

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE  
SISTEMAS AMBIENTAIS**

Thiago Juarez Ferreira de Araújo

**INCIDÊNCIA DE DOENÇAS DIARREICAS NA BACIA DO RIO DOCE E  
POSSÍVEIS RELAÇÕES COM INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO E O  
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO - MARIANA/MG.**

Belo Horizonte  
2019

Thiago Juarez Ferreira de Araújo

**INCIDÊNCIA DE DOENÇAS DIARREICAS NA BACIA DO RIO DOCE E  
POSSÍVEIS RELAÇÕES COM INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO E O  
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO - MARIANA/MG.**

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

Orientador: Prof. Dr. Frederico Wagner de Azevedo Lopes

Coorientadora: Profa. Dra. Camila Palhares Teixeira

Belo Horizonte  
2019

A663i Araújo, Thiago Juarez Ferreira de.  
2019 Incidência de doenças diarreicas na Bacia do Rio Doce e possíveis relações com infraestrutura de saneamento e rompimento da Barragem de Fundão – Mariana/MG [manuscrito] / Thiago Juarez Ferreira de Araújo. – 2019.

xiii, 85 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Frederico Wagner de Azevedo Lopes.

Coorientadora: Camila Palhares Teixeira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2019.

Bibliografia: f. 73-85.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Diarreia em crianças – Teses. 3. Saneamento – Mariana (MG) – Teses. 4. Saúde pública – Teses. 5. Doce, Rio, Bacia (MG e ES) – Teses. I. Lopes, Frederico Wagner de Azevedo. II. Teixeira, Camila Palhares. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Incidência de doenças diarreicas na bacia do rio Doce e possíveis relações com infraestrutura de saneamento e o rompimento da barragem de Fundão - Mariana/MG.**

### **THIAGO JUAREZ FERREIRA DE ARAUJO**

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 E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Aprovada em 13 de junho de 2019, pela banca constituída pelos membros:

  
Prof. Frederico Wagner de Azevedo Lopes - Orientador  
UFMG

  
Prof. Carlos Fernando Ferreira Lobo  
UFMG

  
Prof. Sonaly Cristina Rezende Borges de Lima  
UFMG

Belo Horizonte, 13 de junho de 2019.

*Aos meus pais Geraldo e Beatriz, por tudo, especialmente por acreditarem e dedicarem suas vidas na educação dos filhos, muitas vezes abdicando de seus próprios sonhos.*

*Sempre será por vocês.*

## AGRADECIMENTOS

Estar na UFMG, viver em uma universidade gratuita e de excelência sempre foi um sonho, por isso, devo agradecer a todos(as) aqueles que fizeram parte dessa jornada permitindo que esse trajeto fosse concluído de forma prazerosa e construtiva.

A minha família, que é a minha base, meu amor maior, meu tudo. Meus pais, meus irmãos, Nanda e Dinho(Carol), meus sobrinhos, Dan e Bebelá a quem dedico todas as minhas conquistas. Vocês são exemplos de caráter, honestidade e acima de tudo, sempre me instruíram a trilhar pelo caminho do bem. Vocês são tudo pra mim.

A minha doce e amada Lívia, pelo companheirismo, amizade, carinho, incentivo e por sempre acreditar em mim. Você é simplesmente demais, obrigado por tudo minha querida.

Ao meu professor e orientador Frederico Azevedo, um ser humano incrível, obrigado pela atenção, paciência, dedicação e por me fazer acreditar em uma educação ainda mais prazerosa e livre.

A minha professora e orientadora Camila Teixeira, pelas aulas repletas de carinho, atenção e preocupação com o aprendizado de seus alunos.

A professora Sonaly e ao professor Carlos Lobo pela atenção e contribuições para a realização dessa pesquisa.

Aos meus grandes (literalmente) e maiores amigos Samuka, Rafa e Cabelo por tudo. Pessoas de luz, presentes diariamente (nos bons e maus momentos) da minha vida. Vocês são incríveis. Sou muito grato pela amizade sincera e especial de vocês.

Aos amigos Julio e Guilherme Barca pela amizade e por dividirem a mesma morada comigo em Belo Horizonte. Vocês foram fundamentais nessa jornada e sem vocês as discussões políticas e futebolísticas seriam incertas.

Agradeço também aos amigos que tive a sorte de conhecer durante "as caminhadas da vida". Em especial ao Adail, pessoa muito querida e que está sempre preocupado com meu bem estar; ao Didito, com seu grande e bem humorado coração, ao Alysson, grande amigo que admiro muito; ao Renato pelos ensinamentos, disponibilidade e pelas longas discussões sobre "o mundo de Tolkien".

Ao IGC, ao Programa de Pós Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, aos professores e colegas de curso pela oportunidade e pelo aprendizado.

Aos professores e alunos do IFMG campus São João Evangelista que tive a oportunidade de trabalhar e viver a rotina IF por dois anos. Em especial aos professores/amigos Douglas Puglia, Isaac e Flavio Puff pela parceria no GEHRD e pelos ensinamentos.

Aos meus queridos alunos do Educafro núcleo Águia, alunos de força e determinação, que me inspiram todas as sextas-feiras com lições que vão além da sala de aula.

Ao meu amado amigo Wanderson e meu querido primo Gudá, que não estão mais aqui presentes, porém imortalizados em meu coração. Sempre levarei e guardarei vocês em meus melhores sentimentos.

Sem todos vocês, certamente, nada disso seria possível.

A minha luz superior, ao meu Deus que está presente em todas as coisas e em todas as boas ações em que acredito.

## RESUMO

O consumo de água contaminada é responsável por causar diversas doenças de veiculação hídrica, especialmente em países em desenvolvimento econômico, onde os investimentos em infraestrutura sanitária são defasados e desiguais em relação aos países desenvolvidos. Além da carência de uma infraestrutura adequada, diversos municípios brasileiros, especialmente no estado de Minas Gerais, possuem seus principais mananciais sob influência de atividades potencialmente poluidoras, tais como a mineração. Neste contexto, o rompimento da barragem de Fundão, localizada no município de Mariana-MG, ocorrido no dia 5 de novembro de 2015, trouxe graves consequências socioambientais, dentre as quais, a interrupção da captação de água em diversas localidades. Deste modo, esse estudo parte do pressuposto de que o rompimento ocorrido na barragem, bem como a suspensão e paralisação de abastecimento de água, especialmente nos municípios que dependem totalmente ou parcialmente de captação de água do rio Doce, possa ter impactado a incidência de doenças de veiculação hídrica devido. Desta forma, este trabalho busca analisar a distribuição espacial de doenças diarreicas em crianças de zero a quatro anos de idade nos municípios pertencentes a bacia do rio Doce e suas possíveis correlações com os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como averiguar a possível influência do rompimento da barragem de Fundão sobre as taxas de incidência de doenças diarreicas nos municípios dependentes de captação de água do rio Doce.. Apesar de não terem sido verificadas correlações significativas referentes à sazonalidade (Kruskal-Wallis), serviços de água e esgotamento sanitário (Spearman) e o rompimento da barragem sobre as taxas de incidência (Mann-Whitney), foi possível observar que a população infantil, é a mais vulnerável e a distribuição de casos estão, no decorrer dos anos, concentrados na porção norte e leste da bacia. Por fim, essa pesquisa sugere que o monitoramento e a avaliação das doenças diarreicas sejam feitos continuamente e que suas ações impliquem uma integração efetiva entre as diversas esferas da saúde, de forma a produzir resultados de curto, médio e de longo prazo que auxiliem órgãos competentes no planejamento de medidas mais eficazes de prevenção e controle da diarreia infantil nos municípios pertencentes a bacia do rio Doce.

**Palavras-chave:** Saúde e saneamento. Diarreia infantil. Bacia do rio Doce.

## ABSTRACT

The consumption of contaminated water is responsible for causing various waterborne diseases, especially in developing countries, where investments in health infrastructure are lagging and unequal in relation to developed countries. In addition to the lack of adequate infrastructure, several Brazilian municipalities, especially in the state of Minas Gerais, have their main sources under the influence of potentially polluting activities, such as mining. In this context, the rupture of the Fundão dam, located in the municipality of Mariana-MG, occurred on November 5, 2015, brought serious socio-environmental consequences, among them, the interruption of water abstraction in several localities. Thus, this study assumes that the rupture that occurred in the dam, as well as the suspension and shutdown of water supply, especially in municipalities that depend totally or partially on water abstraction from the Doce river, may have caused an increase in the incidence of waterborne diseases on population. Hence, this work aims to analyze the spatial distribution of diarrheal diseases in children from zero to four years of age in the municipalities belonging to the Doce river watershed and their possible correlations with water supply and sewage services, as well as to investigate the possible influence of the rupture of the Fundão dam on the incidence rates of diarrheal diseases in the municipalities dependent on water capitation of the Doce river. Although there were no significant correlation between seasonality (Kruskal-Wallis), water and sewage services (Spearman) and the dam rupture on the incidence rates (Mann-Whitney), it was possible to observe that the infant population is the most vulnerable and the distribution of cases are, over the years, concentrated in the northern and eastern portions of the basin. Finally, this research suggests that the monitoring and evaluation of diarrheal diseases should be carried out continuously and that their actions should involve effective integration between the different spheres of health, in order to produce short, medium and long term results that will assist competent bodies in the planning of more effective measures for the prevention and control of childhood diarrhea in the municipalities belonging to the Doce river basin.

**Keywords:** Health and sanitation. Childhood diarrhea. River Doce watershed

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. ....	31
<b>Figura 2:</b> Comitê de Bacia Hidrográfica e Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos na bacia do rio Doce .....	34
<b>Figura 3:</b> Distribuição populacional absoluta dos municípios da bacia do rio Doce .	38
<b>Figura 4:</b> Barragem de Fundão após o rompimento.....	39
<b>Figura 5:</b> Perfil longitudinal do trecho fluvial afetado pelo rompimento da Barragem de Fundão .....	40
<b>Figura 6:</b> Trajeto do rio Doce em Governador Valadares - MG antes e pós rompimento .....	41
<b>Figura 7:</b> Trecho fluvial afetado pelo rompimento da barragem de Fundão e municípios abastecidos pelo rio Doce.....	43
<b>Figura 8:</b> Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos.....	49
<b>Figura 9:</b> Densidade de Kernel para casos absolutos de doenças diarreicas em crianças de zero a quatro anos de idade, de 2010 a 2017.....	55
<b>Figura 10:</b> Clusters de incidência de doenças diarreicas anuais em crianças de 0 a 4 anos, 2010 e 2011.....	58
<b>Figura 11:</b> Clusters de incidência de doenças diarreicas anuais em crianças de 0 a 4 anos, 2012 e 2013.....	59
<b>Figura 12:</b> Clusters de incidência de doenças diarreicas anuais em crianças de 0 a 4 anos, 2014 e 2015.....	60
<b>Figura 13:</b> Clusters de incidência de doenças diarreicas anuais em crianças de 0 a 4 anos, 2016 e 2017.....	61
<b>Figura 14:</b> Correlações entre as variáveis de saneamento e os índices de doenças diarreicas na população da bacia do rio Doce.....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Distribuição populacional por sexo, segundo faixa etária na bacia do rio Doce em 1991 .....	35
<b>Gráfico 2:</b> Distribuição populacional por sexo, segundo faixa etária na bacia do rio Doce em 2000 .....	36
<b>Gráfico 3:</b> Distribuição populacional por sexo, segundo faixa etária na bacia do rio Doce em 2010 .....	37
<b>Gráfico 4:</b> Boxplot de incidência de doenças diarreicas nas diferentes faixa etárias analisadas .....	50
<b>Gráfico 5:</b> Média de incidência de doenças diarreicas por faixa etária na bacia do rio Doce, entre 2010 a 2017 .....	51
<b>Gráfico 6:</b> Percentual de casos de doenças diarreicas em crianças menores de 1 ano e de 1 a 4 anos na bacia do rio Doce, entre 2010 à 2017 .....	52
<b>Gráfico 7:</b> Boxplot da incidência de doenças diarreicas por estação seca e chuvosa.....	65
<b>Gráfico 8:</b> Boxplot da incidência de doenças diarreicas antes e depois do rompimento da barragem de Fundão .....	68

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Suspensões no abastecimento de água e medidas adotadas nos municípios dependentes do rio Doce .....	42
<b>Tabela 2:</b> Municípios com dependência de captação de água do Rio Doce .....	48
<b>Tabela 3:</b> Resultados do teste I de Moran Global.....	56

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**ANA** - Agência Nacional de Águas

**CBH** - Comitê de Bacias Hidrográficas

**DATASUS** - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

**IBAMA** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IBRAM** - Instituto Brasileiro de Mineração

**HEMA** - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

**IGAM** - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

**OMS** - Organização Mundial da Saúde

**PCHs** - Pequenas Centrais Hidrelétricas

**PIRH** - Plano Integrado de Recursos Hídricos

**PNAD** - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio

**PNSB** - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

**SIA** - Sistema de Informações Ambulatoriais

**SIAB** - Sistema de Informações de Atenção Básica

**SIG** - Sistema de Informação Geográfica

**SIH** - Sistema de Informações Hospitalares

**SIM** - Sistema de Informações sobre Mortalidade

**SINAN** - Sistema de Informações sobre Agravos de Notificação

**SIS** - Sistema de Informação em Saúde

**SNIS** - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

**UHEs** - Usinas Hidrelétricas

**UPGRHs** - Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

**WHO** - World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 Saúde e Saneamento .....	17
2.2 Doenças de veiculação hídrica: a diarreia infantil .....	20
2.3 Utilização de ferramentas SIG aplicadas à saúde.....	23
2.4 Atividades de mineração, qualidade das águas e saúde .....	26
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>30</b>
3.1 Localização, aspectos fisiográficos e socioambientais .....	30
3.2 O rompimento da Barragem de Fundão, Mariana - MG.....	39
<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>45</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>50</b>
5.1 Ocorrências de doenças diarreicas na bacia do rio Doce .....	50
5.2 Distribuição e autocorrelação espacial das doenças diarreicas em crianças de 0 a 4 anos na bacia do rio Doce .....	54
5.3 Influência sazonal sobre a incidência de doenças diarreicas em crianças de 0 a 4 anos na bacia do rio Doce .....	64
5.4 Infraestrutura de abastecimento de água, esgotamento sanitário e suas possíveis relações com doenças diarreicas na bacia do rio Doce.....	65
5.5 Doenças diarreicas e as possíveis relações com o rompimento da barragem de Fundão.....	67
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais existentes, a água consiste em um elemento fundamental à vida na Terra, tendo em vista seu papel de suporte aos ecossistemas, bem como o desenvolvimento socioeconômico da sociedade. Dessa forma, as reservas de águas superficiais e subterrâneas são componentes estratégicos e essenciais para o desenvolvimento social, econômico e de sustentabilidade em diversas escalas. A disparidade no suprimento de água em relação às regiões, nações e continentes é causa de diferenças no processo de desenvolvimento e na qualidade de vida, gerando desigualdades e diferentes oportunidades de saúde, trabalho, renda e educação invariavelmente ocasionando conflitos sociais, ambientais e econômicos (ROGER et al., 2006; MAGALHÃES-JUNIOR, 2012; TUNDISI, 2014).

Apesar dos avanços na gestão de recursos hídricos no âmbito legal e institucional (p.ex. BRASIL, 1997), o consumo de água contaminada é responsável por acarretar diversas doenças de veiculação hídrica, dentre elas, a diarreia, principalmente em menores de 5 anos de idade, consiste em um dos principais problemas de saúde pública no mundo, especialmente em países em desenvolvimento econômico, em que os investimentos em infraestrutura sanitária são defasados e desiguais em relação aos países desenvolvidos (WHO, 2004; TEIXEIRA e PUNGIRUM, 2005).

A transmissão de doenças diarreicas pode ter relação com diversos fatores, dentre eles, a localização geográfica, as estações do ano referentes ao período seco e chuvoso, características das residências, qualidade da água e dos alimentos consumidos, condições socioeconômicas e ausência de saneamento adequado (PORTELA et al., 2011).

Neste contexto, a legislação que rege a respeito do saneamento básico no Brasil, foi criada em 05/01/2007 por meio da Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007) e regulamentada pelo Decreto nº 7.217, de 21/06/2010 (BRASIL, 2010), atribuiu aos municípios, a responsabilidade pelo planejamento dos serviços de saneamento. Entretanto, diversas cidades brasileiras ainda se encontram despreparadas e desequipadas, sendo fundamental e oportuno constantes questionamentos a respeito dos rumos atuais do planejamento em saneamento, bem como seus objetivos e princípios em que são estruturados (SILVEIRA, 2012).

Além da carência de uma infraestrutura adequada, diversos municípios possuem seus principais mananciais sob influência de atividades potencialmente poluidoras, tais como a mineração (SOUSA e QUEMELO, 2015; AMORIN et al., 2016). Assim, o desastre/crime ocorrido no dia 5 de novembro de 2015 chamou a atenção das mídias, de comunidades e órgãos ambientais do mundo todo. O rompimento da barragem de Fundão, pertencente à empresa Samarco Mineração S. A.<sup>1</sup>, no município de Mariana-MG, trouxe consequências socioambientais graves e bastante onerosas em escala regional, devido às suas proporções.

O suprimento de água na área de influência do rejeito da barragem fora comprometido em diversos pontos da bacia. Dentre os municípios atingidos pelo rompimento da barragem, destacam-se Governador Valadares em Minas Gerais e Colatina no Espírito Santo, cujo sistema de abastecimento é totalmente dependente da captação de água do rio Doce (ANA, 2016). Em situações como esta, há ainda o risco da população, motivada tanto pela escassez quanto pela insegurança em relação à qualidade das águas no sistema, buscar fontes alternativas de captação, que podem estar inconformes aos padrões sanitários (QUEIROZ et al., 2012).

Além dos problemas de captação de água ocasionados pelo rompimento da barragem, especialistas afirmam sobre riscos de doenças de quem teve contato com a lama, na qual o excesso de minerais pesados no organismo humano pode causar diversos danos à saúde (G1.COM, 2017).

Diante disso, é importante que as empresas de mineração atuem na prevenção de impactos para que outros desastres ambientais não voltem a ocorrer e não na remediação pós-impacto. Para isso é necessário o desenvolvimento de pesquisas, inovação e gestão integrada de recursos hídricos. Dessa forma se estabelecerá uma conciliação sustentável entre mineração e a preservação dos recursos naturais e gestão integrada de recursos hídricos (TUNDISI, 2014).

Essa pesquisa parte do pressuposto de que o rompimento ocorrido na barragem de Fundão, possa ter ocasionado o aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica devido aos impactos sobre a qualidade da água consumida pela população, bem como a suspensão e paralisação de abastecimento de água, especialmente nos municípios que dependem totalmente ou parcialmente de

---

<sup>1</sup> Empresa de mineração de grande porte pertencente a Vale S/A (50%) e a BHP Billiton Brasil Ltda. (50%), com escritórios na Holanda e China e possui um faturamento anual de 7,6 bilhões (ANA, 2016).

captação de água do rio Doce. Conjectura-se também a insegurança da população na utilização da água, seja para consumo, lavagem e preparo de alimentos e lazer, assim buscando fontes alternativas, em que, muitas vezes, também podem estar comprometidas.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo principal analisar a distribuição espacial de doenças diarreicas, entre 2010 a 2017, em crianças de zero a quatro anos de idade nos municípios pertencentes a bacia do rio Doce, bem como verificar as possíveis relações com abastecimento de água e esgotamento sanitário.

E como objetivos específicos:

- Verificar a incidência de doenças diarreicas na bacia do rio Doce por faixa etária, sazonalidade e distribuição espacial da doença;
- Analisar a possível influência do rompimento da barragem de Fundão sobre as taxas de incidência de doenças diarreicas dos municípios dependentes de captação de água do rio Doce.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Saúde e Saneamento**

As ações e serviços em saneamento são fundamentais para a proteção da saúde e bem-estar da população. Neste sentido, a disponibilidade dos serviços de saneamento básico é um fator de grande importância, de modo que a ausência ou a deficiência na prestação desses serviços podem ocasionar inúmeras externalidades negativas como o contágio de diversas doenças de veiculação hídrica, sendo esse um grave problema de saúde pública muito comum em países em desenvolvimento (SILVA, 2010; UHR et al., 2016).

Dessa forma, o conceito de saneamento, de modo geral, engloba um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais que envolvem o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007 e 2011).

O objetivo dos sistemas de abastecimento de água é fornecer água de boa qualidade às populações, assegurando condições de salubridade, de forma a garantir seu bem-estar físico, social e mental (BRASIL, 2006; HELLER et al., 2006). Portanto, torna-se inquestionável a abrangência das questões referentes ao saneamento, dentre elas os impactos de sua ausência e de sua implantação, bem como a necessidade de sua integração com outras áreas do conhecimento, visando, especialmente, à promoção da saúde da população e à proteção do meio ambiente (HELLER e CASTRO, 2007b; RUBINGER, 2008).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), referente aos dados do ano de 2008, nas últimas décadas houve avanços na cobertura dos serviços de saneamento no Brasil, no entanto, ainda existem cerca de 12 milhões de domicílios brasileiros sem acesso à rede de abastecimento de água e pouco mais da metade dos municípios do país possuem sistemas públicos de esgotamento sanitário (ROSSINI, 2015).

Assim sendo, para a garantia de condições adequadas de saneamento é fundamental que exista um bom planejamento em todas as suas etapas, desde a implementação do projeto até a operação e manutenção, de forma a assegurar proteção e confiabilidade para a população (BRASIL, 2006). Além do mais, vale ressaltar que as políticas públicas voltadas para esse setor demonstram, em muitos casos, serem ineficientes diante desse cenário (LIBANIO et al., 2005; ZUCARELLI et

al., 2010), tendo em vista que, as doenças associadas ao saneamento inadequado representam a sexta maior causa de mortalidade da população brasileira (FUNASA, 2010).

Os dados oriundos do Censo Demográfico, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) são as principais bases para consultas sobre a situação do saneamento no Brasil. Vale lembrar que estas fontes de dados apresentam diferentes características a respeito das perspectivas a serem pesquisadas. O Censo Demográfico e a PNAD consideram como unidade base de pesquisa os domicílios; enquanto o SNIS e a PNSB utilizam o município (RUBINGER, 2008).

A legislação vigente a respeito do saneamento básico no Brasil, criada no ano de 2007 através da Lei 11.445 (BRASIL, 2007) denominada de "Lei do Saneamento" e regulamentada em 2010, pelo Decreto nº 7.217 (BRASIL, 2010), com a função de estipular diretrizes nacionais para o saneamento básico, foi discutida na sociedade por cerca de vinte anos, envolvendo interesses e visões de mundo, muitas vezes, conflitantes devido às divergências e conflitos políticos, o que gerou imprecisões na redação final da legislação (SILVEIRA, 2012). No entanto, a promulgação traz perspectivas otimistas para o futuro do setor, na qual guarda o potencial de acelerar a universalização dos serviços, além de proporcionar melhorias na qualidade do atendimento à população (HELLER et al., 2007a; REZENDE et al., 2009; BRASIL, 2011; SILVEIRA, 2012).

A maneira como a população entende e lida com as práticas sanitárias, desde seus hábitos de higiene pessoal (CAIRNCROOS, 2003) até a percepção da relação saúde/doença, é essencial para o planejamento, desenvolvimento e implementação de políticas públicas eficazes, contribuindo para a melhoria dos serviços de saneamento básico prestados, visando sempre, garantir a qualidade de vida da população (RUBINGER, 2008).

Nesse intuito, diversos estudos são identificados na literatura apontando a relação entre a saúde e saneamento (FEWTRELL et al., 2005; VON SPERLING, 2005; HELLER et al., 2006; BARRETO et al., 2007; SOUZA, 2007; REZENDE et al., 2009; SILVEIRA, 2012; TEIXEIRA et al., 2014; LEIVAS et al., 2015; MACIEL et al., 2015; UHR et al., 2016; PORTO, 2016; SALES, 2018).

