávia Luize Pereira De Souza	
Laila Afif Name Kahil Natchtigall	
DOI 10.22533/at.ed.0781913062	
CAPÍTULO 3	13
DISCRIMINAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
Thyellenn Lopes de Souza	
Mateus de Campos Leme	
Flávia Luize Pereira de Souza	
Laila Afif Name Kahil Nachtigall	
DOI 10.22533/at.ed.0781913063	
CAPÍTULO 4	22
IMAGENS DIGITAIS PARA PLANEJAMENTO AGRÍCOLA	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
Felipe Souza Nogueira Tagliarini	
Bruno Timóteo Rodrigues	
Yara Manfrin Garcia	
Thyellenn Lopes De Souza	
DOI 10.22533/at.ed.0781913064	
CAPÍTULO 5	29
APTIDÃO AGRÍCOLA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	
Sérgio Campos	
Ana Paula Barbosa	
Milena Montanholi Mileski	
Raquel Cavasini	
Muriel Cicatti Emanoeli Soares	
Marina Granato	
Débora Marques Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.0781913065	

CAPÍTULO 6	39
ANÁLISE MULTICRITERIAL APLICADA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
Thyellenn Lopes de Souza	
Mateus de Campos Leme	
Flávia Luize Pereira de Souza	
Laila Afif Name Kail Natchgall	
DOI 10.22533/at.ed.0781913066	
CAPÍTULO 7	51
USO DE GEOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO	
CÓRREGO PINHEIRINHO - SP	
Luana Rosalen Brito	
Alexandre Luís da Silva Felipe	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
DOI 10.22533/at.ed.0781913067	
CAPÍTULO 8	80
ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DE UMA BACIA	
HIDROGRÁFICA	
Jordan Santos Sanini	
Alexandre Luís Da Silva Felipe	
Mateus de Campos Leme	
Flávia Luize Pereira De Souza	
Diedo Augusto de Campos Moraes	
Sérgio Campos	
DOI 10.22533/at.ed.0781913068	
CAPÍTULO 9	89
DRONES APLICADOS EM ESTUDOS AGROFLORESTAIS	
Mikael Teimóteo Rodrigues	
Bruno Timóteo Rodrigues	
Tiago Makoto Otani	
Felipe De Souza Nogueira Tagliarini	
Sérgio Campos	
Mateus de Campos Leme	
Flávia Luize Pereira De Souza	
Ronaldo Alberto Pollo	
DOI 10.22533/at.ed.0781913069	
CAPÍTULO 10	96
ANÁLISE AMBIENTAL EM FUNÇÃO DO CAR	
Alba Maria Guadalupe Orellana Gonzales	
Flávia Luize Pereira de Souza	
Mateus de Campos Leme	
Diego Augusto de Campos Leme	
Sérgio Campos	
DOI 10.22533/at.ed.07819130610	

CAPÍTULO 11 108

ATRIBUTOS DO SOLO

Anderson Antonio de Conceição Sartori

Gabriel Matsumoto

Sidnei Fonseca Guerreiro

Flávia Luíze Pereira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.07819130611

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 127

USO DE GEOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PINHEIRINHO - SP

Luana Rosalen Brito
Alexandre Luís Da Silva Felipe
Sérgio Campos
Marcelo Campos

INTRODUÇÃO

A busca por estudos espaciais do ambiente está cada vez mais frequente pelo homem. E esta procura de conhecimento aumenta devido a maiores informações que são adquiridas em áreas de difícil acesso que por meio dessa arte de exploração, o ser humano pode utilizar mais facilmente tais recursos para seu próprio interesse (OLIVEIRA; CHAVES, 2010).

Um dos pontos negativos dos problemas ambientais vem de consequências das práticas econômicas intensivas nas quais geram grandes desperdícios dos recursos naturais resultando em perda da qualidade de vida e principalmente a fragilização de ambientes naturais e antropizados, tornando isto cada vez mais urgente, priorizando a busca pela conscientização humana e tomadas de decisões mais sustentáveis (ROSS, 1994).

As áreas que estão cada vez mais sofrendo influência direta pelas atividades humanas são as Reservas Legais - RL e Áreas de Preservação Permanente – APP, que segundo a Lei nº 12.651/12 (BRASIL, 2012) tem como função ser base para o controle das atividades que geram ou gerarão grandes impactos, ou seja, estabelece regras de preservação e exploração para manter o ambiente mais equilibrado (BALESTRIN; BALBINOT; VALERIUS, 2013).

RESUMO: O geoprocessamento tem sido considerado um instrumento de extrema importância em gestão ambiental, principalmente por ajudar na obtenção de maiores informações de áreas com acessos mais difíceis. A atividade humana intensiva em locais inadequados vem ocasionando a fragilização de ambientes naturais. Por isso, este trabalho apresenta a aplicação de tecnologias utilizadas para caracterizar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Pinheirinho em Santa Cruz do Rio Pardo – SP. A metodologia foi baseada na proposta de Ross (1994), no qual estabelece pesos ou notas para avaliar o córrego, assim, foi realizado a elaboração de mapas temáticos a partir de *softwares* que servem de subsídio a adequação da área de acordo com o Código Florestal Brasileiro e estabelecer regras de preservação para tornar aquele ambiente mais equilibrado.

PALAVRAS-CHAVE: Adequação Ambiental, Carta topográfica, Fragilidade Ambiental, Morfometria.

Por isso, um dos estudos de extrema importância é o de bacias hidrográficas para compreendermos os processos que vem ocorrendo no local, e assim poder promover um maior uso racional e a preservação dos recursos. As principais alterações nos diferentes componentes da natureza ocorrem diante do relevo, geologia, geomorfologia, clima, solo, vegetação e hidrografia, isto tudo a partir de análises da fragilidade potencial ambiental. É possível também realizar análise da fragilidade emergente no qual além dos fatores ambientais, inclui a ação do homem caracterizando sua forma de ocupação da terra (ROSS, 1994).

Segundo Sporn e Ross (2004), as análises de fragilidade auxiliam no Planejamento Ambiental, o qual identifica os ambientes naturais e suas fragilidades potenciais fornecendo melhores critérios a serem executados em determinada área. Para representar o grau de fragilidade são atribuídos pesos ou notas que variam entre muito baixo (1), baixo (2), média (3), alto (4) e muito alto (5), que permite uma avaliação da área através do uso de ferramentas de geoprocessamento de imagens e o Sistema de Informação Geográfica que resultam em mapas temáticos que servem como uma ferramenta importante ao planejamento (ROSS, 1994).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral utilizar análises de geoprocessamento do limite da bacia hidrográfica do córrego Pinheirinho em Santa Cruz do Rio Pardo/SP, para identificação da fragilidade ambiental local e poder comparar as adequações ambientais ditas no Código Florestal brasileiro.

REVISÃO DE LITERATURA

Geoprocessamento em SIG

O geoprocessamento teve início do seu conceito a partir de manipulações de dados espaciais georreferenciado por meio de técnicas computacionais para o tratamento de informações geográficas. O termo pode ser dividido em geo (terra) e processamento (informações), sua principal característica é formar conhecimentos específicos com a função de oferecer tecnologias para a solução de problemas espaciais (PIROLI, 2010).

De acordo com Silva et al (1998, apud BOLFE et al, 2004) definem geoprocessamento como “conjunto de procedimentos computacionais, que operando sobre bases de dados geocodificados, executam análises, reformulações e síntese sobre os dados ambientais tornando-os utilizáveis em um sistema de processamento automático integrado ao banco de dados.”

E os sistemas apropriados para realizar a manipulação dos dados espaciais são conhecidos como SIGs (Sistema de Informações Geográficas) que permitem a visualização das informações por meio de mapas, pois ele é capaz de integrar conhecimentos teóricos relacionando aos modelos digital da realidade (ROSA; ROSS, 1999).

Segundo Burrough (1986, apud CÂMARA; ORTIZ 2018) o SIG possui ferramentas apropriadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. E com isso é possível apresentar objetos do mundo real em seus termos de posicionamento principalmente devido a um sistema de coordenadas, portanto um SIG está adequado para realizar estudos relativos ao meio ambiente e seus recursos naturais, por conseguir determinar a suposição de alguns fenômenos e também contribuir na tomada de decisões em relação a planejamentos já que permitem com maior facilidade e segurança nas atividades humanas o monitoramento do espaço geográfico.

Conforme Spring (2006), os SIGs possuem estruturas básicas, a começar por uma interface representada por um usuário; uma entrada e integração de dados; atribuições de processamento gráfico e de imagens; visualização e plotagem ou armazenamento de dados.

Assim, esta ferramenta se torna essencial quanto à gestão de bacias hidrográficas, onde é possível realizar estudos de impactos e fragilidade ambiental, controle e monitoramento, elaborar mapas temáticos, geológico, vegetacionais entre diversos bancos de dados e imagens, que ao se integrarem resultam uma visão mais ampla e precisa da área de pesquisa (SANTANA, 2017).

Datum

Em SIG, os dados apresentados são obtidos por meio de ferramentas simples no qual exibem coordenadas geográficas na posição indicada, porém para que isso ocorra são necessárias transformações entre diferentes sistemas que permitem a relação entre o sistema computacional às coordenadas geográficas. Antes de começar a análise é preciso modificar a diferença entre as coordenadas retirada das cartas e as medidas em campo por meio de transformações de coordenadas e também de DATA, pois as comparações precisam estar com o mesmo referencial (D'ALGE, 2018).

O termo DATA é conhecido como o plural de Datum (do latim dado), e corresponde a superfície com 5 valores de referência, os quais: latitude e longitude de um ponto inicial, azimute e duas constantes que definem o elipsoide terrestre. E é ele quem define a origem de um sistema de coordenadas. O componente mais importante em DATA vem do elipsoide, pois sabe-se que o formato da Terra é achatado no pólos coincidindo a uma elipse tridimensional. Assim, o elipsoide que melhor se adequa à superfície terrestre que tem seu centro que melhor se encaixa ao centro da massa da terra, é conhecido como WGS-84 (*World Geodetic System*), que além de elipsoide se tornou um datum (SANTIAGO, 2009).

Bacia Hidrográfica em Análise Ambiental

Uma Bacia Hidrográfica é determinada topograficamente como uma área drenada por um ou vários sistemas de cursos d'água na qual é descarregado por uma simples saída. Para serem delimitadas são utilizados os divisores topográficos que normalmente vem acompanhado das altitudes, ou seja, com as curvas de nível de valores mais altos e esta área se torna um elemento necessário para o cálculo de outras características físicas. E é capaz de influenciar bastante em determinados fatores, principalmente o relevo desta que envolve as condições meteorológicas e hidrológicas pela velocidade de escoamento superficial ser definida pela declividade da área (CARVALHO; SILVA, 2006).

