

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 3

**Alan Mario Zuffo
(Organizador)**



Atena
Editora

Ano 2019

Alan Mario Zuffo

(Organizador)

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

E57 Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade 3 / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia Sanitária e Ambiental; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-251-7

DOI 10.22533/at.ed.517191104

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária.
3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario.

CDD 628

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu III volume, apresenta, em seus 22 capítulos, os conhecimentos tecnológicos da engenharia sanitária e ambiental.

As Ciências estão globalizadas, englobam, atualmente, diversos campos em termos de pesquisas tecnológicas. Com o crescimento populacional e a demanda por alimentos tem contribuído para o aumento da poluição, por meio de problemas como assoreamento, drenagem, erosão e, a contaminação das águas pelos defensivos agrícolas. Tais fatos, podem ser minimizados por meio de estudos e tecnologias que visem acompanhar as alterações do meio ambiente pela ação antrópica. Portanto, para garantir a sustentabilidade do planeta é imprescindível o cuidado com o meio ambiente.

Este volume dedicado à diversas áreas de conhecimento trazem artigos alinhados com a Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade. A sustentabilidade do planeta é possível devido o aprimoramento constante, com base em novos conhecimentos científicos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a Engenharia Sanitária e Ambiental, assim, garantir perspectivas de solução de problemas de poluição dos solos, rios, entre outros e, assim garantir para as atuais e futuras gerações a sustentabilidade.

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS NA CIDADE DE DONA INÊS – PARAÍBA	
Narcísio Cabral de Araújo Roseane Carneiro de Oliveira Abílio José Procópio Queiroz Paulo Célio Ramos Soares Jefferson Pereira de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.5171911041	
CAPÍTULO 2	11
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE EFLUENTES INDUSTRIAIS COM PÓS-TRATAMENTO ATRAVÉS DE PROCESSOS ELETROLÍTICOS: NATEX (XAPURI, ACRE)	
Emerson Silva de Almeida Julio Cesar Pinho Mattos	
DOI 10.22533/at.ed.5171911042	
CAPÍTULO 3	21
COLETA DE PRESSÃO - UM ESTUDO PARA TORNAR EFICIENTE O ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM UMA REALIDADE DE DEMANDA REPRIMIDA EM REGIÃO DE GRANDE PERÍODO DE ESTIAGEM	
Uilma Santos Pesqueira Javan Oliveira de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.5171911043	
CAPÍTULO 4	36
COMPARATIVO ENTRE TENSOATIVOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS EM PROCESSO DE FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO UTILIZANDO EFLUENTE DE LAGOA DE ALTA TAXA PARA CULTIVO DE MICROALGAS (LAT) ALIMENTADA COM EFLUENTE SANITÁRIO	
José Carlos Alves Barroso Júnior Nestor Leonel Muñoz Hoyos Luiz Olinto Monteggia Eddie Francisco Gómez Barrantes Gabrielli Harumi Yamashita	
DOI 10.22533/at.ed.5171911044	
CAPÍTULO 5	50
CONHECIMENTO DA POPULAÇÃO DE JATAÍ-GO SOBRE GUARDA RESPONSÁVEL, ZONOSSES E CONTROLE POPULACIONAL DE CÃES E GATOS	
Rayanne Borges Vieira Marcelo Figueiredo dos Santos Patrícia Rosa de Assis Ana Paula de Souza Martins Andréia Vitor Couto do Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.5171911045	
CAPÍTULO 6	55
DETERMINAÇÃO DA CURVA DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DO MUNICÍPIO DE SANTO ESTEVÃO - BA	
Paulo Vitor Santa Rosa	
DOI 10.22533/at.ed.5171911046	

CAPÍTULO 7 63

DETERMINAÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO APLICADO AO MONITORAMENTO DA LAGOA MIRIM E ATUAÇÃO DA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Gabriel Borges dos Santos
Marlon Heitor Kunst Valentini
Larissa Aldrighi da Silva
Marcos Antonio da Silva
Marília Guidotti Corrêa
Francine Vicentini Viana
Vitor Alves Lourenço
Willian César Nadaleti
Bruno Müller Vieira

DOI 10.22533/at.ed.5171911047

CAPÍTULO 8 71

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM/BA

Fernando Augusto Kursancew
Diamile Patricia Lucena da Silva
Geisa Luiza Macedo Silva