Fewtrell et al. 2005, realizaram um estudo de metanálise a respeito das intervenções da água, saneamento e higiene na redução de doenças diarreicas em países em desenvolvimento. Dentre as 2120 publicações encontradas na literatura, os autores consideraram que 46 estudos continham as evidências relevantes, dessa forma sendo revistos detalhadamente. Como resultado, constataram que a maioria das intervenções teve um grau semelhante de impactos nas doenças diarreicas, além disso, perceberam que as intervenções estudadas reduziram significativamente os riscos de contaminação de diarreia.

Já o estudo de Heller et al. (2006), implicou na comparação de grupos de 600 municípios localizados no Estado de Minas Gerais, segundo as diferentes categorias de gestores dos serviços de abastecimento de água e esgotamento. Assim sendo, foram construídos indicadores operacionais, epidemiológicos e sociais para cada município e as comparações se deram através de métodos estatísticos (análise de variância univariada - ANOVA, distância euclidiana média, análise multivariada - MANOVA). Dessa forma, os autores concluíram que existem diferenças entre os gestores, onde os municípios com serviços administrados por autarquias apresentaram os melhores resultados.

Leivas et al. (2015) analisaram os impactos do saneamento inadequado sobre a saúde infantil de 0 a 9 anos de idade utilizando uma abordagem em macrodados (painel estático com efeitos fixos e efeitos aleatórios) e microdados (*cross section*) para o período 2001-2010 e como *proxy*, a taxa de mortalidade infantil. O modelo de painel estático com efeitos fixos mostrou que a mortalidade infantil pode ser reduzida com aumentos na distribuição dos serviços de saneamento, além de diminuir a degradação ambiental. Por fim, concluíram que a presença de saneamento é um fator determinante para a boa saúde da criança e redução da mortalidade, apontaram ainda a importância de renda e escolaridade materna na redução da mortalidade infantil.

Já o trabalho de UHR et al. (2016) buscou avaliar como os serviços de saneamento no Brasil podem afetar a saúde da população. Para isso, foram estimados modelos econométricos através dos dados em painel para os estados brasileiros utilizando como variável as internações hospitalares decorrentes de endemias de veiculação hídrica entre 2000 a 2011. Além disso, realizaram uma análise das endemias, adicionando dados para internações hospitalares ocasionadas por ingestão de água contaminada, contato da pele com a água e

esgotamento sanitário inadequado. Dessa forma, constataram que quanto maior a abrangência dos serviços de saneamento, especialmente das redes de esgotos, maior a redução na mortalidade.

Já Sales (2018), em seu estudo, analisou e caracterizou a exclusão sanitária das áreas rurais brasileiras. Para isso, investigou as bases de dados oficiais disponíveis para consulta, especialmente referente às informações sanitárias desenvolvendo discussão acerca de sua aplicabilidade. Dessa forma, constatou que as análises estatísticas indicaram que determinados grupos sofreram exclusão sanitária, no entanto, os dados existentes hoje, não são suficientes para caracterizar de forma satisfatória a situação sanitária das localidades rurais brasileiras. Por fim, a autora concluiu que, apesar dos avanços nos níveis de cobertura, o déficit em saneamento no Brasil ainda é expressivo, não garantindo atendimento adequado e igualitário para a grande parcela da população desfavorecida.

Dessa forma é importante ressaltar, que as discussões sobre saneamento, sejam tratadas em uma abordagem que não assuma exclusivamente um caráter técnico, mas que dê a devida importância as pessoas e ao meio ambiente, sendo esses, o objetivo final e principal de suas ações (SOUZA, 2007; RUBINGER, 2008).

## **2.2 Doenças de veiculação hídrica: a diarreia infantil**

A diarreia é uma doença causada por diferentes agentes etiológicos como vírus, bactérias e parasitos intestinais, cujos sintomas característicos são o aumento de evacuações, fezes aquosas acompanhadas de febre, dores abdominais e vômitos, em alguns casos podem ocorrer a presença de sangue e muco (BUSATO et al., 2013; BRASIL, 2016; SABINO, 2016). As doenças diarreicas ocasionam-se de forma direta, associada ao contato entre pessoas e animais, e, de forma indireta, por meio da ingestão de alimentos e água contaminada (BRASIL, 2014).

A doença diarreica é considerada um dos graves problemas de saúde pública no Século XXI, especialmente em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, onde estima-se que 1,2 milhões de crianças no mundo cheguem a óbito, tornando-se dessa forma, uma das principais causas da mortalidade infantil, especialmente em crianças menores de 5 anos de idade (BUHLER et al., 2014; SABINO, 2016).

Dentre os sistemas que fornecem informações em saúde, cinco grandes bases estão estruturadas em níveis municipal, estadual e nacional e apresentam

possibilidades de uso em análises epidemiológicas relacionadas à saúde ambiental, sendo eles: o Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), o Sistema de Informações Hospitalares (SIH), o Sistema de Informações sobre Agravos de Notificação (SINAN), o Sistema de Informações de Atenção Básica (SIAB) e o Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA). As bases de dados do Sistema de Informação em Saúde (SIS) estão disponíveis no sítio do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) (BRASIL, 2011).

Análises acerca das doenças diarreicas e seus determinantes têm sido habituais em muitos trabalhos, tendo em vista o seu significado em termos de saúde pública e possibilidade do desenvolvimento de estratégias comuns de controle para a incidência de diarreia (HELLER, 1997; QUEIROZ, 2006).

Andreazzi et al. (2007) ao realizar uma revisão de literatura de trabalhos publicados entre 1995 a 2004, relacionando saneamento e saúde, constatou que a maioria dos trabalhos (10 dos 17 estudos selecionados) enfocava a diarreia como variável de saúde e a qualidade de água como variável de saneamento.

Seguindo essa linha de pesquisa, Portela et al. (2011) ao realizaram uma revisão bibliográfica a respeito de trabalhos científicos que enfatizam a incidência de diarreia relacionada a ausência de saneamento, detectaram uma relação direta entre a precariedade no saneamento, especialmente na origem da água (76,7%) e a ausência de rede coletora (43,8%), com os altos índices de doenças diarreicas. Os autores destacam a importância de investimentos em educação, saneamento, empregos e melhores salários, a fim de ajudar a prevenir diversas doenças.

Muitos estudos apontam que o tipo de agente etiológico responsável pela transmissão de doenças diarreicas, pode ter relação com inúmeros fatores como a localização geográfica, as estações do ano (período seco e chuvoso), características das residências, ausência de saneamento básico (abastecimento de água e rede de esgoto), qualidade da água e dos alimentos, condições socioeconômicas, bem como condições maternas (escolaridade e idade) e faixa etária da população atingida (TOMASI et al., 1994; CAMPOS et al., 1995; WALDMAN et al., 1997; SCHNACK et al., 2003; VANDERLEI e SILVA, 2004; TEIXEIRA e HELLER, 2005; JOVENTINO et al., 2010; PAZ et al., 2012; BUSATO et al., 2013; BUHLER, 2013).

Busato et al. (2013) ao analisarem a distribuição de doenças diarreicas agudas em alguns municípios da região oeste do estado de Santa Catarina constataram que a predominância de casos acomete principalmente a população

infantil menor de 5 anos de idade, sendo observada uma queda na mortalidade, podendo estar ligada aos avanços de políticas públicas e pela forma de tratamento dos pacientes. No entanto, considera que as doenças diarreicas ainda é um grave problema de saúde pública nessa região e destaca cuidados redobrados, especialmente no período chuvoso, onde as temperaturas são mais altas e os índices de ocorrências são maiores.

Já o estudo realizado por Paz et al. (2012), averiguando a prevalência de diarreia em crianças de 0 a 2 anos de idade, relacionada às condições de moradia e saneamento em áreas periurbanas do município de Guarulhos, em São Paulo, constatou que o risco de ocorrência de doenças diarreicas é 15 vezes maior do que em crianças que vivem em condições adequadas de habitação e saneamento.

Amaral et al. (2003), analisaram a água consumida em 30 localidades rurais na região Nordeste do Estado de São Paulo como fator de risco à saúde, verificando a qualidade higiênico-sanitária por meio da contagem de indicadores microbiológicos de potabilidade. Os resultados demonstram que 90% das amostras coletadas de água da fonte estavam fora dos padrões microbiológicos de potabilidade necessárias para o consumo humano. Dessa forma, consideraram que a água utilizada em propriedades rurais é um fator de risco para as pessoas que a consomem, e promoveram a adoção de medidas preventivas como a preservação de fontes de água, bem como o tratamento das águas já comprometidas.

No Brasil, a diminuição da morbidade e mortalidade por diarreia ocorre a partir da década de 1980 (OLIVEIRA e LATORRE, 2010; SABINO, 2016). Além do mais, a introdução, em 2006, da vacina oral de rotavírus humano; a terapia de reidratação oral, a diminuição da desnutrição infantil e melhora no acesso a serviços de saúde, especialmente na década de 1990, sendo considerado um fator importante para o declínio da mortalidade por diarreia no território nacional (BERN et al., 1993; MELLO e GOTLIEB, 2000; SALVADOR et al. 2011; BUSATO et al., 2013).

Outro fator importante para o controle e redução de doenças diarreicas se refere à educação sanitária, especialmente por meio da lavagem adequada das mãos e manuseio de alimentos (VENTURA e LOPES, 2017). Dessa forma, a higienização das mãos pela população é um hábito que depende da facilidade de acesso à água tratada, muitas vezes defasada em determinados locais periféricos dos centros urbanos e algumas áreas rurais (CAIRNCROSS, 2003).

Joventino et al. (2010) investigaram o comportamento da diarreia infantil antes e após o consumo de água pluvial (correlação com a construção de cisternas), e constataram que a captação de água pluvial em cisternas melhorou os índices da saúde infantil na região estudada.

Sabino (2016), em seu trabalho elaborou uma cartilha educativa no intuito de realizar a promoção da autoeficácia materna na prevenção de diarreia infantil. Dentre algumas versões propostas, analisadas e avaliadas, a versão final da cartilha mostrou resultados satisfatórios, especialmente no que se refere as avaliações realizadas pelas mães, tanto na compreensão, atratividade, autoeficácia, persuasão e aceitação cultural.

Nesse sentido, a promoção e educação da saúde necessita ser desenvolvida por três atores: o poder público, com investimentos em saúde pública igualitária; os profissionais de saúde, valorizando a prática de prevenção de doenças; e a comunidade, aumentando sua autonomia nos cuidados individuais e coletivos, dessa forma diminuindo e controlando as infecções diarreicas e melhorando as condições de vida da população (LOUREIRO, 2009; FALKENBERG et al., 2014; SABINO, 2016).

### **2.3 Utilização de ferramentas SIG aplicadas à saúde**

A utilização de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) vem se tornando, desde a década de 1990, um importante instrumento no campo da saúde pública (SIQUEIRA-JUNIOR, 2008; FERNANDES et al., 2014).

Um SIG é constituído por um conjunto de ferramentas computacionais que permite capturar, editar, armazenar, relacionar, analisar e mapear dados georreferenciados. Dessa forma, possibilita a aplicação de diversas técnicas espaciais para descrever o padrão espacial e temporal de doenças, contribuindo para a identificação da distribuição de enfermidades e áreas de riscos e, ao mesmo tempo, relacionando-as a fatores socioeconômicos e ambientais (BAILEY e GATRELL 1995; HIGGS e GOULD, 2001; SILVA, 2004).

Apesar do mapeamento de doenças possibilitar uma visão espacial de eventos, não é possível confirmar estatisticamente os agrupamentos ou autocorrelações espaciais. Para isso, a estatística espacial é amplamente aplicada para relacionar valores de casos (CRONER et al., 1996; FERNANDES et al., 2014).

Assim, o pensamento estatístico é compreendido pela relação dos dados quantitativos e dos problemas do mundo real, muitas vezes na presença de incertezas e variabilidades, dessa forma, busca compreender o que os dados apresentam sobre um determinado problema de interesse (MALLOWS, 1998; ROGERSON, 2012).

Em meados do Século XIX, o médico inglês John Snow levantou a hipótese de que a epidemia de cólera em Londres ocorria através do consumo de água contaminada (QUEIROZ, 2006). De forma geral, Snow demonstrou que a população que vivia em residências abastecidas pelo rio (utilização de bombas d'água) que recebiam descargas de esgoto a montante, tinham as taxas de cólera seis vezes maior que a população que era abastecida pelo mesmo rio antes dos locais de lançamento de esgotos (ALMEIDA, 2011). Assim sendo, Snow utilizou métodos estatísticos e, posteriormente, confeccionou mapas de densidade de pontos para ilustrar os casos de cólera ao redor da bomba de coleta de água (LONGLEY et al., 2013). O estudo epidemiológico de John Snow foi considerado a primeira contribuição para o entendimento da relação água e saúde, constatando que a água poderia ser veículo de transmissão de doenças (ALMEIDA, 2011).

Nesse intuito, diversos estudos são identificados utilizando-se técnicas estatísticas bem como o uso de ferramentas (SIG) para estabelecer relações de causa e efeito da saúde e doenças (CARVALHO, 1997; CARVALHO e SANTOS, 2005; MELO e MATHIAS, 2010; ROCHA, 2012; FERNANDES et al., 2014; IMADA et al. 2016; CARVALHO et al., 2017; FERREIRA et al., 2017).

As evidências encontradas por Carvalho e Santos (2005) mostram que a literatura vem utilizando cada vez mais as ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para representar a localização espacial dos eventos referentes à saúde pública. No entanto, os métodos e *softwares* utilizados ainda apresentam limitações devido à dificuldade de uso e desconhecimento dos pesquisadores e profissionais da área.

Melo e Mathias (2010) realizaram um estudo de distribuição e autocorrelação espacial de indicadores da saúde da mulher e da criança no Estado do Paraná. Para isso, foram selecionadas variáveis do Sistema de Informação de Nascidos Vivos agrupadas em indicadores socioeconômicos como: mãe adolescente, baixa escolaridade e alta paridade; assistenciais: cobertura de pré-natal, prematuridade e parto cesáreo; resultante: baixo peso ao nascer. O teste utilizado (índice de Moran)

demonstrou que houve autocorrelação espacial significativa de mães adolescentes, baixa escolaridade e alta paridade e os indicadores.

Rocha (2012), em seu trabalho, averiguou a associação espacial entre mortalidade infantil e precipitação pluviométrica no Estado de Pernambuco. As análises espaciais foram realizadas em 184 municípios de Pernambuco através do teste de índice de Moran, estimador bayesiano empírico local, autocorrelação local e autocorrelação local bivariada. Os resultados demonstraram associação espacial estatisticamente significativa entre mortalidade infantil, mortalidade infantil pós-neonatal e mortalidade infantil por diarreia e precipitação; especialmente na região semiárida, onde a mortalidade está associada às baixas precipitações, e, na região não semiárida, na qual a mortalidade está associada ao excesso de precipitação. Por fim, a autora ressalta a relevância da utilização de técnicas de análise exploratória espacial para a visualização das heterogeneidades intermunicipais e identificação de associação espacial entre mortalidade infantil e precipitação.

Já Fernandes et al. (2014), investigaram o risco de transmissão de dengue, de 2009 a 2011, por meio do modelo tempo-espacial, nos municípios pantaneiros Mato-Grossense. Os autores utilizaram o índice de Moran Global e Local para avaliar a autocorrelação espacial considerando três medidas de risco tempo-espacial (frequência, duração e intensidade). O índice de Moran Global demonstrou baixa correlação, já o índice de Moran Local apresentou aglomerados em alguns municípios (de acordo com a medida utilizada). A utilização dessas medidas possibilitou a identificação e hierarquização dos municípios do Mato Grosso em relação aos riscos para a ocorrência de dengue.

Já o estudo de Imada et al. (2016) analisou fatores socioeconômicos, higiênicos e de saneamento na redução de prevalência por diarreia no município de Jordão, localizado no Estado do Acre, entre 2005 a 2012. Para verificar a relação entre procedência de água, tipo de construção do domicílio, introdução do leite de vaca na dieta, local de nascimento e prevalência de diarreia foi aplicado o teste Qui-quadrado de Pearson e a Regressão de Poisson. O modelo de regressão multivariada identificou associação estatisticamente significativa entre a utilização de água da rede pública, construção de moradia, introdução tardia de leite de vaca e acesso a serviços de saúde com as ocorrências de diarreia. Por fim, os autores constataram que houve uma queda de aproximadamente 10% na prevalência de diarreia devido as melhoras nas condições de saneamento, implantação do

Programa de Saúde da Família e tratamento de água para os domicílios localizados na sede municipal.

Ferreira et al. (2017), caracterizaram a dinâmica temporal do mosquito *Aedes aegypti* e ocorrências de dengue, relacionando variáveis meteorológicas (precipitações, temperatura e umidade) com a infestação de mosquitos no município de Porto Alegre capital do Estado do Rio Grande do Sul. Para isso, utilizaram a regressão logística para relacionar o efeito da infestação do mosquito com a probabilidade de ocorrência de dengue, além do auxílio do sistema MI-Dengue que utiliza armadilhas de captura para monitorar os índices de infestação semanal, bem como modelos aditivos generalizados (GAM) para as variáveis meteorológicas. Os resultados apresentaram uma evidência sazonal, com baixos índices de infestação durante o inverno. As temperaturas mínimas semanais acima de 18° C foram fortemente associadas ao aumento abundante do mosquito, enquanto a umidade acima de 75% teve efeito negativo na propagação do mosquito. Assim, os autores sugerem que o monitoramento constante é importante como estratégia útil de controle de dengue em cidades brasileiras subtropicais.

Neste contexto, Silva (2004) afirma que a utilização de ferramentas SIG pode auxiliar os epidemiologistas ao adicionar imagens descritivas às análises de dados tradicionais, permitindo a avaliação de aglomerados de eventos ao ser combinado com métodos estatísticos (SILVA, 2004). Portanto, as análises estatísticas bem como a utilização de ferramentas (SIG) são fundamentais em estudos e pesquisas científicas voltadas para área da saúde, e se mostram eficientes para a interpretação e a análise dos dados. Além de serem importantes ferramentas que podem auxiliar o poder público nas tomadas de decisões, especialmente no que se refere ao tratamento e distribuição de água potável para as populações e controle de doenças (DUNN et al., 2001).

#### **2.4 Atividades de mineração, qualidade das águas e saúde**

As múltiplas relações da mineração com as bacias hidrográficas, especialmente em áreas urbanas e protegidas, tornam a gestão ambiental cada vez mais complexa (CIMINELLI, 2010; TUNDISI, 2014). No que se refere à relação água e indústria mineral, a primeira é insumo principal para a segunda, seja no tratamento de minérios ou na produção de resíduos que impactam águas superficiais e

subterrâneas, além de extensas áreas na superfície terrestre (ANA, 2006; TUNDISI, 2014).

No Brasil existem por volta de 1.400 empresas de mineração que extraem principalmente metais (ferro, manganês, ouro, amianto, cobre e zinco). As águas das rochas mineralizadas possuem elevada concentração de metais pesados, sendo utilizados especialmente no processo de depuração, dessa forma podendo ocasionar contaminação em áreas de variados níveis de vulnerabilidade, potencializada pelas ações humanas (ROCHA et al. 2016).

Nesse sentido, as atividades de mineração no Brasil estão concentradas em regiões de elevada demanda hídrica, como na região Sudeste, onde especificamente no estado de Minas Gerais, o chamado “quadrilátero ferrífero” abrange parte da região mais populosa do estado. A indústria mineral tem um papel econômico fundamental no estado mineiro, representando 55% do seu produto interno bruto (TUNDISI, 2014).

Dentre as atividades econômicas existentes, as atividades de mineração são importantes no crescimento e desenvolvimento econômico do Brasil (IBRAM, 2007; FREITAS, 2012). No entanto é importante ressaltar, que uma boa operação mineral necessita, principalmente, de um manejo adequado da água, assim sendo, é necessário elaborar um planejamento eficiente em todas as etapas de mineração, desde a fase de pesquisa até o seu pós-fechamento (ANA, 2006).

Os impactos causados pela mineração, segundo Farias (2002), estão inseridos em quatro categorias: poluição da água, poluição sonora, poluição do ar e subsidência do terreno. Dessa forma, as atividades de mineração muitas vezes podem provocar uma série de problemas socioambientais de grandes proporções impactando diretamente na vida das pessoas (FARIAS, 2002).

Diante disso, alguns estudos apontam a relação entre as atividades de mineração, ocorrência de doenças e saúde da população (VICTORETTI et al., 1975; NERY e ALVES, 2011; SOUSA e QUEMELO, 2015; AMORIM et al., 2016; ROCHA et al., 2016).

Sousa e Quemelo (2015), retrataram a presença de riscos na mineração e seus efeitos sobre a saúde dos mineiros, o que conduz a necessidade de intervir sobre tais condições na perspectiva da prevenção de agravos e promoção de saúde.

Nery e Alves (2011), objetivaram compreender o processo do trabalho na mineração relacionando com a saúde-doença do trabalhador, na perspectiva da vigilância da saúde. Para isso, realizaram uma abordagem qualitativa de investigação com trabalhadores aposentados e demitidos de uma empresa de mineração localizada em Brumado, no Estado da Bahia, através da história oral, com recorte temporal de 1950 a 2008. Dessa forma, concluíram que os desgastes ocasionados pelo trabalho em mineração podem ocasionar o desenvolvimento de certas doenças ocupacionais, portanto são necessárias mudanças no processo de trabalho no intuito de melhorar as condições de saúde do trabalhador da mineração.

Já Amorim et al. (2016), verificaram o modo como os impactos ambientais causados pela construção de uma pedreira de agregados afetam a vida e saúde das comunidades rurais de Sagui 1 e 2, localizado no município de Vitória da Conquista, no Estado da Bahia. A pesquisa foi conduzida com a realização de entrevistas com os moradores, a partir das quais foram traçados os aspectos da exploração que mais corroboram para a diminuição da qualidade de vida como a emissão de particulados, vibrações e ultra lançamentos decorrentes dos períodos de detonação. Como resultado, notaram certo descaso perante as comunidades. Assim sendo, os autores sugerem uma consciência socioambiental, bem como medidas para atenuar os incômodos gerados pelas atividades de mineração a fim de estabelecer um convívio equilibrado com as comunidades locais.

Rocha et al. (2016) mensuraram os impactos na saúde da população ribeirinha da cidade de Colatina, no Espírito Santo provocados pelo desprendimento de rejeitos de mineração no rio Doce, provenientes do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana, Minas Gerais. Para isso, realizaram trabalho em campo de caráter longitudinal, quantitativo e não probabilístico. Portanto, esse estudo demonstrou aumento na incidência de sinais e sintomas prodrômicos de patologias como febre, diarreia e afecções de pele, estando associadas com efeitos adversos no âmbito biológico, psicológico, social e econômico decorrentes do rompimento da barragem. Por fim, os autores consideraram a necessidade de redefinir temáticas de educação em saúde pelas instituições governamentais para o manejo de qualidade da água.

É importante ressaltar que a sociedade moderna depende diretamente de produtos oriundos da mineração (eletrodomésticos, computadores, materiais de construção), ao mesmo tempo que essa sociedade exige sempre quantidades

crescentes de metais e recursos energéticos, e que essa demanda é atendida pelas indústrias extrativas (KOSSOFF et al., 2014). No entanto, essas atividades minerárias produzem volumes enormes de resíduos, como os rejeitos de mineração, que são muitas vezes armazenados em represas de barragens, que podem "falhar", assim ocasionando impactos ao meio ambiente, a economia e, especialmente, a saúde e a vida humana (KOSSOFF et al., 2014; FERNANDES et al., 2016; CARMO et al., 2017).

Para isso, a criação de capacidade institucional para uma melhor performance ambiental através de fortes regimes regulatórios de fiscalização, de avaliações de impacto ambiental integrado e monitoramento preventivo é uma prioridade imediata e urgente. Ao fazê-lo, os impactos catastróficos e irreversíveis resultantes de tragédias como a que ocorreu em Minas Gerais poderiam ser evitadas ou minimizadas, assim garantindo a conservação ecológica, o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano para as gerações presentes e futuras (FERNANDES et al., 2016).

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1 Localização, aspectos fisiográficos e socioambientais**

A bacia do rio Doce está localizada na região Sudeste brasileira abrangendo 225 municípios, dos quais 200 situados estão no estado de Minas Gerais e 25 no Espírito Santo, onde os territórios municipais estão totalmente ou parcialmente inseridos na bacia (ANA, 2016).

