

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

João Pedro dos Santos

**INFLUÊNCIAS DA COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A  
QUALIDADE DA ÁGUA EM MÚLTIPLAS EXTENSÕES ESPACIAIS NA UNIDADE  
HIDROLÓGICA DO RIO DOCE EM MINAS GERAIS**

Belo Horizonte

2020

João Pedro dos Santos

**Influências da composição e estrutura da paisagem sobre a qualidade da água  
em múltiplas extensões espaciais na unidade hidrológica do rio Doce em  
Minas Gerais**

**Versão final**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Diego Rodrigues Macedo

Belo Horizonte

2020

S237i  
2020

Santos, João Pedro dos.

Influências da composição e estrutura da paisagem sobre a qualidade da água em múltiplas extensões espaciais na unidade hidrológica do Rio Doce em Minas Gerais [manuscrito] / João Pedro dos Santos. – 2020.

166 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Diego Rodrigues Macedo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2020.

Área de concentração: Análise, Modelagem e Gestão de Sistemas Ambientais.

Inclui apêndices.

Bibliografia: f. 93-113.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Água – Qualidade – Doce, Rio, Bacia (MG e ES) – Teses. 3. Ecologia paisagística – Doce, Rio, Bacia (MG e ES) – Teses. I. Macedo, Diego Rodrigues. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Influências da composição e estrutura da paisagem sobre a qualidade da água em múltiplas extensões espaciais na unidade hidrológica do rio Doce em Minas Gerais**

### JOÃO PEDRO DOS SANTOS

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE, MODELAGEM E GESTÃO DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Aprovada em 14 de julho de 2020, pela banca constituída pelos membros:

  
Prof. Diego Rodrigues Macedo - Orientador  
IGC/UFMG

  
Profa. Silvia Maria Alves Correa Oliveira  
EE/UFMG

  
Profa. Sonia Maria Carvalho Ribeiro  
IGC/UFMG

Belo Horizonte, 14 de julho de 2020.

## **AGRADECIMENTOS**

Com muita reverência e respeito agradeço à energia criadora deste terreno pela invenção da possibilidade. Agradeço com muito carinho o cuidado e companheirismo recebido por mãe Elzira Vilaça dos Santos e por pai Jailton Marcelino dos Santos.

Agradeço a todas as presenças que nos últimos meses me impulsionaram para que eu pudesse desenvolver este trabalho. Agradeço especialmente o orientador professor Diego Rodrigues Macedo pela imensa contribuição.

Agradeço também a Mariana Elissa Vieira de Souza do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, pela disponibilização dos dados do monitoramento da qualidade da água.

Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

## RESUMO

A degradação de ambientes aquáticos promove a contaminação das águas implicando em piora na qualidade dos ecossistemas. A bacia do rio Doce possui um histórico de degradação ambiental, principalmente com a expansão industrial e a agropecuária intensiva. Ademais, em 2015, a barragem de rejeito de Fundão (Samarco, BHP Billiton e Vale) se rompeu lançando rejeitos de minério sobre os cursos d'água da bacia, alterando abruptamente seu contexto socioambiental e se tornando um dos maiores desastres ambientais da história brasileira. O objetivo desse estudo foi analisar a relação entre características da paisagem e a qualidade da água na porção mineira da bacia do rio Doce a partir de diferentes extensões espaciais. Para isso, foram analisados modelos estatísticos que mostraram a relação entre parâmetros da qualidade da água e o uso e cobertura da terra e métricas de paisagem para os anos de 2008, 2013 e 2018. Foram utilizadas três extensões espaciais: subbacia, que corresponde a toda área de drenagem a montante do ponto de monitoramento; ripária, que corresponde a uma zona tampão de 200 m para cada lado do curso d'água a montante do ponto de monitoramento; e local que corresponde uma zona tampão de 200 m para cada lado do curso d'água a montante do ponto de monitoramento dentro de um raio de 2 km. Os parâmetros utilizados correspondem ao monitoramento dos períodos chuvoso e seco em 64 estações, sendo eles: bário total, nitrato, sólidos totais e turbidez. A relação entre as variáveis foi avaliada por meio da regressão linear múltipla que permitiu construir e selecionar os modelos com os melhores ajustes e identificar as variáveis que possuíram os maiores pesos sobre os modelos. Os modelos que apresentaram a melhor capacidade explicativa foram da extensão espacial subbacia ( $R^2_{aj} = 0,20-0,57$ ; mediana:  $R^2_{aj} = 0,35$ ) e ripária ( $R^2_{aj} = 0,23-0,48$ ; mediana:  $R^2_{aj} = 0,39$ ), em detrimento da extensão local ( $R^2_{aj} = 0,07-0,47$ ; mediana:  $R^2_{aj} = 0,23$ ). Atividades humanas como a agropecuária, a urbanização, o plantio de eucalipto e a mineração foram associadas com a piora na qualidade da água em todas as extensões analisadas. De modo oposto, a presença de manchas de vegetação natural demonstrou funcionar como controladoras da qualidade da água. O estudo reforça a necessidade urgente de se conter o desmatamento e a degradação nas áreas próximas aos cursos d'água e de toda a bacia hidrográfica. Saberes ancestrais de Quilombolas e dos Povos Originários são o centro para como devemos nos relacionar com os rios, as matas e tudo que há na terra devido suas trajetórias de bionteração – relações de respeito mútuo com o ecossistema. Além disso, a proteção da mata ripária precisa considerar áreas de preservação mais abrangentes do que é previsto na legislação brasileira. A abordagem metodológica apresenta limitações, contudo, reforça a necessidade de mais estudos que contraponham o discurso desenvolvimentista das instituições públicas e privadas que degradam a bacia do rio Doce e seus territórios.

Palavras-chave: Qualidade da água, Métricas de paisagem, Extensões espaciais.

## ABSTRACT

The degradation of aquatic environments promotes water contamination, implying a worsening in the quality of ecosystems. The Doce River basin has a history of environmental degradation, mainly because industrial expansion and intensive farming. Furthermore, in 2015, the Fundão tailings dam (Samarco, BHP Billiton and Vale) broke up launching ore tailings over the basin's water courses, abruptly changing its socio-environmental context and becoming one of the biggest environmental disasters in Brazilian history. The objective of this study was to analyze the relationship between landscape characteristics and water quality in the Doce River basin (MG) using multiple spatial extensions. For this, statistical models were analyzed and they showed the relationship between water quality parameters and land use/land cover and landscape metrics for 2008, 2013 and 2018. Three spatial extensions were used: sub-basin, which corresponds to the entire drainage area upstream of the monitoring point; riparian, corresponding to a 200 m buffer of the watercourse upstream of the monitoring point; and local corresponding to a 200 m buffer of the watercourse upstream of the monitoring point within a 2 km radius. The parameters used correspond to the monitoring of the wet and dry seasons in 64 stations, namely: total barium, nitrate, total solids and turbidity. The relationship between the variables was verified using multiple linear regression which allowed to build and select models with the best fit and the identification of the variables that had the highest weights on the models. The models that showed the best explanatory capacity were the sub-basin ( $R^2_{aj} = 0.20-0.57$ ; median:  $R^2_{aj} = 0.35$ ) and riparian ( $R^2_{aj} = 0.23-0.48$ ; median:  $R^2_{aj} = 0.39$ ). Human activities such as agriculture, urbanization, eucalyptus forests and mining were associated with the worsening of water quality in all analyzed areas. On the other hand, the presence of patches of natural vegetation has been shown to function as water quality controllers. The study reinforces the urgent need to contain deforestation and degradation in areas close to water courses and the entire hydrographic basin. Ancestral knowledge of Quilombolas and Native Peoples is the center for how we should relate to rivers, forests and everything on earth due to their trajectory of bionteraction – relations of mutual respect with the ecosystem. In addition, the protection of riparian forest needs to consider more comprehensive preservation areas than is demanded by Brazilian legislation. The methodological approach has limitations, however, reinforces the need for more studies that contrast the developmental speech of public and private institutions that degrade the Doce River basin and its territories.

Keywords: Water quality, Landscape metrics, Spatial extensions.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Extensões geográficas por Morley e Karr (2002, p. 1502): (A) Subbacia; (B) Ripária e; (C) Local. ....                                  | 26 |
| Figura 2: Localização da UH do rio Doce. ....  | 39 |
| Figura 3: Estações de monitoramento hidrológico utilizadas no estudo. ....   | 44 |
| Figura 4: Extensões espaciais na UH do rio Doce: subbacia, ripária e local. ....   | 45 |
| Figura 5: Exemplificação de como ocorreu a construção da matriz de pesos espaciais. ....   | 50 |
| Figura 6: Fluxograma das principais etapas do procedimento metodológico. ....  | 52 |
| Figura 7: Box-plot com bário e nitrato agrupados entre as estações atingidas e não atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em 2015. .... | 55 |
| Figura 8: Box-plot com ST e turbidez agrupados entre as estações atingidas e não atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em 2015. ....   | 56 |
| Figura 9: Uso e cobertura da terra na UH do rio Doce (%). ....   | 57 |
| Figura 10: Taxa de crescimento ou diminuição de área no uso e cobertura da terra entre 2008-2018 na UH do rio Doce. ....                         | 58 |
| Figura 11: Box-plot com os ajustes dos modelos entre as extensões espaciais e a sazonalidade. ....   | 80 |



## LISTA DE TABELA

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Síntese de estudos: características da paisagem e qualidade da água em múltiplas extensões espaciais. .... | 29 |
| Tabela 2: Descrição das métricas de paisagem utilizadas. ....  | 47 |
| Tabela 3: Variáveis utilizadas na análise estatística. ....  | 48 |
| Tabela 4: Variáveis selecionadas após análise de correlação. ....  | 49 |
| Tabela 5: Medidas de tendência central, mínimo e máximo das métricas estandardizadas. ....                           | 60 |
| Tabela 6: Soma dos pesos nos modelos do bário. ....  | 62 |
| Tabela 7: Soma dos pesos nos modelos do nitrato. ....  | 63 |
| Tabela 8: Soma dos pesos nos modelos dos Sólidos Totais. ....  | 65 |
| Tabela 9: Soma dos pesos nos modelos da Turbidez. ....   | 66 |
| Tabela 10: Ajuste, significância e autocorrelação espacial dos modelos. ....   | 68 |
| Tabela 11: RLM entre características da paisagem e o Bário. ....   | 70 |
| Tabela 12: RLM entre características da paisagem e o Nitrato. ....   | 73 |
| Tabela 13: RLM entre características da paisagem e os ST. ....   | 76 |
| Tabela 14: RLM entre características da paisagem e a Turbidez. ....  | 79 |

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

$\alpha$  – Intervalo de confiança

$\beta$  – Coeficiente de regressão

$\varepsilon$  – Resíduo

ACP – Análise de Componentes Principais

AIC – *Akaik info criterion* – Critério de Informação de Akaike

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Área de Preservação Permanente

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

CE – Condutividade elétrica

CF – Coliformes Fecais

CLOR – Clorofila

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CODMn – Índice de permanganato

CONTAG – Contágio

CT – Contaminação por Tóxico

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DQO – Demanda química de oxigênio

ED – *Edge density* – Densidade da borda

EFVM – Estrada de Ferro Vitória-Minas

EIA – Estudos de Impacto Ambiental

ENN MN – *Mean Euclidean Nearest Neighbor Distance* – Distância Euclidiana Média do Vizinho mais Próximo

FT – Fósforo total

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MANOVA – Análise Multivariada da Variância

MDE – Modelo Digital de Elevação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NO<sub>2</sub> – Nitrito

NO<sub>3</sub> – Nitrato

NH<sub>3</sub> – Amônia

NP – *Number of Patches* – Número de Manchas

NT – Nitrogênio total

OD – Oxigênio dissolvido

p-valor – Nível descritivo do teste estatístico

PD – *Patch density* – Densidade da mancha

PLAND – Porcentagem de paisagem

PNQA – Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas

PRD – *Patch Richness Density* – Densidade da riqueza da mancha

R<sup>2</sup> – R ao quadrado

R<sup>2</sup><sub>aj</sub> – R ao quadrado ajustado

RNQA – Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas

RLM – Regressão Linear Múltipla

SD – Sólido dissolvido

SEEG/OC – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima

SHAPE MN – *Mean Shape Index* – Índice da forma média das manchas

SHDI – *Shannon's Diversity Index* – Índice de diversidade de Shannon

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SO - Sólidos orgânicos

SRF – Solução Reativa de Fósforo

SS – Sólidos suspensos

ST – Sólidos Totais

TEMP – Temperatura

TUR – Turbidez

QA – Qualidade da Água

QF – Quadrilátero Ferrífero

QQ – Quantil-Quantil

UF – Unidade Federativa

UH – Unidade Hidrológica

UPGRH – Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

$w_+$  – Peso acumulativo AIC

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1- INTRODUÇÃO .....  | 13 |
| 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....  | 16 |
| 2.1- Composição e estrutura da paisagem.....   | 16 |
| 2.2- Influência da extensão espacial na qualidade da água.....   | 25 |
| 2.3- Bacia hidrográfica e Unidade hidrológica .....  | 30 |
| 2.4- Monitoramento da qualidade da água.....   | 30 |
| 2.5- Parâmetros da qualidade da água .....   | 32 |
| 2.6- Modelo de regressão linear.....   | 35 |
| 3- MATERIAL E MÉTODOS.....   | 38 |
| 3.1- Área de estudo .....  | 38 |
| 3.1.1- Caracterização da Unidade Hidrológica do rio Doce .....   | 39 |
| 3.1.2- O rompimento da barragem de Fundão .....  | 41 |
| 3.2- Coleta e processamento de dados.....  | 43 |
| 3.2.1- Parâmetros da qualidade da água e rede hidrográfica .....   | 43 |
| 3.2.2- Extensões espaciais .....   | 44 |
| 3.2.3- Uso e cobertura da terra .....  | 45 |
| 3.2.4- Métricas de paisagem.....   | 46 |
| 3.2.5- Análise estatística .....   | 47 |
| 4- RESULTADOS.....   | 53 |
| 4.1- Dados da qualidade da água e características da paisagem.....   | 53 |
| 4.2- Influência de características da paisagem na qualidade da água.....   | 61 |
| 4.3- Análise multiescalar entre características da paisagem e a QA .....   | 67 |
| 5- DISCUSSÃO .....   | 81 |
| 5.1- O uso de múltiplas extensões espaciais na análise da relação entre características da paisagem e a QA ..... | 81 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 5.2- | Bário.....  | 85  |
| 5.3- | Nitrato .....   | 86  |
| 5.4- | Sólidos Totais.....   | 86  |
| 5.5- | Turbidez .....  | 87  |
| 5.6- | Reflexões acerca dos dados analisados.....                          | 87  |
| 6-   | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 91  |
| 7-   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                    | 93  |
|      | APÊNDICE A – Estações de monitoramento hidrológico utilizadas ..... | 114 |
|      | APÊNDICE B – Qualidade da água .....                                | 115 |
|      | APÊNDICE C – MDE da Unidade Hidrológica do rio Doce (MG) .....      | 118 |
|      | APÊNDICE D – Uso e cobertura da terra na UH do rio Doce .....       | 119 |
|      | APÊNDICE E – Métricas de paisagem.....                              | 138 |
|      | APÊNDICE F – Gráficos Residuals vs Fitted e Q-Q.....                | 147 |

## 1- INTRODUÇÃO

A água é um elemento natural importante na bioquímica dos seres vivos e exerce um influente papel nos valores socioculturais dos povos. A degradação das características físicas ou químicas do ecossistema é denominada poluição e quando ela ocorre em águas superficiais podem ser oriundas de fontes pontuais e/ou difusas (OLIVEIRA, 2016; SAVAZZI, 2008). Enquanto que na poluição pontual é possível identificar uma fonte para o despejo de efluentes, na poluição difusa, os poluentes são carreados pelo escoamento superficial e subsuperficial a partir de diversas fontes e, normalmente, em extensas áreas (POLIGNANO et al., 2012; VANZELA et al., 2005).

O contato com a cobertura superficial e a microbiota, principalmente no entorno dos cursos d'água, ajuda a determinar as oscilações de parâmetros físico-químico-biológicos dos sistemas hídricos (VON SPERLING, 2014). Nas áreas urbanas as principais fontes poluidoras são oriundas do despejo de efluentes por esgotos domésticos e industriais *in natura* na rede de drenagem. Já em áreas rurais, as principais fontes de poluição dos cursos d'água estão relacionadas ao desmatamento, à mineração e às diversas práticas ligadas à agropecuária, como o uso de fertilizantes (ANA, 2016). A presença de manchas de vegetação nativa contínuas, tanto na zona ripária quanto distante dos cursos d'água, ajuda a conservar a quantidade e a qualidade da água (DALA-CORTE et al., 2020; OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020).

Além dos fatores espaciais, a sazonalidade também interfere na alteração da qualidade da água (QA). A pluviosidade interfere nos níveis de vazão, que por sua vez, influenciam no fluxo do rio e no transporte de materiais. Com isso, a poluição difusa se torna ainda mais associada à composição e a estrutura da paisagem devido ao escoamento superficial nos períodos chuvosos (OLIVEIRA; MAILLARD; ANDRADE PINTO, 2017).

Uma forma de contribuir para o direcionamento de uma melhor gestão do território é na identificação da extensão espacial que mais influencia nas alterações da qualidade da água a partir da dinâmica das características da paisagem (MWAJENGO et al., 2020). As características da paisagem formam um conjunto de

elementos que compõe o espaço, como o uso e cobertura da terra e as métricas de paisagem, que compreendem a composição e a estrutura da paisagem e são identificadas a partir desses usos e coberturas (UUEMAA, 2007). Neste sentido, nos últimos anos, vários estudos procuraram analisar a relação entre o uso e a cobertura da terra e métricas de paisagem com parâmetros da qualidade da água sob a perspectiva de várias extensões espaciais (p. ex. MARZIN; VERDONSCHOT; PONT, 2013; OLIVEIRA; MAILLARD; DE ANDRADE PINTO, 2017; SLIVA e WILLIAMS, 2001). Diversos autores propuseram diferentes extensões espaciais para verificar qual é a área de influência mais determinante para as alterações na qualidade da água, como diferentes tamanhos de áreas de drenagem, de larguras e comprimentos de faixas (*buffers*) adjacentes aos cursos d'água (GONZALES-INCA et al., 2015; MORLEY; KARR, 2002; SUN et al., 2014). Verifica-se que neste contexto as extensões espaciais que mais possuem influência sobre determinado ponto do curso d'água dependerá de seu grau de antropização, tipos de uso e cobertura da terra, dentre outros fatores que concedem singularidade aos ambientes (SLIVA e WILLIAMS, 2001). Para analisar essa relação verifica-se que métodos estatísticos são amplamente utilizados, como os modelos lineares de regressão (MELLO et al., 2020).

No Brasil, as unidades federativas (UF) possuem autonomia para decidir como implementar a rede do monitoramento hidrológico, um importante instrumento para identificação do contexto bio-físico-químico das águas superficiais ao longo do tempo (ANA, 2016). Bacias hidrográficas que cruzam mais de uma UF limitam estudos científicos que utilizam dados do monitoramento da qualidade da água devido a não uniformidade sazonal nas coletas e no número de parâmetros avaliados, sendo necessária a delimitação de unidades hidrológicas (UH), que podem compor um conjunto de bacias hidrográficas ou outra região hidrológica delimitada a partir da topografia (OMERNIK et al., 2017). Para esse estudo, foi utilizada a porção mineira da bacia do rio Doce, como “Unidade Hidrológica do Rio Doce em Minas Gerais” (UH do rio Doce).

A UH do rio Doce tem um destaque nacional devido a sua abrangência, mas também pelo seu histórico de ocupação secular que, no último século, tem provocado acentuada degradação ambiental, principalmente com a instalação das



indústrias e pelo intenso uso agropecuário. Ademais, em 2015 a barragem de rejeito de Fundão em Mariana (MG) se rompeu lançando rejeitos de minério sobre os cursos d'água, alterando abruptamente seu contexto socioambiental se tornando um dos maiores desastres ambientais do Brasil (AIRES et al., 2018; FIOROTT e ZANETI, 2017; IGAM, 2019; SEDRU, 2016). A UH do rio Doce, portanto, é um território que possui uma paisagem que evolui dinamicamente estando submetida a um contexto de exploração da natureza e poluição. No Brasil ainda vigora a normalização da perspectiva de que os cursos d'água são receptores de dejetos, além de ser comum que sejam contaminados devido aos diferentes usos e coberturas adjacentes (ALMEIDA, 2013). Isso também se faz presente na UH do rio Doce quando se analisa diferentes indicadores socioambientais como, por exemplo, a deficiência do saneamento básico na maior parte dos municípios inseridos na área (LIMA, 2016). A análise da influência de características da paisagem sobre parâmetros da qualidade da água em diferentes períodos e extensões espaciais proporcionam amplo detalhamento dos impactos ambientais causados pelo uso antrópico intenso. Além disso, essa produção científica contribui para a produção e divulgação de múltiplas ferramentas metodológicas que podem ser utilizadas para interpretação de algumas das dinâmicas deste território.

O objetivo desse estudo foi analisar a relação entre a composição e a estrutura da paisagem em múltiplas extensões espaciais e temporais na UH do rio Doce em Minas Gerais. Para isso, foram analisados modelos estatísticos que mostraram a influência do uso e cobertura da terra e métricas de paisagem sobre a qualidade da água para os anos de 2008, 2013 e 2018 em três extensões espaciais: subbacia, ripária e local.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram postos: estabelecer, a partir dos modelos estatísticos, em qual extensão espacial houve maior influência sobre a qualidade da água a partir das características da paisagem analisadas; e identificar como se deu a influência de determinadas características da paisagem sobre a qualidade da água.

## **2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1- Composição e estrutura da paisagem**

A percepção sobre os territórios e suas dinâmicas espaço-temporais é construída por cada povo através da sua relação com o cosmos. Com intuito de representar uma porção do espaço-tempo de um lugar utilizamos nessa pesquisa o conceito de paisagem para identificação e caracterização da área estudada. Para este estudo é utilizada a definição de paisagem proposta por Bertrand e Tricart (1968) que a consideram como “uma determinada porção do espaço que resulta da combinação dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos, os quais interagindo dialeticamente uns sobre os outros formam um conjunto único e indissociável em perpétua evolução” (BERTRAND; TRICART, 1968, p. 249).

Atividades antrópicas como a urbanização, industrialização e o uso intensivo da agricultura de irrigação e da pecuária causam alterações rápidas na paisagem implicando na perda da biodiversidade, na alteração de serviços ecossistêmicos e na modificação de valores culturais da paisagem (UUEMAA; MANDER; MARJA, 2013). A qualidade das águas superficiais é diretamente afetada por essa manifestação da dinâmica da paisagem (VON SPERLING, 2014). A partir disso, é importante identificar os principais elementos responsáveis pelo comprometimento de ecossistemas hídricos e suas importantes áreas de influência.

Uma das ciências que se debruça a investigar a influência da composição e estrutura da paisagem afim de que seja possível fornecer informações sistematizadas para sua gestão é a ecologia da paisagem. Introduzido por Troll em 1939, o termo ecologia da paisagem foi ampliado por Naveh e Liebermann na década de 1980, sendo que hoje esse conceito abarca uma diversidade de abordagens teórico-metodológicas (TURNER e GARDNER, 2015). Dessa forma, constitui-se em um campo científico amplo baseado nas ciências geográficas e a ecologia.

A ecologia da paisagem divide a estrutura da paisagem a partir de métricas. As métricas são divididas em: mancha (relativo à característica geométrica de cada área de uma classe do uso e cobertura da terra), classe (caracterização das manchas a partir de classes do uso e cobertura da terra) e estudo global da

paisagem (resultado da sua estrutura e função que ocupa no sistema) (CASIMIRO, 2009; LANG e BLASCHKE, 2009; MCGARIGAL, 2015).

Para análise das métricas reconhece-se dois aspectos relativos à paisagem: sua composição e sua estrutura (configuração). A composição da paisagem corresponde à descrição da qualidade e quantidade das manchas, como as medidas de proporção da classe na paisagem e diversidade das manchas. A estrutura da paisagem indica a dimensão física das manchas, como as medidas de borda e a relação das manchas no arranjo espacial (CASIMIRO, 2009).

A identificação do uso e cobertura da terra é um importante passo na análise da composição da paisagem. É possível associar tais usos e coberturas com a qualidade da água, afim de que seja possível estabelecer relações de influência.

Nos últimos séculos a vegetação nativa do Brasil, sobretudo nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, tiveram uma intensa redução tendo sido substituída, sobretudo, pela agricultura, pastagem e a urbanização (RIBEIRO et al., 2009; MAPBIOMAS, 2019). A expansão da fronteira agrícola na Amazônia e no Cerrado pelo agronegócio aliada ao discurso e práticas antiambientalistas do governo federal e estadual de Minas Gerais na atualidade (2020) tem contribuído para o aumento no desmatamento fazendo com que projeções futuras indiquem aumento na perda da biodiversidade cada vez maior (COELHO et al., 2019; LAMPARTER et al., 2018; MELLO et al., 2020; MOLOTOKS et al., 2018). Essas alterações nas características da paisagem são as principais responsáveis pela degradação dos cursos d'água nos biomas mencionados interferindo no escoamento superficial, na infiltração e na evapotranspiração da água das bacias hidrográficas modificando a vazão e o fluxo dos cursos d'água, bem como, a disposição de sedimentos e nutrientes que são carregados para eles (MELLO et al., 2020; MORI et al., 2015)

As atividades agropecuárias por si só abrangem diferentes influências sobre a qualidade da água dependendo da forma como ocorrem (STRASSBURG et al., 2014). Como exemplo, áreas de pastagem extensiva que foram substituídas por plantações de cana-de-açúcar resultaram no aumento quatro vezes maior de concentração de nitrato nos cursos d'água no bioma Mata Atlântica (TANIWAKI et al., 2017). Os problemas ambientais associados à pastagem estão relacionados à compactação do solo que implica em maior impermeabilidade; intensificação de

processos erosivos que acarretam em maior escoamento superficial de água acompanhada de nutrientes, sedimentos e substâncias poluentes; e diminuição do potencial fértil do solo (VALLE JÚNIOR et al., 2019). Em relação à agricultura, a monocultura de irrigação, um dos carros chefes do agronegócio brasileiro, é extremamente prejudicial para os cursos d'água, pois além de ser o segmento que mais gasta água doce também contribui para o aumento de elementos na água como o fósforo, nitrogênio, nitrato, nitrogênio amoniacal, turbidez e sedimentos (MELLO et al., 2018; TANIWAKI et al., 2017). O Brasil é um dos maiores consumidores de pesticidas e fertilizantes do mundo, sendo que muitos dos que são utilizados não são identificados na fiscalização feita pelo Poder Público (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017). Além disso, em 2019, 201 novos agrotóxicos foram aprovados para uso pelo governo federal, sendo que muitos deles são proibidos em outros países (COELHO et al., 2019; MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017). O uso de fertilizantes e pesticidas na agricultura contribui para a intensificação dos processos de eutrofização e contaminação dos sistemas hídricos (CUNHA; SABOGAL-PAZ; DODDS, 2016).

Na silvicultura presente no Brasil, a maior parte (93%) é de espécies exóticas sendo elas eucalipto (73%) e pínus (20%), utilizadas principalmente na indústria de celulose e madeira e apenas 7% com espécie nativa (*Hevea brasilienses*), utilizada principalmente para extração da matéria-prima da borracha (IBÁ, 2019; SHIMIZU, 2008). A presença de florestas de silvicultura para a produção industrial está associada ao surgimento de novas construções, como as rodovias, além disso, as plantações de eucalipto contribuem para o aumento de nutrientes, turbidez e sedimentos nos cursos d'água (RODRIGUES et al., 2019).

Os locais contendo infraestrutura urbana representam a menor porção de uso e cobertura da terra no Brasil, entretanto, é reconhecido mundialmente que essas áreas são as que mais contribuem para a degradação da qualidade da água (MELLO et al., 2020). Além de poluições pontuais, como os efluentes domésticos e industriais despejados diretamente nos cursos d'água, a poluição difusa nos centros urbanos é formada por fontes diversas, como por exemplo: o desgaste das pavimentações, lixos e restos de materiais de construções jogados nas ruas, calçadas e locais conhecidos como "bota-fora", poluentes do ar, óleos e graxas deixados por veículos, dentre outros (POLIGNANO et al., 2012). A crise no

desabastecimento vivida pelas grandes metrópoles da região Sudeste do Brasil anos atrás está associada, dentre outros fatores, à diminuição da vegetação ripária e da degradação das áreas de cabeceira que se dá pela intensa expansão urbana (COHEN, 2016; FREITAS e DEL GAUDIO, 2015).

Historicamente no Brasil a relação do espaço urbano com os cursos d'água é dividida em três momentos. O primeiro é chamado de higienista, onde os fluxos aquáticos eram utilizados para fins de despejo de lixo e esgoto. O segundo momento é chamado de racionalização, em que os rios passaram a ser preferencialmente retificados e contidos por canais de concreto, mas continuaram a receber efluentes domésticos, industriais e lixo. E o último é chamado de científico no qual se busca a despoluição dos rios urbanos, separação do esgoto, criação de parques lineares, dentre outras formas de recuperação (HELENA PINTO; PINHEIRO, 2006). Apesar de existirem experiências que buscam a recuperação de córregos urbanos, como foi o Programa Drenurbs em Belo Horizonte (MG), o país segue tendo como prática prioritária a canalização dos cursos d'água e o despejo de efluentes domésticos e industriais sendo utilizados também para despejo de lixo (MACEDO e MAGALHÃES JUNIOR, 2011, 2020). Além disso, nos centros urbanos ocorre o escoamento superficial de sedimentos e substâncias tóxicas para os cursos d'água fazendo com que haja aumento de sólidos suspensos, turbidez, nitrogênio total e amoniacal, nitrato, nitrito, fósforo total, coliformes fecais, material orgânico e Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (CUNHA; SABOGAL-PAZ; DODDS, 2016; OLIVEIRA, 2016; SANTOS, 2005). O planejamento urbano existente na maior parte dos municípios brasileiros não coloca em prática ações para proteção efetiva dos cursos d'água. Além disso, cerca de 50% das cidades brasileiras não possuem coleta e tratamento de esgoto (FRANÇA et al., 2019; TRATA BRASIL, 2019; VANZELA et al., 2005).

Outra intervenção antrópica influente sobre a qualidade da água é a mineração. A atividade minerária brasileira tem sido palco dos maiores desastres ambientais desse segmento no mundo, principalmente devido aos rompimentos das barragens de contenção de rejeitos de Fundão em 2015 (operada pela Samarco, BHP Billiton e Vale) e da barragem I do complexo Córrego do Feijão em 2019 (operada pela Vale) (AIRES et al., 2018; CARMO et al., 2017; GOMES et al., 2017; RUCHKYS; CASTRO; MIRANDA, 2019; THOMPSON et al., 2020). Os impactos causados pela

atividade mineradora se dão localmente e às vezes regionalmente, mas abrangendo sempre aspectos socioambientais. Em casos como os rompimentos de barragens a degradação é ainda maior espaço-temporalmente. Para os cursos d'água essa atividade implica em alterações morfológicas e no aumento da presença de metais pesados, turbidez, sólidos totais, dentre outros (GOMES et al., 2017; KANG et al., 2010; SANTOS, 2017).

A presença da vegetação nativa oferece diversos serviços ecológicos e ecossistêmicos e contribui para a recuperação ou manutenção da qualidade da água (MWAJENGO et al., 2020; PAULA et al., 2013). A presença da vegetação permite a filtragem do escoamento superficial o que dificulta a ocorrência de substâncias tóxicas e outros sedimentos oriundos de atividades antrópicas (PAULA et al., 2013; URIARTE et al., 2011). Ademais, a presença de mata ciliar contribui para o controle da temperatura devido às sombras da vegetação (PINHEIRO et al., 2014; URIARTE et al., 2011). Alguns estudos tem identificado haver regeneração de vegetações da Mata Atlântica e do Cerrado, especialmente em áreas de conservação (MOLIN et al., 2017; SANTOS et al., 2017). Entretanto, a melhoria na qualidade da água tem sido pequena devido à fragmentação dessas matas, principalmente na zona ripária (MORI et al., 2015; PAULA et al., 2013).

Nesse sentido, a vegetação natural não é entendida como um espaço alheio à existência humana, pelo contrário, a presença de grandes manchas de floresta ou outro tipo de biota, permite a circulação e manejo pelos seres humanos de forma auto-sustentável sem prejudicar a produção de fotossíntese, biomassa e outros processos essenciais para a continuidade do ecossistema. De modo oposto, a paisagem totalmente antropizada, como as áreas urbanas, apresentam uma composição espacial centrada nas necessidades de circulação dos seres humanos e de seus bens materiais, bem como os serviços e as informações. Nesse caso, as áreas de vegetação são estrategicamente fragmentadas favorecendo a proliferação de determinadas espécies como alguns roedores e insetos (CASIMIRO, 2009).

Fragmentação é a divisão de grandes habitats em manchas menores implicando na redução da biodiversidade e comprometimento do sistema hidrológico da região no que tange a quantidade e qualidade das águas superficiais e subsuperficiais, além de interferir em outros processos ecológicos (FIGUEIRÓ, 2015). A fragmentação é

um dos processos dinâmicos da paisagem que também possui: perfuração das manchas, como a criação de clareiras em áreas desmatadas; corte ou subdivisão de áreas para implementação de estruturas urbanas como linhas de transmissão, por exemplo; diminuição temporal das manchas, como a redução das matas ciliares por pressão da pecuária, agricultura ou construção; e o desaparecimento de manchas e corredores, principalmente os de menor dimensão, mas também ocorrendo em manchas maiores, como ocorre no caso de grandes queimadas (CASIMIRO, 2009).

Assim, outro aspecto importante é a análise da estrutura da paisagem que se dá através da identificação das manchas, corredores e matriz e sua distribuição na paisagem. Elementos espacialmente distribuídos que estão próximos tendem a se interagir mais do que se estivessem distantes e as espécies inseridas na paisagem tendem a buscar manchas semelhantes de suas origens compreendendo ecossistemas semelhantes (FORMAN, 1995).

Dentre os aspectos controladores das manchas tem-se o tamanho e a forma. O tamanho das manchas relaciona-se, por exemplo, com a energia e os nutrientes dispostos e a diversidade e quantidade de elementos e espécies. A forma pode indicar a função exercida sobre uma mancha na paisagem, principalmente em relação ao efeito de borda – quanto mais irregular a forma, maior a área de diversificação de espécies com possibilidades para diferentes elementos, fluxos e contatos externos da mancha com seu interior. Uma mancha circular de vegetação nativa possui o potencial de conter maior diversidade de espécies, menos barreiras e mais eficiência para garantir alimentos às espécies que circulam em seu interior. Quanto mais alongada e maior a densidade da borda da mancha maior a chance de sofrer com distúrbios antrópicos como a poluição, queimada, desmatamento, dentre outros (CASIMIRO, 2009).

Os corredores são margens, fronteiras ou manchas estreitas que servem para transporte e circulação de espécies tendo como função servir de habitat, formar caminhos, filtrar impurezas para controle do escoamento superficial, barrar poluentes para os cursos d'água, ser fonte de poluentes e sumidouro quando oferece riscos a animais em rodovias, por exemplo. A matriz é o recorte da paisagem em análise, sendo importante analisar sua porosidade, quando há

proximidade e ocupação das manchas na matriz e se a forma da margem é côncava (em retração) ou convexa (em expansão) (GORDON, 1995).

Em estudos da ecologia da paisagem é comum encontrar a relação entre antropização, diminuição e fragmentação de paisagens com vegetação natural (UUEMAA; MANDER; MARJA, 2013; FORMAN e GODRON 1986). A escolha das métricas de paisagem a serem utilizadas varia conforme o tipo de informação que se deseja obter sobre a paisagem. As métricas se diversificam conforme a forma, densidade, agregação, conectividade e fragmentação das manchas e quanto à heterogeneidade da paisagem (ALBALAWNEH et al., 2015; DUARTE et al., 2018; PAULA et al., 2013; RUTLEDGE, 2003; ZHANG et al., 2017).

A composição e a estrutura da paisagem identificada pelas métricas de paisagem estão inteiramente ligadas à condição ecológica dos cursos d'água (SCHUFT et al., 1999; UUEMAA, 2007). A caracterização da paisagem através do mapeamento do uso e cobertura da terra e pela identificação de métricas de paisagem quando combinadas com métodos do Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem-se mostrado como uma abordagem útil na identificação de impactos na qualidade da água (GYAWALI et al., 2013; LI, 2018; MELLO et al., 2018; MORI et al., 2015; MWAIJENGO et al., 2020; OLIVEIRA; MAILLARD; ANDRADE PINTO, 2016; SHEN et al., 2015). Tais estudos buscaram investigar a relação entre a dinâmica de parâmetros da qualidade da água e determinadas características da paisagem utilizando análises, métodos, ferramentas e programas dentro de ambiente do SIG.

As manchas da paisagem se alteram na medida em que o mosaico do uso e cobertura da terra se modifica e isso está relacionada às diversas dinâmicas do ecossistema, como a disponibilidade e qualidade da água (UUEMAA, 2007). Associada ao aumento de urbanização e o desmatamento, a fragmentação da paisagem segue sendo uma tendência mundial resultando em problemas ecológicos, como a deterioração dos cursos d'água (SHEN et al., 2015; VALLE JÚNIOR et al., 2019; XIAO et al., 2016).

Atividades que causam degradação do solo, como a pastagem, agricultura, urbanização, mineração, dentre outras, aumenta o isolamento de fragmentos de vegetação nativa, o que dificulta a circulação da fauna e a continuidade da



diversidade biótica (LIMA; ROCHA, 2011). A presença fragmentada da vegetação, mesmo que em pequenas manchas, funciona como “trampolins” (do inglês *stepping stones*), locais de suporte para a fauna (OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020). A vegetação interligada por meio de corredores ecológicos mitiga o impacto causado pela degradação dos ecossistemas garantindo alimento e energia vital à diversidade ecológica (NATHALIA SUEMI et al., 2016; OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020; SANTOS et al., 2016).

Outra característica importante das manchas de vegetação diz respeito a sua forma e a forma de suas bordas. A forma das manchas identificada por métricas como a densidade de borda (ED do inglês *edge density*) e a densidade de mancha (PD do inglês *patch density*), informa se a mancha de vegetação é mais ou menos suscetível a sofrer com distúrbios antrópicos nocivos, como queimadas e desmatamento (NASCIMENTO; LAURANCE, 2006; OLIVEIRA et al., 2015; PENIDO; RIBEIRO; FORTUNATO, 2015).

Utilizando dados de 24 bacias na Estônia, Uuemaa (2007) investigou a relação entre características da paisagem e a qualidade da água. As métricas de paisagem utilizadas foram: ED, PD, Índice da forma média das manchas (SHAPE\_MN do inglês *Mean Shape Index*), Distância Euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN\_MN do inglês *Mean Euclidean Nearest Neighbor Distance*), Contágio (CONTAG), Densidade da riqueza da mancha (PRD do inglês *Patch Richness Density*) e Índice de diversidade de Shannon (SHDI do inglês *Shannon's Diversity Index*). Além disso, 17 classes de uso e cobertura da terra foram incluídas na análise. Os parâmetros da qualidade da água utilizados foram: DBO, Índice de permanganato (CODMn), Nitrogênio total (NT) e Fósforo total (FT). O estudo analisou a relação espacial através do Índice de Moran e foi identificado que a autocorrelação espacial se mostrou menor à medida que as bacias apresentassem mais heterogeneidade. A Regressão Linear Múltipla (RLM) indicou que as áreas com infraestrutura urbana possuíam maior relação com DBO, NT e FT. Além disso, as métricas PD e ED também foram significantes nos modelos para esses parâmetros. A métrica CONTAG foi útil para identificar a relação de manchas de vegetação natural e CODMn (UUEMAA, 2007).

Em estudos como esse é comum que seja identificada a associação de áreas com construções urbanas e atividades agropecuárias com a piora na qualidade da água e de outros aspectos ecossistêmicos interligados, como a perda da biodiversidade (MACEDO et al., 2014; PAULA et al., 2013; SHEN et al., 2015). Do mesmo modo, é visto que a preservação de manchas de floresta, principalmente, conectadas entre si, próximas ou distantes de cursos d'água superficiais contribui para a manutenção e melhora da qualidade da água (DUARTE et al., 2018; MORI et al., 2015).

A análise da paisagem através do uso de métricas de paisagem depende da resolução espacial das imagens de satélite. Como exemplo, as imagens provenientes do sensor OLI do satélite Landsat-8 que são obtidas gratuitamente possuem resolução espacial de 30 m, ou seja, o menor objeto passível de identificação precisa ocupar uma área mínima de 900 m<sup>2</sup> (USGS, 2020). Mesmo utilizando resolução espacial mais fina o uso dessas ferramentas implica em limitações práticas para identificação da relação entre as manchas na paisagem devido aos percalços para sua identificação.

As grandes alterações na paisagem que causam degradação aos cursos d'água compreendem aspectos desenvolvimentistas de instalação de modos de produção do espaço recentes na história. Praticantes de ações que promovem a biointeração, os chamados povos tradicionais, cultuam os elementos da natureza como pertencentes à sua própria existência no cosmos. Os territórios de povos indígenas, quilombolas, ribeirinhos, fundos de pasto, caiçaras, agricultores familiares, extrativistas, dentre outros povos, é organizado considerando que o envolvimento humano com o meio não cause distúrbios que comprometam a biodiversidade. Esses territórios agem como limites fronteiraços as investidas de empreendimentos expropriadores das comunidades e de suas relações ancestrais com o entorno (BISPO, 2017).

A deterioração nos cursos d'água implica em contaminação dos ecossistemas aquáticos e oferece riscos à saúde da população devido ao espalhamento de patógenos, comprometendo o abastecimento, dentre outros aspectos (ALMEIDA, 2013). Assim, a análise do uso e cobertura da terra combinada com as métricas de paisagem é uma importante ferramenta para melhoria na gestão de ações que visem a qualidade da água.

A variação sazonal também é um aspecto importante nos estudos da qualidade da água, pois interfere na disponibilidade dos elementos bio-físico-químicos dependendo das estações do ano (MELLO et al., 2020). Os eventos mais acentuados de chuva são associados ao aumento da turbidez da água em paisagens ocupadas principalmente por atividades antrópicas, como a agricultura e por infraestrutura urbana, mas também por vegetação nativa de biomas como a Mata Atlântica e o Cerrado (OLIVEIRA; MAILLARD; DE ANDRADE PINTO, 2017; TANAKA et al., 2016). O aumento de sólidos suspensos é verificado nos períodos de cheia associados, também, com a pastagem e a inserção de esgotos domésticos e industriais (CRUZ et al., 2019).

A regeneração da vegetação nativa é identificada como a melhor alternativa para recuperação da qualidade da água, porém esse processo de recuperação pode levar tempo devido ao efeito legado deixado pelo uso intenso do solo através de décadas, como a agropecuária (DALA-CORTE et al., 2020). A relação entre esses múltiplos aspectos é verificada por meio de análises estatísticas que informam graus de confiabilidade entre as possíveis relações (MELLO et al., 2020; SANTOS, 2005).

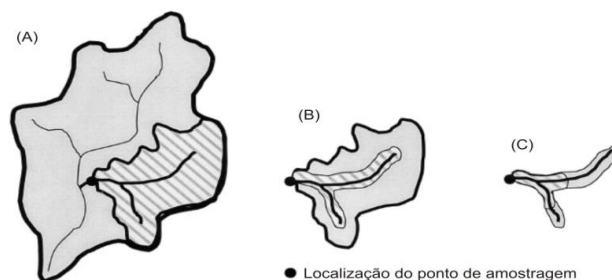
## **2.2- Influência da extensão espacial na qualidade da água**

Diversos autores se propuseram a analisar os efeitos de múltiplas extensões espaciais na relação entre características da paisagem e a qualidade da água, porém não há um consenso sobre em qual área de abrangência a caracterização da paisagem mais influencia na dinâmica dos parâmetros da QA, pois essa influência varia devido às condições espaço-temporais (GONZALES-INCA et al., 2015; MWAIJENGO et al., 2020; RUTLEDGE, 2003). A complexidade dos ecossistemas ambientais apresentam diferentes respostas às influências dos atributos da paisagem, sendo influenciada também pela extensão da drenagem e sua capacidade de autodepuração (SLIVA; DUDLEY WILLIAMS, 2001). Compreender em qual extensão espacial há mais influência das características da paisagem é importante para melhor direcionar a gestão sobre o território focada na restauração de cursos d'água e da vegetação ripária (OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020; URIARTE et al., 2011).

Dentre diferentes estudos que buscam entender a relação entre características da paisagem e QA associam três extensões espaciais principais: bacia, zona ripária e zona local (MELLO et al., 2020; PAULA et al., 2013). O tamanho das faixas utilizadas como zona ripária, assim como, o tamanho da bacia varia conforme local de monitoramento da QA, características físicas e biológicas dos cursos d'água e o objetivo do estudo (MELLO et al., 2020). Alguns estudos indicam que toda a área da bacia hidrográfica possui mais influência na dinâmica da qualidade da água em detrimento de zonas mais próximas aos cursos d'água (SANTOS, 2005; SUN et al., 2014). Já outros trabalhos mostram que as zonas adjacentes aos cursos d'água são as áreas que mais influenciam na sua QA (LI, 2018; MAILLARD; SANTOS, 2008).

Em um trabalho que objetivou analisar a relação entre bioindicadores de cursos d'água e a alteração do uso e cobertura da terra, Morley e Karr (2002) estabeleceram três extensões espaciais: subbacia, que corresponde a toda bacia a montante do ponto de monitoramento da QA; ripária, que corresponde a um *buffer* de 200 m para cada lado da drenagem a partir do ponto de monitoramento da QA e local que corresponde a um *buffer* de 200 m para cada lado da drenagem dentro de um raio de 2 km, também a partir do ponto de monitoramento da QA (Figura 1). Segundo os autores, as alterações do uso e cobertura da terra se mostrou mais influente sobre os bioindicadores dos cursos d'água na extensão subbacia do que nas extensões ripária e local, tendo isso ocorrido, principalmente, pelo aumento da urbanização (MORLEY; KARR, 2002).

Figura 1: Extensões geográficas por Morley e Karr (2002, p. 1502): (A) Subbacia; (B) Ripária e (C) Local.



Em um estudo realizado numa bacia hidrográfica legalmente protegida, a bacia do rio Pandeiros, Santos et al. (2017) utilizaram as extensões sugeridas por Morley e

Karr (2002), tendo identificado que a relação entre as classes de uso e cobertura da terra e os parâmetros da qualidade da água foi baixa em todas as extensões avaliadas. Isso pode ser associado ao fato de que a bacia apresentou pouca variação no uso e cobertura da terra, sendo predominantemente ocupada pela vegetação natural.

A vegetação da mata ripária contribui para a estabilização dos solos adjacentes aos cursos d'água através de suas raízes, serve como filtro natural de nutrientes e sedimentos poluidores, ajuda a manter a temperatura a partir da proteção do dossel da vegetação e fornece matéria orgânica para organismos aquáticos (TRAN et al., 2010). A presença de vegetação nativa fragmentada e distante dos cursos d'água faz com que suas funções ecológicas sejam comprometidas (MELLO et al., 2020). A substituição da área da vegetação por extensas atividades agrícolas, como a monocultura irrigada ou por construções da infraestrutura urbana acarretam no aumento de fontes de poluição difusa e pontual e na intensificação do escoamento superficial de sedimentos, nutrientes e poluentes, tendo como consequência, o aumento de nitrogênio, sólidos totais, turbidez e outros parâmetros da QA (LI, 2018; LUNDQUIST, 1963; MAILLARD; SANTOS, 2008; MORI et al., 2015; PINHEIRO et al., 2014; SHEN et al., 2015).

Em um estudo realizado na bacia do Rio das Velhas (MG) foi verificado que classes do uso e cobertura da terra possuíam mais influência sobre parâmetros da qualidade da água em zonas adjacentes (*buffers*) de maior espessura (OLIVEIRA; MAILLARD; DE ANDRADE PINTO, 2016). Os autores discutiram que isso se deu devido ao aumento das complexidades da poluição difusa proporcionadas pelos *buffers* maiores (> 900 m) que agregaram mais informações quanto ao uso e cobertura da terra. Os autores destacaram que as fontes de poluição difusa são atenuadas em períodos chuvosos para regiões do Brasil com estações bem definidas, como na bacia do rio das Velhas e que a influência das zonas ripárias se daria, principalmente, pela poluição pontual (OLIVEIRA; MAILLARD; DE ANDRADE PINTO, 2016).

SHEN et al. (2015) consideraram em seu estudo como extensões espaciais *buffers* de diferentes larguras (100 m, 300 m, 500 m, 1000 m e 1500 m) e verificaram que na menor largura (100 m) as características da paisagem apresentaram maior influência

na qualidade da água em áreas altamente urbanizadas na China. Consoante a isso, rios urbanos são considerados mais sensíveis à influência espacial próxima da drenagem devido, principalmente, ao despejo de efluentes domésticos e industriais (SHEN et al., 2015).

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos estudos que analisaram a relação entre características da paisagem e qualidade da água em múltiplas extensões espaciais em regiões de clima tropical. A maior parte dos trabalhos mostra a importância da conservação da vegetação em toda área da bacia, em detrimento da conservação da mata ciliar apenas (MAILLARD; SANTOS, 2008; MORI et al., 2015; MWAIJENGO et al., 2020). As atividades antrópicas de maior impacto na qualidade da água são pastagem, agricultura e a urbanização (MACEDO; MAGALHÃES JUNIOR, 2011; MELLO et al., 2018; TANAKA et al., 2016; TROMBONI; DODDS, 2017).

Tabela 1: Síntese de estudos: características da paisagem e qualidade da água em múltiplas extensões espaciais.

| Autoria                         | Área de estudo  | Parâmetros da qualidade da água  | Extensões espaciais  | Características da paisagem  | Análise estatística          |
|---------------------------------|---|--|--|--|------------------------------|
| Maillard; Santos (2008)         | Bacia do rio das Velhas (MG)                              | OD, CF, pH, DBO, NO <sub>3</sub> , FT, Temp, TURB e ST   | Zonas de contribuição exclusivas e <i>buffers</i> de 90 m, 150 m, 210 m, 300 m e 510 m         | Área urbana, agropecuária, vegetação natural, floresta plantada, solo exposto e corpo hídrico  | RLM                          |
| Mori et al. (2015)              | Bacia do rio Corumbataí (SP)                              | FT, NO <sub>3</sub> , SS, TURB, NT   | Bacia e zona ripária   | Cana-de-açúcar, pastagem, Índice da maior mancha de floresta, distância média de floresta para o curso d'água, declividade média, elevação média e classes de solo   | ACP, MANOVA e RLM            |
| Mello et al. (2018)             | Bacia do rio Sarapuí (SP)                                 | OD, N, FT, SS, SO e CF,  | Zona ripária ( <i>buffer</i> de 30m) e bacia   | Corpo hídrico, área úmida, floresta, eucalipto, agricultura, pasto e área urbana   | MANOVA e RLM                 |
| Molina et al. (2017)            | Bacias dos rios Turvo-Grande e São José dos Dourados (SP) | CE, pH, SD e Temp  | Bacia, rede de drenagem ( <i>buffer</i> de 30m) e raio local (150 m)                           | Floresta nativa, vegetação herbácea e arbustiva, reflorestamento, pastagem, diferentes culturas, área urbana, solo exposto, rodovia, instalação rural e outros   | Análise de Redundância       |
| Nelson Mwaijengo et al., (2020) | Bacia do rio Kikuletwa (Tanzânia)                         | pH, CE, OD, Turb, CLOR, N, DBO, FT, nº macroinvertebrados, riqueza de macroinvertebrados, Índice de pontuação local e estimador de riqueza | <i>Buffers</i> circulares e adjacentes aos cursos d'água de 100 m, 500 m, 1 km, 2 km e a bacia | Corpo hídrico, vegetação arbustiva, vegetação gramínea, terra infértil, vegetação espaçada, milho, floresta de alpino, bosque subalpino, pastagem, bosque protegido, misto de cultura irrigada, café, banana, área úmida, área urbana, vegetação espaçada e solo exposto e floresta montanhosa | Análise de Redundância       |
| Tanaka et al (2016)             | Bacias dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira (SP)         | NT, FT, OD, CE, pH   | Bacia e zona ripária   | Características da vegetação ripária, floresta, citros, cana-de-açúcar, pastagem e área urbana   | Análise de Redundância e RLM |
| Tromboni et al. (2017)          | Bacias do RJ  | NT, FT, NH <sub>3</sub> , somatório de NO <sub>3</sub> e NO <sub>2</sub>   | Bacia e zona ripária ( <i>buffer</i> de 30m)   | Pastagem, árvores plantada, floresta, agricultura e área urbana  | Correlação de Spearman       |

Onde: Oxigênio dissolvido (OD), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Demanda química de oxigênio (DQO), Condutividade elétrica (CE), Índice de permanganato (CODMn), Sólidos suspensos (SS), Sólido dissolvido (SD), Sólidos orgânicos (SO), Turbidez (TUR), Coliformes fecais (CF), Clorofila (CLOR), Nitrito (NO<sub>2</sub>), Nitrato (NO<sub>3</sub>), Amônia (NH<sub>3</sub>), Fósforo total (FT), Temperatura (Temp) e Solução Reativa de Fósforo (SRF); Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Multivariada da Variância (MANOVA).

### **2.3- Bacia hidrográfica e Unidade hidrológica**

A bacia hidrográfica é um sistema delimitado por divisores topográficos, cujo escoamento superficial é direcionado para um curso d'água principal ou outro tipo de corpo d'água (ANA, 2018). Essa é a unidade territorial onde é aplicada a gestão disposta pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e é reconhecida como a unidade ambiental mais adequada para planejamento e gestão do território, principalmente no âmbito regional (BRASIL, 1997; SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002). Entretanto, os fatores que influenciam a qualidade da água nem sempre estão circunscritos em toda bacia hidrográfica, podendo estar mais relacionados a outros tipos de regiões, como as unidades hidrológicas (UH) (OMERNIK et al., 2017).

As UH foram inicialmente apresentadas no estudo que gerou o Mapa de Unidades Hidrológicas dos Estados Unidos da América (EUA) em 1987 (SEABER; KAPINOS; KNAPP, 1987). A intenção da iniciativa foi padronizar e sistematizar regiões e sub-regiões hidrográficas estabelecidas pela topografia em diferentes níveis. O trabalho passou a fornecer uma base de dados nacional aplicável em múltiplos setores da iniciativa pública e privada e que vem sendo atualizada conforme o aprimoramento das tecnologias de mapeamento (USGS, 2020).

UH e bacias hidrográficas não são sinônimas, pois uma UH pode compreender uma bacia hidrográfica ou parte dela dependendo do nível da subdivisão que se utiliza, como por exemplo, a área de drenagem de um curso d'água ou uma grande região hidrográfica (OMERNIK et al., 2017; SEABER; KAPINOS; KNAPP, 1987). Vários estudos em Minas Gerais utilizaram a abordagem de unidade hidrológica em pesquisas relacionadas a qualidade ambiental e os corpos d'água (CALLISTO et al., 2019). Nesse trabalho a área de estudo compreende uma UH, pois apenas parte da bacia hidrográfica do rio Doce foi considerada, sendo a porção inserida em Minas Gerais.

### **2.4- Monitoramento da qualidade da água**

Historicamente no processo de urbanização os cursos d'água no Brasil foram e seguem sendo utilizados para consumo e navegação, mas também para despejo de dejetos (HELENA PINTO e PINHEIRO, 2006). A facilidade de contaminação dos cursos d'água associada às características espaciais dos ambientes em que estão



inseridos podem comprometer o ecossistema e gerar riscos à população, como a debilitação da saúde (ANA, 2016). Com isso, o estabelecimento e fortalecimento de uma rede de monitoramento dos recursos hídricos precisam ser vistos como prioridade para garantir algum tipo de preservação e proteção ambiental (MARTINS, 2012). O monitoramento da qualidade da água pode conter diferentes objetivos dependendo da intenção de quem o estabelece. Podendo, por conseguinte, ter o intuito de fornecer informações temporais sobre os ambientes aquáticos a fim de aprimorar a gestão sobre os recursos hídricos, assim como, fornecer informações históricas da evolução na concentração de diferentes parâmetros físico, químico e biológico (OLIVEIRA; MAILLARD; ANDRADE PINTO, 2016). Com as informações do monitoramento é possível estabelecer e aprimorar políticas públicas e orientar a gestão ambiental (ALMEIDA, 2013).

No Brasil, existe uma rede hidrometeorológica nacional mantida pela Agência Nacional de Águas (ANA), porém a distribuição dos pontos de monitoramento é desigual e concentrado em algumas regiões do país, além de não serem interligadas com as redes administradas por outras instituições (ANA, 2016). Cada UF tem a responsabilidade de montar sua rede de monitoramento agregando-a a rede nacional (ALMEIDA, 2013). A partir da rede estabelecida nas UF a ANA organizou em 2013 a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas (RNQA), que faz parte do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) para ampliação na divulgação de informações (ANA, 2016).

No estado de Minas Geras o monitoramento da qualidade das águas superficiais passou a abranger todas as grandes bacias hidrográficas do estado em 1997, através do programa “Águas de Minas” de responsabilidade do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). O IGAM é responsável pela coordenação, operação e divulgação dos dados do monitoramento (IGAM, 2019). Um ano após o rompimento da barragem de Fundão o mesmo instituto tem lançado relatórios informativos sobre a qualidade da água do rio Doce e dos demais tributários afetados dividindo a análise em quatro trechos desde o rompimento em Mariana (MG) até o deságue em Colatina (ES). De modo geral, o ano de 2016 apresentou um aumento brusco na ocorrência da maior parte dos parâmetros analisados. Os parâmetros turbidez, sólidos em suspensão total e manganês total apresentaram redução nos valores em

2017 e oscilação para cima em 2018. O Ferro dissolvido apresentou aumento estável até o período de 2018 onde voltou a aumentar, sendo um dos únicos parâmetros que apresentou resposta semelhante em todos os trechos analisados, diferente dos demais que em sua maioria apresentaram aumento superior nos trechos mais próximos ao rompimento. Outros parâmetros como arsênio total e diversos metais pesados apresentaram pouca variação (IGAM, 2019).

A turbidez foi identificada com aumento nos primeiros anos após o rompimento, com picos em 2016 e 2017, mas com redução constante nos anos seguintes. Todavia, antes de ocorrer o rompimento da barragem de Fundão foi identificado que esse parâmetro estava dentro do limite de enquadramento da classe 2, a qual a maior parte da bacia do rio Doce faz parte. Após o rompimento, verifica-se que os resultados do monitoramento passaram a se apresentar acima desse limite. Essa violação é mais nítida nos períodos chuvosos (IGAM, 2019). Desse modo, a análise de diferentes parâmetros da qualidade da água coletados em diferentes estações do ano associada à características da paisagem tem o potencial de fornecer informações mais robustas para ampliação da gestão da água superficial e subsuperficial.

## **2.5- Parâmetros da qualidade da água**

A piora dos cursos d'água está ligada à expansão de atividades humanas como a urbanização, agricultura e a mineração que contribuem para o transporte de poluentes de forma difusa ou pontual (LI, 2018; OLIVEIRA; MAILLARD; ANDRADE PINTO, 2017; SEEBOONRUANG, 2012). A poluição pontual se dá pelo lançamento de substâncias contaminantes por alguma fonte identificada, sendo que normalmente ela ocorre pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais (SHEN et al., 2015). Já na poluição difusa, a identificação da fonte se torna mais difícil, pois é relacionada ao escoamento superficial e subsuperficial de poluentes a partir de diferentes origens (OLIVEIRA; MAILLARD; ANDRADE PINTO, 2017). A identificação do arranjo espacial da superfície se torna, portanto, uma importante etapa no planejamento de ações para a preservação da qualidade da água atenuando os impactos da poluição difusa (POLIGNANO et al., 2012; UUEMAA, 2007). Usos e cobertura da terra como a agropecuária e estruturas urbanas possuem relação direta com a disposição de nutrientes e matéria orgânica, como o

nitrogênio, por exemplo, seguindo uma tendência mundial para cursos d'água continentais (CAO et al., 2004; YOUNG et al., 1989; VON SPERLING, 2014).

A presença de nitrogênio em meios lênticos e lóticos é natural ao ecossistema, porém, quando encontrado em grande quantidade, altas concentrações e elevada luminosidade acaba por acarretar superfertilização da água, ou seja, o aumento de seu potencial fértil, intensificando a eutrofização (BORGES; GALBIATTI; FERRAUDO, 2003). Esse processo ocorre quando há aumento de concentração de nutrientes, como os elementos nitrogenados nos corpos hídricos. O excesso de nutrientes influencia na maior ocorrência de algas comprometendo o abastecimento público e os ecossistemas aquáticos (VON SPERLING, 2014).

No ciclo do nitrogênio, este se apresenta de diversas maneiras e composição. Na água ele pode se apresentar das seguintes formas, que são utilizados como parâmetros da QA: nitrogênio molecular ( $N_2$ ), nitrogênio orgânico, amônia (livre  $NH_3$  e ionizada  $NH_4^+$ ) nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ) (URIARTE et al., 2011). O parâmetro Nitrogênio Total (NT) se dá pelo somatório dos compostos: N orgânico + N amônia + N -  $NO_2^-$  + N -  $NO_3^-$ . Uma das formas de se produzir o nitrogênio orgânico é na fixação de bactérias nas raízes de plantas leguminosas que são decompostas produzindo a amônia (OLIVEIRA, 2016). A amônia é um elemento tóxico e sua presença compromete o ecossistema aquático. Quando é sedimentada passa pelo processo de nitrificação produzindo o nitrito e posteriormente o nitrato. A concentração dos diferentes estágios do ciclo do nitrogênio nos sistemas hídricos pode indicar se a fonte de poluição está distante (no caso do nitrato) ou próxima (no caso do nitrogênio orgânico e amoniacal, e o nitrito com presença mais reduzida) (TROMBONI e DODDS, 2017). A disposição de altas concentrações de nitrogênio é associada ao uso de fertilizantes orgânicos e não orgânicos (VON SPERLING, 2014). Os efluentes oriundos dos esgotos são uma das fontes mais comum de poluição de nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal. O aumento de nitrato é associado principalmente à agricultura, urbanização e atividade industrial como o despejo de efluentes, excremento de animais e o uso de fertilizantes (MELLO et al., 2020; POLIGNANO et al., 2012; SUN et al., 2014).

Também encontrado de forma natural, o bário ocorre em águas superficiais a partir da lixiviação de rochas que possuem sua composição, como a barita. Porém, altas

concentrações desse composto nos cursos d'água estão associadas às atividades industriais e principalmente a mineração (KANG et al., 2010; SANTOS, 2017). Quando consumidos pelo ser humano, os compostos do bário podem contribuir para ocorrência de doenças derivadas da diminuição do potássio no sangue como a taquicardia ventricular, hipertensão ou hipotensão arterial, fraqueza muscular, paralisia e problemas gastrointestinais como vômitos, diarreia e cólicas abdominais (SAVAZZI, 2008).

Outros parâmetros comumente analisados em diversos trabalhos que buscam analisar a relação da qualidade da água com a paisagem são a turbidez e os sólidos totais (ST) (OLIVEIRA; MAILLARD; DE ANDRADE PINTO, 2016; SANTOS, 2005; SEEBOONRUANG, 2012). A turbidez indica o grau de atenuação que a luz sofre ao atravessar a água devido à absorção e espalhamento da luz pelas partículas em suspensão (ALMEIDA, 2013). Os ST correspondem às substâncias orgânicas e inorgânicas contidas no corpo d'água sob formas moleculares, ionizadas ou microgranulares (SCHIAVETTI e CAMARGO, 2002). Quando em excesso, a turbidez e os ST dificultam a entrada de luz nos cursos d'água, o que afeta a dinâmica do ecossistema aquático aumentando a demanda bioquímica de oxigênio e contribuindo para a disseminação de poluentes e patógenos (AIRES et al., 2018; BILOTTA; BRAZIER, 2008; STUTTER et al., 2017). Além disso, podem contribuir para o aceleração nos processos de assoreamento dos cursos d'água dificultando ações de tratamento da água para fins de consumo humano (ALMEIDA, 2013; VON SPERLING, 2014). As atividades antrópicas associadas ao acréscimo de turbidez e de ST são aquelas que acarretam em aumento de escoamento de sedimentos e outras substâncias para a água, como agricultura, pecuária, mineração, atividade industrial e a urbanização (AYOKO et al., 2007; MELLO et al., 2020).

O aumento da disposição de cargas de bário, nitrato, turbidez e sólidos totais é associado ao aumento da vazão dos cursos d'água que ocorre, sobretudo, nos períodos chuvosos (KANG et al., 2010; TANAKA et al., 2016). A coleta e tratamento de esgoto é uma das medidas recomendadas para mitigação da inserção de poluentes nos cursos d'água. Além disso, é importante a recuperação de áreas degradadas com a recomposição da vegetação nativa (DALA-CORTE, 2020). Outra técnica é o uso de adubos orgânicos nas atividades agrícolas, bem como, o plantio de policulturas em sistemas florestais.

## 2.6- Modelo de regressão linear

Para explicar a relação entre variáveis um dos métodos estatísticos amplamente utilizado é o modelo de regressão linear (MELLO et al., 2018, 2020). A relação é estimada através de uma função linear entre uma variável explicativa (também chamada de independente) e uma variável resposta (também chamada de dependente). A regressão linear pode ser do tipo simples, onde é utilizada uma variável explicativa no modelo, ou múltipla, onde são utilizadas ao menos duas variáveis explicativas (COHEN, 1968). Assim como ocorre na regressão simples, a RLM objetiva estimar ou prever o valor esperado ou médio da variável dependente em termos de um conjunto de variáveis explicativas (CANCHO, 2004). A construção do modelo depende de fatores representados pelo resíduo (erro aleatório). O resíduo apresenta a diferença entre a média ou o valor esperado de cada observação e o valor observado para o mesmo. Ele é importante, pois indica a capacidade de explicar a variação da variável independente em relação ao conjunto de variáveis dependentes selecionadas (KIRSTEN e RABAHY, 2006). A expressão da RLM se dá por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Onde  $\beta_0$  corresponde à constante da regressão,  $\beta_1 \dots n$  é o coeficiente de regressão por variável  $X$ ,  $n$  é o número de variáveis independentes e  $\varepsilon$  o erro (FIELD, 2011). Ao construir os modelos identificam-se primeiramente as hipóteses a partir de determinado nível significância, geralmente 95% ( $\alpha = 0,05$ ). No caso da regressão linear, as hipóteses do teste são:

- $H_0$ : o modelo de regressão não consegue ser explicado pelas variáveis dependentes, portanto o modelo é nulo, ou
- $H_1$ : o modelo de regressão consegue ser explicado pelas variáveis dependentes, portanto o modelo rejeita a  $H_0$  de nulidade e possui um resultado significativo.