DOI 10.22533/at.ed.5171911048

CAPÍTULO 9 80

DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS PROVENIENTES DE AÇÕES ANTRÓPICAS NO MORRO DO URUBU, ARACAJU-SERGIPE

Carolina Cristina da Silva Ribeiro
Allana Karla Costa Alves
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.5171911049

CAPÍTULO 10 88

ECOEFIÊNCIA NA MUDANÇA DOS PADRÕES DE CONSUMO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS

Samanta Tolentino Ceconello
Luana Nunes Centeno
Diuliana Leandro
Andréa Souza Castro

DOI 10.22533/at.ed.51719110410

CAPÍTULO 11 99

EFEITO DA IRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO NOS PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO

Pedro Henrique Máximo de Souza Carvalho
William Ralf Santos Costa
João Vitor Máximo de Souza Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.51719110411

CAPÍTULO 12 107

EQUILÍBRIO ECONÔMICO-FINANCEIRO E UNIVERSALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO ESTADO DA BAHIA

Clério Ferreira de Sousa
Gervásio Ferreira dos Santos
Raymundo José Santos Garrido

DOI 10.22533/at.ed.51719110412

CAPÍTULO 13	123
ESPACIALIZAÇÃO DA POTENCIALIDADE EROSIVA POR ESTIMADOR KERNEL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAPARATUBA (SE)	
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento Lizza Adrielle Nascimento Santos Glauber Vinicius Pinto de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.51719110413	
CAPÍTULO 14	132
ESTUDO DA COMPOSIÇÃO, RIQUEZA E CONDIÇÃO DA FLORA ARBÓREA DA AVENIDA PRESIDENTE COSTA E SILVA (NOVA FRIBURGO – RJ)	
Tatiana Nicolau Gonçalves Marcello Fragoso Lima Ricardo Finotti	
DOI 10.22533/at.ed.51719110414	
CAPÍTULO 15	144
ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE MORBIDADE E SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ENTRE 2013 A 2015, EM SANTARÉM-PA	
Alessandra de Sousa Silva Rebecca da Silva Fraia Soraia Valéria de Oliveira Coelho Lameirão	
DOI 10.22533/at.ed.51719110415	
CAPÍTULO 16	150
ESTUDO SOBRE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO	
Guilherme de Souza Barrucho Juliana Toledo Cota Giselle Martins Machado José Antônio Lins Pereira Andréia Boechat Delatorre Michaelle Cristina Barbosa Pinheiro Campos Ilana Pereira da Costa Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.51719110416	
CAPÍTULO 17	160
IMPACTOS AMBIENTAIS DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAPARATUBA NO MUNICÍPIO DE PIRAMBU-SE	
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento Denilma dos Santos Oliveira Ivan Soares Freire Filho	
DOI 10.22533/at.ed.51719110417	
CAPÍTULO 18	168
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO MONOCULTIVO DE EUCALIPTO NOS MUNICÍPIOS DE ITAPORANGA D’AJUDA, ESTÂNCIA E SALGADO (SE)	
Augusto Cruz Barreto Lucivaldo de Jesus Texeira Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.51719110418	

CAPÍTULO 19	177
IMPLANTAÇÃO DO RE-APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS EM PEQUENAS EDIFICAÇÕES COM PROPOSTA DE RE-USO EM CONJUNTOS HABITACIONAIS POPULARES	
Giuliano Mikael Tonelo Pincerato	
DOI 10.22533/at.ed.51719110419	
CAPÍTULO 20	188
INDUSTRIAL EFFLUENT TREATMENT FOR SCREEN PRINTING	
Allan Rios Bezerra	
Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho	
Priscila Sabioni Cavalheri	
DOI 10.22533/at.ed.51719110420	
CAPÍTULO 21	204
LOGÍSTICA REVERSA NO DESCARTE DE MEDICAMENTOS NAS FARMÁCIAS DO MUNICÍPIO DE POCINHOS-PB	
Jesielly Evane Miranda de Andrade	
Geralda Gilvania Cavalcante de Lima	
Andreia Araújo da Silva	
Carlos Antônio Pereira de Lima	
Neyliane Costa de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.51719110421	
CAPÍTULO 22	221
MAPEAMENTO DAS ÁREAS FAVORÁVEIS À INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELA DENSIDADE DE LINEAMENTO ESTRUTURAL	
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.51719110422	
SOBRE O ORGANIZADOR	231