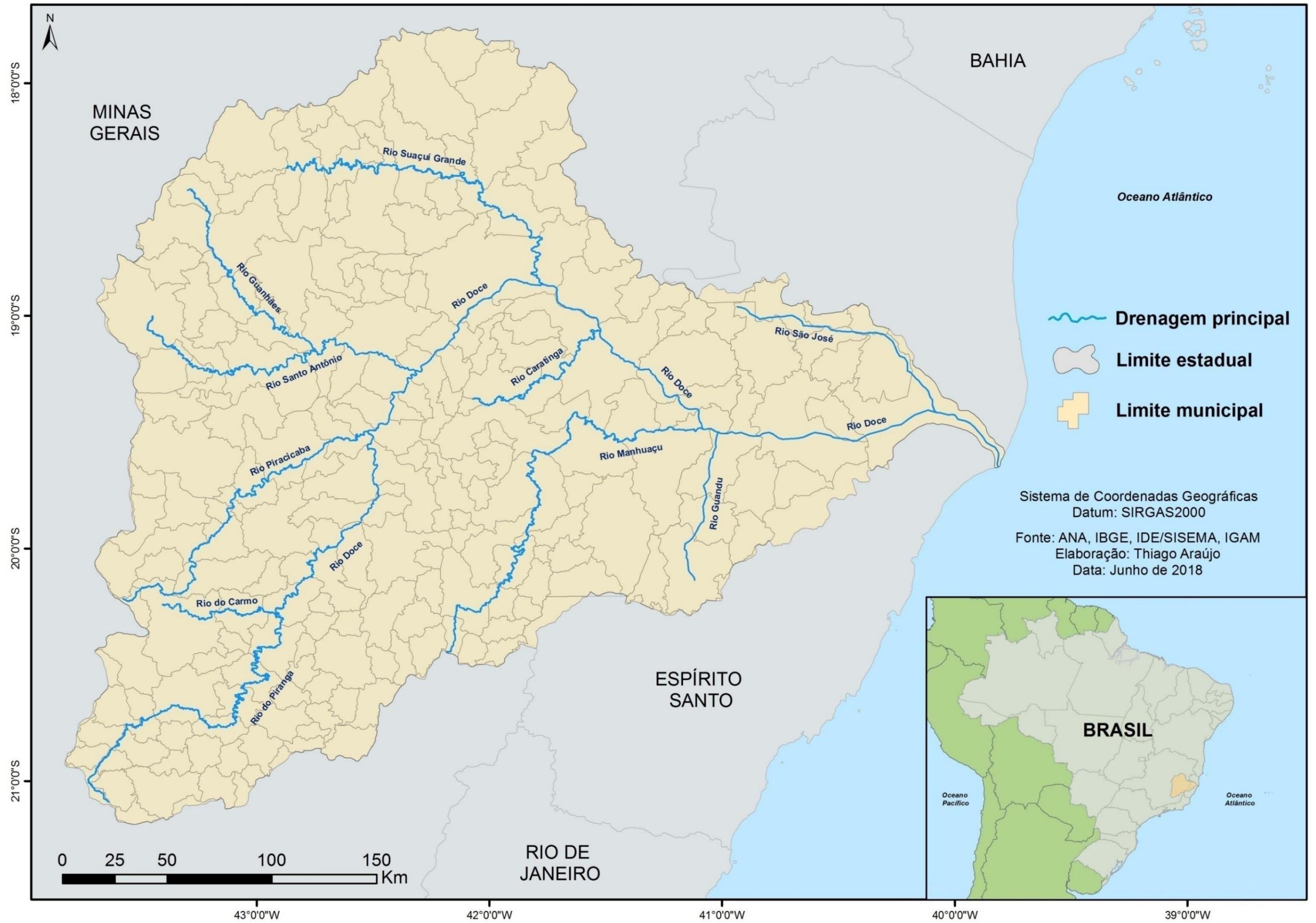
A área de drenagem (Figura 1) é de aproximadamente 86 mil km<sup>2</sup>, dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante ao Espírito Santo. O rio Doce recebe esse nome a partir da confluência dos rios Piranga e Carmo, entre os municípios de Ponte Nova e Rio Doce em Minas Gerais. As nascentes do rio Doce estão todas situadas no Estado de Minas Gerais, nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, nas quais suas águas percorrem 850 km, até atingir o oceano Atlântico no Espírito Santo (ANA, 2013).

O relevo da bacia é muito acidentado, principalmente por estar localizada em uma porção do território nacional caracterizada como “mar de morros”, condicionando a produção do espaço urbano na bacia, que se concentrou junto ao talvegue dos cursos de água, em áreas suscetíveis a inundações (ANA, 2016).

Na bacia do rio Doce são identificados três tipos de clima, sendo eles: o tropical de altitude com chuvas de verão e temperaturas mais amenas, presentes nas vertentes das serras do Espinhaço, Mantiqueira e nas nascentes do rio Doce. Tropical de altitude com chuvas de verão e temperaturas mais quentes, e clima quente nos trechos do médio e baixo do rio Doce (ANA, 2013).

A sazonalidade da bacia do rio Doce é caracterizada por dois períodos, sendo eles chuvoso e seco. O período seco se estende de abril a setembro, com precipitações que variam entre 150 a 250 mm e os meses de junho a agosto caracterizam-se pelas estiagens mais abruptas. O período chuvoso vai de outubro a março, com precipitações que variam de 800 a 1300 mm e o mês de dezembro é caracterizado pelos maiores índices de precipitação (ANA, 2013, 2016).

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Doce



Dentre as principais atividades econômicas, destacam-se a agropecuária (silvicultura, lavouras tradicionais, cultura de café, cana-de-açúcar, criação de gado leiteiro e de corte e na suinocultura.); a agroindústria (sucroalcooleira); a mineração (ferro, ouro, bauxita, manganês, pedras preciosas e outros); a indústria (celulose, siderurgia e laticínios); o comércio e serviços de apoio aos complexos industriais; e a geração de energia elétrica (10 usinas hidrelétricas (UHEs), sendo quatro delas localizadas no rio Doce e seis em seus afluentes, 29 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) em operação) (ANA, 2016).

A bacia do rio Doce possuiu rica biodiversidade, onde a Mata Atlântica é o bioma predominante, ocupando 98% de sua área. Os 2% restantes são de características do Cerrado, localizados na porção oeste da bacia (ANA, 2015; IBAMA, 2015; IGAM, 2010).

Como consequência do desmatamento na região e o manejo inadequado do solo, tanto na agropecuária (uso abusivo de agrotóxicos nas lavouras), na monocultura do eucalipto, nos despejos advindos da mineração e de resíduos industriais e domésticos criam condições favoráveis à formação de intensos processos erosivos, onde tendem a assorear e contaminar os cursos d'água, bem como impactar a vegetação nativa, resultando em graves prejuízos a toda região (ANA, 2013; IBAMA, 2015).

A Figura 2 mostra as Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs) da bacia do rio Doce que tem por objetivo auxiliar as diretrizes e planejamentos delineadas pelo Plano Integrado de Recursos Hídricos (PIRH) (ANA, 2013; IGAM, 2010). Portanto, vale ressaltar que alguns municípios estão inseridos em mais de uma sub-bacia do rio Doce.

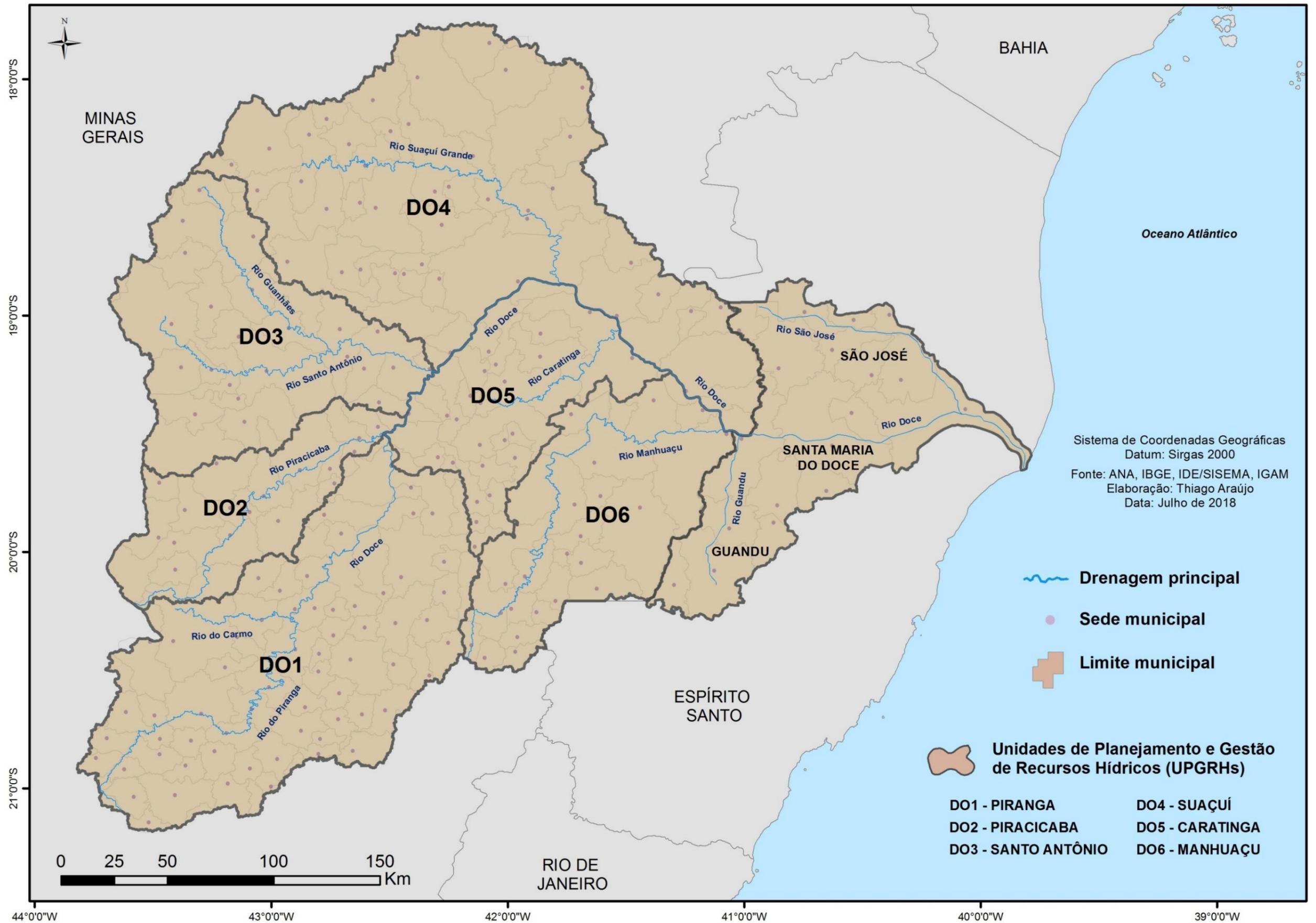
O estado de Minas Gerais possui seis Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) sendo eles:

- CBH do rio Piranga (DO1);
- CBH do rio Piracicaba (DO2);
- CBH do rio Santo Antônio (DO3);
- CBH do rio Suaçuí (DO4);
- CBH do rio Caratinga (DO5);
- CBH do rio Manhuaçu (DO6).

A porção da bacia situada no Estado do Espírito Santo não possui subdivisões administrativas, no entanto, contém três Comitês, sendo eles:

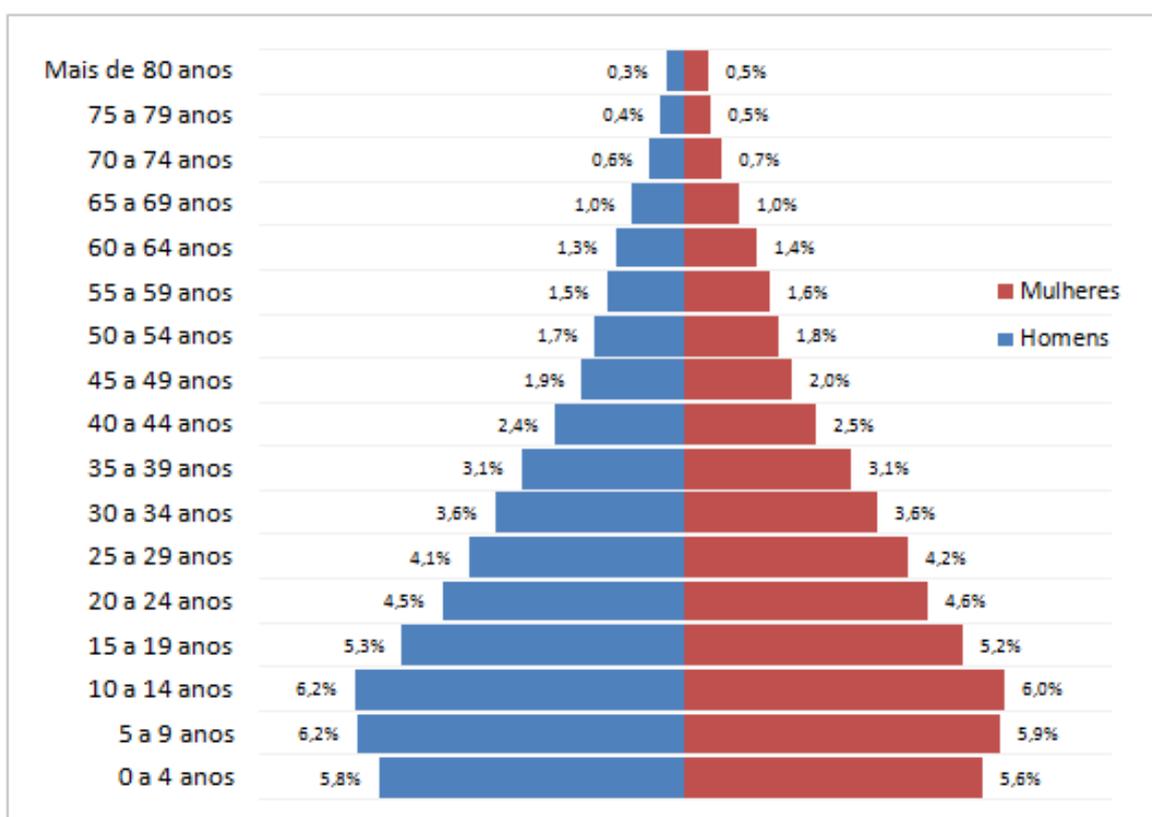
- CBH do rio Guandu;
- CBH do rio Santa Maria do Doce;
- CBH do rio São José.

Figura 2: Comitê de Bacia Hidrográfica e Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos na bacia do rio Doce



Em geral, o perfil populacional da bacia do rio Doce, no decorrer dos últimos censos demográficos (Gráficos 1 a 3), possui as mesmas tendências da população brasileira, bem como da população dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Dentre essas tendências nota-se o envelhecimento populacional, com o aumento da proporção da população idosa e da expectativa de vida; queda da fecundidade; bônus demográfico, na qual a maior parte da população está em idade ativa ao mesmo tempo que a dependência demográfica tende a diminuir; e predomínio da população feminina, especialmente nas faixas etárias acima dos 40 anos de idade.

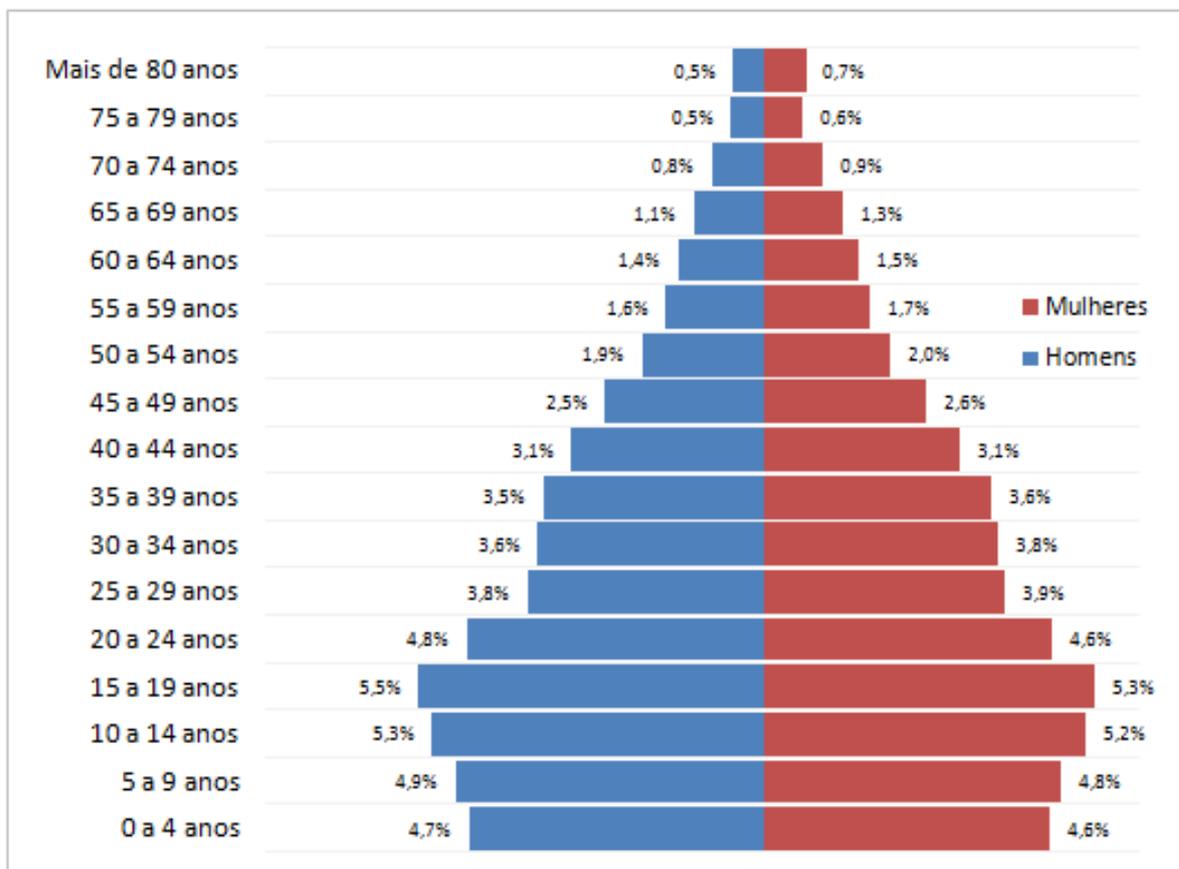
**Gráfico 1: Distribuição populacional por sexo, segundo faixa etária na bacia do rio Doce em 1991**



**Fonte:** Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013.

Em 1991 (Gráfico 1), a estrutura etária da bacia do rio Doce é de forma piramidal, com a base larga e afunilamento para o topo. Dentre os grupos etários, a população de 5 a 14 anos é predominante, no entanto, nesse ano, o perfil populacional já apontava queda nas taxas de fecundidade e em longo prazo inversão na estrutura da pirâmide etária.

**Gráfico 2: Distribuição populacional por sexo, segundo faixa etária na bacia do rio Doce em 2000**

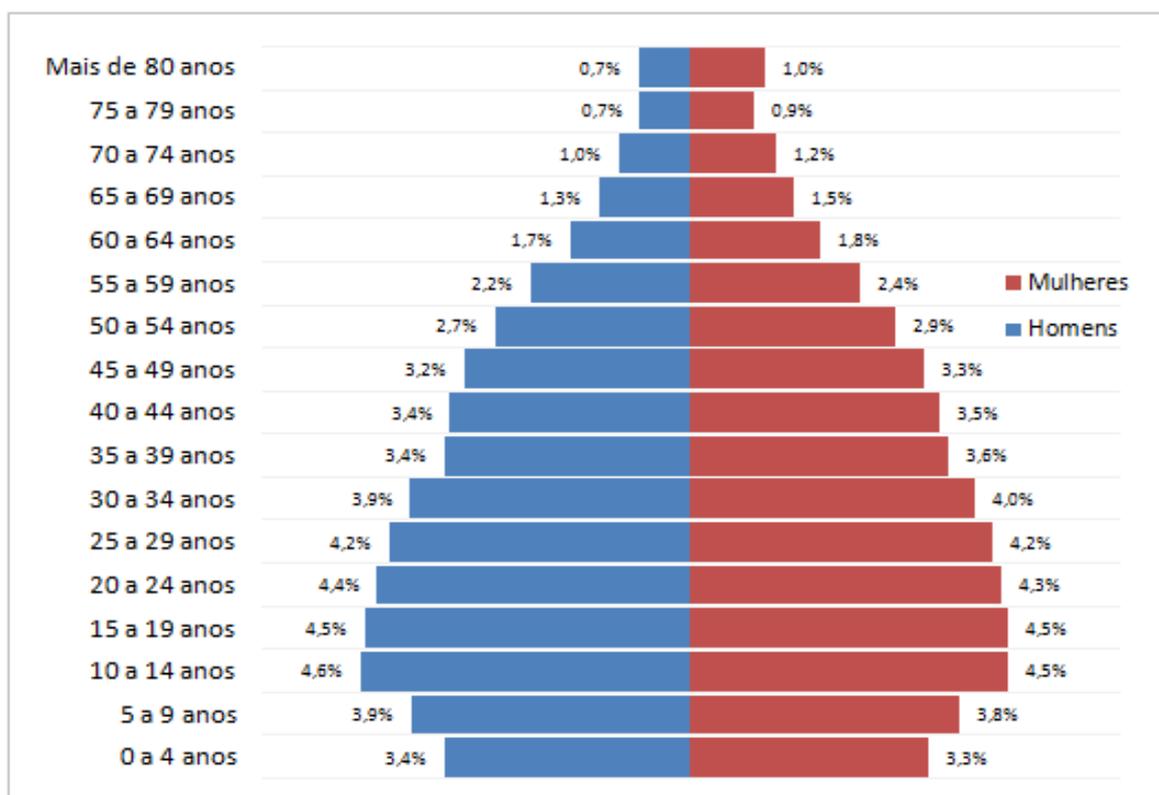


**Fonte:** Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013.

Já no 2000 (Gráfico 2), a mudança na estrutura etária ocorre principalmente na diminuição da base bem como na queda de fecundidade. Nota-se ainda um alargamento na parte que compreende as faixas etárias de jovens e adultos.

Em 2010 (Gráfico 3), a estrutura etária da população da bacia do rio Doce continua seguindo as tendências previamente mencionadas como a diminuição da sua base e aumento significativo da população idosa.