Para obtenção do modelo de regressão linear o método Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) é utilizado para determinar o melhor ajuste da equação (CANCHO, 2004). Esse método consiste em um estimador que minimiza a soma dos

quadrados dos resíduos da regressão de forma a maximizar o grau de ajuste do modelo aos dados observados (FIELD, 2011). O modelo MQO é expresso por:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \varepsilon$$

Onde  $x_i$  é a variável independente,  $y$  é a variável dependente,  $p$  é o número de variáveis independentes;  $\beta_0$  e  $\beta_i$  representam o intercepto e o coeficiente de inclinação, respectivamente e  $\varepsilon$  o resíduo. Métodos estatísticos como a RLM, baseada nos MQO, são amplamente utilizados para análise da relação entre características da paisagem e parâmetros da qualidade da água (HERRMANN et al., 2011; KANG et al., 2010; LI, 2018; MACEDO et al., 2014; MELLO et al., 2018; MORI et al., 2015; OLIVEIRA; MAILLARD; ANDRADE PINTO, 2016; ZHANG et al., 2017).

Para identificação dos melhores modelos uma abordagem utilizada é o método de seleção de modelos (BURNHAM e ANDERSON, 2001). A partir dessa abordagem os modelos são construídos considerando a inclusão de qualquer variável independente (DOHERTY; WHITE; BURNHAM, 2012). Para comparar os modelos e verificar a influência das variáveis sobre eles é utilizado o Critério de Informação Akaike (AIC do inglês *Akaike info criterion*). O AIC consiste em um estimador de qualidade relativa de modelos estatísticos de um determinado conjunto de dados, não sendo, portanto, uma medida absoluta, porém é útil ao ser utilizado para comparar diferentes modelos de regressão com mesma variável dependente (Y) e diferentes variáveis explicativas (X) (FIELD, 2011). Ademais, o peso acumulativo AIC ( $w_+$ , do inglês *sum of weights*) é calculado para verificar a influência relativa de cada variável explicativa sobre a variável resposta no modelo (BURNHAM, KENNETH; ANDERSON, 2001).

Os modelos então são validados a partir de critérios estabelecidos, sendo o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que indica a força de relacionamento entre as variáveis no modelo, um dos mais utilizados (FIELD, 2011). Não há um valor mínimo para o  $R^2$ , porém quanto maior for o seu valor, melhor é o nível de ajuste do modelo (CANCHO, 2004). O valor do  $R^2$  será aumentado com a inclusão de variáveis, prejudicando o princípio da parcimônia. Para lidar com essa tendência utiliza-se como alternativa o  $R^2$  ajustado ( $R^2_{aj}$ ), que informa quanta variância da variável

dependente pode ser creditado ao modelo considerando seus graus de liberdade, que corresponde ao número de elementos da amostra menos o número de parâmetros a ser avaliado ( $n - 1$ ). Além disso, o nível de confiança precisa ser de 95% (p-valor menor que 0,05) para o modelo ser considerado significativo (COHEN, 1968). Os erros precisam ser normalmente distribuídos, ou seja, os resíduos do modelo devem se apresentar como variáveis aleatórias com média zero, sem dependência entre as amostras.

Em estudos que utilizaram a RLM foi identificado que áreas antropizadas com atividades agrícolas, pecuária e urbanização apresentaram forte ligação com a contaminação da água pela concentração de sólidos suspensos e dissolvidos, mas também por outros parâmetros como a turbidez e a disposição de elementos nitrogenados (GYAWALI et al., 2013; MAILLARD; SANTOS, 2008; PAULA et al., 2013; SEEBOONRUANG, 2012).

### **3- MATERIAL E MÉTODOS**

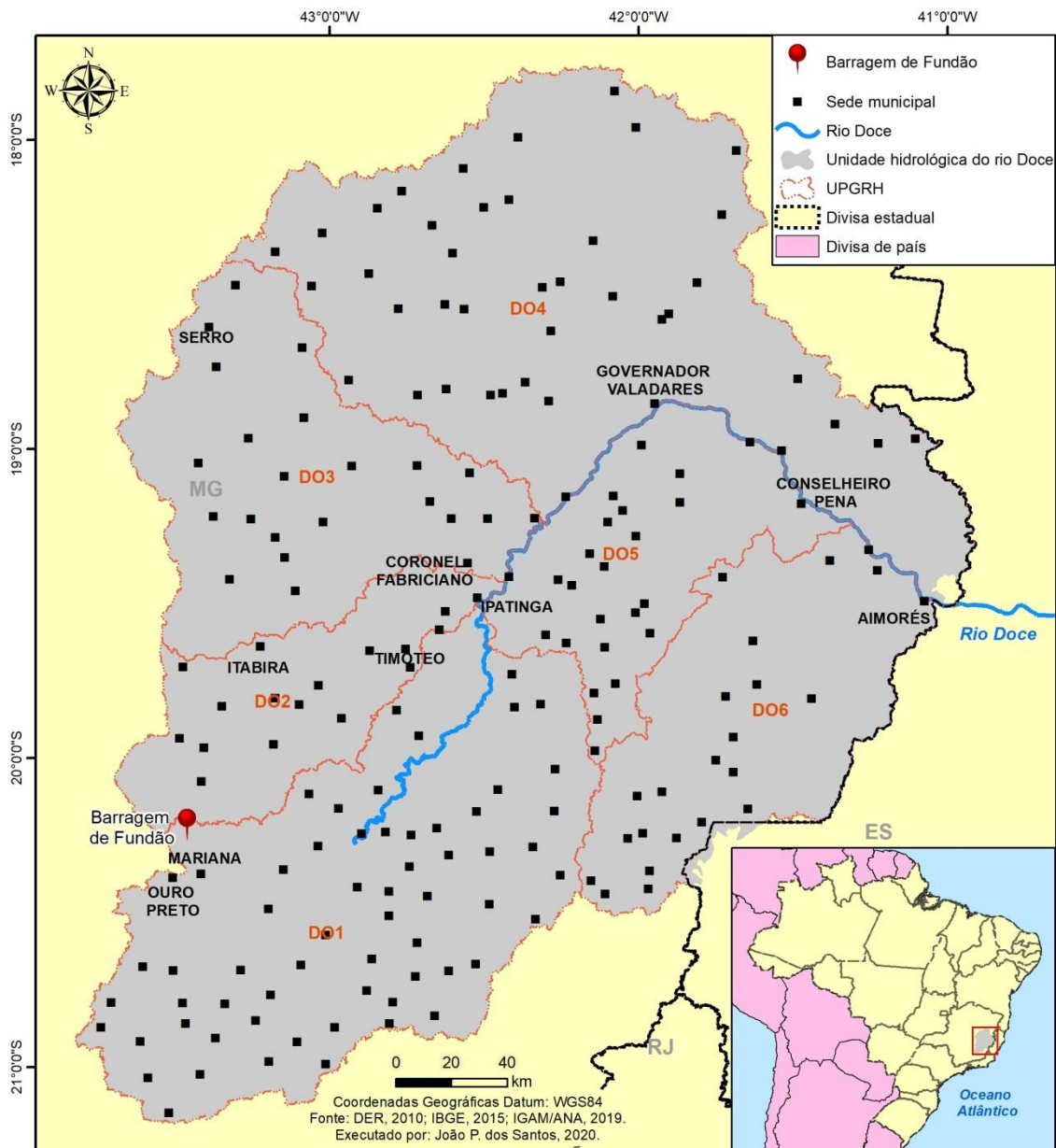
#### **3.1- Área de estudo**

A bacia do rio Doce, que se estende pelos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, possui extensão de 86,711 km<sup>2</sup> e pertence à região hidrográfica do Atlântico Sudeste (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010). A maior parte (86%) se insere no estado de Minas Gerais, sendo essa a área de estudo deste trabalho, a UH do rio Doce (Figura 2). Os rios Piranga e do Carmo são os principais tributários do rio Doce, sendo que suas nascentes estão localizadas nas Serras da Mantiqueira e do Espinhaço (IGAM, 2019). A área da UH do rio Doce contém 191 sedes municipais e possuía no Censo de 2010 aproximadamente 3 milhões de habitantes, sendo que 48% pertencem à região industrial das bacias dos rios Piranga e Piracicaba (IBGE, 2010).

A Figura 2 apresenta o mapa de localização da UH do rio Doce que foi sobreposta com as Unidades de Planejamento de Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) e que também mostra as sedes municipais inseridas no território da UH, com a indicação de algumas que possuem destaque socioeconômico regional. As UPGRH são unidades físico-territoriais que correspondem às bacias hidrográficas de Minas Gerais (IGAM, 2019). Essas unidades constituem os Comitês da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-Doce), sendo elas: Rio Piranga (DO1), Rio Piracicaba (DO2), Rio Santo Antônio (DO3), Rio Suaçuí (DO4), Rio Caratinga (DO5), Rio Manhuaçu (DO6), sendo que algumas cabeceiras dessa última bacia estão localizadas no estado do Espírito Santo, conforme a base de dados da ANA (2018).



Figura 2: Localização da UH do rio Doce.



### 3.1.1- Caracterização da Unidade Hidrológica do rio Doce

Para que se compreenda o estado atual de degradação da UH do rio Doce é importante ter conhecimento do contexto histórico da região que por muitos séculos foi habitada por povos originários que foram expulsos num sentido leste-oeste (do litoral para o interior) (BASTOS, 2019). A criação de localidades como Ouro Preto, Mariana e Serro (Figura 2) se deu pelas atividades mineradoras do século XVII (COELHO, 2009). Posteriormente, entre os séculos XIX e XX foi construída a Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM) que permitiu o escoamento de madeira e o desenvolvimento de atividades agropastoris na região. A partir de 1930, um novo ciclo minerador

impulsionou o desenvolvimento do polo siderúrgico Vale do Aço que permitiu o crescimento de municípios como Itabira, Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo (COELHO, 2009).

A UH do rio Doce possui clima tropical de altitude com verões frios nas altitudes mais elevadas, verões brandos nas altitudes médias e verões quentes nas baixas altitudes (ALVARES et al., 2013). A UH do rio Doce, assim como, boa parte do estado de Minas Gerais, sofrem influência de períodos de estiagem relacionados às secas sazonais e de veranicos que se apresentam com *déficit* hídrico na estação chuvosa (ALVARES et al., 2013; CUPOLILLO, 2008). A região está inserida no planalto mineiro com altitudes que variam de 300 m a 2.600 m nas vertentes. As classes de solo predominantes na UH do rio Doce são: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo, que são encontrados nos planaltos dissecados planos, suaves ondulados e montanhosos. Há também a ocorrência de Neossolo Litólico e Cambissolo por toda bacia, com espessura rasa e em relevo declivoso com drenagem encaixada (UFV - CETEC - UFLA – FEAM, 2010). As condições climáticas associadas às características do relevo, do solo e do manejo inadequado do uso e cobertura da terra implicam em aumento nos processos de erosão, fazendo dessa região hidrológica uma das maiores produtoras de sedimentos do país (COELHO, 2009).

Dentre as atividades econômicas que se destacam na UH do rio Doce tem-se: agropecuária (principalmente plantio de café, feijão, mandioca, banana, arroz e cana-de-açúcar, bovinocultura e suinocultura); silvicultura (principalmente de eucalipto) a mineração (com destaque para ferro, ouro, bauxita, manganês); a indústria (celulose, siderurgia, sucroalcooleira, produção de alimentos, como laticínios, sendo que esses setores são encontrados principalmente na região industrial do Vale do Aço) e comércio e serviços, como o turismo (COELHO, 2009). A atividade turística ocorre, principalmente, em mirantes paisagísticos como aqueles encontrados nas unidades geomorfológicas das serras da Mantiqueira, Caparaó e Espinhaço (Souza, 1995). A produção mineraria da região possui forte impacto na economia nacional. Além disso, a região apresenta vários conflitos socioambientais, pois nela são encontrados topos de cabeceira e raras espécies endêmicas da fauna e flora e com risco de extinção (CBH-DOCE, 2016; MMA, 2007). Esses conflitos se

dão pelo interesse de setores da mineração, habitacionais e o turismo que diverge daqueles que defendem o uso mais restrito ou sustentável da região que garanta a preservação da biota e dos corpos d'água.

Há na UH do rio Doce 105 unidades de conservação municipais, 20 estaduais, e quatro federais. Algumas dessas unidades são: Parque Estadual do rio Doce (PERD), que possui a maior porção de terra contínua com remanescentes de Mata Atlântica, Parque Nacional do Caparaó, Parque Nacional da Serra do Cipó, Reserva Biológica de Comboios, Reserva Biológica Augusto Ruschi, Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, Floresta Nacional de Goytacazes e Parque Nacional da Serra do Gandarela (IEF, 2019; SISEMA, 2020). Parte da porção oeste da UH do rio Doce está compreendida numa área conhecida como Quadrilátero Ferrífero (QF) que é considerada área prioritária para conservação, mas conta com a presença de centenas de empreendimentos minerários. Além das unidades de conservação, são encontrados na UH do rio Doce instituições e programas que buscam realizar diálogos e executar ações que envolvam os atores da região em prol da gestão do território e da divulgação de informações, como por exemplo, o CBH-Doce, o Instituto Bioatlântica (Ibio), o Programa de Disponibilidade da Água da bacia do rio Doce (PDA-Doce) e o Pacto pela Gestão Integrada da Bacia do Rio Doce (CBH-DOCE, 2016).

### **3.1.2- O rompimento da barragem de Fundão**

Rompimentos de barragens de rejeito fazem parte de um lastimoso histórico de impactos socioambientais no estado de Minas Gerais oriundos de atividades minerárias (FARIA e BOTELHO, 2019). Os primeiros rompimentos de barragem de rejeitos que se têm registro em Minas Gerais ocorreram em 1985 na mina de Pico e em 1986 na mina de Fernandinho, ambas em Itabirito. Após estes, houve rompimento de barragem em 2001 na mineração Rio Verde em Nova Lima, em 2003 em Cataguases, em 2006 e 2007 na mineração Rio Pomba em Miráí e em 2014 na mineração Herculano em Itabirito (FARIA, 2015). Em quase todos os rompimentos houve como consequências mortes de vidas humanas e degradação do ecossistema. Dentre os casos recentes, têm-se os rompimentos das barragens de Fundão em 2015 e do Apêndice A do complexo Córrego do Feijão em Brumadinho em 2019, esta última é operada pela Vale S.A. e seu rompimento possui estimativa

de mais de 310 mortos, além de outros impactos na bacia do rio Paraopeba, pertencente à bacia do rio São Francisco (RUCHKYS; CASTRO; MIRANDA, 2019; THOMPSON et al., 2020).

Presente na área de estudo desse trabalho, o rompimento da barragem de contenção de rejeitos de Fundão, operada pelas empresas Samarco, BHP Billiton e Vale, ocorreu em 05 de novembro de 2015 em Mariana (MG), lançando boa parte dos sedimentos para a barragem de Santarém, a jusante. Após extrapolar essa segunda barragem mais de 62 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos foram lançados na bacia do rio Doce (IGAM, 2019). Quatorze dias depois os sedimentos atingiram o Oceano Atlântico no litoral do Espírito Santo (FARIA e BOTELHO, 2019). Comunidades e propriedades agrícolas foram destruídas e pelo menos 21 pessoas morreram e milhares foram diretamente atingidas (FIOROTT; ZANETI, 2017). A primeira localidade afetada, o distrito de Bento Rodrigues (Mariana-MG), foi inteiramente destruído. Cerca de 41 municípios tiveram seu abastecimento comprometido pelo rompimento (SEDRU, 2016). Nos cursos d'água afetados pelos sedimentos é possível identificar assoreamento, turbidez da água, contaminação pelos componentes dispostos nos rejeitos, erosão, compactação do solo, fragmentação de habitat, perda da vegetação (principalmente de mata ciliar) e de áreas de cultivo e de criação de animais, mortandade e contaminação da fauna além dos impactos em áreas de preservação permanente e unidades de conservação (AIRES et al., 2018; CARMO et al., 2017; FERNANDES et al., 2016; GOMES et al., 2017; IGAM, 2019; SEDRU, 2016). Comunidades quilombolas, ribeirinhas, de pescadores artesanais, agricultores familiares e de originários, como o povo Krenak em MG, vivenciam uma ruptura em seu modo de vida, pois compartilhavam com o rio Doce ritos, lavoura, pesca, caça, saberes sobre a biodiversidade e outras experiências relativas à sua cosmopercepção (KRENAK, 2019). Instrumentos legais foram definidos entre as empresas responsáveis, órgãos públicos a nível municipal, estadual e federal, entidades e atingidos com intuito de acelerar a implantação de programas socioeconômicos e socioambientais para diagnóstico, monitoramento, recuperação, mitigação, remediação e reparação de alguns danos causados pelo rompimento da barragem (BASTOS, 2019).

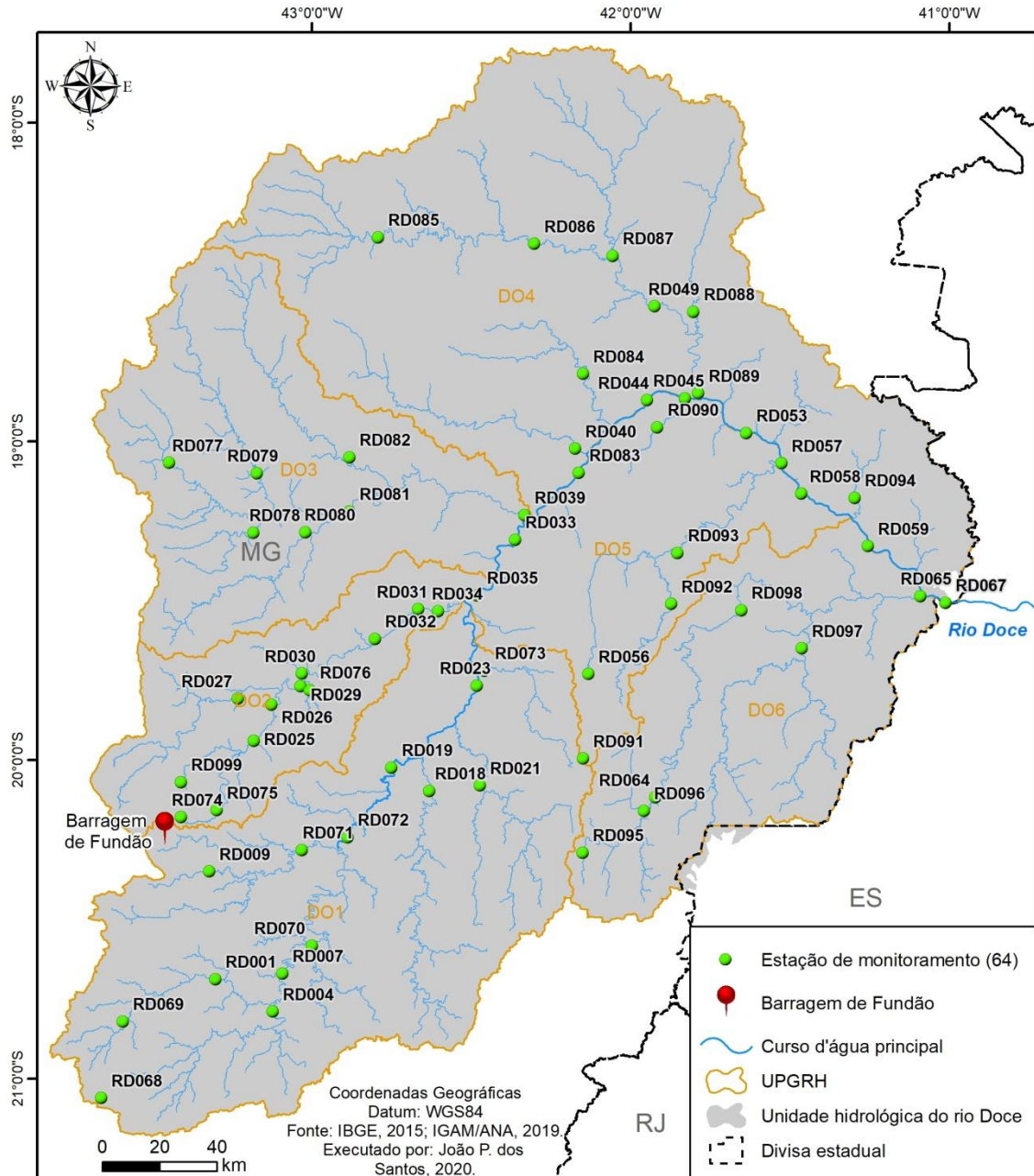
### **3.2- Coleta e processamento de dados**

#### **3.2.1- Parâmetros da qualidade da água e rede hidrográfica**

Os dados de qualidade da água foram obtidos via IGAM tendo sido utilizadas 64 estações de monitoramento hidrológico (Apêndice A) inseridas na área de estudo (Figura 3). Inicialmente foi realizada uma análise da distribuição dos dados dos parâmetros entre os anos de monitoramento. Por fim, foram selecionados três anos diferentes com um intervalo de cinco anos entre eles. Os dados utilizados correspondem aos meses de janeiro e julho, para representar os períodos chuvoso e seco respectivamente, dos anos de 2008, 2013 e 2018 (as tabelas dos dados de qualidade da água estão dispostas no Apêndice B). Optou-se por utilizar dados de dois períodos climáticos distintos para verificar uma possível influência sazonal na qualidade da água.

A partir da verificação dos parâmetros monitorados pelo IGAM foram selecionados aqueles que apresentaram maior ocorrência no período estudado, variabilidade entre as estações amostrais e que pertencessem ao Índice de Qualidade da Água (IQA) e aos indicadores de Contaminação por Tóxico (CT). Assim, os seguintes parâmetros foram utilizados na construção dos modelos estatísticos desse estudo: bário total, nitrato, sólidos totais e turbidez. Com exceção da Turbidez em que o valor é fornecido pelas Unidades Nefelométricas (UNT), as demais correspondem à mg/L.

Figura 3: Estações de monitoramento hidrológico utilizadas no estudo.

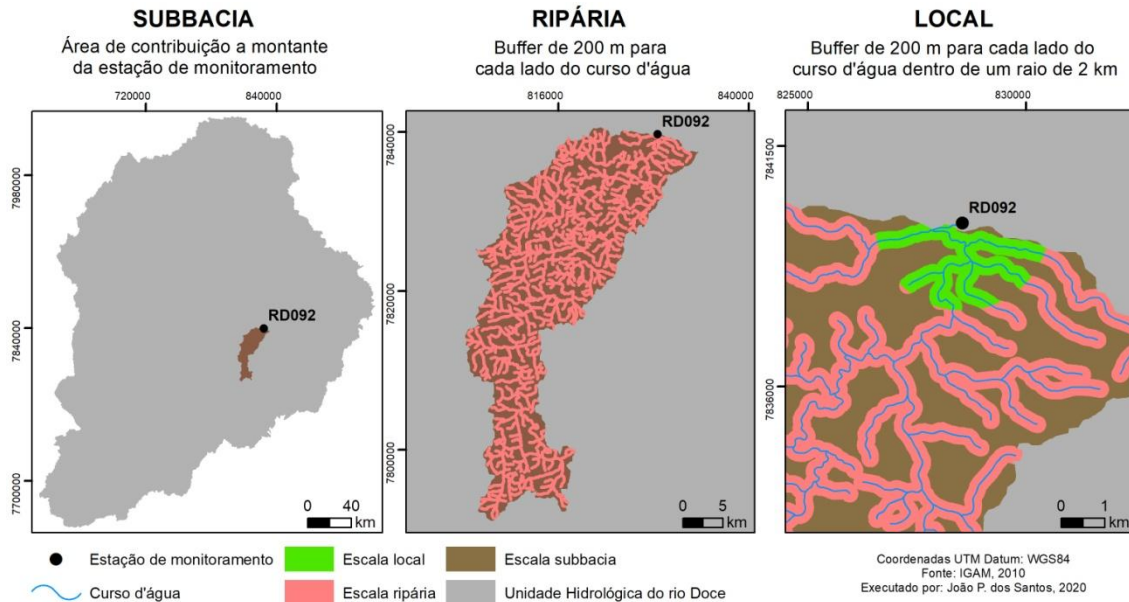


### 3.2.2- Extensões espaciais

Com o intuito de verificar a influência de características da paisagem em diferentes extensões espaciais sobre a qualidade da água foram utilizadas as extensões geográficas propostas por Morley e Karr (2002): (1) subbacia, que corresponde a toda área de drenagem a montante do ponto de monitoramento, (2) ripária, que corresponde a uma área de 200 m para cada lado do curso d'água a montante do ponto de monitoramento e (3) local, que corresponde a uma área de 200 m para

cada lado do curso d'água a montante da estação de monitoramento dentro de um raio de 2 km (Figura 4).

Figura 4: Extensões espaciais na UH do rio Doce: subbacia, ripária e local.



Para gerar as extensões espaciais foram utilizadas a rede hidrográfica ottocodificada e as ottobacias produzidas e disponibilizadas pelo IGAM para a bacia do rio Doce (1:50.000 e 1:100.000) (SISEMA, 2019). As ottobacias são áreas de contribuição de trechos da rede hidrográfica codificadas pelo método de Otto Pfafstetter na classificação de bacias (ANA, 2012). Para selecionar as ottobacias pertencentes de cada subbacia amostrada foi analisada a topografia via Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido através do mosaico de imagens de satélite do programa de observação ALOS Systematic Observation Strategy – PALSAR – que possui resolução espacial de 12,5 m (com registro/captura de 10 m) (ASF DAAC, 2015). O mapa do MDE da UH do rio Doce pode ser visto no Apêndice C.

### 3.2.3- Uso e cobertura da terra

Para caracterização da paisagem foram utilizados os mapas de uso e cobertura da terra do projeto MapBiomas – Coleção 3 – para os anos de 2010, 2013 e 2018, que correspondem aos anos dos monitoramentos da qualidade da água selecionados (MAPBIOMA, 2019). Lançado em 2015, o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra do Brasil, chamado de MapBiomas, é uma plataforma *on-line* com disponibilização de mapas anuais do uso e cobertura da terra do território

brasileiro desde 1985 até 2018 (MapBiomias.org). A realização do projeto é uma iniciativa do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG/OC), mas se dá de forma colaborativa com diversas instituições que possuem especialistas em usos da terra, sensoriamento remoto, SIG, ciência da computação, além de possuírem parceria técnica da plataforma Google Earth Engine. Os mapas são produzidos a partir de classificação *pixel a pixel* de imagens de satélite Landsat (com os *rasters* de 30 m de resolução espacial) feitos por algoritmos sistematizados e analisados por especialistas para cada bioma brasileiro (MAPBIOMAS, 2019). Os mapas utilizados nesse trabalho correspondem à classificação de imagens dos biomas Cerrado (acurácia geral de 82,9%) e Mata Atlântica (acurácia geral de 89%).

Os recortes dos mapas de uso e cobertura da terra para as extensões espaciais foram feitos utilizando os programas QGIS 3.0.3 e ArcGis 10.4.1 que também foram utilizados para realização dos seguintes processamentos: reprojeção das imagens para coordenadas UTM; reclassificação dos atributos, cálculo dos valores de área e a elaboração de mapas.

Ao todo estavam presentes nos mosaicos dos mapas de uso e cobertura da terra 13 classes para a UH do rio doce: formação florestal, formação savânica, floresta plantada, formação campestre, outra formação natural não florestal, pastagem, cultura anual e perene, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, outra área não vegetada, afloramento rochoso, mineração e rio e lago. A reclassificação diminuiu para 10 o número de classes tendo sido unidas as classes de formação campestre e outra formação natural não florestal e as classes relativas à agropecuária. Por fim, as seguintes classes de uso e cobertura da terra foram utilizadas: formação florestal, formação savânica, floresta plantada, formação campestre e outra não florestal, agropecuária, infraestrutura urbana, outra área não vegetada, afloramento rochoso e mineração.

#### **3.2.4- Métricas de paisagem**

As métricas de paisagem utilizadas correspondem ao nível de classe relativa às classes dos mapas de uso e cobertura da terra obtidos através do MapBiomias. As classes utilizadas representam às coberturas da vegetação natural: formação florestal e formação savânica. Apenas as classes da vegetação natural foram



utilizadas com intuito de verificar a influência da preservação das manchas de vegetação natural (vegetação nativa) na qualidade da água. As métricas foram geradas utilizando o programa Fragstats 4.2 (MCGARIGAL, 2015). A escolha das métricas se deu com o intuito de que fosse identificada a configuração e a composição das manchas de vegetação natural na paisagem se tornando possível interpretar sua relação com a qualidade da água. A influência dessas métricas sobre a qualidade da água é verificada quando analisamos a interação das características das manchas, como a área, a forma, a quantidade e a densidade das manchas e das bordas (Tabela 2). Inicialmente foram utilizadas sete métricas de paisagem, porém duas delas foram descartadas na análise de correlação entre as variáveis, explicitada a seguir.

Tabela 2: Descrição das métricas de paisagem utilizadas.

| <b>Tipo</b> | <b>Nome</b>  | <b>Descrição</b>  |
|-------------|--|---|
| Área/Limite | Densidade da borda<br>(ED - <i>Edge Density</i> )                      | Soma de todas as bordas dividido pelo valor total na paisagem (m/ha). |
|             | Porcentagem da paisagem (PLAND)  | Percentual de cada classe (%).  |
| Forma       | Forma média das manchas<br>(Shape MN - <i>Mean patch shape index</i> ) | Estrutura média da mancha na classe (ha).                             |
| Agregação   | Número de manchas<br>(NP - <i>Number of Patches</i> )                  | Número de manchas para cada classe.                                   |
|             | Densidade da mancha<br>(PD - <i>Patch Density</i> )                    | Número de manchas por unidade de área (n/ha).                         |

Fonte: MCGARIGAL (2015).

### 3.2.5- Análise estatística

Para analisar a relação entre características da paisagem e a qualidade da água em múltiplas extensões espaciais foram utilizados métodos de seleção de modelos estatísticos. Antes disso, os dados de qualidade da água, o percentual de uso e cobertura da terra e os valores relativos às métricas de paisagem para as diferentes extensões espaciais foram organizados e reunidos em uma tabela contendo 970 linhas e 40 colunas. Os dados de qualidade de água foram transformados em escala logarítmica e o percentual de uso e cobertura da terra foi transformado usando o arco-seno da raiz quadrada dos valores amostrados, com o objetivo de normalizar a distribuição dos dados (GOTELLI e ELLINSON, 2013). As métricas de paisagem não foram transformadas. A variáveis utilizadas são identificadas na Tabela 3.

Tabela 3: Variáveis utilizadas na análise estatística.

| <b>Categoria</b>                       | <b>Variável</b>                               | <b>Abreviação</b> | <b>Fonte</b> | <b>Tipo de variável</b> |
|--|---|-------------------|--------------|-------------------------|
| <b>Uso e Cobertura da Terra (%)</b>    | Floresta Plantada                             | plant             | MapBiomias   | Independente (Y)        |
|  | Formação campestre e outra não florestal      | camp              |              |                         |
|  | Agropecuária                                  | agro              |              |                         |
|  | Infraestrutura urbana                         | urb               |              |                         |
|  | Outra área não vegetada                       | nao_veg           |              |                         |
|  | Afloramento rochoso                           | rocha             |              |                         |
|  | Mineração                                     | miner             |              |                         |
| <b>Métricas de Paisagem</b>            | Porcentagem de paisagem da Formação Florestal | pland_flo         | MapBiomias   |                         |
|  | Número de manchas da Formação Florestal       | np_flo            |              |                         |
|  | Densidade da mancha da Formação Florestal     | pd_flo            |              |                         |
|  | Densidade da borda da Formação Florestal      | ed_flo            |              |                         |
|  | Forma média da Formação Florestal             | shape_mn_flo      |              |                         |
|  | Porcentagem de paisagem da Formação Savânica  | pland_sav         |              |                         |
|  | Número de manchas da Formação Savânica        | np_sav            |              |                         |
|  | Densidade da mancha da Formação Savânica      | pd_sav            |              |                         |
|  | Densidade da borda da Formação Savânica       | ed_sav            |              |                         |
| Forma média da Formação Savânica       | shape_mn_sav                                  |                   |              |                         |
| <b>Parâmetros da qualidade da água</b> | Bário Total (mg/L)                            | bário             | IGAM         | Dependente (X)          |
|  | Nitrato (mg/L)                                | nitrate           |              |                         |
|  | Sólidos Totais (mg/L)                         | ST                |              |                         |
|  | Turbidez (UNT)                                | turbidez          |              |                         |

Inicialmente foi testada a correlação entre as variáveis utilizadas considerando as extensões espaciais. Foram eliminadas as que apresentaram valor alto no coeficiente de correlação entre elas ( $r \geq 0,7$ ). É desejável que as variáveis independentes não possuam forte correlação entre si, pois não agregam informação e podem interferir na estimação do modelo (FIELD, 2011). As variáveis que permaneceram para cada extensão espacial são mostradas na Tabela 4, sendo que foram testadas 17 variáveis restando 13 para a extensão subbacia, 12 para a extensão ripária e 11 para a extensão local.

Tabela 4: Variáveis selecionadas após análise de correlação.

| <b>Subbacia</b>                               | <b>Ripária</b>                             | <b>Local</b>                               |
|---|--|--|
| Floresta Plantada                             | Floresta Plantada                          | Floresta Plantada                          |
| Formação campestre e outra não florestal      | Agropecuária                               | Agropecuária                               |
| Agropecuária                                  | Infraestrutura urbana                      | Infraestrutura urbana                      |
| Infraestrutura urbana                         | Outra área não vegetada                    | Outra área não vegetada                    |
| Outra área não vegetada                       | Afloramento rochoso                        | Afloramento rochoso                        |
| Afloramento rochoso                           | Mineração                                  | Mineração                                  |
| Mineração                                     | Número de manchas da Formação Florestal    | Densidade da mancha da Formação Florestal  |
| Porcentagem de paisagem da Formação Florestal | Densidade da mancha da Formação Florestal  | Densidade da borda da Formação Florestal   |
| Número de manchas da Formação Florestal       | Forma média das manchas Formação Florestal | Forma média das manchas Formação Florestal |
| Densidade da mancha da Formação Florestal     | Número de manchas da Formação Savânica     | Densidade da borda da Formação Savânica    |
| Forma média das manchas Formação Florestal    | Densidade da mancha da Formação Savânica   | Forma média das manchas Formação Savânica  |
| Porcentagem de paisagem da Formação Savânica  | Forma média das manchas Formação Savânica  |  |
| Número de manchas da Formação Savânica        |  |  |

As variáveis selecionadas foram utilizadas na RLM como variáveis independentes e os parâmetros da qualidade da água como variáveis dependentes (Tabela 3). Os modelos foram construídos para cada extensão espacial, estação do ano (chuvosa ou seca) e ano (2008, 2013 e 2018). A RLM foi executada utilizando a biblioteca MuMin inserida no ambiente de computação estatístico R, que possui ferramentas de seleção de modelos estatísticos (BARTÓN, 2020; R CORE TEAM, 2017). Inicialmente foi analisada a influência das variáveis sobre os parâmetros de qualidade da água a partir dos pesos acumulados ( $w_+$ ) nos modelos. As variáveis mais importantes foram as que apresentaram soma dos pesos maiores que 0,50 ( $w_+ \geq 0,50$ ) (BEIER; BURNHAM; ANDERSON, 2001). Quanto maior o valor da soma dos pesos, maior a contribuição da variável sobre o modelo, sendo o valor máximo um. As variáveis selecionadas foram incluídas nos modelos em uma nova execução da RLM. A partir disso, os melhores modelos foram selecionados considerando sua importância acumulativa AIC (BEIER; BURNHAM; ANDERSON, 2001). Esses novos

modelos foram avaliados conforme  $R^2_{aj}$ , que é um parâmetro que pode ser comparável entre todos os modelos construídos, pois se trata de uma medida estandardizada. A influência das variáveis dos modelos foi analisada pelo coeficiente beta ( $\beta$ ) que corresponde a um indicador da mudança da variável resposta para cada alteração de uma unidade no previsor. Neste estudo indica a variação no parâmetro da qualidade da água a partir da influência de cada característica da paisagem.

Uma vez que as variáveis utilizadas podem apresentar dependência espacial entre si, foi aplicado o teste de autocorrelação espacial Índice de Moran utilizando os resíduos dos modelos de cada RLM (ANSELIN, 2007). A autocorrelação espacial, identificada através do p-valor do Índice de Moran ( $p\text{-valor} < 0,05$ ), estabelece um viés na estimativa de variância dos coeficientes na RLM verificando ineficiência dos estimadores e invalidando, portanto, o pressuposto de independência das amostras, e a análise. O Índice de Moran foi aplicado via pacote `sdep` no R, que contém uma coleção de funções para criação de matriz de pesos espaciais e testes de autocorrelação espacial (BIVAND; MÜLLER; REDER, 2019; R CORE TEAM, 2017). A matriz de distância espacial construída foi baseada na distância a montante de cada estação de monitoramento, considerando que a influência espacial será apenas dos pontos de montante para jusante (um esquema exemplificando isso pode ser visto na Figura 5). A matriz de distância foi construída utilizando o pacote `riverdist` no R (TYERS, 2020; R CORE TEAM, 2017).

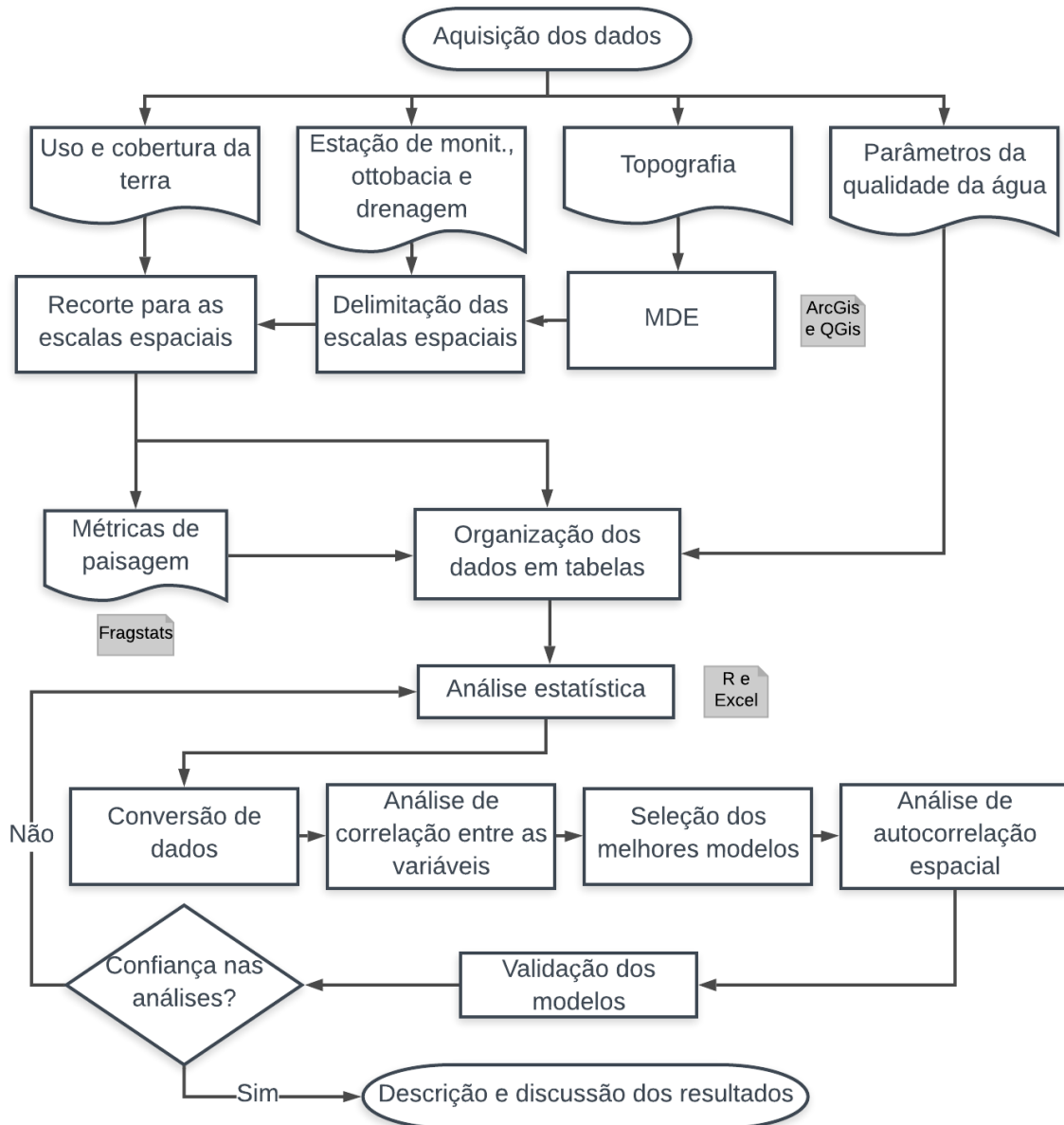
Figura 5: Exemplificação de como ocorreu a construção da matriz de pesos espaciais.



Os modelos da RLM foram validados via análise visual de dois gráficos obtidos na execução da análise estatística. O primeiro corresponde ao *Residuals vs Fitted*, que

contêm a relação entre os resíduos do modelo (*residuals*) para cada parâmetro da qualidade da água e as respostas estimadas das variáveis que compõem a paisagem (*fitted values* ou valores preditos). O gráfico foi utilizado para verificar a linearidade, variância dos resíduos e possíveis *outliers*. Em um modelo bem ajustado a distribuição dos resíduos se dá de forma aleatória, centrada em zero e com variância constante. O segundo gráfico analisado – Q-Q (quantil-quantil) – indica se os modelos respeitam o princípio da homocedasticidade, ou seja, se a variância dos resíduos é a mesma ao longo da reta de regressão. Esse gráfico investiga a distribuição normal dos resíduos por proximidade da reta. Os gráficos de cada modelo foram divididos a partir do parâmetro da qualidade da água, ano, sazonalidade e extensão espacial. A Figura 6 apresenta as principais etapas do procedimento metodológico.

Figura 6: Fluxograma das principais etapas do procedimento metodológico.



## **4- RESULTADOS**

### **4.1- Dados da qualidade da água e características da paisagem**

As informações sobre a qualidade da água obtidas via IGAM foram dispostas em box-plots (Figuras 7 e 8) e em tabelas que estão presentes no Apêndice B. Para elaboração dos gráficos os dados foram agrupados entre as estações de monitoramento e divididos pela sazonalidade (período chuvoso ou seco), anos (2008, 2013 e 2018) e entre as estações de monitoramento que foram ou não atingidas pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão em 2015.

Ao longo dos anos o nitrato apresentou oscilação ascendente em seus valores médios (Figura 7), já os parâmetros bário, ST e turbidez apresentaram oscilação descendente (Figuras 7 e 8). Os gráficos expressam diferença na oscilação dos valores médios identificada pela sazonalidade, que neste trabalho foi dividida entre o período chuvoso, sendo o mês de referência janeiro, e o período seco com o mês de referência julho. O período das cheias exerceu um efeito maior nos parâmetros bário, ST e turbidez, onde a estação chuvosa elevou os valores médios em relação à estação seca (Figuras 7 e 8).

A turbidez apresentou oscilação de seus valores médios para baixo em 2018 (Figura 8), concordando com os relatórios do IGAM que informaram que anos após o rompimento da barragem a oscilação da turbidez se deu para baixo nas estações de monitoramento atingidas (IGAM, 2019). Porém, em comparação com os dados das estações não atingidas a oscilação é ascendente em 2018 tanto na estação chuvosa, quanto na estação seca. Para identificar de forma mais robusta os efeitos do rompimento da barragem de Fundão seria necessário analisar a série histórica completa das estações de monitoramento atingidas através de um modelo estatístico de série temporal. O foco deste subcapítulo foi de apresentar os dados utilizados na análise que terá a discussão apresentada posteriormente.

Figura 7: Box-plot com bário e nitrato agrupados entre as estações atingidas e não atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em 2015.

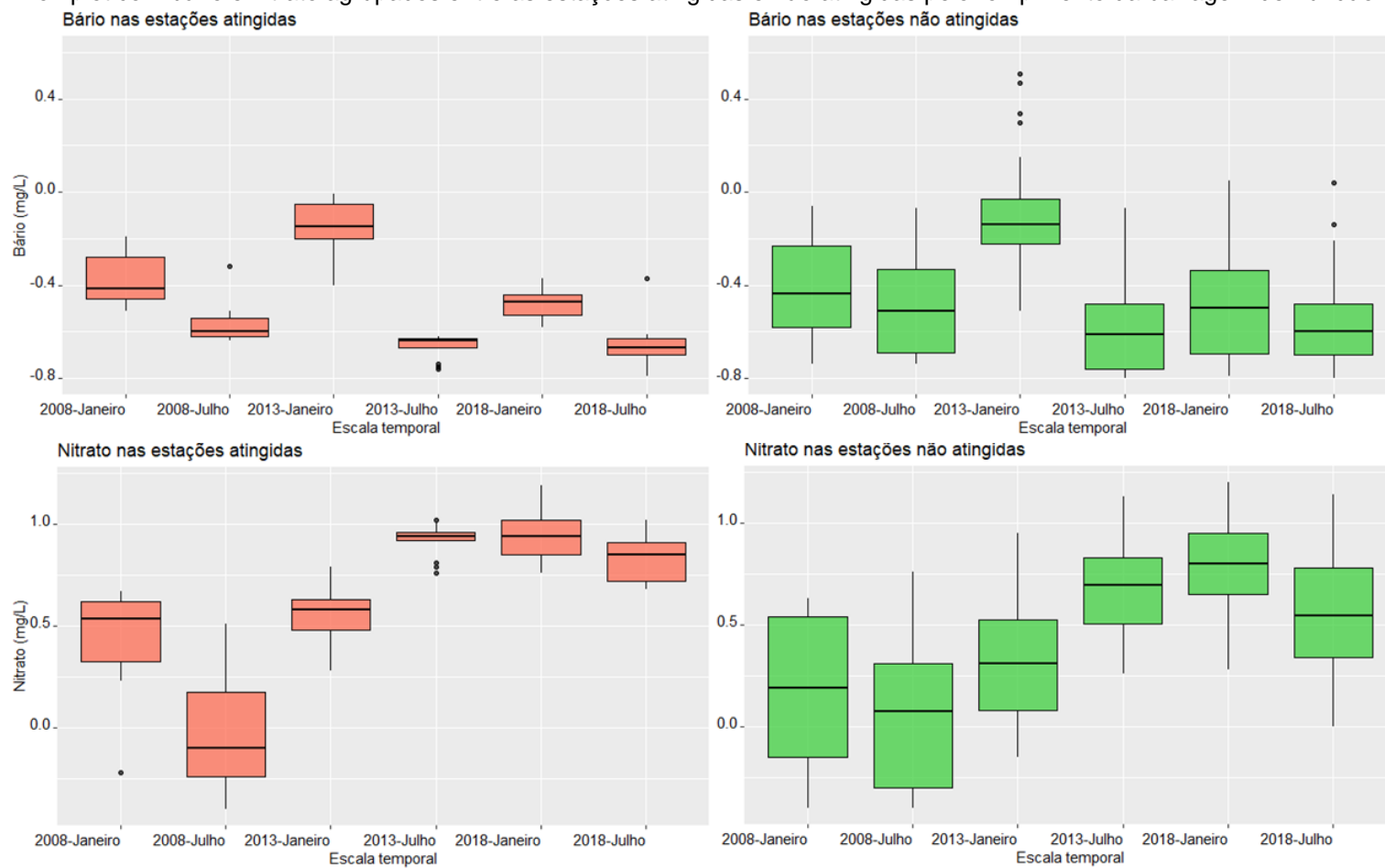
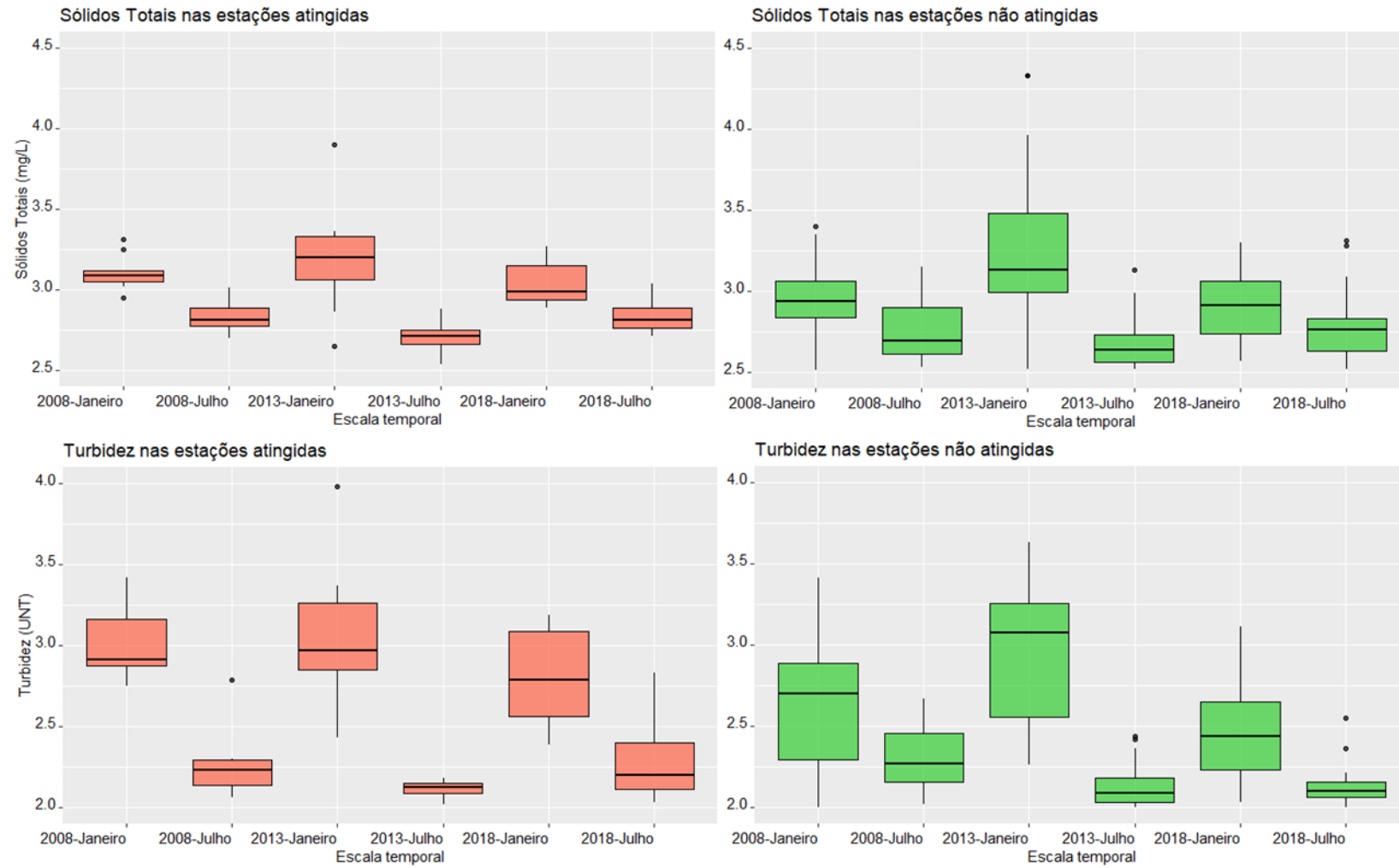


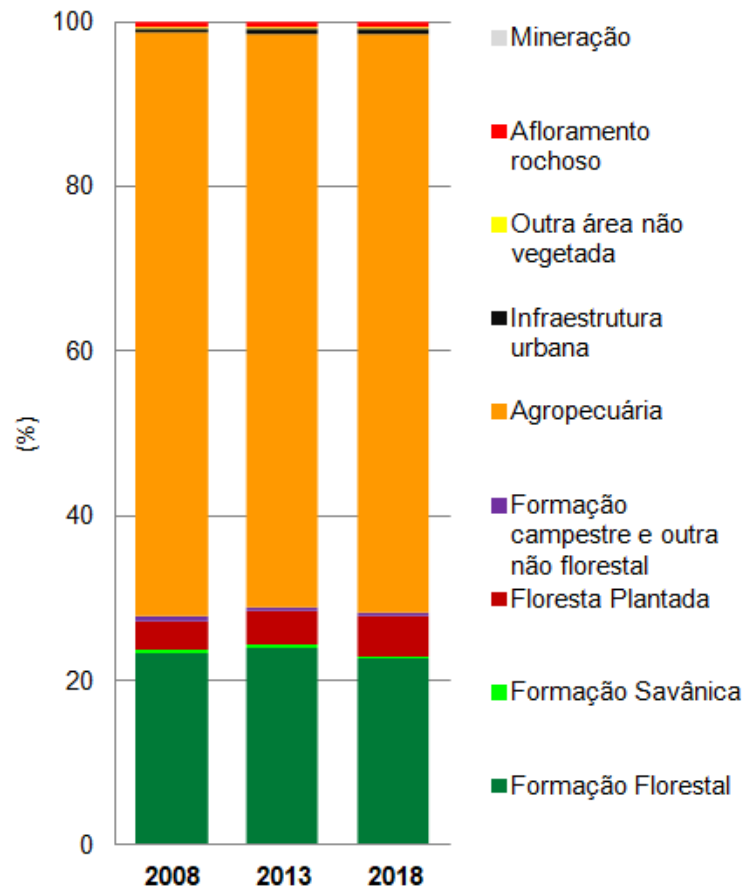


Figura 8: Box-plot com ST e turbidez agrupados entre as estações atingidas e não atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em 2015.



A partir da reclassificação das imagens do MapBiomas foi possível gerar mapas do uso e cobertura da terra para os anos de 2008, 2013 e 2018 (APÊNDICE D). A Figura 9 apresenta o percentual do uso e cobertura da terra na UH do rio Doce nos anos de 2008, 2013 e 2018. Verifica-se que a alteração não foi severa para a maior parte das classes do uso e cobertura da terra ao longo dos anos, considerando que essa é uma análise regional em escala pequena. A UH do rio Doce é composta majoritariamente por agropecuária que em 2008 compreendia 70,78% e em 2018 70,14%. Em seguida, a cobertura mais abrangente é a formação florestal que em 2008 ocupava área de 23,49% e em 2018 22,79%, tendo tido uma perda de 0,70% entre os 10 anos analisados (Figura 9). Outra classe correspondente à vegetação natural é a formação savânica que abrangia área de 0,34% em 2008 e 0,22% em 2018, tendo tido redução de área de 0,11% (taxa de redução de 0,5%). A UH do rio Doce está compreendida quase que inteiramente no bioma Mata Atlântica e uma pequena parte a leste, no Cerrado, configurando, portanto, uma zona de transição. Assim, tanto a formação florestal quanto a formação savânica correspondem às diferentes tipologias desses biomas.

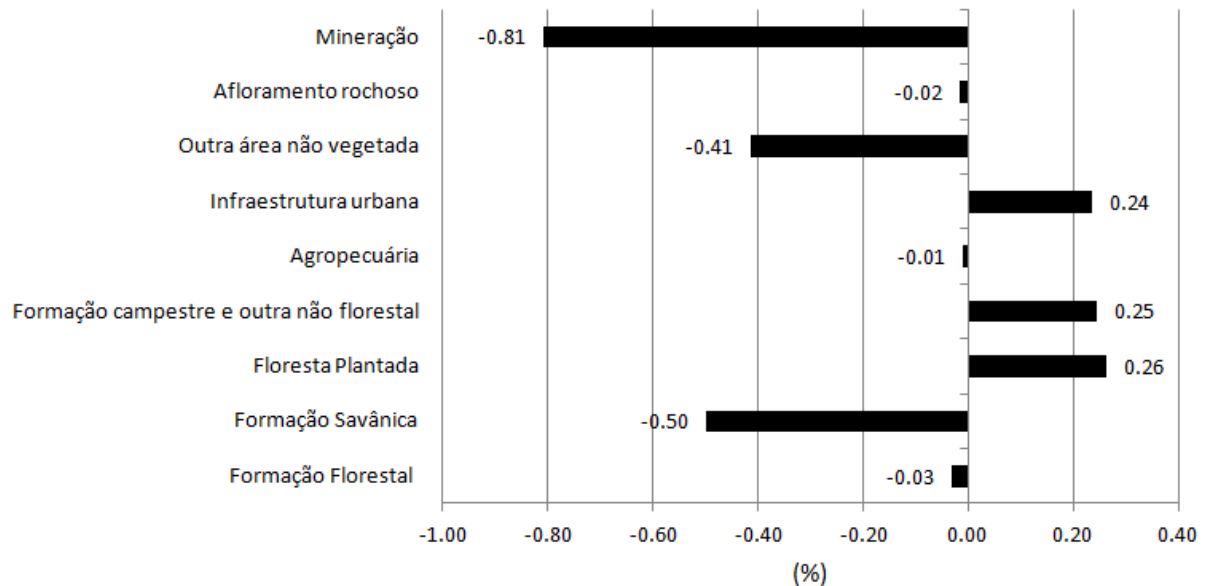
Figura 9: Uso e cobertura da terra na UH do rio Doce (%).



A Figura 10 apresenta a taxa de crescimento ou redução de área das classes de uso e cobertura da terra entre os anos estudados na UH do rio Doce (cálculo resultante da subtração da área da classe em 2018 pela área da classe em 2008 dividido pela área da classe em 2018). Verifica-se que a floresta plantada foi a classe que mais teve aumento de área entre 2008 e 2018 (taxa de crescimento de 0,26%) na UH do rio Doce (Figura 10). Em 2008 a silvicultura possuía percentual de ocupação de 3,56% e em 2018 de 4,82%. Outra classe que também apresentou aumento foi a infraestrutura urbana, que corresponde às áreas compostas por estruturas relativas à urbanização, tendo apresentado taxa de crescimento de 0,24% (Figura 10). Essa classe ocupava na UH do rio Doce 0,44% em 2008 e 0,58% em 2018. As áreas de mineração e outra área não vegetada (correspondente às áreas de solo exposto e areais) tiveram diminuição em sua abrangência. Em proporções menores em relação a toda UH do rio Doce, tem-se a classe formação campestre e outra não florestal, que abrange áreas de vegetação rasteira, gramínea, herbácea e arbustiva não identificadas na formação florestal ou formação savânica. Em 2008 ela ocupava área

de 0,46% e em 2018 possuía área de 0,61%, tendo tido taxa de crescimento de 0,26%.

Figura 10: Taxa de crescimento ou diminuição de área no uso e cobertura da terra entre 2008-2018 na UH do rio Doce.



Os mapas do uso e cobertura da terra foram recortados para as extensões subbacia, ripária e local e o percentual das classes foi utilizado na análise estatística. No Apêndice D constam gráficos que mostram a proporção de cada classe a partir da extensão espacial correspondente às estações de monitoramento. Através desses gráficos foi possível verificar que as classes referentes aos usos antrópicos mais intensos variaram em proporção de área em boa parte das extensões espaciais, como a agropecuária, mineração e infraestrutura urbana. Classes relacionadas à vegetação natural, como a formação campestre, demonstraram menor variação ao longo dos anos. As estações de monitoramento localizadas na região do Vale do Aço são identificadas como aquelas que mais apresentaram aumento da classe floresta plantada, indicando a forte presença da silvicultura na região.

As métricas de paisagem obtidas a partir dos mapas do uso e cobertura da terra foram geradas para cada extensão espacial de todas as estações de monitoramento. No Apêndice E constam as tabelas com as métricas de paisagem para cada ano e extensão espacial de cada estação de monitoramento.

A Tabela 5 apresenta os valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo do conjunto de métricas de paisagem estandarizadas reunido para cada ano de todas

as extensões espaciais. Em alguns casos, a extensão local apresenta valores médios bem menores do que as demais extensões, sendo esse resultado esperado, pois a redução de área entre a extensão subbacia e ripária para a local é grande. As métricas densidade da mancha da formação florestal e formação savânica apresentaram aumento ao longo dos anos. O aumento de densidade de manchas de vegetação natural apresenta indício de aumento na fragmentação da paisagem, principalmente quando verificamos a redução da área total da formação florestal ao longo do período analisado. O mesmo ocorre com a métrica relativa a densidade da borda, que sugere aumento no comprimento das bordas por unidade de área (m/ha) das manchas de vegetação natural.

Tabela 5: Medidas de tendência central, mínimo e máximo das métricas estandarizadas.

| Densidade da mancha da Formação Florestal |          |       |               |        |        | Densidade da borda da Formação Florestal |               |        |        |
|---|----------|-------|---------------|--------|--------|--|---------------|--------|--------|
| Ano                                       | Escala   | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo | Média                                    | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
| 2008                                      | Subbacia | 1,8   | 0,8           | 0,9    | 1,3    | 40,2                                     | 17,0          | 9,8    | 56,6   |
|   | Ripária  | 3,3   | 1,3           | 0,6    | 3,0    | 38,1                                     | 17,2          | 2,8    | 54,0   |
|   | Local    | 4,2   | 2,2           | 0,4    | 10,1   | 32,0                                     | 23,6          | 0,9    | 39,4   |
| 2013                                      | Subbacia | 1,9   | 0,9           | 0,4    | 1,4    | 41,9                                     | 17,6          | 3,5    | 62,3   |
|   | Ripária  | 3,5   | 1,5           | 0,5    | 8,1    | 40,0                                     | 17,6          | 2,0    | 64,7   |
|   | Local    | 4,6   | 2,4           | 0,5    | 3,5    | 34,9                                     | 24,1          | 1,4    | 101,2  |
| 2018                                      | Subbacia | 2,0   | 0,8           | 0,5    | 2,2    | 41,8                                     | 17,3          | 4,2    | 51,4   |
|   | Ripária  | 3,6   | 1,4           | 0,6    | 7,1    | 40,1                                     | 17,4          | 27,9   | 51,5   |
|   | Local    | 4,3   | 2,5           | 0,4    | 5,3    | 31,6                                     | 23,5          | 1,9    | 90,5   |
| Densidade da mancha da Formação Savânica  |          |       |               |        |        | Densidade da borda da Formação Savânica  |               |        |        |
| Ano                                       | Escala   | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo | Média                                    | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
| 2008                                      | Subbacia | 0,4   | 0,5           | 0,001  | 0,4    | 3,2                                      | 4,9           | 0,001  | 2,5    |
|   | Ripária  | 0,6   | 0,7           | 0,01   | 2,5    | 3,1                                      | 4,9           | 0,01   | 17,1   |
|   | Local    | 1,3   | 1,5           | 1,0    | 0,4    | 6,8                                      | 11,5          | 2,2    | 2,6    |
| 2013                                      | Subbacia | 0,3   | 0,5           | 0,003  | 0,4    | 2,5                                      | 3,8           | 0,02   | 4,7    |
|   | Ripária  | 0,4   | 0,6           | 0,003  | 0,002  | 2,3                                      | 3,7           | 0,004  | 15,78  |
|   | Local    | 1,2   | 1,9           | 1,0    | 7,9    | 6,1                                      | 14,4          | 2,5    | 57,5   |
| 2018                                      | Subbacia | 0,3   | 0,5           | 0,01   | 2,2    | 2,2                                      | 3,8           | 0,03   | 16,7   |
|   | Ripária  | 0,4   | 0,6           | 0,6    | 2,7    | 2,0                                      | 3,7           | 1,0    | 15,9   |
|   | Local    | 1,5   | 2,1           | 1,0    | 7,9    | 6,0                                      | 10,8          | 2,7    | 39,7   |

#### 4.2- Influência de características da paisagem na qualidade da água

Os modelos gerados pela RLM foram divididos por parâmetro da QA e reunidos em tabelas subdivididas por ano (2008, 2013 e 2018), sazonalidade chuvosa e seca (que correspondente aos meses de janeiro e julho, respectivamente) e extensão espacial (subbacia, ripária e local). As Tabelas 6-9 apresentam as variáveis que obtiveram o valor da soma dos pesos ( $w_+$ ) igual ou maior a 0,5. Quanto mais próximo de um, maior a importância da variável no conjunto dos modelos. As variáveis que apresentaram soma dos pesos inferior a esse valor foram desconsideradas nos modelos para essa avaliação e para as etapas seguintes.

Nos modelos utilizando o parâmetro bário as variáveis que mais apresentaram influência foram tanto do uso e cobertura da terra, como das métricas de paisagem para os anos de 2008 e 2018 (Tabela 6). Nas extensões subbacia e ripária houve predominância das variáveis de uso e cobertura da terra, sendo que a agropecuária (agro) foi a mais recorrente, chegando a ter valor alto ( $w_+ = 0,89$ ) na estação chuvosa de 2018 para a extensão ripária (Tabela 6). Na extensão local as métricas de paisagem demonstraram mais influência sobre os modelos, como a métrica forma média das manchas da formação savânica (shape\_mn\_sav) que apresentou alto grau de influência no modelo da estação seca de 2008 ( $w_+ = 0,89$ ) e na estação chuvosa de 2018 ( $w_+ = 0,77$ ). As métricas mencionadas correspondem à porcentagem de formação florestal (pland\_flo), densidade da mancha (pd\_flo) e densidade da borda da formação florestal (ed\_flo) e formação savânica (ed\_sav). A métrica pd\_flo ocorreu apenas nos modelos do bário.

Para os modelos do parâmetro nitrato houve variáveis com valor da soma dos pesos acima de 0,5 em todos os anos em estudo (Tabela 7). Assim como os modelos usando o bário, o uso da terra agro foi a variável mais recorrente com valores altos, como na estação chuvosa ( $w_+ = 1,00$ ) e seca ( $w_+ = 0,98$ ) de 2018 para os modelos da extensão ripária. Posteriormente, em quantidade de ocorrência, foi a infraestrutura urbana (urb) e em seguida, a métrica ed\_flo. Outra variável comum nos modelos do nitrato foi a média das manchas da formação florestal (shape\_mn\_flo). As variáveis de uso e cobertura da terra relacionadas as atividades antrópicas estiveram mais presentes do que as métricas de paisagem para os modelos do nitrato (Tabela 7).