MAPEAMENTO DAS ÁREAS FAVORÁVEIS À INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELA DENSIDADE DE LINEAMENTO ESTRUTURAL

Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias e Departamento de Engenharia Ambiental
Aracaju - Sergipe

RESUMO: A Sub-bacia Hidrográfica do Baixo Piracicaba comporta o seu sistema de drenagem natural em uma grande unidade geológica, os arenitos eólicos da Formação Piramboia, principal reservatório de águas subterrâneas do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. A porosidade secundária dessa formação foi produzida por processos tectônicos, formando lineamentos estruturais, facilmente visíveis em produtos sensoriados remotamente, interpretados como sistemas de fraturamento. A infiltração de águas é condicionada pela porosidade primária e secundária formadas pela densidade de lineamento estrutural. Quanto maior a densidade, maior é a capacidade de infiltração de águas subterrâneas. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi gerar o mapa de áreas favoráveis à recarga do Aquífero Guarani pela densidade de lineamentos geológicos da Formação Piramboia na Sub-bacia do Baixo Piracicaba no Estado de São Paulo. Para tal, foi empregada a interpretação visual de imagem de satélite Landsat-8 e krigagem ordinária. Foram definidas as

seguintes classes de favorabilidade à recarga de águas subterrâneas: baixa; medianamente baixa; medianamente alta e alta. A relevância desse trabalho é subsidiar o gerenciamento das atividades de extração de água subterrânea para irrigação e minimização da contaminação decorrentes da monocultura da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrologia. Sensoriamento Remoto. Lineamento Geológico.

ABSTRACT: The natural drainage system of the Sub-basin of the Low Piracicaba River is part of a large geological unit, the Piramboia Formation, the main reservoir of groundwater of the Guarani Aquifer in the State of São Paulo (Brazil). The secondary porosity and permeability of this formation were produced by tectonic processes and visible in satellite images by the geological lineaments, interpreted as fracture systems. The density of the lineaments indicates the capacity of infiltration of groundwater. In this context, the objective of this work was to generate the map of areas favorable to the recharge of the Guarani Aquifer by the density of geological lineament in the Sub-basin of the Low Piracicaba River. The methods used were the visual interpretation of Landsat-8 satellite image and ordinary kriging. The following classes of favorability were defined for groundwater recharge: low; moderately low; medium high and high. The following classes of potentiality were defined for infiltration

(recharge) of groundwater: low; moderately low; medium high and high. The relevance of this work was to subsidize the management of the activities of groundwater extraction for irrigation and minimization of the contamination resulting from the monoculture of sugarcane.

KEYWORDS: Hydrology. Remote sensing. Geological lineament.

1 | INTRODUÇÃO

A Sub-bacia Hidrográfica do Baixo Piracicaba (SP), pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, em geral, é estudada juntamente com as Bacias dos Rios Capivari e Jundiáí (Figura 1), inseridas na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Piracicaba, Capivari e Jundiáí (UGRHI PCJ) e são gerenciadas pelo seu respectivo Comitê.



Figura 1: Localização no Estado de São Paulo da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Piracicaba, Capivari e Jundiáí.

Fonte: Modificado de SÃO PAULO (1999).

Esta unidade hidrográfica é o segundo pólo industrial do país e seu sistema geoeconômico é o mais dinâmico do Estado. Parte substancial dos recursos hídricos de superfície é transferida para o Sistema Cantareira que, atualmente, sofre a maior seca de sua história, desde o início dos anos de 1970.

A Sub-bacia do Baixo Piracicaba situa-se no centro-oeste paulista, delimitada pelos paralelos 22°15' a 22°45' de latitude Sul e pelos meridianos 47°45' a 48°30' de longitude Oeste. O Baixo Piracicaba inicia-se à jusante da confluência do rio Corumbataí e termina na confluência com o rio Tietê, e as principais vias de acesso são as rodovias estaduais SP-308, SP-304 e SP-191 (Figura 2).



Figura 2: Mapa de localização da área de estudo, suas principais rodovias, seus municípios e principais afluentes do rio Piracicaba.