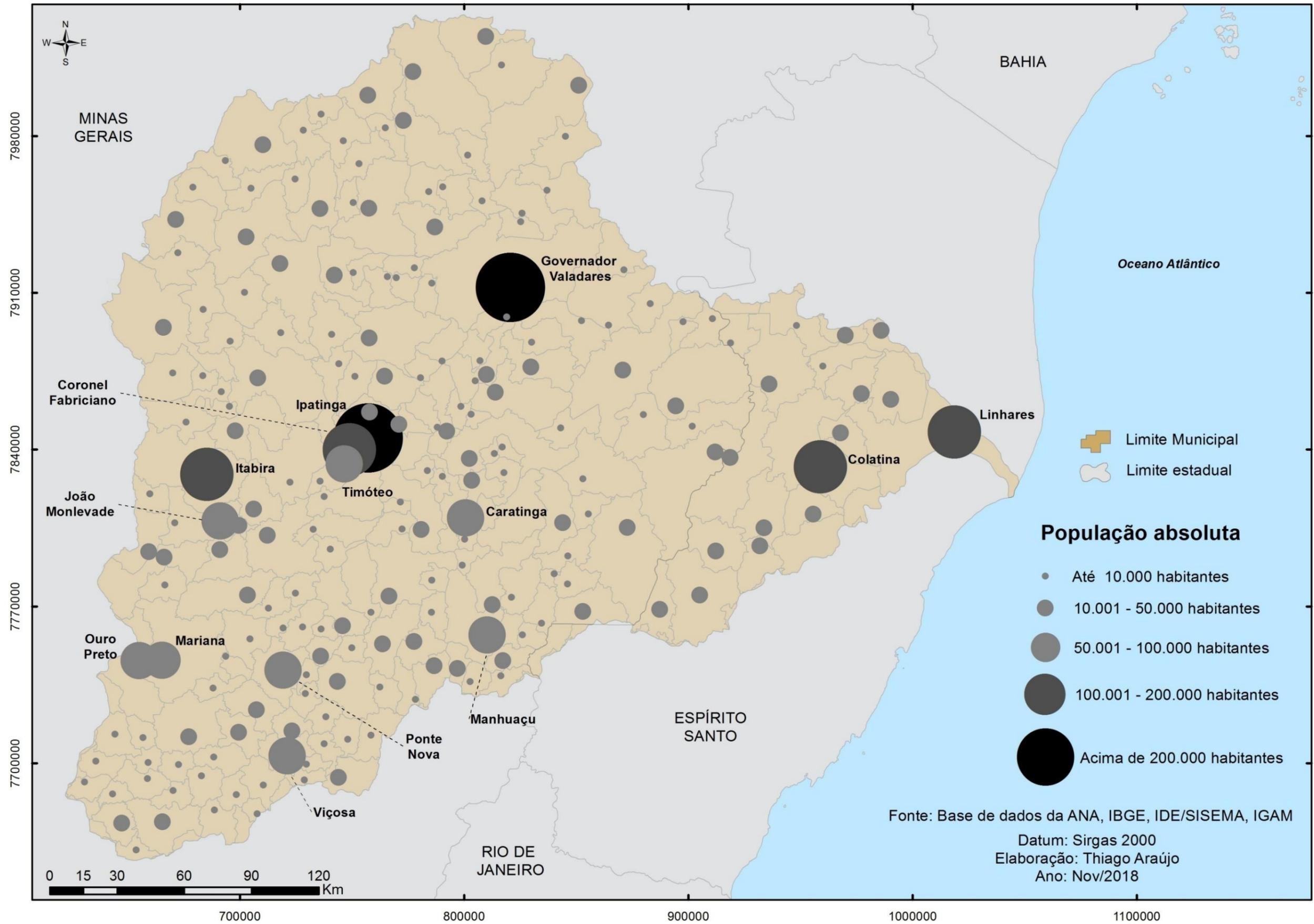
**Gráfico 3: Distribuição populacional por sexo, segundo faixa etária na bacia do rio Doce em 2010**



Fonte: IBGE, 2011.

A Figura 3 representa a população absoluta no ano de 2017 dos municípios pertencentes à bacia do rio Doce.

Figura 3: Distribuição populacional absoluta dos municípios da bacia do rio Doce



Em 2019, estima-se que a população da bacia do rio Doce será superior a 3,6 milhões de habitantes, onde se destaca o Vale do Aço no Estado de Minas Gerais com maior adensamento populacional. Nota-se ainda, a existência de um fluxo migratório que se direciona, sobretudo, para as maiores cidades, como Ipatinga e Governador Valadares (IBAMA, 2015; ANA, 2016). Em decorrência, há uma tendência de diminuição populacional nos municípios com população de até 20.000 habitantes, que representam mais de 85% dos municípios da bacia do rio Doce (COELHO, 2009; ANA, 2013).

A população urbana representa mais de 70% da população total. Entretanto, os mesmos dados mostram que mais de 100 municípios (45%), possuem população rural maior que a urbana, evidenciando que a população rural ainda é significativa, absorvidas pela exploração agropecuária. No Médio Doce, essas atividades constituem o principal gerador de renda, emprego e ocupação de mão-de-obra em municípios de menor porte, principalmente onde a população rural predomina (COELHO, 2009; REIS et al., 2010; ANA, 2013).

### **3.2 O rompimento da Barragem de Fundão, Mariana - MG**

No dia 05 de novembro de 2015, no município de Mariana/MG, ocorreu o rompimento da Barragem de Fundão, localizada no complexo minerário de Germano pertencente à Samarco Mineração S/A.

**Figura 4: Barragem de Fundão após o rompimento**

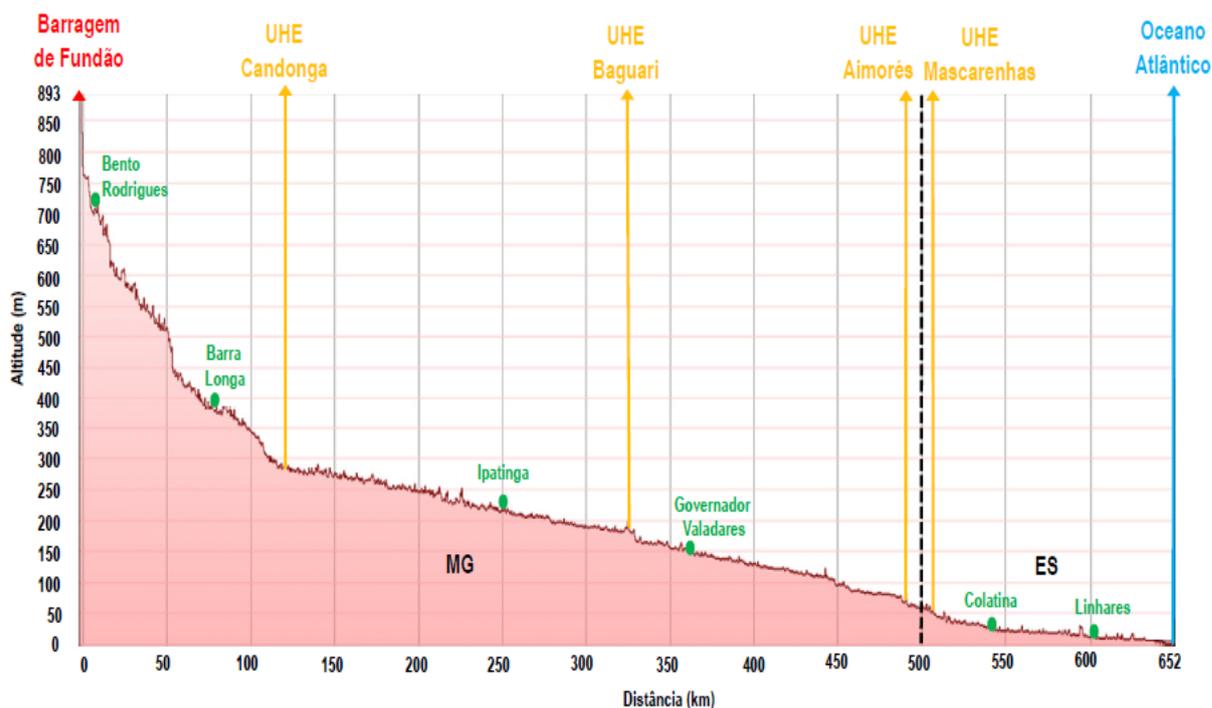


**Foto:** IBAMA, 2015.

A Barragem de Fundão, na ocasião do rompimento, continha aproximadamente 50 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos de mineração, após o rompimento liberou um volume estimado em 34 milhões de m<sup>3</sup> e o restante permaneceu acumulado nas proximidades da localização da barragem causando inúmeros impactos ambientais e socioeconômicos no decorrer da bacia do rio Doce (IBAMA, 2015; CARMO et al., 2017).

Os rejeitos da barragem atingiram cerca de 650 km de corpo d'água (Figura 5) nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, além de impactar diretamente o estuário do rio Doce e sua região costeira (ANA, 2016).

**Figura 5: Perfil longitudinal do trecho fluvial afetado pelo rompimento da Barragem de Fundão**



Fonte: ANA, 2016.

Ao longo do trecho atingido foram constatados danos sociais, ambientais e econômicos, tais como: a morte e desaparecimento de pessoas, o isolamento de áreas habitadas, desalojamento de comunidades devido à destruição de moradias e estruturas urbanas, fragmentação de habitats, destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa, mortandade de animais silvestres, impactos em áreas rurais e ao turismo com interrupção de receita econômica, restrições à pesca, dificuldade de geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas (Candonga,

Baguari, Aimorés e Mascarenhas), alteração na qualidade e quantidade de água, bem como a restrição e a suspensão de seus usos pelas populações, além da forte sensação de perigo e desamparo da população em diversos níveis (IBAMA, 2015; ANA, 2016; FERNANDES et al., 2016; CARMO et al., 2017).

Na Figura 6, nota-se o impacto causado pelo rompimento da barragem no rio Doce. A figura mostra uma parte do rio Doce na cidade de Governador Valadares - MG em duas imagens de satélite, do dia 24 de agosto de 2015 antes do rompimento, e no dia 12 de dezembro de 2015, quase um mês após o rompimento da barragem, extraídas pelo satélite LANDSAT-8.

**Figura 6: Trajeto do rio Doce em Governador Valadares - MG antes e pós rompimento**



**Fonte:** USGS (2017).

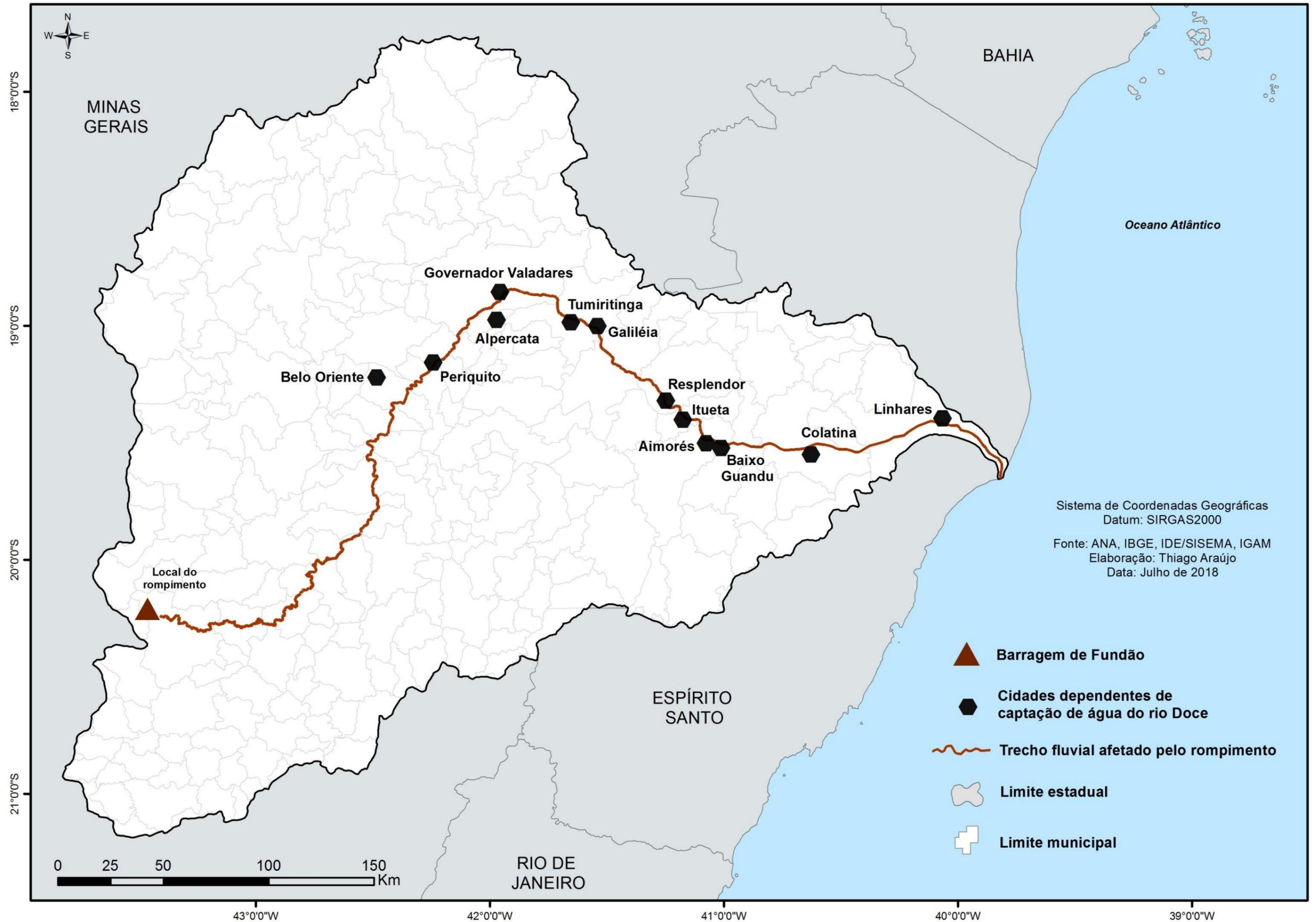
A Tabela 1 apresenta os impactos do rejeito sobre os sistemas de abastecimento de águas dos municípios dependentes de captação de água do rio Doce bem como as medidas adotadas para sanar tais problemas (ANA, 2016).

**Tabela 1: Suspensões no abastecimento de água e medidas adotadas nos municípios dependentes do rio Doce**

Onda de rejeito	Sede Municipal	Efeitos no abastecimento de água durante o evento
08/11/2015	Belo Oriente	Utilização de caminhões-pipa com captação no rio Santo Antônio para abastecimento do distrito de Perpétuo Socorro.
	Periquito	Paralisação no distrito de Pedra Corrida.
	Alpercata	Paralisação em 08/11 e retomada em 01/12.
09/11/2015	Governador Valadares	Paralisação na área urbana e distrito de São Vítor em 09/11. Abastecimento oficialmente normalizado em 01/12.
10/11/2015	Tumiritinga	Utilização de poços profundos a partir de 09/11.
11/11/2015	Galiléia	Utilização de caminhões-pipa que trazem água de Conselheiro Pena a partir de 09/11.
12/11/2015	Resplendor	Paralisação na área urbana em 12/11 (captação suspensa por determinação judicial). Distribuição de água do Córrego Barroso por caminhões-pipa.
	Itueta	Captação de água por caminhões-pipa no rio Manhauçu a partir de 09/11.
16/11/2015	Aimorés	Captação suspensa no distrito de Santo Antônio do Rio Doce.
	Baixo Guandu	Captação de água bruta alterada para o rio Guandu em 09/11.
	Colatina	Paralisação em 17/11 com retomada parcial e normalização em 01/12.
22/11/2015	Linhares	Manutenção da paralisação da captação no distrito de Regência, iniciada devido à estiagem e aumento de salinidade. Distribuição de água por poços e caminhões-pipa.

**Fonte:** Adaptado de ANA, 2016.

Figura 7: Trecho fluvial afetado pelo rompimento da barragem de Fundão e municípios abastecidos pelo rio Doce



Como retratado anteriormente, são imensuráveis os impactos sociais e ambientais causados pelo rompimento da barragem. Para BARCELOS et al. (2014), os impactos ocasionados em áreas urbanas diferem dos efeitos da “onda de lama” em localidades rurais, onde a cidade, como um organismo único e coletivo, sente os impactos socioambientais conjuntamente. O aumento nos índices de doenças, da violência urbana e da depressão dos habitantes, sobretudo por se sentirem inseguros diante dessa tragédia (BARCELOS et al., 2014).

Já as consequências geradas, especialmente em comunidades tradicionais e ribeirinhas vão além da racionalidade predominantemente presente na bacia do rio Doce. Como na Terra Indígena dos Krenak, localizado no estado mineiro, onde o rio Doce, chamado por eles de "Watu", é considerado sagrado e que emana a ancestralidade, estando presente em todas as suas atividades diárias como: na pesca, lazer, culinária e rituais de batismo, e agora, impossibilitando de ser realizados (BARCELOS et al., 2014).

FELIPPE et al. (2016) destaca o papel desempenhado pela mídia, que deve agir ativamente e de forma imparcial, perante esse crime ambiental ocorrido e que vem afetando a vida de milhares de pessoas; a impunidade diante dos culpados pelo desastre, principalmente a mineradora Samarco/Vale/BHP Billiton e aos órgãos de fiscalização e controle ambiental; sobre a ausência de assistência a população urbana e rural; sobre a esperança da população a respeito do futuro do rio Doce e, por fim, sobre o papel da academia, que é fundamental, especialmente na realização de estudos e pesquisas direcionadas as preocupações da população local, bem como na saúde ambiental dos rios afetados.

Por fim, diante desse cenário catastrófico ocorrido em Mariana e que decorreu por toda a bacia do rio Doce, é inquestionável a necessidade de mudanças urgentes, por parte de órgãos competentes, a fim de impedir novos crimes ambientais dessa magnitude (COSTA et al., 2016; LOPES, 2016).

#### 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse estudo foi realizado em 225 municípios pertencentes a bacia do rio Doce localizada nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo e, a população referência consiste em crianças de 0 a 4 anos de idade.

A coleta dos dados foi realizada junto ao Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), que teve como série histórica o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2017, de doenças diarreicas e gastroenterite de origem infecciosa presumível notificadas pelo município (DATASUS/MS, 2008). Além da coleta de dados da população referência desse estudo, foram coletados também os dados de todas as faixas etárias, sendo que foram formados três grupos etários (0 a 4 anos, 5 a 9 anos e acima de 10 anos) para fins de comparação entre as diferentes faixas etárias.

Conforme levantamento realizado por Andreazzi et al. (2007), a incidência de diarreias em crianças de 1 a 4 anos foi a variável de saúde predominante para análise de sua relação com os aspectos do saneamento.

Os dados populacionais da bacia do rio Doce foram extraídos do *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011). Dessa forma, para efetivar as análises de doenças diarreicas na população, por grupos etários, foi realizada uma estimativa populacional para os anos intercensitários entre 2010 a 2017, tendo como referência as informações do último censo demográfico ocorrido no ano de 2010.

Para a análise das incidências de doenças diarreicas por grupos etários foi realizado um Teste de Kruskal-Wallis, por meio do *software* R (R Core Team, 2018), pois os dados não apresentam distribuição normal.

Com base nos dados obtidos por interações de doenças diarreicas em crianças de 0 a 4 anos de idade foi aplicado o estimador de densidade de *kernel* através do *software* ArcMAP do pacote ArcGIS 10.1. Tal metodologia também foi adotada em trabalhos aplicados na área da saúde por (CARNEIRO e SANTOS, 2001; SILVA, 2004; CARVALHO e SANTOS, 2005; CARVALHO et al., 2017).

A técnica de densidade de *kernel* permite estimar a intensidade de ocorrências de interações nos municípios da bacia do rio Doce, além de possibilitar a variabilidade do conjunto de dados, ao mesmo tempo que retém as principais

características locais, fornecendo ainda uma visão geral da distribuição de primeira ordem dos eventos (CARVALHO e CÂMARA, 2004; TASSINARI et al., 2004).

Por meio da referida técnica, foi elaborado um cartograma representando o número total de casos no decorrer dos oito anos de análise. O cartograma foi classificado com níveis de densidade variando de acordo com a cor e a tonalidade.

Para a análise exploratória de autocorrelação espacial, foi utilizado como ferramenta estatística os índices de *Moran* Global (I) e Local (LISA), através do *software* ArcGIS 10.1. (MELO e MATHIAS, 2010; ROCHA, 2012; FERNANDES, 2014; MARCONATO et al., 2016).

A autocorrelação espacial mede a relação entre observações com proximidade espacial, considerando que observações próximas espacialmente possuam valores semelhantes, portanto, os indicadores globais de autocorrelação espacial fornecem uma única medida para o conjunto de todos os municípios e assim caracterizando a área de estudo (MELO e MATHIAS, 2010).

Os padrões de distribuição dos indicadores foram analisados por meio do Índice de Moran Local, dessa forma, foram elaborados quatro cartogramas contendo informações anuais sobre as taxas de internações por doenças diarreicas em crianças de 0 a 4 anos de idade nos municípios da bacia do rio Doce. Esse método, além de permitir construir clusters estatisticamente significantes, também identifica regimes de associação espacial em nível local dentro da área de estudo (ANSELIN, 2005b).

O método utilizado para a confecção dos mapas foi o de distância euclidiana e relação espacial na distância inversa, dessa forma permitindo medir a autocorrelação espacial com base em locais de recursos e valores de atributos apresentando como estão correlacionados na bacia (ANSELIN, 1995a).

Os *shapefiles* utilizados para a elaboração dos cartogramas presentes nesse estudo foram extraídos no ano de 2017 e obtidos nas bases cartográficas da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA, 2017) e no Instituto Mineiro de Gestão das Água (IGAM, 2017).

Para a representação da distribuição sazonal das doenças diarreicas, considerou as taxas de internações mensais por diarreia e período chuvoso de outubro a março e o período seco de abril a setembro (BUSATO et al., 2013;

ROCHA, 2012), de forma a ilustrar variações temporais nas taxas de incidência. Essa possível influência sazonal foi avaliada por meio do teste de Mann-Whitney no *software* R (R Core Team, 2018), pois os dados não apresentam distribuição normal.

O levantamento de dados para analisar a situação de infraestrutura de saneamento (abastecimento de água e tratamento de esgoto) foi extraído do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS). Vale lembrar que esse sistema fornece indicadores calculados com base nos dados fornecidos pelos prestadores de serviços de saneamento (SNIS, 2017).

As variáveis utilizadas do SNIS foram:

- IN023-AE - índice de atendimento urbano de água (percentual);
- IN024-AE - índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual);
- IN046-AE - índice de esgoto tratado referido à água consumida (percentual);
- IN055-AE - índice de atendimento total de água (percentual);
- IN056-AE - índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual).

Assim sendo, foi realizado um teste de Correlação de *Spearman*, através do *software* R (R Core Team, 2018) para relacionar as variáveis do SNIS citadas anteriormente com a incidência de doenças diarreicas na população da bacia do rio Doce.

Para a análise da possível influência do rompimento da barragem de fundão sobre as taxas de incidência de doenças diarreicas dos municípios dependentes de captação de água do rio Doce, foi aplicado o teste de Mann-Whitney, por meio do *software* R (R Core Team, 2018), pois os dados não apresentam distribuição normal. Deste modo, foi realizada a análise entre o período de dois anos anteriores ao rompimento (novembro de 2013) e dois anos após o evento (novembro de 2017).

Vale lembrar que a delimitação da área de influência foi realizada a partir de informações obtidas através da Força Tarefa logo após o rompimento da barragem em Mariana/MG (ANA, 2016). Dessa forma, 12 municípios foram selecionados (Tabela 2), na qual nove desses municípios tem dependência total e o restante possui dependência parcial do rio Doce.