Quanto as análises ambientais que estão cada vez mais frequentes na atuação dos profissionais que atuam com o meio ambiente, as bacias chamam atenção em relação à representação de uma unidade de planejamento, por exemplo, de uso de terras por ter seus limites definidos a partir de critérios geomorfológicos, se torna uma unidade natural de análise da superfície terrestre sendo possível estudar as inter-relações existentes no local entre diversos fatores da paisagem (BOTELHO, 2004).

Os estudos e análises de bacias são importantes para compreensão do desenvolvimento do espaço atual e todas as modificações que vem ocorrendo, pois o que cria todas estas causas e efeitos são as intervenções antrópicas que influenciam na dinâmica dela, e para criar interpretações futuras é necessário realizar o planejamento que visa um manejo adequado para assegurar qualidade e proteção dos recursos hídricos, a partir de levantamentos intensos e dados da distribuição e comportamento que permitem elaborar projetos e diagnósticos ambientais identificando os problemas e propondo soluções em cada situação (SANTANA, 2017).

Morfometria da Bacia Hidrográfica

Uma das análises que é feita para delimitação de uma bacia hidrográfica com procedimentos comuns em análises hidrológicas ou ambientais vem da sua caracterização por meio da morfometria a partir de parâmetros físicos, como: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade e densidade de drenagem, pois esses fatores possuem grande relevância quanto ao comportamento hidrológico por estabelecer relações que comparem dados conhecidos determinando valores em locais que faltam informações e com isso podemos encontrar características como a área da bacia e sua forma (VILELA; MATTOS, 1975).

Esta última pode variar, geralmente grandes rios apresentam formatos de pera ou leque, já os menores dependem muito do formato e estrutura geológica do terreno e para determina-las são usadas formulas que procuram relaciona-las com formas

geométricas sendo mais circulares ou retangulares (VILELA; MATTOS, 1975).

Segundo Vilela e Mattos, (1975), O índice de Gravelius, também conhecido como coeficiente de compacidade explica a relação do perímetro da bacia com um círculo e é um valor que varia conforme a forma da bacia independente do seu tamanho, porém quanto mais irregular maior será seu valor. Se o coeficiente resultar a unidade a bacia corresponderia a um formato circular e com mais possibilidades de enchentes acentuadas. O K_c , é determinado segundo a equação abaixo, sendo que K_c : coeficiente compacidade, P : perímetro (m), A : área drenagem (m^2).

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

O Fator de forma compara a bacia a um retângulo no qual relaciona a largura média e o seu comprimento, outro fator que também indica maiores ou menores chances para enchentes, se o resultado for baixo, menor será a susceptibilidade da bacia quanto a chuvas intensas que possam cobrir toda sua extensão. O F_f é determinado baseado na equação a baixo, onde F_f : fator de forma, A : área da bacia (km^2) e C : comprimento (km).

$$F_f = \frac{A}{C^2}$$

O Índice de circularidade também irá tender para a unidade à medida que a bacia vai se aproximando do formato circular e diminui quando alongada. E a equação utilizada mostra que I_c : índice de circularidade, A : área da drenagem (m^2) P : perímetro (m).

$$I_c = 12,57 \frac{A}{P^2}$$

A densidade de drenagem indica com qual velocidade a água deixa a bacia hidrográfica que é expressa pela relação de todos os cursos d'água, este índice pode variar entre 0,5 para drenagens pobres a 3,5 $km.km^2$ para bem drenadas. E é determinada pela equação abaixo, onde D_d : densidade de drenagem, L : comprimento total dos cursos (km), A : área drenagem (km^2).

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

Fragilidade Ambiental

O termo fragilidade ambiental está ligado a qualquer alteração em diferentes variáveis que se encontram na natureza e que são capazes de ocasionar falhas no desenvolvimento de todo os sistemas ambientais por apresentarem uma maior ou menor vulnerabilidade segundo suas funções e características, podendo desequilibrar todo o meio provocando até situações de risco (SPORL; ROSS, 2004). Por exemplo, os ambientes naturais se encontravam em estado dinâmico e equilibrados, porém, com a intervenção humana aumentou gradativamente a exploração dos recursos naturais e conseqüentemente começaram a surgir diversos problemas ambientais (ROSS, 1994).

Segundo Ross (1994), as variáveis que alteram os componentes da natureza, ocorrem principalmente diante do relevo, geologia, geomorfologia, clima, vegetação, solo, e hidrografia e quando estas são tratadas de modo integrado ajudam na análise das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade do ambiente estudado.

Estas análises facilitam e muito no planejamento ambiental por fornecerem os melhores critérios a serem executados na área, e servem de base para o zoneamento e gestão do território. A fragilidade ambiental pode ser classificada como potencial ou emergente, a primeira em si faz estudos onde o qual o ambiente é observado por meio de perspectivas que ligam dados de solo e declividade, ou seja, fatores que não sofreram alterações antrópicas e ainda se encontram em equilíbrio dinâmico, diferente da emergente, que além de considerar o que ainda está em seu estado natural conta com variáveis antropizadas, por exemplo, de uso e ocupação do solo (ROSS, 1994).

Ambas as fragilidades são hierarquizadas em cinco classes que variam de muito baixo a muito alto e todas com seus determinados pesos que vão de 1 a 5 (Tabela 1).

Graus de fragilidade	Pesos
Muito Baixo	1
Baixo	2
Médio	3
Muito Alto	4
Alto	5

Tabela 1: Graus de fragilidade ambiental e seus determinados pesos, modelo adaptado de Ross (1994).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego Pinheirinho (Figura 1), que pertence ao Ribeirão São Domingos, possui uma área de aproximadamente 107 hectares e está localizado entre as latitudes $22^{\circ} 52' 10,73''$ S e $49^{\circ} 40' 06,84''$ W, na região de Santa Cruz do Rio Pardo, no estado de São Paulo. O Ribeirão São Domingos é um afluente do Rio Pardo.

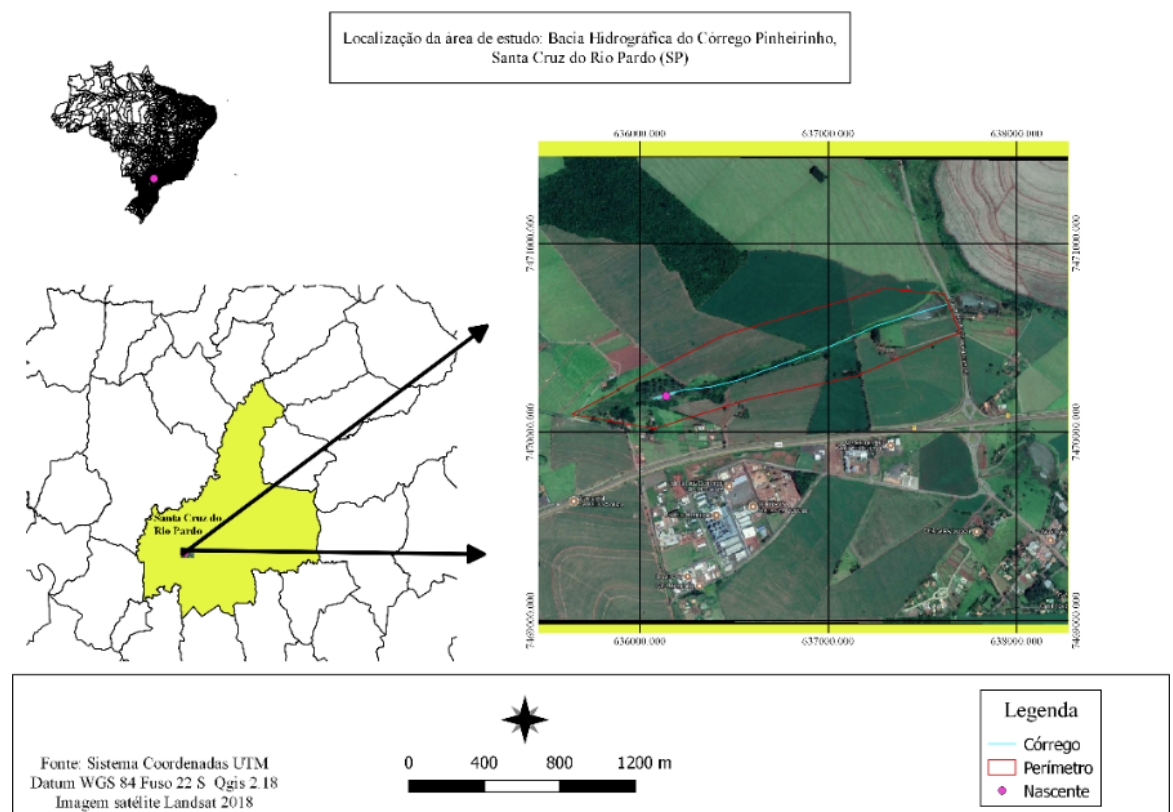


Figura 1: Localização da área de estudo.

Santa Cruz do Rio Pardo é banhado por dois principais rios, o Rio Pardo na porção Sul, que passa pela zona urbana e o Rio Turvo, na porção Norte. Ambos são afluentes do Rio Paranapanema, pois o município participa do Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (CBH-MP), na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos UGRHI-17 (DEMARCHI; PERUSI, 2017).

Segundo CLIMATE-DATA.ORG, o município apresenta uma altitude média de 478m e índice pluviométrico médio de 1.386 mm por ano. Seu clima é Cwa segundo classificação de Köppen com temperatura média anual de $22,9^{\circ}\text{C}$. A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual conhecida por Mata Atlântica do interior. E apresenta três principais tipos de solo: Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho Eutróficos e Argilossolo Vermelho Amarelo (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011).

Coleta de dados

A bacia hidrográfica do córrego Pinheirinho foi delimitada utilizando bases topográficas disponíveis no site do IBGE. A carta topográfica estudada é a Folha de Santa Cruz do Rio Pardo (SF-22-Z-A-VI-4), primeira edição 1973, com escala de 1:50.000.

Inicialmente foi realizado o procedimento de georreferenciamento da carta topográfica da área estudada pelo software QGis 2.18.12 para gerar um mapa das curvas de nível (Figura 2), e poder estabelecer o limite da bacia hidrográfica, para então iniciar a elaboração dos mapas temáticos.

O georreferenciamento de uma imagem é importante, pois uma base geográfica será referenciada no terreno por meio de sua localização utilizando apenas um sistema de coordenadas que é possível identificar seu ponto na superfície, e também realizar a transformação adequada permitindo a correção da imagem. Assim, se faz necessário para associar uma imagem a base de dados existente em um sistema de informação geográfico (PEREIRA, 2008).