Tabela 6: Soma dos pesos nos modelos do bário.

| <b>Soma dos pesos das variáveis para os modelos do Bário</b> |      |         |       |      |      |       |       |           |        |        |              |        |        |              |
|--|------|---------|-------|------|------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------------|
| Extensão   | Ano  | Estação | plant | camp | agro | rocha | miner | pland_flo | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |
| Subbacia   | 2008 | Chuva   |       | 0,86 |      | 0,88  |       |           |        |        |              |        |        |              |
|  |      | Seca    |       | 0,62 | 0,55 |       |       |           |        |        |              |        |        |              |
|  | 2018 | Chuva   |       | 0,75 | 0,59 |       | 0,53  | 0,57      |        |        |              |        |        |              |
|  |      | Seca    |       |      |      |       |       |           |        |        |              |        |        |              |
| Ripária  | 2008 | Chuva   |       |      | 0,65 | 0,50  |       |           |        |        |              |        |        |              |
|  |      | Seca    | 0,63  |      | 0,55 |       |       |           |        |        |              | 0,76   |        |              |
|  | 2018 | Chuva   |       |      | 0,89 |       | 0,77  |           |        |        |              |        |        |              |
|  |      |         |       |      |      |       |       |           |        |        |              |        |        |              |
| Local  | 2008 | Chuva   |       |      |      |       |       | 0,52      |        | 0,58   |              | 0,66   |        | 0,58         |
|  |      | Seca    |       |      |      |       |       | 0,69      |        |        |              | 0,59   |        | 0,89         |
|  | 2018 | Chuva   |       |      |      |       |       | 0,64      | 0,51   |        |              |        |        | 0,77         |

Onde: plant = Floresta Plantada; camp = Formação campestre e outra não florestal; agro = Agropecuária; rocha = Afloramento rochoso; miner = Mineração; pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média da Formação Florestal; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas da Formação Savânica.



Tabela 7: Soma dos pesos nos modelos do nitrato.

| Soma dos pesos das variáveis para os modelos do Nitrato |      |            |       |      |      |      |         |       |       |           |        |        |              |           |        |        |        |              |      |
|---|------|------------|-------|------|------|------|---------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------------|-----------|--------|--------|--------|--------------|------|
| Extensão  | Ano  | Estação    | plant | camp | agro | urb  | nao_veg | rocha | miner | pland_flo | np_flo | pd_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |      |
| Subbacia  | 2008 | Chuva Seca | 0,72  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |              |           |        |        |        |              |      |
|   |      |            | 0,56  |      |      |      |         |       |       |           | 0,62   |        | 0,77         | 0,89      |        |        |        |              |      |
|   | 2013 | Chuva Seca | 0,56  | 0,52 | 0,53 | 0,61 | 0,71    |       | 0,50  |           |        | 0,53   |              | 0,67      |        |        |        |              |      |
|   |      |            | 0,77  | 0,77 | 0,80 | 0,88 | 0,94    |       |       |           |        | 0,55   |              |           |        |        |        |              |      |
|   | 2018 | Chuva Seca | 0,82  |      | 0,96 |      | 0,77    |       | 0,69  |           | 0,57   |        |              |           |        |        |        |              |      |
|   |      |            |       |      | 0,58 |      | 1,00    |       |       |           |        |        |              |           |        |        |        |              |      |
| Ripária   | 2008 | Chuva Seca |       |      |      |      | 0,52    | 0,53  |       |           |        |        | 0,54         |           |        |        |        |              |      |
|   |      |            |       |      |      |      | 0,96    |       |       |           |        | 0,96   |              | 0,88      |        | 0,58   |        | 0,86         |      |
|   | 2013 | Chuva Seca | 0,73  | 0,84 |      | 0,84 |         | 0,60  |       |           |        |        | 0,78         |           | 0,65   |        |        |              |      |
|   |      |            | 0,72  | 0,73 |      | 0,76 |         |       |       | 0,59      |        |        |              |           | 0,76   |        |        |              |      |
|   | 2018 | Chuva Seca | 0,92  | 0,95 |      | 1,00 |         | 0,52  |       | 0,80      |        |        |              |           | 0,69   |        | 0,83   |              |      |
|   |      |            |       |      | 0,53 |      | 0,98    |       | 0,59  |           |        |        |              |           |        |        |        |              |      |
| Local   | 2008 | Chuva Seca |       |      |      |      |         |       |       |           |        |        | 0,87         |           |        |        | 0,54   |              | 0,55 |
|   |      |            |       |      |      |      | 0,62    |       | 0,58  |           |        |        |              | 0,83      |        | 0,90   |        |              |      |
|   | 2013 | Chuva Seca |       |      |      |      | 0,83    |       | 0,52  |           |        |        |              | 1,00      |        | 0,94   |        |              |      |
|   |      |            |       |      |      |      | 0,64    |       |       |           |        |        |              | 0,86      |        | 0,74   |        |              |      |
|   | 2018 | Chuva Seca |       |      |      |      | 0,89    |       |       |           |        |        |              | 0,96      |        |        |        |              |      |

Onde: plant = Floresta Plantada; camp = Formação campestre e outra não florestal; agro = Agropecuária; urb = Infraestrutura urbana; nao\_veg = Outra área não vegetada; rocha = Afloramento rochoso; miner = Mineração; pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas da Formação Savânica.

Com o parâmetro ST as variáveis agro, urb e miner foram as mais recorrentes (Tabela 8). Os maiores valores da soma dos pesos para essas classes correspondem à extensão ripária onde na estação seca de 2013 a agropecuária obteve  $w_+ = 1,00$  e a infraestrutura urbana  $w_+ = 0,99$ . A mineração obteve seu maior valor na estação seca de 2018 para extensão ripária ( $w_+ = 0,91$ ). Outros usos e coberturas da terra marcantes para esse modelo são: floresta plantada (plant) e formação campestre (camp). Nos modelos para esse parâmetro as classes de uso e cobertura da terra tiveram mais destaque do que as métricas de paisagem. Entretanto, a pd\_flo e a shape\_mn\_flo foram métricas presentes em vários modelos.

Nos modelos do parâmetro turbidez as classes de uso e cobertura da terra relacionada às atividades antrópicas intensas e as manchas de vegetação natural se apresentaram de forma equivalente entre as variáveis que obtiveram  $w_+ \geq 0,50$  (Tabela 9). A classe plant apresentou valor alto na estação seca de 2018 para a extensão local ( $w_+ = 0,91$ ), mostrando a influência da silvicultura sobre a turbidez. A métrica número de manchas de formação savânica (np\_sav) obteve valor alto na soma dos pesos para o modelo da estação chuvosa de 2018 na extensão subbacia ( $w_+ = 0,92$ ). A métrica shape\_mn\_sav obteve valor alto na soma dos pesos no modelo da estação seca de 2008 para a extensão local ( $w_+ = 1,00$ ), indicando que a quantidade de manchas de vegetação possui grande influência na turbidez nas duas estações do ano.

Os usos e coberturas da terra plant, agro e afloramento rochoso (rocha) estiveram presentes nos modelos de todos os parâmetros estudados. Isso também ocorreu com as métricas pd\_sav, shape\_mn\_flo e shape\_mn\_sav. Outras variáveis recorrentes foram: camp, urb, outras áreas não vegetadas (nao\_veg), miner, pland\_flo, np\_sav e ed\_sav. O ano de 2013 foi o que menos apresentou variáveis com  $w_+ \geq 0,50$ . Analisando os mapas no portal MapBiomas foi identificado que a quantidade de imagens de satélite utilizada para a classificação do ano de 2013 é menor do que dos anos 2008 e 2018. Possivelmente, isso pode ter influenciado e prejudicado o mapeamento de 2013.

Tabela 8: Soma dos pesos nos modelos dos Sólidos Totais.

| Soma dos pesos das variáveis para os modelos dos Sólidos Totais |      |         |       |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
|---|------|---------|-------|------|------|------|---------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------|--------------|-----------|--------|--------|--------|--------------|--|--|------|------|
| Extensão  | Ano  | Estação | plant | camp | agro | urb  | nao_veg | rocha | miner | pland_flo | np_flo | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |  |  |      |      |
| Subbacia  | 2008 | Chuva   | 0,64  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
|   |      | Seca    | 0,79  | 0,53 |      |      |         | 0,53  |       |           |        |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
|   | 2013 | Seca    | 0,84  | 0,78 | 0,77 | 0,79 | 0,50    |       |       |           | 0,73   |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
|   |      | 2018    | Chuva | 0,87 |      |      |         | 0,60  | 0,91  | 0,89      |        |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
| Ripária   | 2008 | Chuva   | 0,60  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
|   |      | Seca    | 0,72  | 0,79 |      |      |         | 0,65  |       |           |        |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
|   | 2013 | Seca    | 0,88  | 1,00 | 0,99 |      |         |       | 0,75  |           |        |        |        |              |           |        |        |        | 0,62         |  |  |      |      |
|   |      | 2018    | Chuva | 0,80 |      |      |         | 0,69  |       |           |        | 0,76   |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
| Seca  | 0,73 |         | 0,81  | 0,87 |      |      |         | 0,92  |       |           |        |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
| Local   | 2008 | Chuva   | 0,63  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |        |        | 0,89         |  |  |      | 0,90 |
|   |      | Seca    | 0,95  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        | 0,69         |           |        |        | 0,58   |              |  |  | 0,88 |      |
|   | 2013 | Seca    | 0,99  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |
|   |      | 2018    | Chuva | 0,50 |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              | 0,50      |        | 0,62   |        |              |  |  |      |      |
| Seca  | 0,70 |         |       |      |      |      |         |       |       |           |        | 0,93   |        |              |           |        |        |        |              |  |  |      |      |

Onde: plant = Floresta Plantada; camp = Formação campestre e outra não florestal; agro = Agropecuária; urb = Infraestrutura urbana; nao\_veg = Outra área não vegetada; rocha = Afloramento rochoso; miner = Mineração; pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas da Formação Savânica.

Tabela 9: Soma dos pesos nos modelos da Turbidez.

| Soma dos pesos das variáveis para os modelos da Turbidez |       |         |       |      |     |         |       |       |           |        |              |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
|--|-------|---------|-------|------|-----|---------|-------|-------|-----------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------------|--|--|--|--|--|
| Extensão   | Ano   | Estação | plant | agro | urb | nao_veg | rocha | miner | pland_flo | np_flo | shape_mn_flo | np_sav | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |  |  |  |  |  |
| Subbacia   | 2008  | Chuva   | 0,66  |      |     | 0,81    |       |       | 0,59      |        |              |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
|  |       | Seca    | 0,61  |      |     |         |       |       |           |        |              |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
|  | 2013  | Seca    | 0,65  |      |     |         |       |       | 0,75      |        |              |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
|  |       | Seca    | 0,69  |      |     | 0,68    |       |       |           |        |              |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
|  | 2008  | Seca    | 0,52  | 0,67 |     |         |       |       |           | 0,57   |              |        | 0,52   |        |              |  |  |  |  |  |
|  |       | Seca    |       |      |     |         |       |       | 0,78      |        |              | 0,50   |        | 0,52   |              |  |  |  |  |  |
| 2018   | Chuva |         |       |      |     |         |       | 0,54  |           |        | 0,92         |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
|  | Local | 2008    | Chuva | 0,73 |     |         | 0,69  |       |           |        |              |        | 0,71   |        |              |  |  |  |  |  |
| Seca   |       |         | 0,77  |      |     |         |       |       |           | 0,55   |              |        | 1,00   |        |              |  |  |  |  |  |
| 2013   |       | Chuva   | 0,60  |      |     |         |       |       |           |        |              |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
|  | Seca  | 0,84    |       |      |     |         |       |       |           |        |              |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
| 2018   | Chuva | 0,81    |       |      |     |         |       |       |           |        |              |        |        |        |              |  |  |  |  |  |
|  | Seca  | 0,91    |       |      |     |         |       |       |           |        |              |        |        |        | 0,59         |  |  |  |  |  |

Onde: plant = Floresta Plantada; agro = Agropecuária; urb = Infraestrutura urbana; nao\_veg = Outra área não vegetada; rocha = Afloramento rochoso; miner = Mineração; pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas da Formação Savânica.

### 4.3- Análise multiescalar entre características da paisagem e a QA

A partir da execução da RLM os modelos foram hierarquizados conforme os valores de seu AIC do menor para o maior. Após isso, a RLM foi executada novamente, tendo sido utilizada apenas as variáveis dos modelos com o menor AIC. Esses modelos foram validados pela análise de autocorrelação espacial das variáveis através do Índice de Moran e pelo nível de significância (Tabela 10). Dos 72 modelos gerados, 19 foram eliminados por apresentar autocorrelação espacial ( $p$ -valor do Índice de Moran  $< 0,05$ ), uma foi eliminado pela baixa significância, no nível  $p \leq 0,05$ , e dois pela análise dos resíduos, tendo restado 50 modelos para a análise descritiva (Tabelas 11 a 14).

O comportamento dos resíduos foi analisado nos gráficos *Residuals vs Fitted*, onde a distribuição aleatória dos pontos em torno da reta vermelha (que representa a média zero) é que indica se há aleatoriedade (Apêndice F). Nos gráficos Q-Q (normal de probabilidades) foi analisada a distribuição normal dos resíduos e a presença de *outliers* pela proximidade da reta identificada pelo tracejado azul (Apêndice F). Os modelos não aprovados na análise visual foram: turbidez para a estação seca de 2008 na extensão ripária e bário para a estação seca de 2018 na extensão local. Na descrição e análise dos modelos foi verificado o valor e sinal do coeficiente  $\beta$ , que representa a mudança da variável de saída para cada alteração de uma unidade no previsor e o  $R^2$  ajustado ( $R^2_{Aj}$ ), que indica o ajuste do modelo (Tabelas 11 a 14).

Tabela 10: Ajuste, significância e autocorrelação espacial dos modelos.

| Ano  | Escala   | Estação | Bário        |                        |             | Nitrito |                        |         | Sólidos Totais |                        |             | Turbidez     |                        |             |
|------|----------|---------|--------------|------------------------|-------------|---------|------------------------|---------|----------------|------------------------|-------------|--------------|------------------------|-------------|
|      |          |         | RLM          | Independência espacial | valor-p     | RLM     | Independência espacial | valor-p | RLM            | Independência espacial | valor-p     | RLM          | Independência espacial | valor-p     |
| 2008 | Subbacia | Chuva   | 0,53*        | 0,11                   | 0,06        | 0,35*   | 0,12                   | 0,05    | 0,3*           | 0,00                   | 0,31        | 0,57*        | 0,09                   | 0,09        |
|      |          | Seca    | 0,41*        | 0,08                   | 0,12        | 0,42*   | 0,21                   | 0,01    | 0,43*          | 0,09                   | 0,11        | 0,34*        | 0,10                   | 0,09        |
|      | Ripária  | Chuva   | 0,45*        | 0,12                   | 0,05        | 0,42*   | 0,11                   | 0,07    | 0,26*          | 0,03                   | 0,23        | 0,48*        | 0,06                   | 0,15        |
|      |          | Seca    | 0,48*        | 0,03                   | 0,26        | 0,45*   | 0,20                   | 0,01    | 0,43*          | 0,08                   | 0,11        | <b>0,39*</b> | <b>0,08</b>            | <b>0,13</b> |
|      | Local    | Chuva   | 0,46*        | 0,00                   | 0,30        | 0,42*   | 0,19                   | 0,01    | 0,47*          | -0,06                  | 0,53        | 0,28*        | -0,02                  | 0,38        |
|      |          | Seca    | 0,44*        | -0,02                  | 0,42        | 0,34*   | 0,19                   | 0,01    | 0,44*          | 0,07                   | 0,14        | 0,36*        | 0,14                   | 0,04        |
| 2013 | Subbacia | Chuva   | 0,2*         | 0,01                   | 0,32        | 0,21*   | 0,07                   | 0,16    | <b>0,27*</b>   | 0,04                   | 0,22        | 0,28*        | 0,06                   | 0,17        |
|      |          | Seca    | 0,44*        | 0,10                   | 0,09        | 0,22*   | 0,15                   | 0,03    | 0,42*          | 0,01                   | 0,31        | 0,29*        | 0,02                   | 0,29        |
|      | Ripária  | Chuva   | 0,29*        | 0,05                   | 0,19        | 0,23*   | 0,10                   | 0,09    | <b>0,32*</b>   | 0,07                   | 0,15        | 0,3*         | 0,08                   | 0,13        |
|      |          | Seca    | 0,44*        | 0,05                   | 0,19        | 0,34*   | 0,10                   | 0,09    | 0,48*          | 0,02                   | 0,31        | 0,26*        | 0,00                   | 0,36        |
|      | Local    | Chuva   | 0,09*        | 0,06                   | 0,15        | 0,22*   | 0,12                   | 0,06    | 0,07*          | 0,09                   | 0,10        | 0,07*        | 0,08                   | 0,12        |
|      |          | Seca    | 0,29*        | 0,08                   | 0,13        | 0,35*   | 0,14                   | 0,04    | 0,25*          | 0,06                   | 0,18        | 0,13*        | 0,05                   | 0,20        |
| 2018 | Subbacia | Chuva   | 0,5*         | 0,13                   | 0,05        | 0,48*   | 0,14                   | 0,04    | 0,42*          | 0,25                   | <b>0,00</b> | 0,24*        | 0,29                   | 0,00        |
|      |          | Seca    | 0,3*         | -0,03                  | <b>0,03</b> | 0,38*   | 0,13                   | 0,05    | 0,45*          | -0,01                  | 0,42        | 0,29*        | 0,07                   | 0,15        |
|      | Ripária  | Chuva   | 0,5*         | 0,14                   | <b>0,04</b> | 0,39*   | 0,07                   | 0,15    | 0,32*          | 0,30                   | <b>0,00</b> | 0,18*        | 0,27                   | 0,00        |
|      |          | Seca    | 0,35*        | 0,14                   | <b>0,03</b> | 0,31*   | 0,12                   | 0,07    | 0,41*          | -0,01                  | 0,41        | 0,23*        | 0,05                   | 0,20        |
|      | Local    | Chuva   | 0,26*        | 0,09                   | 0,11        | 0,15*   | 0,12                   | 0,05    | 0,14*          | 0,29                   | <b>0,00</b> | 0,12         | 0,26                   | 0,00        |
|      |          | Seca    | <b>0,29*</b> | <b>0,12</b>            | <b>0,06</b> | 0,2*    | 0,20                   | 0,01    | 0,19*          | 0,02                   | 0,30        | 0,14*        | 0,03                   | 0,25        |

\* = Modelo RLM significante: p-valor  $\leq$  0,05.

Valor em vermelho indica modelo com autocorrelação espacial.

Valor em negrito indica modelo desconsiderado devido a análise dos resíduos.

Nos modelos do bário de 2008 e 2018 para a extensão subbacia a formação campestre teve coeficiente  $\beta$  negativo na estação chuvosa, indicando influência na diminuição das concentrações desse parâmetro (Tabela 11). A agropecuária apresentou sinal positivo nos valores dos coeficientes  $\beta$  dos modelos das estações chuvosa e seca para o ano de 2008, apontando influência no aumento de bário em ambas as estações. Os modelos apresentam ajuste de  $R^2_{aj} = 0,53$  e  $R^2_{aj} = 0,41$ , para as estações chuvosa e seca, respectivamente. No ano de 2013, a métrica shape\_mn\_flo indicou influência na diminuição nas concentrações de bário com o coeficiente  $\beta$  negativo nas duas estações de 2013. Além dessa variável, na estação chuvosa de 2013 a métrica pland\_sav aparece com coeficiente  $\beta$  negativo, estabelecendo influência na diminuição nas concentrações de bário (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,2$ ). A influência na diminuição nas concentrações do bário também é identificada pelo coeficiente  $\beta$  negativo da métrica np\_sav e a classe nao\_veg na estação seca de 2013 (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,44$ ) e para plant, camp, pland\_flo e pland\_sav na estação chuvosa de 2018 (ajuste do modelo de  $R^2_{aj} = 0,5$ ).

Para os modelos da extensão ripária é visto que na estação chuvosa de 2008 as classes agro e rocha apresentaram influência no aumento da concentração de bário e a métrica np\_sav apresentou influência na diminuição da concentração desse parâmetro, sendo que o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,45$  (Tabela 11). Na estação seca de 2008, os coeficientes  $\beta$  apresentaram sinal negativo para plant, rocha e pd\_sav, indicando influência na diminuição na concentração de bário, e sinal positivo para shape\_mn\_sav, mostrando influência no aumento desse parâmetro, sendo o ajuste do modelo de  $R^2_{aj} = 0,48$ . Na estação chuvosa de 2013, as variáveis que apresentaram influência sobre o aumento na concentração de bário foram agro, miner e pd\_flo, e a variável que apresentou relação com a diminuição na concentração do parâmetro foi shape\_mn\_flo. Esse modelo teve ajuste de  $R^2_{aj} = 0,29$ . As variáveis presentes no modelo da estação seca de 2013 são nao\_veg e shape\_mn\_flo e elas possuem coeficientes  $\beta$  negativos, indicando influência na diminuição da concentração de bário, o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,44$ .

Tabela 11: RLM entre características da paisagem e o Bário.

| Coeficientes $\beta$ para os modelos do parâmetro Bário |         |         |       |       |      |         |       |       |           |        |              |           |        |         |         |              |                              |             |
|---|---------|---------|-------|-------|------|---------|-------|-------|-----------|--------|--------------|-----------|--------|---------|---------|--------------|------------------------------|-------------|
| Escala  | Ano     | Estação | plant | camp  | agro | nao_veg | rocha | miner | pland_flo | pd_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav | pd_sav  | ed_sav  | shape_mn_sav | R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> |             |
| Subbacia  | 2008    | Chuva   | -7,88 | 0,56  |      |         | 1,99  |       |           |        |              |           |        |         |         |              | <b>0,53</b>                  |             |
|   |         | Seca    | -0,68 | 0,50  |      |         |       |       |           |        |              |           |        |         |         |              |                              | <b>0,41</b> |
|   | 2013    | Chuva   |       |       |      |         |       |       |           |        |              | -0,79     | -0,05  |         |         |              |                              | <b>0,20</b> |
|   |         | Seca    |       |       |      |         | -0,82 |       |           |        |              | -1,07     |        | -0,0001 |         |              |                              | <b>0,44</b> |
|   | 2018    | Chuva   | -0,33 | -0,65 |      |         |       |       |           | -0,01  |              |           | -0,07  |         |         |              |                              | <b>0,50</b> |
|   | Ripária | 2008    | Chuva |       | 0,58 |         |       | 1,91  |           |        |              |           |        |         | -0,0004 |              |                              | <b>0,45</b> |
| Seca  |         |         | -0,84 |       |      |         | -0,83 |       |           |        |              |           |        |         | -0,22   | 0,09         | <b>0,48</b>                  |             |
| 2013  |         | Chuva   |       | 0,34  |      |         |       | 4,15  |           | 0,03   | -0,62        |           |        |         |         |              |                              | <b>0,29</b> |
|   |         | Seca    |       |       |      |         | -1,13 |       |           |        | -1,29        |           |        |         |         |              |                              | <b>0,44</b> |
| Local   | 2008    | Chuva   |       |       |      |         |       |       |           | -0,04  |              |           |        |         | -0,03   |              | <b>0,46</b>                  |             |
|   |         | Seca    |       |       |      |         |       |       |           | -0,03  | 0,12         |           |        |         | -0,01   | -0,12        | <b>0,44</b>                  |             |
|   | 2013    | Chuva   |       |       |      | -0,59   |       |       |           | -0,02  |              |           |        |         |         |              |                              | <b>0,09</b> |
|   |         | Seca    |       |       |      |         |       |       |           | -0,04  |              |           |        |         | -0,01   |              |                              | <b>0,29</b> |
|   | 2018    | Chuva   |       |       |      |         |       |       |           | -0,03  |              |           |        |         |         |              | -0,19                        | <b>0,26</b> |
|   |         | Seca    |       |       |      |         |       |       |           | -0,03  |              |           |        |         | -0,01   |              |                              | <b>0,29</b> |

Onde: plant = Floresta Plantada; camp = Formação campestre e outra não florestal; agro = Agropecuária; nao\_veg = Outra área não vegetada; rocha = Afloramento rochoso; miner = Mineração; pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica. **Valores em negrito:  $p \leq 0,05$ .**



Em todos os modelos do parâmetro bário para a extensão local a métrica *ed\_flo* apresentou influência na diminuição na concentração do parâmetro (Tabela 11). No ano de 2008, além da relação falada anteriormente, as duas estações, chuvosa e seca tiveram a métrica *ed\_sav* influenciando na diminuição da concentração de bário. A estação seca também mostrou que a *shape\_mn\_sav* possui coeficiente  $\beta$  com sinal negativo e a *shape\_mn\_flo* possui coeficiente  $\beta$  com sinal positivo. O ajuste do modelo da estação chuvosa de 2008 é de  $R^2_{aj} = 0,46$  e da estação seca é de  $R^2_{aj} = 0,44$ . Em 2013, a classe *nao\_veg* indicou que possui influência no aumento de bário na estação chuvosa, que possui ajuste do modelo de  $R^2_{aj} = 0,29$ , e a *ed\_sav* apresentou influência na diminuição na concentração do parâmetro na estação seca, sendo que esse modelo possui ajuste de  $R^2_{aj} = 0,29$ . Em 2018, a métrica *shape\_mn\_sav* apresentou influência no aumento de bário na estação chuvosa, sendo que o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,26$ .

Nos modelos do nitrato para a extensão subbacia é identificado que na estação chuvosa de 2008 a classe *rocha* apresentou sinal positivo no coeficiente  $\beta$  (Tabela 12). Já a métrica *pd\_flo* mostrou influência na diminuição na concentração de nitrato para o mesmo modelo, que teve ajuste de  $R^2_{aj} = 0,35$ . Em 2013, a *urb* e *rocha* indicaram influência no aumento de nitrato e as métricas *pland\_flo*, *np\_flo* e *np\_sav* indicaram influência na diminuição do parâmetro na estação chuvosa, sendo o ajuste desse modelo  $R^2_{aj} = 0,21$ .

Os modelos do nitrato na extensão ripária apresentaram influência de aumento na concentração desse parâmetro através das classes *plant*, *agro* e *urb* em ao menos uma estação do ano de todos os anos analisados (Tabela 12). As classes *plant*, *agro* e *nao\_veg* apresentaram coeficiente  $\beta$  com sinal positivo, indicando influência no aumento de nitrato e a *miner* apresentou coeficiente  $\beta$  com sinal negativo, exibindo influência na diminuição de nitrato na estação chuvosa de 2008 (o ajuste do modelo é  $R^2_{aj} = 0,42$ ). Em 2013, tanto na estação chuvosa, quanto na estação seca a *plant*, *agro* e *urb* apresentaram influência sobre o aumento de nitrato. A estação chuvosa para esse ano teve a *pd\_flo* influenciando no aumento desse parâmetro e a *shape\_mn\_sav* interferindo em sua diminuição. Os modelos tiveram ajuste de  $R^2_{aj} = 0,23$ , para a estação chuvosa e  $R^2_{aj} = 0,34$ , para a estação seca. Na estação chuvosa de 2018 as variáveis presentes nos modelos tiveram apenas coeficientes  $\beta$

positivos, indicando influência no aumento de nitrato, sendo elas: plant, agro, urb e shape\_mn\_flo (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,39$ ). A urb também indicou influência no aumento de nitrato na estação seca de 2018 que teve como influência na diminuição desse parâmetro as métricas np\_flo e pd\_sav, sendo que o ajuste desse modelo é de  $R^2_{aj} = 0,31$ .

Nos modelos para nitrato na extensão local houve mais variáveis interferindo na qualidade da água relativas às métricas de paisagem do que as classes de uso e cobertura da terra (Tabela 12). Em 2013, a estação chuvosa apresentou as variáveis agro, pd\_flo e ed\_sav, que indicaram influenciar na diminuição do parâmetro e a nao\_veg apresentou influência no aumento de nitrato. O ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,22$  para a estação chuvosa. As variáveis agro e pd\_flo apresentaram influência na diminuição de nitrato nas estações chuvosa de 2018. O modelo da estação chuvosa teve como ajuste o  $R^2_{aj} = 0,15$ . As variáveis agro e pd\_flo estiveram presentes em todos os modelos de 2013 e 2018.

Tabela 12: RLM entre características da paisagem e o Nitrato.

| Coeficientes $\beta$ para os modelos do parâmetro Nitrato |      |         |       |      |          |         |        |       |        |        |              |           |             |             |              |                              |
|---|------|---------|-------|------|----------|---------|--------|-------|--------|--------|--------------|-----------|-------------|-------------|--------------|------------------------------|
| Escala  | Ano  | Estação | plant | agro | urb      | nao_veg | rocha  | miner | np_flo | pd_flo | shape_mn_flo | pland_sav | pd_sav      | ed_sav      | shape_mn_sav | R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> |
| Subbacia  | 2008 | Chuva   | 2,45  |      |          |         |        |       | -0,03  |        |              |           |             |             | <b>0,35</b>  |                              |
|   | 2013 | Chuva   | 0,99  |      |          | 1,84    |        | -7,48 |        |        | -0,23        |           |             |             | <b>0,21</b>  |                              |
| Ripária   | 2008 | Chuva   | 1,79  | 2,18 | 16,18    |         | -40,86 |       |        |        |              |           | <b>0,42</b> |             |              |                              |
|   | 2013 | Chuva   | 0,90  | 0,85 | 1,06     |         | 0,05   |       |        |        |              |           | <b>0,23</b> |             |              |                              |
|   |      | Seca    | 0,90  | 0,65 | 0,85     |         | -0,10  |       |        |        |              |           | <b>0,34</b> |             |              |                              |
|   | 2018 | Chuva   | 0,83  | 1,21 | 1,63     |         | 1,40   |       |        |        |              |           | <b>0,39</b> |             |              |                              |
| Seca  |      | 1,42    |       |      | -0,00004 |         |        | -0,22 |        |        | <b>0,31</b>  |           |             |             |              |                              |
| Local   | 2013 | Chuva   | -0,37 |      | 0,97     |         | -0,04  |       |        | -0,02  |              |           | <b>0,22</b> |             |              |                              |
|   | 2018 | Chuva   | -0,29 |      |          | -0,04   |        |       |        |        |              | -0,02     |             | <b>0,15</b> |              |                              |

Onde: plant = Floresta Plantada; agro = Agropecuária; urb = Infraestrutura urbana; nao\_veg = Outra área não vegetada; rocha = Afloramento rochoso; miner = Mineração; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica. **Valores em negrito: p ≤ 0,05.**

A atividade urbana, a agropecuária e a mineração possuem expressiva relação de influência no aumento de ST (Tabela 13). Na extensão subbacia a estação chuvosa do ano 2008 apresentou o percentual de paisagem da formação florestal com coeficiente  $\beta$  negativo, indicando que essa variável contribuiu para a diminuição na concentração de ST, tendo esse modelo obtido ajuste de  $R^2_{aj} = 0,30$ . Na estação seca de 2008, a agro e urb indicaram possuir influência sobre o aumento de ST e a camp mostrou, através do sinal negativo no coeficiente  $\beta$ , influência na diminuição da concentração desse parâmetro (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,43$ ). Na estação chuvosa de 2013, os coeficientes  $\beta$  se mostraram negativos para as variáveis nao\_veg e pland\_flo e positivos para plant e np\_sav (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,27$ ). A contribuição para o aumento de ST foi identificada na estação seca de 2013 através dos coeficientes positivos de plant, camp, agro e urb, sendo que o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,42$ . A mineração apareceu com sinal positivo para o coeficiente  $\beta$  da estação seca de 2018, que também apresentou essa relação para urb, indicando que essas atividades antrópicas intensas influenciam no aumento de ST. O oposto ocorreu com shape\_mn\_flo e shape\_mn\_sav, que indicou possuir influência na diminuição de ST no modelo da estação seca de 2018, que teve ajuste de  $R^2_{aj} = 0,45$ .

Em todos os modelos para ST na extensão ripária a classe agro ocorreu com sinal positivo no coeficiente  $\beta$ , o que mostra sua influência no aumento desse parâmetro (Tabela 13). Na estação chuvosa de 2008, essa foi a única variável do modelo, tendo obtido ajuste de  $R^2_{aj} = 0,26$ . Além da agro o modelo da estação seca também apresentou coeficiente  $\beta$  com sinal positivo para urb e coeficiente  $\beta$  com sinal negativo para pd\_sav, indicando que a variável contribuiu para a diminuição de ST. O grau de ajuste do modelo da estação seca é de  $R^2_{aj} = 0,43$ . Na estação chuvosa de 2013 as variáveis agro, miner e shape\_mn\_sav apresentaram sinal positivo no coeficiente  $\beta$  e a shape\_mn\_sav ocorreu com sinal positivo no coeficiente  $\beta$  no modelo, que obteve ajuste de  $R^2_{aj} = 0,32$ . A plant é a atividade antrópica que foi identificada como contribuidora para o aumento de ST devido ao coeficiente  $\beta$  com sinal positivo na estação seca de 2013. A estação seca de 2013 também apresentou coeficiente  $\beta$  com sinal positivo para urb e agro e coeficiente  $\beta$  com sinal negativo para np\_flo, indicando que a presença de vegetação natural influencia na diminuição

de ST (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,48$ ). Em 2018, as classes agro, urb e miner apresentaram influência no aumento de ST no modelo da estação seca, que apresentou ajuste de  $R^2_{aj} = 0,41$ . Além dessas variáveis, a plant apresentou sinal positivo no coeficiente  $\beta$  no modelo da estação seca de 2018, demonstrando influência no aumento do parâmetro.

Os modelos para ST na extensão local apresentaram predominância de variáveis relativas às métricas de paisagem (Tabela 13). Na estação chuvosa de 2008 a miner apresentou sinal positivo no coeficiente  $\beta$ , indicando influência no aumento de ST e as métricas shape\_mn\_flo e pd\_sav apresentaram sinal negativo em seus coeficientes  $\beta$ , mostrando contribuir para a diminuição da concentração desse parâmetro. O grau de ajuste do modelo da estação chuvosa de 2008 é de  $R^2_{aj} = 0,47$ . A plant e shape\_mn\_flo apresentaram influência no aumento de ST e a ed\_flo e shape\_mn\_sav apresentaram influência na diminuição desse parâmetro na estação seca de 2008, que possui um ajuste de  $R^2_{aj} = 0,44$ . Em 2013, o coeficiente  $\beta$  apresentou sinal positivo para agro na estação chuvosa e para pd\_flo na estação seca, indicando que essas variáveis contribuem para o aumento de ST. Os modelos tiveram um ajuste de  $R^2_{aj} = 0,07$  na estação chuvosa e  $R^2_{aj} = 0,25$  na estação seca. Em 2018, a métrica pd\_flo apresentou sinal negativo no coeficiente  $\beta$  para a estação seca. Na estação seca de 2018 a plant se apresentou no modelo indicando influência no aumento de ST (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,19$ ).

Tabela 13: RLM entre características da paisagem e os ST.

| Coeficientes $\beta$ para os modelos do parâmetro Sólidos Totais |         |         |       |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              |                              |             |             |             |             |  |       |
|--|---------|---------|-------|------|------|------|---------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------|--------------|-----------|--------|----------|--------|--------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|-------|
| Escala   | Ano     | Estação | plant | camp | agro | urb  | nao_veg | rocha | miner | pland_flo | np_flo | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav | pd_sav   | ed_sav | shape_mn_sav | R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> |             |             |             |             |  |       |
| Subbacia   | 2008    | Chuva   | -0,01 |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              | <b>0,30</b>                  |             |             |             |             |  |       |
|  |         | Seca    | -0,69 | 0,37 | 0,63 |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              |                              |             |             | <b>0,43</b> |             |  |       |
|  | 2013    | Chuva   | 1,08  |      |      |      |         | -1,08 |       |           |        |        | -0,02  |              |           |        |          |        |              |                              | 0,0003      | <b>0,27</b> |             |             |  |       |
|  |         | Seca    | 0,56  | 0,74 | 0,73 | 0,77 |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              |                              |             | <b>0,42</b> |             |             |  |       |
|  | 2018    | Seca    |       |      |      |      | 0,64    |       |       |           |        | 7,36   |        |              |           | -1,03  | -0,12    |        |              |                              |             |             | <b>0,45</b> |             |  |       |
|  | Ripária | 2008    | Chuva | 0,49 |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              |                              | <b>0,26</b> |             |             |             |  |       |
| Seca   |         |         | 0,34  |      | 0,69 |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              |                              | -0,10       | <b>0,43</b> |             |             |  |       |
| 2013   |         | Chuva   |       |      |      |      | 0,76    |       |       | -1,61     | 9,05   |        |        |              |           |        |          |        | 0,19         | <b>0,32</b>                  |             |             |             |             |  |       |
|  |         | Seca    | 0,36  | 0,55 |      | 0,53 |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        | -0,00001 |        |              |                              | <b>0,48</b> |             |             |             |  |       |
| 2018   |         | Seca    | 0,59  | 0,80 |      | 0,80 |         |       |       |           | 10,78  |        |        |              |           |        |          |        |              |                              |             | <b>0,41</b> |             |             |  |       |
| Local  |         | 2008    | Chuva |      |      |      |         |       |       |           |        | 8,54   |        |              |           |        | -0,15    |        |              |                              |             |             | -0,03       | <b>0,47</b> |  |       |
|  | Seca    |         | 0,80  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              |                              | -0,005      | 0,10        |             |             |  | -0,10 |
|  | 2013    | Chuva   | 0,37  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              | <b>0,07</b>                  |             |             |             |             |  |       |
|  |         | Seca    |       |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        | -0,03        |           |        |          |        |              |                              |             |             |             | <b>0,25</b> |  |       |
|  | 2018    | Seca    | 0,33  |      |      |      |         |       |       |           |        |        |        |              |           |        |          |        |              | -0,04                        | <b>0,19</b> |             |             |             |  |       |

Onde: plant = Floresta Plantada; camp = Formação campestre e outra não florestal; agro = Agropecuária; urb = Infraestrutura urbana; nao\_veg = Outra área não vegetada; rocha = Afloramento rochoso; miner = Mineração; pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica. **Valores em negrito:  $p \leq 0,05$ .**

Para o parâmetro turbidez na extensão subbacia os coeficientes  $\beta$  da estação chuvosa do ano de 2008 apresentaram sinal negativo para as variáveis `nao_veg` e `pland_flo`, indicando influência na diminuição do parâmetro (Tabela 14). A `shape_mn_flo` apresentou influência no aumento de turbidez do modelo da estação chuvosa de 2008, que teve como ajuste  $R^2_{aj} = 0,57$ . Na estação seca de 2008 as classes `plant`, `nao_veg` e `rocha` demonstraram influência na diminuição de turbidez (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,34$ ). Em 2013, as variáveis `plant` e `np_sav` indicaram influência no aumento de turbidez na estação chuvosa e as variáveis `nao_veg` e `pland_flo` apresentaram influência na diminuição de turbidez nessa estação, tendo esse modelo obtido ajuste de  $R^2_{aj} = 0,28$ . Na estação seca de 2013 as variáveis indicaram influência na diminuição de turbidez, sendo elas `rocha` e `np_sav` (o ajuste do modelo é  $R^2_{aj} = 0,29$ ). O `pland_flo` indicou contribuir para a diminuição de turbidez na estação seca de 2018 e o oposto ocorreu com as variáveis `plant`, `urb` e `shape_mn_flo` que apresentaram influência no aumento da concentração de turbidez.

Para a extensão ripária, na estação chuvosa de 2008 a influência no aumento de turbidez se apresentou pela `agro` e sua diminuição pela `miner`, tendo o modelo obtido grau de ajuste de  $R^2_{aj} = 0,48$  (Tabela 14). No modelo da estação chuvosa de 2013, houve o sinal positivo nos coeficientes  $\beta$  das variáveis `plant`, `agro`, `urb` e `np_sav`, indicando influência no aumento de turbidez (o ajuste do modelo é  $R^2_{aj} = 0,30$ ). As métricas `np_sav`, `shape_mn_flo` e `pd_sav` demonstraram influenciar na diminuição da turbidez no modelo da estação seca de 2013, que obteve ajuste de  $R^2_{aj} = 0,26$ . A `shape_mn_sav` apresentou influência no aumento da turbidez para esse modelo. Na estação seca de 2018, houve apenas o indicativo de influência no aumento de turbidez, sendo que as variáveis relacionadas a isso foram: `plant`, `agro`, `urb` e `pd_flo`, tendo o modelo um ajuste de  $R^2_{aj} = 0,23$ .

Em comparação com as outras extensões, a extensão local para os modelos do parâmetro turbidez apresentou menores valores de ajuste (Tabela 14). Na estação chuvosa de 2008, as classes `nao_veg` e `rocha` demonstraram influenciar na diminuição de turbidez, enquanto que a métrica `ed_sav` indicou influência no aumento do parâmetro (o ajuste do modelo é  $R^2_{aj} = 0,28$ ). Na estação chuvosa de 2013 o aumento da turbidez foi apresentado pela influência da `agro` e na estação

seca do mesmo ano pela urb. Na estação seca de 2013, a diminuição da turbidez foi indicada pela influência da shape\_mn\_sav. O ajuste do modelo da estação chuvosa é de  $R^2_{aj} = 0,07$  e da estação seca é de  $R^2_{aj} = 0,13$ . Em 2018, a estação seca apresentou a plant como influência no aumento de turbidez e a ed\_sav como influência na diminuição na concentração do parâmetro (o ajuste do modelo é de  $R^2_{aj} = 0,14$ ).

Nos modelos para extensão local as métricas de paisagem estiveram mais presentes do que as variáveis relativas ao uso e cobertura da terra. Na extensão subbacia os usos e cobertura da terra foram as variáveis que mais influenciaram nos parâmetros da qualidade da água. Isso também ocorreu na extensão ripária, porém com diferença mais branda, sendo que para o parâmetro turbidez, a maior ocorrência foi das métricas de paisagem. Nos modelos da extensão local nota-se maior influência das variáveis correspondentes às métricas de paisagem. Como exemplo das variáveis comuns aos modelos de todos os parâmetros da QA tem-se: as classes do uso e cobertura da terra agro, urb, miner, rocha, plant e nao\_veg e as métricas de paisagem pd\_flo, pd\_sav, np\_flo e np\_sav. Para o parâmetro ST os melhores modelos estão representados na estação seca e os parâmetros nitrato e turbidez na estação chuvosa.

Os parâmetros que apresentaram modelos com a melhor variação nos ajustes foram bário e ST (Figura 11). Os modelos com o melhor ajuste foram da extensão subbacia (valor máximo:  $R^2_{aj} = 0,57$ ; valor mínimo:  $R^2_{aj} = 0,20$ ; e mediana:  $R^2_{aj} = 0,35$ ) e ripária (valor máximo:  $R^2_{aj} = 0,48$ ; valor mínimo:  $R^2_{aj} = 0,23$ ; e mediana:  $R^2_{aj} = 0,39$ ). A extensão local apresentou os modelos com os piores ajustes (valor máximo:  $R^2_{aj} = 0,47$ ; valor mínimo:  $R^2_{aj} = 0,07$ ; e mediana:  $R^2_{aj} = 0,23$ ). No que tange à sazonalidade, os modelos com a melhor variação nos ajustes correspondem aos da estação chuvosa na extensão subbacia e da estação seca nas extensões ripária e local (Figura 11).

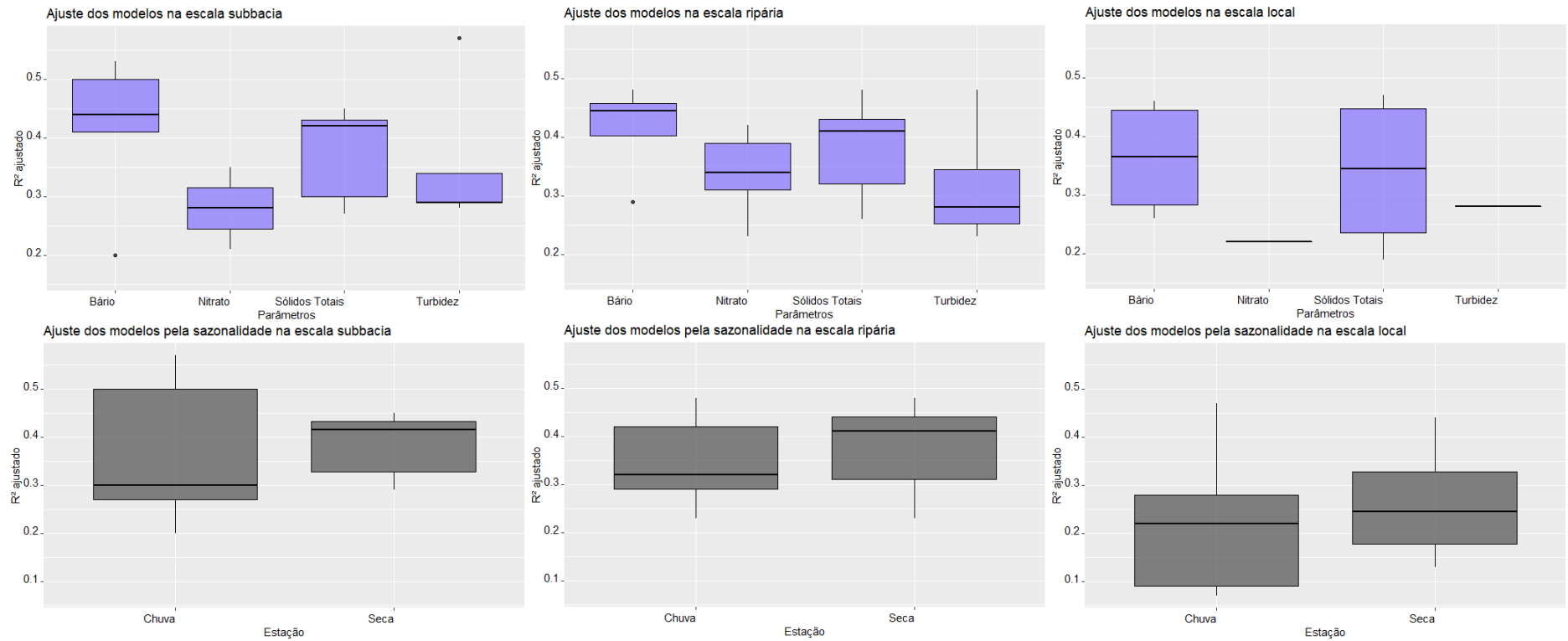


Tabela 14: RLM entre características da paisagem e a Turbidez.

| <b>Coefficientes <math>\beta</math> para os modelos do parâmetro Turbidez</b> |      |         |       |      |      |         |       |        |           |        |              |         |         |        |              |             |             |
|---|------|---------|-------|------|------|---------|-------|--------|-----------|--------|--------------|---------|---------|--------|--------------|-------------|-------------|
| Escala  | Ano  | Estação | plant | agro | urb  | nao_veg | rocha | miner  | pland_flo | pd_flo | shape_mn_flo | np_sav  | pd_sav  | ed_sav | shape_mn_sav | $R^2_{aj}$  |             |
| Subbacia  | 2008 | Chuva   |       |      |      | -3,87   |       |        | -0,03     |        | 1,83         |         |         |        |              | <b>0,57</b> |             |
|   | 2013 | Chuva   | 1,47  |      |      | -1,76   |       |        | -0,02     |        |              | 0,0004  |         |        |              | <b>0,28</b> |             |
|   |      | Seca    |       |      |      |         | -0,88 |        |           |        |              |         | -0,0002 |        |              |             | <b>0,29</b> |
|   | 2018 | Seca    | 0,68  |      | 0,84 |         |       |        | -0,02     |        | 1,25         |         |         |        |              |             | <b>0,29</b> |
| Ripária   | 2008 | Chuva   |       | 0,66 |      |         |       | -13,28 |           |        |              |         |         |        |              | <b>0,48</b> |             |
|   |      | Seca    | -0,76 |      |      |         | -1,69 |        |           |        |              |         | -0,26   |        | 0,15         | <b>0,39</b> |             |
|   | 2013 | Chuva   | 2,57  | 2,25 | 2,26 |         |       |        |           |        |              | 0,001   |         |        |              |             | <b>0,30</b> |
|   |      | Seca    |       |      |      |         |       |        |           |        | -0,51        | -0,0002 | -0,11   |        | 0,09         |             | <b>0,26</b> |
| 2018  | Seca | 0,93    | 0,72  | 1,14 |      |         |       | 0,05   |           |        |              |         |         |        |              | <b>0,23</b> |             |
| Local   | 2008 | Chuva   |       |      |      | 2,62    | 0,01  |        |           |        |              |         |         | -0,06  |              | <b>0,28</b> |             |
|   | 2013 | Chuva   |       | 0,46 |      |         |       |        |           |        |              |         |         |        |              | <b>0,07</b> |             |
|   |      | Seca    |       |      | 0,43 |         |       |        |           |        |              |         |         |        | -0,10        | <b>0,13</b> |             |
|   | 2018 | Seca    | 0,50  |      |      |         |       |        |           |        |              |         |         | -0,01  |              | <b>0,14</b> |             |

Onde: plant = Floresta Plantada; agro = Agropecuária; urb = Infraestrutura urbana; nao\_veg = Outra área não vegetada; rocha = Afloramento rochoso; miner = Mineração; pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica. **Valores em negrito:  $p \leq 0,05$ .**

Figura 11: Box-plot com os ajustes dos modelos entre as extensões espaciais e a sazonalidade.



## 5- DISCUSSÃO

### 5.1- O uso de múltiplas extensões espaciais na análise da relação entre características da paisagem e a QA

Dentre as extensões utilizadas, a subbacia e a ripária foram as que apresentaram os melhores ajustes nos modelos (Figura 11). De modo geral, os modelos permitiram que fosse identificado o papel da antropização na deterioração da qualidade da água. A extensão subbacia apresentou bons ajustes na maior parte dos modelos, indicando, portanto, ser uma unidade crucial para a melhoria da qualidade da água. Toda a área de drenagem é um importante recorte territorial para a gestão da paisagem conferindo influente impacto nos sistemas hídricos superficiais e subterrâneos (MAILLARD e SANTOS, 2008; MELLO et al., 2018).

A maior parte dos modelos para a extensão ripária apresentou bom ajuste, concordando com a afirmação de que essa porção de terra adjacente aos cursos d'água exerce um importante papel na dinâmica da QA (LI, 2018; TROMBONI; DODDS, 2017). As classes do uso e cobertura da terra ligadas às atividades antrópicas na extensão ripária mostraram influência na piora da qualidade da água. De forma oposta, as métricas de paisagem indicaram que a melhora da qualidade é associada à conservação da vegetação ripária (MWAJENGO et al., 2020; SHEN et al., 2015; XIAO et al., 2016). Outros trabalhos também verificaram a relação da composição da paisagem em *buffers* de 200 m identificando a importância de se analisar o impacto da relação da qualidade da água em áreas contíguas de todo curso d'água, em detrimento de se estudar apenas seu entorno (MORLEY; KARR, 2002; TRAN et al., 2010). A vegetação ripária possui um importante papel na preservação ou melhora da qualidade ambiental de cursos d'água superficiais. Ao mesmo tempo, foi verificado que quando essa extensão está intensamente antropizada pela presença de atividades, como a agropecuária, mineração, urbanização e fragmentação da vegetação nativa, ocorre piora na qualidade da água (LI, 2018; MELLO et al., 2018; MORI et al., 2015; SUN et al., 2014).

A extensão que menos apresentou modelos significativos e bem ajustados foi a local. Foi visto que nessa extensão a variação de características da paisagem foi menor em comparação com as outras extensões espaciais. Isso pode estar associado à resolução espacial das imagens de satélites utilizadas na classificação

do MapBiomias que é de 30 m (cada *pixel* corresponde a 900 m<sup>2</sup>) e pela abrangência da extensão. Além disso, a presença de métricas de paisagem é menos expressiva para essa extensão. Todavia, em trabalhos que utilizaram imagens de satélite com resolução espacial mais fina foi verificada maior influência de zonas ripárias e da bacia hidrográfica na qualidade da água, em detrimento de áreas mais próximas (MORLEY; KARR, 2002; TURNER; GARDNER, 2015).

O método de seleção de modelos utilizado abarca a possibilidade de inserção de qualquer variável no modelo (DOHERTY; WHITE; BURNHAM, 2012). O uso do método objetivou a seleção do modelo mais parcimonioso, ou seja, que melhor conseguisse explicar o comportamento da variável resposta com o mínimo de parâmetros possíveis, tendo gerado centenas de possibilidades. Diferentes valores da soma dos pesos aparecem com novas execuções da RLM, apresentando diferentes combinações de variáveis influenciadoras no modelo. Contudo, os modelos construídos permitiram a associação da piora na QA com características da paisagem representativas da realidade.

Os modelos com melhor ajuste corresponderam aos anos de 2008 e 2018. Em 2013 a maior parte dos modelos demonstrou haver baixa capacidade explicativa. Analisando os mapas no portal MapBiomias foi identificado que a quantidade de imagens de satélite utilizadas para a classificação do ano de 2013 é menor do que dos anos 2008 e 2018. Possivelmente, isso pode ter influenciado e prejudicado o mapeamento para o ano de 2013. Ao analisar as classes de uso e cobertura da terra dos mapas foram verificados erros de comissão, caracterizados pela confusão de classes como a vegetação campestre, urbanização e agropecuária, possivelmente pela semelhança na resposta espectral entre elas, podendo isso ter influenciado no ajuste dos modelos.

As variáveis da caracterização da paisagem que estiveram mais associadas à piora na qualidade da água foram agropecuária, infraestrutura urbana, floresta plantada, mineração e outras áreas não vegetadas. Por outro lado, as variáveis que mais demonstraram contribuir para melhora na qualidade da água foram as de vegetação natural, como a formação campestre e as métricas de paisagem, como o percentual de área, número de manchas, densidade de mancha, forma média das manchas e densidade de borda da formação florestal e da formação savânica. As métricas

correspondem às classes de vegetação natural, portanto sua utilização demonstrou enriquecimento na análise para identificação do tipo de composição e configuração da vegetação que é mais importante para a qualidade da água, sendo que o resultado encontrado é semelhante ao de outros trabalhos (LI, 2018; MELLO et al., 2020; MWAIJENGO et al., 2020).

A fragmentação da vegetação natural foi identificada pelo aumento do número de manchas, tanto da formação florestal, quanto da formação savânica ao longo dos anos (Tabela 5). Os fragmentos da vegetação funcionam como “trampolins” que contribuem para a circulação da fauna e a continuidade dos ecossistemas (OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020). Essa métrica foi associada com a diminuição na concentração dos parâmetros na maior parte dos modelos em que ela esteve inserida, concordando com o que é discutido na literatura (ESTHER CARONE et al., 2016; OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020). Em alguns modelos, essas métricas foram associadas com a piora na qualidade da água. É importante entender que manchas de vegetação natural não implica, necessariamente, em melhora na qualidade, pois é preciso maior conexão entre elas para garantir a produção de corredores ecológicos, por exemplo, afim de que se possa desenvolver e ampliar a diversidade ecológica do local (ESTHER CARONE et al., 2016; MORI et al., 2015; NASCIMENTO; LAURANCE, 2006; PENIDO; RIBEIRO; FORTUNATO, 2015). Consoante, a fragmentação da paisagem está associada diretamente à degradação ambiental (FIGUEIRÓ, 2015).

A densidade da mancha e a densidade da borda teve aumento em seus respectivos valores ao longo dos anos. Isso indica que as manchas da vegetação foram se tornando menos arredondadas e mais susceptíveis a sofrerem com o efeito de borda. Isso implica em maior contato com atividades antrópicas circunvizinhas como queimadas, lixo e desmatamento (OLIVEIRA et al., 2015; ESTHER CARONE et al., 2016; NASCIMENTO e LAURANCE, 2006). Essa configuração acarretou na piora da qualidade expressa em alguns dos modelos de todos os parâmetros.

Na maior parte dos modelos para todos os parâmetros a agropecuária apresentou influência na piora da qualidade da água. Apesar de essa classe ter apresentado diminuição de área entre os anos analisados, a tendência nacional é de expansão

da fronteira agrícola e de atividades pecuárias (VALLE JÚNIOR et al., 2019). O avanço da agropecuária implica em perdas da biodiversidade e se coloca como um desafio para a gestão do território, pois está implicada como uma das principais atividades econômicas do país, ao mesmo passo que a capacidade de degradação só aumenta, como a autorização no uso de novos agrotóxicos e pesticidas em 2019 pelo governo federal (AIRES et al., 2018; COELHO et al., 2019; MOLOTOKS et al., 2018).

O cultivo de eucalipto, identificado na UH do rio Doce pela classe floresta plantada, principalmente, apresenta impactos como a redução da biodiversidade, perda de fertilidade do solo e um grande consumo de água e nutrientes. Essa classe indicou possuir influência no aumento de nitrato, ST e turbidez e foi a que mais teve crescimento de área entre os anos 2008 e 2018 (Figura 12). A silvicultura é introduzida nas áreas de vegetação nativa até que passam a ocupar todo espaço, representando uma ameaça para a biodiversidade (OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020).

Os centros urbanos possuem um papel de destaque na poluição dos cursos d'água de maneira difusa e pontual, afetando rios urbanos e, posteriormente seus tributários (MELLO et al., 2020; POLIGNANO et al., 2012). A infraestrutura urbana mostrou que possui influência na piora da QA, sobretudo nas extensões subbacia e ripária. Menos da metade dos municípios inseridos na UH do rio Doce possuem coleta ou tratamento de esgoto e grande parte não possui coleta de lixo (LIMA, 2016). Nas últimas décadas foi identificado aumento na ocorrência de enchentes em áreas urbanizadas nessa unidade (COELHO, 2009). A relação das cidades com os rios urbanos têm provocado uma série de tragédias corroborando para a necessidade de se repensar o planejamento territorial. O próprio rio Doce atravessa cidades de pequeno, médio e grande porte, como Governador Valadares. Além das enchentes, foi verificada a redução da vazão do rio Doce em seu exutório no Oceano Atlântico, no município de Colatina no Espírito Santo. Essa diminuição na vazão está associada a usos e cobertura da terra, como o plantio do eucalipto e pela degradação da paisagem desde as áreas de cabeceira (COELHO, 2009; LIMA, 2016; OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020).

A mineração apresentou influência no aumento de bário e ST. Essa atividade causa degradação do solo, contaminação do sistema hídrico e desmatamento de grandes áreas, o que contribui para a aceleração dos processos erosivos e movimentos de massa, assoreamento dos cursos d'água e impermeabilização do solo, dificultando a infiltração da água para os lençóis freáticos e afetando todo o sistema hídrico (MWAJENGO et al., 2020). Outro problema presente em empreendimentos minerários são os impactos para seu funcionamento. Somado a isso, Minas Gerais apresenta um extenso histórico de rompimentos de barragens que causam impactos socioambientais amplos com ações mitigadoras insuficientes ou inexistentes (CARMO et al., 2017; FERNANDES et al., 2016; GOMES et al., 2017; LIMA, 2016; THOMPSON et al., 2020).

Os modelos com melhor ajuste correspondem à estação chuvosa na extensão subbacia. A estação seca é associada como a estação com menor influência de poluição difusa (OLIVEIRA; MAILLARD; DE ANDRADE PINTO, 2017). A estação chuvosa apresentou maior influência da urbanização sobre os ST. Além disso, esse período das cheias apresentou influência na oscilação para cima nos valores da maior parte dos parâmetros no período analisado (Figuras 7 e 8), essa influência não foi identificada na relação entre as características da paisagem e os demais parâmetros. O uso de dados pluviométricos pode contribuir para que seja verificada a influência sazonal de forma mais robusta. Outros aspectos da paisagem importantes que não foram utilizados, como a declividade, litologia, solo, distinção entre as culturas e pecuárias, acesso a saneamento básico, dentre outros, alteram a qualidade da água de maneira diferente e podem fornecer uma análise mais detalhada do impacto antrópico sobre a QA (DALA-CORTE et al., 2020; MELLO et al., 2020).

## **5.2- Bário**

Na identificação das variáveis que mais influenciaram nos modelos (através da soma dos pesos) para o parâmetro bário foi visto que nas extensões subbacia e ripária as classes afloramento rochoso e agropecuária foram as mais recorrentes. Também foi possível ver a influência da mineração, floresta plantada e vegetação natural sobre o bário. O bário é um elemento metálico pertencente ao grupo alcalino terrosos que é comumente encontrado nos cursos d'água de forma natural pelo contexto litológico.

Porém, sua presença também é associada a atividades industriais e a mineração, sendo que ingerir esse elemento oferece grandes riscos à saúde humana (KANG et al., 2010; SANTOS, 2017; SAVAZZI, 2008). A extensão espacial que apresentou maior influência sobre o bário foi a subbacia e a vegetação natural apresentou influenciar na redução desse parâmetro.

### **5.3- Nitrato**

Os modelos do nitrato apresentaram os melhores ajustes na extensão ripária e esse parâmetro foi mais associado ao período chuvoso. O nitrato foi o parâmetro identificado como o mais influenciado pela agropecuária, sendo que ele é relacionado a essa atividade pelo uso de fertilizantes orgânicos e inorgânicos (CAO et al., 2004; YOUNG et al., 1989). Além das atividades agropecuárias, as áreas urbanas e a silvicultura também foram associadas com o aumento na ocorrência desse parâmetro. A relação do nitrato com os centros urbanos ocorre, principalmente, pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais. Em concentrações acima de 10 mg/L o nitrato é extremamente danoso à saúde humana, sendo causador de algumas doenças associadas à deficiência na hemoglobina (VON SPERLING, 2014). A vegetação natural formada pelas formações florestais, savânica e campestre mostraram possuir influência nos modelos do nitrato, servindo como inibidores desses elementos (MAILLARD; SANTOS, 2008).

### **5.4- Sólidos Totais**

Os ST foram associados, sobretudo, com a estação chuvosa e a extensão subbacia. Nos modelos do ST foi verificada maior influência das classes agropecuária, infraestrutura urbana, mineração e floresta plantada, sendo que essas variáveis indicaram contribuir para o aumento na concentração desse parâmetro. A influência da agropecuária no aumento de ST foi verificada tanto na estação chuvosa, quanto na estação seca nos modelos para a extensão ripária. As métricas de paisagem densidade de borda e forma média das manchas da formação florestal apresentaram influência na diminuição de ST, indicando melhoria na qualidade da água. A associação para esse parâmetro normalmente é dada pela ocorrência das cheias no período chuvoso, porém nesse estudo o eucalipto e a urbanização apresentaram influenciar no aumento de turbidez, sobretudo na estação seca (CRUZ et al., 2019; OLIVEIRA; MAILLARD; DE ANDRADE PINTO, 2017; TANAKA et al.,



2016). A presença de ST nos cursos d'água podem acelerar processos de assoreamento, contribuir para a propagação de patógenos e dificultar o tratamento da água para o abastecimento (AIRES et al., 2018; ALMEIDA, 2013; BILOTTA; BRAZIER, 2008).

### **5.5- Turbidez**

Assim como os ST, o aumento da turbidez das águas superficiais é associado, sobretudo, às estações chuvosas e com a extensão subbacia. Porém, na primeira execução da RLM as variáveis com soma dos pesos acima de 0,05 corresponderam majoritariamente aos modelos da estação seca. A turbidez foi associada com as áreas de maior antropização e exposição do solo. A elevada ocorrência de turbidez dificulta a penetração da luz nos cursos d'água, prejudicando a fotossíntese de plantas aquáticas (BILOTTA; BRAZIER, 2008; STUTTER et al., 2017). Os processos de antropização que influenciam no aumento de turbidez dizem respeito a agropecuária, silvicultura e a urbanização. Por outro lado, as zonas ripárias com manchas de vegetação natural se mostraram como inibidoras para o aumento de turbidez (MAILLARD; SANTOS, 2008; MELLO et al., 2018; MORI et al., 2015; SANTOS, 2005).

### **5.6- Reflexões acerca dos dados analisados**

Esse trabalho apresenta indícios que reforçam a necessidade da preservação da vegetação natural para melhora na qualidade da água. Além da necessidade de se preservar áreas adjacentes aos cursos d'água, é importante assinalar que áreas mais abrangentes também são responsáveis pela degradação dos sistemas hídricos, principalmente, pela poluição difusa (PINHEIRO; GOULART; PROCÓPIO, 2019). Além disso, a proteção de áreas de cabeceiras é extremamente importante para a garantia da qualidade e quantidade de água (COHEN, 2016; FREITAS; DEL GAUDIO, 2015).

O Código Florestal brasileiro, atualizado em 2012, diminuiu a abrangência das zonas ripárias e considera a necessidade de preservação da mata ciliar, chamada de Área de Preservação Permanente (APP), em *buffers* de 30 m em rios com até 10 m de largura e máximo de 500 m para rios com larguras superiores a 600 m (BRASIL, 2012). Essa legislação vai à contramão da perspectiva de ampliação da proteção e

preservação dos cursos d'água brasileiros que possuem atividades agrícolas e pecuárias próximas e que estão localizadas majoritariamente em propriedades privadas (DALA-CORTE et al., 2020). As construções urbanas nas zonas ripárias contribuem para maior disposição de poluentes em rios e córregos, bem como, o aumento na ocorrência de processos erosivos. Isso não é diferente na UH do rio Doce, que apresenta um histórico de uso e ocupação degradante em zonas adjacentes aos cursos d'água, sobretudo a partir do século XX, com o advento de atividades mineradoras, industriais e de silvicultura (LIMA, 2016).

Existem municípios brasileiros que adotam zonas de APP mais abrangentes do que é previsto pelo Código Florestal, como no caso da cidade de Bonito (MS) e Aparecida de Goiânia (GO), que consideram *buffers* a partir de 50 m em cursos d'água da zona rural (DALA-CORTE, 2020). A preservação da mata ripária contribui para a manutenção da temperatura da água devido ao sombreamento e serve como barreira física para sedimentos e nutrientes poluentes oriundos de atividades humanas, como defensivos agrícolas e fornece alimento para o ecossistema aquático (CALLISTO et al., 2019; MELLO et al., 2018). Ao se determinar um valor fixo para abrangência de zonas ripárias a ser preservada, a diversidade existente dentro de um bioma é desconsiderada (DALA-CORTE et al., 2020). Dala-Corte et al. (2020), sugerem a utilização de bioindicadores nos estudos que auxiliam na determinação do tamanho da largura das áreas da vegetação ripária que precisam ser preservadas e sugerem mínimo de 50 m para cada lado do curso d'água, podendo ser maior dependendo do grau de antropização da área e o efeito legado deixado pela degradação de atividades realizadas anteriormente.

A restauração de cursos d'água não são suficientes se não houver mobilização entre as comunidades afetadas. Nas instituições públicas e privadas ainda predomina o discurso a favor da canalização e tamponamento dos rios urbanos como uma medida para se lidar com os problemas das enchentes, acúmulo de lixo, mau cheiro, presença de animais, dentre outros (MACEDO e MAGALHÃES JUNIOR, 2011, 2020; SANTOS; GIANASI; PARREIRAS, 2019). É necessário, portanto, haver escutas e trocas de informações como parte do processo de intervenção. Há exemplos de ações que envolvem a participação da comunidade em parceria com aparatos do Estado para reverter a degradação dos cursos d'água e promover o retorno dos peixes, como o Projeto Manuelzão na bacia do rio das Velhas em Minas

Gerais (POLIGNANO et al., 2012). A participação social na tomada de decisão sobre a gestão do território é crucial para a melhoria da relação entre as atividades antrópicas e o ecossistema (LEMOS; MAGALHÃES JUNIOR; WSTANE, 2019). O respeito e a dignidade das comunidades estão ligados à autonomia delas sobre os territórios.