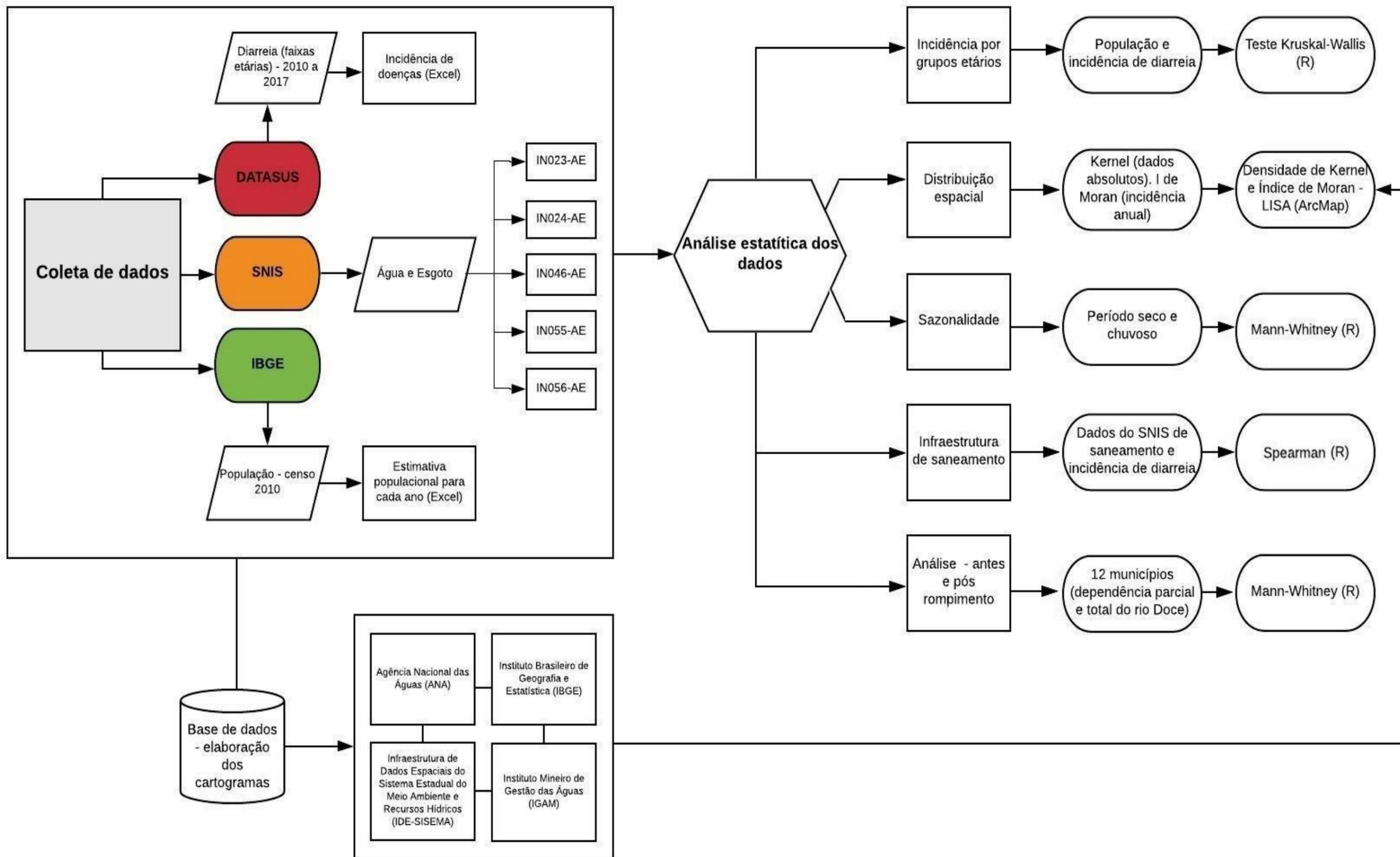
**Tabela 2: Municípios com dependência de captação de água do Rio Doce**

<b>Sede Municipal</b>	<b>UF</b>	<b>Dependência de captação de água do rio Doce</b>
Belo Oriente	MG	Parcial
Periquito	MG	Parcial
Alpercata	MG	Total
Governador Valadares	MG	Total
Tumiritinga	MG	Total
Galiléia	MG	Total
Resplendor	MG	Total
Itueta	MG	Total
Aimorés	MG	Parcial
Baixo Guandu	ES	Total
Colatina	ES	Total
Linhares	ES	Parcial

**Fonte:** Adaptado de Agência Nacional de Águas (ANA), 2016.

A Figura 8 apresenta a estrutura geral dos materiais e métodos utilizados nessa pesquisa.

Figura 8: Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos

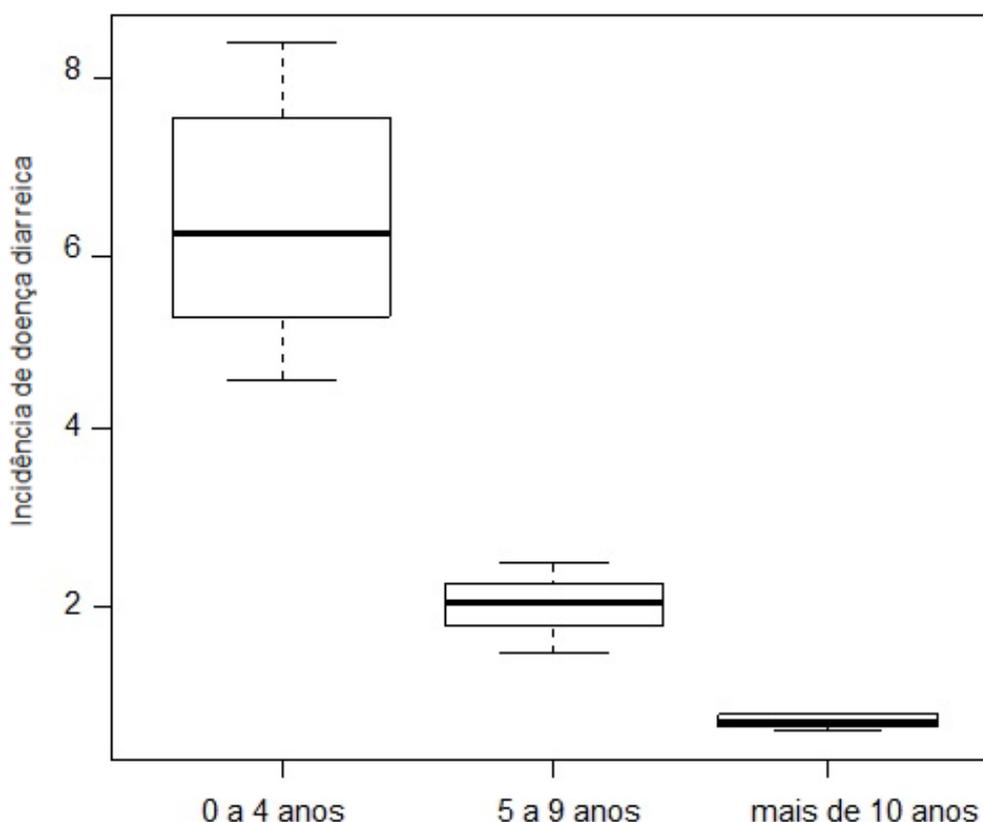


## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Ocorrências de doenças diarreicas na bacia do rio Doce

O resultado do teste Kruskal-Wallis, para a de incidência de diarreia entre as diferentes faixas etárias analisadas, apresentou diferença estatisticamente significativa (Kruskal-Wallis chi-square = 20.569,  $p < 0.001$ ). Deste modo, a faixa etária de 0 a 4 anos apresenta uma incidência maior do que as outras duas categorias e que existe diferença significativa também entre as categorias de 5 a 9 anos e acima de 10 anos (Gráfico 4).

**Gráfico 4: Boxplot de incidência de doenças diarreicas nas diferentes faixa etárias analisadas**

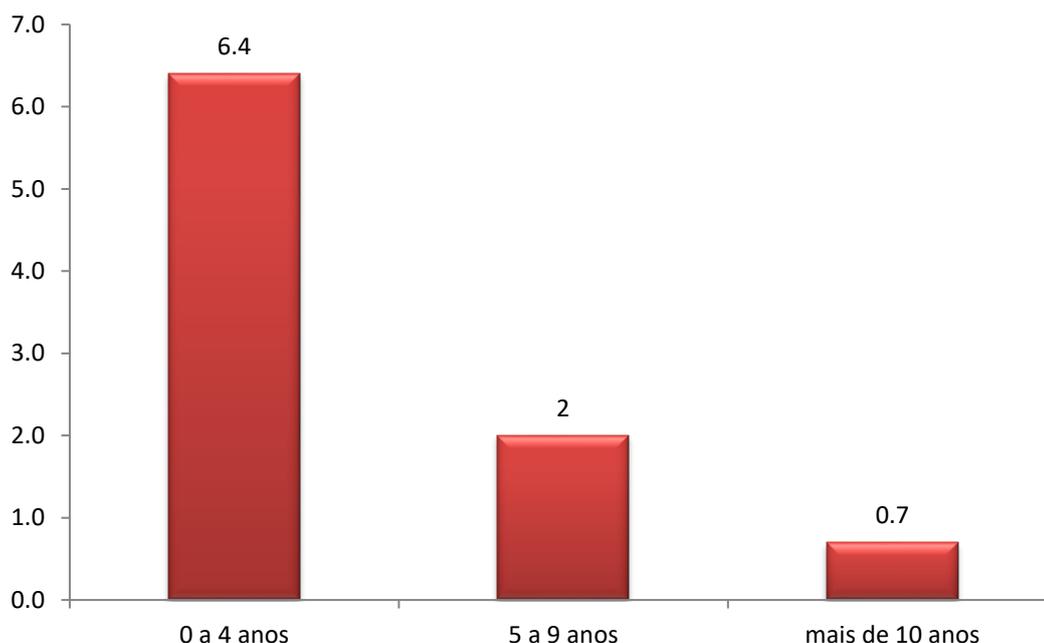


As ocorrências de doenças diarreicas nos municípios da bacia do rio Doce totalizaram, em todas as faixas etárias, 35.284 casos entre janeiro de 2010 a dezembro de 2017. Na população de zero a quatro anos foram registrados 13.030 casos entre 2010 a 2017, sendo 9.159 verificados nos municípios localizados no estado de Minas Gerais e 3.871 no Espírito Santo, com incidência média anual de

6,4 casos para uma população de 1000 crianças. Entre as faixas etárias de cinco e nove anos o número de casos foi de 4.664, totalizando uma incidência de 2 casos para cada 1000 habitantes, enquanto a partir de dez anos, o número de internações foi de 17.590, representando 0,7 ocorrências para cada 1000 habitantes (Gráfico 5).

Quando comparadas as incidências de diarreia na bacia do rio Doce com o Brasil, as taxas na bacia são maiores, tendo em vista que a incidência média no país é de 4,7 casos nesse período, segundo os dados fornecidos pelo DATASUS. O mesmo acontece quando comparadas as taxas dos municípios da bacia com os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, onde a média de incidência são, respectivamente, 3,4 e 4,4 casos.

**Gráfico 5: Média de incidência de doenças diarreicas por faixa etária na bacia do rio Doce, entre 2010 a 2017.**



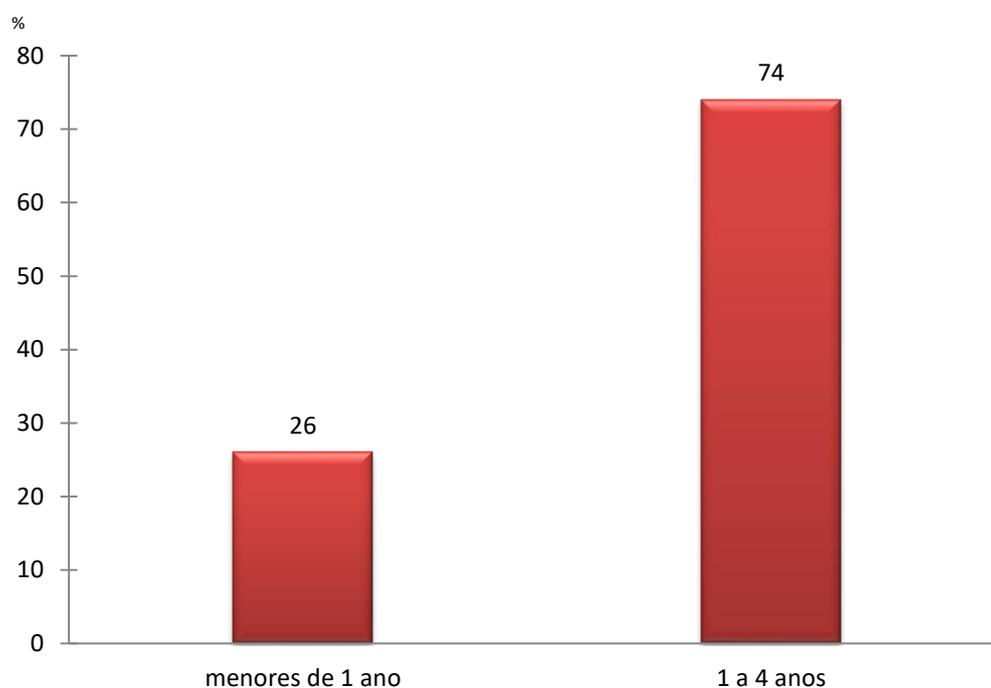
**Fonte:** Base de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Dessa forma, considera-se que as doenças diarreicas são propícias a ocorrerem em todas as faixas etárias, no entanto, a população infantil, especialmente menores de cinco anos de idade é considerada mais vulnerável, sendo uma das principais causas de morbidade e mortalidade (ANDREAZZI, 2007; FEWTRELL et al., 2005; PEREIRA e CABRAL, 2008; SABINO, 2016). Os fatores climáticos, sociais e ambientais como a origem e uso da água, destino dos dejetos,

tratamento de redes de esgoto, condições de moradia, origem e consumo de alimentos são alguns condicionantes responsáveis para maiores taxa de ocorrência de doenças diarreicas na população infantil (BARRETO et al., 2007; PORTELA et al., 2011; BUSATO, et al., 2013).

Dentre a população infantil afetada (Gráfico 6), pode ser observado que os menores índices de diarreia ocorrem em crianças com menos de um ano de idade (26%), contudo, o maior número de ocorrências se dá a partir do primeiro ano de vida até os cinco anos de idade (74%).

**Gráfico 6: Percentual de casos de doenças diarreicas em crianças menores de 1 ano e de 1 a 4 anos na bacia do rio Doce, entre 2010 à 2017.**



**Fonte:** Base de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Um dos fatores importantes para o surgimento, bem como o controle de doenças diarreicas na população infantil está associado a escolaridade materna (CAMPOS et al., 1995; PORTELA et al., 2011). Dessa forma, alguns autores destacam a importância da criação de métodos e incentivos que amenizem as ocorrências de diarreia. Como por exemplo o estudo realizado por Sabino (2016), que propôs a elaboração de uma cartilha educativa com o intuito de promover a

autoeficácia materna para a prevenção e, conseqüentemente, a diminuição dos índices de doenças diarreicas infantil (SABINO, 2016).

Para Esrey et al. (1985), a lavagem inadequada das mãos pode ocasionar maiores impactos sobre as doenças diarreicas do que o próprio saneamento inadequado, especialmente na população infantil, embora, evidente, que o fornecimento de água potável e própria para o consumo da população, bem como um saneamento adequado ameniza tais impactos, tornando a lavagem das mãos mais fácil e menos impactante a saúde (ESREY et al., 1985; CAIRNCROSS, 2003).

Os maiores índices de diarreia em crianças de 1 a 4 anos também estão relacionados à alteração na dieta infantil, como a introdução de outros alimentos além do leite materno, sem os devidos cuidados necessários em seu preparo (PAZ et al., 2012). Dessa forma, é importante destacar a amamentação como fonte única e necessária na alimentação infantil, como forma de proteção e imunidade à saúde da criança, especialmente nos anos iniciais da criança (4 à 6 meses) como recomenda a Organização Mundial da Saúde (OMS) (BENÍCIO e MONTEIRO, 2000; GOMES et al., 2005; PORTELA et al., 2011; TEIXEIRA e PUNGIRUM, 2005).

Vale lembrar que nessa pesquisa foram utilizados os dados estatísticos de internações hospitalares e socio demográficos dos sistemas de informação do país como o DATASUS e o IBGE. Portanto, o uso destas estatísticas implica certas restrições, sendo uma delas ausência de universalidade do sistema de informação hospitalar, onde uma das principais limitações identificadas é a seletividade, assim as internações em centros hospitalares privados não conveniados não são incluídas (BUHLER, 2013).

Contudo, é importante ressaltar, que os dados gerados em pesquisas referentes às doenças diarreicas ainda podem ser menores do que a realidade, tendo em vista que essas doenças não são de caráter de notificação compulsória, onde pressupõe que somente nos casos mais emergentes são procurados apoio nos centros de saúde para assistência médica, dessa forma, ocorrendo muitas vezes deficiência no registro dos dados reais (BUSATO et al., 2013; JOVENTINO et al., 2013; SABINO, 2016).

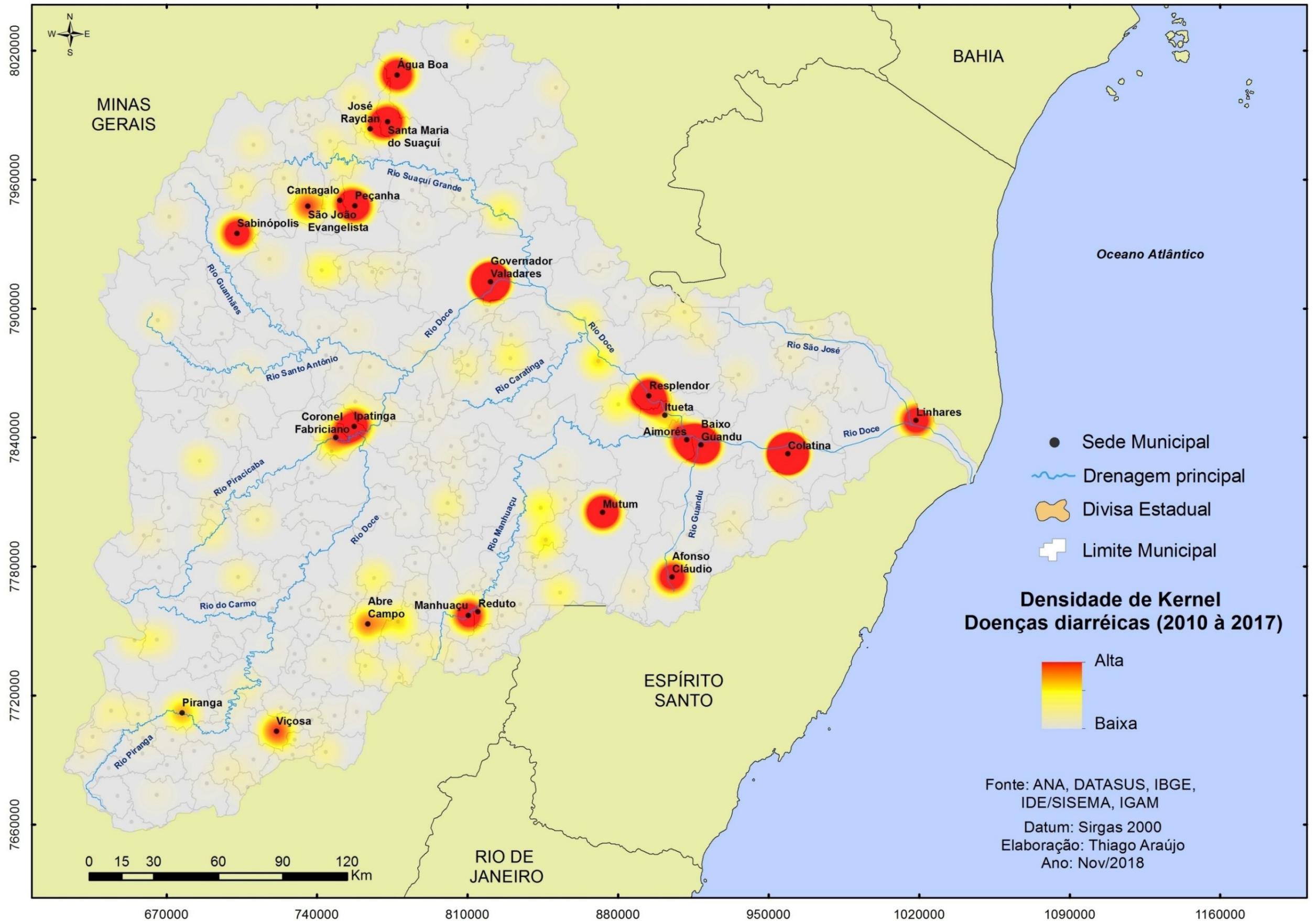
## **5.2 Distribuição e autocorrelação espacial das doenças diarreicas em crianças de 0 a 4 anos na bacia do rio Doce**

O padrão de distribuição das doenças diarreicas na bacia do Rio Doce, por densidade de *Kernel* (Figura 9), demonstra que o município de Colatina/ES teve o maior número de ocorrências, totalizando 973 casos, seguido por Governador Valadares/MG (677), Baixo Guandu/ES (568), Resplendor/MG (372), Mutum/MG (371), Água Boa/MG e Santa Maria do Suaçuí (322), Peçanha/MG (315), Aimorés/MG (283), Ipatinga/MG (277), Linhares/ES (258), Afonso Cláudio/ES e Sabinópolis/MG (257) e Manhuaçu/MG (235).

Vale ressaltar que os municípios de Conselheiro Lafaiete e Ubá, ambos localizados no estado de Minas Gerais, também tiveram elevadas ocorrências de doenças diarreicas, no entanto esses municípios não possuem sua sede municipal integrados na bacia do rio Doce, sendo que apenas uma porção do território municipal está incluso na bacia.

Os municípios de São João Evangelista e Viçosa localizados no estado de Minas Gerais apresentaram, respectivamente, 169 e 168 ocorrências. Já os municípios de Divino, Abre Campo, Coronel Fabriciano, Piranga, Itueta e Matipó tiveram entre 101 a 150 casos. O percentual entre 51 a 100 casos representando 7,5% dos municípios. A maioria dos municípios da bacia do rio Doce apresentaram entre 1 a 50 casos correspondendo a 74% dos municípios. Por fim, vale lembrar que 18 municípios não tiveram nenhuma ocorrência de diarreia durante o período analisado.

Figura 9: Densidade de Kernel para casos absolutos de doenças diarreicas em crianças de zero a quatro anos de idade, de 2010 a 2017



As sub-bacias do rio Guandu e Santa Maria do Doce, localizados no estado do Espírito Santo, tiveram os maiores índices de incidência de diarreia nesse período, totalizando, respectivamente, 18,9 e 12,3 casos para mil crianças, no entanto, a sub-bacia do rio São José, também localizada no estado capixaba, registrou 2 ocorrências para mil crianças, sendo um dos menores índices de incidência de doenças diarreicas na bacia do rio Doce.

No estado mineiro, as sub-bacias do rio Manhuaçu e Suaçuí registraram, respectivamente, as maiores incidências de diarreia, com 10,2 e 8,1 ocorrências. Seguidas pelas sub-bacias do rio Piranga, Santo Antônio, Caratinga e Piracicaba que deteve a menor média de incidência com 1,6 ocorrências.

Os resultados do teste de autocorrelação espacial (I de Moran Global) para as taxas de casos de internações por diarreia em crianças de 0 a 4 anos de idade nos municípios da bacia do rio Doce de 2010 a 2017 são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: Resultados do teste I de Moran Global**

<b>Ano</b>	<b>Moran's Index</b>	<b>Expected Index</b>	<b>Variance</b>	<b>z-score</b>	<b>p-value</b>
<b>2010</b>	0,293053	-0,004292	0,001771	7,065	p<0,05
<b>2011</b>	0,230294	-0,004292	0,001759	5,593	p<0,05
<b>2012</b>	0,219636	-0,004292	0,001718	5,402	p<0,05
<b>2013</b>	0,220917	-0,004292	0,001740	5,398	p<0,05
<b>2014</b>	0,240191	-0,004292	0,001725	5,886	p<0,05
<b>2015</b>	0,271766	-0,004292	0,001789	6,526	p<0,05
<b>2016</b>	0,216130	-0,004292	0,001747	5,274	p<0,05
<b>2017</b>	0,262776	-0,004292	0,001690	6,497	p<0,05

Cabe ressaltar que na aplicação do método do Índice Moran (Local) para a produção de mapas (LISA) de autocorrelação espacial, obteve-se como resultado, ao longo dos oito anos de análise, dois tipos de formação de *clusters*, sendo eles alta/alta e alta/baixa, sendo que o último ocorreu somente no ano de 2010 (Figuras 10 a 13).

Os resultados que apresentam "alta/alta", significa que esses municípios e também os municípios vizinhos resultam em altas taxas de internação por diarreia. Já o "alta/baixa", revela que um município apresenta altas taxas de internações, no entanto, os municípios vizinhos tem baixas taxas do mesmo. O "não significativo" indica que esses municípios não apresentam resultados estatisticamente significantes, dessa forma indica aleatoriedade na correlação espacial.