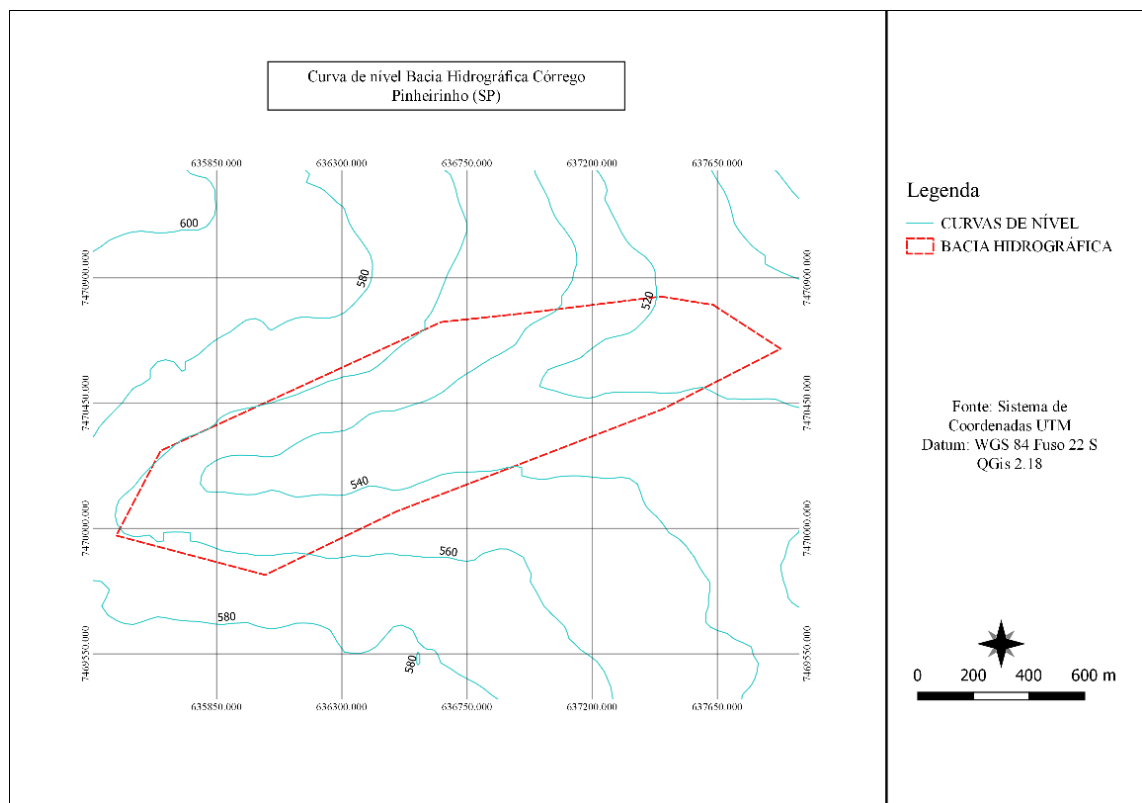


Figura 2: Curvas de nível de 20 em 20 metros.

Metodologia aplicada

O presente trabalho tem como base a metodologia da análise empírica da

fragilidade dos ambientes naturais e antropizados proposto por Ross (1994). Este método de análise possui tópicos importantes a serem estudados como, por exemplo, declividade, tipo de solo, uso da terra, onde todas as informações serão analisadas gerando diferentes graus de fragilidade.

Para a definição de cada um são estabelecidas diferentes notas de acordo com a situação, que ao final é possível avaliar o grau de fragilidade total a qual a área de estudo está exposta. E também o resultado, adequando a legislação ambiental.

Outra metodologia presente no trabalho é sobre morfometria, que foi baseada segundo Vilela e Mattos, (1975), e caracteriza a bacia a partir de parâmetros físicos, como: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade e densidade de drenagem, pois esses fatores possuem grande relevância quanto ao comportamento hidrológico.

Apresentação Geral e Mapas Elaborados no Quantum Gis

Todos os mapas temáticos foram elaborados no QGis 2.18.12, um *software* gratuito com a finalidade básica de geoprocessamento que permite a manipulação de base de dados geoespaciais, matriciais e vetoriais, o download foi feito através da página oficial dos desenvolvedores.

O primeiro passo após a instalação é configurar o sistema de coordenadas (SRC) entrando no menu Configurações > opções > SRC. Neste trabalho foi utilizado o datum WGS 84 /UTM Zona 22 S, cujo código EPSG é 32722 (Figura 3).

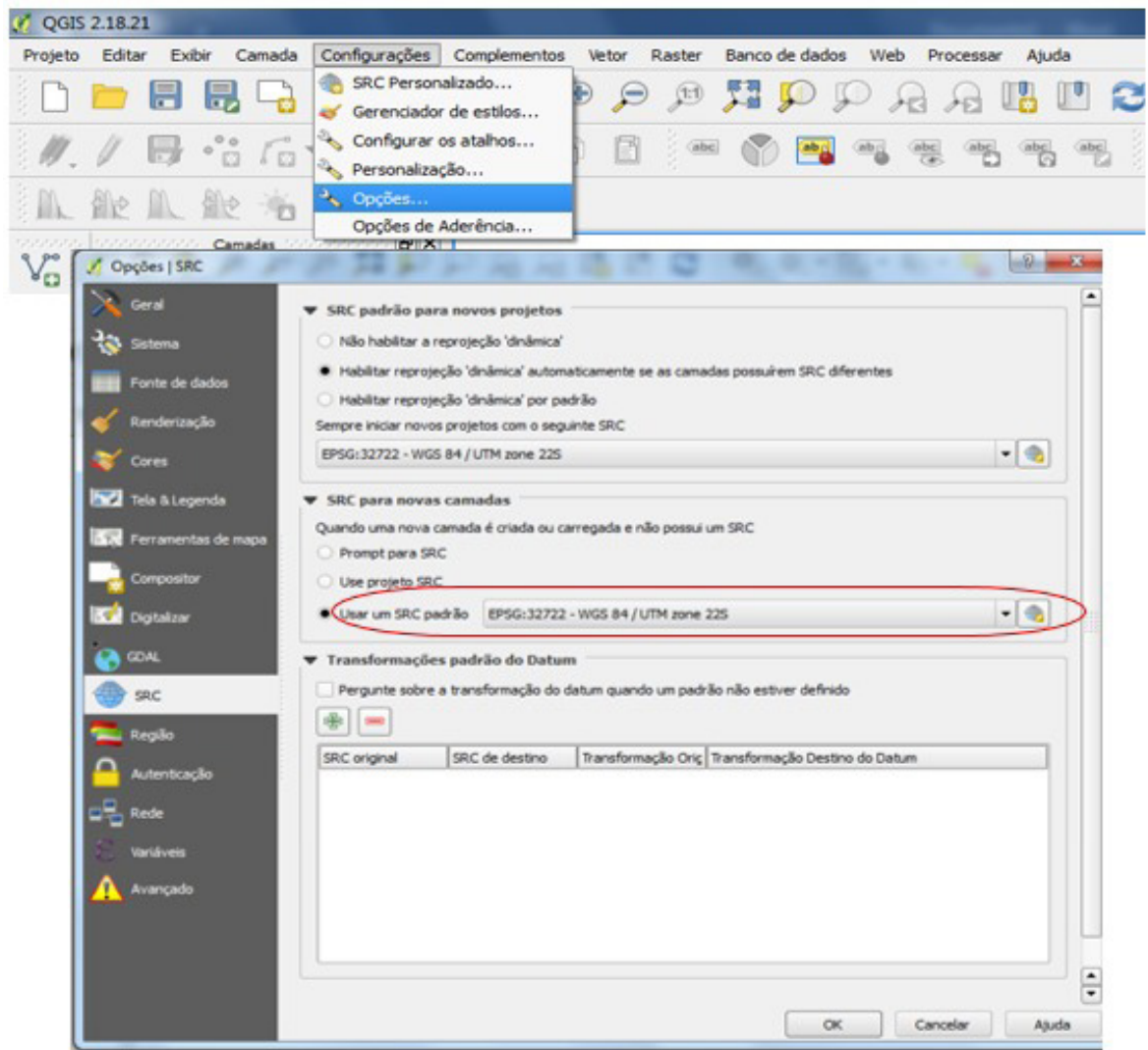


Figura 3: Configuração do SRC no QGIS 2.18.

S

A tela inicial do QGIS é composta por painéis, menus, visualizador de mapas, barra de status e barra de ferramentas, que podem ser organizadas livremente como apresenta na figura 4.

Dentro do painel de camadas é possível adicionar camadas de diferentes formatos sendo elas vetorial, raster, postgis, camada de texto, etc. e cada camada aceita apenas seus respectivos tipos de dados espaciais. Para elaborar os mapas temáticos as camadas mais utilizadas foram as vetoriais e de raster (Figura 5).

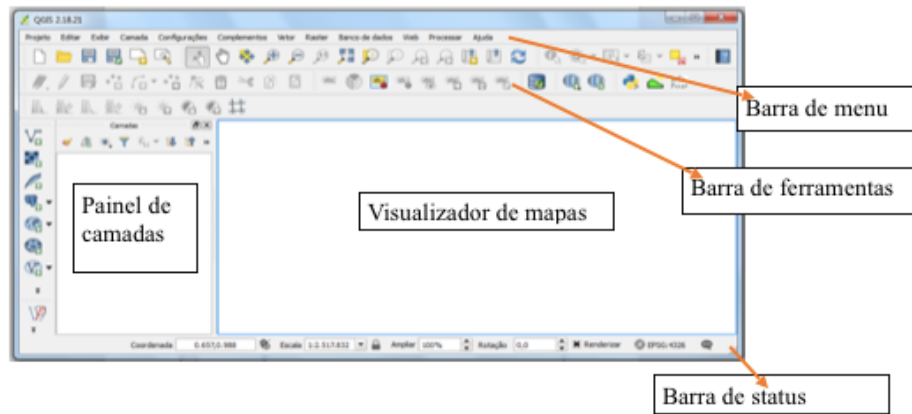


Figura 4: Área de trabalho do QGis.