Historicamente, as populações tradicionais que habitam a UH do rio Doce, como as comunidades quilombolas, camponesas, ribeirinhas e de povos originários, buscam coabitar a região de modo a garantir a existência dos elementos da natureza para sua geração e para gerações futuras, pois suas cosmopercepções reconhecem que esses elementos e o ser humano compartilham da mesma força criadora (KRENAK, 2019). Segundo Aílton Krenak (2019), o rompimento da barragem de Fundão deixou o rio Doce, reconhecido por eles como um ancestral de nome Watu, em coma e como consequência tem-se o comprometimento da existência de seu povo já que não se pode mais realizar seus costumes diários como práticas sociais, espirituais, de lazer, alimentação e saúde que eram totalmente vinculadas ao vale do rio Doce.

Exemplos de ações ligadas às políticas públicas para estímulo da sociedade civil na melhora da qualidade ambiental dos territórios são os incentivos fiscais e o pagamento para produtores rurais que contribuem para a melhoria da QA, como já ocorre em Extrema (MG) e Campo Grande (MS) (DALA-CORTE, 2020; FERNANDES et al., 2016; JARDIM; BURSZTYN, 2015; SONE et al., 2019). Nos últimos anos as políticas públicas vêm sendo desmontadas e a legislação ambiental federal e estadual (MG) têm sido substituídas por flexibilizações que favorecem e criam oportunidades para maior degradação ambiental (COELHO et al., 2019; FERNANDES et al., 2016).

As práticas do agronegócio perpetuam estratégias da “Revolução Verde” que privilegia a monocultura em ciclos curtos e em larga escala com intuito principal de exportação de *commodities*. A dita legislação ambiental, os megaprojetos, enfim, o setor público e privado a serviço do capital exerce um processo continuado de colonização sobre os territórios afro-pindorâmicos. Pindorama “Terra das Palmeiras” é uma manifestação tupi-guarani usada para indicar os territórios e regiões hoje chamados de América do Sul (SANTOS, 2015). Afro é para designar a continuidade africana nesses territórios, que junto aos povos originários perpetuaram exemplos de

relacionamento com as águas, as matas, os animais e os demais seres vivos e não vivos sem rompimento com o equilíbrio dos ecossistemas.

A partir do que foi discutido, foram elencadas algumas propostas de gestão dos territórios com foco na melhoria da qualidade da água à luz de Borges, Galbiatti e Ferraudo (2003):

- I. O exercício do direito ao território aos povos originários, quilombolas, ribeirinhos, caiçaras, agricultores, pescadores e as demais nações que comungam a biointeração com os outros elementos que compõem a natureza.
- II. Replanteio da vegetação nativa, principalmente em zonas de cabeceiras e ripárias, bem como, a ampliação de áreas de mata já existentes.
- III. Universalização do saneamento básico nos municípios, bem como, a ampliação da rede de tratamento do esgoto sanitário.
- IV. Amplos debates sobre a possível implantação de projetos desenvolvimentistas, como as barragens de contenção de rejeitos.
- V. Construção compartilhada de ações perenes em espaços comunitários que analisam e executam a possibilidade de restauração de matas ripárias e dos cursos d'água degradados.

Os tópicos apresentados não abarcam todas as necessidades socioambientais urgentes e demandam que algumas legislações sejam alteradas, porém é possível identificar que parte dessas mudanças depende da escuta e compartilhamento de saberes integradores que são aplicados em determinados territórios. De maneira global, é urgente que o modo hegemônico de produção e consumo se modifique radicalmente, pois os seres humanos são existências complementares e dependentes dos demais elementos da Terra. Isso implica que a inexistência de um significa a extinção de outro. O manejo cuidadoso e responsável de tudo que há acima e embaixo da terra é imprescindível frente aos diversos desastres ambientais vividos pela geração atual.

## 6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O percurso metodológico empregado nesse estudo permitiu que fossem estabelecidas relações entre características da paisagem e a qualidade da água em múltiplas extensões espaciais. Os melhores resultados foram obtidos nas extensões subbacia e ripária, pois foram nessas extensões que os modelos tiveram os melhores ajustes. Atividades humanas como a agropecuária, a urbanização, o plantio de eucalipto e a mineração foram associadas com a piora na qualidade da água. De modo oposto, a presença de manchas de vegetação natural verificada nas métricas de paisagem funciona como controladora da qualidade da água, inibindo sua degradação. Em relação à sazonalidade, a estação chuvosa teve influência no aumento dos parâmetros bário, ST e turbidez e apresentou a melhor variação no ajuste dos modelos.

Este trabalho objetivou contribuir para o debate dos impactos antrópicos sobre a qualidade da água fornecendo mais informação a partir de múltiplas extensões espaciais, a fim de que fosse possível fomentar ações direcionadas e eficazes para esse problema. Contudo, foram verificadas algumas limitações metodológicas como a resolução espacial dos mapas do MapBiomass e erros de comissão associados ao seu mapeamento. Outra limitação identificada diz respeito a falta de diversidade de métricas e de características da paisagem que acabaram sendo generalizadas nos mapas de uso e cobertura da terra. Além disso, o intervalo de tempo usado não permitiu verificar alterações abruptas em usos e coberturas que influenciam na qualidade da água.

Em relação à continuidade da pesquisa, verificam-se algumas possibilidades levantadas:

- Incursão no reconhecimento de pautas referentes aos conflitos socioambientais presentes na UH do rio Doce para identificar formas de contribuição científica de maneira prática e direta,
- Realização de classificação supervisionada de imagens com resolução espacial mais fina, como as imagens disponibilizadas gratuitamente do satélite Sentinel-2 a partir de 2015 que possui 10 m de resolução espacial, para que seja possível a distinção dos diferentes usos e coberturas da terra,

- Inclusão de outras variáveis que apresentam indicadores demográficos, sociais, econômicos e de saúde da área de estudo, e
- Redução no recorte espacial para uma UH com extensão menor para direcionamento da análise.

## 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Bacias Hidrográficas Ottocodificada (Nível 1)**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2018. Disponível em: <[http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/e4f86bece83c44e28501924a19c5a586\\_0?geometry=34.923%2C-65.577%2C-151.054%2C33.301](http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/e4f86bece83c44e28501924a19c5a586_0?geometry=34.923%2C-65.577%2C-151.054%2C33.301)>. Acesso em: 26 marc. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Comitês de Bacia Hidrográfica**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/comites-de-bacia-hidrografica>>. Acesso em: 6 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - Informe 2016**. Brasília. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>>. Acesso em: 6 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil, 2012 Resolução N° 466, De 12 De Dezembro De 2012**. Brasília. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466\\_12\\_12\\_2012.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html)>.

AIRES, U. R. V. et al. Changes in land use and land cover as a result of the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil. **Land Use Policy**, [s. l.], v. 70, n. October 2017, p. 63–70, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.026>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

ALBALAWNEH, A. et al. Using Landscape Metrics Analysis and Analytic Hierarchy Process to Assess Water Harvesting Potential Sites in Jordan. **Environments**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 415–434, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2076-3298/2/3/415>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

ALMEIDA, K. C. de B. **Avaliação da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas utilizando o método da entropia**. 2013. Universidade Federal de Minas Gerais, [s. l.], 2013. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1042M.PDF>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: <[http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil?af=crossref](http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ANSELIN, L. Spatial econometrics in RSUE: Retrospect and prospect. **Regional Science and Urban Economics**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 450–456, 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166046207000294>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ASF DAAC. **ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected low res.**  
 [AP\_23105\_FBD\_F6770\_RT1 / AP\_23105\_FBD\_F6780\_RT1 /  
 AP\_23105\_FBD\_F6790\_RT1 / AP\_22930\_FBD\_F6780\_RT1 /  
 AP\_23178\_FBD\_F6760\_RT1 / AP\_23280\_FBD\_F6790\_RT1 /  
 AP\_23280\_FBD\_F6800\_RT1 / AP\_23280\_FBD\_F6810\_RT1 /  
 AP\_23601\_FBD\_F6770\_RT1 / AP\_23105\_FBD\_F6800\_RT1 /  
 AP\_23105\_FBD\_F6810\_RT1 / AP\_23601\_FBD\_F6760\_RT1 /  
 AP\_23528\_FBD\_F6790\_RT1 / AP\_23528\_FBD\_F6800\_RT1 /  
 AP\_23528\_FBD\_F6810\_RT1 / AP\_18583\_FBD\_F6820\_RT1 /  
 AP\_18831\_FBD\_F6770\_RT1 / AP\_18831\_FBD\_F6820\_RT1 /  
 AP\_19254\_FBD\_F6770\_RT1 / AP\_19254\_FBD\_F6780\_RT1 /  
 AP\_07424\_FBD\_F6780\_RT1 / AP\_04988\_FBS\_F6820\_RT1]. Fairbanks: ©  
 JAXA/METI ALOS PALSAR L1.0 2007, 2015. Disponível em:  
 <<https://asf.alaska.edu>>. Acesso em: 01 jul. 2019.

AYOKO, G. A. et al. Exploratory multivariate modeling and prediction of the physico-chemical properties of surface water and groundwater. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 336, n. 1–2, p. 115–124, 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169406006779>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

BARTÓN, K. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2020.



BASTOS, L. G. Do sal da terra à sede do peixe: (des) governança, discurso e poder n desastre da Samarco/Vale/BHP. In. PINHEIRO, T. M. M.; POLIGNANO, M. V.; GOULART, E. M. A.; PROCÓPIO, J. de C. (orgs.). **Mar de lama da Samarco na bacia do rio Doce: em busca de respostas**. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2019.

BERTRAND, G.; TRICART, J. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 249–272, 1968. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/3389/2718>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

BILOTTA, G. S.; BRAZIER, R. E. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. **Water Research**, [s. l.], v. 42, n. 12, p. 2849–2861, 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135408001401>>. Acesso em: 15 maio. 2020.

BIVAND, R.; MÜLLER, W. G.; REDER, M. Package “spdep” September. **Computational Statistics & Data Analysis**, [s. l.], v. 53, n. 8, p. 176, 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/spdep/spdep.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

BORGES, M.; GALBIATTI, J.; FERRAUDO, A. Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d’Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 161–171, 2003. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/239554656\\_Monitoramento\\_da\\_Qualidade\\_e\\_Hidrica\\_e\\_Eficiencia\\_de\\_Interceptores\\_de\\_Esgoto\\_em\\_Cursos\\_d'Agua\\_Urbanos\\_da\\_Bacia\\_Hidrografica\\_do\\_Corrego\\_Jaboticabal](https://www.researchgate.net/publication/239554656_Monitoramento_da_Qualidade_e_Hidrica_e_Eficiencia_de_Interceptores_de_Esgoto_em_Cursos_d'Agua_Urbanos_da_Bacia_Hidrografica_do_Corrego_Jaboticabal)>. Acesso em: 24 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 25 de maio de 2012. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 17 de maio 2020.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 17 de maio 2020.

BUCK, O.; NIYOGI, D. K.; TOWNSEND, C. R. Scale-dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 130, n. 2, p. 287–299, 2004. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749103004093>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Model Selection and Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. **The Journal of Wildlife Management**, New York, v. 65, n. 2, p. 3, p. 606, 2001. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/3803117?origin=crossref>>. Acesso em: 27 jun. 2020.

CALLISTO, M. et al. **Bases Conceituais para Conservação e Manejo de Bacias Hidrográficas**. Belo Horizonte: CEMIG, 2019. Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/sustentabilidade/nossos\\_programas/ambientais/peixe\\_vivo/pesquisas/Documents/VII\\_Bases\\_Conceituais.pdf](https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/pesquisas/Documents/VII_Bases_Conceituais.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CANCHO, V. G. **Noções de Estatística e Probabilidade**. Ouro Preto.

CAO, W. et al. Nutrient export patterns from an agricultural catchment in southeast China. **IAHS-AISH Publication**, [s. l.], n. 289, p. 336–342, 2004. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228560118\\_Nutrient\\_export\\_patterns\\_from\\_an\\_agricultural\\_catchment\\_in\\_southeast\\_China](https://www.researchgate.net/publication/228560118_Nutrient_export_patterns_from_an_agricultural_catchment_in_southeast_China)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CARMO, F. F. Do et al. Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 145–151, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pecon.2017.06.002>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CASIMIRO, P. C.. Estrutura, composição e configuração da Paisagem, Conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da Ecologia da Paisagem. [s.i.]: **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**. p. 101-125, 2009.

COELHO, A. L. Bacia Hidrográfica do Rio Doce (MG / ES): Uma Análise Socioambiental. Vitória, p. 131–146, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/156>>. Acesso em: 1 jan. 2020.

COELHO, F. E. A. et al. Brazil unwisely gives pesticides a free pass. **Science**, [s. l.], v. 365, n. 6453, p. 552.2-553, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aay3150>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

COHEN, D. A. The rationed city: The politics of water, housing, and land use in drought-parched São Paulo. **Public Culture**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 261–289, 2016. Disponível em: <[https://read.dukeupress.edu/public-culture/article/28/2\(79\)/261/85795/The-Rationed-City-The-Politics-of-Water-Housing](https://read.dukeupress.edu/public-culture/article/28/2(79)/261/85795/The-Rationed-City-The-Politics-of-Water-Housing)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

COHEN, J. Multiple regression as a general data analytic system. Nova Iorque: **Psychological Bulletin**. v. 70, n. 6, 1968. Disponível em: <[http://bayes.acs.unt.edu:8083/BayesContent/class/Jon/MiscDocs/Cohen\\_1968.pdf](http://bayes.acs.unt.edu:8083/BayesContent/class/Jon/MiscDocs/Cohen_1968.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2020.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE - CBH-Doce. **Apresentação: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce**. Governador Valadares: CBH-Doce, 2016. Disponível em: <<http://www.cbhdoce.org.br/institucional/cbh-doce/apresentacao>>. Acesso em: 25 fev. 2020.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce e planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce. Volume I, Relatório Final, Minas Gerais, 2010. Disponível em: <[http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2016/12/PIRH\\_Doce\\_Volume\\_I.pdf](http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2016/12/PIRH_Doce_Volume_I.pdf)>. Acesso: 16 jan. 2020.

CRUZ, M. A. S. et al. Spatial and seasonal variability of the water quality characteristics of a river in Northeast Brazil. **Environmental Earth Sciences**, [s. l.], v. 78, n. 3, p. 0, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s12665-019-8087-5>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CUNHA, D. G. F.; SABOGAL-PAZ, L. P.; DODDS, W. K. Land use influence on raw

surface water quality and treatment costs for drinking supply in São Paulo State (Brazil). **Ecological Engineering**, [s. l.], v. 94, p. 516–524, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.063>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico hidroclimatológico da bacia do rio Doce**. 2008. Universidade Federal de Minas Gerais, [s. l.], 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9C5J9X>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

DALA-CORTE, R. B. et al. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 0, n. 1, p. 1–12, 2020. Disponível em: <<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.13657>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

DALA-CORTE, R. B. et al. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], n. April, p. 1365- 2664.13657, 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.13657>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

DOHERTY, P. F.; WHITE, G. C.; BURNHAM, K. P. Comparison of model building and selection strategies. **Journal of Ornithology**, [s. l.], v. 152, n. S2, p. 317–323, 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10336-010-0598-5>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

DUARTE, G. T. et al. The effects of landscape patterns on ecosystem services: meta-analyses of landscape services. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 33, n. 8, p. 1247–1257, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10980-018-0673-5>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ESTHER CARONE, B. et al. Relações entre tipo de vizinhança e efeitos de borda em fragmento florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 552, n. 4, p. 82–91, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/25150/pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

FARIA, M. P de; BOTELHO, M. Análise da causalidade do “acidente de trabalho da Samarco”. In. PINHEIRO, T. M. M.; POLIGNANO, M. V.; GOULART, E. M. A.;

PROCÓPIO, J. de C. (orgs.). **Mar de lama da Samarco na bacia do rio Doce: em busca de respostas**. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2019.

FARIA, M. **Barragens de rejeito já causaram diversas em Minas Gerais; relembre**. Minas Gerais: Estado de Minas, 2015. Acesso em <[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/05/interna\\_gerais,705019/barragens-de-rejeito-ja-causaram-diversas-tragedias-em-minas-gerais-r.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/05/interna_gerais,705019/barragens-de-rejeito-ja-causaram-diversas-tragedias-em-minas-gerais-r.shtml)>. Acesso em 26 de março de 2020.

FERNANDES, G. W. et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 35–45, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ncon.2016.10.003>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

FIELD, A. **Descobrimo a estatística usando o SPSS**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4320753/mod\\_resource/content/1/2011\\_Field%28completo%29Descobrimo a estatística com SPSS.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4320753/mod_resource/content/1/2011_Field%28completo%29Descobrimo%20a%20estatistica%20com%20SPSS.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2020.

FIGUEIRÓ, A. S. **Biogeografia: Dinâmicas e Transformações da Natureza**. São Paulo, Oficina de Textos, 2015.

FIOROTT, T. H.; ZANETI, I. C. B. B. Tragédia do povo krenak pela morte do Rio Doce/Uatu, no desastre da Samarco/Vale/BHP, Brasil. **Fronteiras**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 127–146, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/2444/2077>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

FRANÇA, J. S. et al. Student monitoring of the ecological quality of neotropical urban streams. **Ambio**, [s. l.], v. 48, n. 8, p. 867–878, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30448993/>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

FREITAS, E. S. D. M.; DEL GAUDIO, R. S. Crise ecológica, escassez hídrica e ideologias: uma análise crítica da carta de 2070. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 439–452, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/sn/v27n3/0103-1570-sn-27-3-0439.pdf>>. Acesso em: 15

jan. 2020.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley. 1986.

GOMES, L. E. de O. et al. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 120, n. 1–2, p. 28–36, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.056>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

GONZALES-INCA, C. A. et al. Multiscale Landscape Pattern Affecting on Stream Water Quality in Agricultural Watershed, SW Finland. **Water Resources Management**, [s. l.], v. 29, n. 5, p. 1669–1682, 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11269-014-0903-9>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

GOTELLI, N. J.; ELLINSON, A. M. **A Primer of Ecological Statistics**. Sunderland: Sinauer. 2013, 2 ed.

GYAWALI, S. et al. Assessment of Relationship between Land uses of Riparian Zone and Water Quality of River for Sustainable Development of River Basin, A Case Study of U-Tapao River Basin, Thailand. **Procedia Environmental Sciences**, [s. l.], v. 17, p. 291–297, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.041>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

HELENA PINTO, L.; PINHEIRO, S. A. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana** Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2006. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha Drenagem.pdf](http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha_Drenagem.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

HERRMANN, GISELA; MACHADO, RICARDO BONFIM; MACEDO, D. R. Planejamento para conservação da biodiversidade regional: uma proposta metodológica para indicação de áreas prioritárias para recuperação, formação de microcorredores e criação de unidades de conservação. **Valor Natural**, Belo Horizonte, p. 118–181, 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/320172911\\_Planejamento\\_para\\_a\\_Conservacao\\_da\\_Biodiversidade\\_Regional\\_uma\\_proposta\\_metodologica\\_para\\_a\\_indicacao\\_de\\_areas\\_prioritarias\\_para\\_a\\_recuperacao\\_formacao\\_de\\_microcorredores\\_e\\_criacao\\_de\\_unidades\\_de\\_cons](https://www.researchgate.net/publication/320172911_Planejamento_para_a_Conservacao_da_Biodiversidade_Regional_uma_proposta_metodologica_para_a_indicacao_de_areas_prioritarias_para_a_recuperacao_formacao_de_microcorredores_e_criacao_de_unidades_de_cons)>. Acesso em: 29 abr. 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório 2019 Indústria Brasileira de Árvores**. São Paulo. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>.

Acesso em: 15 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades@**. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 27 jun. 2020.

INSTITUTO MINEIRA DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Encarte Especial Sobre a Qualidade Das Águas Do Rio Doce Após 4 Anos Do Rompimento De Barragem De Fundão - 2015/2019, 2019**. Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2020/QUALIDADE\\_AGUAS/Encarte\\_4\\_a\\_nos\\_-\\_Desastre\\_Doce\\_-\\_Final.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2020/QUALIDADE_AGUAS/Encarte_4_a_nos_-_Desastre_Doce_-_Final.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. **Parque Estadual do Rio Doce**. Belo Horizonte: IEF, 2019. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view>>. Acesso em: 20 maio 2020.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 353–360, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522015000300353&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000300353&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

KANG, J. H. et al. Linking land-use type and stream water quality using spatial data of fecal indicator bacteria and heavy metals in the Yeongsan river basin. **Water Research**, [s. l.], v. 44, n. 14, p. 4143–4157, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2010.05.009>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

KIRSTEN, José. T.; RABAHY, Wilson, A. **Estatística Aplicada às Ciências Humanas e ao Turismo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

KRENAK, A. **Ideias para adiar o fim do mundo**. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

LAMPARTER, G. et al. Modelling hydrological impacts of agricultural expansion in

two macro-catchments in Southern Amazonia, Brazil. **Regional Environmental Change**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 91–103, 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10113-016-1015-2>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009.

LEMOS, R. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; WSTANE, C. Planejamento e gestão territorial: reflexões a partir da modernidade, da ciência e da participação social. **Caderno de Geografia**, [s. l.], v. 29, n. 58, p. 726–745, 2019. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19570>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

LI, K. et al. Identifying the critical riparian buffer zone with the strongest linkage between landscape characteristics and surface water quality. **Ecological Indicators**, [S.l.], v. 93, n. April, p. 741–752, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.030>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

LIMA, H. S. **Qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio Doce e sua relação com aspectos socioambientais**. 2016. UFMG, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1178M.PDF>>. Acesso em: 11 maio. 2020.

LIMA, R. D. S.; ROCHA, C. Sensoriamento remoto e métricas de ecologia da paisagem aplicadas na análise da fragmentação florestal no município de Juiz de Fora–MG em 1987 e 2008. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba**, Curitiba, n. 1998, p. 2067–2074, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0492.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

LUNDQUIST, V. G. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. **Acta Psychiatrica Scandinavica**, [s. l.], v. 39, n. s169, p. 7–13, 1963. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0447.1963.tb07839.x>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MACEDO, D. R. et al. The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in cerrado biome streams. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 1001–1016, 2014. Disponível em:



<<http://link.springer.com/10.1007/s10980-014-0036-9>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MACEDO, D. R.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Percepção social no programa de restauração de cursos d'água urbanos em Belo Horizonte. **Sociedade & Natureza**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 51–63, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-45132011000100005&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132011000100005&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MACEDO, D. R.; MAGALHÃES Jr, A. P. Restauração e Reabilitação de Cursos d'Água. In: MAGALHÃES Jr, A. P.; BARROS, L.F.P. (Org.). **Hidrogeomorfologia: Formas, Processos e Registros Sedimentares Fluviais**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, Brasil, 2020, p. 353-380.

MAILLARD, P.; SANTOS, N. A. P. A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed - Brazil. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 86, n. 1, p. 158–170, 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479706004026>>. Acesso em: 1 jan. 2020.

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. [S.l.]: MapBiomass, 2019. Disponível em: <<http://MapBiomass.org/>>. Acesso em: 14 de mar. 2020.

MARTINS, L. K. L. A. **Contribuições para monitoramento de balneabilidade em águas doces no brasil**. 2012. Universidade Federal de Minas Gerais, [s. l.], 2012. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1005M.PDF>>. Acesso em: 15 maio. 2020.

MARZIN, A.; VERDONSCHOT, P. F. M.; PONT, D. The relative influence of catchment, riparian corridor, and reach-scale anthropogenic pressures on fish and macroinvertebrate assemblages in French rivers. **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 704, n. 1, p. 375–388, 2013. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10750-012-1254-2>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MCGARIGAL, K. Fragstats Help. **Fragstats Help**, Amherst, n. April, p. 1–182, 2015. Disponível em:

<<https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

MELLO, K. De et al. Impacts of tropical forest cover on water quality in agricultural watersheds in southeastern Brazil. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 93, n. December 2017, p. 1293–1301, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.030>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MELLO, K. De et al. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 270, n. June, p. 110879, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110879>%0Ahttps://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479720308094>. Acesso em: 15 jun. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Priority areas for the conservation, sustainable use and benefit sharing of brazilian biological diversity**. Brasília: MMA, 2007. Disponível: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/\\_arquivos/Priority\\_Area\\_Book.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Priority_Area_Book.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2019.

MOLIN, P. G. et al. Spatial determinants of Atlantic Forest loss and recovery in Brazil. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 857–870, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10980-017-0490-2>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MOLOTOKS, A. et al. Global projections of future cropland expansion to 2050 and direct impacts on biodiversity and carbon storage. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 24, n. 12, p. 5895–5908, 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/gcb.14459>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, [s. l.], v. 40, n. 9, p. 1094–1110, 2017. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia\\_pdf.asp?aid2=6640&nomeArquivo=RV20170146.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=6640&nomeArquivo=RV20170146.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MORI, G. B. et al. Influence of landscape properties on stream water quality in agricultural catchments in Southeastern Brazil. **Annales de Limnologie**, [s. l.], v. 51,

n. 1, p. 11–21, 2015. Disponível em: <limnology-journal.org/articles/limn/abs/2015/01/limn130085/limn130085.html>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MORLEY, S. A.; KARR, J. R. Assessing and Restoring the Health of Urban Streams in the Puget Sound Basin. **Conservation Biology**, [S.l.], v. 16, n. 6, p. 1498–1509, 2002. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1046/j.1523-1739.2002.01067.x>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MWAIJENGO, G. N. et al. Where does land use matter most? Contrasting land use effects on river quality at different spatial scales. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 715, p. 134825, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134825>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazonica**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 183–192, 2006. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0044-59672006000200008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0044-59672006000200008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

NATHALIA SUEMI, S. et al. Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 201–210, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/floram/v23n2/2179-8087-floram-2179-8087119814.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

OLIVEIRA, B. R. De; CARVALHO-RIBEIRO, S. M.; MAIA-BARBOSA, P. M. A multiscale analysis of land use dynamics in the buffer zone of Rio Doce State Park, Minas Gerais, Brazil. **Journal of Environmental Planning and Management**, [s. l.], v. 63, n. 5, p. 935–957, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1617681>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

OLIVEIRA, L. M. De. **Análise da Relação entre Uso do Solo e Liberação dos Nutrientes Fósforo e Nitrogênio nas Águas Superficiais do Rio das Velhas Utilizando Árvores de Decisão e Regressão Múltipla**. 2016. Universidade Federal de Minas Gerais, [s. l.], 2016. Disponível em:

<<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/EQVA-BBWJV3>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

OLIVEIRA, L. M.; MAILLARD, P.; ANDRADE PINTO, E. J. Application of a land cover pollution index to model non-point pollution sources in a Brazilian watershed. **Catena**, [s. l.], v. 150, p. 124–132, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.015>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

OLIVEIRA, L. M.; MAILLARD, P.; DE ANDRADE PINTO, É. J. Modeling the effect of land use/land cover on nitrogen, phosphorous and dissolved oxygen loads in the Velhas River using the concept of exclusive contribution area. **Environmental Monitoring and Assessment**, Gewerbesraße, v. 188, n. 6, p. 333, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10661-016-5323-2>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

OLIVEIRA, L. S. C. et al. Efeito de borda em remanescentes de floresta Atlântica na bacia do rio Tapacurá, Pernambuco. **Cerne**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 169–174, 2015. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0104-77602015000200169&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-77602015000200169&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

OMERNIK, J. M. et al. How Misapplication of the Hydrologic Unit Framework Diminishes the Meaning of Watersheds. **Environmental Management**, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 1–11, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00267-017-0854-z>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

PAULA, F. R. et al. Influence of forest cover on in-stream large wood in an agricultural landscape of southeastern Brazil: A multi-scale analysis. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 13–27, 2013. Disponível em: <<https://www.limnology-journal.org/articles/limn/abs/2015/01/limn130085/limn130085.html>>. Acesso em: 5 abr. 2020.

PENIDO, G.; RIBEIRO, V.; FORTUNATO, D. Edge effect on post-dispersal artificial seed predation in the southeastern Amazonia, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 75, n. 2, p. 347–351, 2015.

PINHEIRO, A. et al. Relação Entre o Uso do Solo e a Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica Rural no Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 127–139, 2014. Disponível em:

<<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=168&SUMARIO=4788>>.

Acesso em: 15 abr. 2020.

PINHEIRO, T. M. M.; GOULART, M. vinicius P. E. M. A.; PROCÓPIO, J. de C. **Mar de Lama Da Samarco na Bacia do Rio Doce em Busca de Respostas**. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2019. Disponível em: <[https://issuu.com/cbhriodasvelhas/docs/livro\\_mar\\_de\\_lama\\_da\\_samarco-\\_rev\\_08\\_04\\_19\\_final](https://issuu.com/cbhriodasvelhas/docs/livro_mar_de_lama_da_samarco-_rev_08_04_19_final)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

POLIGNANO, M. V. et al. **Diagnóstico Preliminar - Meta 2014: Revitalização da bacia do rio das Velhas**. Belo Horizonte: Manuelzão, 2012. Disponível em: <[http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Biblioteca\\_Virtual/DIAGNOSTICO\\_PRELIMINAR\\_POLUICAO\\_DIFUSA\\_-\\_META2014.pdf](http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Biblioteca_Virtual/DIAGNOSTICO_PRELIMINAR_POLUICAO_DIFUSA_-_META2014.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical, 2017. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 20 marc. 2019.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

RODRIGUES, C. B. et al. Eucalyptus Short-Rotation Management Effects on Nutrient and Sediments in Subtropical Streams. **Forests**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 519, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1999-4907/10/6/519>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

RUCHKYS, Ú. de A.; CASTRO, P. de T. A.; MIRANDA, M. P. S. Mineração em Geossistemas Ferruginosos e Questões de Geoética: o Caso do Rompimento da Barragem de Córrego do Feijão, Minas Gerais – Brasil. **Confins**, [s. l.], n. 40, p. 1–15, 2019. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/19973>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

RUTLEDGE, D. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? **Doc Science Internal Series 98**, Wellington, 2003. Disponível em: <<http://www.doc.govt.nz/documents/science-and->

technical/DSIS98.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

SANTOS, A. B. dos. **Colonização, Quilombos, Modos e Significações**. Brasília: INCTI/UnB, 2015.

SANTOS, J. F. C. Dos et al. Potential areas for the formation of ecological corridors between remnants of atlantic forest. **Revista Árvore**, [s. l.], v. 40, n. 5, p. 803–813, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622016000500803&lng=en&tln=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622016000500803&lng=en&tln=en)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SANTOS, J. P. dos; GIANASI, L. M.; PARREIRAS, G. de O. Recursos didáticos para o entendimento dos efeitos da urbanização sobre os rios urbanos: o caso da microbacia do Córrego João Gomes Cardoso – Contagem/MG. In.: **A relação das cidades com os rios**. Belo Horizonte: Revista Eletrônica do Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte, v. 6, n. 6, 2019.

SANTOS, V. L. dos. **Concentração de Bário e Elementos-Traço nos Córregos Areai e Feio em Araxá-MG**. 2017. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/18621/3/ConcentracaoBarioElementos.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

SANTOS, J. P. et al. Relações entre qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais. **Revista Espinhaço**, Diamantina, v. 6, n. 2, p. 36–46, 2017. Disponível em: <<http://www.revistaespinhaco.com/index.php/journal/article/view/173/135>>. Acesso em: 27 jul. 2019.

SANTOS, N. A. P. **Uma abordagem metodológica para determinar a influência do uso e da cobertura do solo como fonte de poluição difusa na alteração da qualidade da água na Bacia do Rio das Velhas**. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

SAVAZZI, E. A. **Determinação da presença de Bário , Chumbo e Crômio em amostras de água subterrânea coletadas no Aquífero Bauru**. 2008. Catálogo USP, São Paulo, 2008. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60134/tde-04062009-164102/pt->

br.php>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. 1. ed. Ilhéus. Disponível em: <[http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos\\_de\\_bacias.pdf](http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SCHUFT, M. J. et al. Development of landscape metrics for characterizing riparian-stream networks. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, St. Corvallis, v. 65, n. 10, p. 1157–1167, 1999. Disponível em: <[https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1999journal/oct/1999\\_oct\\_1157-1167.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1999journal/oct/1999_oct_1157-1167.pdf)>. Acesso em: 1 jan. 2020.

SEABER, P. R.; KAPINOS, F. P.; KNAPP, G. L. **Hydrologic Unit Maps: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2294**, 1987. Disponível em: <[http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2294/pdf/wsp\\_2294.pdf](http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2294/pdf/wsp_2294.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SEDRU, S. de E. de D. R. **Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana - MG** **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana - MG**. Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor\\_assets/attachments/770/relatorio\\_final\\_ft\\_03\\_02\\_2016\\_15h5min.pdf](http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/770/relatorio_final_ft_03_02_2016_15h5min.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SEEBONRUANG, U. A statistical assessment of the impact of land uses on surface water quality indexes. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 101, p. 134–142, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.10.019>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SHEN, Z. et al. Impact of landscape pattern at multiple spatial scales on water quality: A case study in a typical urbanised watershed in China. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 48, p. 417–427, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.019>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SHIMIZU, J. Y. **Pinus na Silvicultura Brasileira**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179582/1/Pinus-na-silvicultura->

brasileira.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019. Disponível em: <idesisema.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso em: 14 de out. 2019.

SLIVA, L.; DUDLEY WILLIAMS, D. Buffer Zone versus Whole Catchment Approaches to Studying Land Use Impact on River Water Quality. **Water Research**, [S.l.], v. 35, n. 14, p. 3462–3472, 2001. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135401000628>>. Acesso em: 27 jul. 2019.

SONE, J. S. et al. Water provisioning improvement through payment for ecosystem services. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 655, p. 1197–1206, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.319>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SOUZA, CARLA O. J. **Interpretação Morfotectônica da Bacia do Rio Doce**. 1995, 144f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

STRASSBURG, B. B. N. et al. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 84–97, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

STUTTER, M. et al. Evaluating the use of in-situ turbidity measurements to quantify fluvial sediment and phosphorus concentrations and fluxes in agricultural streams. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 607–608, p. 391–402, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.013>>. Acesso em: 15 maio. 2020.

SUN, Y. et al. Scale Effects on Spatially Varying Relationships Between Urban Landscape Patterns and Water Quality. **Environmental Management**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 272–287, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00267-014-0287-x>>. Acesso em: 15 abr. 2020.



TANAKA, M. O. et al. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s. l.], v. 216, p. 333–339, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.016>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

TANIWAKI, R. H. et al. Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 584–585, p. 339–347, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969716328406>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

THOMPSON, F. et al. Severe impacts of the Brumadinho dam failure (Minas Gerais, Brazil) on the water quality of the Paraopeba River. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 705, p. 135914, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135914>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

TRAN, C. P. et al. Land-use proximity as a basis for assessing stream water quality in New York State (USA). **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 727–733, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X09002015>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

TRATA BRASIL. **Esgoto**. 2019. [s.i.]: Instituto Trata Brasil. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>>. Acesso em: 15 maio 2020.

TROMBONI, F.; DODDS, W. K. Relationships Between Land Use and Stream Nutrient Concentrations in a Highly Urbanized Tropical Region of Brazil: Thresholds and Riparian Zones. **Environmental Management**, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 30–40, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00267-017-0858-8>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process**. 2. ed. Frostburg: Springer, 2015.

TYERS, M. Package “riverdist”. [s. l.], 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/riverdist/riverdist.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2020.

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 49 p., 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 27 de fev. de 2020.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Hydrologic Unit Maps**. Reston: U.S. Department of the Interior e U.S. Geological Survey, 2020. Disponível em: <<http://water.usgs.gov/GIS/huc.html>>. Acesso em: 30 maio 2020.

URIARTE, M. et al. Influence of land use on water quality in a tropical landscape: A multi-scale analysis. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 26, n. 8, p. 1151–1164, 2011.

UUEMAA, E. Indicatory value of landscape metrics for river water quality and landscape pattern. [s. l.], n. May, p. 56, 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/234024808\\_Landscape\\_metrics\\_as\\_indicators\\_of\\_river\\_water\\_quality\\_at\\_catcment\\_scale](https://www.researchgate.net/publication/234024808_Landscape_metrics_as_indicators_of_river_water_quality_at_catcment_scale)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

UUEMAA, E.; MANDER, Ü.; MARJA, R. Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 28, p. 100–106, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.018>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

VALERI, S.V.; POLITANO, W; SENO, K.C.A.; BARRETO, A.L.N.M. (EDITORES) **Manejo e recuperação Florestal**. Jaboticabal, Funep. 2003, 180 p.

VALLE JÚNIOR, R. F. Do et al. Diagnosis of degraded pastures using an improved NDVI-based remote sensing approach: An application to the Environmental Protection Area of Uberaba River Basin (Minas Gerais, Brazil). **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, [s. l.], v. 14, p. 20–33, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.02.001>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

VANZELA, L. S.; HENANDEZ, F. B. T.; LIMA, R. C.; GARGANTINI, P. E. Influência antrópica no transporte de sedimentos em microbacia degradada. **XV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem 16 a 21 de outubro de 2005 – Teresina – PI**, Teresina, n. Xv, 2005. Disponível em: <[http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/conird2005\\_vanzela.pdf](http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/conird2005_vanzela.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2020.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

XIAO, R. et al. Multi-scale analysis of relationship between landscape pattern and urban river water quality in different seasons. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 6, n. May, p. 1–10, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/srep25250>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

YOUNG, R. A. et al. AGNPS: A nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds. **J. Soil Water Conservat.**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 168–173, 1989. Disponível em: <<https://www.jswnonline.org/content/44/2/168>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ZHANG, X. et al. Geo-cognitive computing method for identifying “source-sink” landscape patterns of river basin non-point source pollution. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Bethesda, v. 10, n. 5, p. 55–68, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6121383/>>. Acesso em: 27 jul. 2019.

## APÊNDICE A – Estações de monitoramento hidrológico utilizadas

| Estação | Implant.   | Curso d'água           | Município                  | UPGRH                   | Latitude (GSM)   | Longitude (GSM)  |
|---------|------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| RD001   | 7/28/1997  | Rio Piranga            | Piranga                    | DO1 - Rio Piranga       | -20° 41' 18,661" | -43° 18' 8,42"   |
| RD004   | 12/17/1999 | Rio Xopoto             | Presidente Bernardes       | DO1 - Rio Piranga       | -20° 47' 6,997"  | -43° 6' 56,995"  |
| RD007   | 7/28/1997  | Rio Piranga            | Porto Firme                | DO1 - Rio Piranga       | -20° 40' 18,995" | -43° 5' 30,995"  |
| RD009   | 12/17/1999 | Rio do Carmo           | Mariana                    | DO1 - Rio Piranga       | -20° 21' 0"      | -43° 19' 5,002"  |
| RD013   | 7/28/1997  | Rio Piranga            | Ponte Nova                 | DO1 - Rio Piranga       | -20° 22' 59,801" | -42° 54' 8,5"    |
| RD018   | 12/16/1999 | Rio Casca              | Rio Casca                  | DO1 - Rio Piranga       | -20° 5' 53,002"  | -42° 37' 46,996" |
| RD019   | 7/29/1997  | Rio Doce               | Rio Casca                  | DO1 - Rio Piranga       | -20° 1' 18,995"  | -42° 45' 7,999"  |
| RD021   | 10/16/1998 | Rio Matipo             | Raul Soares                | DO1 - Rio Piranga       | -20° 4' 35,774"  | -42° 27' 58,608" |
| RD023   | 8/3/1989   | Rio Doce               | Marliéria, Pingo D'água    | DO1 - Rio Piranga       | -19° 45' 34,999" | -42° 29' 6"      |
| RD025   | 8/2/1989   | Rio Piracicaba         | Rio Piracicaba             | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 56' 21,889" | -43° 10' 48,994" |
| RD026   | 12/13/1999 | Rio Piracicaba         | João Monlevade             | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 50' 4,337"  | -43° 7' 38,431"  |
| RD027   | 6/18/1990  | Rio Santa Bárbara      | São Gonçalo do Rio Abaixo  | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 48' 36"     | -43° 14' 0"      |
| RD029   | 7/30/1997  | Rio Piracicaba         | Nova Era                   | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 46' 0,995"  | -43° 2' 38,998"  |
| RD030   | 12/13/1999 | Rio do Peixe           | Nova Era                   | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 44' 3,75"   | -43° 1' 41,236"  |
| RD031   | 12/13/1999 | Rio Piracicaba         | Coronel Fabriciano         | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 31' 33,859" | -42° 39' 28,782" |
| RD032   | 12/13/1999 | Rio Piracicaba         | Antônio Dias               | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 37' 11,798" | -42° 48' 2,714"  |
| RD033   | 7/30/1997  | Rio Doce               | Belo Oriente, Bugre        | DO5 - Rio Caratinga     | -19° 19' 38,935" | -42° 2' 32,977"  |
| RD034   | 12/14/1999 | Rio Piracicaba         | Coronel Fabriciano         | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 31' 48,27"  | -42° 36' 9,176"  |
| RD035   | 12/14/1999 | Rio Doce               | Ipatinga                   | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 29' 18,996" | -42° 29' 38,998" |
| RD039   | 7/30/1997  | Rio Santo Antônio      | Naque                      | DO3 - Rio Santo Antônio | -19° 13' 25,036" | -42° 20' 34,685" |
| RD040   | 12/14/1999 | Rio Corrente Grande    | Governador Valadares       | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -19° 1' 14,948"  | -42° 9' 45,529"  |
| RD044   | 12/14/1999 | Rio Doce               | Governador Valadares       | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 53' 0"      | -41° 57' 10,001" |
| RD045   | 8/4/1989   | Rio Doce               | Governador Valadares       | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 51' 36,194" | -41° 50' 1,356"  |
| RD049   | 7/31/1997  | Rio Suaçuí Grande      | Frei Inocêncio             | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 34' 35,998" | -41° 55' 14,002" |
| RD053   | 7/31/1997  | Rio Doce               | Galliléia, Tumiritinga     | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 58' 10,193" | -41° 38' 49,394" |
| RD056   | 12/16/1999 | Rio Caratinga          | Caratinga                  | DO5 - Rio Caratinga     | -19° 43' 36,001" | -42° 7' 58,998"  |
| RD057   | 7/30/1997  | Rio Caratinga          | Conselheiro Pena           | DO5 - Rio Caratinga     | -19° 4' 15,78"   | -41° 32' 39,833" |
| RD058   | 12/15/1999 | Rio Doce               | Conselheiro Pena           | DO5 - Rio Caratinga     | -19° 9' 58,846"  | -41° 27' 35,69"  |
| RD059   | 12/15/1999 | Rio Doce               | Resplendor                 | DO6 - Rio Manhuae       | -19° 20' 45,719" | -41° 14' 19,496" |
| RD064   | 12/16/1999 | Rio Manhuaçu           | Santana do Manhuaçu        | DO6 - Rio Manhuaan      | -20° 6' 59,112"  | -41° 55' 9,804"  |
| RD065   | 7/31/1997  | Rio Manhuaçu           | Aimorés                    | DO6 - Rio Manhuaim      | -19° 29' 51"     | -41° 10' 9,998"  |
| RD067   | 12/15/1999 | Rio Doce               | Aimorés                    | DO6 - Rio Manhuaçu      | -19° 30' 20,002" | -41° 0' 47,002"  |
| RD068   | 5/27/2008  | Rio Piranga            | Ressaquinha                | DO1 - Rio Piranga       | -21° 3' 37,919"  | -43° 39' 25,258" |
| RD069   | 5/27/2008  | Rio Piranga            | Rio Espera                 | DO1 - Rio Piranga       | -20° 49' 24,899" | -43° 35' 39,48"  |
| RD070   | 5/28/2008  | Rio Turvo Limpo        | Guaraciaba                 | DO1 - Rio Piranga       | -20° 34' 45,66"  | -42° 59' 16,678" |
| RD071   | 5/29/2008  | Rio do Carmo           | Barra Longa                | DO1 - Rio Piranga       | -20° 16' 58,199" | -43° 1' 56,338"  |
| RD072   | 5/28/2008  | Rio Doce               | Rio Doce                   | DO1 - Rio Piranga       | -20° 16' 30"     | -42° 54' 54"     |
| RD073   | 5/28/2008  | Ribeirão do Sacramento | Bom Jesus Do Galho         | DO1 - Rio Piranga       | -19° 42' 32,22"  | -42° 26' 43,44"  |
| RD074   | 7/24/2008  | Rio Piracicaba         | Mariana                    | DO2 - Rio Piracicaba    | -20° 10' 43,597" | -43° 24' 47,398" |
| RD075   | 7/24/2008  | Rio Piracicaba         | Alvinópolis                | DO2 - Rio Piracicaba    | -20° 9' 35,597"  | -43° 17' 40,499" |
| RD076   | 7/24/2008  | Rio da Prata           | Nova Era                   | DO2 - Rio Piracicaba    | -19° 47' 2,998"  | -43° 0' 11,599"  |
| RD077   | 2/12/2008  | Rio Santo Antônio      | Conceição do Mato Dentro   | DO3 - Rio Santo Antônio | -19° 4' 22,138"  | -43° 26' 43,44"  |
| RD078   | 2/12/2008  | Rio Preto do Itambé    | São Sebastião do Rio Preto | DO3 - Rio Santo Antônio | -19° 17' 15,72"  | -43° 10' 40,436" |
| RD079   | 2/13/2008  | Rio do Peixe           | Carmésia                   | DO3 - Rio Santo Antônio | -19° 5' 51,54"   | -43° 10' 16,86"  |
| RD080   | 2/13/2008  | Rio do Tanque          | Ferros                     | DO3 - Rio Santo Antônio | -19° 17' 3,779"  | -43° 0' 57,539"  |
| RD081   | 2/13/2008  | Rio Santo Antônio      | Ferros                     | DO3 - Rio Santo Antônio | -19° 13' 16,86"  | -42° 52' 47,399" |
| RD082   | 2/13/2008  | Rio Guanhões           | Dores de Guanhões          | DO3 - Rio Santo Antônio | -19° 3' 10,08"   | -42° 52' 41,88"  |
| RD083   | 4/28/2008  | Rio Doce               | Fernandes Tourinho         | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -19° 5' 42,198"  | -42° 9' 17,1"    |
| RD084   | 3/12/2008  | Rio Suaçuí Pequeno     | Governador Valadares       | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 47' 0"      | -42° 8' 20,897"  |
| RD085   | 3/14/2008  | Rio Suaçuí Grande      | Coluna                     | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 21' 19,598" | -42° 47' 28,997" |
| RD086   | 3/12/2008  | Rio Suaçuí Grande      | Santa Maria do Suaçuí      | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 22' 33,197" | -42° 17' 54,899" |
| RD087   | 3/13/2008  | Rio Urupeca            | Itambacuri , São José      | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 24' 54,4"   | -42° 3' 7,297"   |
| RD088   | 3/13/2008  | Rio Itambacuri         | Frei Inocêncio             | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 35' 20,897" | -41° 47' 57,397" |
| RD089   | 3/11/2008  | Rio Suaçuí Grande      | Governador Valadares       | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -18° 51' 0,698"  | -41° 47' 3,797"  |
| RD090   | 4/28/2008  | Ribeirão Traíras       | Alpercata, Tumiritinga     | DO5 - Rio Caratinga     | -18° 57' 29,099" | -41° 54' 53,399" |
| RD091   | 4/29/2008  | Córrego do Pi          | Santa Bárbara Do Leste     | DO5 - Rio Caratinga     | -19° 59' 41,798" | -42° 8' 46,198"  |
| RD092   | 4/29/2008  | Rio Preto              | Inhapim                    | DO5 - Rio Caratinga     | -19° 30' 28,199" | -41° 52' 0"      |
| RD093   | 4/29/2008  | Rio Caratinga          | Tarumirim                  | DO5 - Rio Caratinga     | -19° 20' 45,697" | -41° 50' 59,899" |
| RD094   | 3/13/2008  | Rio do Eme             | Resplendor                 | DO4 - Rio Suaçuí Grande | -19° 10' 33,298" | -41° 17' 43,098" |
| RD095   | 5/20/2008  | Rio Manhuaçu           | Manhuaçu                   | DO6 - Rio Manhuaçu      | -20° 17' 22,798" | -42° 8' 50,64"   |
| RD096   | 5/20/2008  | Rio São Mateus         | Manhuaçu                   | DO6 - Rio Manhuaçu      | -20° 9' 22,018"  | -41° 58' 4,498"  |
| RD097   | 5/21/2008  | Rio José Pedro         | Pocrane                    | DO6 - Rio Manhuaçu      | -19° 39' 8,039"  | -41° 27' 27,418" |
| RD098   | 4/29/2008  | Rio Manhuaçu           | Inhapim, Pocrane           | DO6 - Rio Manhuaçu      | -19° 31' 52,997" | -41° 39' 14,497" |
| RD099   | 7/24/2008  | Rio Máquina            | Catas Altas                | DO2 - Rio Piracicaba    | -20° 4' 24,499"  | -43° 24' 42,998" |

Fonte: (SISEMA, 2019).

## APÊNDICE B – Qualidade da água

| Qualidade da água - Janeiro de 2008 |       |         |      |          |
|-------------------------------------|-------|---------|------|----------|
| Estação                             | Bário | Nitrato | ST   | Turbidez |
| RD001                               | -0,60 | -0,70   | 2,86 | 2,64     |
| RD004                               | -0,51 | -0,70   | 2,98 | 2,75     |
| RD007                               | -0,49 | -1,00   | 3,07 | 2,87     |
| RD009                               | -0,17 | -0,10   | 2,99 | 2,29     |
| RD013                               | -0,52 | -0,70   | 2,83 | 2,89     |
| RD018                               | -0,39 | -0,30   | 2,92 | 2,65     |
| RD019                               | -0,51 | -0,70   | 2,95 | 2,96     |
| RD021                               | -0,48 | -0,70   | 2,57 | 2,27     |
| RD023                               | -0,46 | -0,22   | 3,08 | 2,90     |
| RD025                               | -0,89 | -1,00   | 2,51 | 2,29     |
| RD026                               | -0,82 | -0,70   | 2,85 | 2,30     |
| RD027                               | -0,96 | -0,70   | 2,64 | 2,00     |
| RD029                               | -0,89 | -0,70   | 2,61 | 2,23     |
| RD030                               | -0,34 | 0,00    | 2,89 | 2,22     |
| RD031                               | -0,66 | -0,70   | 2,95 | 2,87     |
| RD032                               | -0,74 | -0,40   | 2,78 | 2,33     |
| RD033                               | -0,40 | 0,62    | 3,09 | 2,89     |
| RD034                               | -0,64 | -0,40   | 3,03 | 2,86     |
| RD035                               | -0,43 | -0,52   | 3,05 | 2,85     |
| RD039                               | -0,62 | 0,63    | 2,96 | 2,82     |
| RD040                               | -0,30 | 0,54    | 3,16 | 3,09     |
| RD044                               | -0,46 | 0,62    | 3,02 | 2,75     |
| RD045                               | -0,47 | 0,23    | 3,06 | 2,87     |
| RD049                               | -0,09 | 0,54    | 3,35 | 3,36     |
| RD053                               | -0,39 | 0,36    | 3,12 | 2,92     |
| RD056                               | -0,21 | 0,18    | 2,90 | 2,51     |
| RD057                               | -0,06 | 0,45    | 3,25 | 3,00     |
| RD058                               | -0,24 | 0,51    | 3,31 | 3,23     |
| RD059                               | -0,19 | 0,67    | 3,25 | 3,26     |
| RD064                               | -0,31 | 0,20    | 3,19 | 3,10     |
| RD065                               | -0,06 | 0,59    | 3,40 | 3,41     |
| RD067                               | -0,24 | 0,56    | 3,12 | 3,42     |

| Qualidade da água - Julho de 2008 |       |         |      |          |
|-----------------------------------|-------|---------|------|----------|
| Estação                           | Bário | Nitrato | ST   | Turbidez |
| RD001                             | -0,72 | 0,32    | 2,69 | 1,96     |
| RD004                             | -0,37 | 0,15    | 2,63 | 2,18     |
| RD007                             | -0,72 | 0,26    | 2,65 | 2,16     |
| RD009                             | -0,19 | 0,48    | 3,10 | 2,06     |
| RD013                             | -0,72 | 0,28    | 3,05 | 2,67     |
| RD018                             | -0,43 | 0,74    | 2,83 | 2,29     |
| RD019                             | -0,32 | 0,08    | 3,01 | 2,79     |
| RD021                             | -0,55 | 0,23    | 2,67 | 1,69     |
| RD023                             | -0,62 | 0,46    | 2,76 | 2,19     |
| RD025                             | -0,89 | 0,00    | 2,49 | 1,79     |
| RD026                             | -0,82 | -0,10   | 2,70 | 2,14     |
| RD027                             | -1,00 | -0,30   | 2,62 | 1,63     |
| RD029                             | -0,89 | -0,22   | 2,61 | 1,79     |
| RD030                             | -0,62 | 0,41    | 2,80 | 1,80     |
| RD031                             | -0,89 | 0,53    | 2,61 | 1,91     |
| RD032                             | -0,64 | 0,20    | 2,59 | 1,71     |
| RD033                             | -0,51 | -0,22   | 2,98 | 2,29     |
| RD034                             | -0,82 | 0,76    | 2,77 | 1,83     |
| RD035                             | -0,59 | 0,51    | 2,81 | 2,27     |
| RD039                             | -0,74 | -0,52   | 2,63 | 2,02     |
| RD040                             | -0,62 | -0,40   | 2,82 | 2,45     |
| RD044                             | -0,51 | -0,15   | 2,83 | 1,96     |
| RD045                             | -0,62 | -0,52   | 2,80 | 2,14     |
| RD049                             | -0,40 | -0,70   | 2,89 | 2,57     |
| RD053                             | -0,64 | -0,40   | 2,79 | 2,06     |
| RD056                             | -0,33 | -0,40   | 2,92 | 2,19     |
| RD057                             | -0,31 | -0,52   | 2,90 | 2,30     |
| RD058                             | -0,60 | -0,52   | 2,81 | 2,13     |
| RD059                             | -0,62 | -0,30   | 2,75 | 1,98     |
| RD064                             | -0,70 | -0,40   | 2,69 | 1,97     |
| RD065                             | -0,68 | -0,52   | 2,61 | 1,93     |
| RD067                             | -0,60 | -0,70   | 2,70 | 1,87     |
| RD077                             | -1,15 | -0,22   | 2,41 | 1,61     |
| RD078                             | -0,85 | -0,52   | 2,38 | 1,69     |
| RD079                             | -1,05 | -1,00   | 2,38 | 1,71     |
| RD080                             | -0,74 | -0,30   | 2,56 | 1,53     |
| RD081                             | -0,82 | -0,70   | 2,49 | 1,74     |
| RD082                             | -0,72 | -1,00   | 2,56 | 1,89     |
| RD083                             | -0,57 | -0,05   | 2,95 | 2,30     |
| RD084                             | -0,82 | -1,00   | 2,59 | 2,18     |
| RD085                             | -0,66 | -1,00   | 2,59 | 2,13     |
| RD086                             | -0,51 | -1,00   | 2,72 | 2,32     |
| RD087                             | -0,36 | -1,00   | 2,90 | 2,49     |
| RD088                             | -0,28 | -1,00   | 2,94 | 2,28     |
| RD089                             | -0,33 | -1,00   | 3,01 | 2,66     |
| RD090                             | -0,07 | -1,00   | 3,15 | 1,83     |
| RD091                             | -0,31 | -0,30   | 2,80 | 2,26     |
| RD092                             | -0,89 | -0,70   | 2,60 | 1,98     |
| RD093                             | -0,46 | -0,40   | 2,53 | 2,05     |
| RD094                             | -0,25 | -1,00   | 3,12 | 2,47     |

**Qualidade da água - Janeiro de 2013**

| Estação | Bário | Nitrato | ST   | Turbidez |
|---------|-------|---------|------|----------|
| RD001   | -0,30 | 0,08    | 3,01 | 2,47     |
| RD004   | -0,42 | -0,05   | 2,94 | 2,55     |
| RD007   | -0,15 | 0,08    | 3,15 | 2,47     |
| RD009   | -0,06 | 0,95    | 3,04 | 2,66     |
| RD013   | -0,27 | 0,34    | 2,79 | 2,54     |
| RD018   | -0,07 | 0,95    | 3,10 | 2,82     |
| RD019   | -0,40 | 0,36    | 2,65 | 2,43     |
| RD021   | -0,11 | 0,41    | 2,86 | 2,86     |
| RD023   | -0,02 | 0,72    | 3,35 | 2,97     |
| RD025   | -0,18 | 0,15    | 3,12 | 3,08     |
| RD026   | -0,16 | 0,38    | 3,08 | 3,10     |
| RD027   | -0,19 | 0,32    | 2,80 | 2,47     |
| RD029   | -0,15 | 0,46    | 3,29 | 3,16     |
| RD030   | 0,10  | 0,67    | 3,96 | 4,07     |
| RD031   | -0,13 | 0,72    | 3,24 | 3,10     |
| RD032   | -0,19 | 0,51    | 2,85 | 2,58     |
| RD033   | -0,01 | 0,63    | 3,90 | 3,98     |
| RD034   | -0,13 | 0,82    | 3,32 | 3,24     |
| RD035   | -0,26 | 0,79    | 3,06 | 2,75     |
| RD039   | -0,27 | 0,00    | 3,12 | 3,13     |
| RD040   | -0,11 | 0,26    | 3,02 | 3,07     |
| RD044   | -0,04 | 0,53    | 3,33 | 3,34     |
| RD045   | -0,25 | 0,52    | 3,36 | 3,37     |
| RD049   | 0,02  | 0,23    | 3,50 | 3,40     |
| RD053   | -0,15 | 0,60    | 3,16 | 2,85     |
| RD056   | 0,15  | 0,53    | 3,54 | 3,40     |
| RD057   | 0,06  | 0,57    | 3,46 | 3,26     |
| RD058   | -0,05 | 0,60    | 3,23 | 2,88     |
| RD059   | -0,20 | 0,77    | 3,14 | 2,98     |
| RD064   | -0,17 | 0,74    | 2,88 | 2,43     |
| RD065   | -0,25 | 0,30    | 3,11 | 3,02     |
| RD067   | -0,16 | 0,58    | 3,20 | 3,11     |
| RD070   | -0,14 | 0,74    | 3,07 | 2,82     |
| RD071   | -0,05 | 0,48    | 3,05 | 2,86     |
| RD072   | -0,16 | 0,43    | 2,86 | 2,62     |
| RD073   | 0,47  | 0,48    | 4,33 | 4,12     |
| RD074   | -0,24 | 0,30    | 2,45 | 2,34     |
| RD075   | -0,40 | 0,15    | 2,52 | 2,26     |
| RD076   | -0,11 | 0,28    | 3,57 | 3,53     |
| RD077   | -0,26 | -0,15   | 2,73 | 2,30     |
| RD078   | -0,51 | -0,15   | 3,06 | 2,76     |
| RD079   | -0,14 | -0,15   | 3,11 | 3,07     |
| RD080   | -0,10 | 0,08    | 3,71 | 3,38     |
| RD082   | -0,26 | -0,05   | 3,37 | 3,33     |
| RD083   | -0,12 | 0,28    | 3,22 | 3,26     |
| RD084   | -0,15 | 0,11    | 3,22 | 3,16     |
| RD085   | -0,30 | 0,04    | 3,14 | 3,10     |
| RD086   | -0,13 | 0,23    | 3,25 | 3,17     |
| RD087   | 0,10  | 0,45    | 3,64 | 3,63     |
| RD088   | 0,30  | -0,15   | 3,84 | 3,60     |
| RD089   | -0,02 | 0,34    | 3,48 | 3,39     |
| RD090   | 0,34  | -0,10   | 3,69 | 3,54     |
| RD091   | 0,01  | 0,56    | 2,84 | 2,40     |
| RD093   | 0,51  | 0,41    | 4,33 | 4,23     |
| RD094   | 0,05  | 0,79    | 3,37 | 3,15     |
| RD095   | -0,11 | 0,28    | 2,72 | 2,55     |
| RD096   | -0,17 | 0,45    | 2,84 | 2,78     |
| RD097   | -0,20 | 0,56    | 3,48 | 3,41     |
| RD099   | -0,23 | -0,05   | 2,38 | 1,58     |

**Qualidade da água - Julho de 2013**

| Estação | Bário | Nitrato | ST   | Turbidez |
|---------|-------|---------|------|----------|
| RD001   | -0,80 | 0,54    | 2,58 | 1,91     |
| RD004   | -0,80 | 0,30    | 2,52 | 1,87     |
| RD007   | -0,79 | 0,41    | 2,45 | 2,03     |
| RD009   | -0,36 | 1,23    | 2,81 | 1,66     |
| RD013   | -0,78 | 0,79    | 2,67 | 1,82     |
| RD018   | -0,61 | 1,12    | 2,70 | 2,02     |
| RD019   | -0,76 | 0,81    | 2,54 | 1,95     |
| RD021   | -0,55 | 0,69    | 2,46 | 1,60     |
| RD023   | -0,64 | 0,92    | 2,66 | 1,74     |
| RD025   | -0,89 | 0,62    | 2,52 | 2,05     |
| RD026   | -0,77 | 0,81    | 2,70 | 2,42     |
| RD027   | -0,88 | 0,73    | 2,69 | 1,44     |
| RD029   | -0,86 | 0,83    | 2,56 | 1,69     |
| RD030   | -0,61 | 1,03    | 2,87 | 1,91     |
| RD031   | -0,80 | 0,93    | 2,64 | 2,15     |
| RD032   | -0,81 | 0,94    | 2,53 | 1,66     |
| RD033   | -0,63 | 1,02    | 2,84 | 2,11     |
| RD034   | -0,79 | 1,13    | 2,73 | 1,76     |
| RD035   | -0,63 | 0,92    | 2,66 | 2,18     |
| RD039   | -0,88 | 0,52    | 2,67 | 1,98     |
| RD040   | -0,72 | 0,64    | 2,57 | 2,09     |
| RD044   | -0,62 | 1,01    | 2,75 | 2,14     |
| RD045   | -0,65 | 0,96    | 2,88 | 1,98     |
| RD049   | -0,52 | 0,79    | 2,74 | 2,18     |
| RD053   | -0,64 | 0,94    | 2,68 | 1,79     |
| RD056   | -0,24 | 0,57    | 2,99 | 2,44     |
| RD057   | -0,27 | 0,99    | 2,91 | 2,36     |
| RD058   | -0,62 | 0,96    | 2,79 | 1,91     |
| RD059   | -0,66 | 0,96    | 2,75 | 1,88     |
| RD064   | -0,66 | 1,01    | 2,57 | 1,71     |
| RD065   | -0,65 | 0,77    | 2,59 | 1,88     |
| RD067   | -0,64 | 0,92    | 2,71 | 1,85     |
| RD070   | -0,76 | 1,01    | 2,59 | 2,05     |
| RD071   | -0,74 | 0,76    | 2,57 | 1,72     |
| RD072   | -0,75 | 0,79    | 2,54 | 1,88     |
| RD073   | -0,50 | 0,70    | 2,68 | 2,09     |
| RD074   | -0,72 | 0,72    | 2,43 | 1,66     |
| RD075   | -0,97 | 0,58    | 2,45 | 1,64     |
| RD076   | -0,81 | 0,57    | 2,56 | 2,02     |
| RD077   | -1,14 | 0,36    | 2,53 | 1,59     |
| RD078   | -1,09 | 0,26    | 2,43 | 1,45     |
| RD079   | -1,06 | 0,32    | 2,40 | 1,68     |
| RD080   | -0,95 | 0,46    | 2,53 | 1,60     |
| RD081   | -1,04 | 0,32    | 2,36 | 1,72     |
| RD082   | -0,79 | 0,45    | 2,58 | 1,91     |
| RD083   | -0,67 | 0,96    | 2,73 | 2,02     |
| RD084   | -0,82 | 0,41    | 2,60 | 1,95     |
| RD085   | -0,71 | 0,40    | 2,46 | 1,75     |
| RD086   | -0,56 | 0,49    | 2,54 | 1,99     |
| RD087   | -0,42 | 0,60    | 2,72 | 2,00     |
| RD088   | -0,22 | 0,79    | 2,96 | 2,12     |
| RD089   | -0,48 | 0,63    | 2,77 | 2,16     |
| RD090   | -0,07 | 0,89    | 3,13 | 1,82     |
| RD091   | -0,34 | 0,71    | 2,68 | 1,88     |
| RD092   | -0,85 | 0,60    | 2,53 | 1,86     |
| RD093   | -0,48 | 1,00    | 2,78 | 1,96     |
| RD094   | -0,60 | 0,51    | 2,95 | 2,03     |
| RD095   | -0,61 | 0,93    | 2,54 | 1,89     |
| RD096   | -0,72 | 0,80    | 2,54 | 1,84     |
| RD097   | -0,68 | 0,79    | 2,64 | 1,83     |
| RD098   | -0,81 | 0,83    | 2,60 | 1,68     |
| RD099   | -0,91 | 0,34    | 2,40 | 2,36     |