Figura 10: Clusters de incidência de doenças diarreicas anuais em crianças de 0 a 4 anos, 2010 e 2011

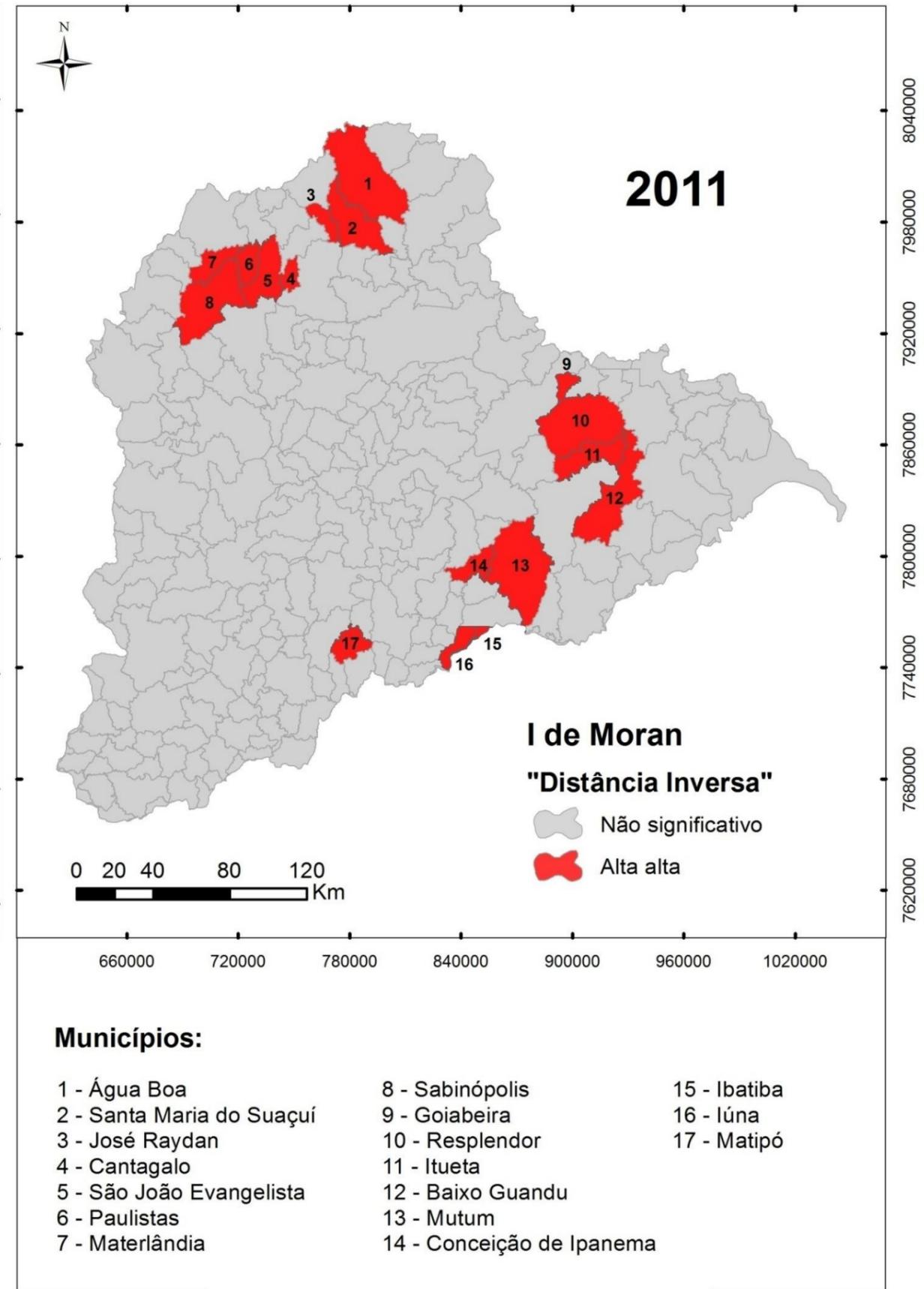
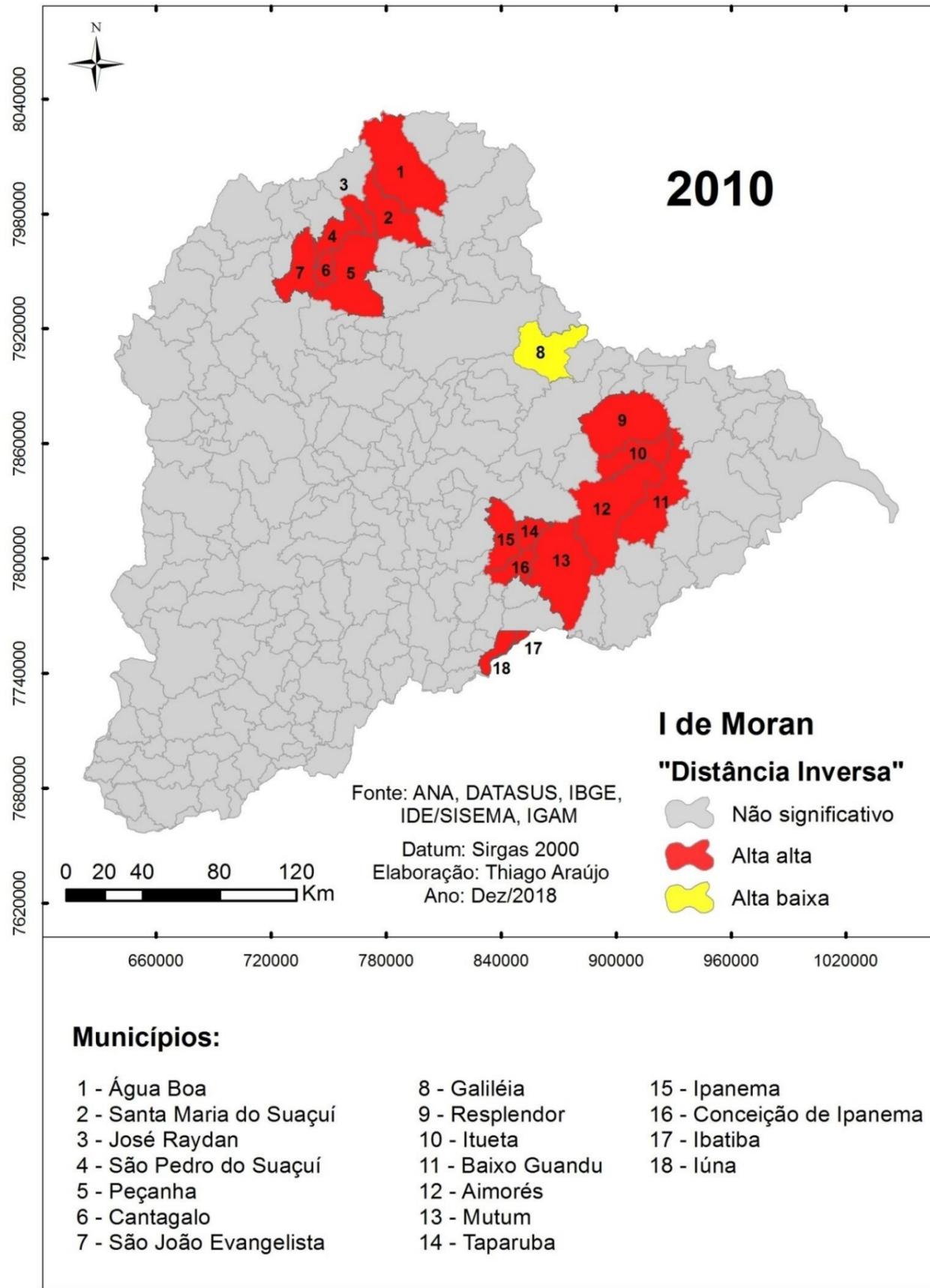


Figura 11: Clusters de incidência de doenças diarreicas anuais em crianças de 0 a 4 anos, 2012 e 2013

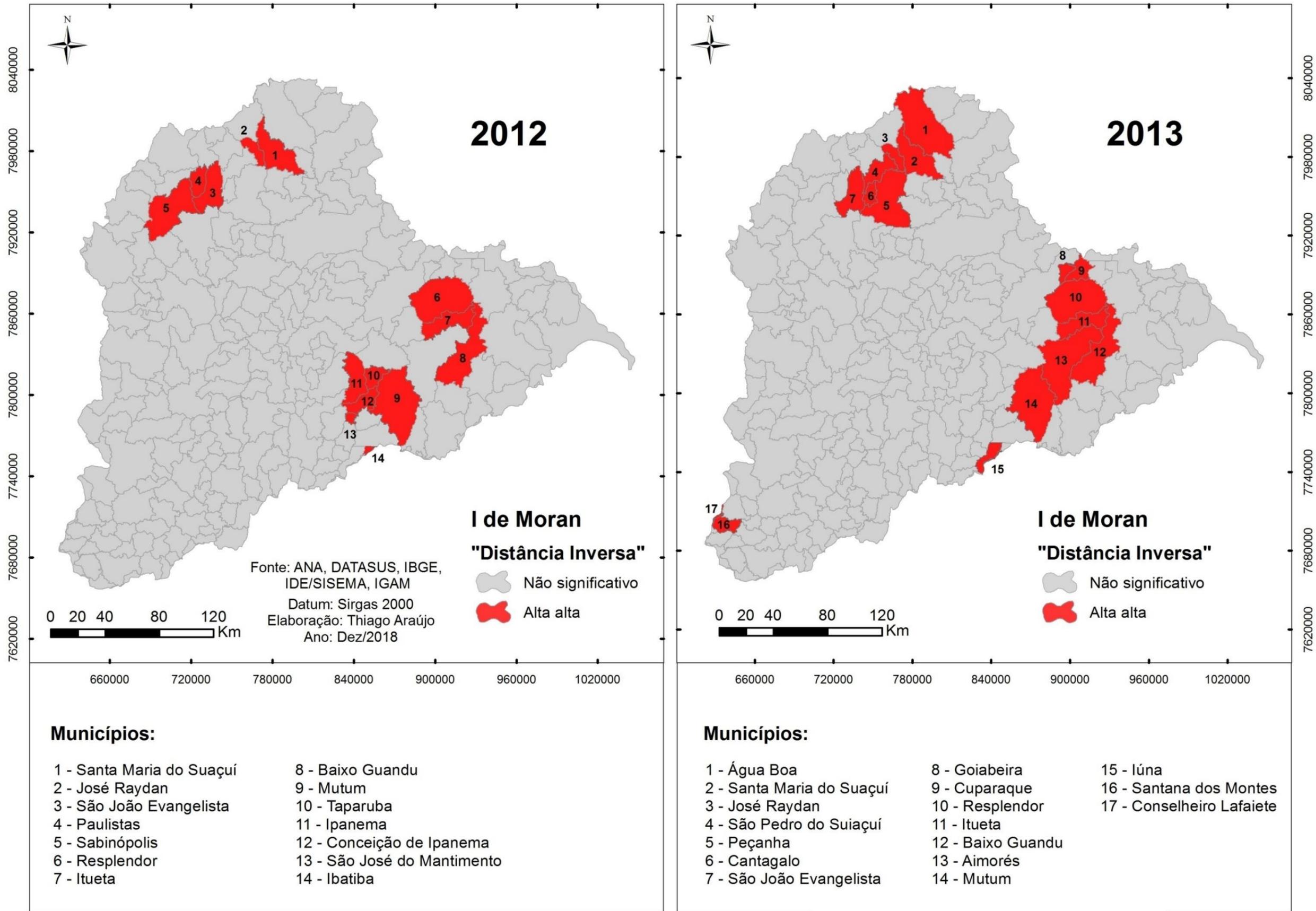


Figura 12: Clusters de incidência de doenças diarreicas anuais em crianças de 0 a 4 anos, 2014 e 2015

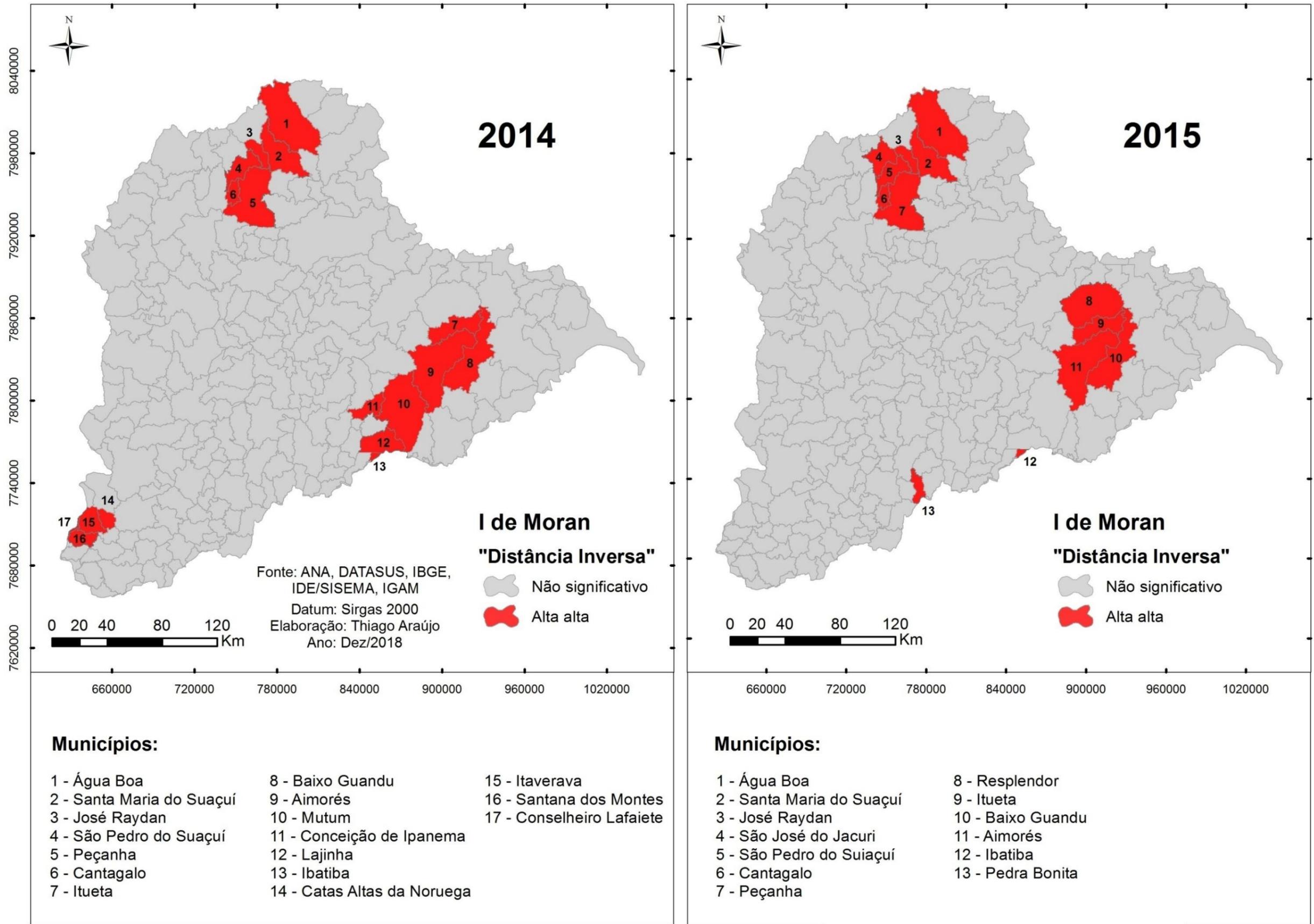
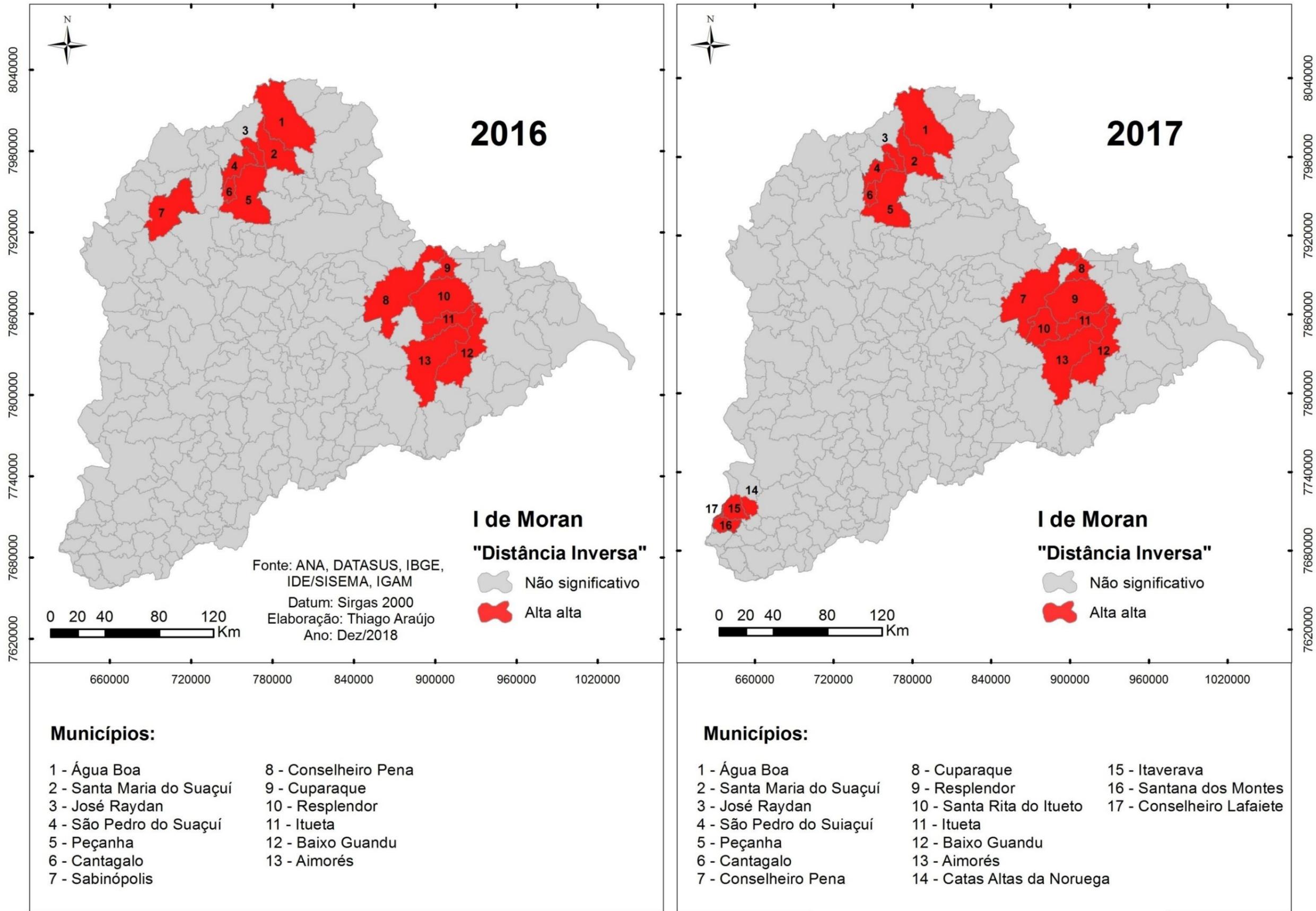


Figura 13: Clusters de incidência de doenças diarreicas anuais em crianças de 0 a 4 anos, 2016 e 2017



No ano de 2010, percebe-se a formação de quatro *cluster* na bacia do rio Doce, sendo três com características alta/alta e um com característica alta/baixa. Na porção norte da bacia, percebe-se a formação de *cluster* com característica alta/alta, envolvendo os municípios de Água Boa, Santa Maria do Suaçuí, José Raydan, São Pedro do Suaçuí, Peçanha, Cantagalo e São João Evangelista, localizados na sub-bacia do rio Suaçuí. Esses municípios tiveram uma média de 4,5 casos para 1000 crianças, onde o município Água Boa teve a maior taxa de ocorrências.

Ainda no ano de 2010, nota-se a formação de *cluster* alta/alta na divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, localizados na região leste da bacia, sendo esses municípios Resplendor, Itueta, Baixo Guandu, Aimorés, Mutum, Taparuba, Ipanema e Conceição de Ipanema. A média de ocorrência nesses municípios foi de 4 casos, na qual o município de Conceição de Ipanema apresentou a maior taxa de ocorrências, 7,5 casos e o município de Mutum teve a menor taxa, 1,9 casos. Em Galiléia, localizado no estado de Minas Gerais, a taxa de ocorrência foi de 3,4 e, em Ibatiba e Iúna, ambos localizados no estado do Espírito Santo, a média foi de 5,4 ocorrências.

Em 2011, observa-se a formação de seis *clusters*, apresentando características alta/alta de prevalência de doenças diarreicas, distribuídos na porção norte, leste e sudeste da bacia. Em comparação aos dados do ano de 2010, as taxas de ocorrências diminuíram, onde o município de Resplendor, localizado no estado de Minas Gerais apresentou a maior taxa, com 5,4 casos para 1000 crianças, e o município de José Raydan, também localizado no estado mineiro, teve a menor taxa de ocorrências.

Já no ano de 2012, os índices de diarreia aumentaram comparados aos dois anos anteriores. O município de Conceição de Ipanema teve a maior incidência com 9,2 casos, seguido por Itueta com 7,9 e Resplendor com 7,6 casos.

No ano de 2013, assim como nos anos anteriores, a distribuição de altos índices de doenças diarreicas concentram-se na região norte e leste da bacia do rio Doce. No entanto, percebe-se a formação de um *cluster* em menor proporção na região sudoeste da bacia, abrangendo os municípios de Santana dos Montes e Conselheiro Lafaiete, na qual ambos tiveram uma taxa de 1,9 ocorrências. Nesse ano, o município de Santa Maria do Suaçuí teve a maior taxa de ocorrências, de 5,1 casos para 1000 crianças.

Já em 2014, assim como em 2012, o município de Conceição de Ipanema teve a maior incidência de diarreia (8,2 casos). Já a distribuição espacial das doenças diarreicas ocorrem como no ano anterior, porém, nota-se o aumento de municípios na região sudoeste da bacia, com a inserção dos municípios de Catas Altas da Noruega e Itaverava.

O ano de 2015, apresentou as menores taxas de incidência de diarreia no decorrer dos oito anos analisados. A média de ocorrências dos municípios pertencentes a bacia do rio Doce foi de 1,7 casos, onde o município capixaba de Baixo Guandu teve o maior índice de 3,2 ocorrências.

Já em 2016, as maiores taxa estabeleceram nos municípios de Baixo Guandu, Santa Maria do Suaçuí, Água Boa, Resplendor, José Raydan, Aimorés, Itueta, Iúna, Cuparaque, Santa Rita do Itueto e Peçanha, onde todos esses municípios tiveram prevalência acima de 3 casos.

Em 2017, houve um aumento, em relação ao ano de 2016, de ocorrências de doenças diarréicas, registrando foi de 3,1 casos. Os municípios de Itueta, Resplendor e Santa Rita do Itueto, localizados no estado de Minas Gerais, apresentaram os maiores índices de internações, com uma média de 5,7 ocorrências. Por fim, vale ressaltar que os municípios situados na porção sudoeste da bacia tiveram um aumento de ocorrências em relação aos anos anteriores.

Em geral, percebe-se que no decorrer dos oito anos de análise, a formação de *clusters* alta/alta estabeleceram espacialmente nas mesmas regiões com pequenas alterações. Na parte norte, localizados na sub-bacia do rio Suaçuí, e leste, na divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, na área de encontro dos rios Manhuaçu e Guandu com o rio Doce, alternando apenas alguns municípios. Somente nos anos de 2013, 2014 e 2017 que houve uma formação de *clusters* alta/alta na região sudoeste, localizados na sub-bacia do rio Piranga.

A respeito dos municípios que estão localizados na porção leste da bacia do rio Doce, as condições de abastecimento de água, bem como tratamento de esgoto, apresentaram condições inferiores ao restante dos municípios da bacia. Os dados oriundos do SNIS, referentes ao ano de 2016, mostram que nesses municípios, a média de atendimento total de água para a população foi de 54%, enquanto a média de atendimento para tratamento de rede de esgoto foi pouco mais de 65% da população.

O fornecimento de água própria para o consumo humano, assim como o saneamento adequado tem efeitos positivos na saúde da população, portanto, é fundamental não só para construir instalações para esses serviços, mas também garantir que eles funcionem corretamente (BRISCOE, 1987).

Dentre os municípios localizados na região norte da bacia, em 70% deles a população rural é maior do que a urbana, sendo esse, um condicionante que pode estar relacionado aos elevados índices de diarreia nessa região. Alguns estudos abordam a susceptibilidade em localidades rurais para elevados índices de diarreia (AMARAL et al., 2003; PORTELA et al., 2011; RAZZOLINI E GUNTHER, 2008). Em áreas rurais, as principais fontes de fornecimento de água para o uso doméstico são em poços rasos e nascentes, dessa forma, o risco de ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica, como a diarreia, são elevados, onde a forma de captação da água, bem como seu uso, se torna um agravante para altos índices de doenças (AMARAL et al., 2003).