A área de estudo apresenta-se heterogênea com relação aos aspectos tectônicos e processos superficiais, com regiões sujeitas a diferentes intensidades de processos erosivos e com trends regionais, principalmente, nas direções NE-SW e NW-SE, seguidos das direções N-S e E-W. Esse quadro define o modelo mais apropriado para entender a dinâmica da paisagem desta sub-bacia, que é tectono-erosivo. Aliada a esta dinâmica, ressaltasse os empreendimentos rurais relacionados à agricultura e à agroindústria também responsável pela evolução da paisagem. A estrutura produtiva da região está ligada à monocultura de cana-de-açúcar e estas unidades produtivas desenvolvem tecnologias e as agregam à produção, cuja mecanização encontra-se em processo de intensificação e otimização. Aliada à mecanização, o processo de irrigação é essencial para o processo produtivo. Por outro lado, a produção de cana-de-açúcar provoca a contaminação das águas superficiais e subterrâneas pelo excesso de adubos químicos, corretivos minerais, herbicidas e defensivos agrícolas.

Nesse contexto, o objetivo geral desse trabalho foi delimitar as áreas favoráveis à recarga das águas subterrâneas na Sub-bacia do Baixo Piracicaba (SP), na escala de 1:50.000, pela densidade de lineamentos geológicos, a partir da interpretação visual lógica e sistemática de imagem de satélite. Para atingir esse objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) elaboração de um Banco de Dado Georreferenciado (BDG) para armazenar, manipular, atualizar e visualizar as informações espaciais em uma plataforma única de dados geográficos; e (ii) aplicação das técnicas de krigagem ordinária, fatiamento por arco-íris e equalização histogrâmica para definir de modo automático as áreas de recarga do Aquífero Guarani na área de

estudo.

Este estudo visou suprir não somente os conhecimentos de interesse acadêmico sobre as estruturas geológicas dos arenitos da Formação Piramboia na área de estudo, mas principalmente subsidiar o melhor entendimento das características estruturais do aquífero, dados estes essenciais à sua adequada exploração. É importante ressaltar que o armazenamento de informações em uma base unificada de dados digitais georreferenciados permite a atualização constante dos dados, como por exemplo, a inserção de novos dados e/ou novas integrações de geoinformações, gerando outros produtos ou mapas temáticos.

2 | MATERIAL E MÉTODO

Existem vários métodos possíveis de se mapear as áreas favoráveis à recarga de águas subterrâneas. O método empregado nesse trabalho baseia nas ferramentas de Sensoriamento Remoto. O procedimento metodológico realizado foi definido devido à área ser recoberta praticamente pelos arenitos da Formação Piramboia, onde a porosidade e a permeabilidade, que são indicadores utilizados para determinar o aporte, o acúmulo e a dispersão de águas subterrâneas em terrenos sedimentares, podem ser consideradas as mesmas em toda a extensão da bacia. Além disso, o índice pluviométrico é também praticamente constante por toda a área de estudo, de acordo com Cavalli (1999). Ainda, os lineamentos geológicos distensivos definem as regiões de infiltração das águas, pois quanto maior a densidade desses lineamentos geológicos, maior é a infiltração das águas e conseqüente recarga dos aquíferos.

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizadas as imagens orbitais do sensor/satélite OLI/Landsat-8 (Figura 3), disponível gratuitamente pelo *United State Geological Survey* (USGS); e a base cartográfica é composta pelas folhas topográficas, na escala 1:50.000, como segue: Dois Córregos, Brotas, Itirapina, Piracicaba, Capivari, Laras, São Pedro, Barra Bonita e Santa Maria da Serra. Os procedimentos operacionais foram realizados no programa gratuito de geoprocessamento SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