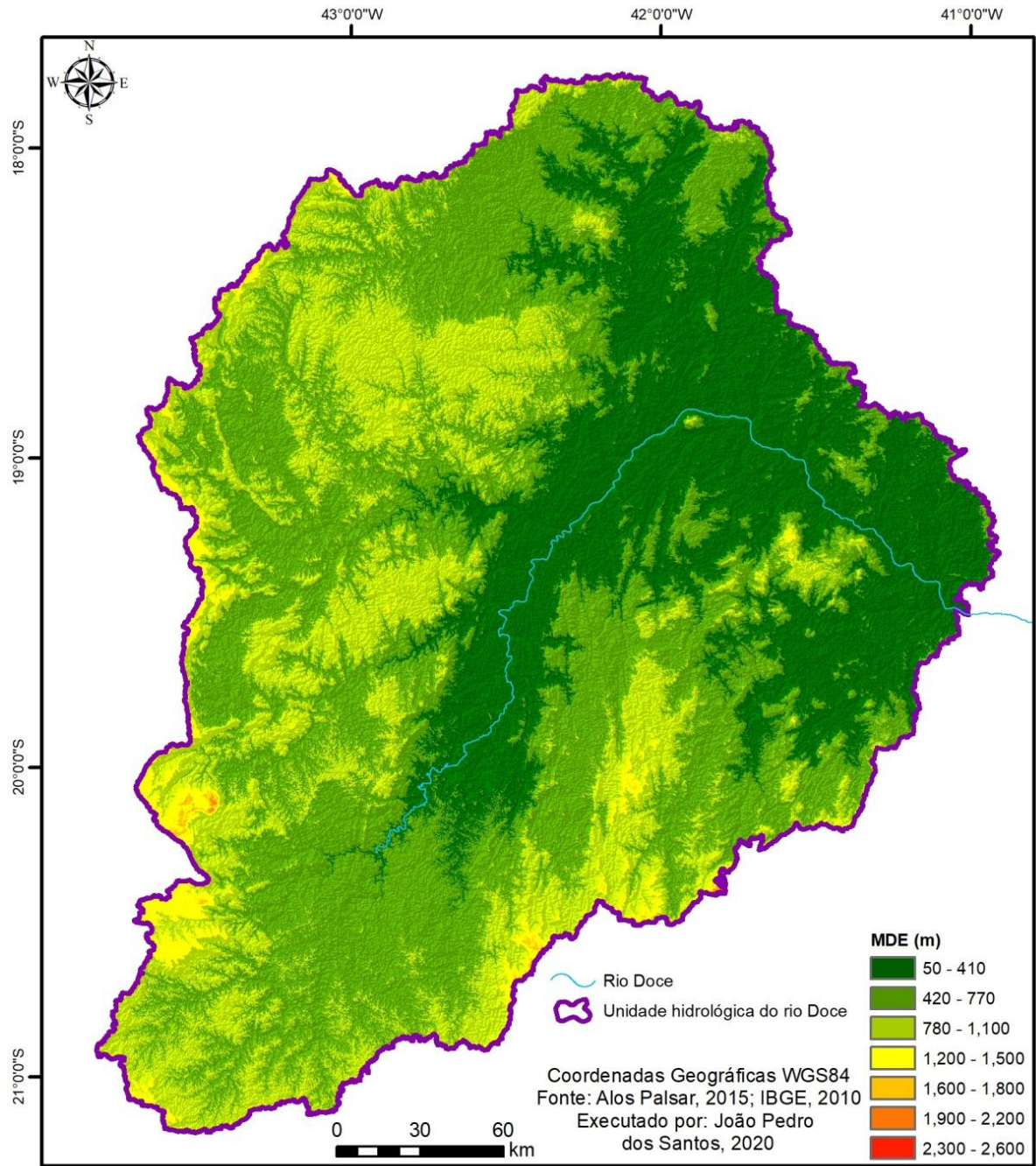
**Qualidade da água - Janeiro de 2018**

| Estação | Bário | Nitrato | ST   | Turbidez |
|---------|-------|---------|------|----------|
| RD001   | -0,52 | 0,95    | 2,98 | 2,80     |
| RD004   | -0,54 | 0,62    | 3,08 | 2,98     |
| RD007   | -0,51 | 0,67    | 3,22 | 3,10     |
| RD009   | -0,30 | 1,19    | 3,30 | 2,55     |
| RD013   | -0,52 | 0,77    | 3,18 | 3,11     |
| RD018   | -0,34 | 1,12    | 3,17 | 3,01     |
| RD019   | -0,45 | 0,94    | 3,15 | 3,19     |
| RD021   | -0,49 | 1,00    | 2,99 | 2,79     |
| RD023   | -0,40 | 1,01    | 3,08 | 3,09     |
| RD025   | -0,89 | 0,80    | 2,78 | 2,62     |
| RD026   | -0,79 | 0,90    | 2,89 | 2,62     |
| RD027   | -0,81 | 0,95    | 2,96 | 2,31     |
| RD029   | -0,81 | 1,01    | 2,83 | 2,43     |
| RD030   | -0,38 | 1,59    | 3,14 | 2,28     |
| RD031   | -0,78 | 1,00    | 2,92 | 2,43     |
| RD032   | -0,82 | 1,02    | 2,77 | 2,52     |
| RD033   | -0,37 | 1,03    | 3,19 | 2,91     |
| RD034   | -0,77 | 1,29    | 2,98 | 2,39     |
| RD035   | -0,41 | 1,02    | 3,27 | 3,16     |
| RD039   | -0,84 | 0,67    | 2,83 | 2,53     |
| RD040   | -0,57 | 0,72    | 2,90 | 2,44     |
| RD044   | -0,45 | 0,90    | 2,92 | 2,55     |
| RD045   | -0,58 | 0,85    | 2,89 | 2,62     |
| RD049   | -0,35 | 0,90    | 3,01 | 2,65     |
| RD053   | -0,54 | 1,19    | 2,94 | 2,44     |
| RD056   | -0,13 | 0,72    | 3,19 | 2,43     |
| RD057   | -0,19 | 1,08    | 2,97 | 2,37     |
| RD058   | -0,53 | 1,12    | 2,95 | 2,39     |
| RD059   | -0,52 | 0,82    | 2,99 | 2,56     |
| RD064   | -0,60 | 1,12    | 2,76 | 1,94     |
| RD065   | -0,72 | 0,73    | 2,88 | 2,45     |
| RD067   | -0,44 | 0,79    | 2,97 | 2,79     |
| RD070   | -0,49 | 1,11    | 3,06 | 2,78     |
| RD071   | -0,47 | 0,76    | 3,21 | 3,13     |
| RD072   | -0,53 | 0,97    | 3,13 | 3,04     |
| RD073   | -0,32 | 0,91    | 3,06 | 2,73     |
| RD074   | -0,87 | 0,62    | 2,57 | 2,57     |
| RD075   | -1,06 | 0,59    | 2,57 | 2,53     |
| RD076   | -0,79 | 0,63    | 2,72 | 2,06     |
| RD077   | -1,11 | 0,41    | 2,46 | 2,03     |
| RD078   | -1,14 | 0,38    | 2,49 | 1,98     |
| RD079   | -0,89 | 0,49    | 2,62 | 2,15     |
| RD080   | -0,93 | 0,69    | 2,63 | 2,06     |
| RD081   | -0,97 | 0,49    | 2,67 | 2,19     |
| RD082   | -0,72 | 0,52    | 2,71 | 1,87     |
| RD083   | -0,57 | 0,88    | 2,92 | 2,60     |
| RD084   | -0,72 | 0,79    | 2,85 | 2,44     |
| RD085   | -0,62 | 0,49    | 2,72 | 1,81     |
| RD086   | -0,43 | 0,79    | 2,91 | 2,23     |
| RD087   | -0,20 | 0,82    | 3,20 | 2,78     |
| RD088   | -0,02 | 0,86    | 3,24 | 2,87     |
| RD089   | -0,34 | 0,82    | 3,07 | 2,66     |
| RD090   | 0,05  | 0,88    | 3,16 | 2,10     |
| RD091   | -0,23 | 0,61    | 3,03 | 2,19     |
| RD092   | -0,75 | 0,95    | 2,77 | 2,04     |
| RD093   | -0,39 | 1,20    | 3,01 | 2,14     |
| RD094   | -0,23 | 0,78    | 3,19 | 2,46     |
| RD095   | -0,49 | 1,06    | 2,68 | 2,17     |
| RD096   | -0,71 | 0,92    | 2,62 | 2,25     |
| RD097   | -0,55 | 0,91    | 2,90 | 2,24     |
| RD098   | -0,69 | 0,75    | 2,69 | 2,28     |
| RD099   | -0,95 | 0,28    | 2,60 | 2,21     |

**Qualidade da água - Julho de 2018**

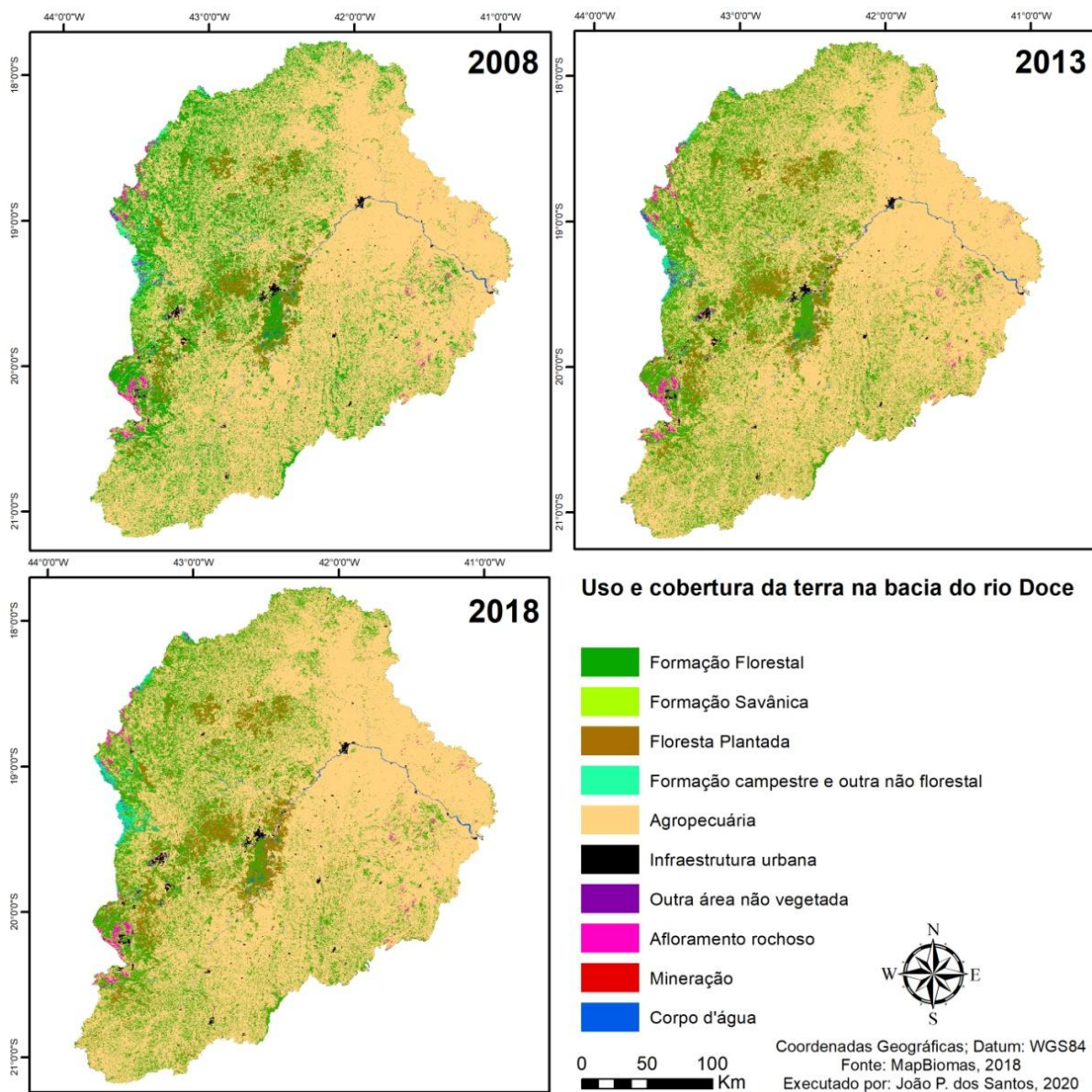
| Estação | Bário | Nitrato | ST   | Turbidez |
|---------|-------|---------|------|----------|
| RD001   | -0,83 | 0,23    | 2,63 | 1,69     |
| RD004   | -0,85 | 0,15    | 2,54 | 1,72     |
| RD007   | -0,82 | 0,26    | 2,74 | 2,16     |
| RD009   | -0,21 | 1,26    | 3,31 | 2,55     |
| RD013   | -0,81 | 0,79    | 2,73 | 1,74     |
| RD018   | -0,60 | 0,84    | 2,83 | 2,06     |
| RD019   | -0,66 | 0,72    | 2,76 | 2,03     |
| RD021   | -0,59 | 0,66    | 2,61 | 1,53     |
| RD023   | -0,65 | 0,87    | 2,76 | 2,14     |
| RD025   | -0,85 | 0,45    | 2,65 | 2,12     |
| RD026   | -0,68 | 0,76    | 2,83 | 1,87     |
| RD027   | -0,94 | 0,72    | 2,78 | 1,45     |
| RD029   | -0,86 | 0,98    | 2,79 | 1,68     |
| RD030   | -0,48 | 1,47    | 3,00 | 2,07     |
| RD031   | -0,80 | 0,98    | 2,75 | 1,87     |
| RD032   | -0,82 | 1,02    | 2,68 | 1,57     |
| RD033   | -0,61 | 1,02    | 2,95 | 2,26     |
| RD034   | -0,70 | 1,14    | 2,82 | 2,03     |
| RD035   | -0,37 | 1,00    | 3,04 | 2,83     |
| RD039   | -0,88 | 0,26    | 2,53 | 1,76     |
| RD040   | -0,72 | 0,28    | 2,65 | 1,98     |
| RD044   | -0,73 | 0,85    | 2,81 | 1,84     |
| RD045   | -0,79 | 0,85    | 2,77 | 1,67     |
| RD049   | -0,51 | 0,56    | 2,78 | 2,08     |
| RD053   | -0,68 | 0,84    | 2,93 | 1,67     |
| RD057   | -0,34 | 0,87    | 2,94 | 2,09     |
| RD058   | -0,67 | 0,70    | 2,89 | 1,74     |
| RD059   | -0,70 | 0,91    | 2,81 | 1,71     |
| RD064   | -0,69 | 0,98    | 2,77 | 1,85     |
| RD065   | -0,77 | 0,82    | 2,68 | 1,71     |
| RD067   | -0,67 | 0,89    | 2,72 | 1,81     |
| RD070   | -0,63 | 1,35    | 2,91 | 2,10     |
| RD071   | -0,63 | 0,71    | 2,83 | 1,90     |
| RD072   | -0,76 | 0,68    | 2,71 | 1,80     |
| RD073   | -0,52 | 0,75    | 2,76 | 2,01     |
| RD074   | -0,81 | 0,40    | 2,53 | 1,64     |
| RD075   | -1,01 | 0,43    | 2,83 | 1,88     |
| RD076   | -0,90 | 0,48    | 2,52 | 1,80     |
| RD077   | -1,22 | 0,60    | 2,53 | 1,41     |
| RD078   | -1,04 | 0,20    | 2,30 | 1,54     |
| RD079   | -0,89 | 0,34    | 2,48 | 1,72     |
| RD080   | -1,03 | 0,34    | 2,54 | 1,60     |
| RD081   | -1,02 | 0,00    | 2,66 | 1,81     |
| RD082   | -0,81 | 0,08    | 2,58 | 1,49     |
| RD083   | -0,63 | 0,96    | 2,85 | 1,98     |
| RD084   | -0,83 | 0,51    | 2,52 | 1,99     |
| RD085   | -0,69 | 0,20    | 2,43 | 1,57     |
| RD086   | -0,51 | 0,57    | 2,76 | 1,90     |
| RD087   | -0,33 | 0,70    | 2,92 | 2,15     |
| RD088   | -0,14 | 0,90    | 3,09 | 2,10     |
| RD089   | -0,43 | 0,45    | 2,79 | 1,86     |
| RD090   | 0,04  | 0,66    | 3,28 | 1,66     |
| RD094   | -0,63 | 0,46    | 3,04 | 2,36     |
| RD095   | -0,57 | 0,95    | 2,76 | 1,85     |
| RD096   | -0,79 | 0,72    | 2,46 | 1,72     |
| RD097   | -0,71 | 0,48    | 2,86 | 2,00     |
| RD098   | -0,77 | 0,53    | 2,73 | 1,73     |
| RD099   | -0,87 | 0,26    | 2,57 | 2,21     |

### APÊNDICE C – MDE da Unidade Hidrológica do rio Doce (MG)

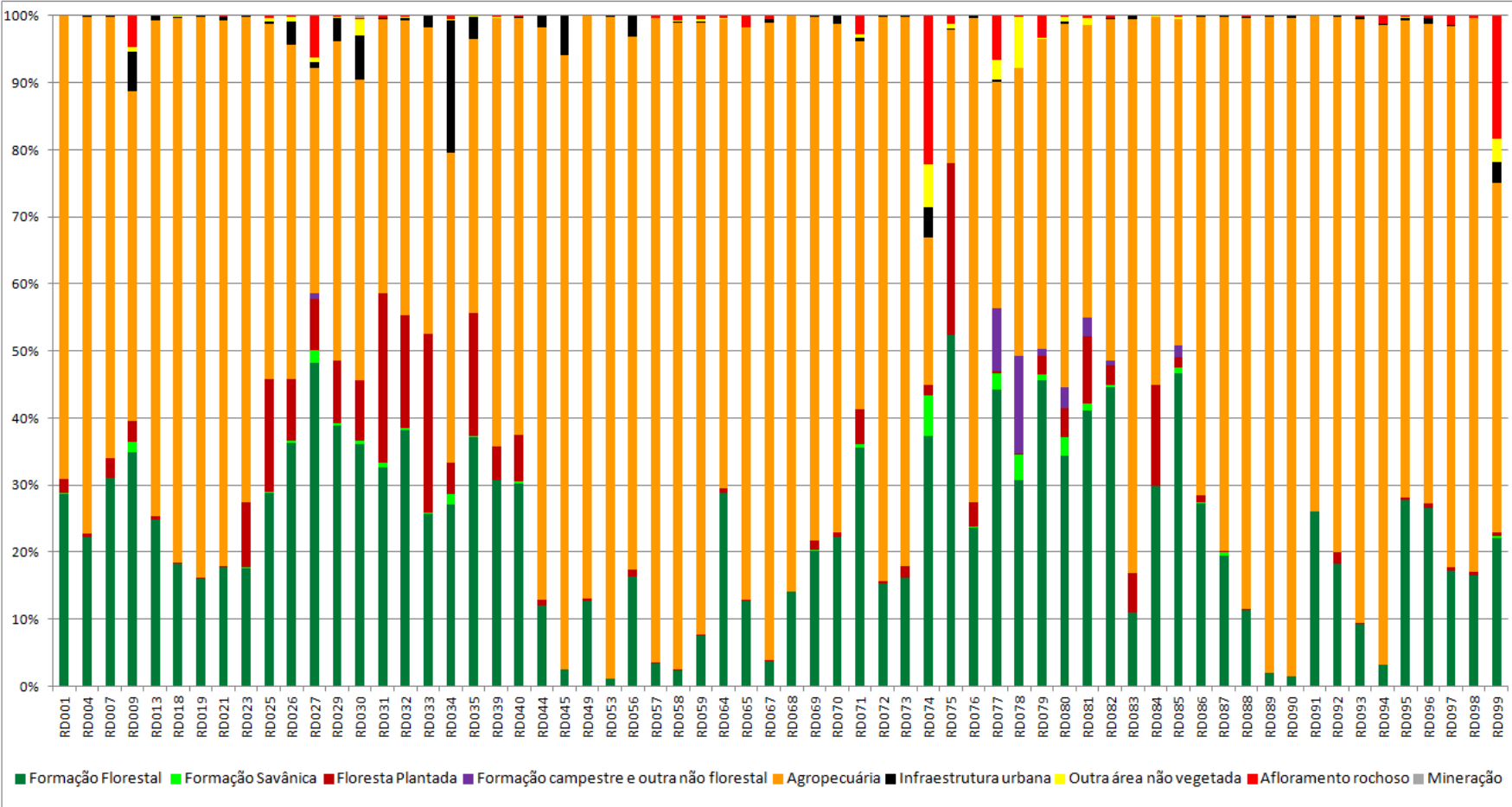




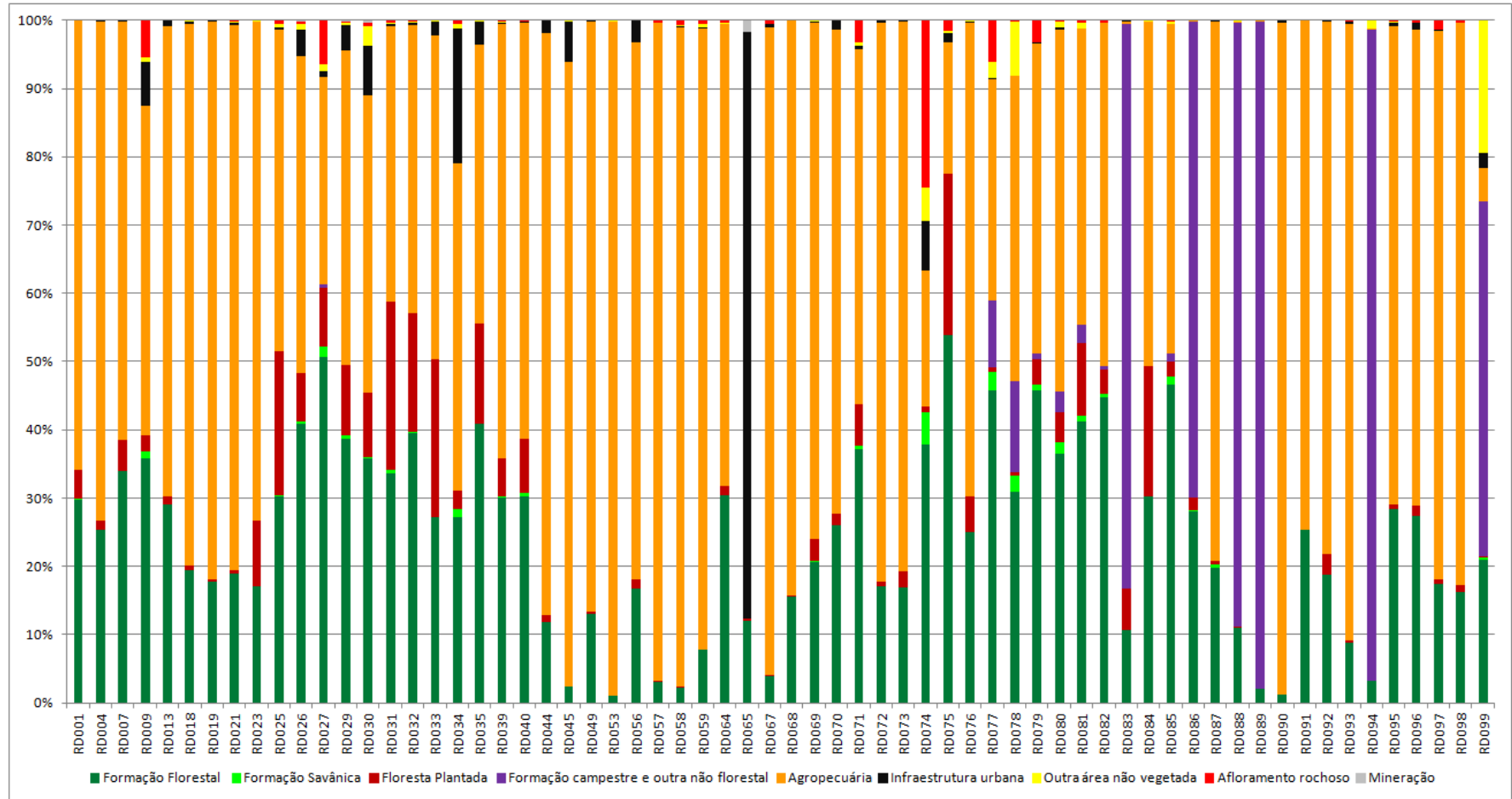
**APÊNDICE D – Uso e cobertura da terra na UH do rio Doce**



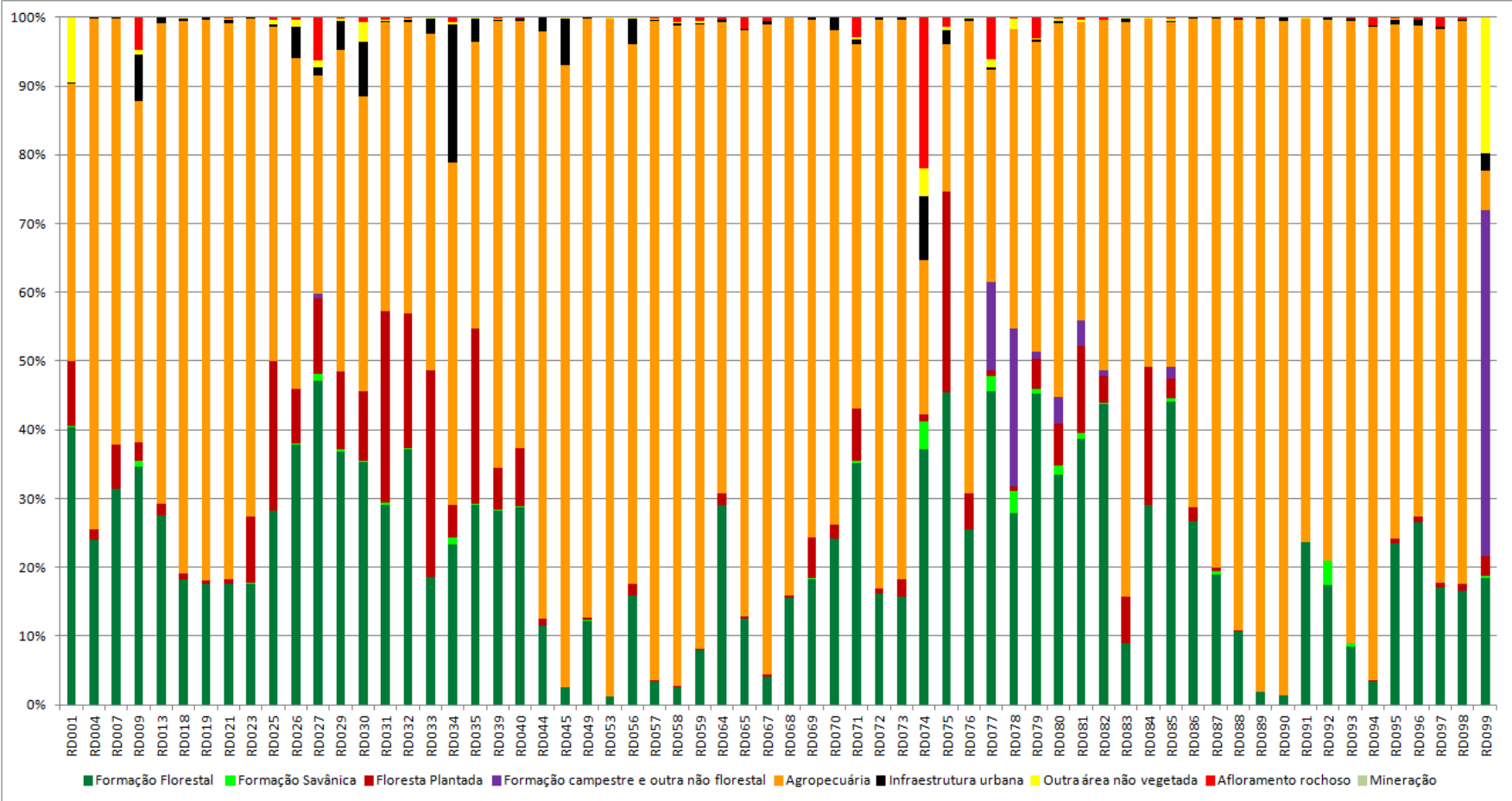
Uso e cobertura da terra para as subbacias em 2008.



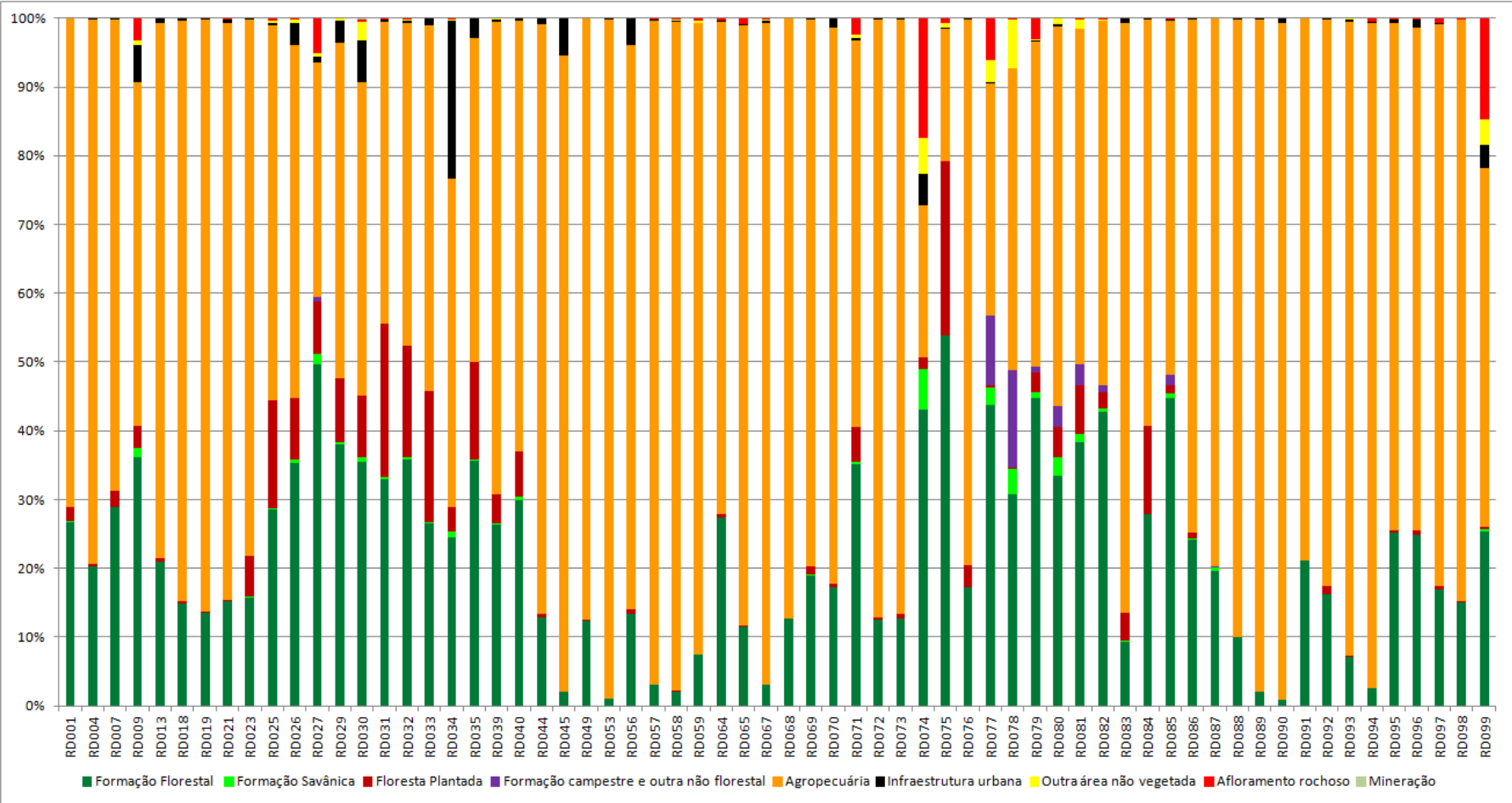
Uso e cobertura da terra para as subbacias em 2013.



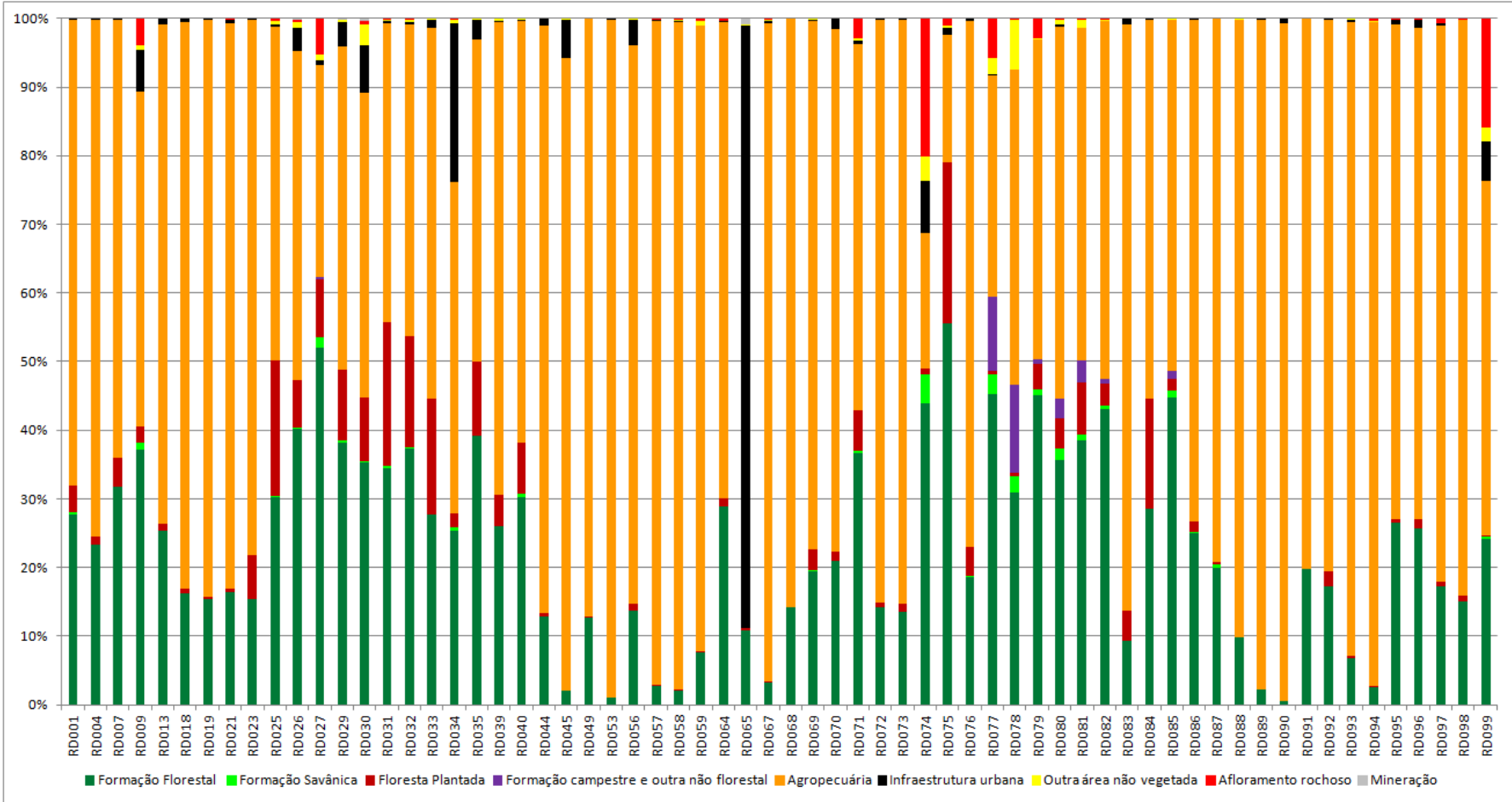
Uso e cobertura da terra para as subbacias em 2018.



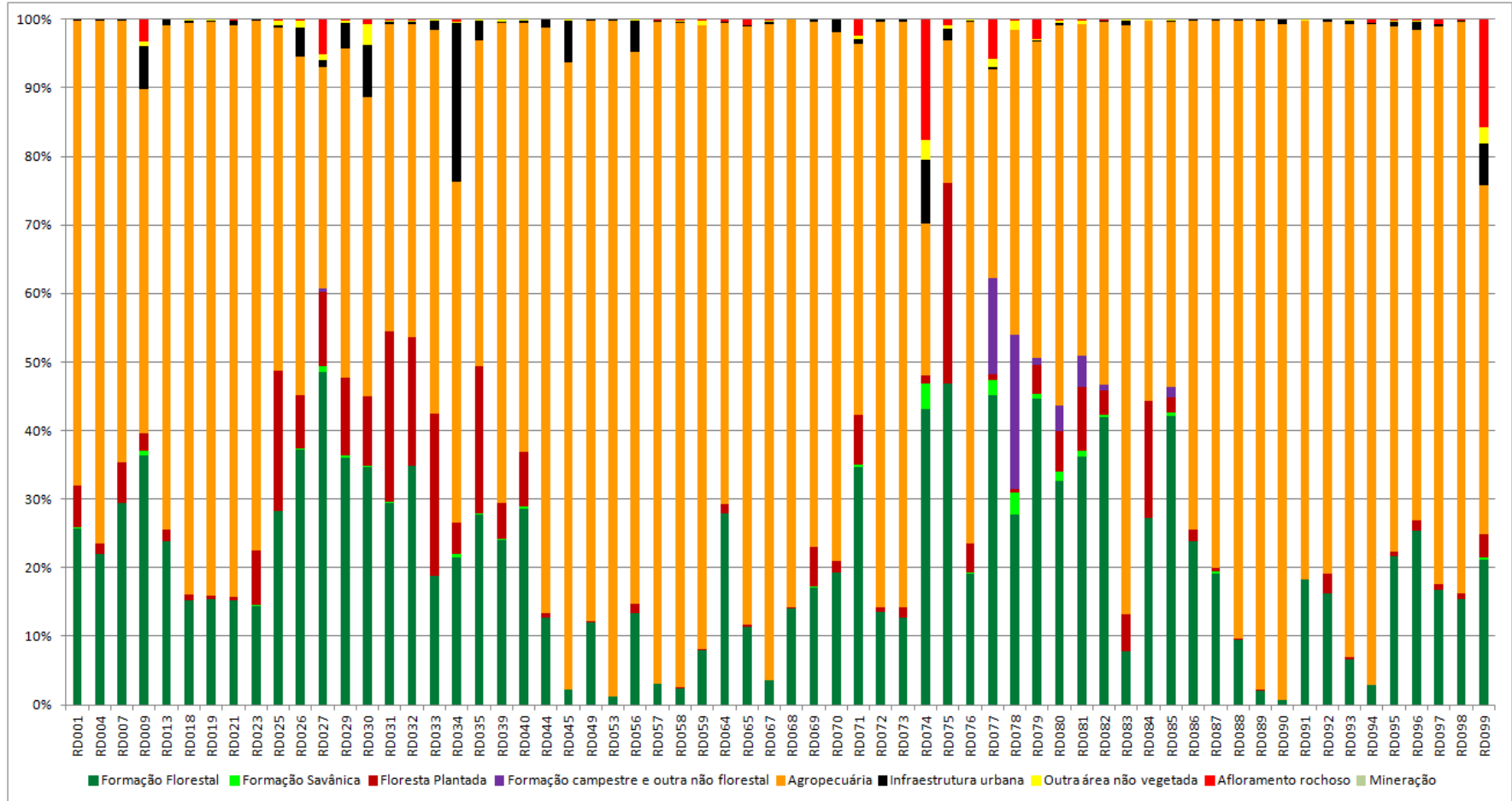
Uso e cobertura da terra para as zonas ripárias em 2008.



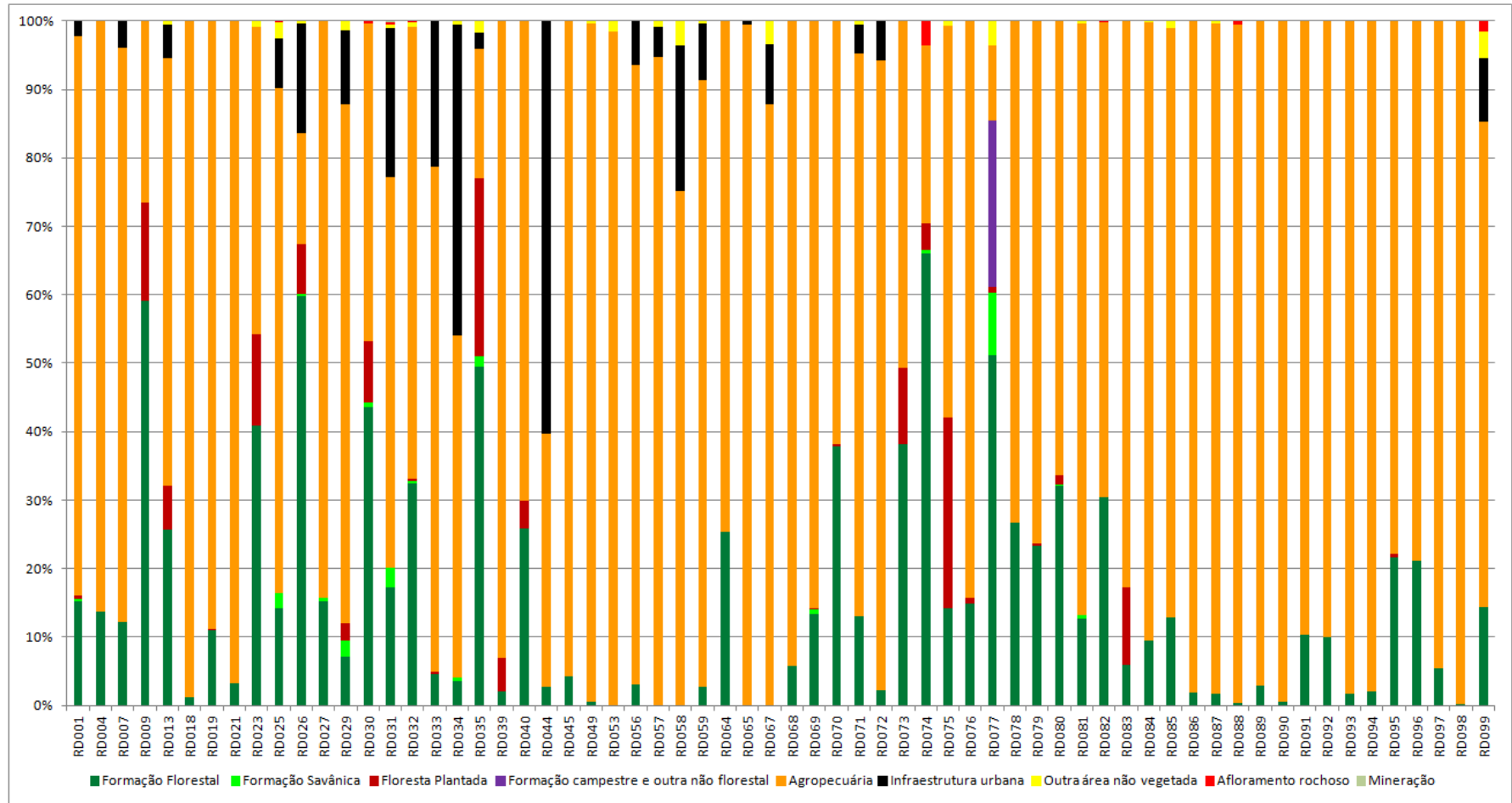
Uso e cobertura da terra para as zonas ripárias em 2013.



Uso e cobertura da terra para as zonas ripárias em 2018.

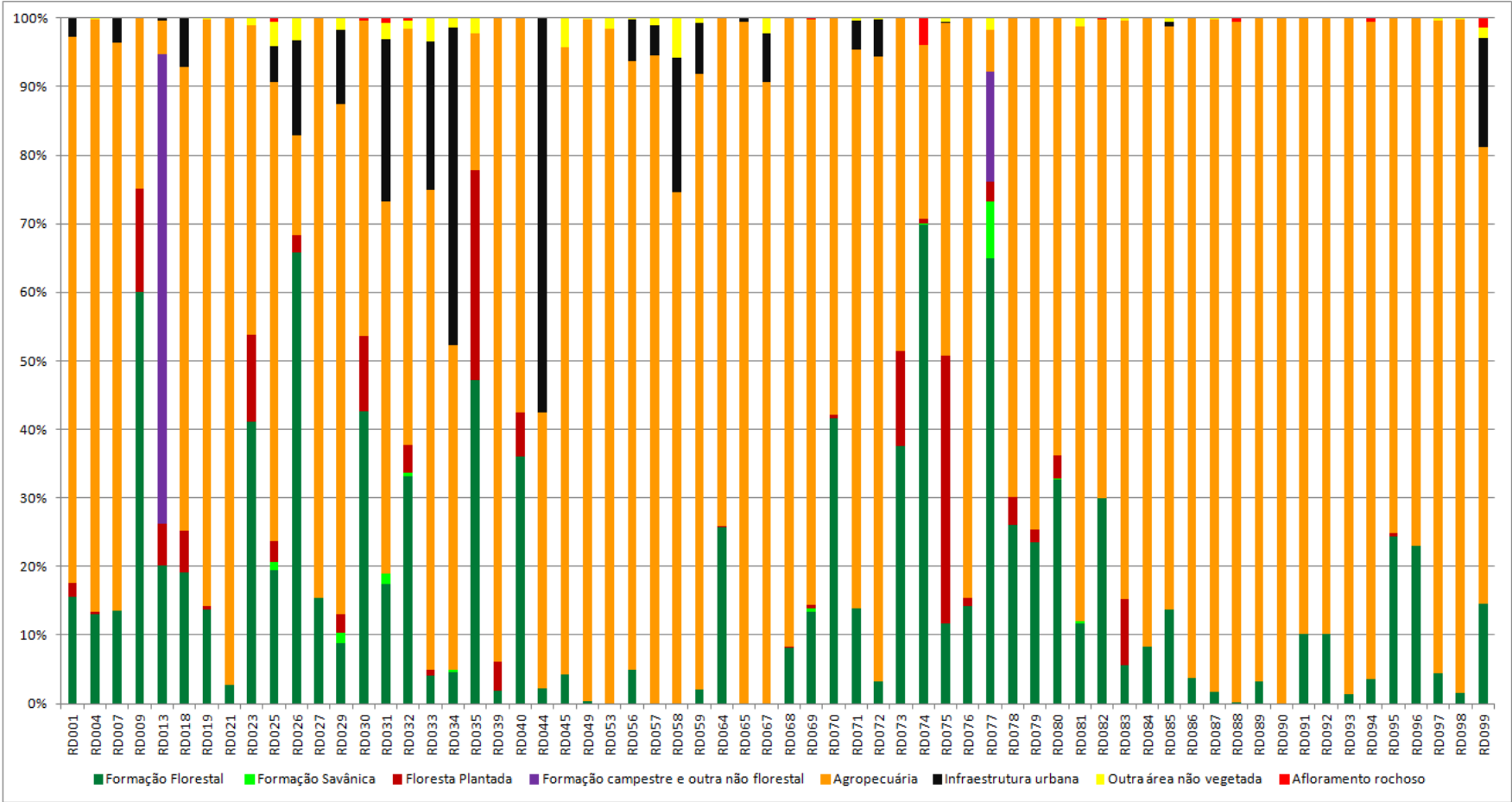


Uso e cobertura da terra para as zonas locais em 2008.

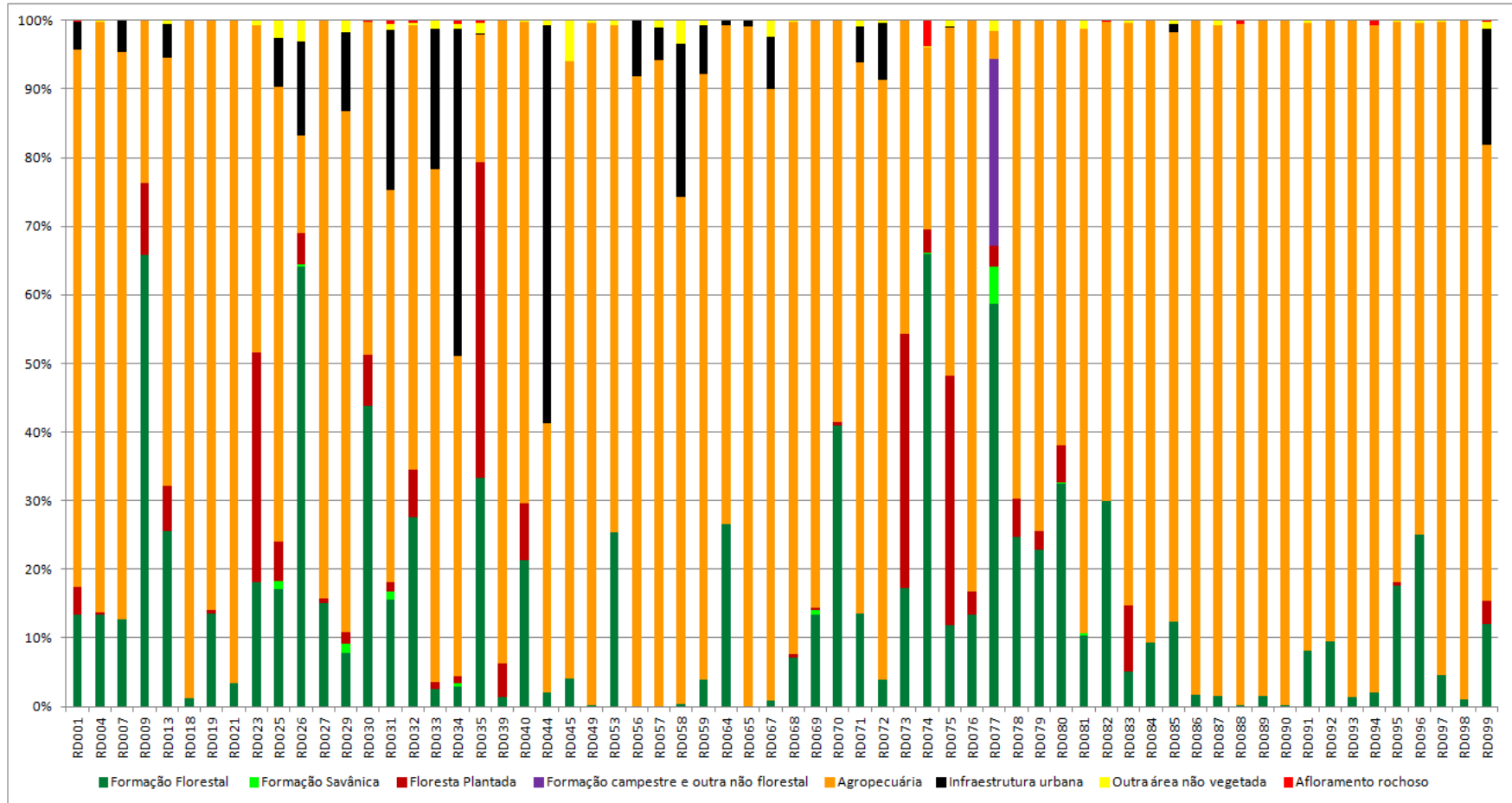


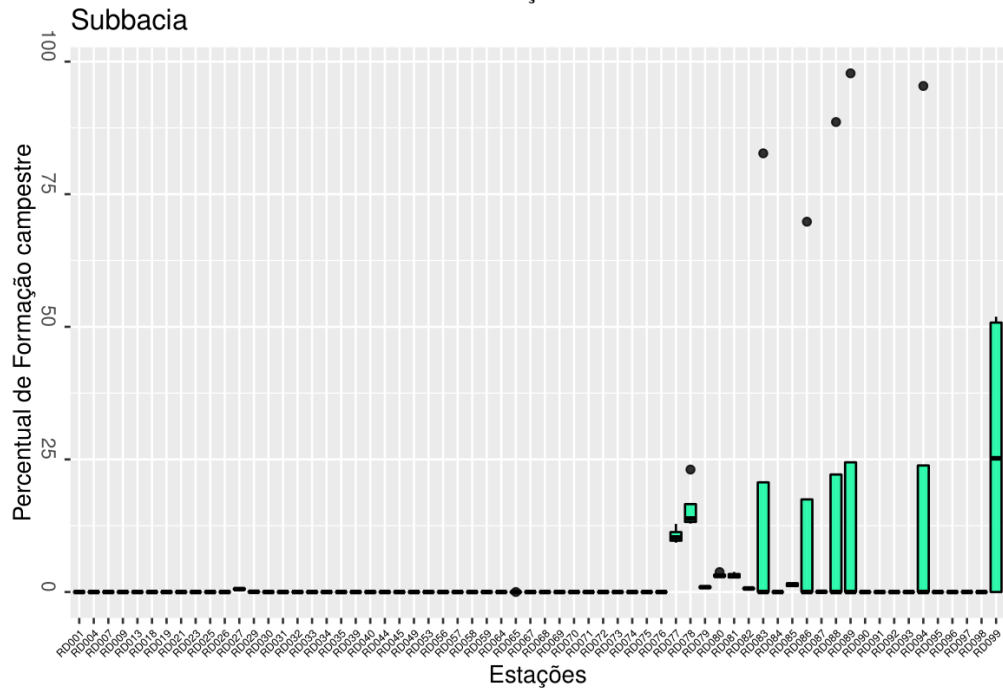
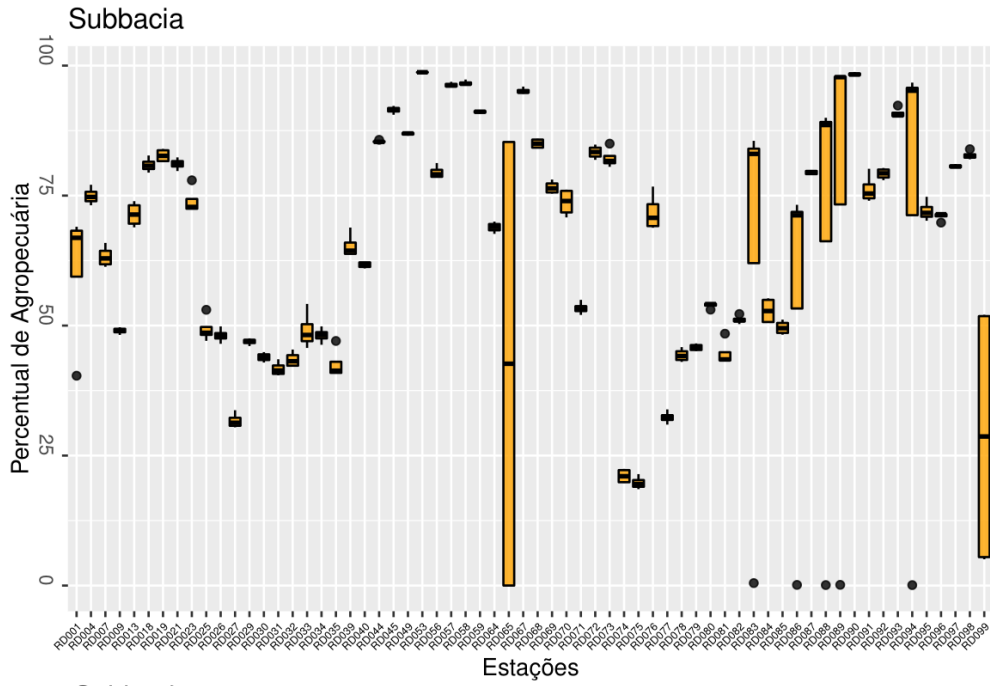


Uso e cobertura da terra para as zonas locais em 2013.

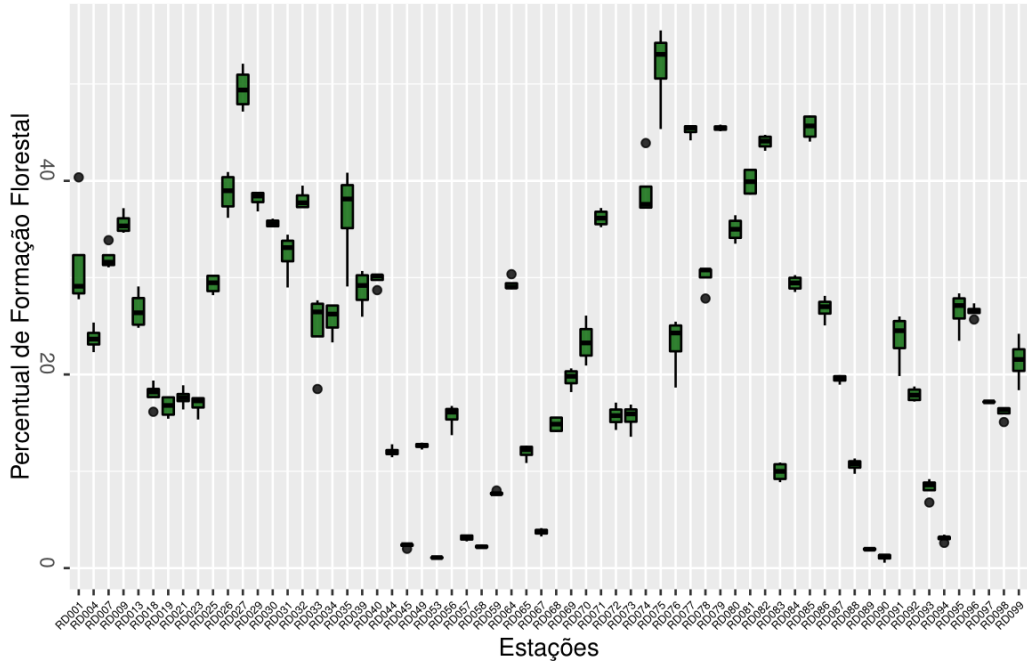


Uso e cobertura da terra para as zonas locais em 2018.

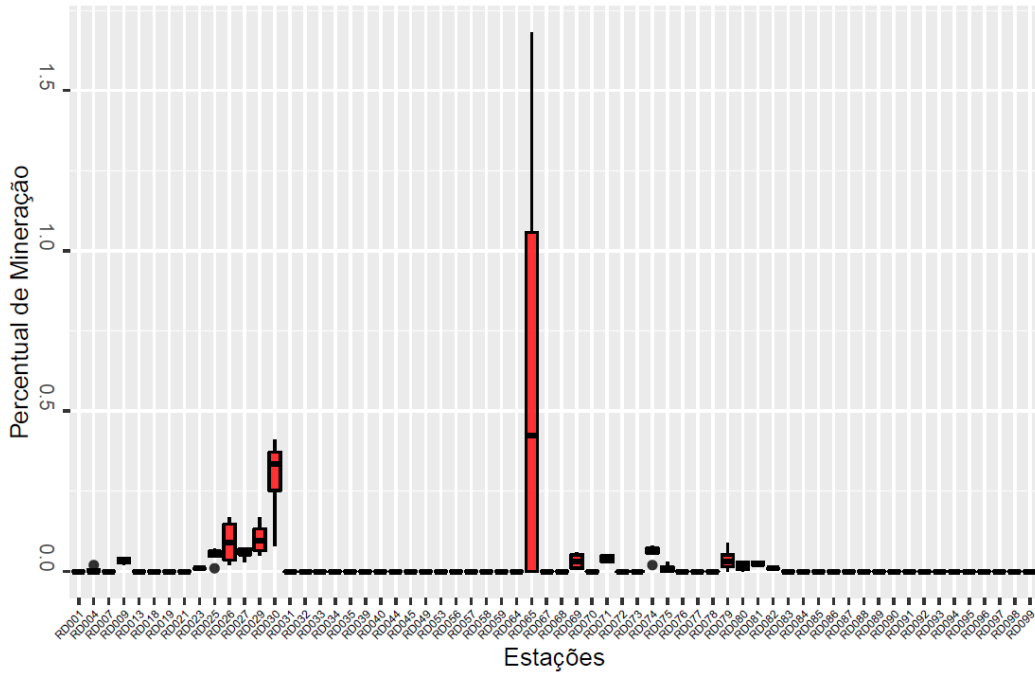


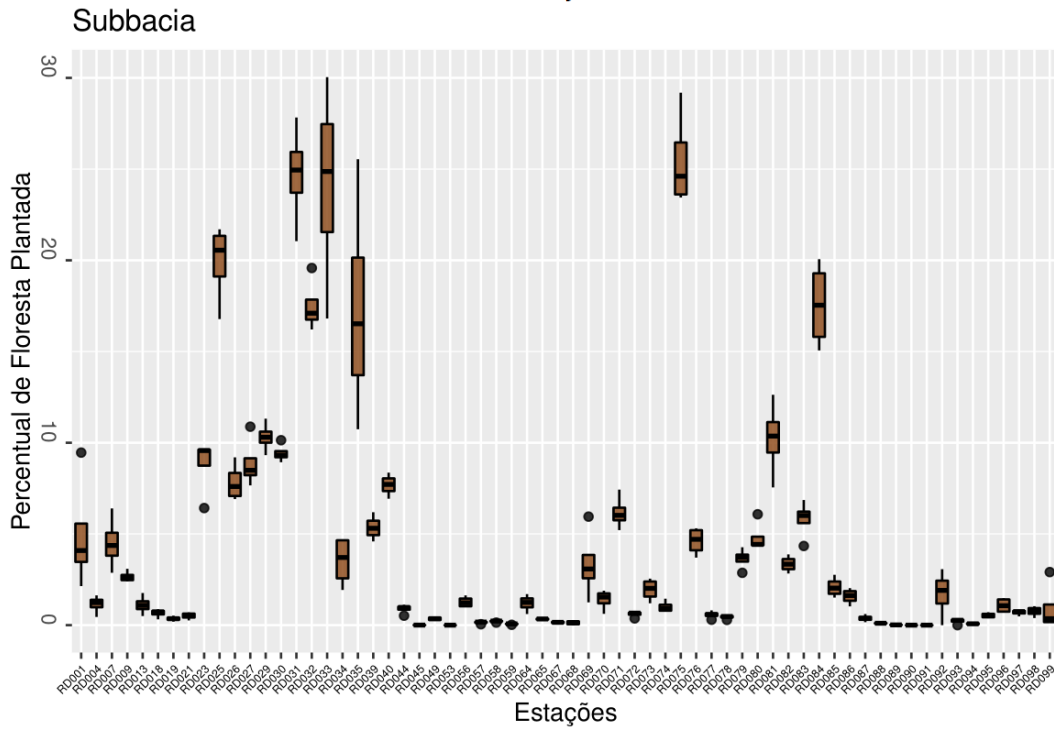
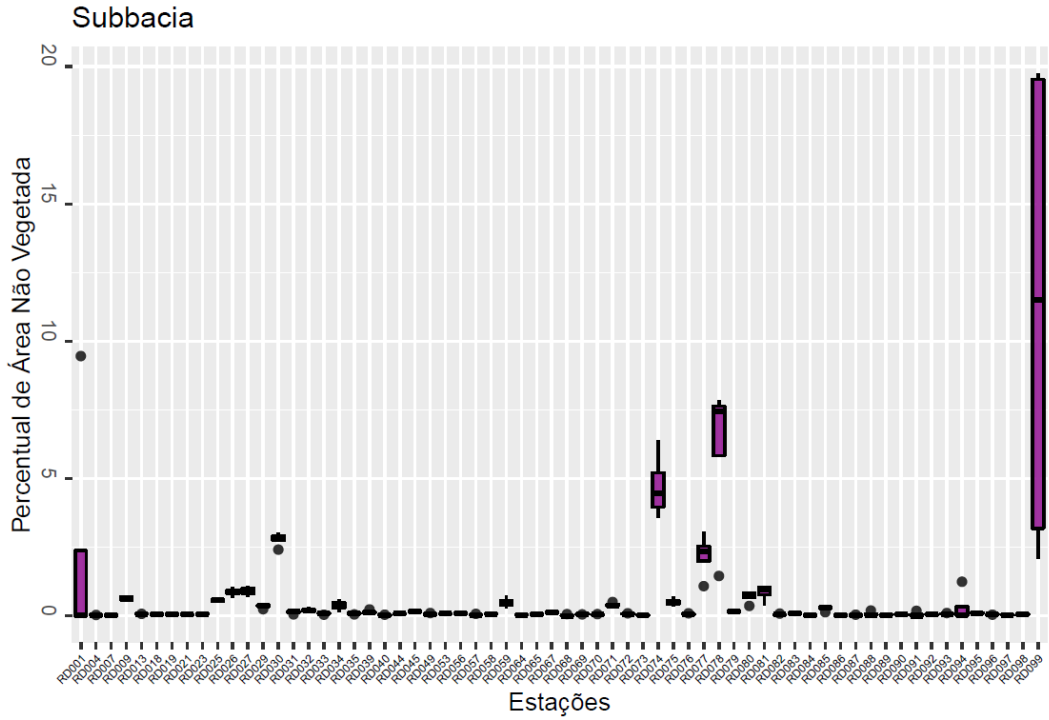


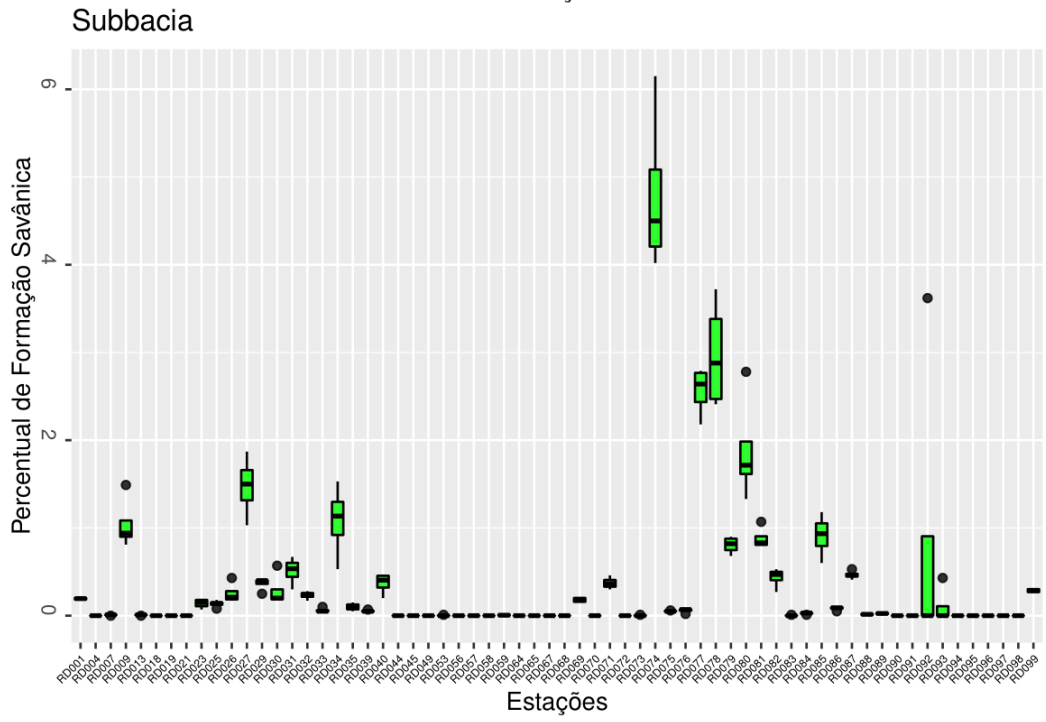
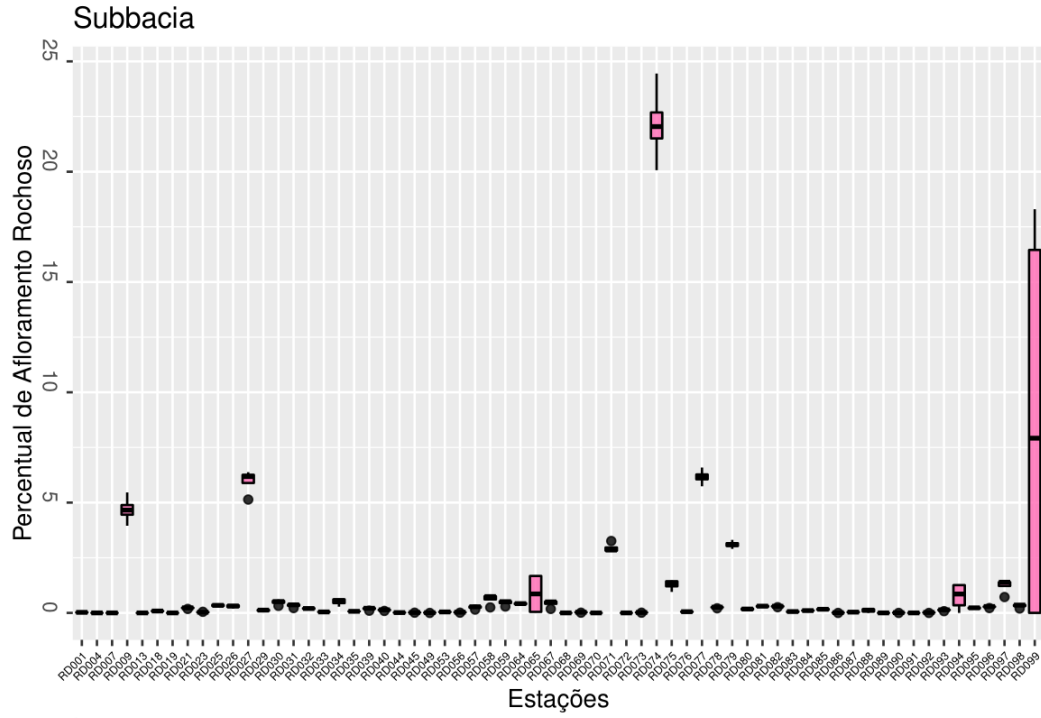
Subbacia