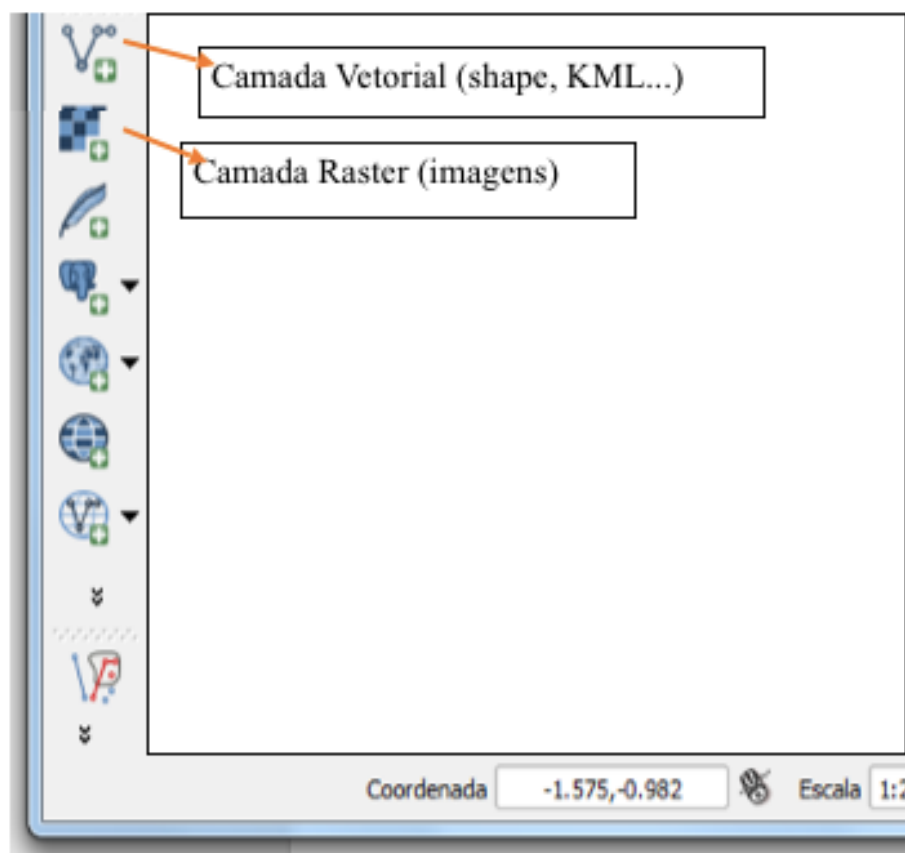


Figura 5: Adicionar nova camada.

Além dessas, também há uma opção na qual é possível criar uma nova camada vetorial de shapefile, que é feita através da barra superior de menu, camada > criar nova camada > shapfile e em seguida abra uma nova janela onde pode-se escolher o tipo de shape, como por exemplo ponto, linha ou polígonos. Este tipo de camada foi muito utilizado na elaboração dos mapas temáticos principalmente na hora de estabelecer pontos para nascente, linhas para o córrego e até polígonos que indicavam o uso e ocupação do solo (Figura 6).

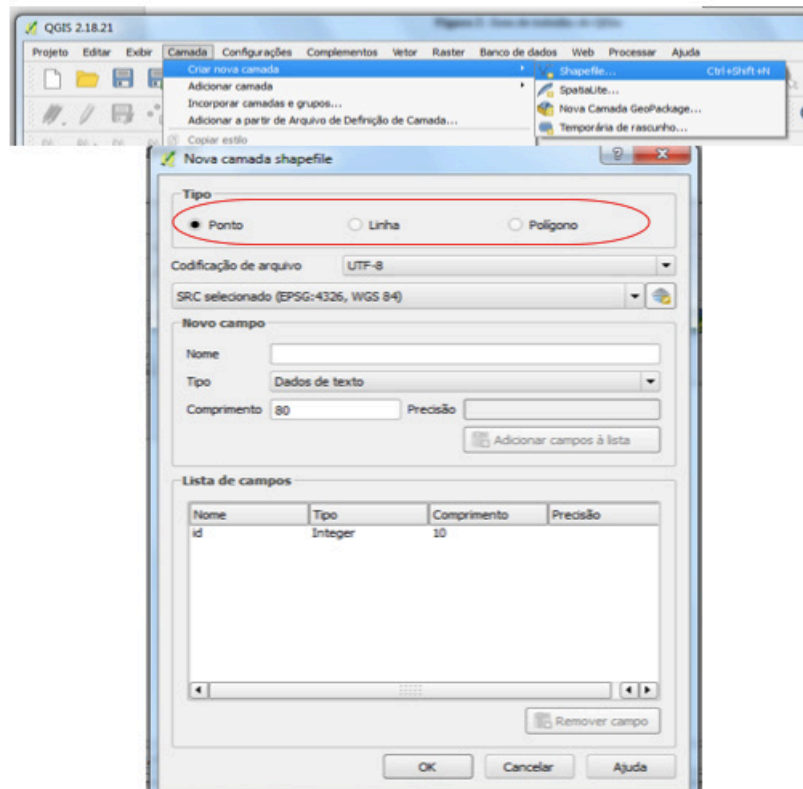


Figura 6: Criando nova camada vetorial no QGis.

A elaboração dos mapas temáticos de declividade e de uso do solo em sua maioria tiveram procedimentos bem simples e parecidos. Primeiro foi necessário abrir um novo projeto no QGis e configurar o SRC utilizado, em seguida foi adicionado a camada raster (com a imagem de satélite da área estudada).

No mapa de declividade é necessário alterar as imagens que estão em coordenadas geográficas para UTM assim, tendo que salvar o arquivo raster com uma nova projeção Menu > Raster > Projeções > Reprojeter. Depois de reprojeter criou-se uma imagem com modelo digital de elevação novamente no Menu > Raster > Análise > MDE, modificando o “modo” para declividade e marcando a opção: declividade expressa em porcentagem para obter os resultados (Figura 7).

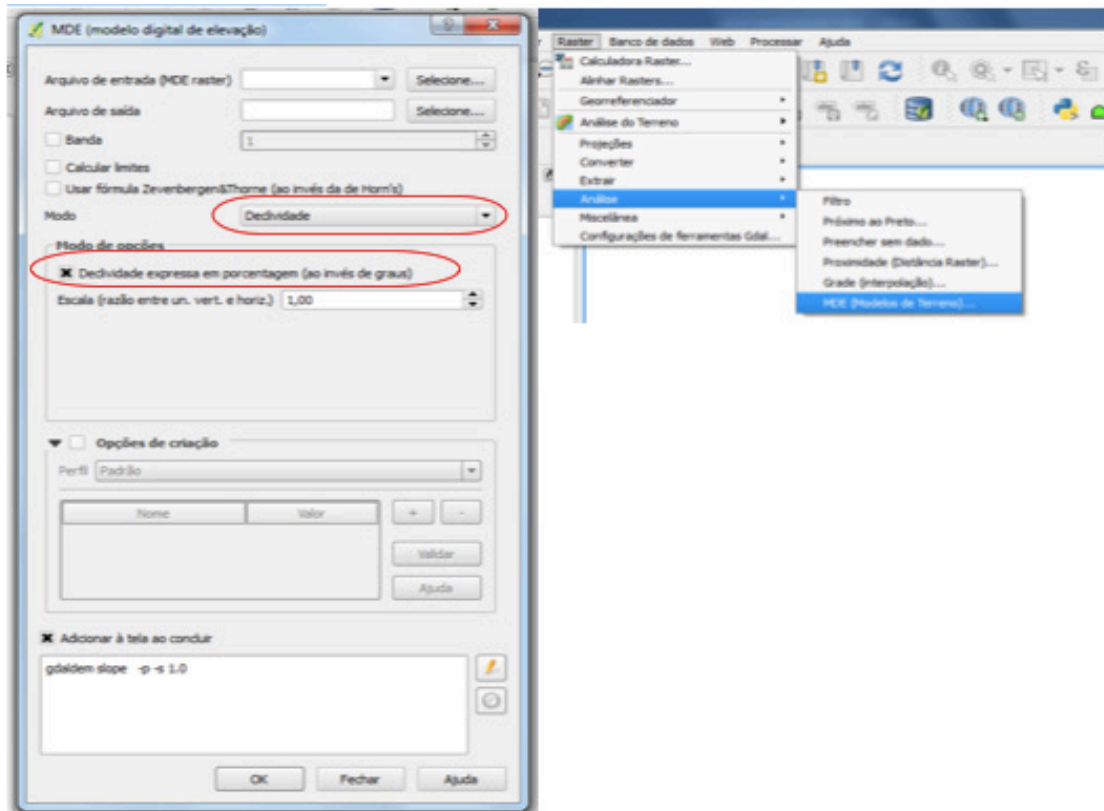


Figura 7: Modelo Digital de Elevação.

Para melhor visualização foi modificado o estilo do mapa quanto ao tipo de renderização, que ao invés de banda simples cinza passou para banda simples falsa-cor, personalizando as cores entre 5 bandas, que resultaram na classificação de cada tipo de relevo (Figura 8).

Para elaboração do mapa de uso e ocupação do solo depois de aberta a camada raster com a imagem do local, foram criadas camadas vetoriais shapefile do tipo polígono para indentificar as áreas de uso, criando polígonos para APP, estradas, edificações, culturas, pastagens e solo exposto, depois foi realizado a união dos arquivos para delimitar os usos, junto com isso foi feita a edição da tabela de atributos na qual continha cada ocupação do solo e suas determinadas áreas em hectares (Figura 9). O cálculo das áreas também foi processado dentro da tabela de atributos, transformando a unidade de metros ao dividir por 10000, para obter o resultado em hectares (Figura 10). E por fim, foram classificadas em um estilo categorizado para as coberturas, inserindo diferentes cores de bandas para cada uma.