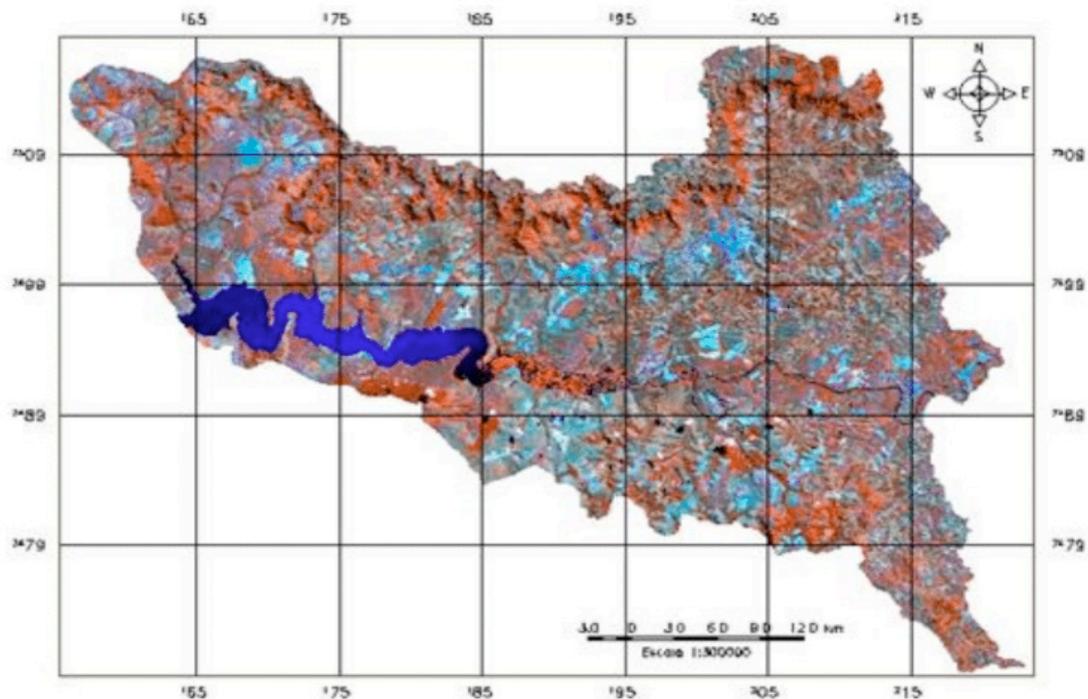


Figura 3: Composição colorida com realce linear do histograma 5R/6G/4B fusionada com a banda pancromática do sensor/satélite OLI-Landsat/8, mantendo a resolução multiespectral original com transformação da resolução espacial de 30m para 15m.

O primeiro procedimento foi a criação do Banco de Dado Georreferenciado (BDG), com projeção UTM/SIRGAS2000 com meridiano central 45° Oeste, obedecendo a oficialização do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). A escala adotada foi de 1:50.000, de acordo com a base cartográfica. A seguir foi inserida a base cartográfica diretamente para o BDG, especificamente a rede de drenagem, as isoípsas (com equidistância de 20 metros) e os pontos cotados, que se encontravam no formato digital (DXF) e realizados alguns ajustes de edição em algumas curvas de nível interrompidas e sem seus valores altimétricos. As imagens OLI-Landsat-8 foram importadas e armazenadas no SPRING e então, georreferenciadas para o sistema de coordenadas de referência definido anteriormente.

O próximo procedimento foi a extração dos lineamentos geológicos a partir do mapa de rede de drenagem e das imagens OLI/Landsat-8, de acordo com o método lógico e sistemático para imagens orbitais, metodologia desenvolvida por Veneziani e Anjos (1982). Esse método emprega as feições texturais de relevo e de drenagem proporcionada pelo par luz-sombra para definir as feições geológicas. Os elementos texturais utilizados foram os elementos de drenagem, considerando as principais direções dos canais de drenagens de primeira a quarta ordem como preconizado por Nascimento e Garcia (2005), hierarquizando os canais fluviais fortemente estruturados e pela repetição contínua dessa feição textural no mapa de rede de drenagem elaborado para este trabalho. O par luz-sombra par é realçado em imagens adquiridas com ângulo de elevação solar baixo, e como o imageamento do sensor OLI ocorre sempre no mesmo horário (aproximadamente 12:30h), as imagens obtidas no inverno são as mais adequadas.

A etapa de interpretação visual foi feita diretamente no monitor do computador e assim as rotinas computacionais possibilitaram a realização de processamentos digitais das imagens, descritos em Menezes e Tati (2012), antes da fotointerpretação, propriamente dita, como: manipulação histogrâmica, composição colorida e fusão de bandas. A manipulação histogrâmica é um procedimento de realce de contraste, visando melhorar a qualidade visual das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. Não existe uma regra que melhor se aplique ao contraste, pois se subordina às características da imagem, ou seja, ao formato do seu histograma; como também à finalidade da pesquisa e à experiência do usuário.

É importante ressaltar que o aumento do contraste nas imagens não revela nenhuma informação nova daquela já contida na imagem original. Esse procedimento apresenta a mesma informação dos dados brutos, porém de uma forma mais clara ao usuário. O olho humano é mais sensível aos comprimentos de onda referentes ao verde e vermelho, e as bandas 5 e 6 apresentam maiores informações do que a banda 4 para a interpretação visual dos lineamentos.