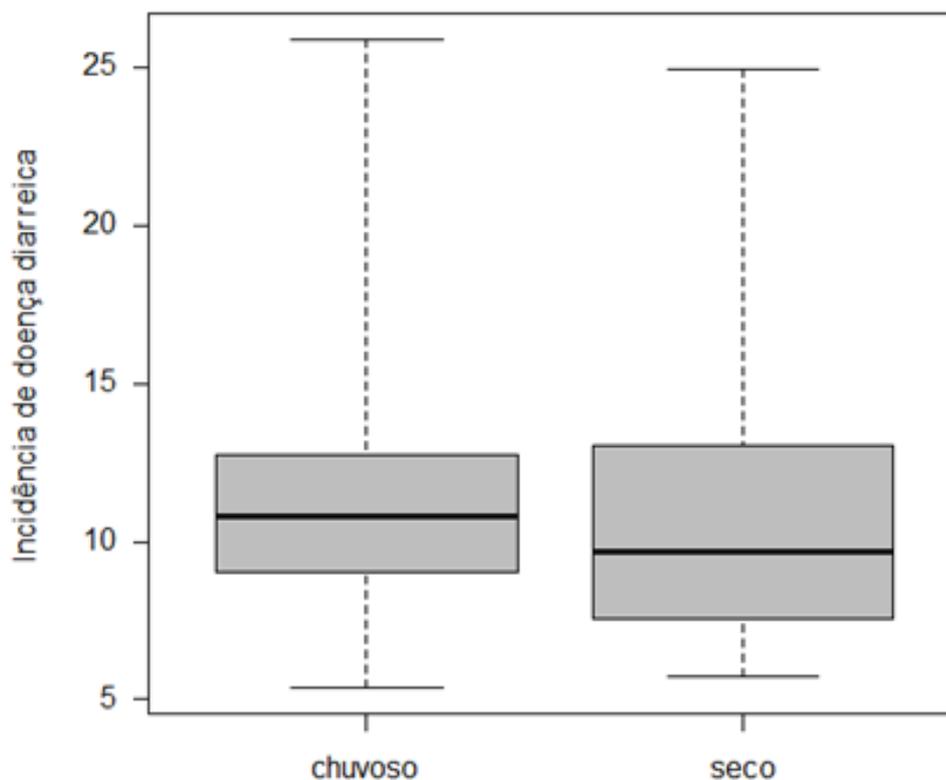
Além dos condicionantes supracitados anteriormente, a carência de atendimentos médicos, especialmente em virtude de dificuldades logísticas, a essas localidades, pode também está relacionado aos elevados índices de doenças diarreicas em áreas rurais (IMADA et al., 2016), no entanto, torna-se necessário a elaboração de estudos epidemiológicos que verifiquem esta hipótese.

Por fim, pode-se argumentar que as suposições e levantamento de hipóteses usados para essas análises, especialmente em relação à qualidade da água fornecida a população, bem como o atendimento e tratamento de esgoto, baseiam-se em um número limitado de dados, portanto, as estimativas apresentadas podem estar sujeitas a incertezas.

### **5.3 Influência sazonal sobre a incidência de doenças diarreicas em crianças de 0 a 4 anos na bacia do rio Doce**

Apesar de os maiores índices de diarreia geralmente ocorrerem no período chuvoso (ANDREAZZI et al., 2007; ROCHA, 2012; BUSATO et al., 2013;), a sazonalidade de doenças diarreicas em crianças de zero a quatro anos não foi significativa na bacia do Rio Doce ( $W= 1366$ ,  $p= 0.1177$ ) (Gráfico 7).

**Gráfico 7: Boxplot da incidência de doenças diarreicas por estação seca e chuvosa**



Neste contexto, a possível interferência da subnotificação de casos nos resultados observados, consiste em um fator a ser considerado (RUBINGER, 2008; BRASIL, 2011).

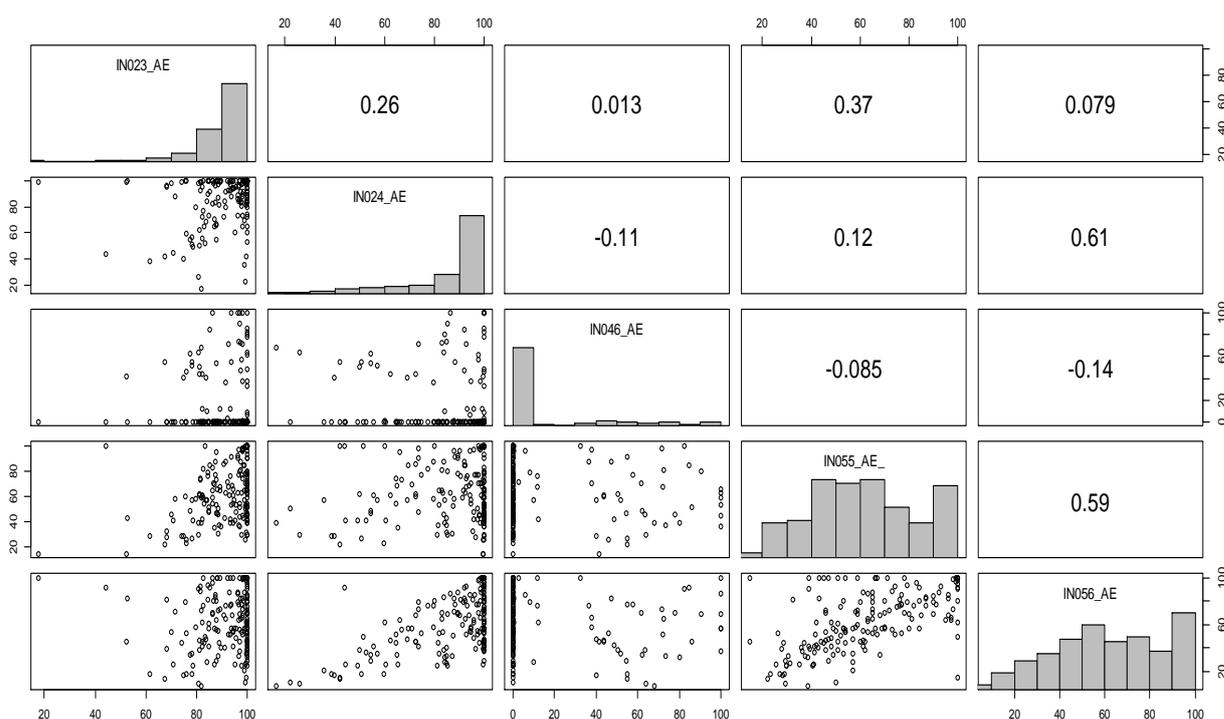
#### **5.4 Infraestrutura de abastecimento de água, esgotamento sanitário e suas possíveis relações com doenças diarreicas na bacia do rio Doce**

De maneira geral, os índices de cobertura de abastecimento de água nos domicílios dos municípios pertencentes a bacia do rio Doce são satisfatórios, entretanto, no que diz respeito à cobertura dos sistema de esgotamento sanitário, algumas sub-bacias necessitam de maiores atenções, tanto em Minas Gerais (Caratinga, Santo Antônio, Suaçuí e Manhuaçu), quanto no Espírito Santo (Santa Maria do Doce) apresentam valores abaixo da média dos estados mineiro e capixaba (ANA, 2013).

No entanto, o teste estatístico de Correlação de Spearman utilizado nessa pesquisa, mostrou que a relação de abastecimento de água e esgotamento sanitário não são significativos para nenhuma das variáveis analisadas nesse trabalho, ou

seja, a incidência de doenças diarreicas na bacia do rio Doce, não são explicados pela influência da infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgoto (Figura 14).

**Figura 14: Correlações entre as variáveis de saneamento e os índices de doenças diarreicas na população da bacia do rio Doce**



Apesar dos resultados não apresentarem significância estatística, é necessário analisar as condições de saneamento nesses municípios, especialmente nos que carecem de assistência otimizada por parte dos órgãos competentes.

Para Souza e Freitas (2008), a implementação de um conjunto de ações de educação orientadas para a aquisição de consciência política por parte da população é essencial para atuar em prol de sua saúde, bem como uma estrutura institucional eficiente atenta à relevância da participação popular e, especialmente, da inclusão social (SOUZA e FREITAS, 2008).

A respeito dos dados utilizados nessa pesquisa oriundos do SNIS, vale lembrar que a aquisição destes dados depende da solicitude dos funcionários em preencher os questionários enviados para coletar informações, no entanto é importante ressaltar a iniciativa do governo em subsidiar a obtenção de informações detalhadas relativas ao saneamento nos municípios brasileiros (RUBINGER, 2008; BRASIL, 2011).

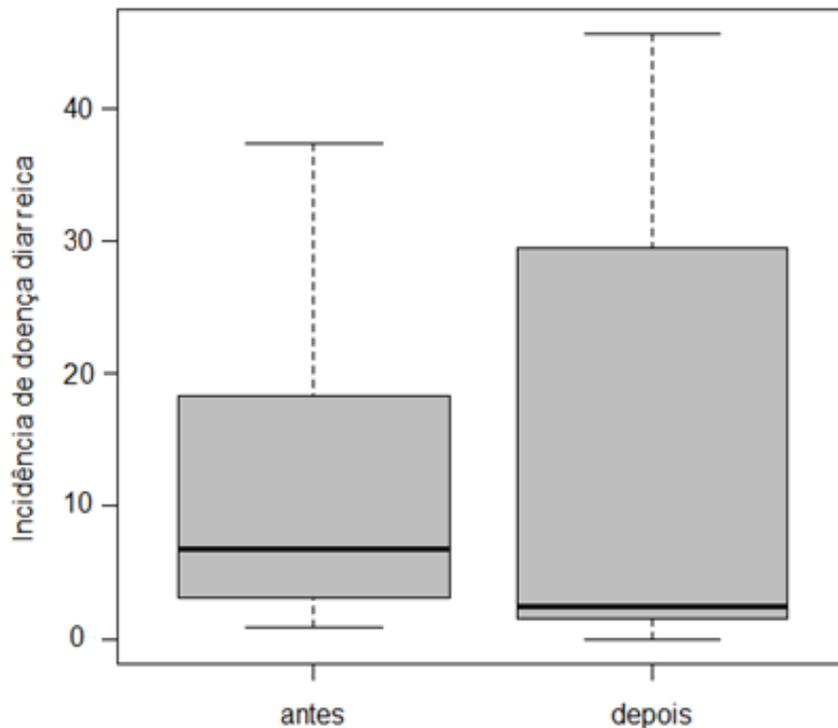
A proposta feita por Rubinger (2008), implica em uma elaboração de diagnóstico anual da gestão dos serviços públicos de saneamento, abrangendo as informações de interesse sobre esses assuntos e que deverá ser alimentado pelas administrações dos municípios e também pelo Governo Federal, na qualidade de titulares, e também pelas entidades reguladoras. A distinção na forma de abordar os serviços dificulta a interface entre dados que são complementares, permitindo assim uma melhor reflexão a respeito da realidade sanitária dos municípios brasileiros.

Outro fator pertinente a ser destacado consiste na vulnerabilidade para a obtenção das informações pretendidas, bem como de sua representatividade e também do real alcance da pesquisa. Tendo em vista que, os dados provenientes do SNIS são realizados em questionários autodeclarados, dessa forma o retorno muitas vezes pode ser inferior ao esperado (RUBINGER, 2008; BRASIL, 2011).

### **5.5 Doenças diarreicas e as possíveis relações com o rompimento da barragem de Fundão**

Apesar da hipótese do aumento dos índices de doenças diarreicas após o rompimento da barragem de Fundão, devido ao possível consumo de água imprópria e de qualidade duvidosa, bem como a utilização de fontes alternativas sem o devido tratamento, os resultados da estatística descritiva não demonstraram tal situação (Gráfico 8). A redução observada no resultado da mediana no período anterior ao rompimento (6,7) e posterior (2,4) para os índices de doenças diarreicas nesses municípios que dependem de captação de água do rio Doce, seja parcialmente ou totalmente, poderia estar condicionado a insegurança da população em consumir diariamente as águas oriundas do rio Doce, o que pode levar ao aumento no consumo de água industrializada nesses municípios, no entanto, necessita-se de estudos epidemiológicos que comprovem essa hipótese (QUEIROZ et al., 2012).

**Gráfico 8: Boxplot da incidência de doenças diarreicas antes e depois do rompimento da barragem de Fundão**



A incidência de doenças diarreicas em crianças de zero a quatro anos de idade, antes (novembro de 2013 até novembro de 2015) e pós (novembro de 2015 até novembro de 2017) rompimento da barragem de Fundão nos municípios que dependem de captação de água do rio Doce não foi estatisticamente significativa ( $W=81$ ,  $p=0.6297$ ).

Os resultados dessa pesquisa demonstraram que não houve mudanças significativas na média da incidência de doenças diarreicas pós rompimento da barragem, apesar da hipótese do aumento dos índices de doenças diarreicas após o rompimento da barragem de Fundão, devido ao possível consumo de água imprópria e de qualidade duvidosa, bem como a utilização de fontes alternativas sem o devido tratamento.

Além disso, caso houvesse uma diminuição dos índices de doenças diarreicas nesses municípios que dependem de captação de água do rio Doce, seja parcialmente ou totalmente, poderia estar condicionado a insegurança da população em consumir diariamente as águas oriundas do rio Doce, o que pode levar ao aumento no consumo de água industrializada nesses municípios, no entanto,

necessita-se de estudos epidemiológicos que comprovem essa hipótese (QUEIROZ et al., 2012).

A vulnerabilidade da população e da área geográfica afetada é um dos fatores que intensificam ainda mais os efeitos causados pelo rompimento da barragem, tanto a magnitude do evento, como as consequências socioeconômicas, ambientais e sanitárias levam danos irreparáveis à saúde física e mental das populações atingidas (ROCHA et al., 2016).

Assim como em Governador Valadares, Colatina também se encontra com os mesmos problemas de captação de água do rio Doce. Ainda que a prefeitura municipal afirme que existem laudos que comprovam a qualidade da água para o consumo, o Ministério Público pediu a suspensão alegando a existência de materiais pesados acima dos padrões de segurança e potabilidade (G1.COM, 2015; UOL.COM, 2015). Em situações como essa, há ainda o risco de a população, motivada tanto pela escassez quanto pela insegurança em relação à qualidade das águas no sistema, buscar fontes alternativas de captação, que podem estar inconformes aos padrões sanitários.

Portanto, é importante destacar que nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem, bem como em localidades carentes e excluídas de rede de serviços públicos, a falta de acesso a fontes seguras de água, se torna um fator agravante e nociva a saúde humana. Dessa forma, a busca da população por fontes alternativas de água, pode levar ao consumo de água com qualidade sanitária duvidosa e, em volume irregular e insuficiente para atender as necessidades básicas da população (RAZZOLINI E GUNTHER, 2008).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse estudo permitiram levantar e discutir hipóteses a respeito da ocorrência de doenças diarreicas presentes nos municípios da bacia do rio Doce.

Em relação a incidência de diarreia por grupos etários constatados nos municípios pertencentes a bacia do rio Doce, percebe-se que as doenças diarreicas acometem a todas as faixas etárias, onde a população infantil, especialmente de 1 a 4 anos de idade, está mais propícia e vulnerável a essas enfermidades. Nota-se ainda, que a média nacional, mineira e capixaba de incidência de diarreia nesse período é menor que as taxas registradas nos municípios da bacia.

No que diz respeito a influência sazonal sobre as doenças diarreicas, esperava-se nessa pesquisa, que as maiores taxas de ocorrências de doenças diarreicas ocorreriam nos meses considerados chuvosos (outubro a março), e as menores taxas nos meses secos (abril a setembro), no entanto a sazonalidade não foi evidenciada nesse estudo.

Em relação a autocorrelação espacial, percebe-se que as altas taxas de doenças diarreicas na população infantil se mantiveram praticamente nas mesmas regiões (norte e leste da bacia), entre 2010 a 2017. Tais resultados podem estar atribuídos tanto ao predomínio da população rural dos municípios na porção norte, quanto na integridade do abastecimento de água e efluentes sanitários na região leste da bacia do rio Doce.

Esta constatação aponta a importância contínua de estudos mais robustos nessa área, tendo em vista a importância da gestão de recursos hídricos, tanto em localidades urbanas quanto rurais, que possam garantir o suprimento de água em quantidade e qualidade para atender a todas as necessidades da população. Além disso, a não correlação da incidência de diarreia infantil com a qualidade de abastecimento de água e esgotamento sanitário abre caminhos para uma reflexão quanto a veracidade e metodologia na obtenção de dados.

Assim sendo, vale salientar que as principais limitações encontradas nessa pesquisa, referem-se, especialmente, a utilização de bancos de dados secundários, tanto do DATASUS quanto do SNIS, implicando em uma possível irregularidade na notificação de ocorrência de casos e à possível oscilação do número de unidades notificadoras. Além da ausência de dados em redes privadas de saúde não

conveniadas, dessa forma, essas limitações podem resultar em subestimativa das incidências reais de doenças diarreicas presentes na bacia do rio Doce.

Além disso, percebe-se que os dados fornecidos pelo SNIS, necessita ampliar seus objetos de interesse do mesmo modo que sua metodologia de coleta. Dessa forma, a utilização dos dados provenientes, tanto do SNIS quanto do DATASUS devem ser utilizados com parcimônia e certo cuidado, tendo em vista que pode assumir o risco de admitir como verdade geral informações imprecisas que, muitas vezes, podem não refletir a realidade.

Apesar de não existir diferença significativa, tanto no aumento quanto na diminuição da média de incidência de diarreia no período de pós rompimento da barragem de Fundão, essa pesquisa recomenda que o monitoramento e a avaliação das doenças diarreicas sejam feitos continuamente e que suas ações impliquem uma integração efetiva entre as diversas esferas da saúde, de forma a produzir resultados de curto, médio e de longo prazo que auxiliem órgãos competentes no planejamento de medidas mais eficazes de prevenção e controle da diarreia infantil na bacia do rio Doce.

Vale mencionar, que o caso de Mariana não serviu de exemplo para que novos desastres dessa natureza fossem evitados. Em um curto intervalo de tempo, ocorreu o rompimento da barragem da mina do Córrego do Feijão, localizada no município de Brumadinho em Minas Gerais, causando impactos ambientais e perdas humanas de grandes proporções. Além disso, a população que vive nas proximidades de barragens interditadas devido ao alto grau de instabilidade convivem com o medo e a vulnerabilidade diante do risco iminente de rompimento. Portanto, a qualidade duvidosa da água do rio Doce para o consumo, com consequências prejudiciais à saúde da população, agora se repete no rio Paraopeba, carecendo de constantes investigações e tomada de decisões por parte dos órgãos responsáveis para que outros eventos dessa magnitude não voltem a ocorrer devido à negligência humana.

Por fim, diante das dificuldades enfrentadas na maioria das pesquisas, é de suma importância e de grande interesse a sua difusão, bem como a de seus resultados, sejam eles positivos ou negativos, de forma a oferecer subsídios a futuros pesquisadores que venham estudar ou até mesmo adotar métodos similares em diferentes tipos de enfermidades e localidades. Sendo assim, neste trabalho busca-se não somente compartilhar a obtenção de resultados, como também

demonstrar as dificuldades e obstáculos enfrentados pelo pesquisador e as possíveis alternativas para transpô-los (RUBINGER, 2008).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. A. P. **A epidemia de cólera de 1853-1856 na imprensa portuguesa.** História, Ciências, Saúde, v. 18, n.4, p. 1057-1071, 2011.

AMARAL, L. A.; FILHO, A., N.; ROSSI JUNIOR, O., D.; FERREIRA, F., L., A.; BARROS, L., S., S. **Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais.** Revista de Saúde Pública. São Paulo: vol. 34, n. 4, p. 510 – 4, 2003.

AMORIM, N. A.; CONCEIÇÃO, T. L. A.; FERREIRA, P. A. **Mineração de agregados e saúde pública: uma perspectiva socioambiental nas comunidades rurais Sagui 1 e 2.** Educação, Tecnologia e Cultura - E.T.C., [S.I.], n. 14, 2016. Disponível em: <<https://publicacoes.ifba.edu.br/index.php/etc/article/view/44>>. Acesso em: mar/2019.

ANA – Agência Nacional das Águas; IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração.** Brasília: 2006, 334p. Disponível em <[http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost\\_files/gestao\\_20da\\_20agua\\_20na\\_20mineracao\\_20ibram.pdf](http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/gestao_20da_20agua_20na_20mineracao_20ibram.pdf)> Acesso em: 19 de out. 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce:** relatório executivo / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2013, 129p.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce: Rompimento da barragem em Mariana/MG.** Brasília: 2016. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce\\_22\\_03\\_2016v2.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf)>. acesso em: 15 nov. 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Bases Cartográficas Digitais.** 2017. Disponível em: < <http://dadosabertos.ana.gov.br/search>>. Acesso em: maio de 2017.

ANDREAZZI, M. A. R.; BARCELLOS, C.; HACON, S. **Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde.** Revista Panamericana de Salud Pública. Washington, 22(03), p. 211–217, 2007. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v22n3/a08v22n3.pdf>>. Acesso em: julho de 2018.

ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook.** Urbana: University of Illinois, 2005a.

ANSELIN, L. **Local indicators of spatial association-LISA.** Geographical Analysis, 27:93-115, 2005b.

**Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.** Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD; IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada;

Fundação João Pinheiro. Brasília, 2013. Disponível em:  
<<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: maio de 2018.

BAILEY T. C.; GATRELL A. C. **Interactive spatial data analysis**. Longman Group Limited, Essex, 1 ed., p. 413, 1995.

BARCELOS, E. A. S. ; ZANELLI, F. V.; MAGNO, L.; VIEIRA, L. H.; WANDERLEY, L. J. M.; GOULART, R. O.; TEIXEIRA, R. D. B. L. A **Caravana Territorial da Bacia do Rio Doce: Mineração e Territorialidades em Tensão**. Revista Terra Livre, v. 2, p. 225-266, 2014.

BARRETO, M. L.; GENSER, B.; STRINA, A.; TEIXEIRA, M. G.; ASSIS, A. M. O.; REGO, R. F.; TELES, C. A.; PRADO, M. S.; MATOS, S. M. A.; SANTOS, D. N.; SANTOS, L. A.; CAIRNCROSS, S. **Effect of city-wide sanitation programme on reduction in rate of childhood diarrhoea in northeast Brazil: assessment by two cohort studies**. Lancet, vol. 370, p. 1622-28, 2007.

BENICIO, M. H. D'A.; MONTEIRO, C. A. **Tendência secular da doença diarréica na infância na cidade de São Paulo (1984-1996)**. Revista de Saúde Pública: São Paulo, 34 (6 Supl), p. 83-90, 2000.

BERN, C.; MARTINEZ, J.; ZOYSA, I.; GLASS, R.I. **Magnitude del problema global de las enfermedades diarréicas: actualizacion decenal**. Bol Ofic Sanit Panam, 115(6), 523-535, 1993.

BRASIL – Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006, 212p.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: Diário Oficial da União, Seção 1, p. 3-7, 2007. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: out de 2018.

BRASIL. **Decreto Nº 7.217, de 21 de junho de 2010**. Regulamentada a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm)> Acesso em: out de 2018.

BRASIL, Ministério das Cidades. **Panorama do saneamento básico no Brasil: cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil**. vol. VII. Brasília: Ministério das Cidades, 2011, 647p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014, 812p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde / Volume único**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016, 775p.

BRISCOE, J. **Abastecimento de agua y servicios de saneamiento. Su funcion en la revolucion de la supervivencia infantil**. Bulletin of the Pan American Health Organization, vol. 21, n. 2, 1987.

BUHLER, H. F. **A Diarréia infantil no Brasil: análise espacial de indicadores integrados de saúde e ambiente**. Mato Grosso, 2013. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2013.

BUHLER, H. F.; IGNOTTI, E.; NEVES, S. M. A. S.; HACON, S. S. **Análise espacial de indicadores integrados de saúde e ambiente para morbimortalidade por diarreia infantil no Brasil, 2010**. Cad. Saúde Pública. V. 30, n. 9, p. 1921-1934, 2014.