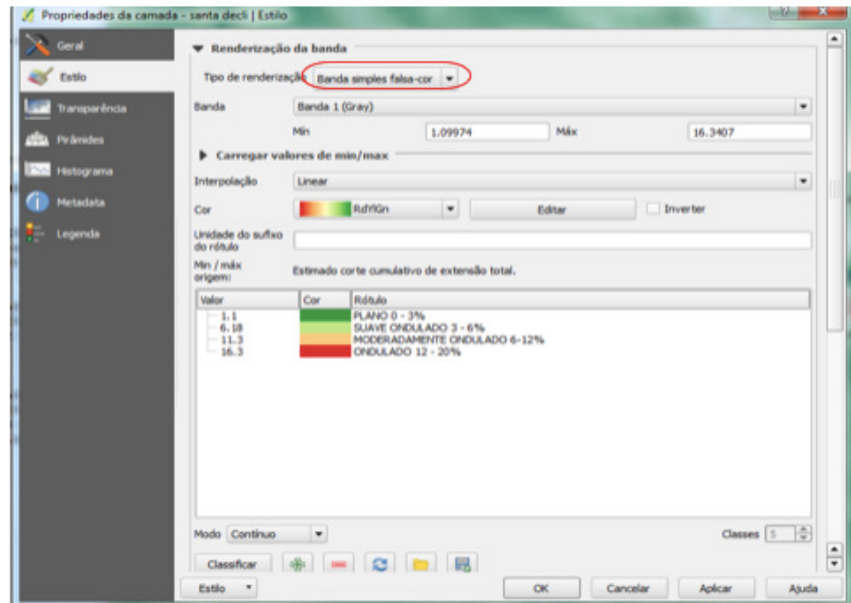


Figura 8: Alterando estilo da imagem.

uso_1 :: Feições de totais: 22, filtrado: 22, selecionado: 0

	perimeter	area1	tipo	PESO
1		5.712	CULTURA CICLO CURTO	4
2		4.095	PASTAGEM	2
3		4.148	PASTAGEM	2
4		1.479	SOLO EXPOSTO	5
5		17.596	CULTURA CICLO CURTO	4
6		15.715	CULTURA CICLO CURTO	4
7		9.598	CULTURA CICLO CURTO	4
8		0.785	ESTRADA	5
9		2.192	CORPOS D' ÁGUA	1
10		1.311	EDIFICAÇÕES	5
11		5.061	CULTURA CICLO CURTO	4
12		2.065	PASTAGEM	2
13		3.047	CULTURA CICLO CURTO	4
14		9.890	CULTURA CICLO CURTO	4
15		2.560	CULTURA CICLO CURTO	4
16		0.798	EDIFICAÇÕES	5
17		4.433	PASTAGEM	2
18		1.030	EDIFICAÇÕES	5
19		0.577	EDIFICAÇÕES	5
20		0.857	PASTAGEM	2

Mostrar todas as feições

Figura 9: Tabela de Atributos com usos do solo e área em hectares.

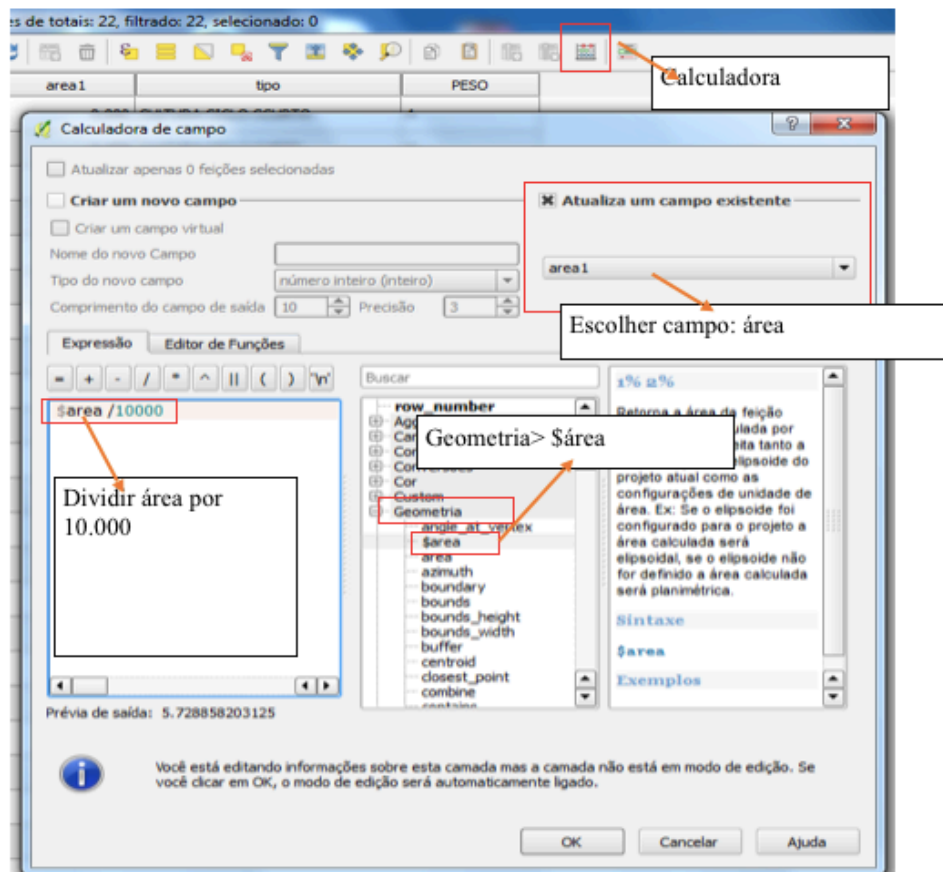


Figura 10: Cálculo da área em hectares.

Primeiro foi elaborado o mapa de hipsometria utilizando uma imagem que continha os dados de elevação do terreno encontrado em dados compatíveis com a articulação 1:250.000 no Banco de dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA, que oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE), feitos por meio de dados SRTM disponibilizados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e depois no software QGIS, modificou inicialmente o sistema referencial de coordenadas da imagem para sistema de coordenadas UTM e datum WGS 84 fuso 22 S, após isso foi modificado o tipo de renderização da imagem para banda simples falsa cor que classificou a elevação em 5 tipos, e gerou diferentes cores para cada elevação, porém para saber quais eram mais baixas e mais altas foi necessário gerar curvas de nível a partir do contorno da área.

Foram elaboradas 5 classes, a primeira com intervalos entre 440 – 485 m, a segunda 486 – 530 m, a terceira 531 – 575 m, quarta 576 – 620 m e a última 621 – 665 m.

O mapa de declividade foi construído com os dados também obtidos do Banco de dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA, que antes de iniciar é preciso ficar atento, pois é sempre necessário converter as imagens SRTM de coordenadas geográficas em UTM para poder achar a declividade. Após a conversão, foi criada uma imagem do terreno com valores da declividade em porcentagem e depois modificou o tipo de renderização para banda simples falsa cor classificando a declividade em 5,

dando origem ao mapa clinográfico segundo propostas estabelecidos por Ross (1994) indicado na tabela 2.

Classes de Declividade (%)	Classes de Fragilidade	Peso
Até 6	Muito baixo	1
6 – 12	Baixo	2
12 – 20	Médio	3
20 – 30	Alto	4
> 30	Muito alto	5

Tabela 2: Fragilidade das classes de declividade do modelo adaptado de Ross (1994).

Para a elaboração do mapa de solos foi utilizado dados de Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), a partir do visualizador de mapas que oferece os solos do Brasil em escala 1.5.000.000, junto com a imagem de Landsat do Google Earth, em junho de 2018 que classificaram os tipos de solo de acordo com seu grau de fragilidade utilizando a proposta de Ross (1994), indicado na tabela 3. Na bacia foi encontrado apenas um tipo de solo, porém a hierarquização foi feita em comparação aos solos propostos.

Tipos de Solo	Classes de Fragilidade	Peso
Latossolo roxo, latossolo vermelho escuro e vermelho amarelo	Muito baixo	1
Latossolo amarelo e vermelho amarelo textura médio/argilosa	Baixo	2
Latossolo vermelho amarelo, Terra roxa, Terra Bruna, Lipossomo	Médio	3
Planossolo vermelho-amarelo textura média/arenosa, cambissolos	Alto	4
Argissolo com cascalho, Litólicos e areias	Muito alto	5

Tabela 3: Fragilidade das classes de solo do modelo adaptado de Ross (1994).

O mapa de uso e ocupação de terra foi elaborado a partir de imagem de satélite Landsat 7 ETM+ disponibilizadas United States Geological Survey (USGS) no GloVis, para compreender o espaço antropizado da bacia em relação a proteção do solo pela

cobertura vegetal.

Assim, o mapa foi confeccionado através de fotointerpretação das imagens, analisando a distribuição das classes de uso para avaliar os graus de proteção do solo segundo Ross (1994), indicando por meio de polígonos áreas de cultura ciclo curto, corpos d'água, solo exposto, APP, edificações, estradas e pastagem e classificando-as em um estilo categorizado para cada cobertura (Tabela 4).

Tipo de cobertura	Classes de fragilidade	Peso
Florestas e matas naturais	Muito baixo	1
Formações arbustivas naturais e pastagens	Baixo	2
Cultivos de ciclo curto e silvicultura	Médio	3
Culturas de ciclo longo	Alto	4
Áreas desmatadas, solo exposto e urbanização	Muito alto	5

Tabela 4: Fragilidade das classes de uso e ocupação de terra, adaptado de Ross (1994).

Em todos os mapas temáticos foi realizado o cálculo de área para todas as classes a partir das tabelas de atributos, com a ferramenta calculadora foi possível encontrar valores de cada área em hectares e também suas respectivas porcentagens.

A edição final dos mapas também foi realizada no software QGis 2.18, inserindo grades, coordenadas, símbolos, legendas e escalas. E então foram feitas análises e interpretações dos resultados obtidos elaborando os mapas de fragilidade ambiental referente a área de estudo para atingir os objetivos propostos na pesquisa.

Mapeamento da fragilidade ambiental

A construção dos mapas de fragilidade ambiental potencial e emergente consiste na correlação entre os mapas temáticos. No caso da fragilidade potencial a interação é feita considerando o cruzamento de dados de solos e declividade, enquanto que para a fragilidade emergente considera a relação da fragilidade potencial, além da variável de uso e ocupação do solo. Porém, neste trabalho foi realizada somente a fragilidade emergente, onde analisam dados apenas dos fatores de declividade e uso e ocupação do solo por ter sido encontrado apenas um tipo de fragilidade no mapa de solos.

Código Florestal

Além dos mapas temáticos que classificam a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Pinheirinho, foi elaborado também um mapa de legislação ambiental a partir das informações contidas no Código Florestal Brasileiro Lei nº 12.651/12. Realizado no software QGis 2.18.12, primeiramente foi delimitando a Área de Preservação Permanente (APP) com a ferramenta buffer a partir de uma linha com distância de 30 metros, devido a largura do rio ser menor que 10 metros, que representa todo o córrego, e outra distância um raio de 50 m a partir de um ponto o qual se refere a uma nascente.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Declividade

Uma das principais definições de graus de fragilidade se dá por meio da declividade, pois o relevo pode influenciar muito nas características de uma bacia em relação a processos erosivos hídricos e velocidade de escoamento. E pode-se considerar que quanto mais plano a área menor é o valor do declive e conseqüentemente quanto maior o valor maior a inclinação, o que torna essencial a presença de cobertura vegetal, principalmente em locais mais íngremes, devido a vulnerabilidade do solo (CARVALHO; SILVA, 2006).