Dessa forma, as composições coloridas utilizadas foram: 6R/5G/4B e 5R/6G/4B. Após a geração dessas composições, o próximo passo foi a transformação IHS (I – *Intensity* - intensidade ou brilho, H – *Hue* - cor ou matiz e S – *Saturation* - saturação ou pureza). Essa técnica visou substituir a componente I pela imagem pancromática. Aplica-se a transformação inversa, retornando ao sistema de cores RGB, e a imagem colorida, antes com 30m de resolução espacial passou a ter 15 metros e manteve a resolução espectral das três bandas multiespectrais OLI selecionadas.

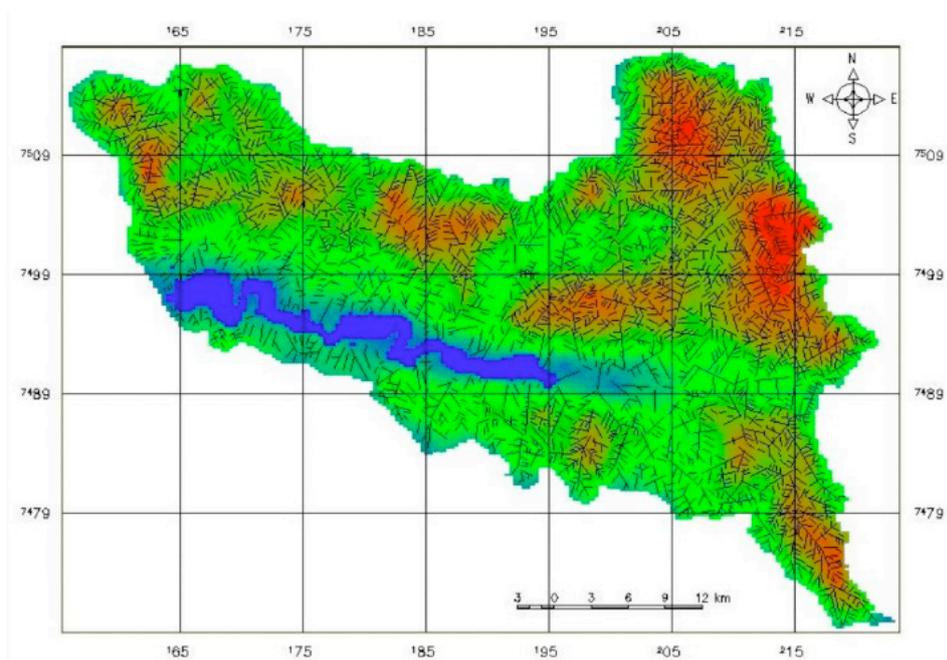
Esses processamentos aumentaram o brilho, o contraste, as feições lineares e a resolução geométrica das imagens, o que em muito facilitou a confecção do mapa vetorial de lineamento geológico. Terminado esse mapa, foi aplicado o método de krigagem ordinária, cujo interpolador, segundo Landim (2005), pondera os vizinhos do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não tendenciosidade. De acordo com Salviano (1996), antes da aplicação das ferramentas geoestatísticas, os dados devem ser analisados através de procedimentos de análise estatística descritiva, para visualizar o comportamento geral dos dados. Assim, as estatísticas univariadas fornecem um meio de organizar e sintetizar um conjunto de valores, que se realiza principalmente através do histograma, cujas características importantes de análise são as medidas de localização, de dispersão e de forma, de acordo com Costa Neto (1977).

A imagem gerada pela krigagem foi dividida em quatro classes com intervalos diferentes de acordo com a frequência de intensidades dos níveis de cinza, pelo fatiamento e pela posterior equalização do histograma. No SPRING, o fatiamento é feito de modo interativo, onde o usuário define o tipo de fatiamento e o número de fatias. O tipo de fatiamento escolhido foi o arco-íris, o qual segue a sequência do arco-íris, como o próprio nome já indica e o número de fatias foi quatro. A equalização histogrâmica é uma manipulação do histograma de forma que as classes ou fatias não

necessitam ter os mesmos intervalos, pois as mesmas são definidas pela frequência dos níveis de intensidade. Foi possível, assim, separar de forma objetiva quatro classes de densidade de lineamentos geológicos, definindo quatro classes de favorabilidade à recarga no aquífero ou de infiltração de águas subterrâneas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 4 representa a imagem de densidade de lineamento geológico interpolada pela krigagem ordinária, que indica a capacidade de maior ou menor capacidade da infiltração da água. As cores avermelhada-alaranjadas representam as áreas com maiores densidades de lineamento geológico e as cores azulada-esverdeadas, as áreas com menores densidades. É importante ressaltar que o processo de krigagem considerou duas propriedades importantes da porosidade secundária, o tamanho e a distância entre os lineamentos, interpretados como conjunto de juntas (fraturas e falhas). A espessura e o cruzamento das juntas, no entanto, não foram levadas em consideração, devido à limitação da rotina computacional empregada. Relembrando que essas quatro propriedades da porosidade secundária definem a eficiência da infiltração e percolação interna da água (permeabilidade).