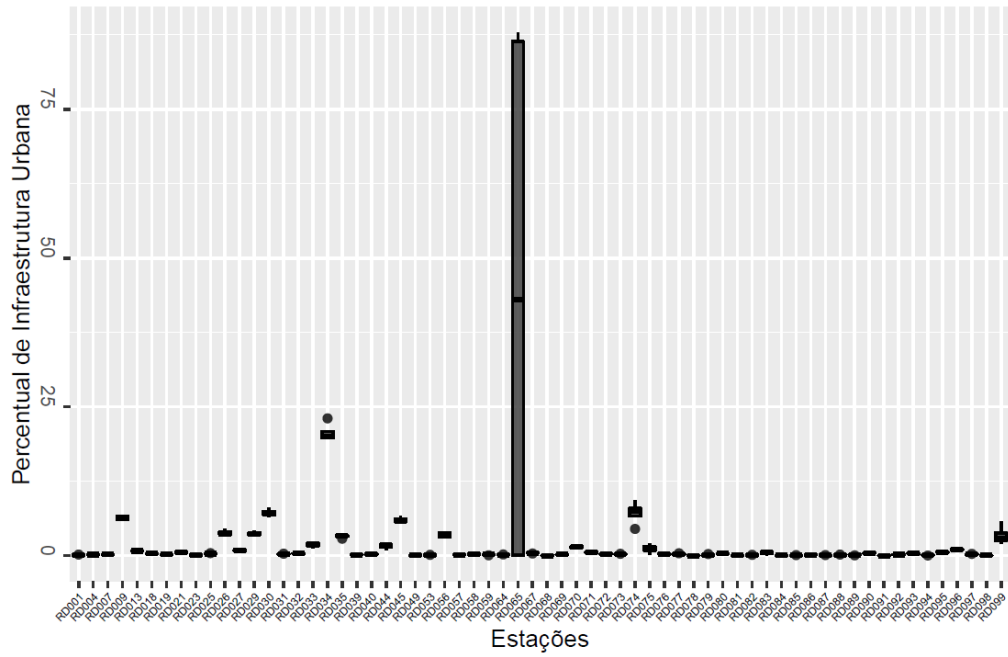
Subbacia



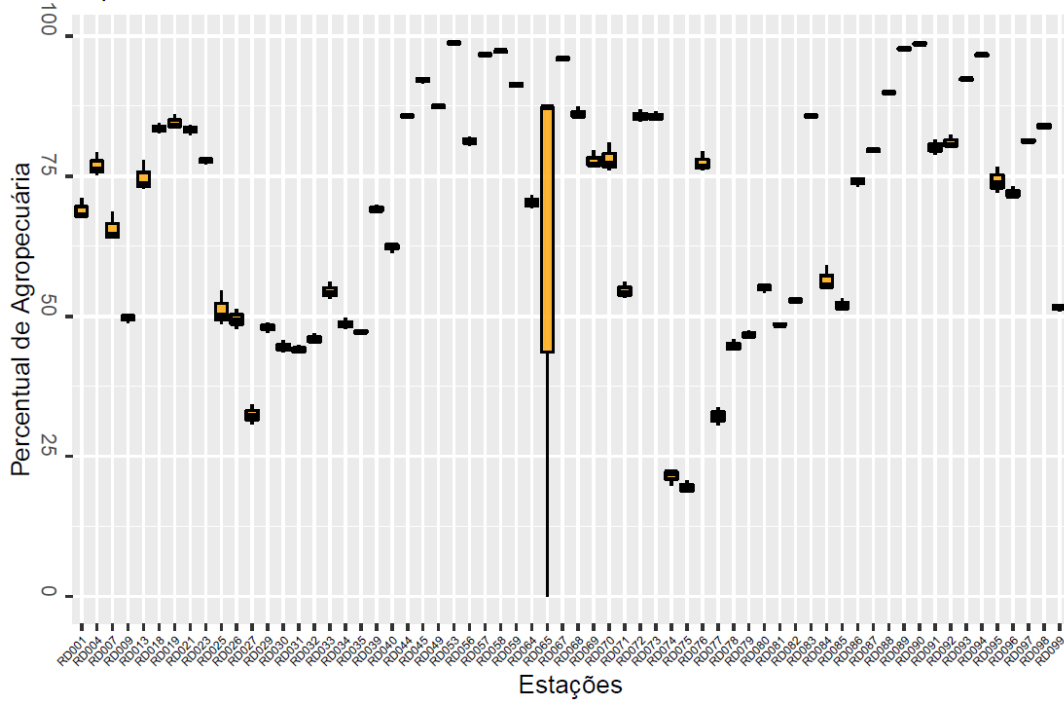




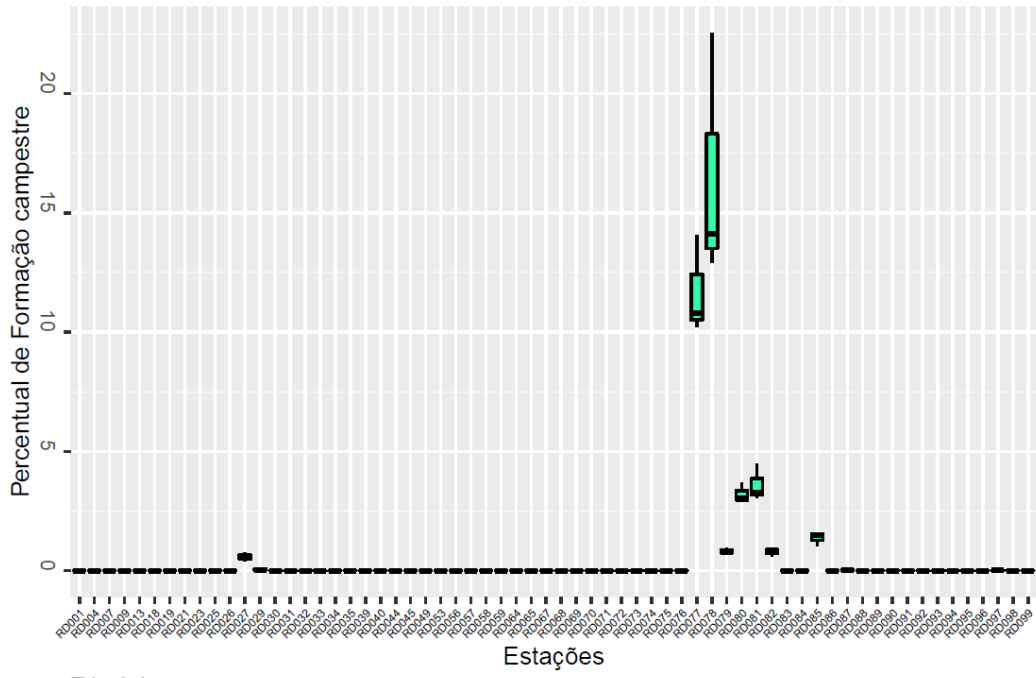
### Subbacia



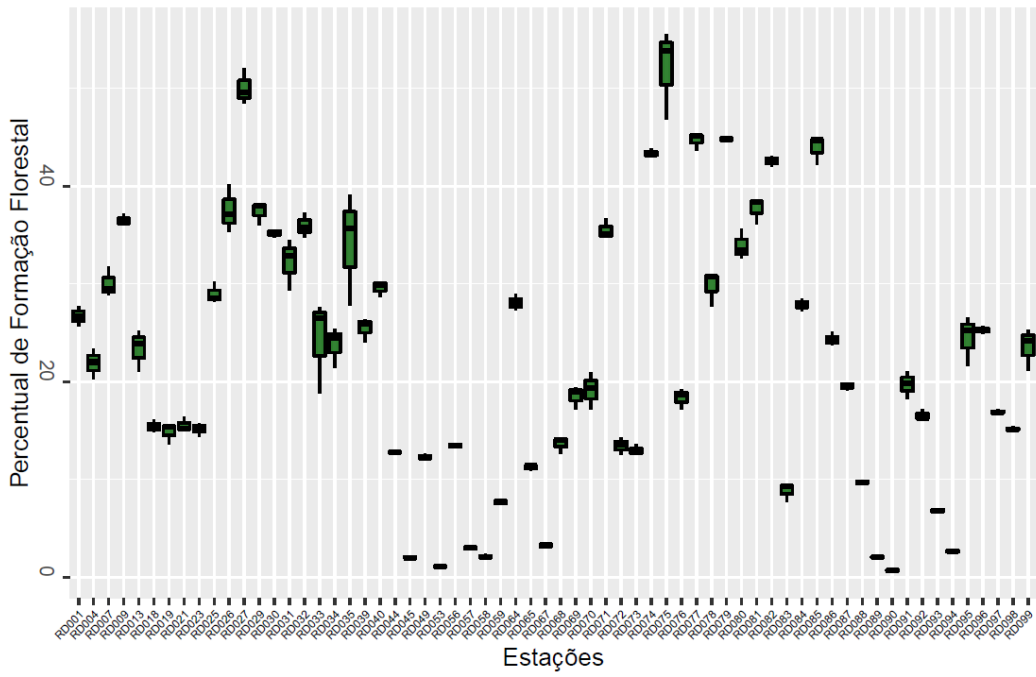
### Ripária



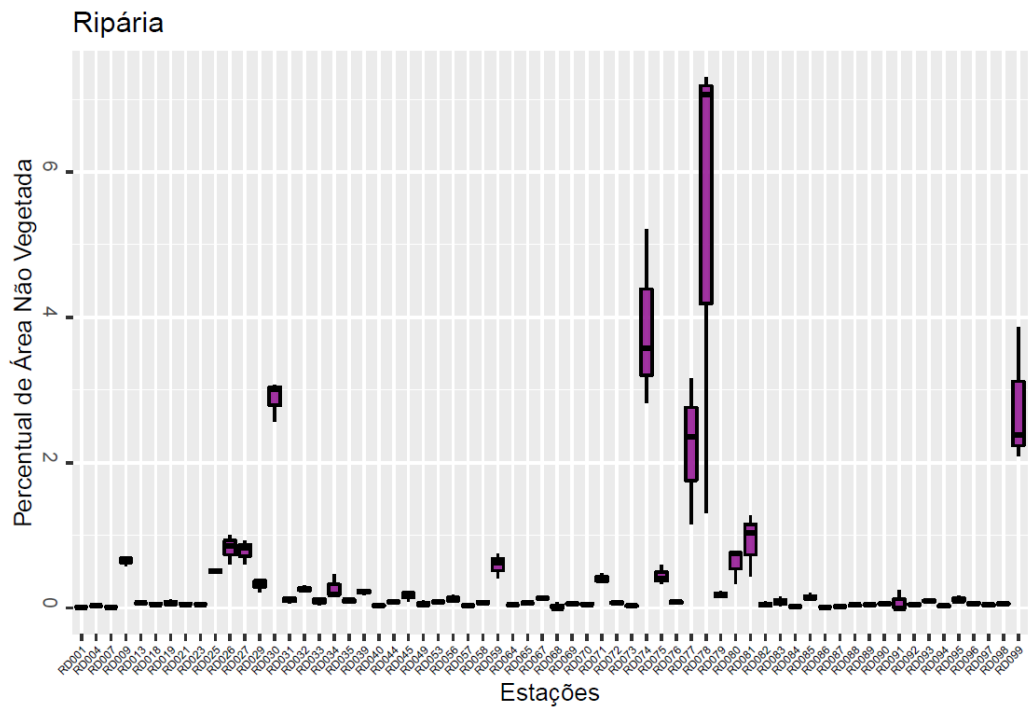
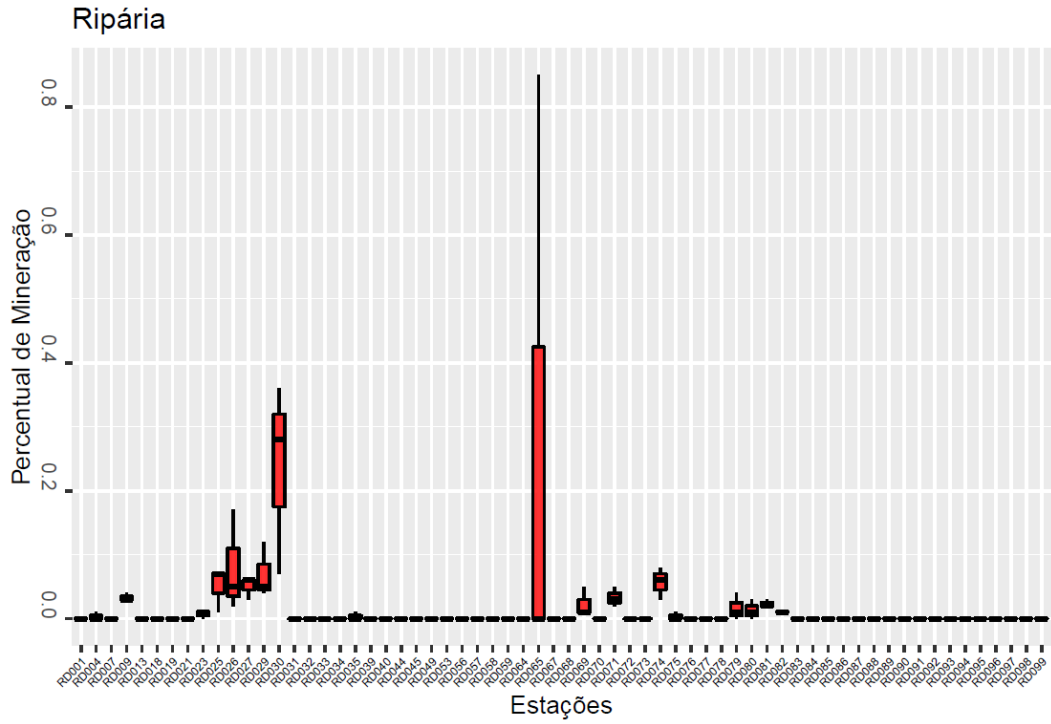
### Ripária

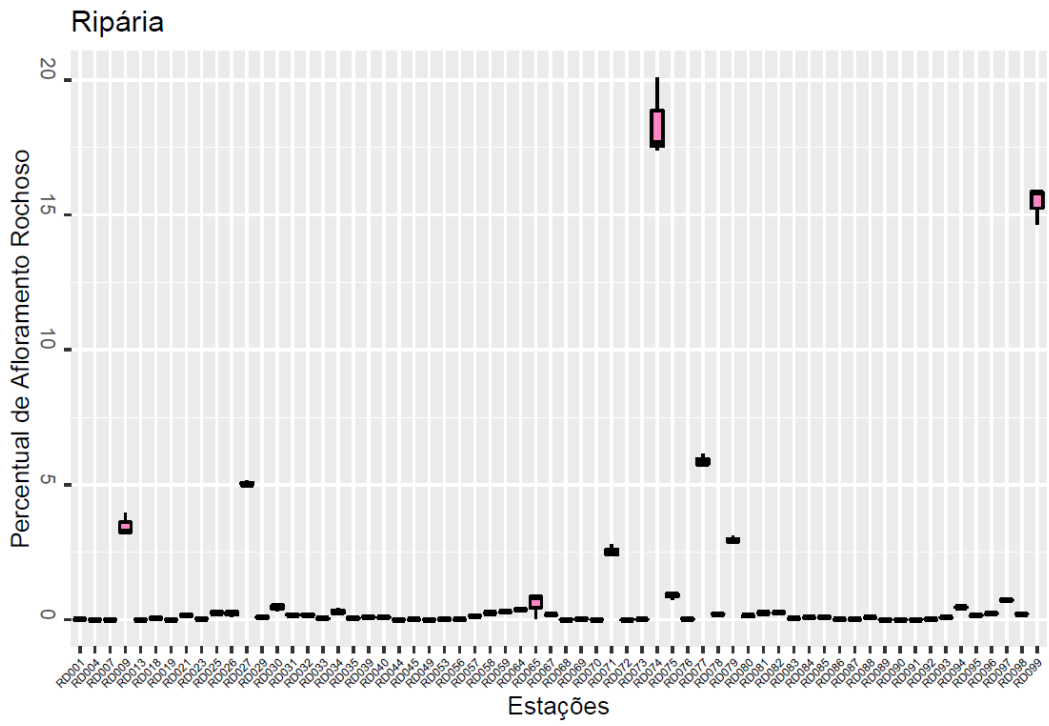
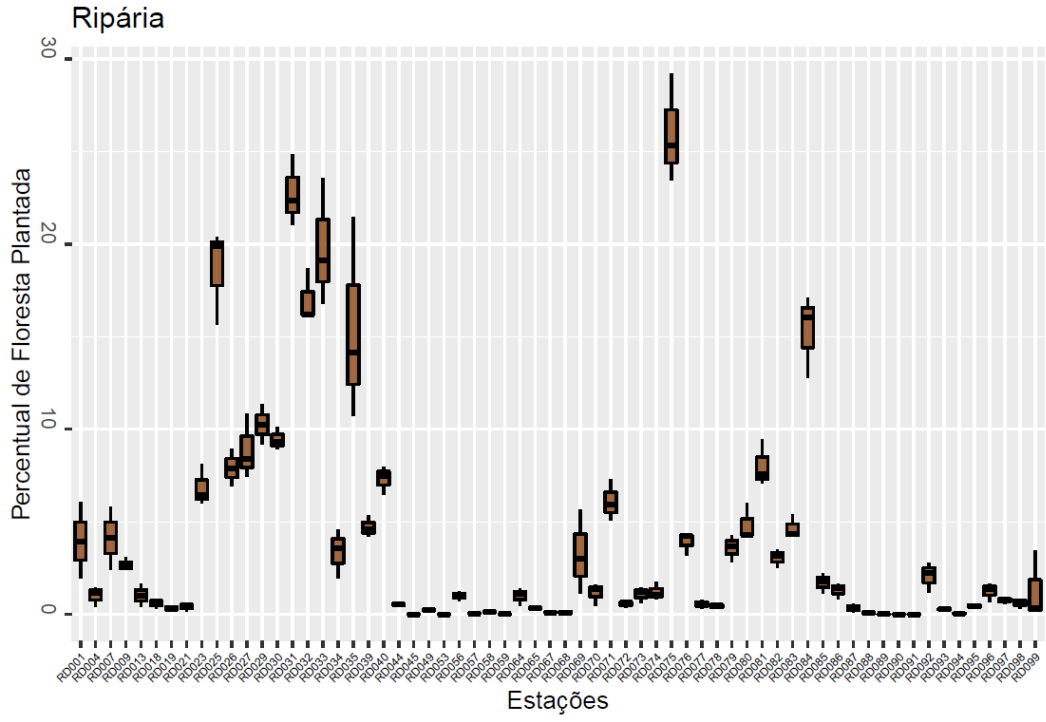


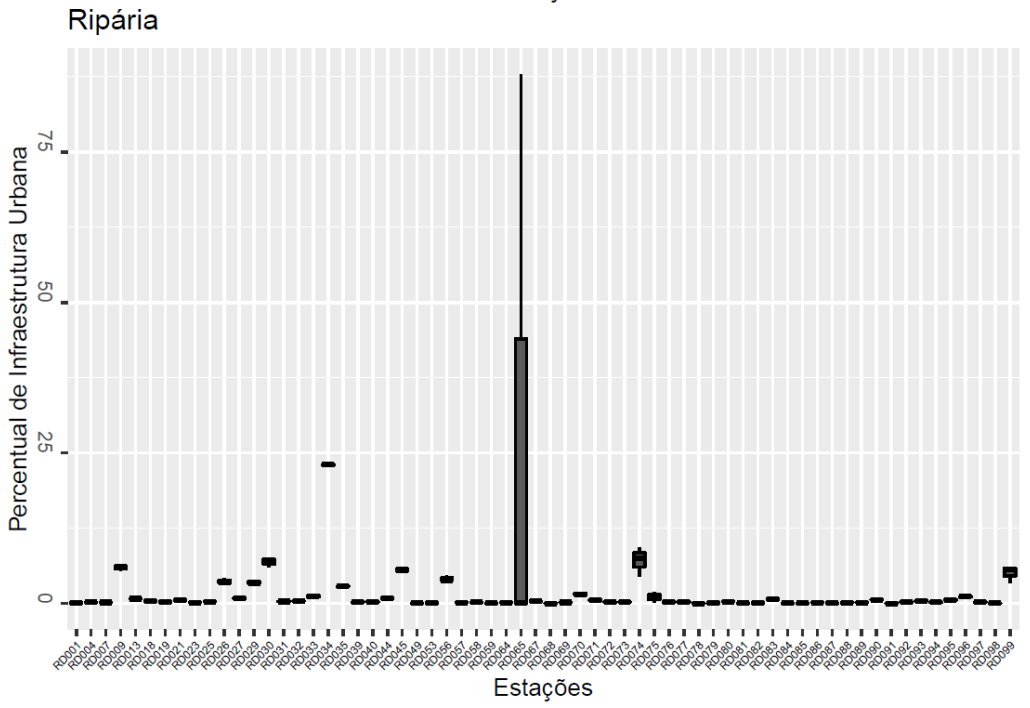
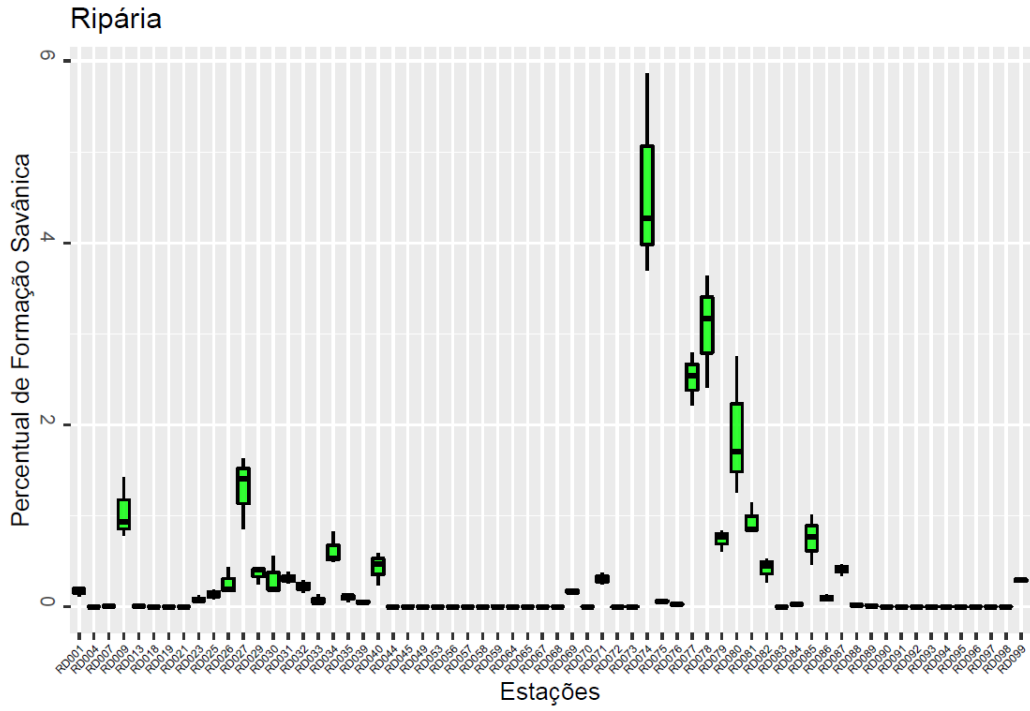
### Ripária











## APÊNDICE E – Métricas de paisagem

| Métricas de paisagem - Subbacia - 2008 |           |         |        |        |              |           |         |        |        |              |      |
|--|-----------|---------|--------|--------|--------------|-----------|---------|--------|--------|--------------|------|
| Estação                                | pland_flo | np_flo  | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav  | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |      |
| RD001                                  | 28,64     | 1975,00 | 2,07   | 49,89  | 1,64         |           | 0,21    | 214,00 | 0,22   | 1,14         | 1,28 |
| RD004                                  | 22,42     | 3996,00 | 1,96   | 42,14  | 1,61         |           |         |        |        |              |      |
| RD007                                  | 31,10     | 1610,00 | 1,99   | 55,04  | 1,71         | 0,01      | 11,00   | 0,01   | 0,06   | 1,31         |      |
| RD009                                  | 34,84     | 376,00  | 1,96   | 53,04  | 1,69         | 1,54      | 198,00  | 1,03   | 6,89   | 1,37         |      |
| RD013                                  | 24,81     | 2116,00 | 1,88   | 45,70  | 1,70         | 0,01      | 7,00    | 0,01   | 0,03   | 1,37         |      |
| RD018                                  | 18,29     | 4257,00 | 1,82   | 34,06  | 1,60         |           |         |        |        |              |      |
| RD019                                  | 15,97     | 1365,00 | 1,45   | 28,63  | 1,60         |           |         |        |        |              |      |
| RD021                                  | 17,80     | 3993,00 | 2,11   | 37,13  | 1,58         |           |         |        |        |              |      |
| RD023                                  | 17,41     | 3458,00 | 1,80   | 37,68  | 1,66         | 0,19      | 342,00  | 0,18   | 0,99   | 1,31         |      |
| RD025                                  | 28,78     | 1804,00 | 1,97   | 55,44  | 1,72         | 0,19      | 178,00  | 0,19   | 1,01   | 1,29         |      |
| RD026                                  | 36,11     | 329,00  | 1,63   | 49,97  | 1,65         | 0,45      | 67,00   | 0,33   | 2,29   | 1,44         |      |
| RD027                                  | 47,85     | 1640,00 | 1,19   | 53,62  | 1,64         | 1,91      | 1582,00 | 1,14   | 8,45   | 1,45         |      |
| RD029                                  | 38,67     | 415,00  | 1,23   | 52,25  | 1,63         | 0,42      | 115,00  | 0,34   | 2,13   | 1,36         |      |
| RD030                                  | 35,52     | 554,00  | 1,38   | 45,42  | 1,68         | 0,58      | 168,00  | 0,42   | 2,76   | 1,39         |      |
| RD031                                  | 32,51     | 1187,00 | 1,96   | 62,50  | 1,78         | 0,69      | 187,00  | 0,31   | 2,38   | 1,36         |      |
| RD032                                  | 38,00     | 1198,00 | 1,57   | 60,00  | 1,75         | 0,29      | 152,00  | 0,20   | 1,34   | 1,39         |      |
| RD033                                  | 25,24     | 1677,00 | 2,50   | 54,84  | 1,68         | 0,11      | 71,00   | 0,11   | 0,57   | 1,36         |      |
| RD034                                  | 26,97     | 257,00  | 2,28   | 51,58  | 1,66         | 1,55      | 83,00   | 0,74   | 5,50   | 1,38         |      |
| RD035                                  | 36,16     | 2122,00 | 1,68   | 57,44  | 1,69         | 0,15      | 171,00  | 0,14   | 0,72   | 1,30         |      |
| RD039                                  | 30,48     | 3542,00 | 1,78   | 52,41  | 1,73         | 0,07      | 165,00  | 0,08   | 0,41   | 1,29         |      |
| RD040                                  | 30,18     | 3992,00 | 1,61   | 46,48  | 1,69         | 0,47      | 679,00  | 0,27   | 2,07   | 1,41         |      |
| RD044                                  | 11,88     | 1145,00 | 1,30   | 22,69  | 1,57         |           |         |        |        |              |      |
| RD045                                  | 2,43      | 247,00  | 0,74   | 7,18   | 1,44         | 0,00      | 2,00    | 0,01   | 0,01   | 1,63         |      |
| RD049                                  | 12,81     | 2068,00 | 1,50   | 26,15  | 1,56         |           |         |        |        |              |      |
| RD053                                  | 1,14      | 580,00  | 0,46   | 3,77   | 1,39         |           |         |        |        |              |      |
| RD056                                  | 16,52     | 768,00  | 2,72   | 36,34  | 1,52         |           |         |        |        |              |      |
| RD057                                  | 3,45      | 772,00  | 0,79   | 9,35   | 1,53         |           |         |        |        |              |      |
| RD058                                  | 2,27      | 1058,00 | 0,64   | 6,86   | 1,48         |           |         |        |        |              |      |
| RD059                                  | 7,46      | 425,00  | 0,89   | 15,11  | 1,59         |           |         |        |        |              |      |
| RD064                                  | 28,97     | 1243,00 | 2,78   | 57,77  | 1,64         |           |         |        |        |              |      |
| RD065                                  | 12,74     | 4141,00 | 1,56   | 27,55  | 1,59         |           |         |        |        |              |      |
| RD067                                  | 3,65      | 1169,00 | 0,85   | 9,78   | 1,48         | 0,00      | 1,00    | 0,00   | 0,00   | 1,00         |      |
| RD068                                  | 14,04     | 41,00   | 5,13   | 41,64  | 1,42         |           |         |        |        |              |      |
| RD069                                  | 20,35     | 1031,00 | 2,40   | 41,43  | 1,55         | 0,17      | 90,00   | 0,21   | 0,98   | 1,25         |      |
| RD070                                  | 22,39     | 1482,00 | 1,77   | 41,48  | 1,70         |           |         |        |        |              |      |
| RD071                                  | 35,52     | 3087,00 | 1,59   | 50,35  | 1,65         | 0,47      | 564,00  | 0,29   | 1,96   | 1,36         |      |
| RD072                                  | 15,41     | 1062,00 | 1,81   | 32,12  | 1,62         |           |         |        |        |              |      |
| RD073                                  | 16,37     | 1902,00 | 2,30   | 35,12  | 1,54         | 0,01      | 7,00    | 0,01   | 0,03   | 1,03         |      |
| RD074                                  | 37,05     | 129,00  | 1,17   | 41,78  | 1,57         | 6,21      | 235,00  | 2,14   | 21,49  | 1,52         |      |
| RD075                                  | 52,15     | 148,00  | 1,51   | 72,50  | 1,69         | 0,07      | 17,00   | 0,17   | 0,40   | 1,14         |      |
| RD076                                  | 23,71     | 717,00  | 1,58   | 42,18  | 1,72         | 0,08      | 19,00   | 0,04   | 0,29   | 1,30         |      |
| RD077                                  | 44,02     | 1054,00 | 1,23   | 53,33  | 1,60         | 2,59      | 1357,00 | 1,59   | 12,49  | 1,52         |      |
| RD078                                  | 30,61     | 1055,00 | 1,98   | 53,67  | 1,61         | 3,80      | 1061,00 | 1,99   | 17,72  | 1,57         |      |
| RD079                                  | 45,49     | 2158,00 | 1,35   | 56,13  | 1,64         | 0,93      | 1153,00 | 0,72   | 4,62   | 1,40         |      |
| RD080                                  | 34,24     | 2354,00 | 1,80   | 56,03  | 1,67         | 2,84      | 1760,00 | 1,35   | 12,15  | 1,55         |      |
| RD081                                  | 40,98     | 2859,00 | 1,48   | 57,92  | 1,67         | 1,11      | 1317,00 | 0,68   | 5,30   | 1,49         |      |
| RD082                                  | 44,50     | 2888,00 | 1,33   | 56,60  | 1,69         | 0,47      | 949,00  | 0,44   | 2,50   | 1,35         |      |
| RD083                                  | 10,88     | 1755,00 | 1,64   | 25,41  | 1,54         | 0,01      | 15,00   | 0,01   | 0,06   | 1,26         |      |
| RD084                                  | 29,98     | 3091,00 | 2,08   | 53,62  | 1,69         | 0,03      | 44,00   | 0,03   | 0,16   | 1,32         |      |
| RD085                                  | 46,67     | 2443,00 | 1,30   | 59,79  | 1,74         | 0,89      | 936,00  | 0,50   | 4,10   | 1,52         |      |
| RD086                                  | 27,41     | 6514,00 | 2,02   | 50,03  | 1,68         | 0,12      | 353,00  | 0,11   | 0,63   | 1,33         |      |
| RD087                                  | 19,62     | 6243,00 | 1,92   | 39,07  | 1,62         | 0,48      | 1078,00 | 0,33   | 2,32   | 1,42         |      |
| RD088                                  | 11,42     | 2544,00 | 1,37   | 22,13  | 1,55         | 0,02      | 42,00   | 0,02   | 0,13   | 1,35         |      |
| RD089                                  | 1,95      | 624,00  | 0,79   | 6,58   | 1,43         | 0,02      | 7,00    | 0,01   | 0,08   | 1,52         |      |
| RD090                                  | 1,48      | 346,00  | 0,63   | 4,84   | 1,35         |           |         |        |        |              |      |
| RD091                                  | 26,39     | 21,00   | 4,54   | 36,09  | 1,42         |           |         |        |        |              |      |
| RD092                                  | 18,51     | 1741,00 | 2,99   | 44,71  | 1,58         |           |         |        |        |              |      |
| RD093                                  | 9,33      | 2571,00 | 1,86   | 24,06  | 1,51         |           |         |        |        |              |      |
| RD094                                  | 3,20      | 729,00  | 0,95   | 9,71   | 1,45         | 0,00      | 1,00    | 0,00   | 0,00   | 1,20         |      |
| RD095                                  | 27,84     | 416,00  | 3,08   | 57,74  | 1,66         |           |         |        |        |              |      |
| RD096                                  | 26,71     | 2374,00 | 2,48   | 52,71  | 1,66         |           |         |        |        |              |      |
| RD097                                  | 17,31     | 6616,00 | 2,15   | 38,26  | 1,61         |           |         |        |        |              |      |
| RD098                                  | 16,72     | 3562,00 | 2,39   | 38,25  | 1,58         |           |         |        |        |              |      |
| RD099                                  | 22,08     | 13,00   | 1,55   | 30,93  | 1,59         | 0,33      | 6,00    | 0,71   | 1,23   | 1,20         |      |

Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.

## Métricas de paisagem - Subbacia - 2013

| Estação | pland_flo | np_flo  | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav  | pd_sav | ed_sav  | shape_mn_sav |
|---------|-----------|---------|--------|--------|--------------|-----------|---------|--------|---------|--------------|
| RD001   | 29,71     | 2148,00 | 2,26   | 52,91  | 1,65         | 0,22      | 235,00  | 0,25   | 1,2273  | 1,2859       |
| RD004   | 25,46     | 4026,00 | 1,97   | 47,68  | 1,65         |           |         |        |         |              |
| RD007   | 33,90     | 1704,00 | 2,11   | 60,71  | 1,72         | 0,01      | 19,00   | 0,02   | 0,0934  | 1,2917       |
| RD009   | 35,73     | 390,00  | 2,03   | 53,66  | 1,66         | 0,98      | 148,00  | 0,77   | 4,4274  | 1,2898       |
| RD013   | 29,05     | 2176,00 | 1,94   | 52,94  | 1,74         | 0,01      | 13,00   | 0,01   | 0,0488  | 1,3002       |
| RD018   | 19,49     | 4680,00 | 2,00   | 37,56  | 1,60         |           |         |        |         |              |
| RD019   | 17,68     | 1394,00 | 1,48   | 31,77  | 1,64         |           |         |        |         |              |
| RD021   | 19,01     | 4512,00 | 2,38   | 41,29  | 1,59         |           |         |        |         |              |
| RD023   | 16,87     | 3907,00 | 2,04   | 38,76  | 1,65         | 0,13      | 266,00  | 0,14   | 0,7101  | 1,2943       |
| RD025   | 30,23     | 2047,00 | 2,23   | 58,54  | 1,70         | 0,15      | 143,00  | 0,16   | 0,789   | 1,2797       |
| RD026   | 40,77     | 346,00  | 1,72   | 50,89  | 1,66         | 0,24      | 44,00   | 0,22   | 1,193   | 1,3125       |
| RD027   | 50,23     | 1666,00 | 1,20   | 58,57  | 1,63         | 1,64      | 1522,00 | 1,10   | 7,687   | 1,4515       |
| RD029   | 38,61     | 467,00  | 1,39   | 53,36  | 1,65         | 0,42      | 121,00  | 0,36   | 2,0655  | 1,3309       |
| RD030   | 35,24     | 555,00  | 1,39   | 45,97  | 1,70         | 0,22      | 85,00   | 0,21   | 1,1319  | 1,2912       |
| RD031   | 33,50     | 1159,00 | 1,92   | 60,58  | 1,75         | 0,60      | 172,00  | 0,28   | 2,0965  | 1,3538       |
| RD032   | 39,32     | 1257,00 | 1,65   | 60,03  | 1,71         | 0,26      | 138,00  | 0,18   | 1,1653  | 1,3566       |
| RD033   | 26,64     | 1704,00 | 2,54   | 55,97  | 1,65         | 0,05      | 38,00   | 0,06   | 0,2841  | 1,2756       |
| RD034   | 26,98     | 274,00  | 2,43   | 51,05  | 1,64         | 1,24      | 63,00   | 0,56   | 4,148   | 1,3515       |
| RD035   | 39,77     | 2095,00 | 1,66   | 49,45  | 1,68         | 0,08      | 103,00  | 0,08   | 0,3873  | 1,2633       |
| RD039   | 29,91     | 3765,00 | 1,89   | 52,98  | 1,73         | 0,05      | 116,00  | 0,06   | 0,2891  | 1,2659       |
| RD040   | 30,36     | 4328,00 | 1,75   | 48,83  | 1,70         | 0,38      | 540,00  | 0,22   | 1,6169  | 1,3911       |
| RD044   | 11,71     | 1104,00 | 1,26   | 22,71  | 1,59         |           |         |        |         |              |
| RD045   | 2,45      | 231,00  | 0,69   | 7,13   | 1,47         |           |         |        |         |              |
| RD049   | 13,03     | 2160,00 | 1,57   | 27,05  | 1,56         | 0,00      | 5,00    | 0,00   | 0,015   | 1,1417       |
| RD053   | 1,07      | 539,00  | 0,43   | 3,55   | 1,40         | 0,00      | 4,00    | 0,00   | 0,0151  | 1,3438       |
| RD056   | 16,96     | 874,00  | 3,09   | 39,91  | 1,53         |           |         |        |         |              |
| RD057   | 3,07      | 683,00  | 0,70   | 8,31   | 1,53         |           |         |        |         |              |
| RD058   | 2,19      | 1123,00 | 0,68   | 6,91   | 1,48         | 0,00      | 5,00    | 0,00   | 0,0105  | 1,2729       |
| RD059   | 7,65      | 510,00  | 1,07   | 16,25  | 1,54         | 0,01      | 7,00    | 0,01   | 0,0629  | 1,1694       |
| RD064   | 30,54     | 1341,00 | 3,00   | 63,10  | 1,69         |           |         |        |         |              |
| RD065   | 12,06     | 4002,00 | 1,51   | 26,25  | 1,59         |           |         |        |         |              |
| RD067   | 3,87      | 1306,00 | 0,95   | 10,76  | 1,49         |           |         |        |         |              |
| RD068   | 15,49     | 47,00   | 5,88   | 48,13  | 1,42         |           |         |        |         |              |
| RD069   | 20,75     | 1136,00 | 2,65   | 43,59  | 1,56         | 0,22      | 101,00  | 0,24   | 1,1684  | 1,2597       |
| RD070   | 26,17     | 1641,00 | 1,96   | 49,28  | 1,74         |           |         |        |         |              |
| RD071   | 37,09     | 3346,00 | 1,72   | 52,51  | 1,65         | 0,40      | 496,00  | 0,25   | 1,6767  | 1,3392       |
| RD072   | 17,15     | 1148,00 | 1,95   | 36,68  | 1,65         |           |         |        |         |              |
| RD073   | 17,04     | 2096,00 | 2,53   | 38,49  | 1,56         | 0,00      | 5,00    | 0,01   | 0,0224  | 1,12         |
| RD074   | 37,57     | 129,00  | 1,17   | 39,11  | 1,54         | 4,75      | 219,00  | 1,99   | 16,4819 | 1,4171       |
| RD075   | 53,69     | 143,00  | 1,46   | 64,93  | 1,67         | 0,05      | 9,00    | 0,09   | 0,2529  | 1,1407       |
| RD076   | 25,00     | 790,00  | 1,75   | 45,81  | 1,73         | 0,08      | 19,00   | 0,04   | 0,2935  | 1,3283       |
| RD077   | 45,59     | 1085,00 | 1,27   | 56,97  | 1,58         | 2,84      | 1391,00 | 1,63   | 13,2397 | 1,5419       |
| RD078   | 30,73     | 1166,00 | 2,20   | 56,10  | 1,63         | 2,57      | 824,00  | 1,55   | 12,0692 | 1,5556       |
| RD079   | 45,73     | 2410,00 | 1,51   | 58,87  | 1,65         | 0,89      | 917,00  | 0,57   | 4,0523  | 1,4258       |
| RD080   | 36,35     | 2296,00 | 1,76   | 59,81  | 1,70         | 1,78      | 1565,00 | 1,20   | 8,7896  | 1,4964       |
| RD081   | 41,13     | 3013,00 | 1,56   | 59,16  | 1,68         | 0,84      | 1066,00 | 0,55   | 4,0395  | 1,4873       |
| RD082   | 44,75     | 3056,00 | 1,41   | 59,03  | 1,69         | 0,51      | 657,00  | 0,30   | 2,406   | 1,4822       |
| RD083   | 10,64     | 1842,00 | 1,72   | 25,78  | 1,55         | 0,00      | 5,00    | 0,00   | 0,0127  | 1,25         |
| RD084   | 30,34     | 3416,00 | 2,30   | 56,26  | 1,70         | 0,03      | 37,00   | 0,02   | 0,1577  | 1,3385       |
| RD085   | 46,55     | 2590,00 | 1,38   | 62,28  | 1,73         | 1,20      | 810,00  | 0,43   | 4,7114  | 1,6202       |
| RD086   | 28,23     | 7019,00 | 2,18   | 52,83  | 1,67         | 0,10      | 302,00  | 0,09   | 0,5104  | 1,3045       |
| RD087   | 19,90     | 6551,00 | 2,01   | 40,10  | 1,62         | 0,55      | 1187,00 | 0,36   | 2,6574  | 1,4265       |
| RD088   | 11,05     | 2489,00 | 1,34   | 21,46  | 1,55         | 0,01      | 28,00   | 0,02   | 0,0768  | 1,2583       |
| RD089   | 2,03      | 638,00  | 0,80   | 6,89   | 1,44         | 0,03      | 7,00    | 0,01   | 0,0915  | 1,4983       |
| RD090   | 1,18      | 281,00  | 0,51   | 3,86   | 1,34         |           |         |        |         |              |
| RD091   | 25,78     | 24,00   | 5,19   | 39,80  | 1,36         |           |         |        |         |              |
| RD092   | 18,95     | 1877,00 | 3,23   | 47,96  | 1,60         |           |         |        |         |              |
| RD093   | 8,86      | 2609,00 | 1,89   | 23,85  | 1,52         |           |         |        |         |              |
| RD094   | 3,21      | 788,00  | 1,03   | 10,04  | 1,44         | 0,00      | 2,00    | 0,00   | 0,007   | 1,2083       |
| RD095   | 28,59     | 451,00  | 3,34   | 61,95  | 1,67         |           |         |        |         |              |
| RD096   | 27,49     | 2499,00 | 2,61   | 56,22  | 1,69         |           |         |        |         |              |
| RD097   | 17,47     | 6680,00 | 2,17   | 39,28  | 1,62         |           |         |        |         |              |
| RD098   | 16,41     | 3572,00 | 2,39   | 38,63  | 1,60         |           |         |        |         |              |
| RD099   | 21,05     | 12,00   | 1,43   | 30,37  | 1,60         | 0,29      | 3,00    | 0,36   | 1,0895  | 1,4167       |

Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.

## Métricas de paisagem - Subbacia - 2018

| Estação | pland_flo | np_flo  | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav  | pd_sav | ed_sav  | shape_mn_sav |
|---------|-----------|---------|--------|--------|--------------|-----------|---------|--------|---------|--------------|
| RD001   | 27,61     | 2442,00 | 2,57   | 55,30  | 1,66         |           | 140,00  | 0,15   | 0,718   | 1,2815       |
| RD004   | 24,05     | 4225,00 | 2,07   | 47,31  | 1,66         |           |         |        |         |              |
| RD007   | 31,44     | 1889,00 | 2,33   | 61,70  | 1,72         | 0,00      | 3,00    | 0,00   | 0,0091  | 1,1667       |
| RD009   | 34,61     | 408,00  | 2,12   | 55,06  | 1,69         | 0,84      | 145,00  | 0,75   | 3,9775  | 1,2756       |
| RD013   | 27,48     | 2315,00 | 2,06   | 52,38  | 1,73         | 0,00      | 3,00    | 0,00   | 0,0095  | 1,2738       |
| RD018   | 18,35     | 4719,00 | 2,02   | 36,29  | 1,60         |           |         |        |         |              |
| RD019   | 17,60     | 1470,00 | 1,56   | 32,71  | 1,64         |           |         |        |         |              |
| RD021   | 17,66     | 4329,00 | 2,28   | 38,78  | 1,59         |           |         |        |         |              |
| RD023   | 15,67     | 4364,00 | 2,28   | 38,87  | 1,63         | 0,10      | 207,00  | 0,11   | 0,5264  | 1,2585       |
| RD025   | 28,22     | 2259,00 | 2,46   | 57,71  | 1,68         | 0,09      | 98,00   | 0,11   | 0,4918  | 1,2641       |
| RD026   | 37,61     | 372,00  | 1,85   | 52,10  | 1,66         | 0,17      | 40,00   | 0,20   | 0,9175  | 1,2154       |
| RD027   | 46,78     | 1861,00 | 1,35   | 59,10  | 1,64         | 1,06      | 1082,00 | 0,78   | 4,8931  | 1,392        |
| RD029   | 36,73     | 518,00  | 1,54   | 55,11  | 1,63         | 0,26      | 85,00   | 0,25   | 1,3214  | 1,2727       |
| RD030   | 34,78     | 586,00  | 1,46   | 47,22  | 1,70         | 0,19      | 77,00   | 0,19   | 0,9718  | 1,2712       |
| RD031   | 28,93     | 1455,00 | 2,41   | 59,62  | 1,73         | 0,50      | 156,00  | 0,26   | 1,8337  | 1,3405       |
| RD032   | 37,08     | 1481,00 | 1,94   | 61,59  | 1,71         | 0,18      | 97,00   | 0,13   | 0,7749  | 1,308        |
| RD033   | 18,26     | 2004,00 | 2,99   | 47,34  | 1,61         | 0,04      | 37,00   | 0,06   | 0,2379  | 1,2695       |
| RD034   | 23,24     | 296,00  | 2,63   | 48,92  | 1,62         | 1,07      | 67,00   | 0,60   | 3,8725  | 1,3257       |
| RD035   | 28,46     | 2780,00 | 2,20   | 56,38  | 1,67         | 0,12      | 118,00  | 0,09   | 0,5189  | 1,3093       |
| RD039   | 28,13     | 3967,00 | 2,00   | 51,13  | 1,71         | 0,05      | 96,00   | 0,05   | 0,2416  | 1,2758       |
| RD040   | 28,77     | 4389,00 | 1,77   | 47,72  | 1,70         | 0,20      | 327,00  | 0,13   | 0,9159  | 1,3713       |
| RD044   | 11,30     | 1140,00 | 1,30   | 23,10  | 1,60         |           |         |        |         |              |
| RD045   | 2,57      | 261,00  | 0,78   | 7,87   | 1,49         | 0,00      | 3,00    | 0,01   | 0,0264  | 1,1222       |
| RD049   | 12,33     | 2176,00 | 1,58   | 26,36  | 1,57         | 0,00      | 3,00    | 0,00   | 0,0137  | 1,4          |
| RD053   | 1,18      | 655,00  | 0,52   | 4,16   | 1,40         | 0,01      | 8,00    | 0,01   | 0,0336  | 1,3838       |
| RD056   | 16,09     | 793,00  | 2,80   | 38,55  | 1,56         |           |         |        |         |              |
| RD057   | 3,42      | 784,00  | 0,80   | 9,49   | 1,52         |           |         |        |         |              |
| RD058   | 2,50      | 1435,00 | 0,86   | 8,34   | 1,47         | 0,00      | 1,00    | 0,00   | 0,0025  | 1,4          |
| RD059   | 7,97      | 543,00  | 1,13   | 17,72  | 1,57         |           |         |        |         |              |
| RD064   | 29,28     | 1409,00 | 3,15   | 62,32  | 1,68         |           |         |        |         |              |
| RD065   | 12,57     | 4458,00 | 1,68   | 28,14  | 1,59         |           |         |        |         |              |
| RD067   | 4,12      | 1474,00 | 1,07   | 11,84  | 1,49         | 0,00      | 4,00    | 0,00   | 0,0138  | 1,2503       |
| RD068   | 15,44     | 44,00   | 5,50   | 47,10  | 1,43         |           |         |        |         |              |
| RD069   | 18,31     | 1300,00 | 3,03   | 45,60  | 1,57         | 0,16      | 77,00   | 0,18   | 0,8896  | 1,2807       |
| RD070   | 24,32     | 1705,00 | 2,04   | 47,12  | 1,71         |           |         |        |         |              |
| RD071   | 35,09     | 3678,00 | 1,89   | 55,23  | 1,65         | 0,35      | 429,00  | 0,22   | 1,433   | 1,3257       |
| RD072   | 16,22     | 1191,00 | 2,03   | 35,63  | 1,63         |           |         |        |         |              |
| RD073   | 15,79     | 2101,00 | 2,54   | 36,84  | 1,56         | 0,00      | 3,00    | 0,00   | 0,016   | 1,2333       |
| RD074   | 36,89     | 156,00  | 1,42   | 42,66  | 1,50         | 4,05      | 214,00  | 1,95   | 14,7399 | 1,3684       |
| RD075   | 45,20     | 202,00  | 2,06   | 72,24  | 1,63         | 0,06      | 9,00    | 0,09   | 0,3131  | 1,1058       |
| RD076   | 25,52     | 782,00  | 1,73   | 46,44  | 1,74         | 0,07      | 15,00   | 0,03   | 0,2687  | 1,4176       |
| RD077   | 45,43     | 1090,00 | 1,28   | 56,79  | 1,58         | 2,26      | 1320,00 | 1,55   | 11,1905 | 1,4919       |
| RD078   | 27,83     | 1166,00 | 2,20   | 51,41  | 1,63         | 3,38      | 1156,00 | 2,18   | 16,6572 | 1,5402       |
| RD079   | 45,25     | 2521,00 | 1,58   | 59,69  | 1,64         | 0,70      | 899,00  | 0,56   | 3,4753  | 1,374        |
| RD080   | 33,48     | 2503,00 | 1,92   | 55,54  | 1,66         | 1,38      | 1359,00 | 1,04   | 7,1641  | 1,4796       |
| RD081   | 38,64     | 3395,00 | 1,76   | 59,21  | 1,68         | 0,84      | 1199,00 | 0,62   | 4,3014  | 1,4829       |
| RD082   | 43,71     | 3160,00 | 1,45   | 59,11  | 1,70         | 0,28      | 581,00  | 0,27   | 1,5553  | 1,3858       |
| RD083   | 8,88      | 1830,00 | 1,71   | 22,93  | 1,54         | 0,00      | 5,00    | 0,00   | 0,0179  | 1,2          |
| RD084   | 29,09     | 3459,00 | 2,33   | 54,87  | 1,69         | 0,01      | 19,00   | 0,01   | 0,0731  | 1,3091       |
| RD085   | 44,01     | 2758,00 | 1,47   | 61,79  | 1,77         | 0,61      | 639,00  | 0,34   | 2,7752  | 1,536        |
| RD086   | 26,82     | 7126,00 | 2,21   | 52,20  | 1,69         | 0,06      | 193,00  | 0,06   | 0,3141  | 1,2877       |
| RD087   | 19,08     | 6989,00 | 2,14   | 40,15  | 1,60         | 0,43      | 924,00  | 0,28   | 2,0523  | 1,4202       |
| RD088   | 10,69     | 2618,00 | 1,41   | 21,52  | 1,54         | 0,02      | 33,00   | 0,02   | 0,0879  | 1,2834       |
| RD089   | 1,91      | 681,00  | 0,86   | 7,02   | 1,43         | 0,04      | 18,00   | 0,02   | 0,1524  | 1,3335       |
| RD090   | 1,37      | 329,00  | 0,60   | 4,61   | 1,37         |           |         |        |         |              |
| RD091   | 23,99     | 16,00   | 3,46   | 34,88  | 1,41         |           |         |        |         |              |
| RD092   | 17,59     | 1838,00 | 3,16   | 45,40  | 1,59         |           |         |        |         |              |
| RD093   | 8,61      | 2649,00 | 1,92   | 23,88  | 1,53         |           |         |        |         |              |
| RD094   | 3,54      | 860,00  | 1,13   | 11,34  | 1,47         |           |         |        |         |              |
| RD095   | 23,67     | 417,00  | 3,09   | 52,40  | 1,66         |           |         |        |         |              |
| RD096   | 27,00     | 2571,00 | 2,69   | 56,60  | 1,69         |           |         |        |         |              |
| RD097   | 17,14     | 6942,00 | 2,26   | 39,30  | 1,61         |           |         |        |         |              |
| RD098   | 16,64     | 3875,00 | 2,60   | 40,17  | 1,59         |           |         |        |         |              |
| RD099   | 18,46     | 18,00   | 2,14   | 37,54  | 1,65         | 0,32      | 4,00    | 0,48   | 1,2301  | 1,2813       |

Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.

## Métricas de paisagem - Ripária - 2008

| Estação | pland_flo | np_flo  | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav  | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |
|---------|-----------|---------|--------|--------|--------------|-----------|---------|--------|--------|--------------|
| RD001   | 26,75     | 2864,00 | 3,58   | 47,48  | 1,56         | 0,21      | 204,00  | 0,25   | 1,11   | 1,26         |
| RD004   | 20,42     | 5684,00 | 3,35   | 39,27  | 1,53         | 0,01      | 10,00   | 0,01   | 0,04   | 1,27         |
| RD007   | 28,93     | 2486,00 | 3,71   | 52,27  | 1,58         | 1,46      | 189,00  | 1,27   | 6,26   | 1,30         |
| RD009   | 36,07     | 488,00  | 3,28   | 52,77  | 1,61         | 0,01      | 6,00    | 0,01   | 0,03   | 1,34         |
| RD013   | 21,03     | 3578,00 | 4,19   | 40,65  | 1,51         |           |         |        |        |              |
| RD018   | 14,98     | 6028,00 | 3,59   | 27,77  | 1,43         |           |         |        |        |              |
| RD019   | 13,56     | 1909,00 | 2,82   | 24,97  | 1,47         |           |         |        |        |              |
| RD021   | 15,27     | 5186,00 | 3,81   | 32,54  | 1,45         |           |         |        |        |              |
| RD023   | 15,58     | 3514,00 | 3,48   | 34,42  | 1,51         | 0,12      | 176,00  | 0,17   | 0,65   | 1,26         |
| RD025   | 28,61     | 2465,00 | 3,27   | 55,00  | 1,62         | 0,20      | 173,00  | 0,23   | 1,01   | 1,26         |
| RD026   | 35,27     | 468,00  | 2,91   | 48,59  | 1,58         | 0,44      | 58,00   | 0,36   | 2,15   | 1,41         |
| RD027   | 49,23     | 2439,00 | 2,24   | 53,61  | 1,59         | 1,67      | 1521,00 | 1,39   | 7,68   | 1,39         |
| RD029   | 37,85     | 706,00  | 2,75   | 52,08  | 1,57         | 0,45      | 118,00  | 0,46   | 2,26   | 1,29         |
| RD030   | 34,87     | 845,00  | 2,70   | 44,21  | 1,58         | 0,56      | 146,00  | 0,47   | 2,53   | 1,34         |
| RD031   | 32,67     | 1471,00 | 4,58   | 63,02  | 1,62         | 0,40      | 121,00  | 0,38   | 1,59   | 1,28         |
| RD032   | 35,60     | 1947,00 | 4,23   | 57,42  | 1,58         | 0,30      | 127,00  | 0,28   | 1,41   | 1,33         |
| RD033   | 25,59     | 1451,00 | 4,55   | 55,34  | 1,57         | 0,13      | 42,00   | 0,13   | 0,64   | 1,36         |
| RD034   | 24,30     | 265,00  | 4,58   | 45,18  | 1,50         | 0,83      | 45,00   | 0,78   | 3,24   | 1,32         |
| RD035   | 34,22     | 2282,00 | 3,89   | 54,29  | 1,61         | 0,13      | 78,00   | 0,13   | 0,60   | 1,27         |
| RD039   | 26,03     | 4804,00 | 4,96   | 47,96  | 1,50         | 0,07      | 90,00   | 0,09   | 0,36   | 1,23         |
| RD040   | 29,95     | 5092,00 | 3,95   | 45,56  | 1,53         | 0,61      | 583,00  | 0,45   | 2,59   | 1,36         |
| RD044   | 12,59     | 1094,00 | 2,51   | 24,31  | 1,47         |           |         |        |        |              |
| RD045   | 1,98      | 191,00  | 1,11   | 6,29   | 1,32         | 0,00      | 1,00    | 0,01   | 0,01   | 1,25         |
| RD049   | 12,30     | 1906,00 | 2,81   | 25,64  | 1,44         |           |         |        |        |              |
| RD053   | 1,09      | 446,00  | 0,65   | 3,73   | 1,33         |           |         |        |        |              |
| RD056   | 13,49     | 773,00  | 4,88   | 31,59  | 1,39         |           |         |        |        |              |
| RD057   | 3,09      | 583,00  | 1,10   | 7,81   | 1,40         |           |         |        |        |              |
| RD058   | 2,07      | 797,00  | 0,85   | 5,99   | 1,39         |           |         |        |        |              |
| RD059   | 7,26      | 424,00  | 1,50   | 13,53  | 1,47         |           |         |        |        |              |
| RD064   | 27,51     | 1678,00 | 5,04   | 55,14  | 1,52         |           |         |        |        |              |
| RD065   | 11,47     | 3857,00 | 2,72   | 23,61  | 1,45         |           |         |        |        |              |
| RD067   | 2,98      | 956,00  | 1,28   | 8,31   | 1,36         |           |         |        |        |              |
| RD068   | 12,98     | 40,00   | 6,61   | 41,17  | 1,38         |           |         |        |        |              |
| RD069   | 19,10     | 1280,00 | 3,52   | 39,48  | 1,50         | 0,17      | 81,00   | 0,22   | 0,92   | 1,24         |
| RD070   | 17,29     | 2477,00 | 4,25   | 34,17  | 1,48         |           |         |        |        |              |
| RD071   | 34,98     | 4550,00 | 2,90   | 48,78  | 1,55         | 0,39      | 540,00  | 0,34   | 1,78   | 1,31         |
| RD072   | 12,56     | 1425,00 | 3,31   | 25,62  | 1,44         |           |         |        |        |              |
| RD073   | 12,82     | 1912,00 | 4,26   | 28,25  | 1,38         | 0,00      | 1,00    | 0,00   | 0,01   | 1,00         |
| RD074   | 42,87     | 154,00  | 2,09   | 43,01  | 1,54         | 5,93      | 224,00  | 3,04   | 21,73  | 1,45         |
| RD075   | 53,73     | 185,00  | 2,14   | 72,27  | 1,62         | 0,07      | 16,00   | 0,18   | 0,38   | 1,13         |
| RD076   | 17,30     | 1051,00 | 4,12   | 34,08  | 1,49         | 0,03      | 12,00   | 0,05   | 0,16   | 1,23         |
| RD077   | 43,54     | 1585,00 | 2,42   | 53,82  | 1,62         | 2,62      | 1317,00 | 2,01   | 12,46  | 1,45         |
| RD078   | 30,65     | 1322,00 | 3,02   | 53,97  | 1,58         | 3,72      | 1090,00 | 2,49   | 17,09  | 1,49         |
| RD079   | 44,74     | 3538,00 | 2,93   | 56,39  | 1,60         | 0,87      | 1033,00 | 0,85   | 4,19   | 1,33         |
| RD080   | 33,39     | 3437,00 | 3,39   | 54,85  | 1,60         | 2,82      | 1777,00 | 1,75   | 11,97  | 1,47         |
| RD081   | 38,29     | 4415,00 | 3,17   | 55,45  | 1,60         | 1,19      | 1250,00 | 0,90   | 5,65   | 1,44         |
| RD082   | 42,74     | 5334,00 | 3,46   | 56,45  | 1,59         | 0,47      | 844,00  | 0,55   | 2,47   | 1,31         |
| RD083   | 9,24      | 1254,00 | 2,58   | 21,59  | 1,45         | 0,01      | 10,00   | 0,02   | 0,06   | 1,14         |
| RD084   | 27,97     | 3909,00 | 4,93   | 51,91  | 1,52         | 0,04      | 34,00   | 0,04   | 0,18   | 1,26         |
| RD085   | 44,74     | 4608,00 | 3,26   | 59,42  | 1,60         | 0,79      | 877,00  | 0,62   | 3,82   | 1,45         |
| RD086   | 24,30     | 9049,00 | 4,83   | 45,71  | 1,49         | 0,14      | 274,00  | 0,15   | 0,70   | 1,30         |
| RD087   | 19,74     | 6986,00 | 3,80   | 39,43  | 1,50         | 0,44      | 803,00  | 0,44   | 2,04   | 1,31         |
| RD088   | 10,06     | 2403,00 | 2,57   | 20,97  | 1,45         | 0,03      | 35,00   | 0,04   | 0,16   | 1,29         |
| RD089   | 2,04      | 461,00  | 1,09   | 7,07   | 1,38         | 0,01      | 6,00    | 0,01   | 0,03   | 1,17         |
| RD090   | 0,81      | 173,00  | 0,61   | 2,78   | 1,28         |           |         |        |        |              |
| RD091   | 21,30     | 23,00   | 6,63   | 34,02  | 1,42         |           |         |        |        |              |
| RD092   | 16,45     | 1646,00 | 5,32   | 40,74  | 1,42         |           |         |        |        |              |
| RD093   | 7,21      | 2289,00 | 3,01   | 19,16  | 1,37         |           |         |        |        |              |
| RD094   | 2,63      | 517,00  | 1,22   | 8,31   | 1,37         | 0,00      | 1,00    | 0,00   | 0,01   | 1,20         |
| RD095   | 25,43     | 547,00  | 5,24   | 54,99  | 1,54         |           |         |        |        |              |
| RD096   | 25,05     | 3230,00 | 4,40   | 49,91  | 1,53         |           |         |        |        |              |
| RD097   | 16,98     | 6789,00 | 3,30   | 37,26  | 1,51         |           |         |        |        |              |
| RD098   | 15,15     | 3526,00 | 4,07   | 34,93  | 1,44         |           |         |        |        |              |
| RD099   | 25,34     | 18,00   | 2,74   | 32,49  | 1,47         | 0,32      | 6,00    | 0,91   | 1,077  | 1,1468       |

Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.