A bacia Hidrográfica do córrego do Pinheirinho apresenta relevo Plano, Suave ondulado e Moderadamente ondulado (Figura 11), porém 56% da área sendo predominantemente Suave ondulado. Em relação às classes de fragilidade nota-se que 83% é Muito baixo (até 6%) e apenas 17% (de 6 a 12%) sendo Baixo (Tabela 5).

Tipos de Relevo	Área (ha)	Área (%)	Peso
Plano	29,050	27	1
Suave ondulado	60,580	56	1
Moderadamente ondulado	17,784	17	2
Ondulado	0	0	3
TOTAL	107,414	100	

Tabela 5: Tipos de Relevo

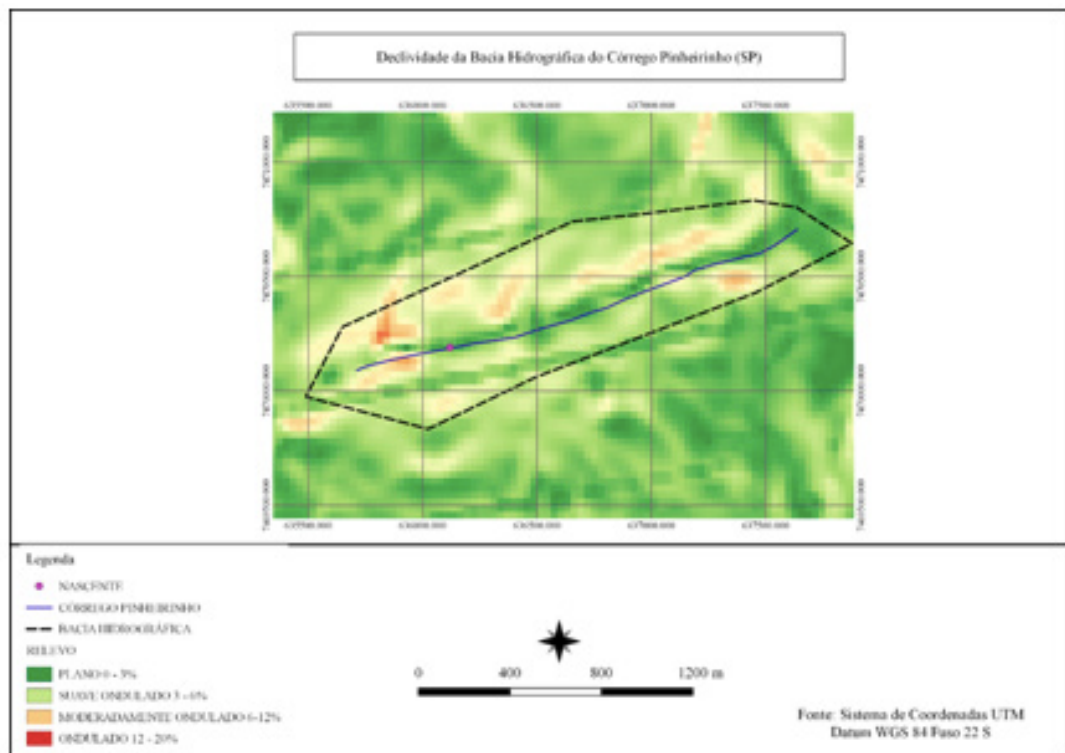


Figura 11: Declividade da Bacia do Córrego Pinheirinho.

Em relação à hipsometria (Figura 12), a área de estudo tem predomínio de altitudes de 576 a 620 metros com 50% da área, já os outros 50% estão entre 486 a 530 m com 19% e 531 a 575 m com 31% indicado na tabela 6.

Altitudes	Área (ha)	Área (%)
486 - 530m	20,68	19
531 - 575m	33,43	31
576 - 620m	53,31	50
TOTAL	107,4	100

Tabela 6: Quantificação da hipsometria.

A altitude média da bacia é baseada na média entre a maior e menor altitude encontrada, assim obteve-se um valor de 553 metros de média.

$$Hm = \frac{\text{maior altitude} + \text{menor altitude}}{2} = Hm = \frac{620 + 486}{2} = 553 \text{ metros}$$

E a amplitude altimétrica que é resultado da subtração da maior altitude pela

menor resultou em um valor de 134 metros.

$$H = \text{maior altitude} - \text{menor altitude} \quad H = 620 - 486 = 134 \text{ metros}$$

Solos

A Bacia Hidrográfica do Córrego Pinheirinho apresenta apenas um tipo de solo: Latossolo vermelho eutroférico, com textura argilosa, e está 100% inserido na classe muito baixa da fragilidade.

Os latossolos, abrangem solos minerais não hidromórficos, sendo considerados mais ácidos e levemente alcalinos, com baixo teor de alumínio (EMBRAPA, 2006). Essa classe de solos é principalmente encontrada em relevos plano ou suave ondulado, e se destacam por apresentar um alto potencial para agricultura e pecuária por ter fácil acesso devido ao relevo que é vantagem para mecanização e manejo de fertilidade (SHINZATO; TEIXEIRA; DANTAS, 2015)

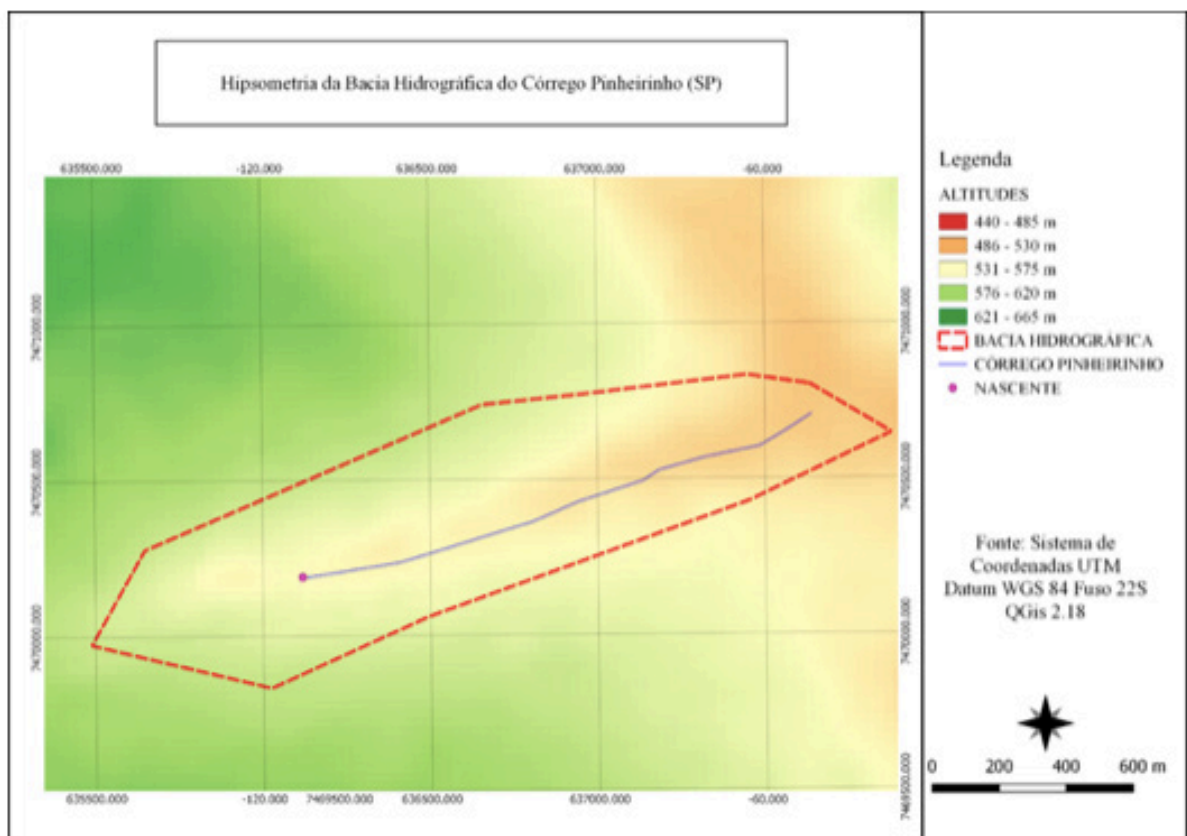


Figura 12: Hipsometria da Bacia do Córrego Pinheirinho.

Uso e Ocupação do Solo

Quanto ao uso e ocupação do solo na bacia do Córrego Pinheirinho (Figura 13), após análise constatou que em aproximadamente 107 hectares de área, a classe de cultura de ciclo curto como soja, milho e cana que são plantados no local é a de maior abrangência representando 64% da área total com 69,17 hectares.

A classe de urbanização que envolve solos expostos, edificações e estradas apresenta apenas 4,6% da área, porém o grau de proteção da terra classifica-se como muito baixo ou nula visto que estes tipos de cobertura não garantem certa estabilidade ao solo.

Já o uso do solo com pastagens abrange 13% do total. E as áreas de APP com vegetação nativa e corpos d'água somam 18,4% do total que representa um alto grau de proteção e conseqüentemente uma classe de fragilidade muito baixa, porém a faixa de APP deveria apresentar uma área maior, pois vem sendo dominada pelas culturas de ciclo curto, pastagens e até edificações (Tabela 7).

A análise e monitoramento do uso e ocupação do solo é de suma importância para o planejamento da área visto que a identificação de diversas paisagens apontam problemas e soluções aos mais diversos usos que evitem ao máximo comprometer a bacia hidrográfica e o ambiente em si (PEREIRA, 2008).

Tipo cobertura	Área (%)	Área (ha)	Peso
Ciclo curto	64	69,179	4
Pastagem	13	14,741	2
Corpos d'agua	4,4	4,707	1
APP + vegetação	14	14,967	1
Solo exposto	1,4	1,479	5
Edificações	2,2	2,341	5
Estrada	1	0,785	5
TOTAL	100	107,414	

Tabela 7: Quantificação das classes de uso da terra.