Figuras 4: Imagem interpolada por krigagem ordinária da densidade de lineamento geológico com sobreposição dos lineamentos geológicos.

A figura 5 exibe as quatro classes de favorabilidade à recarga de água subterrânea na Sub-bacia do Baixo Piracicaba, após a aplicação das técnicas de fatiamento arco-íris, equalização do histograma e vetorização automática. No processo de vetorização, para que não ocorresse o “efeito escada”, típico dessa transformação, aplicou-se a suavização das linhas de contorno com o interpolador bicúbico. Estas quatro

classes possuem valor interpolado Z a partir dos lineamentos geológicos, o qual varia de 1.023 a 4.851. O valor Z, de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas, assume diferentes valores em função da localização, que permite estimar valores não amostrados. Assim, a classe de baixa favorabilidade à recarga de água subterrânea possui valores de Z entre 1.023 e 2.446, a classe medianamente baixa, entre 2.446 e 3.201, a classe medianamente alta, entre 3.201 e 4.062 e por fim a classe de alta densidade de lineamento geológico, entre 4.062 e 4.851. Nesse sentido, conclui-se que o valor Z representa o número pixel de cada lineamento geológico para interpolar a área amostrada e gerar um mapa da distribuição para estimar regiões não amostradas.

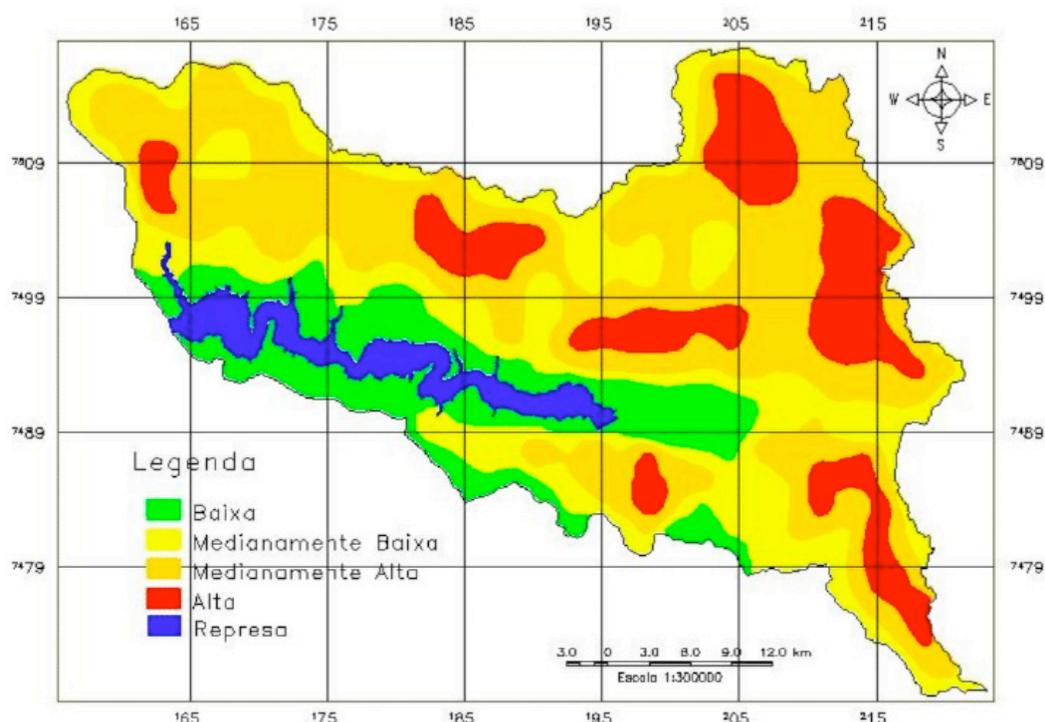


Figura 5: Mapa de favorabilidade à recarga de água subterrânea, após os processamentos de fatiamento, equalização do histograma e vetorização automática.