## Métricas de paisagem - Ripária - 2013

| Estação | pland_flo | np_flo  | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav  | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |
|---------|-----------|---------|--------|--------|--------------|-----------|---------|--------|--------|--------------|
| RD001   | 27,86     | 3077,00 | 3,84   | 50,71  | 1,56         | 0,22      | 221,00  | 0,28   | 1,18   | 1,27         |
| RD004   | 23,47     | 5885,00 | 3,47   | 45,01  | 1,55         | 0,01      | 17,00   | 0,03   | 0,07   | 1,21         |
| RD007   | 31,88     | 2638,00 | 3,93   | 58,21  | 1,61         | 0,95      | 135,00  | 0,91   | 4,11   | 1,25         |
| RD009   | 37,09     | 494,00  | 3,32   | 53,17  | 1,60         | 0,01      | 12,00   | 0,01   | 0,05   | 1,28         |
| RD013   | 25,25     | 3832,00 | 4,49   | 48,57  | 1,54         |           |         |        |        |              |
| RD018   | 16,30     | 6521,00 | 3,88   | 31,55  | 1,44         |           |         |        |        |              |
| RD019   | 15,39     | 1983,00 | 2,93   | 28,36  | 1,50         |           |         |        |        |              |
| RD021   | 16,54     | 5808,00 | 4,27   | 36,86  | 1,46         |           |         |        |        |              |
| RD023   | 15,18     | 3808,00 | 3,77   | 35,77  | 1,52         | 0,08      | 123,00  | 0,12   | 0,44   | 1,25         |
| RD025   | 30,23     | 2732,00 | 3,63   | 58,60  | 1,62         | 0,15      | 144,00  | 0,19   | 0,75   | 1,22         |
| RD026   | 40,07     | 486,00  | 3,03   | 49,72  | 1,58         | 0,20      | 35,00   | 0,22   | 0,95   | 1,27         |
| RD027   | 51,66     | 2544,00 | 2,33   | 58,66  | 1,59         | 1,46      | 1473,00 | 1,35   | 7,12   | 1,38         |
| RD029   | 38,00     | 753,00  | 2,93   | 52,79  | 1,57         | 0,43      | 113,00  | 0,44   | 2,03   | 1,29         |
| RD030   | 34,62     | 819,00  | 2,62   | 44,83  | 1,61         | 0,20      | 73,00   | 0,23   | 0,97   | 1,26         |
| RD031   | 34,23     | 1424,00 | 4,44   | 61,42  | 1,61         | 0,31      | 105,00  | 0,33   | 1,27   | 1,28         |
| RD032   | 37,06     | 1960,00 | 4,26   | 58,02  | 1,58         | 0,24      | 110,00  | 0,24   | 1,10   | 1,28         |
| RD033   | 26,67     | 1472,00 | 4,61   | 55,17  | 1,57         | 0,05      | 23,00   | 0,07   | 0,29   | 1,25         |
| RD034   | 25,16     | 272,00  | 4,70   | 45,22  | 1,47         | 0,55      | 35,00   | 0,61   | 2,23   | 1,29         |
| RD035   | 37,52     | 2088,00 | 3,56   | 47,83  | 1,58         | 0,05      | 46,00   | 0,08   | 0,27   | 1,20         |
| RD039   | 25,63     | 4924,00 | 5,09   | 48,51  | 1,50         | 0,05      | 65,00   | 0,07   | 0,25   | 1,23         |
| RD040   | 30,32     | 5470,00 | 4,24   | 48,38  | 1,54         | 0,49      | 462,00  | 0,36   | 2,02   | 1,34         |
| RD044   | 12,50     | 1092,00 | 2,51   | 24,66  | 1,48         |           |         |        |        |              |
| RD045   | 2,02      | 168,00  | 0,98   | 6,22   | 1,35         |           |         |        |        |              |
| RD049   | 12,68     | 1953,00 | 2,88   | 26,79  | 1,45         | 0,00      | 1,00    | 0,00   | 0,00   | 1,60         |
| RD053   | 1,01      | 423,00  | 0,61   | 3,53   | 1,34         | 0,00      | 2,00    | 0,00   | 0,01   | 1,21         |
| RD056   | 13,97     | 861,00  | 5,43   | 35,34  | 1,39         |           |         |        |        |              |
| RD057   | 2,79      | 522,00  | 0,98   | 6,97   | 1,40         |           |         |        |        |              |
| RD058   | 2,09      | 855,00  | 0,91   | 6,40   | 1,39         | 0,00      | 4,00    | 0,00   | 0,02   | 1,34         |
| RD059   | 7,56      | 492,00  | 1,74   | 15,04  | 1,45         | 0,02      | 6,00    | 0,02   | 0,09   | 1,17         |
| RD064   | 29,16     | 1784,00 | 5,36   | 60,61  | 1,55         |           |         |        |        |              |
| RD065   | 10,91     | 3678,00 | 2,60   | 22,50  | 1,44         |           |         |        |        |              |
| RD067   | 3,24      | 1062,00 | 1,42   | 9,45   | 1,38         |           |         |        |        |              |
| RD068   | 14,53     | 45,00   | 7,43   | 49,26  | 1,41         |           |         |        |        |              |
| RD069   | 19,55     | 1391,00 | 3,82   | 41,65  | 1,50         | 0,22      | 95,00   | 0,26   | 1,15   | 1,25         |
| RD070   | 21,05     | 2873,00 | 4,93   | 42,76  | 1,50         |           |         |        |        |              |
| RD071   | 36,55     | 4864,00 | 3,10   | 51,15  | 1,55         | 0,31      | 480,00  | 0,31   | 1,46   | 1,28         |
| RD072   | 14,32     | 1560,00 | 3,63   | 30,39  | 1,47         |           |         |        |        |              |
| RD073   | 13,75     | 2106,00 | 4,69   | 32,22  | 1,40         | 0,00      | 2,00    | 0,00   | 0,02   | 1,17         |
| RD074   | 43,50     | 151,00  | 2,05   | 39,54  | 1,55         | 4,29      | 193,00  | 2,62   | 15,78  | 1,37         |
| RD075   | 55,37     | 165,00  | 1,91   | 64,67  | 1,65         | 0,06      | 9,00    | 0,10   | 0,27   | 1,17         |
| RD076   | 18,77     | 1141,00 | 4,47   | 37,82  | 1,50         | 0,03      | 11,00   | 0,04   | 0,13   | 1,19         |
| RD077   | 45,16     | 1621,00 | 2,48   | 57,42  | 1,63         | 2,87      | 1350,00 | 2,07   | 13,21  | 1,47         |
| RD078   | 30,77     | 1448,00 | 3,32   | 56,22  | 1,58         | 2,49      | 837,00  | 1,92   | 11,59  | 1,47         |
| RD079   | 45,08     | 3827,00 | 3,17   | 58,95  | 1,61         | 0,80      | 846,00  | 0,70   | 3,62   | 1,36         |
| RD080   | 35,60     | 3451,00 | 3,40   | 58,47  | 1,61         | 1,77      | 1495,00 | 1,47   | 8,56   | 1,42         |
| RD081   | 38,48     | 4568,00 | 3,28   | 56,76  | 1,60         | 0,88      | 1000,00 | 0,72   | 4,26   | 1,44         |
| RD082   | 43,12     | 5551,00 | 3,60   | 59,03  | 1,60         | 0,54      | 610,00  | 0,40   | 2,51   | 1,42         |
| RD083   | 9,20      | 1327,00 | 2,73   | 22,21  | 1,45         | 0,00      | 4,00    | 0,01   | 0,02   | 1,19         |
| RD084   | 28,60     | 4170,00 | 5,26   | 55,28  | 1,53         | 0,04      | 28,00   | 0,04   | 0,17   | 1,33         |
| RD085   | 44,73     | 4795,00 | 3,40   | 61,91  | 1,61         | 1,03      | 778,00  | 0,55   | 4,30   | 1,54         |
| RD086   | 25,22     | 9650,00 | 5,15   | 48,72  | 1,49         | 0,10      | 223,00  | 0,12   | 0,50   | 1,25         |
| RD087   | 20,05     | 7184,00 | 3,91   | 40,47  | 1,50         | 0,48      | 863,00  | 0,47   | 2,21   | 1,31         |
| RD088   | 9,85      | 2329,00 | 2,49   | 20,52  | 1,44         | 0,02      | 22,00   | 0,02   | 0,10   | 1,24         |
| RD089   | 2,17      | 476,00  | 1,12   | 7,54   | 1,39         | 0,01      | 6,00    | 0,01   | 0,04   | 1,24         |
| RD090   | 0,58      | 137,00  | 0,48   | 1,97   | 1,24         |           |         |        |        |              |
| RD091   | 20,14     | 28,00   | 8,07   | 36,07  | 1,33         |           |         |        |        |              |
| RD092   | 17,44     | 1705,00 | 5,51   | 44,63  | 1,46         |           |         |        |        |              |
| RD093   | 6,92      | 2307,00 | 3,04   | 19,14  | 1,37         |           |         |        |        |              |
| RD094   | 26,78     | 569,00  | 5,45   | 59,76  | 1,55         | 0,00      | 2,00    | 0,00   | 0,01   | 1,21         |
| RD095   | 25,85     | 3411,00 | 4,65   | 53,64  | 1,55         |           |         |        |        |              |
| RD096   | 17,30     | 6887,00 | 3,35   | 38,76  | 1,52         |           |         |        |        |              |
| RD097   | 15,23     | 3514,00 | 4,05   | 36,15  | 1,47         |           |         |        |        |              |
| RD098   | 24,30     | 17,00   | 2,58   | 33,34  | 1,52         |           |         |        |        |              |
| RD099   | 2,68      | 563,00  | 1,33   | 8,80   | 1,37         | 0,28      | 3,00    | 0,46   | 0,81   | 1,26         |

Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.



## Métricas de paisagem - Ripária - 2018

| Estação | pland_flo | np_flo  | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav  | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |
|---------|-----------|---------|--------|--------|--------------|-----------|---------|--------|--------|--------------|
| RD001   | 25,86     | 3424,00 | 4,28   | 52,93  | 1,55         | 0,12      | 125,00  | 0,16   | 0,68   | 1,26         |
| RD004   | 22,14     | 6089,00 | 3,59   | 44,57  | 1,56         |           |         |        |        |              |
| RD007   | 29,58     | 2829,00 | 4,22   | 59,19  | 1,61         | 0,00      | 3,00    | 0,00   | 0,00   | 1,17         |
| RD009   | 36,25     | 509,00  | 3,42   | 55,14  | 1,61         | 0,80      | 134,00  | 0,90   | 3,69   | 1,22         |
| RD013   | 23,90     | 3876,00 | 4,54   | 47,98  | 1,54         | 0,00      | 3,00    | 0,00   | 0,01   | 1,19         |
| RD018   | 15,42     | 6351,00 | 3,78   | 30,47  | 1,45         |           |         |        |        |              |
| RD019   | 15,41     | 2098,00 | 3,10   | 29,37  | 1,49         |           |         |        |        |              |
| RD021   | 15,36     | 5500,00 | 4,05   | 34,63  | 1,46         |           |         |        |        |              |
| RD023   | 14,29     | 4239,00 | 4,20   | 36,18  | 1,48         | 0,05      | 97,00   | 0,10   | 0,31   | 1,20         |
| RD025   | 28,23     | 2902,00 | 3,85   | 57,74  | 1,60         | 0,09      | 93,00   | 0,12   | 0,48   | 1,23         |
| RD026   | 37,00     | 510,00  | 3,18   | 51,01  | 1,59         | 0,18      | 35,00   | 0,22   | 0,87   | 1,21         |
| RD027   | 48,04     | 2735,00 | 2,51   | 59,54  | 1,60         | 0,89      | 1012,00 | 0,93   | 4,29   | 1,32         |
| RD029   | 35,94     | 807,00  | 3,14   | 55,01  | 1,59         | 0,26      | 84,00   | 0,33   | 1,33   | 1,24         |
| RD030   | 34,15     | 860,00  | 2,75   | 46,33  | 1,62         | 0,19      | 69,00   | 0,22   | 0,93   | 1,24         |
| RD031   | 29,28     | 1666,00 | 5,19   | 60,98  | 1,58         | 0,27      | 98,00   | 0,31   | 1,18   | 1,25         |
| RD032   | 34,58     | 2163,00 | 4,70   | 59,93  | 1,58         | 0,15      | 71,00   | 0,15   | 0,70   | 1,27         |
| RD033   | 18,30     | 1578,00 | 4,94   | 47,62  | 1,52         | 0,04      | 18,00   | 0,06   | 0,24   | 1,27         |
| RD034   | 21,32     | 282,00  | 4,87   | 43,70  | 1,47         | 0,52      | 35,00   | 0,61   | 2,18   | 1,27         |
| RD035   | 26,79     | 2848,00 | 4,86   | 53,98  | 1,56         | 0,12      | 61,00   | 0,10   | 0,51   | 1,26         |
| RD039   | 23,81     | 4947,00 | 5,11   | 46,47  | 1,49         | 0,04      | 51,00   | 0,05   | 0,20   | 1,23         |
| RD040   | 28,70     | 5435,00 | 4,21   | 47,14  | 1,54         | 0,25      | 267,00  | 0,21   | 1,06   | 1,32         |
| RD044   | 12,43     | 1087,00 | 2,50   | 25,31  | 1,49         | 0,01      | 2,00    | 0,01   | 0,04   | 1,18         |
| RD045   | 2,24      | 199,00  | 1,16   | 7,45   | 1,38         | 0,00      | 1,00    | 0,00   | 0,00   | 1,20         |
| RD049   | 12,10     | 1919,00 | 2,83   | 26,18  | 1,46         | 0,00      | 3,00    | 0,00   | 0,02   | 1,25         |
| RD053   | 1,18      | 514,00  | 0,75   | 4,35   | 1,35         |           |         |        |        |              |
| RD056   | 13,65     | 788,00  | 4,97   | 34,71  | 1,42         |           |         |        |        |              |
| RD057   | 3,05      | 606,00  | 1,14   | 7,97   | 1,40         |           |         |        |        |              |
| RD058   | 2,40      | 1084,00 | 1,16   | 7,87   | 1,40         | 0,00      | 1,00    | 0,00   | 0,00   | 1,20         |
| RD059   | 7,91      | 538,00  | 1,90   | 16,63  | 1,46         |           |         |        |        |              |
| RD064   | 28,14     | 1837,00 | 5,52   | 60,07  | 1,54         |           |         |        |        |              |
| RD065   | 11,45     | 4052,00 | 2,86   | 24,42  | 1,44         |           |         |        |        |              |
| RD067   | 3,48      | 1188,00 | 1,59   | 10,53  | 1,38         | 0,00      | 2,00    | 0,00   | 0,01   | 1,23         |
| RD068   | 14,34     | 43,00   | 7,10   | 48,34  | 1,40         |           |         |        |        |              |
| RD069   | 17,29     | 1544,00 | 4,24   | 43,38  | 1,50         | 0,16      | 74,00   | 0,20   | 0,89   | 1,26         |
| RD070   | 19,46     | 2768,00 | 4,75   | 40,51  | 1,50         |           |         |        |        |              |
| RD071   | 34,60     | 5227,00 | 3,34   | 54,03  | 1,56         | 0,26      | 397,00  | 0,25   | 1,23   | 1,29         |
| RD072   | 13,58     | 1573,00 | 3,66   | 29,78  | 1,46         |           |         |        |        |              |
| RD073   | 12,93     | 2064,00 | 4,60   | 31,26  | 1,40         |           |         |        |        |              |
| RD074   | 42,80     | 170,00  | 2,31   | 43,25  | 1,50         | 3,73      | 189,00  | 2,57   | 14,11  | 1,32         |
| RD075   | 46,73     | 232,00  | 2,68   | 72,92  | 1,59         | 0,06      | 9,00    | 0,10   | 0,34   | 1,13         |
| RD076   | 19,30     | 1142,00 | 4,48   | 39,09  | 1,51         | 0,03      | 10,00   | 0,04   | 0,14   | 1,30         |
| RD077   | 44,99     | 1645,00 | 2,52   | 57,26  | 1,61         | 2,30      | 1243,00 | 1,90   | 11,13  | 1,43         |
| RD078   | 27,72     | 1434,00 | 3,29   | 51,51  | 1,57         | 3,27      | 1157,00 | 2,65   | 15,93  | 1,46         |
| RD079   | 44,66     | 3921,00 | 3,24   | 59,85  | 1,61         | 0,63      | 793,00  | 0,66   | 3,06   | 1,31         |
| RD080   | 32,64     | 3598,00 | 3,55   | 54,25  | 1,58         | 1,32      | 1288,00 | 1,27   | 6,79   | 1,41         |
| RD081   | 36,06     | 4925,00 | 3,54   | 56,60  | 1,58         | 0,88      | 1109,00 | 0,80   | 4,49   | 1,44         |
| RD082   | 42,03     | 5647,00 | 3,67   | 58,89  | 1,60         | 0,28      | 509,00  | 0,33   | 1,52   | 1,33         |
| RD083   | 7,66      | 1292,00 | 2,66   | 19,92  | 1,43         | 0,00      | 4,00    | 0,01   | 0,02   | 1,18         |
| RD084   | 27,37     | 4156,00 | 5,24   | 53,72  | 1,52         | 0,02      | 14,00   | 0,02   | 0,08   | 1,21         |
| RD085   | 42,20     | 4991,00 | 3,54   | 61,10  | 1,61         | 0,48      | 576,00  | 0,41   | 2,29   | 1,43         |
| RD086   | 23,96     | 9614,00 | 5,13   | 47,89  | 1,49         | 0,06      | 142,00  | 0,08   | 0,33   | 1,25         |
| RD087   | 19,25     | 7517,00 | 4,09   | 40,48  | 1,49         | 0,35      | 632,00  | 0,34   | 1,62   | 1,32         |
| RD088   | 9,59      | 2359,00 | 2,53   | 20,78  | 1,45         | 0,01      | 24,00   | 0,03   | 0,09   | 1,21         |
| RD089   | 2,14      | 515,00  | 1,22   | 7,90   | 1,38         | 0,02      | 11,00   | 0,03   | 0,11   | 1,35         |
| RD090   | 0,73      | 169,00  | 0,60   | 2,67   | 1,28         |           |         |        |        |              |
| RD091   | 18,41     | 20,00   | 5,76   | 27,90  | 1,35         |           |         |        |        |              |
| RD092   | 16,50     | 1660,00 | 5,36   | 43,35  | 1,46         |           |         |        |        |              |
| RD093   | 6,73      | 2344,00 | 3,09   | 19,33  | 1,38         |           |         |        |        |              |
| RD094   | 2,96      | 631,00  | 1,49   | 10,02  | 1,38         |           |         |        |        |              |
| RD095   | 21,90     | 522,00  | 5,00   | 50,56  | 1,55         |           |         |        |        |              |
| RD096   | 25,50     | 3516,00 | 4,79   | 54,43  | 1,55         |           |         |        |        |              |
| RD097   | 16,90     | 7022,00 | 3,41   | 38,48  | 1,52         |           |         |        |        |              |
| RD098   | 15,57     | 3758,00 | 4,33   | 37,92  | 1,46         |           |         |        |        |              |
| RD099   | 21,34     | 25,00   | 3,80   | 41,55  | 1,49         | 0,29      | 4,00    | 0,61   | 1,03   | 1,26         |

Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.

| Métricas de paisagem - Local - 2008 |           |        |        |        |              |           |        |        |        |              |
|-------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------------|-----------|--------|--------|--------|--------------|
| Estação                             | pland_flo | np_flo | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |
| RD001                               | 15,56     | 17,00  | 5,36   | 33,98  | 1,47         | 0,38      | 3,00   | 0,95   | 2,23   | 1,21         |
| RD004                               | 13,85     | 20,00  | 4,71   | 30,37  | 1,42         |           |        |        |        |              |
| RD007                               | 12,13     | 19,00  | 4,90   | 28,16  | 1,39         |           |        |        |        |              |
| RD009                               | 58,82     | 12,00  | 2,77   | 61,53  | 1,79         |           |        |        |        |              |
| RD013                               | 25,26     | 15,00  | 3,19   | 49,25  | 1,77         |           |        |        |        |              |
| RD018                               | 1,16      | 4,00   | 0,97   | 5,00   | 1,52         |           |        |        |        |              |
| RD019                               | 8,91      | 6,00   | 2,56   | 24,77  | 1,68         |           |        |        |        |              |
| RD021                               | 3,36      | 8,00   | 1,83   | 9,50   | 1,37         |           |        |        |        |              |
| RD023                               | 35,45     | 15,00  | 5,36   | 68,80  | 1,73         |           |        |        |        |              |
| RD025                               | 14,36     | 32,00  | 5,59   | 40,43  | 1,47         | 2,41      | 12,00  | 2,10   | 12,02  | 1,46         |
| RD026                               | 59,92     | 9,00   | 3,36   | 43,27  | 1,56         | 0,39      | 3,00   | 1,12   | 3,30   | 1,20         |
| RD027                               | 15,35     | 26,00  | 4,94   | 33,14  | 1,41         | 0,63      | 5,00   | 0,95   | 4,37   | 1,35         |
| RD029                               | 6,94      | 18,00  | 4,73   | 21,48  | 1,35         | 2,56      | 9,00   | 2,36   | 13,50  | 1,37         |
| RD030                               | 43,59     | 20,00  | 5,82   | 65,10  | 1,55         | 0,61      | 3,00   | 0,87   | 3,61   | 1,33         |
| RD031                               | 16,31     | 6,00   | 1,77   | 25,53  | 1,49         | 2,80      | 10,00  | 2,95   | 11,42  | 1,34         |
| RD032                               | 32,04     | 16,00  | 6,79   | 61,28  | 1,51         | 0,41      | 1,00   | 0,42   | 2,00   | 1,14         |
| RD033                               | 2,50      | 4,00   | 4,99   | 14,37  | 1,23         |           |        |        |        |              |
| RD034                               | 3,41      | 7,00   | 3,51   | 11,25  | 1,20         | 0,44      | 2,00   | 1,00   | 2,22   | 1,25         |
| RD035                               | 37,55     | 16,00  | 7,41   | 95,99  | 1,84         | 1,09      | 1,00   | 0,46   | 5,61   | 2,09         |
| RD039                               | 1,44      | 2,00   | 2,21   | 4,56   | 1,14         |           |        |        |        |              |
| RD040                               | 25,93     | 14,00  | 6,12   | 54,95  | 1,61         |           |        |        |        |              |
| RD044                               | 1,48      | 3,00   | 3,18   | 5,94   | 1,13         |           |        |        |        |              |
| RD045                               | 3,35      | 4,00   | 2,37   | 12,76  | 1,32         |           |        |        |        |              |
| RD049                               | 0,52      | 3,00   | 1,19   | 3,28   | 1,12         |           |        |        |        |              |
| RD056                               | 3,15      | 5,00   | 1,86   | 10,23  | 1,39         |           |        |        |        |              |
| RD059                               | 2,24      | 4,00   | 1,66   | 9,18   | 1,42         |           |        |        |        |              |
| RD064                               | 25,58     | 22,00  | 5,65   | 34,90  | 1,41         |           |        |        |        |              |
| RD068                               | 5,95      | 13,00  | 4,69   | 24,40  | 1,33         |           |        |        |        |              |
| RD069                               | 13,56     | 24,00  | 6,03   | 35,76  | 1,37         | 0,66      | 3,00   | 0,75   | 3,12   | 1,17         |
| RD070                               | 38,02     | 23,00  | 4,39   | 62,21  | 1,70         |           |        |        |        |              |
| RD071                               | 13,12     | 16,00  | 3,60   | 27,41  | 1,46         |           |        |        |        |              |
| RD072                               | 2,20      | 11,00  | 2,53   | 8,15   | 1,25         |           |        |        |        |              |
| RD073                               | 38,14     | 9,00   | 7,27   | 79,85  | 1,68         |           |        |        |        |              |
| RD074                               | 65,77     | 12,00  | 4,94   | 73,16  | 1,66         | 0,50      | 2,00   | 0,82   | 3,40   | 1,27         |
| RD075                               | 14,48     | 25,00  | 7,04   | 53,93  | 1,52         | 0,07      | 1,00   | 0,28   | 0,66   | 1,00         |
| RD076                               | 15,06     | 21,00  | 4,02   | 33,77  | 1,54         |           |        |        |        |              |
| RD077                               | 50,59     | 19,00  | 5,97   | 85,67  | 1,68         | 9,65      | 21,00  | 6,60   | 50,22  | 1,73         |
| RD078                               | 26,88     | 23,00  | 4,91   | 62,71  | 1,61         | 0,07      | 1,00   | 0,21   | 0,63   | 1,25         |
| RD079                               | 23,52     | 43,00  | 6,83   | 52,21  | 1,51         | 0,08      | 1,00   | 0,16   | 0,66   | 1,40         |
| RD080                               | 32,10     | 24,00  | 6,27   | 40,21  | 1,44         | 0,21      | 1,00   | 0,26   | 1,08   | 1,17         |
| RD081                               | 12,22     | 28,00  | 10,09  | 39,36  | 1,31         | 0,47      | 1,00   | 0,36   | 2,55   | 2,13         |
| RD082                               | 30,47     | 24,00  | 7,30   | 48,14  | 1,46         |           |        |        |        |              |
| RD083                               | 4,84      | 7,00   | 2,76   | 14,89  | 1,37         |           |        |        |        |              |
| RD084                               | 9,64      | 23,00  | 8,68   | 33,98  | 1,31         |           |        |        |        |              |
| RD085                               | 13,11     | 18,00  | 6,62   | 33,87  | 1,35         |           |        |        |        |              |
| RD086                               | 1,86      | 6,00   | 2,29   | 9,80   | 1,24         |           |        |        |        |              |
| RD087                               | 1,66      | 4,00   | 1,62   | 6,81   | 1,23         |           |        |        |        |              |
| RD088                               | 0,41      | 3,00   | 0,71   | 2,23   | 1,00         |           |        |        |        |              |
| RD089                               | 2,51      | 3,00   | 1,80   | 11,14  | 1,41         |           |        |        |        |              |
| RD090                               | 0,56      | 4,00   | 1,11   | 3,95   | 1,36         |           |        |        |        |              |
| RD091                               | 10,50     | 14,00  | 5,96   | 28,28  | 1,42         |           |        |        |        |              |
| RD092                               | 10,19     | 12,00  | 3,21   | 21,24  | 1,37         |           |        |        |        |              |
| RD093                               | 1,62      | 6,00   | 1,13   | 3,77   | 1,15         |           |        |        |        |              |
| RD094                               | 2,02      | 7,00   | 2,25   | 8,27   | 1,28         |           |        |        |        |              |
| RD095                               | 21,67     | 23,00  | 4,80   | 39,53  | 1,50         |           |        |        |        |              |
| RD096                               | 21,19     | 17,00  | 5,42   | 42,43  | 1,48         |           |        |        |        |              |
| RD097                               | 5,52      | 8,00   | 2,46   | 14,88  | 1,45         |           |        |        |        |              |
| RD098                               | 0,19      | 1,00   | 0,36   | 0,85   | 1,40         |           |        |        |        |              |
| RD099                               | 14,54     | 8,00   | 3,40   | 28,14  | 1,40         |           |        |        |        |              |

Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.

## Métricas de paisagem - Local - 2013

| Estação | pland_flo | np_flo | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |
|---------|-----------|--------|--------|--------|--------------|-----------|--------|--------|--------|--------------|
| RD001   | 15,59     | 16,00  | 5,05   | 35,29  | 1,52         | 0,08      | 2,00   | 0,63   | 0,56   | 1,17         |
| RD004   | 13,25     | 23,00  | 5,41   | 35,93  | 1,43         |           |        |        |        |              |
| RD007   | 13,48     | 18,00  | 4,64   | 28,84  | 1,45         |           |        |        |        |              |
| RD009   | 59,97     | 15,00  | 3,46   | 69,50  | 1,78         |           |        |        |        |              |
| RD013   | 19,99     | 22,00  | 4,67   | 49,37  | 1,65         |           |        |        |        |              |
| RD018   | 1,14      | 4,00   | 0,97   | 5,07   | 1,46         |           |        |        |        |              |
| RD019   | 11,21     | 8,00   | 3,41   | 25,90  | 1,50         |           |        |        |        |              |
| RD021   | 2,75      | 7,00   | 1,60   | 7,95   | 1,33         |           |        |        |        |              |
| RD023   | 35,95     | 12,00  | 4,29   | 68,48  | 1,90         |           |        |        |        |              |
| RD025   | 19,81     | 50,00  | 8,73   | 65,85  | 1,51         | 1,13      | 7,00   | 1,22   | 5,31   | 1,16         |
| RD026   | 65,41     | 8,00   | 2,98   | 43,16  | 1,66         | 0,10      | 1,00   | 0,37   | 0,88   | 1,00         |
| RD027   | 15,61     | 29,00  | 5,51   | 36,06  | 1,43         |           |        |        |        |              |
| RD029   | 8,66      | 23,00  | 6,04   | 30,56  | 1,43         | 1,53      | 4,00   | 1,05   | 7,37   | 1,40         |
| RD030   | 42,77     | 21,00  | 6,11   | 67,76  | 1,63         | 0,03      | 1,00   | 0,29   | 0,17   | 1,00         |
| RD031   | 16,77     | 10,00  | 2,95   | 31,81  | 1,41         | 1,47      | 6,00   | 1,77   | 6,10   | 1,45         |
| RD032   | 32,82     | 21,00  | 8,91   | 65,03  | 1,41         | 0,41      | 1,00   | 0,42   | 1,75   | 1,29         |
| RD033   | 2,29      | 3,00   | 3,75   | 14,37  | 1,43         |           |        |        |        |              |
| RD034   | 4,46      | 10,00  | 5,01   | 19,09  | 1,30         | 0,31      | 2,00   | 1,00   | 2,52   | 1,40         |
| RD035   | 35,37     | 17,00  | 7,87   | 88,33  | 1,68         | 0,04      | 1,00   | 0,46   | 0,27   | 1,00         |
| RD039   | 1,35      | 3,00   | 3,31   | 5,22   | 1,11         |           |        |        |        |              |
| RD040   | 36,21     | 15,00  | 6,55   | 67,20  | 1,54         |           |        |        |        |              |
| RD044   | 1,20      | 4,00   | 4,24   | 5,94   | 1,08         |           |        |        |        |              |
| RD045   | 3,35      | 4,00   | 2,37   | 12,76  | 1,32         |           |        |        |        |              |
| RD049   | 0,31      | 1,00   | 0,40   | 1,87   | 1,33         |           |        |        |        |              |
| RD056   | 4,94      | 7,00   | 2,61   | 17,94  | 1,47         |           |        |        |        |              |
| RD059   | 1,70      | 3,00   | 1,24   | 7,22   | 1,38         |           |        |        |        |              |
| RD064   | 25,92     | 18,00  | 4,63   | 33,01  | 1,44         |           |        |        |        |              |
| RD068   | 8,46      | 18,00  | 6,50   | 33,88  | 1,32         |           |        |        |        |              |
| RD069   | 13,47     | 25,00  | 6,28   | 33,91  | 1,30         | 0,59      | 3,00   | 0,75   | 3,04   | 1,15         |
| RD070   | 41,57     | 19,00  | 3,63   | 63,91  | 1,79         |           |        |        |        |              |
| RD071   | 13,88     | 19,00  | 4,28   | 29,27  | 1,40         |           |        |        |        |              |
| RD072   | 3,27      | 12,00  | 2,76   | 11,20  | 1,30         |           |        |        |        |              |
| RD073   | 37,86     | 9,00   | 7,27   | 81,76  | 1,79         |           |        |        |        |              |
| RD074   | 69,57     | 8,00   | 3,29   | 66,48  | 1,86         | 0,32      | 3,00   | 1,23   | 2,67   | 1,00         |
| RD075   | 11,85     | 26,00  | 7,32   | 41,63  | 1,33         |           |        |        |        |              |
| RD076   | 14,31     | 24,00  | 4,60   | 32,58  | 1,47         |           |        |        |        |              |
| RD077   | 64,18     | 11,00  | 3,46   | 101,18 | 2,08         | 8,80      | 25,00  | 7,86   | 57,55  | 1,75         |
| RD078   | 26,45     | 29,00  | 6,20   | 66,11  | 1,49         |           |        |        |        |              |
| RD079   | 23,76     | 46,00  | 7,31   | 55,11  | 1,51         | 0,08      | 1,00   | 0,16   | 0,66   | 1,40         |
| RD080   | 32,74     | 24,00  | 6,27   | 40,59  | 1,44         | 0,16      | 1,00   | 0,26   | 0,93   | 1,00         |
| RD081   | 11,24     | 30,00  | 10,81  | 37,45  | 1,22         | 0,28      | 3,00   | 1,08   | 1,49   | 1,07         |
| RD082   | 30,20     | 23,00  | 7,00   | 46,08  | 1,43         |           |        |        |        |              |
| RD083   | 4,36      | 7,00   | 2,76   | 13,03  | 1,20         |           |        |        |        |              |
| RD084   | 8,39      | 20,00  | 7,55   | 27,97  | 1,28         |           |        |        |        |              |
| RD085   | 13,94     | 23,00  | 8,46   | 37,34  | 1,28         |           |        |        |        |              |
| RD086   | 3,69      | 9,00   | 3,43   | 17,12  | 1,26         |           |        |        |        |              |
| RD087   | 1,91      | 6,00   | 2,43   | 9,68   | 1,25         |           |        |        |        |              |
| RD088   | 0,25      | 2,00   | 0,47   | 1,39   | 1,00         |           |        |        |        |              |
| RD089   | 3,08      | 4,00   | 2,40   | 17,15  | 1,64         |           |        |        |        |              |
| RD091   | 10,39     | 22,00  | 9,37   |        | 1,29         |           |        |        |        |              |
| RD092   | 10,31     | 12,00  | 3,21   | 33,18  | 1,37         |           |        |        |        |              |
| RD093   | 1,31      | 7,00   | 1,31   | 21,16  | 1,16         |           |        |        |        |              |
| RD094   | 3,62      | 8,00   | 2,58   | 3,99   | 1,37         |           |        |        |        |              |
| RD095   | 24,54     | 26,00  | 5,42   | 13,78  | 1,52         |           |        |        |        |              |
| RD096   | 22,89     | 16,00  | 5,10   | 48,83  | 1,55         |           |        |        |        |              |
| RD097   | 4,53      | 7,00   | 2,15   | 46,10  | 1,45         |           |        |        |        |              |
| RD098   | 1,61      | 2,00   | 0,72   | 11,89  | 1,86         |           |        |        |        |              |
| RD099   | 14,73     | 9,00   | 3,83   | 5,87   | 1,36         |           |        |        |        |              |

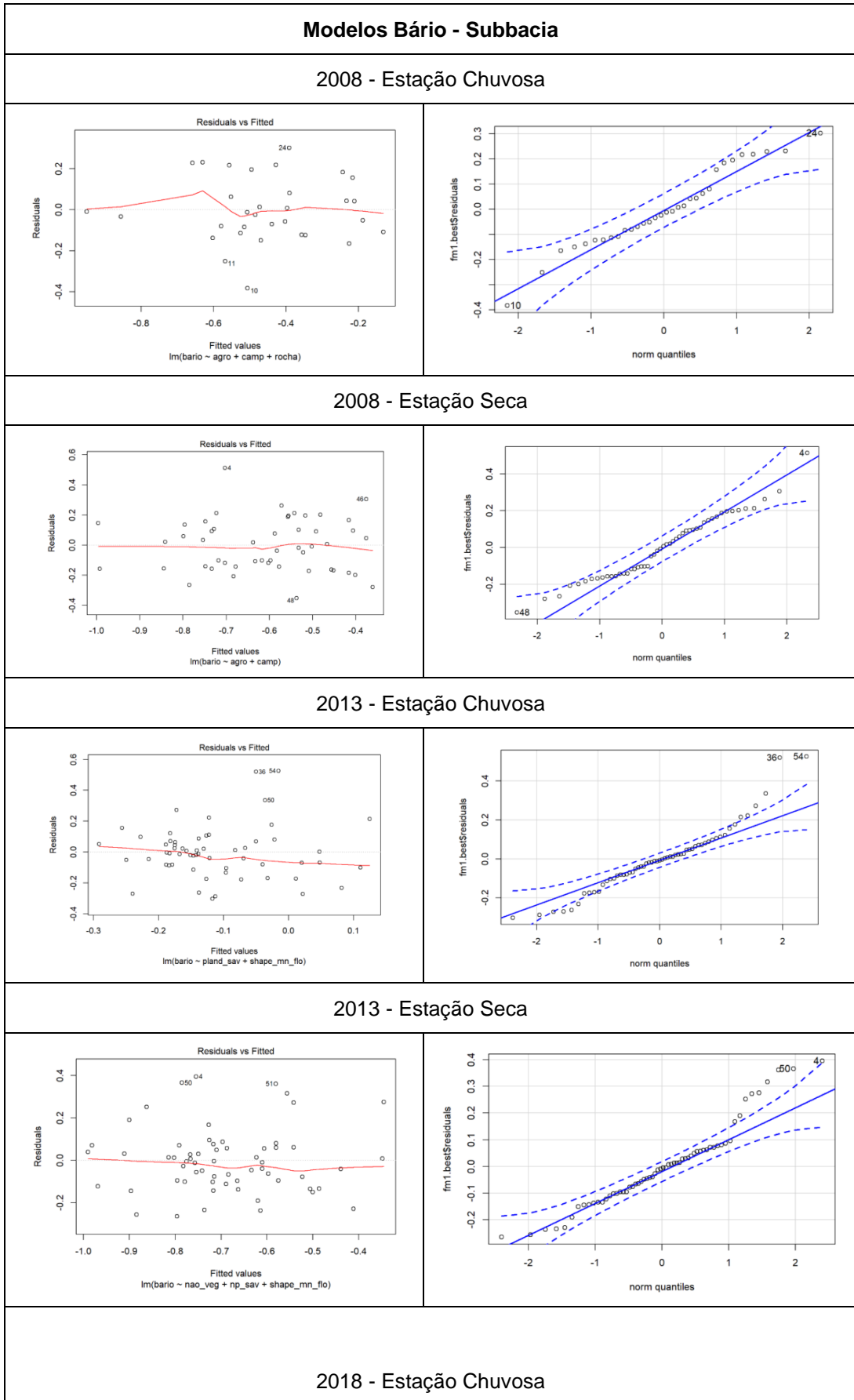
Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.

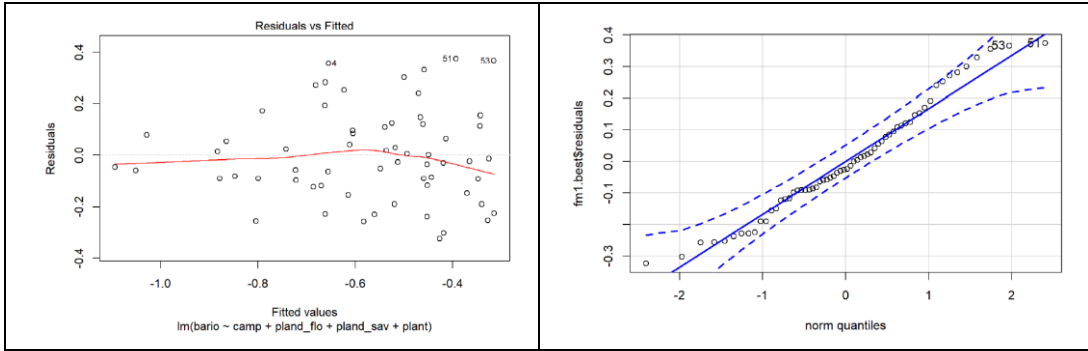
### Métricas de paisagem - Local - 2018

| Estação | pland_flo | np_flo | pd_flo | ed_flo | shape_mn_flo | pland_sav | np_sav | pd_sav | ed_sav | shape_mn_sav |
|---------|-----------|--------|--------|--------|--------------|-----------|--------|--------|--------|--------------|
| RD001   | 13,52     | 17,00  | 5,36   | 40,59  | 1,65         | 0,06      | 1,00   | 0,32   | 0,56   | 1,00         |
| RD004   | 13,66     | 24,00  | 5,65   | 35,23  | 1,38         |           |        |        |        |              |
| RD007   | 12,81     | 19,00  | 4,90   | 26,63  | 1,34         |           |        |        |        |              |
| RD009   | 65,45     | 12,00  | 2,77   | 69,57  | 1,91         |           |        |        |        |              |
| RD013   | 18,89     | 20,00  | 4,25   | 40,40  | 1,46         |           |        |        |        |              |
| RD018   | 1,22      | 3,00   | 0,73   | 5,07   | 1,64         |           |        |        |        |              |
| RD019   | 11,17     | 8,00   | 3,41   | 29,29  | 1,50         |           |        |        |        |              |
| RD021   | 3,46      | 9,00   | 2,05   | 10,78  | 1,32         |           |        |        |        |              |
| RD023   | 15,98     | 19,00  | 6,79   | 50,86  | 1,54         |           |        |        |        |              |
| RD025   | 17,25     | 37,00  | 6,46   | 54,46  | 1,54         | 1,28      | 8,00   | 1,40   | 6,65   | 1,34         |
| RD026   | 63,59     | 11,00  | 4,10   | 49,22  | 1,55         | 0,36      | 3,00   | 1,12   | 2,42   | 1,22         |
| RD027   | 15,38     | 31,00  | 5,89   | 36,79  | 1,39         |           |        |        |        |              |
| RD029   | 7,74      | 21,00  | 5,52   | 27,92  | 1,37         | 1,31      | 5,00   | 1,31   | 6,52   | 1,29         |
| RD030   | 43,81     | 17,00  | 4,94   | 65,10  | 1,69         |           |        |        |        |              |
| RD031   | 14,84     | 8,00   | 2,36   | 34,86  | 1,58         | 1,29      | 6,00   | 1,77   | 5,23   | 1,25         |
| RD032   | 27,23     | 21,00  | 8,91   | 63,41  | 1,46         |           |        |        |        |              |
| RD033   | 1,41      | 3,00   | 3,75   | 9,95   | 1,11         |           |        |        |        |              |
| RD034   | 2,75      | 6,00   | 3,01   | 8,29   | 1,17         | 0,44      | 2,00   | 1,00   | 2,66   | 1,33         |
| RD035   | 25,03     | 24,00  | 11,12  | 81,22  | 1,50         | 0,08      | 1,00   | 0,46   | 0,41   | 1,00         |
| RD039   | 1,06      | 2,00   | 2,21   | 3,59   | 1,00         |           |        |        |        |              |
| RD040   | 21,82     | 16,00  | 6,99   | 73,65  | 1,58         |           |        |        |        |              |
| RD044   | 1,20      | 3,00   | 3,18   | 5,32   | 1,13         |           |        |        |        |              |
| RD045   | 3,30      | 4,00   | 2,37   | 12,76  | 1,32         |           |        |        |        |              |
| RD049   | 0,24      | 1,00   | 0,40   | 1,87   | 1,33         |           |        |        |        |              |
| RD056   | 2,99      | 6,00   | 2,24   | 12,32  | 1,39         |           |        |        |        |              |
| RD058   | 0,32      | 1,00   | 0,23   | 1,64   | 1,63         |           |        |        |        |              |
| RD059   | 3,25      | 5,00   | 2,07   | 13,23  | 1,37         |           |        |        |        |              |
| RD064   | 26,64     | 20,00  | 5,14   | 36,65  | 1,45         |           |        |        |        |              |
| RD067   | 0,61      | 1,00   | 0,78   | 3,23   | 1,17         |           |        |        |        |              |
| RD068   | 7,52      | 16,00  | 5,77   | 32,39  | 1,38         |           |        |        |        |              |
| RD069   | 13,47     | 23,00  | 5,78   | 33,91  | 1,33         | 0,74      | 4,00   | 1,01   | 3,78   | 1,15         |
| RD070   | 40,98     | 18,00  | 3,44   | 65,32  | 1,84         |           |        |        |        |              |
| RD071   | 13,61     | 17,00  | 3,83   | 29,07  | 1,48         |           |        |        |        |              |
| RD072   | 3,97      | 14,00  | 3,22   | 16,97  | 1,43         |           |        |        |        |              |
| RD073   | 17,59     | 10,00  | 8,07   | 50,06  | 1,58         |           |        |        |        |              |
| RD074   | 65,55     | 7,00   | 2,88   | 81,79  | 1,91         | 0,29      | 1,00   | 0,41   | 1,70   | 1,17         |
| RD075   | 12,07     | 18,00  | 5,07   | 39,64  | 1,46         |           |        |        |        |              |
| RD076   | 13,64     | 26,00  | 4,98   | 33,77  | 1,44         |           |        |        |        |              |
| RD077   | 58,02     | 17,00  | 5,34   | 90,50  | 1,73         | 5,84      | 25,00  | 7,86   | 39,73  | 1,51         |
| RD078   | 24,94     | 23,00  | 4,91   | 62,08  | 1,64         |           |        |        |        |              |
| RD079   | 23,04     | 45,00  | 7,14   | 54,08  | 1,50         |           |        |        |        |              |
| RD080   | 32,40     | 25,00  | 6,53   | 42,52  | 1,48         | 0,18      | 1,00   | 0,26   | 0,93   | 1,00         |
| RD081   | 9,96      | 30,00  | 10,81  | 36,81  | 1,26         | 0,28      | 2,00   | 0,72   | 1,70   | 1,23         |
| RD082   | 30,05     | 22,00  | 6,69   | 46,44  | 1,46         |           |        |        |        |              |
| RD083   | 3,98      | 7,00   | 2,76   | 13,26  | 1,26         |           |        |        |        |              |
| RD084   | 9,44      | 23,00  | 8,68   | 35,65  | 1,35         |           |        |        |        |              |
| RD085   | 12,56     | 20,00  | 7,35   | 35,06  | 1,33         |           |        |        |        |              |
| RD086   | 1,80      | 7,00   | 2,67   | 9,35   | 1,19         |           |        |        |        |              |
| RD087   | 1,59      | 4,00   | 1,62   | 6,34   | 1,11         |           |        |        |        |              |
| RD088   | 0,25      | 2,00   | 0,47   | 1,11   | 1,20         |           |        |        |        |              |
| RD089   | 1,46      | 4,00   | 2,40   | 8,31   | 1,20         |           |        |        |        |              |
| RD090   | 0,24      | 1,00   | 0,28   | 1,64   | 1,43         |           |        |        |        |              |
| RD091   | 8,20      | 14,00  | 5,96   | 20,86  | 1,27         |           |        |        |        |              |
| RD092   | 9,49      | 12,00  | 3,21   | 21,32  | 1,39         |           |        |        |        |              |
| RD093   | 1,46      | 7,00   | 1,31   | 4,43   | 1,13         |           |        |        |        |              |
| RD094   | 2,19      | 8,00   | 2,58   | 9,89   | 1,25         |           |        |        |        |              |
| RD095   | 17,89     | 23,00  | 4,80   | 45,81  | 1,59         |           |        |        |        |              |
| RD096   | 24,97     | 17,00  | 5,42   | 48,83  | 1,53         |           |        |        |        |              |
| RD097   | 4,66      | 9,00   | 2,77   | 12,52  | 1,37         |           |        |        |        |              |
| RD098   | 1,04      | 2,00   | 0,72   | 4,70   | 2,00         |           |        |        |        |              |
| RD099   | 12,31     | 12,00  | 5,11   | 31,53  | 1,43         |           |        |        |        |              |

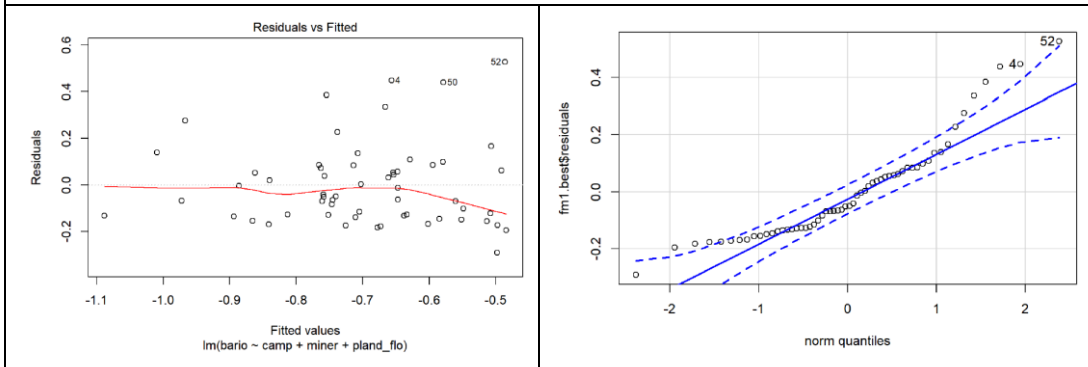
Onde: pland\_flo = Porcentagem de paisagem da Formação Florestal; np\_flo = Número de manchas da Formação Florestal; pd\_flo = Densidade da mancha da Formação Florestal; ed\_flo = Densidade da borda da Formação Florestal; shape\_mn\_flo = Forma média das manchas da Formação Florestal; pland\_sav = Porcentagem de paisagem da Formação Savânica; np\_sav = Número de manchas da Formação Savânica; pd\_sav = Densidade da mancha da Formação Savânica; ed\_sav = Densidade da borda da Formação Savânica; shape\_mn\_sav = Forma média das manchas Formação Savânica.

**APÊNDICE F – Gráficos *Residuals vs Fitted* e Q-Q**



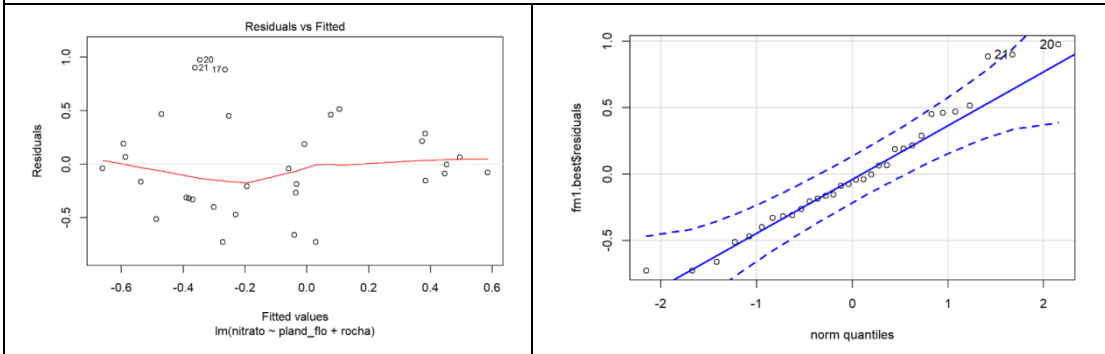


2018 - Estação Seca

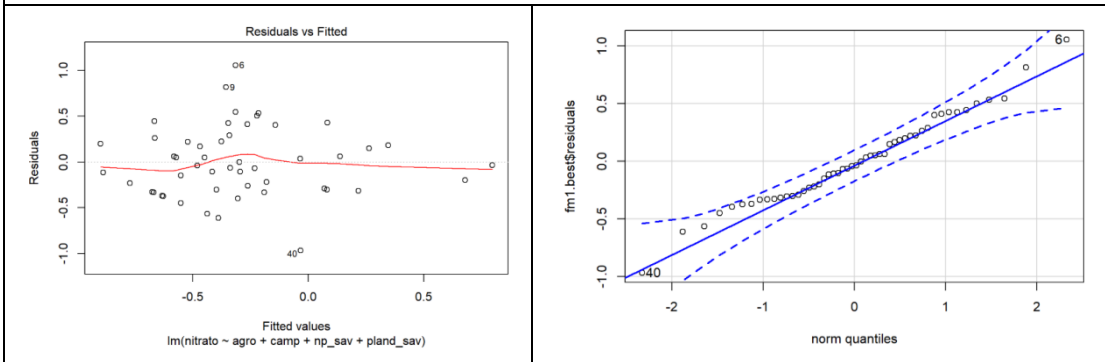


Modelos Nitro - Subacia

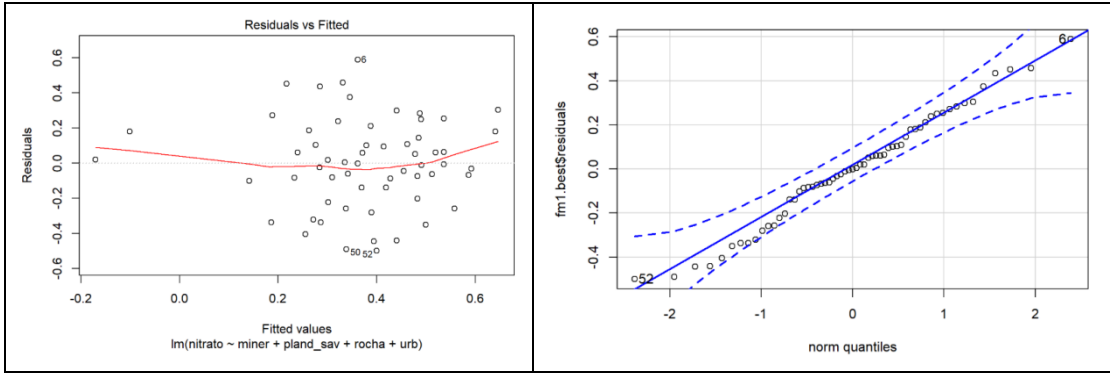
2008 - Estação Chuvosa



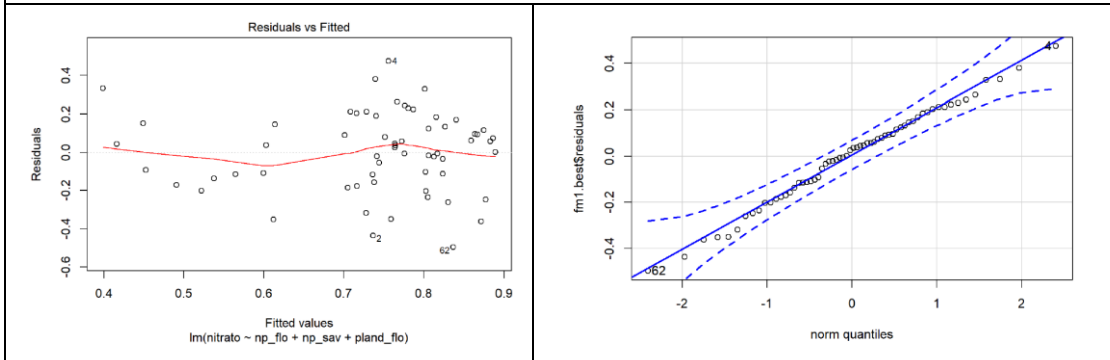
2008 - Estação Seca



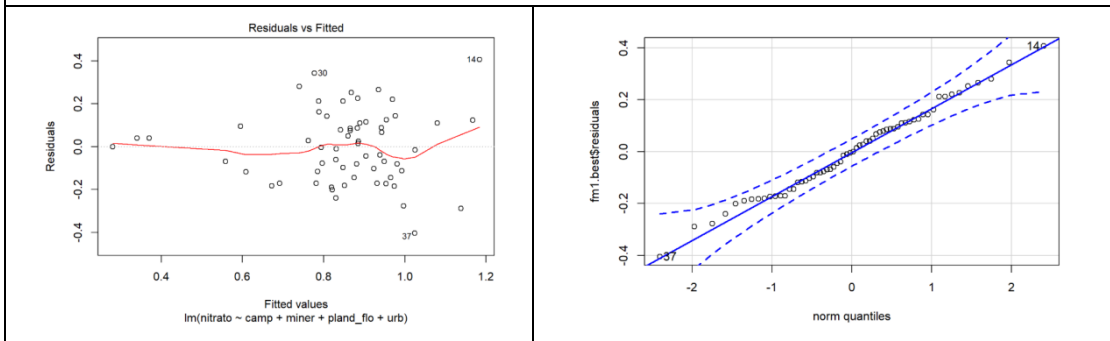
2013 - Estação Chuvosa



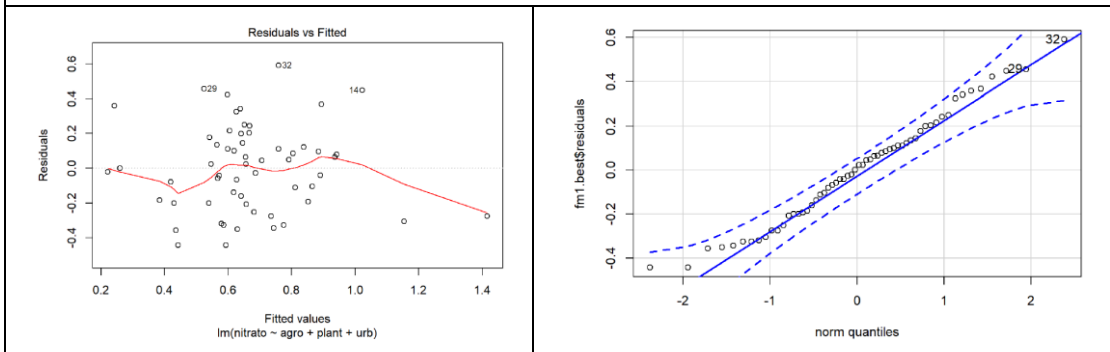
2013 - Estação Seca



2018 - Estação Chuvosa

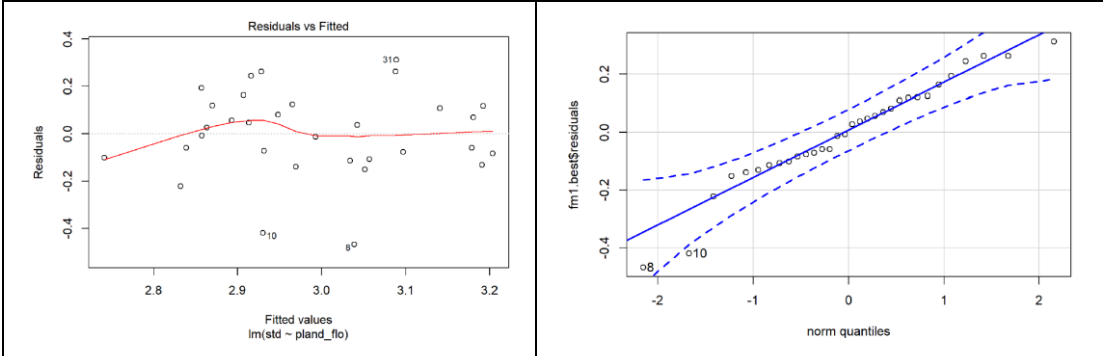


2018 - Estação Seca

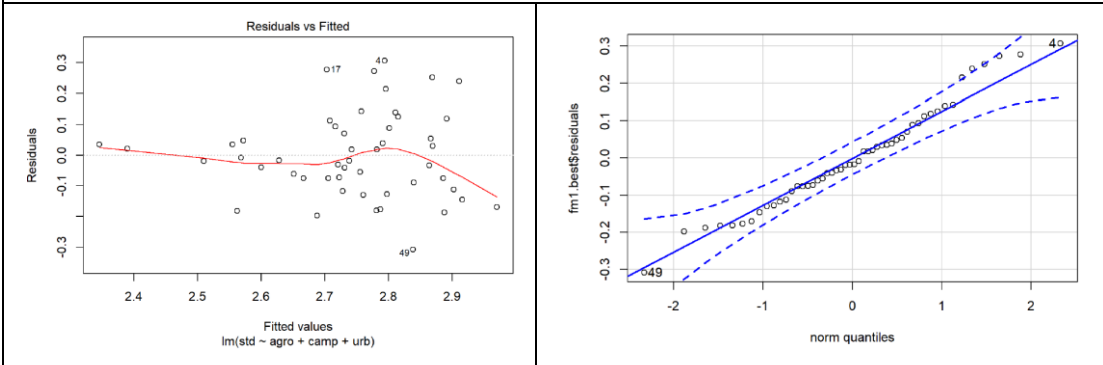


**Modelos Sólidos Totais - Subbacia**

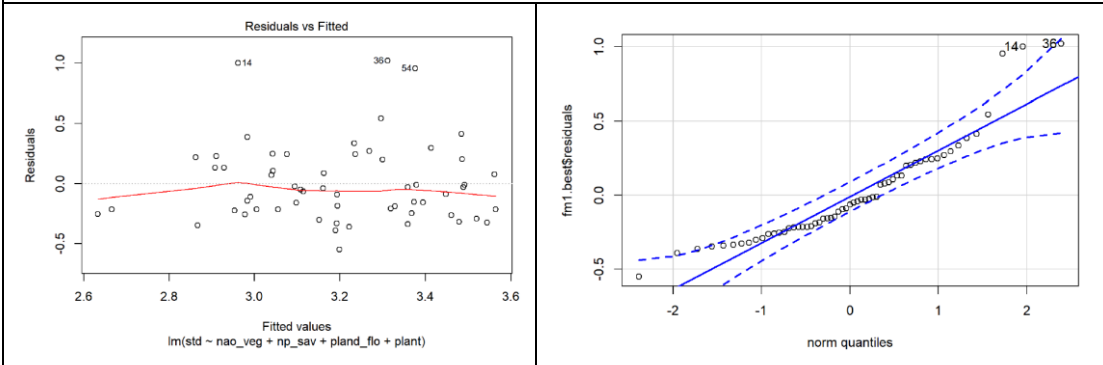
**2008 - Estação Chuvosa**



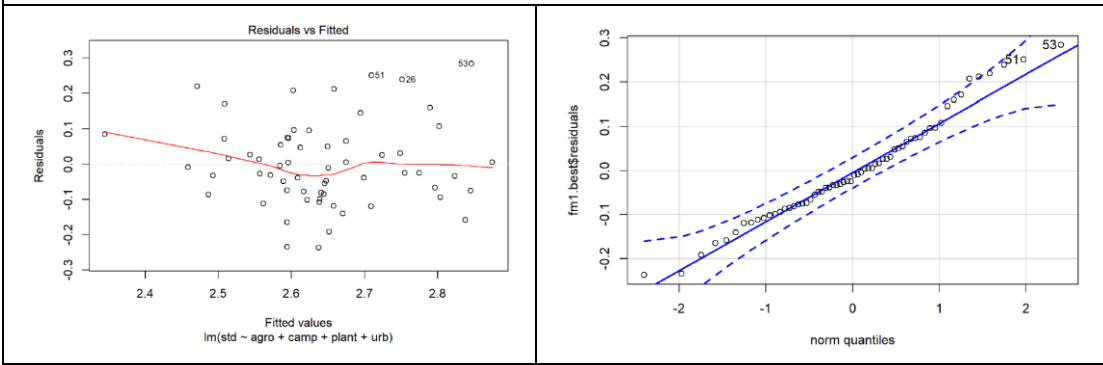
**2008 - Estação Seca**



**2013 - Estação Chuvosa**

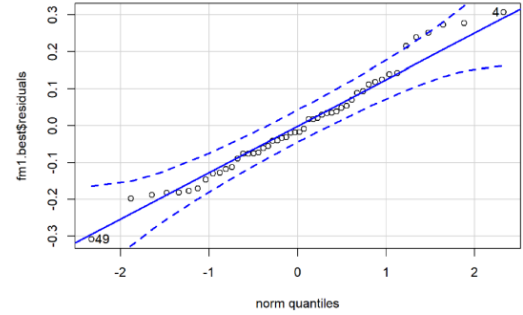
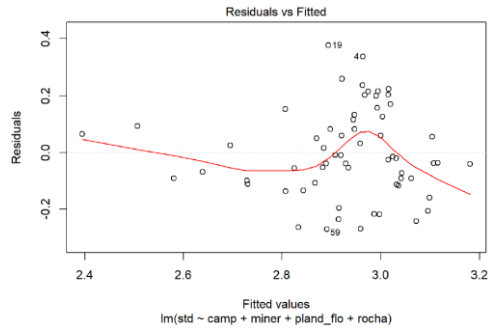


**2013 - Estação Seca**

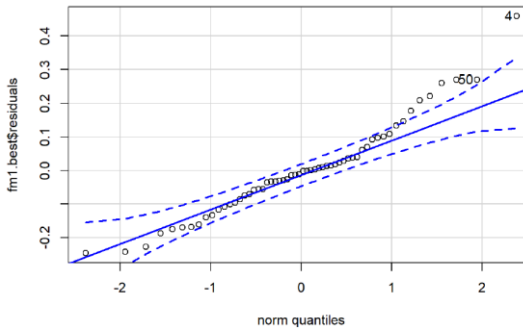
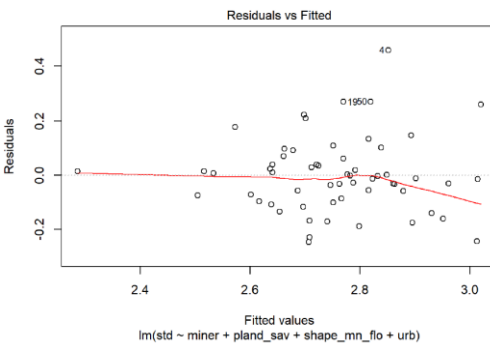




2018 - Estação Chuvosa

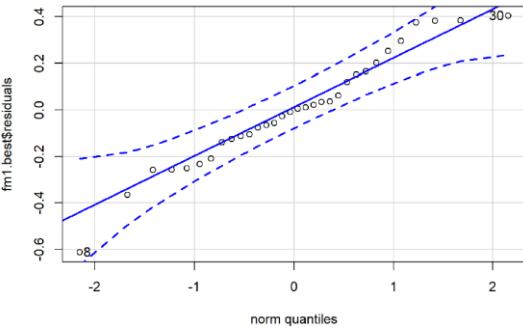
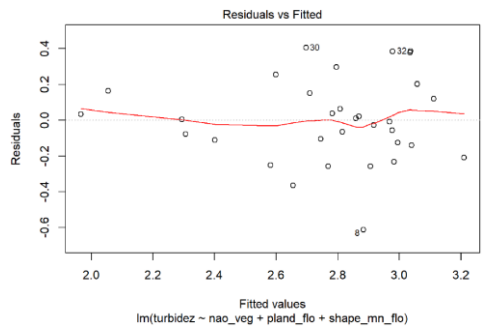