BUSATO, M. A.; LUTINSKI, J. A.; SOUZA, M. F.; CECHIN, F.; GENNARI-FILHO, D.; PERIPOLLI, C.; MARANGONI, S. R.; CONSTANCIA, C. **Distribuição de Doenças Diarreicas Agudas em Municípios do Estado de Santa Catarina**. Uberlândia: HYGIEIA, 9(16), p. 19-27, 2013.

CAIRNCROSS, S. **Handwashing with soap – a new way to prevent ARIs?** Tropical Medicine And International Health, London, v. 8, n. 8, p.1-3, 2003.

CAMPOS, G. J. V.; REIS FILHO, S. A.; SILVA, A. A. M.; NOVOCHADLO, M. A. S.; SILVA, R. A.; GALVÃO, C. E. S. **Morbimortalidade infantil por diarreia aguda em área metropolitana da região Nordeste do Brasil, 1986-1989**. *Rev de Saúde Pública*, v. 29, n. 2, p. 132-139, 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/rsp/v29n2/08.pdf>>. Acesso em: Dezembro de 2018.

CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y.; TOBIAS-JUNIOR, R.; CAMPOS, I. C.; CARMO, F. F.; SILVINO, G.; CASTRO, K. J. S. X.; MAURO, M. L.; RODRIGUES, N. U. A.; MIRANDA, M. P. S.; PINTO, C. E. F. **Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context**. *Perspectives in Ecology and Conservation*, p. 145-151, 2017.

CARNEIRO, E. O.; SANTOS, R. L. **O Uso de Técnicas de Geoprocessamento na Saúde Pública: A Análise Espacial Aplicada na Determinação de Áreas de Doenças Endêmicas**. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz do Iguaçu, 2001.

CARVALHO, M. S. **Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco a saúde**. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

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

CARVALHO, M. S.; SANTOS, R. S. **Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas**. Cad Saúde Pública: Rio de Janeiro, 21(2), 361-378, 2005.

CARVALHO, S.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; MEDRONHO, R. A. **Análise da distribuição espacial de casos da dengue no município do Rio de Janeiro, 2011 e 2012**. Rev Saude Publica, 51:79, 2017.

CIMINELLI, V. S. T. **Os Recursos Hídricos e a Indústria Mineral – uma plataforma para o desenvolvimento nacional sustentável**. Nota técnica à Academia Bras. Ciências. p. 4, 2010.

COELHO, A. L. N. **Bacia Hidrográfica do Rio Doce (MG/ES): Uma Análise socioambiental integrada**. Geografares: Revista do Mestrado e do Departamento de Geografia, Centro de Ciências Humanas e Naturais (UFES), v. 7, p. 131-145, 2009.

COSTA, A.; FELIPPE, M. F.; REIS, G. **Licenciamento Ambiental de Grandes Empreendimentos Minerários: Dos Alarmes que Ninguém Escuta à Tragédia no Rio Doce**. Geografias: Belo Horizonte - Edição Especial - Vale do Rio Doce: formação geo-histórica e questões atuais, 2016.

CRONER, C. M.; SPERLING, J.; BROOME, F. R. **Geographic Information Systems (GIS): New perspectives in understanding human health environmental relationships**. Statistics in Medicine, 15, p. 1961-1977, 1996.

DATASUS/MS - Informações de Saúde do Sistema Único de Saúde do Ministério da Saúde. **Indicadores geral, por local de internação, a partir de 2008**. Disponível em: <  
<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203&id=6926&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/ni>>. Acesso em: maio de 2017.

DUNN, C. E.; KINGHAM, S. P.; ROWLINGSON, B.; BHOPAL, R. S.; COCKINGS, S.; FOY, C. J.; ACQUILLA, S. D.; HALPIN, J.; DIGGLE, P.; WALKER, D. **Analysing spatially referenced public health data: a comparison of three methodological approaches**. Health Place, 7: 1-12, 2001.

ESREY, S. A. **Interventions for the control of diarrhoeal disease among young children: improving water supplies and excreta disposal facilities**. Bulletin of the World Health Organization 63, p. 757-772, 1985.

FALKENBERG, M. B.; MENDES, T. P. L.; MORAES, E. P.; SOUZA, E. M. **Educação em saúde e educação na saúde: conceitos e implicações para a saúde coletiva**. Ciênc. saúde coletiva, v. 19, n. 3, p. 847-52, 2014.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil. Relatório Preparado para o CGEE PNUD – Contrato 2002/001604.** 2002. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/minera.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/minera.pdf)> acesso em: fev. de 2018.

FELIPPE, M. F.; COSTA, A.; FRANCO, R.; MATOS, R. E. S. **A Tragédia Do Rio Doce: A Lama, O Povo e a Água. Relatório de Campo e Interpretações Preliminares Sobre as Consequências do Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão (Samarco/Vale/Bhp).** Revista GEOgrafias, v. 1, p. 63-94, 2016.

FERNANDES, R. S.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. **Risco da dengue no municípios pantaneiros de Mato Grosso, Brasil.** Bol. Goia. Geogr.: Goiânia, v. 34, n.1, p. 93-110, 2014.

FERNANDES, G. W.; GOULART, F. F.; RANIERI, B. D.; COELHO, M. S.; DALES, K.; BOESCHE, N.; BUSTAMANTE, M.; CARVALHO, F. A.; CARVALHO, D. C.; DIRZO, R.; FERNANDES, S.; GALETTI-JR, P. M.; MILLAN, V. E. G.; MIELKE, C.; RAMIREZ, J. L.; NEVES, A.; ROGASS, C.; RIBEIRO, S. P.; SCARIOT, A.; SOARES-FILHO, B. **Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil.** Natureza & Conservação, p. 35-45, 2016.

FERREIRA, D. A. C.; DEGENER, C. M.; MARQUES-TOLEDO, C. A.; BENDATI, M. M.; FETZER, L. O.; TEIXEIRA, C. P.; EIRAS, A. E. **Meteorological variables and mosquito monitoring are good predictors for infestation trends of *Aedes aegypti*, the vector of dengue, chikungunya and Zika.** Parasites & Vectors, 10(1):78, 2017.

FEWTRELL, L.; KOUFMANN, R. B.; KAY, D.; ENANORIA, W.; HALLER, L.; COLFORD J. R. **Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis.** Lancet Infect Dis, 5: 42-52, 2005.

FREITAS, S. P. **O impacto do uso e consumo de água na mineração sobre o bloco de energia assegurada em empreendimentos hidrogeradores: estudo de caso na PCH Bicas. 2012.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2012.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. Relatório final.** Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010, 246p.

G1.COM. **Governo do ES e MG se unem para reconstruir cidades afetadas por lama. 2015.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/desastre-ambiental-no-rio-doce/noticia/2015/12/governos-do-es-e-mg-se-unem-para-reconstruir-cidades-afetadas-por-lama.html>>. acesso em: 16 nov. 2017.

G1.COM. Tragédia em MG: **Além dos danos ambientais, doenças ainda são perigo.** 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-reporter/noticia/2017/10/tragedia-em-mg-alem-dos-danos-ambientais-doencas-ainda-sao-perigo.html>>. acesso em: 16 nov. 2017.

GOMES, D. K. M.; LUCENA, M. C.; BARROS, M. G. **Perfil epidemiológico e coproparasitológico de crianças menores de 5 anos internadas no hospital governador João Alves Filho em Aracajú - SE, com quadro de diarreia aguda.** Revista Brasileira de Análises Clínicas: Rio de Janeiro, vol. 37, n. 4, p. 257-259, 2005.

HELLER, L. **Pesquisa em saúde e saneamento no DESA/UFMG: base conceitual e projetos desenvolvidos.** In: SEMINÁRIO SANEAMENTO E SAÚDE NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO, 1997. Rio de Janeiro: CC&P Editores Ltda., p. 259-280, 1997.

HELLER, L.; COUTINHO, M. L.; MINGOTI, S. A. **Diferentes modelos de gestão de serviços de saneamento produzem os mesmos resultados? Um estudo comparativo em Minas Gerais com base em indicadores.** Belo Horizonte: Eng. sanit. ambient. vol. 11, n. 4, p. 325-336, 2006.

HELLER, L.; REZENDE, S.; HELLER, P. G. **Participação e controle social em saneamento básico: aspectos teórico-conceituais.** In: GALVÃO JUNIOR, A. C.; XIMENES, M. M. F. (Ed.) Regulação: controle social da prestação dos serviços de água e esgoto. Fortaleza: Pouchain Ramos, 2007a. 256 p.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. **Política pública de saneamento: apontamentos teórico conceituais.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.12, n. 3, p. 284-295, 2007b.

HIGGS, G.; GOULD, M. **Is there a role for GIS in the 'new NHS'?** Health & Place, 7: 247-259, 2001.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Laudo Técnico Preliminar. Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais.** Brasília: 2015. Disponível em:<[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo\\_tecnico\\_preliminar\\_ibama.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf)>. acesso em: out. de 2017.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **A indústria da mineração e o crescimento do Brasil.** Brasília: 2007, 18p. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/700/784/00000439.pdf>>. Acesso em: fev de 2018.

IDE-Sisema - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bases Cartográficas Digitais.** 2017. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: Maio de 2017.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce, volume I, Relatório final.** Consórcio ECOPLAN – LUME, 2010.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Bases Cartográficas Digitais.** 2017. Disponível em: <  
[http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=90&Itemid=147](http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=90&Itemid=147)> Acesso em: Maio de 2017.

IMADA, K. S.; ARAÚJO, T. S.; MUNIZ, P. T.; PÁDUA, V. L. **Fatores socioeconômicos, higiênicos e de saneamento na redução de diarreia na Amazônia.** Rev Saúde Pública, p. 50-77, 2016. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/pdf/rsp/v50/pt\\_0034-8910-rsp-S151887872016050006505.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rsp/v50/pt_0034-8910-rsp-S151887872016050006505.pdf)> Acesso em: dez de 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Demográfico de 2010.** 2011. Disponível em:<<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: maio de 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Catálogo de Downloads de Geociências.** 2016. Disponível em: <  
[https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: maio de 2017.

JOVENTINO, E. S.; SILVA, S. F.; ROGERIO, R. F.; FREITAS, G. L.; XIMENES, L. B.; MOURA, E. R. F. **Comportamento da diarreia infantil antes e após o consumo de água pluvial em município do semiárido brasileiro.** Texto Contexto Enfermagem, v. 4, n. 19, p. 691-699, 2010.

JOVENTINO, E. S.; FREITAS, L. V.; VIEIRA, N. F. C.; AQUINO, P. S.; PINHEIRO, A. K. B.; XIMENES, L. B. **Habilidades maternas para prevenção e manejo da diarreia infantil.** Ciência y enfermería. v. XIX, n. 2, p. 67-76, 2013.

KOSSOFF, D.; DUBBIN, W. E.; ALFREDSSON, M.; EDWARDS, S. J.; MACKLIN, M. G.; HUDSON-EDWARDS, K. A. **Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation.** Applied Geochemistry, p. 229-245, 2014.

LEIVAS, P. H. S., S. A. M. A.; GONÇALVES, R. R.; SOUZA, O. T. **Sustentabilidade, saneamento e saúde infantil no Brasil: uma análise a partir de macro e microdados.** Porto Alegre: XVIII Encontro de Economia da Região Sul – ANPEC/SUL, 2015.

LIBANIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública.** Belo Horizonte: Eng. sanit. ambient., vol. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e Ciências da Informação Geográfica**. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2013, 540 p.

LOPES, L. M. N. **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais**. Belo Horizonte: Sinapse Múltipla, 5 (1), jun 1-14, 2016.

LOUREIRO, I. **Competências para promover a saúde**. Revista portuguesa de pedagogia, v. 43, n. 2, p. 81-103, 2009.

MACIEL, A. B. C.; FELIPE, J. A.; LIMA, Z. M. C. **Os problemas de saneamento e seus impactos sobre a saúde pública do município de Dona Inês/PB**. João Pessoa: OKARA, Geografia em debate, v. 9, p. 524-541, 2015.

MAGALHÃES-JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

MALLOWS, C. **The zeroth problem**. American Statistician, 52(1), p. 1-9, 1998.

MARCONATO, M.; MORO, O. F. D.; PARRE, J. L. **Uma análise espacial sobre a saúde nos municípios brasileiros em 2010**. In: XIX Encontro de Economia da Região Sul (ANPEC SUL), Florianópolis, 2016.

MELO, E. C.; MATHIAS, T. A. F. **Distribuição e autocorrelação espacial de indicadores da saúde da mulher e da criança, no Estado do Paraná, Brasil**. Rev. Latino-Am. Enfermagem, 18(6), 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n6/pt\\_19.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n6/pt_19.pdf)>. Acesso em: dez. de 2018.

MELLO-JORGE, M. H. P.; GOTLIEB, S. L. D. **As condições de saúde no Brasil: retrospecto de 1979 a 1995**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000.

NERY, A. A.; ALVES M. S. **A relação do processo saúde-doença e o trabalho de mineração**. J Health Sci Inst, 29(4), 269-71, 2011.

OLIVEIRA, T. C.; LATORRE, M. R. **Trends in hospital admission and infant mortality from diarrhea, 1995-2005**. Rev Saúde Pública, v. 44, p. 102-11, 2010.

PAZ, M. G. A.; ALMEIDA, M. F.; GUNTHER, W. M. R. **Prevalência de diarreia em crianças e condições de saneamento e moradia em áreas periurbanas de Guarulhos, SP**. São Paulo: Rev. bras. epidemiol. v.15, n.1, p.188-197, 2012.

PEREIRA, I. V.; CABRAL, I. E. **Diarréia Aguda em crianças menores de um ano: subsídios para o delineamento do cuidar**. Esc Anna Nery Rev Enferm. 12(2), 224-229, 2008.

PORTELA, R. A.; SOUTO, V. M. S.; LEITE, V. D.; TORQUATO, S. C. **A incidência de doenças diarreicas e a sua relação com a ausência de saneamento: uma revisão bibliográfica.** Hygeia, 7(13), 150-156, 2011.

PORTO, B. B. **Práticas em saneamento rural: um estudo no contexto da agricultura familiar.** Belo Horizonte, 2016. Dissertação (mestrado) - Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

QUEIROZ, J. T. M. **Água de Consumo Humano Distribuída à população e ocorrência de diarreia: um estudo ecológico no município de Vitória/ES.** Belo Horizonte, 2006. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

QUEIROZ, J. T. M.; ROSENBERG, M. W.; HELLER L.; ZHOURI, A. L. M.; SILVA, S. R. **News about Tap and Botted Water: Can This Influence Peoples's Choices?** Journal of Environmental Protection, 3, p. 324-333, 2012.

R Core Team (2018). R: **A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAZZOLINI, M. T. P.; GUNTHER, W. M. R. **Impactos das Deficiências de Acesso a Água.** São Paulo: Saúde Soc., v.17, n.1, p.21-32, 2008.

REIS, P. R. C.; SILVEIRA, S. F. R.; COSTA, I. S. **Caracterização Socioeconômica da Bacia do Rio Doce: Identificação de Grupos Estratégicos por meio de Análise Multivariada.** In: II Encontro Mineiro de Administração Pública, Economia Solidária e Gestão Social. Viçosa: 2010.

REZENDE, S. C.; HELLER, L.; QUEIROZ, A. C. L. **Água, saneamento e saúde no Brasil: interseções e desacordos.** Sevilla (Espanha), Anuario de Estudios Americanos, 66, 2, 57-80, 2009.

ROCHA, M. A. G. **Associação espacial entre mortalidade infantil e precipitação pluviométrica no Estado de Pernambuco.** São Paulo, 2012. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2012.

ROCHA, E. M.; MORAES, L. G. M.; ALMEIDA, L. V.; DALVI, L. R.; ANDRIATO, L. C.; BERGAMASCHI, L. K.; BERNADINA, L. S. D.; PEREIRA, W. B.; GIMENEZ, V. G.; NETO, O. C.; ALMEIDA, H. S. **Impacto do rompimento da barragem em Mariana-MG na saúde da população ribeirinha da cidade de Colatina-ES.** Brasília: Tempus, actas de saúde colet, 10(3), 31-45, 2016.

ROGER, P. P.; LLAMAS, M. R. & MARTINEZ-SANTOS, P. (Editors). **Significance of the silent revolution of intensive groundwater use in world water policy.** In:

Llamas, M. R. & Martinez-Cortina, L. (eds) Water Crisis: myth or reality. Fundación Marcelino Botin. Taylor & Francis, p. 163-180, 2006.

ROGERSON, P. A. **Métodos estatísticos para geografia: um guia para o estudante** / Peter A. Rogerson; tradução técnica: Paulo Fernando Braga Carvalho, José Irineu Rangel Rigotti - 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2012, 348 p.

ROSSINI, H. A. V. **Fatores condicionantes da presença de diferentes modelos de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil: uma análise quantitativa**. Belo Horizonte, 2015. Tese (doutorado) - Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

RUBINGER, S. D. **Desvendando o conceito de saneamento no Brasil: uma análise da percepção da população e do discurso técnico contemporâneo**. Belo Horizonte, 2008. Dissertação (mestrado) - Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SABINO, L. M. M. **Cartilha educativa para promoção da autoeficácia materna na prevenção da diarreia infantil: elaboração e validação**. Fortaleza, 2016. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, 2016.

SALES, B. M. **Caracterização dos determinantes da exclusão sanitária nos domicílios rurais brasileiros**. Belo Horizonte, 2018. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

SALVADOR, P. T. C. O.; ALMEIDA, T. J.; ALVES, K. Y. A.; Dantas, C. N. **A rotavirose e a vacina oral de rotavirus humano no cenário brasileiro: revisão integrativa da literatura**. Ciência & Saúde Coletiva, 16(2), 567-574, 2011.

SCHNACK, F. J.; FONTANA, L. M.; BARBOSA, P. R.; SILVA, L. S. M.; BAILLARGEON, C. M. M.; BARICHELLO, T.; PÓVOA, M. M.; CAVASINI, C. E.; MACHADO, R. L. D. **Enteropatógenos associados com diarreia infantil (<5 anos de idade) em amostra da população da área metropolitana de Criciúma, Santa Catarina, Brasil**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(4), p. 1205-1208, 2003.

SILVA, S. A. **Utilização de técnicas de análise espacial como ferramenta para vigilância de pneumonias radiologicamente definidas na infância**. Goiânia, 2004. Tese (Doutorado) – Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Universidade Federal de Goiás, 2004.

SILVA, S. C. F. **Associação entre a diarreia aguda e a qualidade da água para o consumo humano proveniente de soluções alternativas individuais de abastecimento em Contagem/MG**. Belo Horizonte, 2010. Dissertação (mestrado) -

Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

SILVEIRA, R. B. **Princípios no planejamento em saneamento básico: estudo comparativo de três experiências brasileiras.** Belo Horizonte, 2012. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

SIQUEIRA-JUNIOR, J. B.; MACIEL, I., J.; BARCELLOS, C.; SOUZA, W., V.; CARVALHO, M., S.; NASCIMENTO, N., E.; OLIVEIRA, R., M.; MORAIS-NETO, O.; MARTELLI, C., M.; T. **Spatial point analysis based on dengue surveys at household level in central Brazil.** Biomed Central Public Health, v. 8, n. 361, p. 1-9, 2008.

SNIS - Sistema Nacional de Informações em Saneamento do Ministério das Cidades. **Série Histórica.** 2017. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: Junho de 2017.

SOUZA, M. N. A.; QUEMELO, P. R. V. Q. **Saúde do trabalhador e riscos ocupacionais na mineração.** Vitória: Rev. Bras. Pesq. Saúde, 17(2), 111-121, 2015.

SOUZA, C. M. N. A. **Relação Saneamento - Saúde - Ambiente: um estudo sobre discursos setoriais na perspectiva da promoção da saúde e da prevenção de doenças.** Rio de Janeiro, 2007. Tese (Doutorado) – FIOCRUZ/ENSP: Rio de Janeiro, 2007.

SOUZA, C. M. N.; FREITAS, C. M. **O Saneamento na Ótica de Profissionais de Saneamento-Saúde-Ambiente: promoção da saúde ou prevenção de doenças?** Eng. sanit. ambient. Vol. 13, nº 1, p. 46-53, 2008.

TASSINARI, W. S.; PELLEGRINI, D. C. P.; SABROZA, P. C.; CARVALHO, M. S. **Distribuição espacial da leptospirose no Município do Rio de Janeiro, Brasil, ao longo dos anos de 1996-1999.** Cad Saude Publica, 20(6), p. 1721-9, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-311X2004000600031>>. Acesso em: jan. de 2019.

TOMASI, E.; VICTORIA, C. G.; POST, P. R.; OLINTO, M. T. A.; BEHÁGUE, D. **Uso de chupeta em crianças: contaminação fecal e associação com diarreia.** Rev de Saúde Pública, v. 28, n. 05, p. 373-379, 1994. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v28n5/10.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2019.

TEIXEIRA, J. C.; HELLER, L. **Fatores ambientais associados à diarreia infantil em áreas de assentamento subnormal em Juiz de Fora, Minas Gerais.** Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil, v. 5, n. 4, p. 449-455, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-38292005000400008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-38292005000400008)>. Acesso em: nov. de 2018.

TEIXEIRA, J. C.; PUNGIRUM, M. E. M. C. **Análise da associação entre saneamento e saúde nos países da América Latina e do Caribe, empregando dados secundários do banco de dados da Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS.** Rev. bras. epidemiol., vol.8, n.4, p. 365-376, 2005.

TEIXEIRA, J. C., OLIVEIRA, G.S., VIALI, A. M., MUNIZ, S. S. **Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009.** Eng. sanit. Ambient. v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro.** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014, 76 p.

UHR, J. G. Z.; SCHMECHEL, M.; UHR, D. A. P. **Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das intervenções hospitalares por doenças de veiculação hídrica.** Ribeirão Preto: RACEF - Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace, v.7, n.2, p. 01-16, 2016.

USGS - **UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE (2017).** Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: outubro de 2017.

UOL.COM. **Ministério Público pede suspensão da captação de água no Rio Doce. 2015.** Disponível em: <<https://tvuol.uol.com.br/video/ministerio-publico-pede-suspensao-da-captacao-de-agua-do-rio-doce-04024C1A366AE4B15326>>. Acesso em: nov. de 2017.

VANDERLEI, L. C. M.; SILVA, G. A. P. **Diarreia Aguda: o conhecimento materno sobre a doença reduz o número de hospitalizações nos menores de dois anos?** Revista da Associação Médica Brasileira, v. 3, n. 50, p. 276-281, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ramb/v50n3/21659.pdf>>. Acesso em: jan. de 2019.

VENTURA, G. K. A.; LOPES, F. A. **Infraestrutura de saneamento básico e incidência de doenças associadas: uma análise comparativa entre Belo Horizonte e Ribeirão das Neves - Minas Gerais.** Belo Horizonte: Caderno de Geografia, v. 27, n. 51, 2017.

VICTORETTI, B. A.; HESS, M. L.; MONTEIRO, C. E.; FILHO, P. S. **O impacto das grandes barragens no meio ambiente.** Curitiba: 10º Seminário Nacional de Grandes Barragens, 1975,p. 60-69.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 3ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, vol. 1, 2005, 452 p.

WALDMAN, E. A.; BARATA, R. C. B.; MORAES, J. C.; GUIBU, I. A.; TIMENETSKY, M. C. S. T. **Gastroenterites e infecções respiratórias agudas em crianças menores de 5 anos, em área da região Sudeste do Brasil, 1986-1987.** Revista de

Saúde Pública, v. 31, n. 1, p. 62-70, 1997. Disponível em:  
<[http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89101996000600010&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101996000600010&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: dez. de 2018.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA - UNICEF. **The state of the world's children 2014 in numbers: every child counts.** 2014.

ZUCARELLI, M. C.; LOPES, F. W. A.; OJIMA, R. **Monitoramento das ações em saneamento básico e vulnerabilidade em áreas de risco em Minas Gerais.** Conferência Internacional da Rede, vol. 1, 2010, p. 1-13. Disponível em:<  
<https://www.researchgate.net/publication/266041067>> acesso em: 20 nov. 2017.