Sem levar em consideração a área da Represa de Barra Bonita, a área de estudo total possui 1.461 km², assim, a classe de alta favorabilidade à recarga de água subterrânea possui 224 km² (15%); as classes medianamente alta e medianamente baixa totalizam 627 km² (43%) e 401 km² (28%), respectivamente; e a classe de baixa favorabilidade à recarga de água subterrânea apresenta 209 km² (14%). Essa última classe está localizada em ambientes deposicionais de várzea no entorno da represa, constituída por uma cobertura de sedimentos silto-argilosos em uma matriz arenosa. Esses sedimentos preenchem o espaço intersticial dos depósitos aluvionares arenosos, diminuindo a permeabilidade das aluviões. A alta Capacidade de Troca Catiônica (CTC) dos argilominerais aumenta a capacidade de adsorver produtos químicos advindos da lixiviação dos solos agricultáveis à montante, contaminando esses depósitos aluvionares e os recursos hídricos superficiais (Represa de Barra Bonita e Rio Piracicaba) e subterrâneo (Aquífero Guarani).

4 | CONCLUSÕES

O método constitui uma abordagem eficiente no processo no mapeamento de áreas favoráveis à recarga de águas subterrâneas. Em uma escala regional, a identificação dessas áreas ganha uma representatividade maior, alcançando rapidez e minimizando custos. As classes favoráveis e moderadamente favoráveis à infiltração de água subterrânea (áreas de recarga) totalizaram 55% da área de estudo, correspondendo a 813 km² de uma área com 1.461 km² de superfície agricultável.

A possibilidade do emprego dessa técnica é indicada em terrenos sedimentares fissurados recobertos por praticamente uma litologia e em escala regional. Pois diferentes litologias apresentarão distintas porosidades primárias decorrentes do paleoambiente geológico e das paleocondições climáticas dominantes na época da formação das litologias, os quais influem na granulometria, esfericidade, maturidade e seleção dos sedimentos. As metodologias associadas às geotecnologias em hidrogeologia com integração de geoinformações estão sendo cada vez mais aprimoradas e diversificadas, tanto em ambientes geológicos contendo aquíferos livres, como aqueles possuindo aquíferos confinados, independente da porosidade e da permeabilidade serem granulares, fissurais, cársticas ou mistas.

O produto gerado é uma importante ferramenta técnico-gerencial de subsídio aos produtores de cana-de-açúcar da área de estudo para o investimento nas áreas favoráveis à prospecção de água subterrânea, haja vista que a estrutura produtiva da região depende da constante irrigação e reserva de água subterrânea. É importante lembrar da crise hídrica ocorrida nos últimos anos no Estado de São Paulo, o que torna imprescindível pesquisas nessa área visando estimular o gerenciamento adequados recursos hídricos subterrâneos.

Por outro lado, é um referencial também aos gestores ambientais, pois nas mesmas áreas em que ocorrem a infiltração de água, também ocorrem a contaminação do aquífero pelo excesso de adubos químicos, corretivos minerais, herbicidas e defensivos agrícolas empregados na produção de cana-de-açúcar. Relembrando que a área de estudo é utilizada há mais de três séculos pelas atividades agrícolas.

REFERÊNCIAS

CAVALLI, A. C. **Utilização de dados espectrais dos sensores TM/Landsat e AVHRR/NOAA-14 como indicadores de processos de degradação do solo**. 1999.153p.Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

COSTA NETO, P. L. Estatística. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 364p.

LANDIM, P.M.B. Sobre geoestatística e mapa. **Terra e Didática**, v.2, n.1, p.19-33, 2006.

NASCIMENTO, P. S. R., GARCIA, G. J. Compartimentação fisiográfica para análise ambiental do potencial erosivo a partir das propriedades da rede de drenagem. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v. 25, n. 1, p. 231-241, 2005.

MENESES, P. R, ALMEIDA T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. 276p.

SALVIANO A. A. C. **Variabilidade de atributos do solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba-SP**. 1999. 153p. Tese (Doutorado em Geociências) - Escola Superior de *Agricultura* "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SÃO PAULO (ESTADO) Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. **Programa de investimentos para proteção e aproveitamento dos recursos hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. São Paulo, 1999. 76p.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982, 54p.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alan Mario Zuffo - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-251-7