2018 - Estação Seca

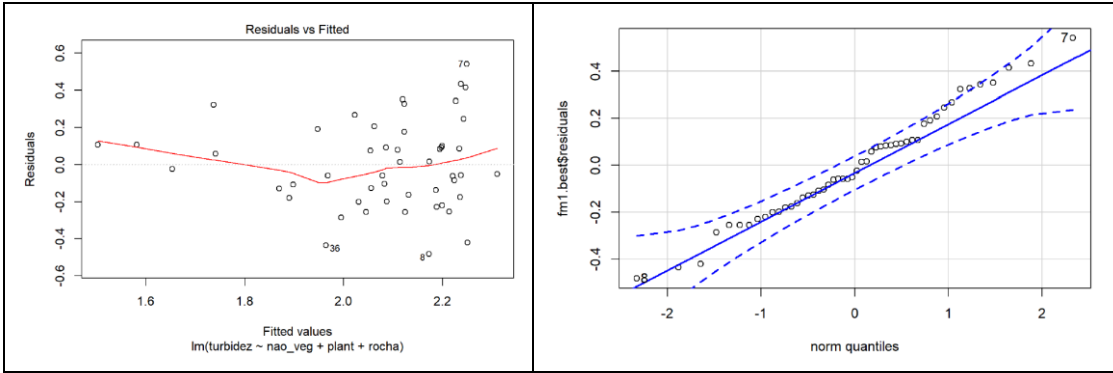


Modelos Turbidez - Subbacia

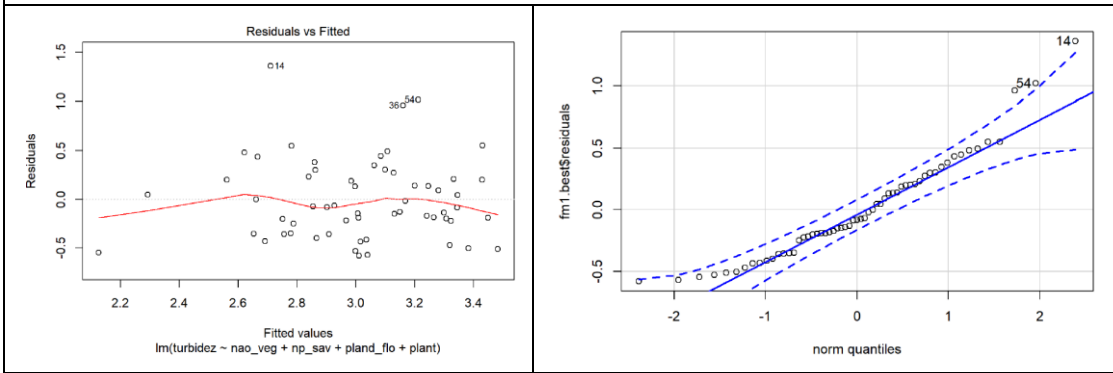
2008 - Estação Chuvosa



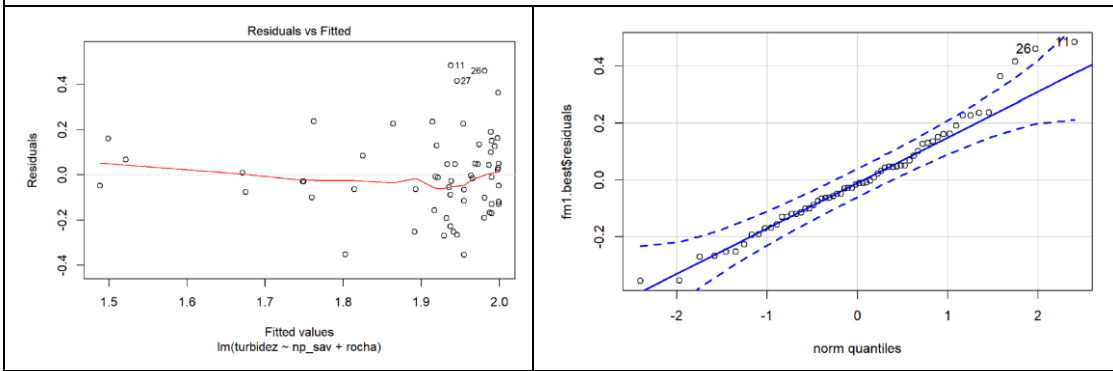
2008 - Estação Seca



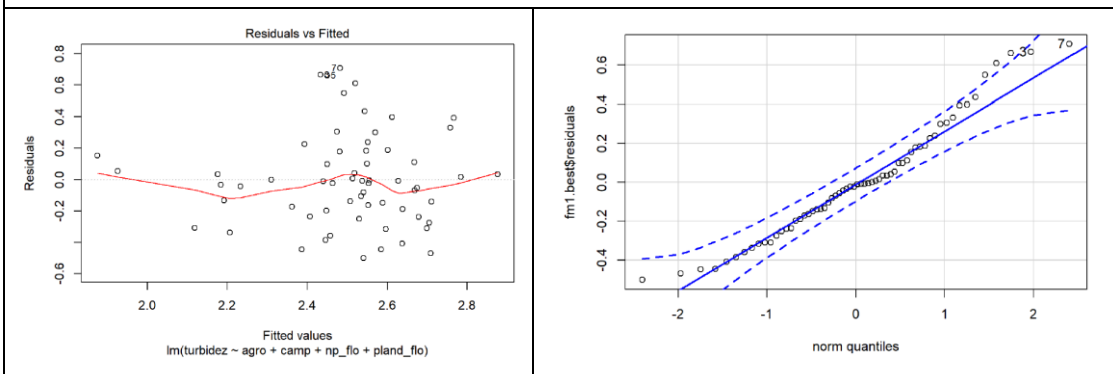
2013 - Estação Chuvosa



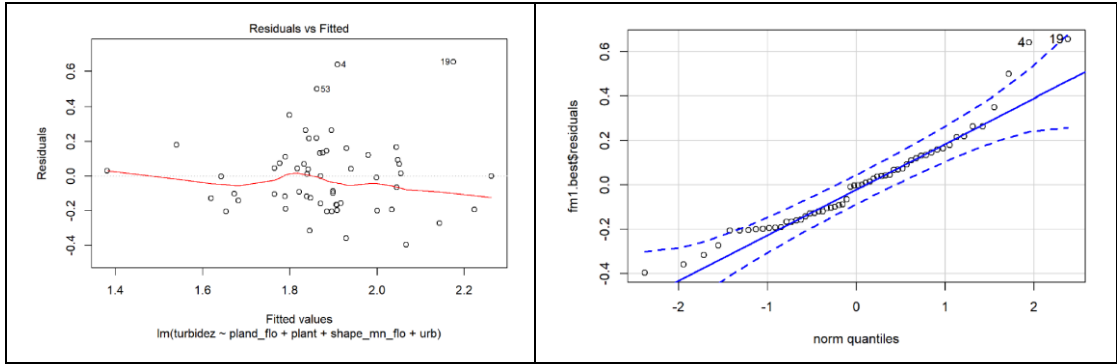
2013 - Estação Seca



2018 - Estação Chuvosa

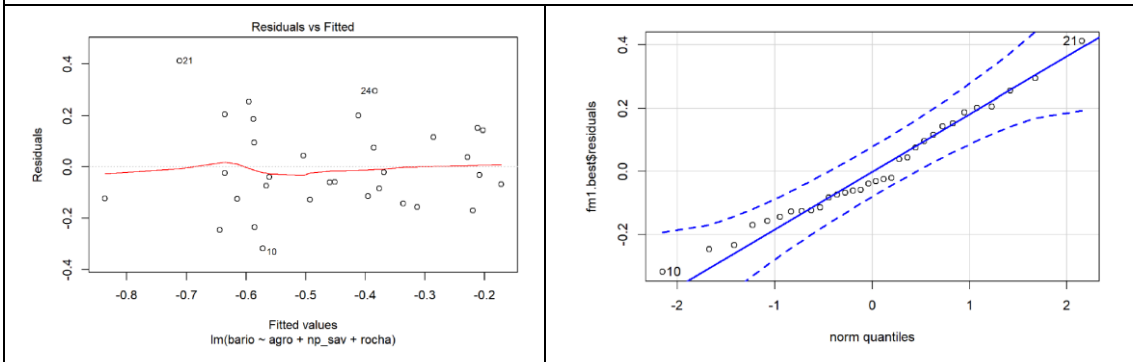


2018 - Estação Seca

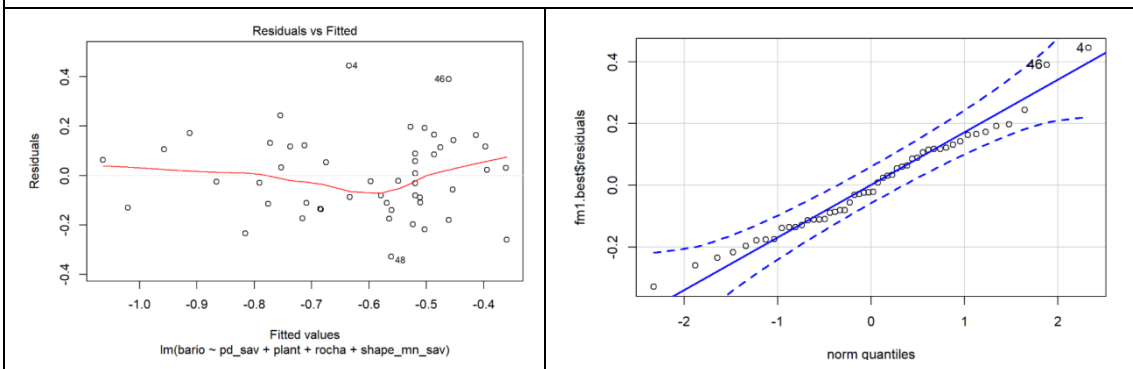


**Modelos Bário - Ripária**

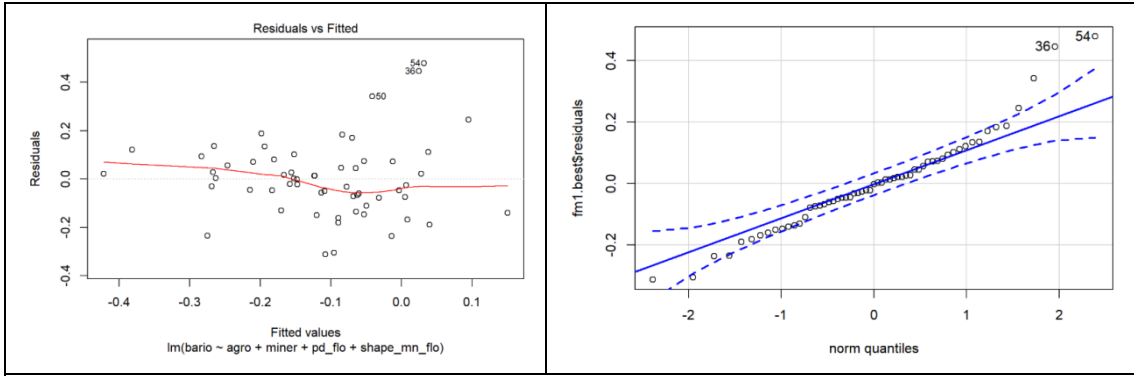
**2008 - Estação Chuvosa**



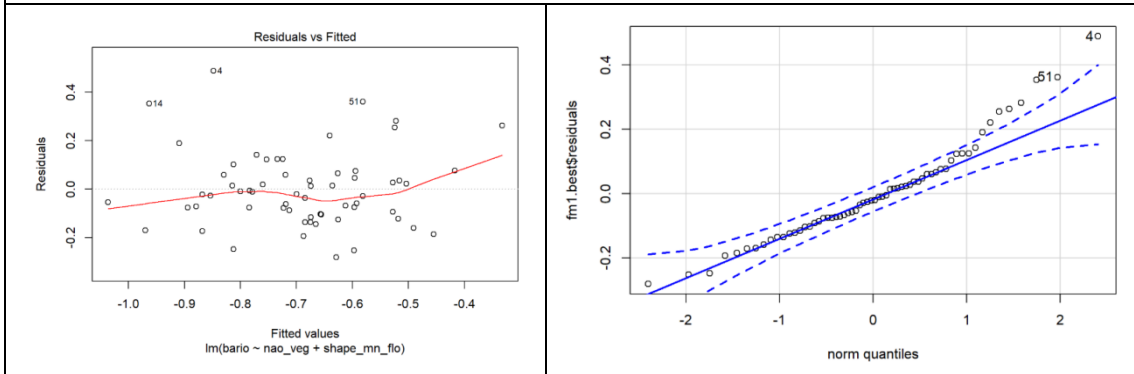
**2008 - Estação Seca**



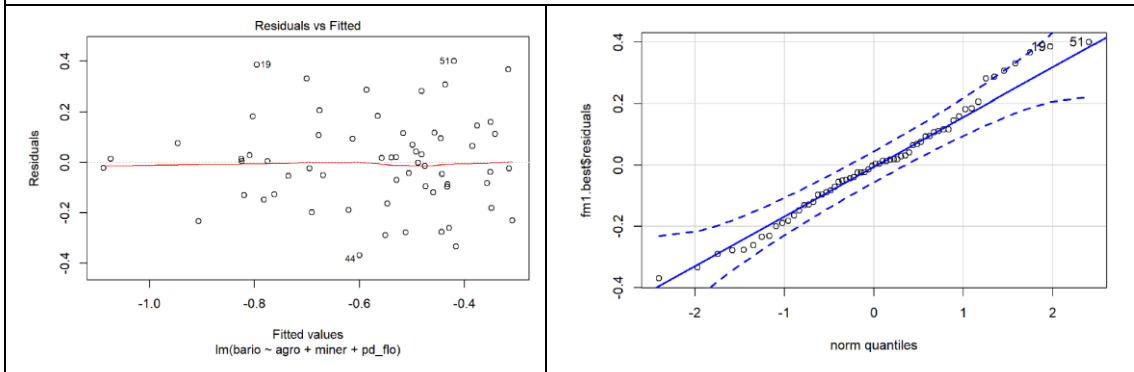
**2013 - Estação Chuvosa**



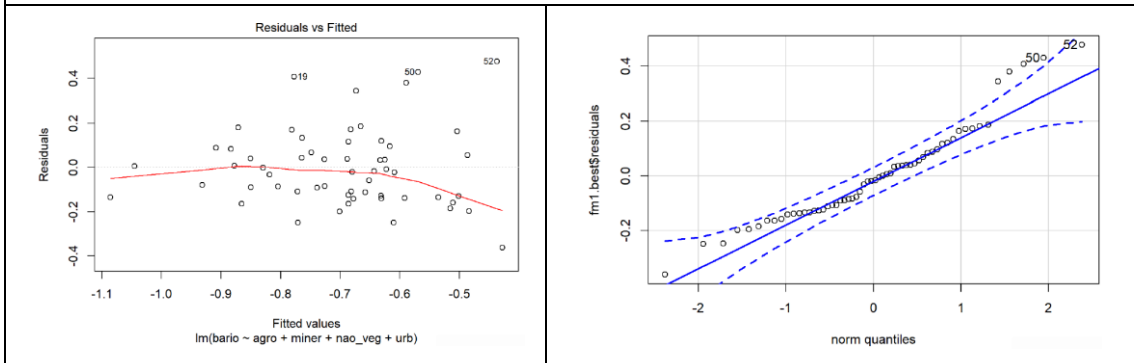
2013 - Estação Seca



2018 - Estação Chuvosa

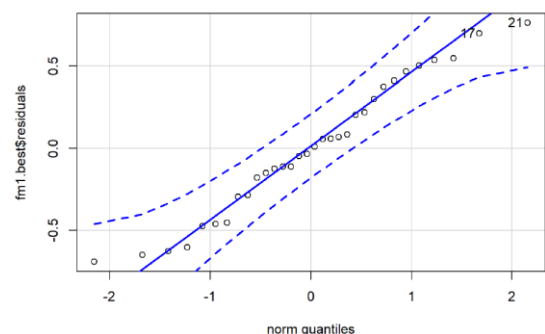
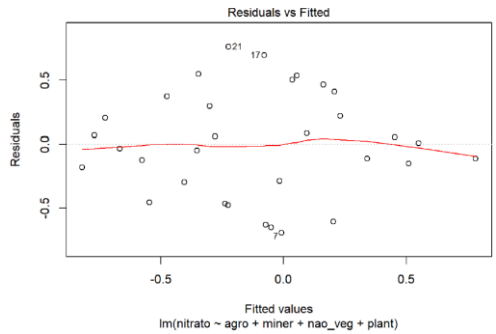


2018 - Estação Seca

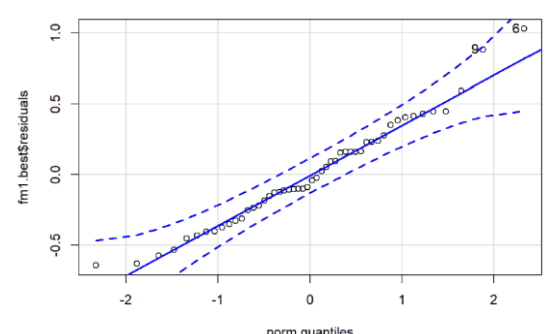
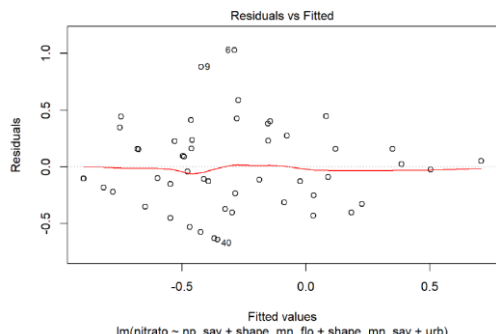


### Modelos Nitrato - Ripária

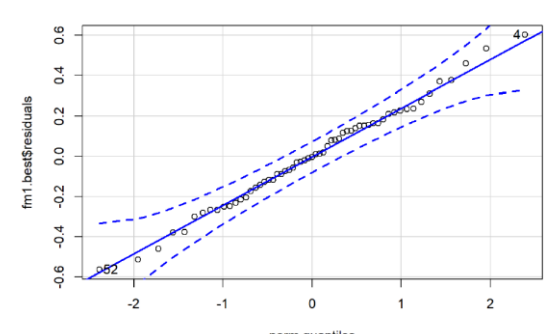
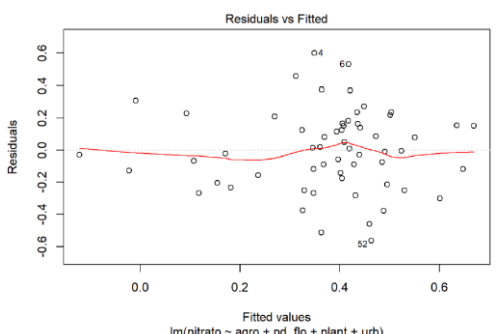
#### 2008 - Estação Chuvosa



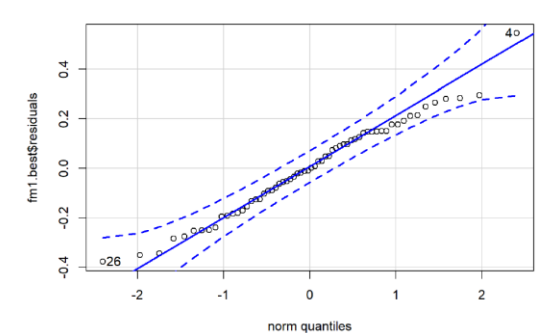
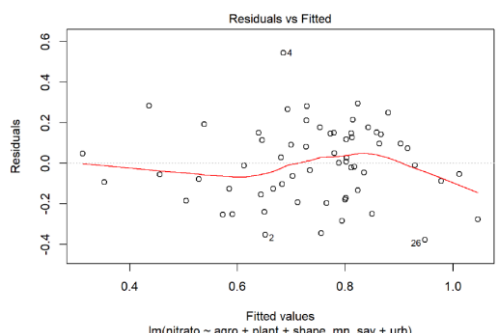
#### 2008 - Estação Seca



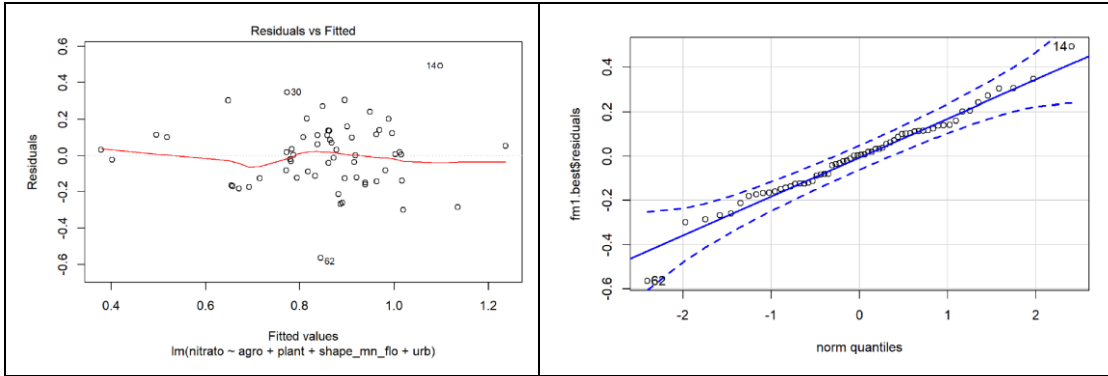
#### 2013 - Estação Chuvosa



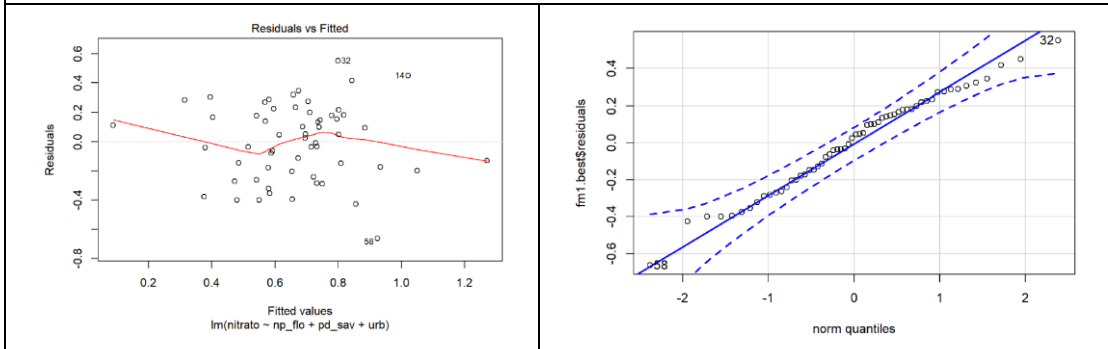
#### 2013 - Estação Seca



#### 2018 - Estação Chuvosa

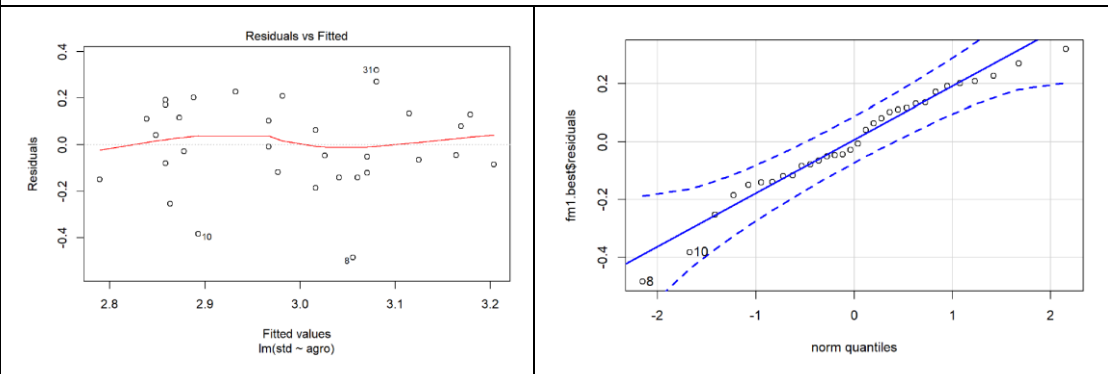


2018 - Estação Seca

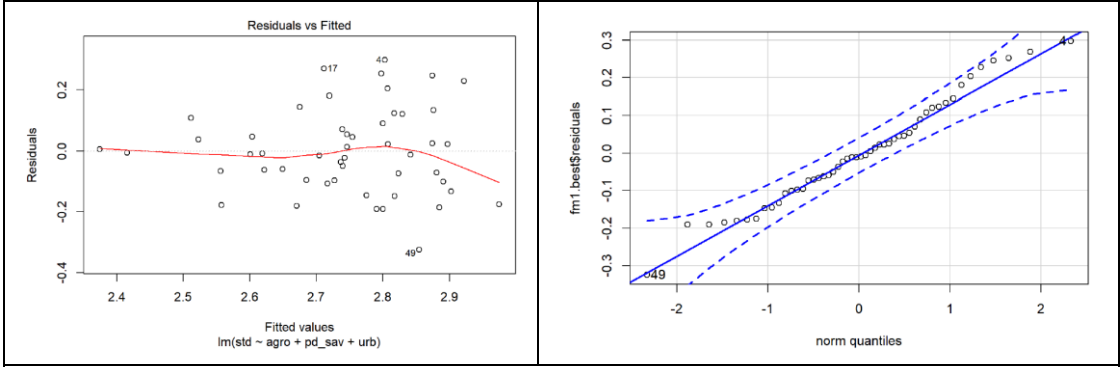


Modelos Sólidos Totais - Ripária

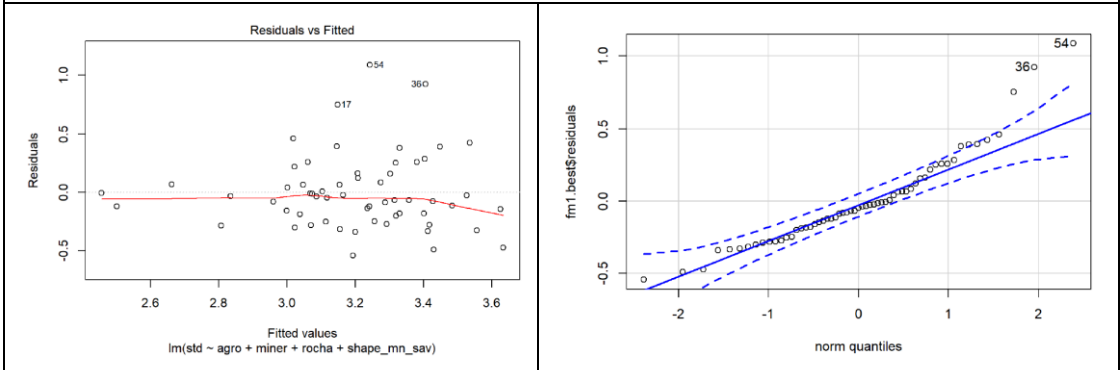
2008 - Estação Chuvosa



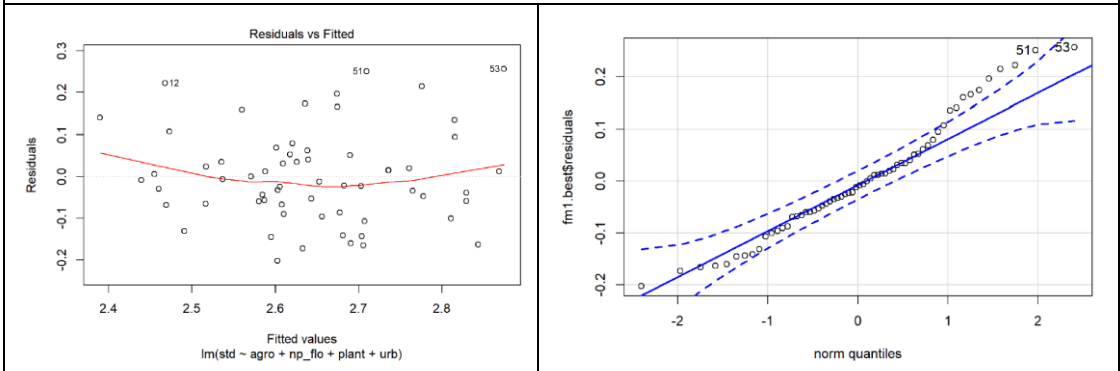
2008 - Estação Seca



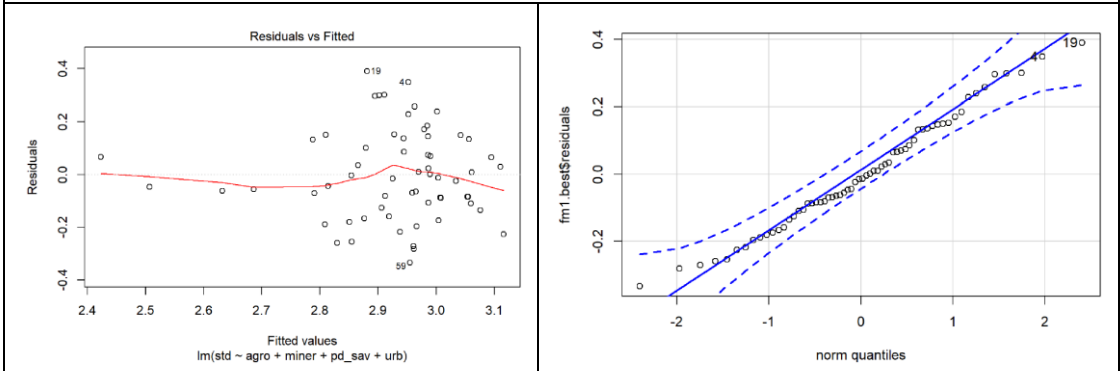
2013 - Estação Chuvosa



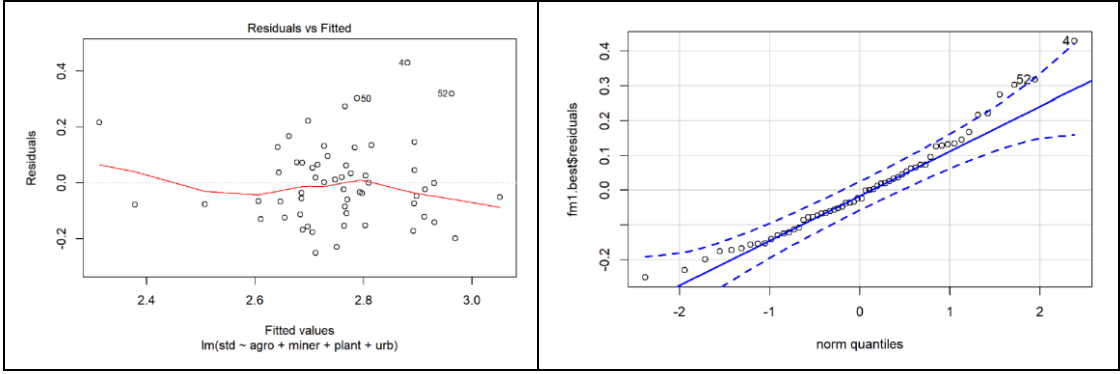
2013 - Estação Seca



2018 - Estação Chuvosa

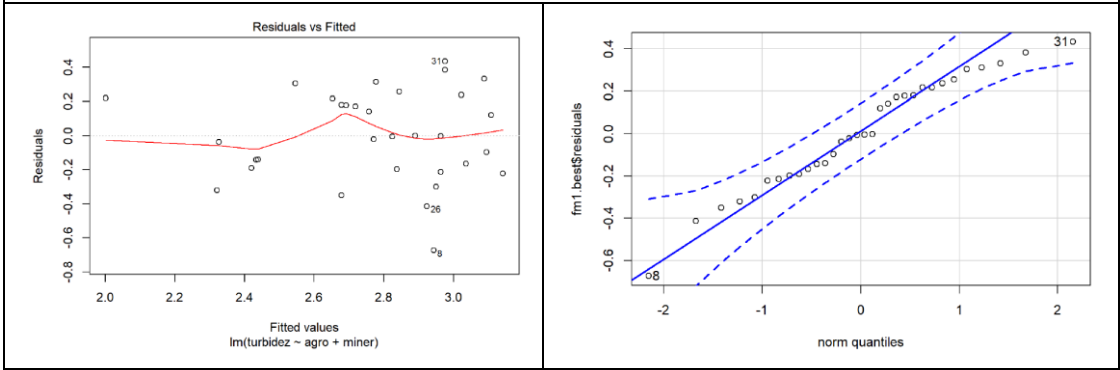


2018 - Estação Seca

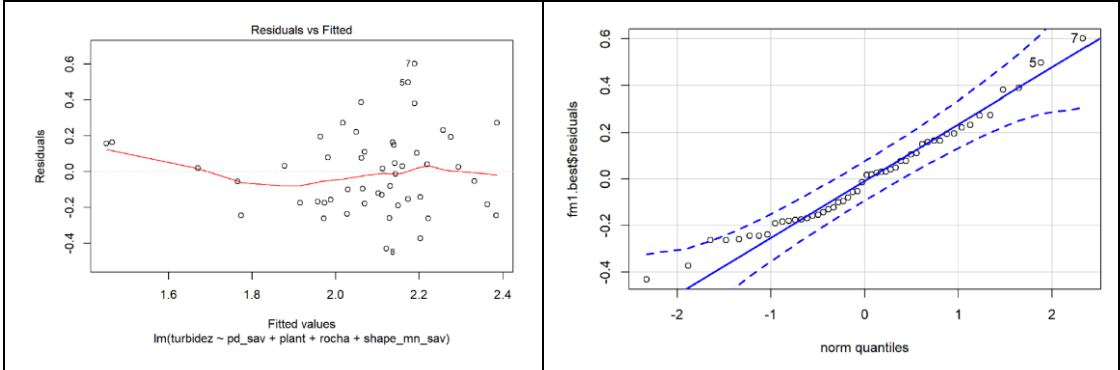


**Modelos Turbidez - Ripária**

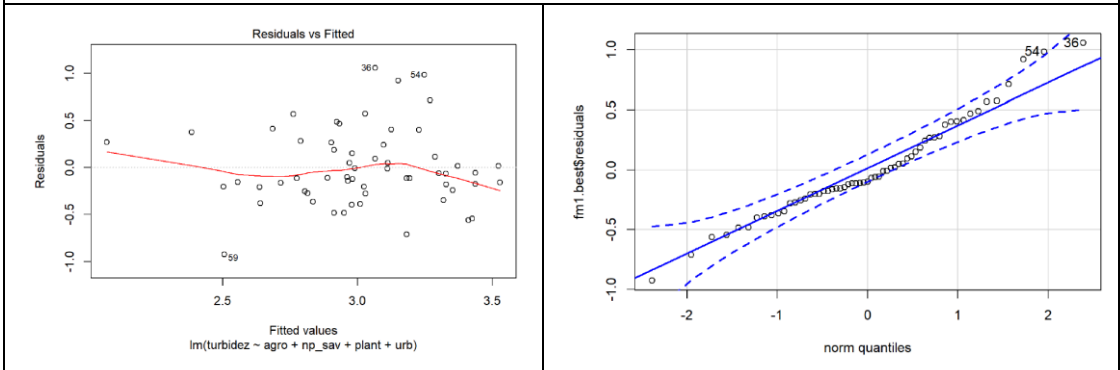
**2008 - Estação Chuvosa**



**2008 - Estação Seca**

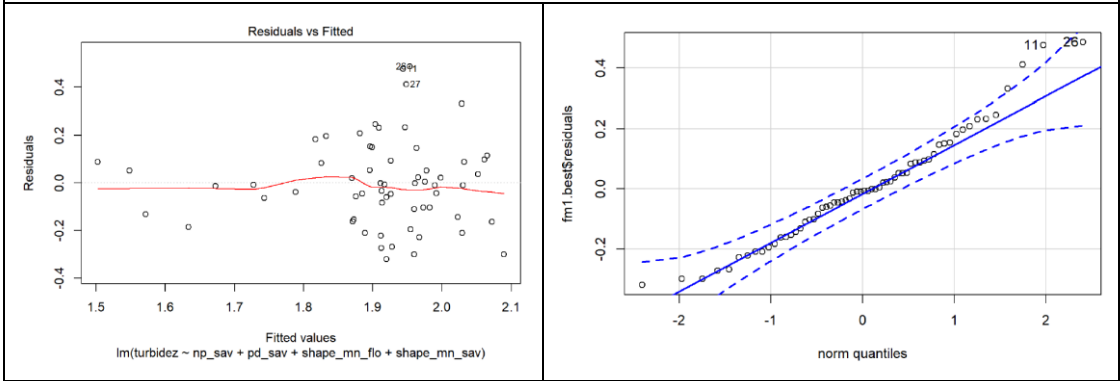


**2013 - Estação Chuvosa**

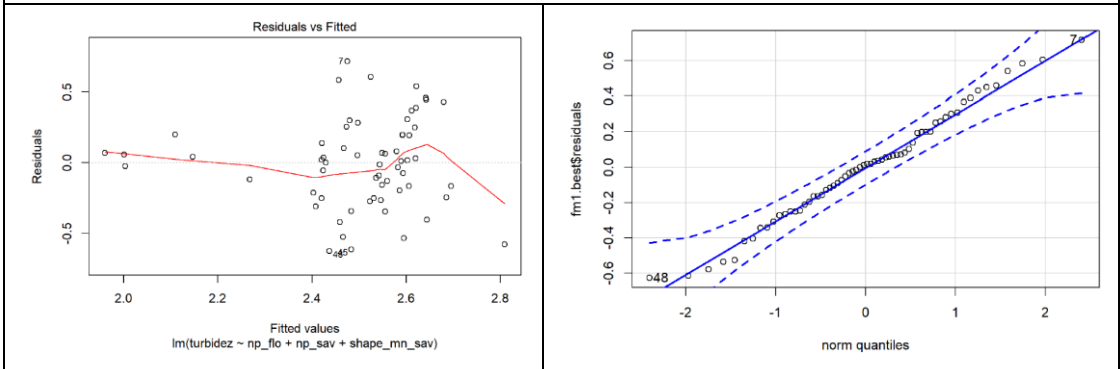




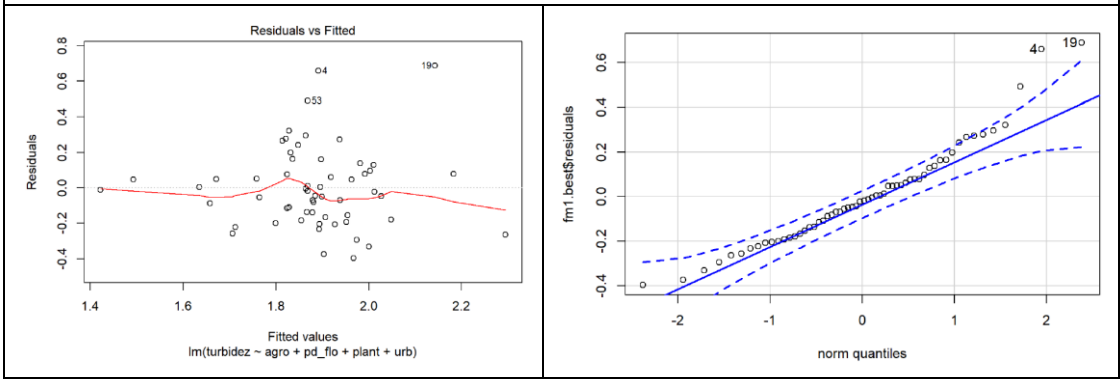
2013 - Estação Seca



2018 - Estação Chuvosa

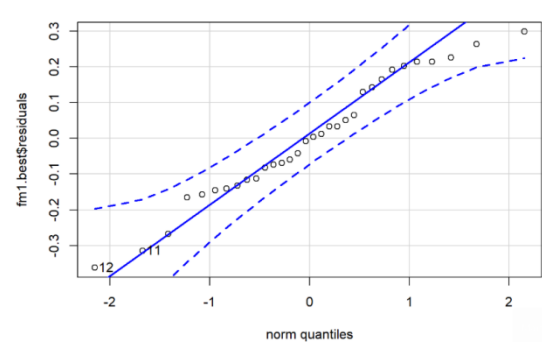
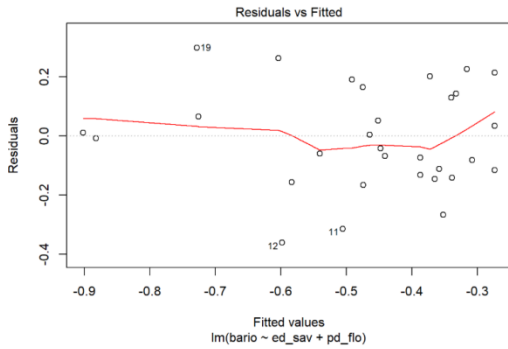


2018 - Estação Seca

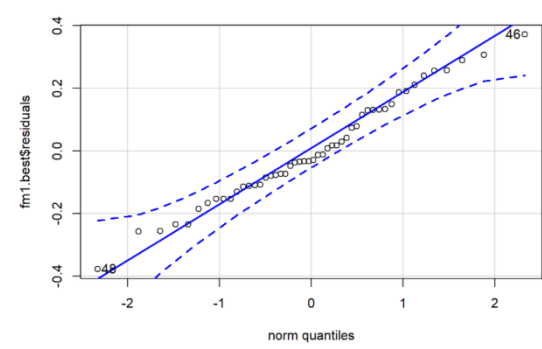
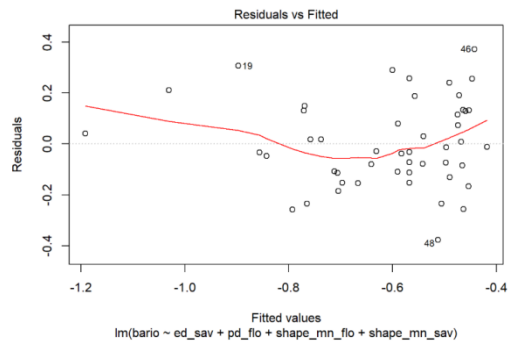


### Modelos Bário - Local

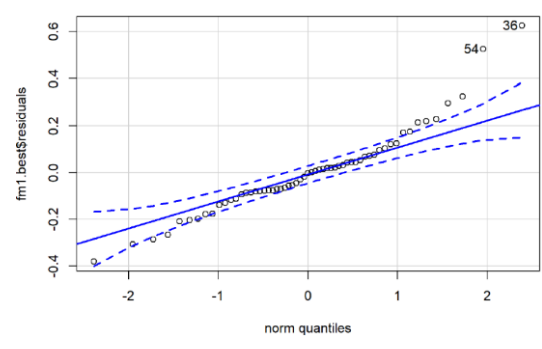
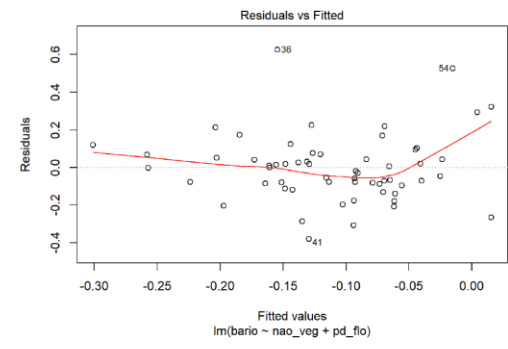
#### 2008 - Estação Chuvosa



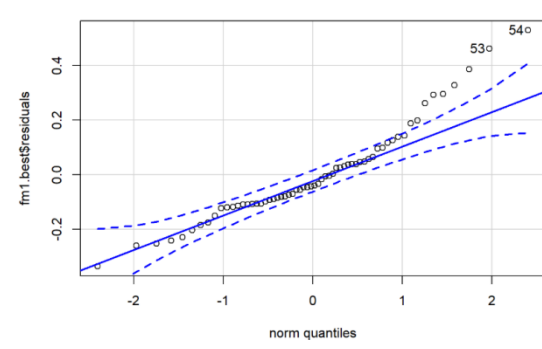
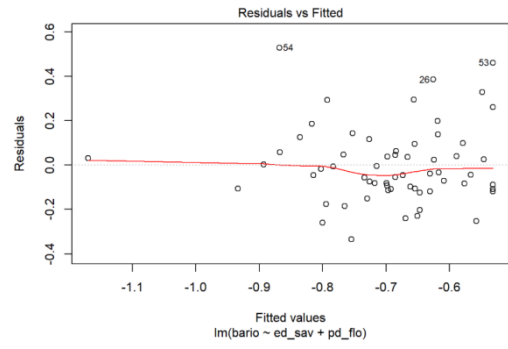
#### 2008 - Estação Seca



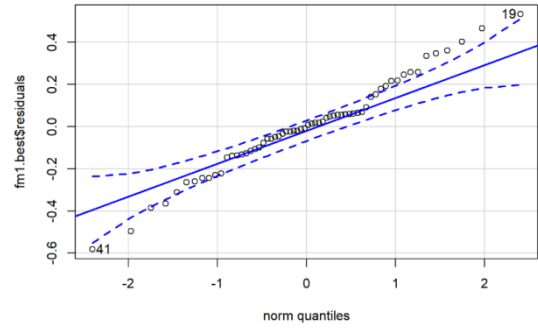
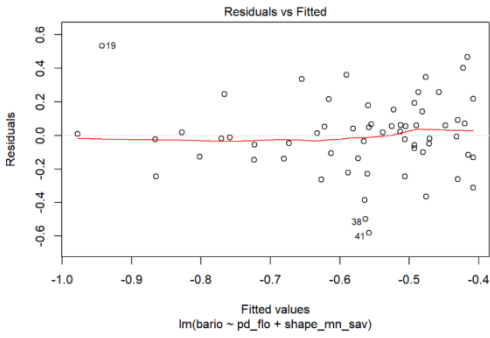
#### 2013 - Estação Chuvosa



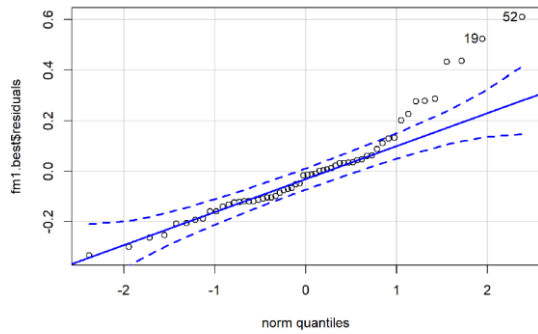
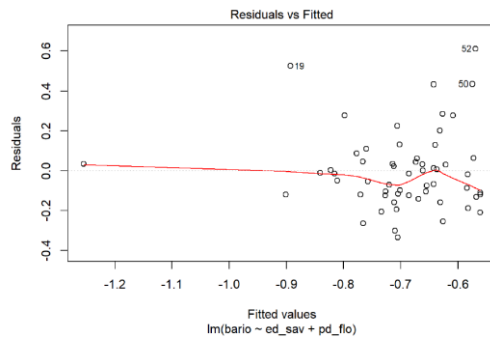
#### 2013 - Estação Seca



2018 - Estação Chuvosa

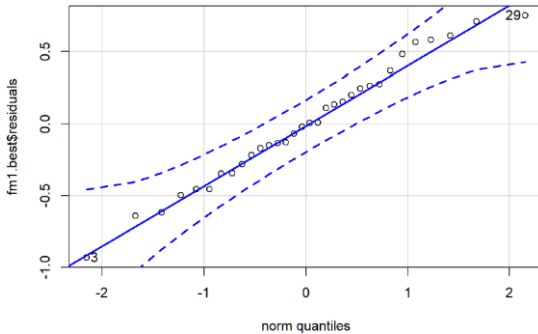
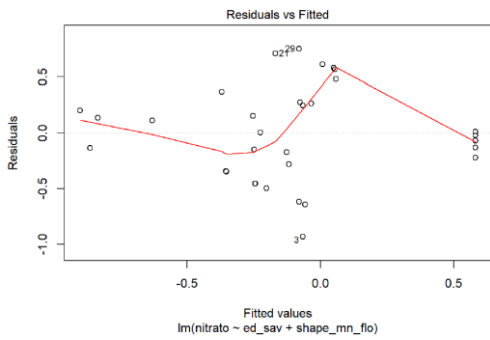


2018 - Estação Seca

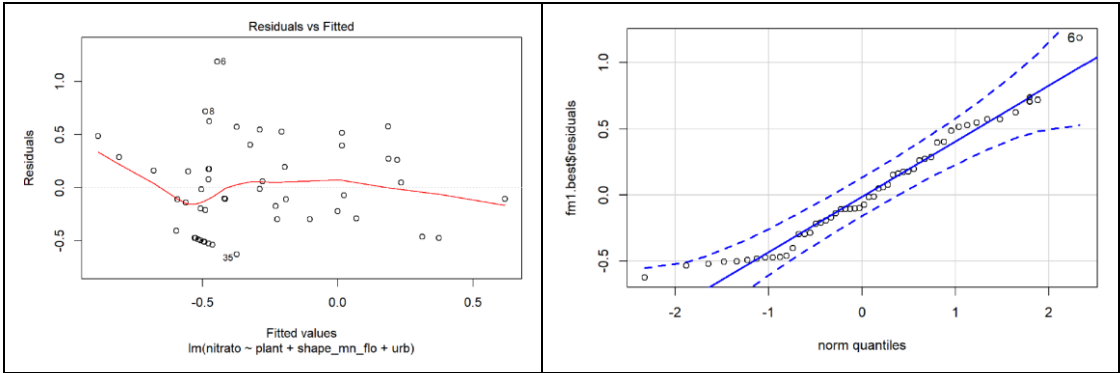


Modelos Nitrato - Local

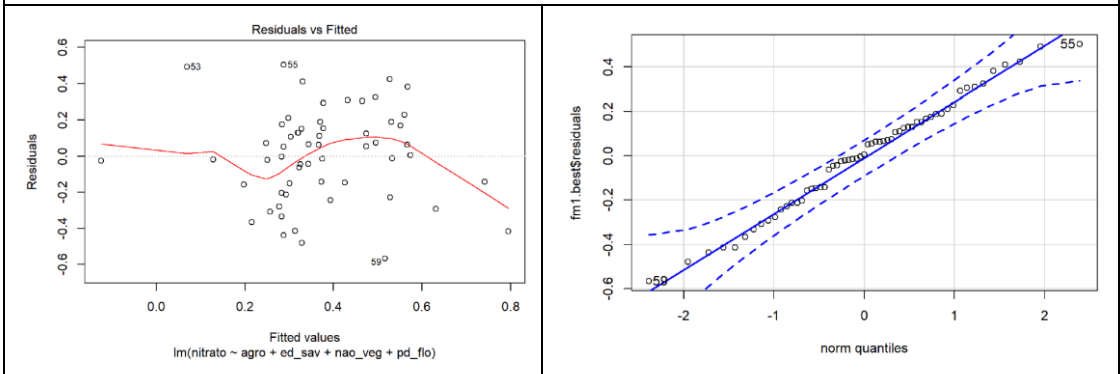
2008 - Estação Chuvosa



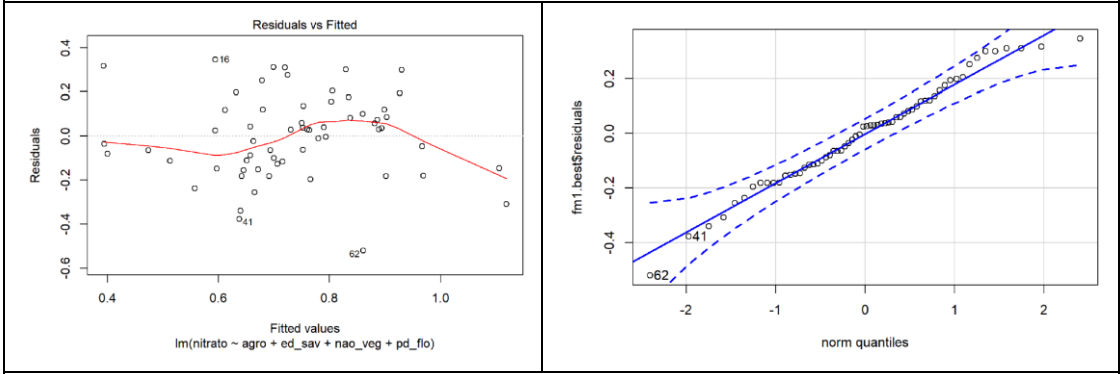
2008 - Estação Seca



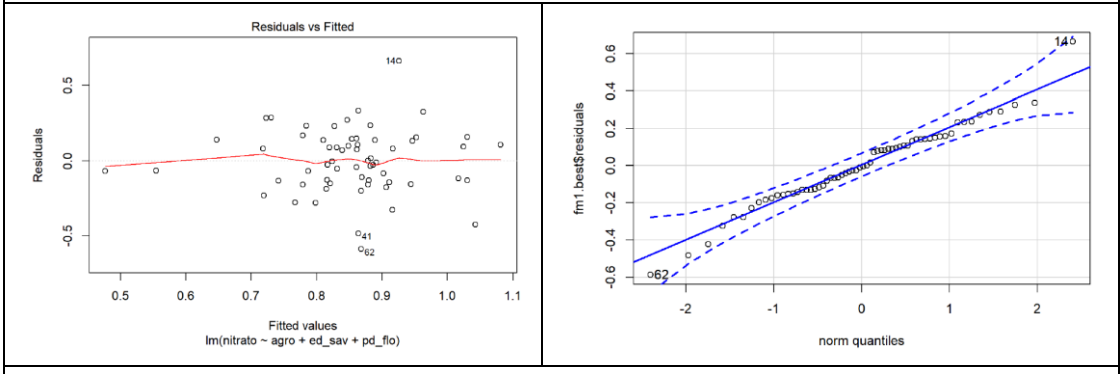
2013 - Estação Chuvosa



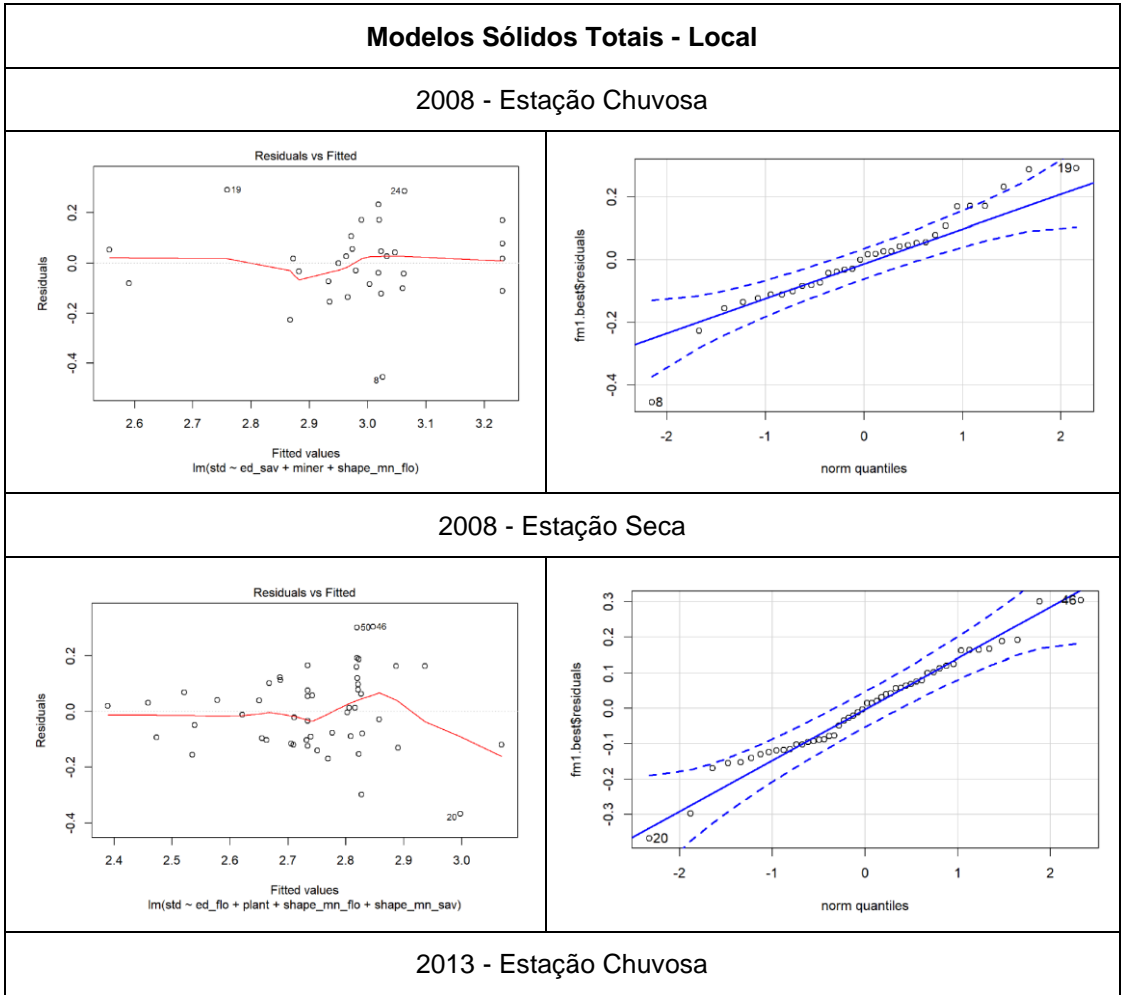
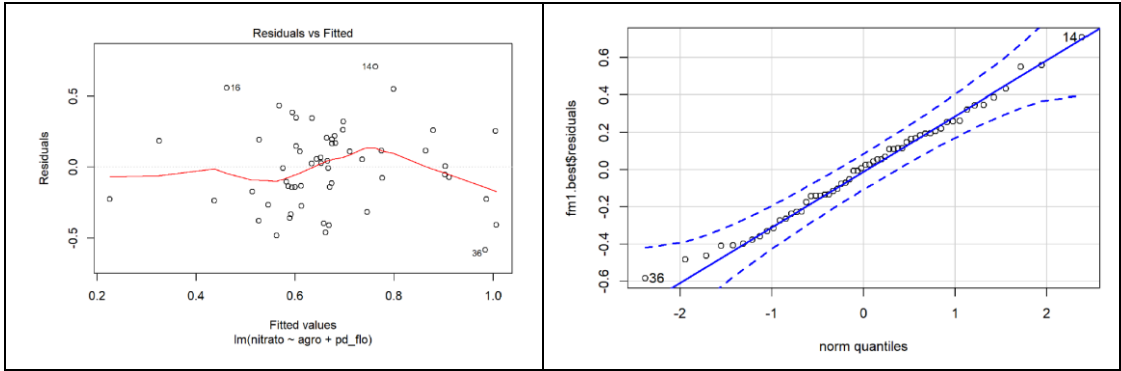
2013 - Estação Seca

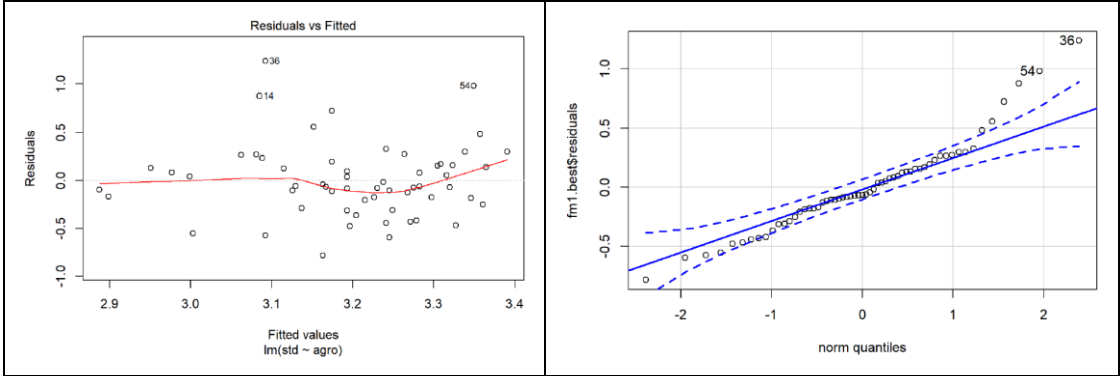


2018 - Estação Chuvosa

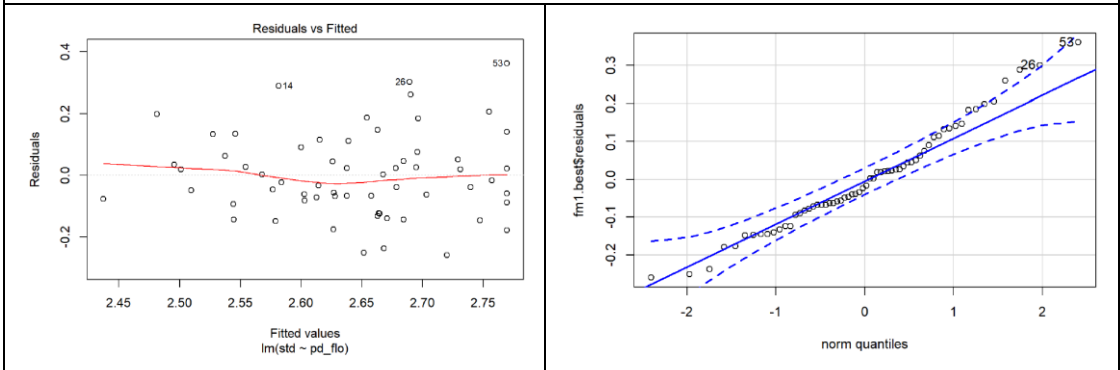


2018 - Estação Seca

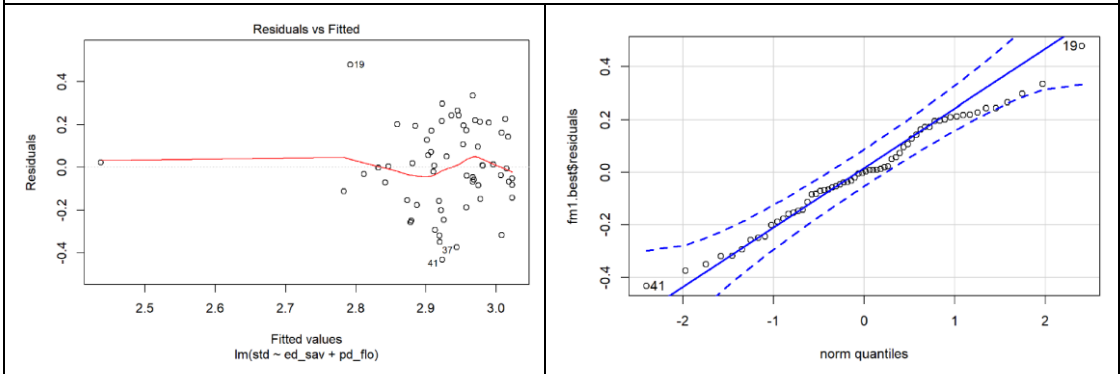




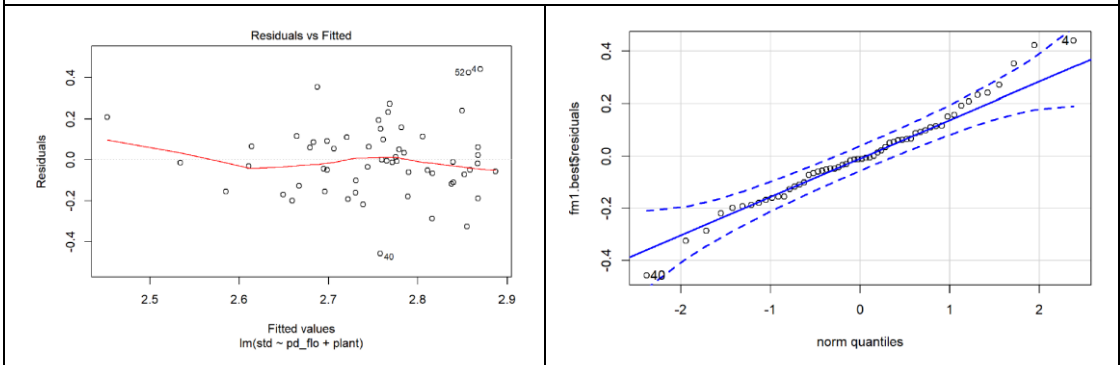
2013 - Estação Seca



2018 - Estação Chuvosa

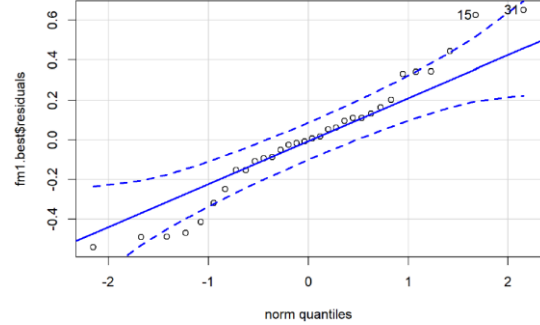
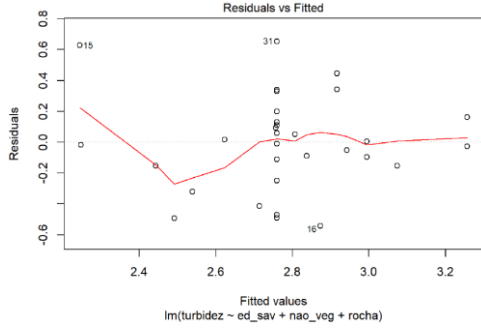


2018 - Estação Seca

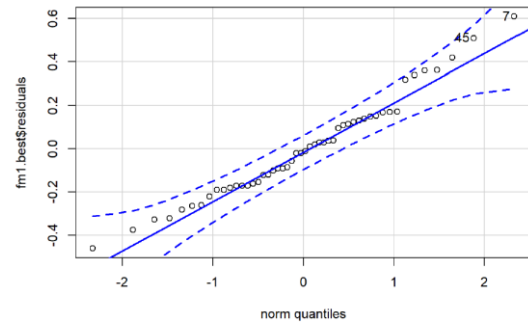
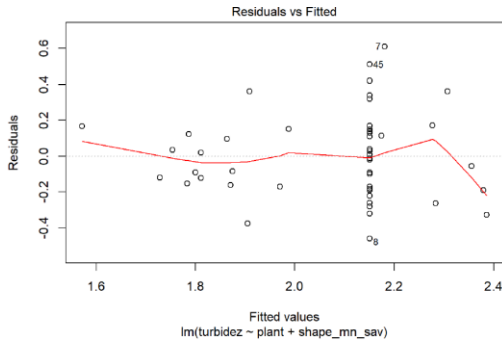


**Modelos Turbidez - Local**

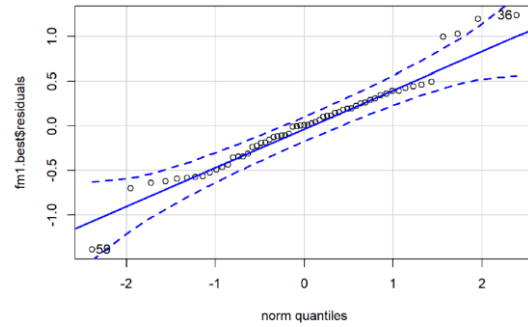
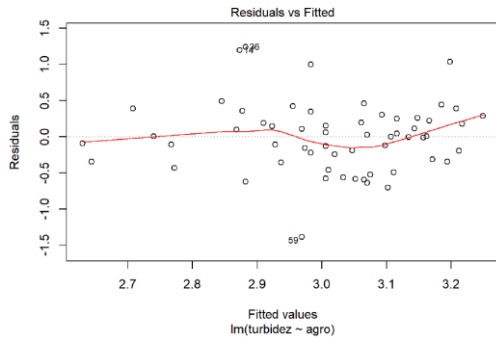
**2008 - Estação Chuvosa**



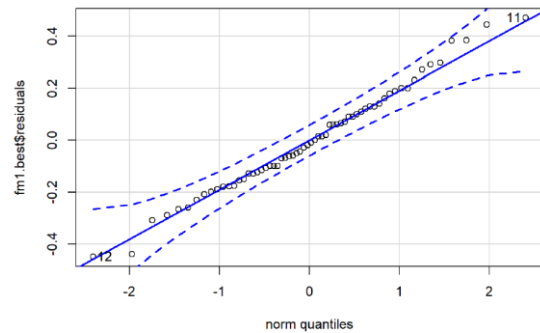
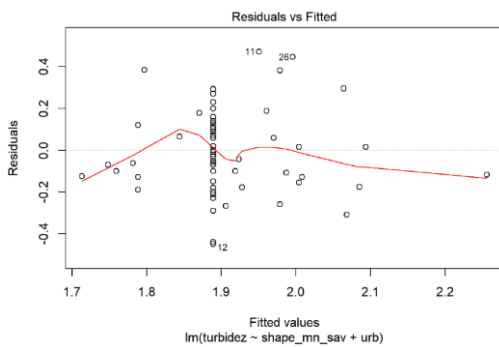
**2008 - Estação Seca**



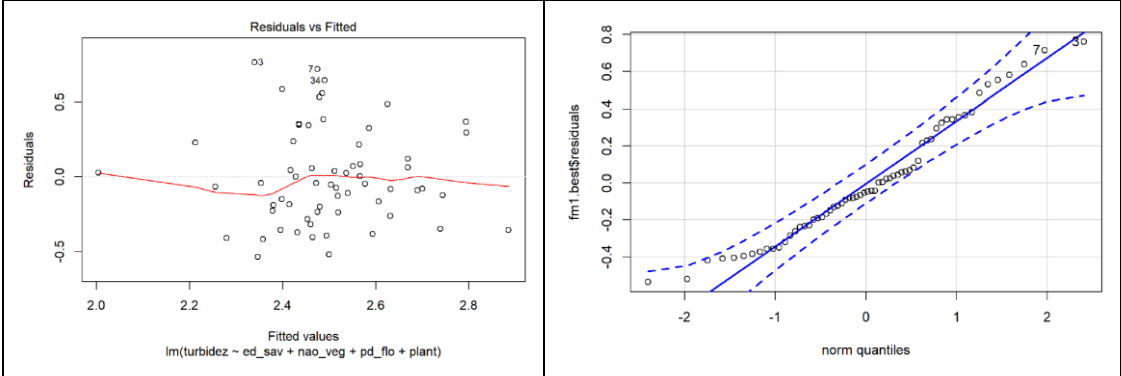
**2013 - Estação Chuvosa**



**2013 - Estação Seca**



2018 - Estação Chuvosa



2018 - Estação Seca