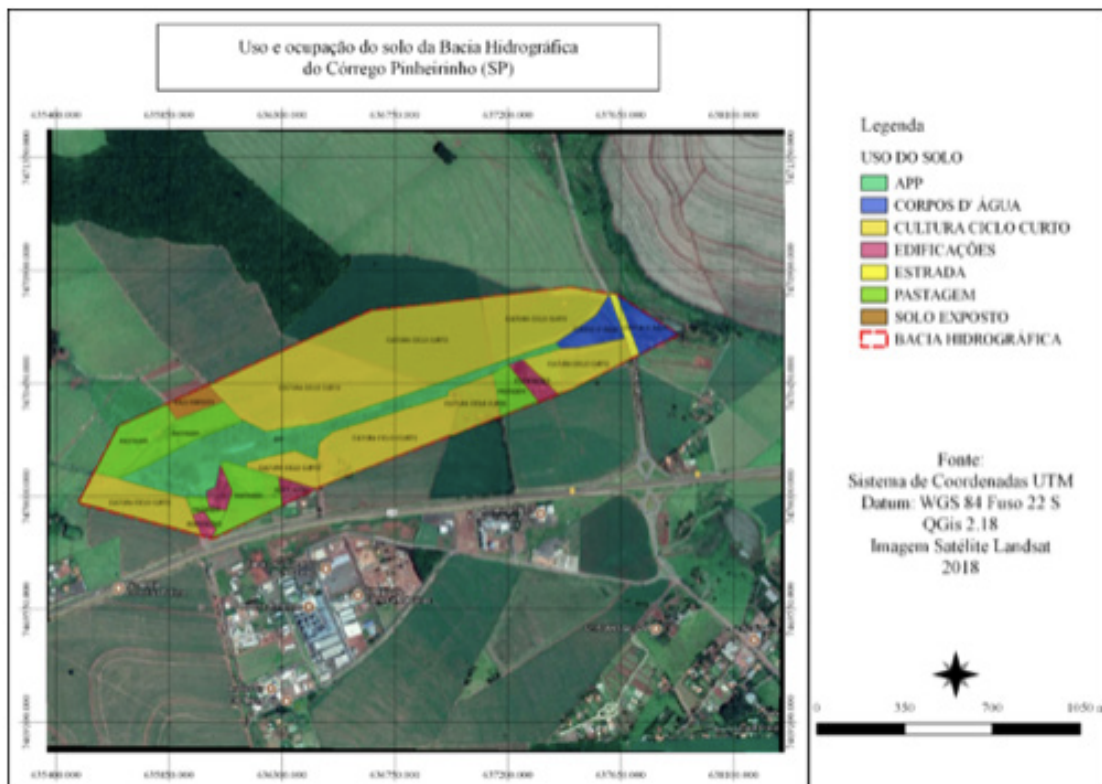


Figura 13: Uso e ocupação do solo da Bacia do Córrego Pinheirinho.

Legislação Ambiental

O córrego Pinheirinho possui largura inferior a 10 metros assim a APP deve apresentar largura mínima de 30 metros a partir da borda da calha do leito e quando se refere a nascente deve haver um raio de 50 metros na faixa de proteção (Figura 14).

Foi possível identificar no mapa que as disposições apresentadas no novo Código Florestal Brasileiro, não estão sendo cumpridas e as áreas de APP possuem de um lado larguras menores que deveriam. É nítido observar que a bacia não está dentro das disposições ditas na lei devido a ocupações decorrentes á ações antrópicas que utilizam as áreas de preservação para uso inadequado do solo, sobretudo com culturas de ciclo curto que se classificam como um alto nível de fragilidade.

As áreas somente de APP correspondem um total de 12,629 hectares e 4,511 hectares deste total se apresentam sem vegetação, tornando assim aproximadamente 36% da área, que não corresponde ao código florestal, por estar sendo utilizada com outras culturas e não com vegetação nativa. Para isso é necessário que haja um programa de recuperação ambiental dos 4,511 hectares de APP.

Na legislação atual (Dec. 7.830/12), entende-se que:

“O PRA - PROGRAMA DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL é o conjunto de ações ou iniciativas a serem desenvolvidas por proprietários e posseiros rurais com o objetivo de adequar e promover a regularização ambiental” (ROUSSEFF et al., 2012).

Assim, o objetivo desta ação é sugerir aos donos dos imóveis propostas certificando essas áreas por meio de recuperação, recomposição, consolidação ou compensação para que o produtor regularize sua situação ambiental trazendo inúmeros benefícios e garantindo o acesso ao crédito rural. Existem requisitos de adesão a este programa, primeiramente é necessário realizar o CAR – Cadastro Ambiental Rural e depois propor ao órgão ambiental estadual o Projeto de Recomposição das Áreas Degradadas (PRAD) e quando este aprovado, o proprietário deverá assinar um Termo de Compromisso. Ao concluir as atividades previstas da regularização, multas e crimes ambientais preexistentes serão convertidos em serviços ambientais prestados e a propriedade terá suas atividades mantidas.

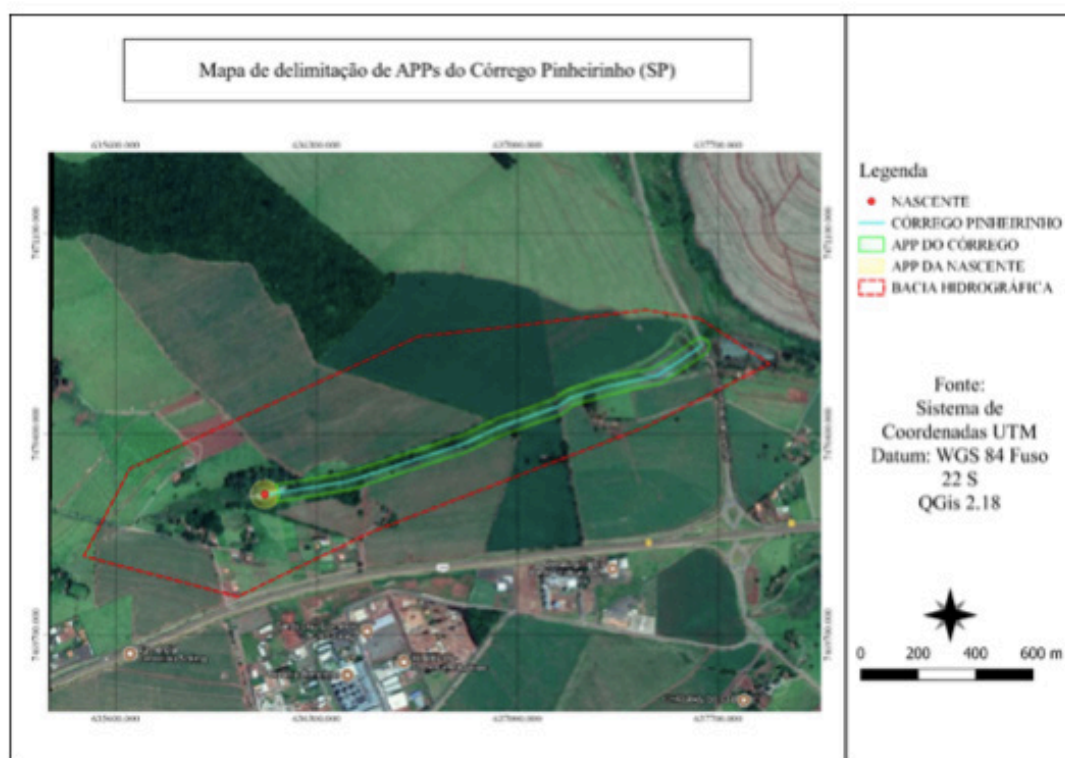


Figura 14: Mapa de delimitação de APPs Córrego Pinheirinho.

Resultados da Morfometria

A área da bacia hidrográfica do Córrego Pinheirinho possui aproximadamente 1,0741 km² (107,41 ha) com um perímetro de 5,19 km. O maior comprimento da bacia tem 2,50 km e o comprimento da drenagem tem 1,62 km. Com todos esses valores é possível calcular alguns parâmetros de morfometria para a bacia, como por exemplo, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, e densidade de drenagem foram determinados conforme metodologia descrita por Villela e Mattos (1975).

O formato da bacia é um dos fatores mais difíceis de serem expressos quanto

aos termos quantitativos, e existem vários índices que são utilizados para obter tal resultado como, por exemplo, os apresentados a baixo.

a) Fator de forma (Ff) que é a razão entre a área da microbacia expressa em km² pelo comprimento total da bacia em km, e quanto menor for este resultado maior será o comprimento da bacia fazendo com que menos picos de enchentes ocorram.

$$Ff = \frac{1,0741}{2,50^2} = 0,171$$

b) Coeficiente de Compacidade (Kc) que é igual a 0,28 vezes a razão do perímetro da bacia em metros pela sua área de drenagem em m². Este fator é sempre maior que 1, pois, quanto mais próximo deste valor mais circular é o formato da bacia, assim quanto mais irregular for maior será o resultado do coeficiente e está menos sujeita a enchentes.

$$Kc = 0,28 \frac{5185,05}{\sqrt{61897}} = 5,83$$

c) Índice de circularidade (Ic) é expresso pela área em km² e o perímetro em km e quanto menor seu resultado mais alongado é o formato da bacia.

$$Ic = 12,57 \frac{1,0714}{5,19^2} = 0,50$$

d) Densidade de drenagem (Dd) é outro parâmetro obtido pela razão do comprimento de todos os rios em km pela área da microbacia em km² e seu resultado normalmente varia entre 0,5 a 3,5 km.km² entre bacias com drenagens mais pobres a mais bem drenadas.

$$Dd = \frac{1,62}{1,07} = 1,51 \text{ km} \cdot \text{km}^2$$

Com os cálculos pode-se perceber que a bacia do Córrego Pinheirinho apresenta uma forma comprida e bem alongada, distante de valores próximos a 1 que

a caracterizariam como circular, e com pobre rede de drenagem sendo que não há ramificações na bacia e pelo fato da densidade de drenagem ter dado um resultado de 1,51 km.km², e está pouco suscetível a enchentes quando não há eventos de intensidades anormais pelo fato do coeficiente de compacidade apresentado um valor distante de 1.

Em estudos similares como de Cardoso et al. (2006), o índice de densidade de drenagem encontrado foi de 2,35 km.km² para a bacia do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ, ou seja, concluiu que a bacia apresentava uma média capacidade de drenagem.

De acordo com outros autores, Santos et al. (2012), em um estudo também de caracterização morfométrica para a Bacia hidrográfica do Rio São José, Cascavel – PR que possui um grande área de 143 km² e apesar de apresentar grandes ramificações, uma bacia de quarta ordem apresentou um Índice de circularidade de 0,61 e Fator de forma 0,51 assim sendo classificada também como uma bacia bem alongada e pouco suscetível a enchentes quando em condições normais de precipitação.

Mapa Fragilidade Emergente

A análise de fragilidade ambiental foi feita utilizando apenas a emergente, que considera os aspectos de declividade combinada a de utilização do espaço pelo homem, porque os fatores de solo e declividade que formariam a fragilidade potencial interligando-os não obtiveram variáveis por ter sido encontrado apenas um tipo de solo e com peso 1, igual ao de declividade.

Para elaborar este mapa temático foi necessário calcular médias geométricas combinando declividade 0-6% com uso do solo e declividade 6-12% com uso do solo, para gerar os resultados. A média geométrica é calculada a partir da multiplicação entre números positivos que logo em seguida, é extraído a raiz com índice igual ao número de fatores utilizados na multiplicação, e neste caso tirou a raiz quadrada devido às duas condições, de uso do solo e declividade.

Assim, o mapa de fragilidade emergente (Figura 15) mostra predominância de classe baixa dentro da área estudada, relacionada principalmente com a presença de pastagens e culturas de ciclo curto em declividade de 0 – 6%, considerando um total de 76% (Tabela 8).

A classe Muito Baixo somou um valor de 13%, devido a influência dos corpos d'água e de APPs que protegem o solo, sobretudo, poderia ter gerado um número maior de hectares se não houvesse o uso inadequado dessas áreas com ações antrópicas, pois estes locais, uma vez que protegidos são relevantes ambientalmente por integrarem no desenvolvimento sustentável protegendo o entorno de córregos e rios, portanto não devem ser ocupados (Res. nº 303/02).

As fragilidades médias e altas, somam um total de 11% principalmente onde a declividade é maior que 6%, e também contando com a presença de solos expostos,

estradas e edificações que deixam a área mais vulnerável a perda de material de solo e formação de processos erosivos.

Classes de Fragilidade	Peso	Área (%)	Área (ha)
Muito baixo	0 - 1	13	13,800
Baixo	1 - 2	76	82,311
Médio	2 - 3	10	10,550
Alto	3 - 4	1	0,753
Muito alto	4 - 5	0	0
TOTAL		100	107,414

Tabela 8: Quantificação da fragilidade emergente.

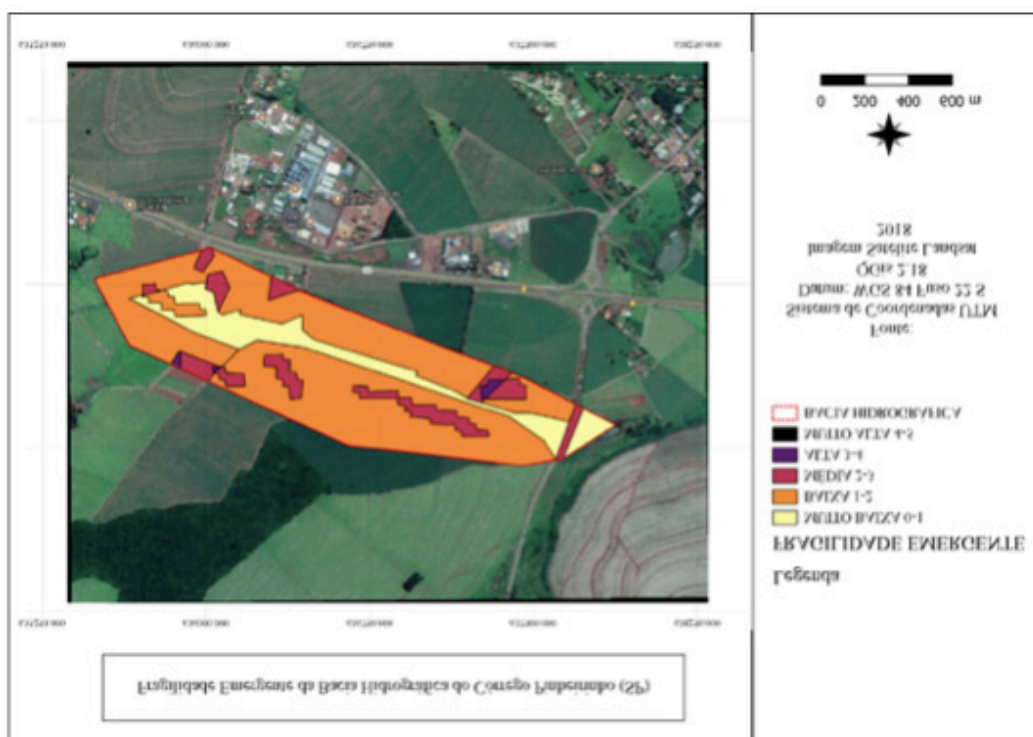


Figura 15: Mapa de Fragilidade Emergente do Córrego Pinheirinho.

CONCLUSÃO

O predomínio da classe baixa fragilidade emergente na bacia analisada, ocorre em virtude de o relevo ser suave ondulado, variando, principalmente, entre as classes de 0 a 6% de declividade, com a predominância de Latossolo Vermelho, que, no geral são profundos e bem drenados.

A análise de uso de terra da bacia hidrográfica do Córrego Pinheirinho que

contribuiu na compreensão da dinâmica de ocupação notou que foi um pouco modificado, pois as áreas de preservação estão sendo dominadas pelas culturas do ciclo curto e edificações. Assim, a partir das espacializações dessas áreas verificou-se que as disposições que são definidas pelo novo Código Florestal Brasileiro não estão sendo cumpridas.

Além disso, os cálculos de morfometria nos mostram uma bacia com formato comprido e bem alongado e que está pouco suscetível a enchentes por apresentar valores maiores que a unidade.

Portanto, pode-se concluir que o uso de ferramentas de geoprocessamento para a caracterização de uma bacia hidrográfica é considerado uma das etapas mais importantes no planejamento ambiental, pois estas análises estão cada vez mais frequentes e estudam as inter-relações existentes no local comparando aos diversos fatores da paisagem, que torna possível compreender o espaço atual e suas transformações principalmente devido as intervenções humanas que influenciam em sua dinâmica.

E para que haja uma boa gestão ambiental é necessário realizar um manejo adequado que assegure a qualidade dos recursos hídricos, estabelecendo regras de preservação para que o ambiente permaneça sempre equilibrado.

REFERÊNCIAS

BALESTRIN, D.; BALBINOT, R.; VALERIUS, J. Código florestal e aplicações práticas na pequena propriedade rural. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**. UFSM, Santa Maria, v.14. n.º14. p.2885- 2892. Set, 2013.

BOLFE, E.L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. A. Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicados à análise de recursos florestais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p. 105 – 111, jan – fev, 2004.

BOTELHO, R. G. M. **Planejamento Ambiental em Microbacia** Hidrográfica. Capítulo 8, p. 269 – 293. 2004 Disponível em: <https://geojurista.files.wordpress.com/2014/04/aula001.pdf>.

BRASIL, 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12> Acesso: 27/03/18.

BRASIL. Resolução nº 303, de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente**. Publicada no DOU nº 90 de 13/05/2002.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M.J. **Sistemas de Informação Geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>. Acesso em: 25 de julho de 2018.

CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. Hidrologia. **Capítulo 3. Bacia Hidrográfica**. Agosto, 2006.

CLIMATE-DATA.ORG. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/34915/> Acesso: 25/03/2018.

D'ALGE, J.C.L. **Cartografia para geoprocessamento**. Capítulo 6, 32 p. Disponível em: <http://www.ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/cap6-cartografia.pdf> Acesso em: 25 de julho de 2018.

_____. Decreto nº 7830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 06 de agosto de 2018.

DEMARCHI, J.C.; PERUSI, M.C. Alterações físicas e químicas dos horizontes superficiais de latossolos vermelhos e nitossolos vermelhos em diferentes tipos de uso e ocupação na microbacia do Ribeirão São Domingos, município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP. **UNESP**, Campus Experimental – Ourinhos, 2017.

DEMARCHI, J.C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens landsat-5. **RA'E GA. Departamento de Geologia – UFPR**. p.237- 271. Curitiba,2011.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, **Embrapa Produção de Informação**. 2ª edição, p.82, 2006.

OLIVEIRA, J. H. M.; CHAVES, J. M. Mapeamento e caracterização geomorfológica: Ecorregião Raso da Catarina e Entorno NE da Bahia. **Mercator**. Cerará, v.9, nº.20. p. 217-238. 2010.

PEREIRA, L.V. **Análise espacial da evolução da cobertura e uso da terra no distrito de Santa Flora, Santa Maria, RS**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, 2008.

PIROLI, E.L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Estadual Paulista. 46 p. Ourinhos (SP), out, 2010.

ROSA, M.R.; ROSS, J.L. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 13, 1999.

ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, nº 8. FFLCH.SP. São Paulo, 1994.

SANTANA, R.M. **Uso de geotecnologias na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ariranha – Jataí (GO)**. Universidade Federal de Goiás. 58 p. Jataí (GO), 2017.

SANTIAGO, M.R. O que é um Datum? **Scribd**, mar, 2009.

SANTOS, D.B.; VIDOTTO, M.L.; BERTINATTO, R.; MARCON, G.R.S.; FRIGO, E.P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 7-18, 2012.

SHINZATO, E.; TEIXEIRA, W.G.; DANTAS, M. E. Principais classes de solos. **Geodiversidade do estado do Acre**. p.65, Porto Velho, 2015.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicações de três modelos. **GEOUSP- Espaço e Tempo**. n. 15, p.39- 49. São Paulo, 2004.

SPRING. Tutorial de Geoprocessamento – **Introdução ao Geoprocessamento**, 2006. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html Acesso em: 25 de julho de 2018.

VILLELA, S.M., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1975, 245p.

SOBRE OS ORGANIZADORES

SÉRGIO CAMPOS Possui graduação em Agronomia em 1977 pela Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu – FCMBB, atualmente Universidade Estadual Paulista – UNESP, Especialização em 1980 pela Universidade Estadual Paulista/UNESP, mestrado e doutorado em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu, respectivamente em 1985 e 1995, Livre-Docência em 1997 pela Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu. Atualmente é Professor Titular da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu, desde 2010.

MARCELO CAMPOS Possui graduação em Licenciatura Plena e Bacharelado em Física, respectivamente em 2006 e 2007 pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde também concluiu o Mestrado em Física e Doutorado em Ciências, ambos na área de Física da Matéria Condensada em 2009 e 2013, respectivamente. Realizou Pós-Doutorado na Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP em 2014 e atualmente é Professor Doutor na Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Tupã, desde janeiro de 2015.

BRUNO TIMÓTEO RODRIGUES Possui graduação em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Alagoas em 2013, mestre em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu – SP, em 2017, Graduação em Gestão ambiental pelo Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus de Marechal Deodoro, em 2009, sendo atualmente doutorando em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu – SP.

FLÁVIA LUIZE PEREIRA DE SOUZA Possui graduação em Bacharelado em Agronomia, em 2017 pela Universidade Sagrado Coração de Jesus - USC, Bauru - SP, em 2017, sendo atualmente mestranda em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu – SP.

MATEUS DE CAMPOS LEME Possui graduação em Bacharelado em Engenharia Florestal em 2017 pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Botucatu – SP, sendo atualmente mestrando em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu – SP.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-407-8

