

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

**APPLIED ENVIRONMENTAL  
AND SANITARY  
ENGINEERING**

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

**APPLIED ENVIRONMENTAL  
AND SANITARY  
ENGINEERING**

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Collection: applied environmental and sanitary engineering

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied environmental and sanitary engineering /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-857-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.578221901>

1. Environmental and sanitary engineering. I. Paniagua,  
Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## PRESENTATION

The e-book: "Collection: Applied environmental and sanitary engineering" consists of nineteen book chapters that address different themes, but which converge to an enormous concern that increasingly threatens the quality and well-being of future generations: use sustainable environment and its different biotic and abiotic factors. In this sense, the organization and presentation of book chapters was carried out in four thematic areas, providing a better organization and sequencing, leading to a better understanding and ease in understanding each chapter in this e-book. Therefore, the e-book was divided into four thematic areas, namely: *i)* evaluation of the quality of water resources intended for human consumption; *ii)* emission of particulate materials from the combustion of fuels by the fleet of motor vehicles and the burning of large green areas in order to meet the interest of the agricultural sector; *iii)* actions to minimize the amount of waste sent to sanitary landfills, controlled or dumps based on the practice of segregating recyclable waste; *iv)* basic sanitation and the increase in the Human Development index, generation of energy and fertilizers from biodigestion processes and the presence of pesticides and pharmaceuticals in foods of animal origin.

The first theme consists of six book chapters dealing with the importance of continuous monitoring of water quality for drinking purposes, with studies being presented that prove the lack of efficiency in removing microorganisms with pathogenic properties. Furthermore, the importance and creation of public policies in order to avoid the eutrophication of aquatic bodies that are increasingly common in urban areas. The second consists of four chapters that evaluated the air quality from the emission of particulate materials from human activities, including the burning of fuels and fires in different biomes and how these have been influencing the increase in the formation of islands of heat in urban centers.

The third theme consists of four book chapters that address the importance of carrying out the construction of residential works (condominiums) in order to encourage residents to develop an environmental awareness in relation to the segregation of waste, especially organic and recyclable ones, and the latter would be intended for people who work and with recycling and who contribute significantly to the reduction in the final disposal of waste. Finally, the fourth theme consists of five chapters that present works that discuss the importance of biodigestion in rural areas, basic sanitation as an important factor in determining the HDI and the importance of monitoring the presence of pesticides and drugs in food of animal origin.

In this perspective, Atena Editora has been working with the aim of stimulating and encouraging researchers from Brazil and other countries to publish their work with a guarantee of quality and excellence in the form of books and book chapters that are available on the Editora's website and elsewhere. digital platforms with free access.



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES ATMOSFÉRICOS EM COMPOSTOS DE CHUVA OCORRIDOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO WRF**


Fabricio Polifke da Silva  
Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva  
Wallace Figueiredo Menezes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219011>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

**ANÁLISE DO PADRÃO DA ÁGUA POTÁVEL COMERCIALIZADA EM RELAÇÃO AOS ELEMENTOS QUÍMICOS PRESENTES PELA TÉCNICA DE RADIAÇÃO SINCROTRON E DE COLIFORMES FECALIS PELO MÉTODO COLILLERT®**


Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219012>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCOS MICROBIOLÓGICOS (AQRM) ASSOCIADOS AO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS: ESTUDO DE CASO EM MACEIÓ-AL**


Ivo Gabriel Guedes Alves  
Marcio Gomes Barboza  
Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219013>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

**GRAU DE EUTROFIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ES, BRASIL**


Gemael Barbosa Lima  
Gilberto Henke  
Wanderson de Paula Pinto  
Julielza Betzel Badotto  
Claudinei Antônio Montebeller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219014>

### **CAPÍTULO 5..... 56**

**DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN COMUNIDADES MAYAS DE MÉXICO**

Delghi Yudire Ruiz Patrón  
Cindy Vianely Cetina Aguilar  
Jesús Antonio Santos Tejero  
José Efraín Ramírez Benítez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219015>

### **CAPÍTULO 6..... 72**


**DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA O DIMENSIONAMENTO**

## DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Lorena Francyne Queiroz Rocha

Marcio Gomes Barboza

Wagner Roberto Oliveira Pimentel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219016>

## **CAPÍTULO 7..... 87**

### COMPORTAMENTO DAS QUEIMADAS NOS BIOMAS BRASILEIROS ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2020


Débora Cristina Correia Cardoso

Daniely Neckel Rosini

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219017>


## **CAPÍTULO 8..... 102**

### QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DA QUEIMA DE BIOMASSA EM LAGES-SC

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219018>

## **CAPÍTULO 9..... 114**

### MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGAGEM NA MEDIÇÃO DE ILHA DE CALOR EM SANTARÉM-PA

Felizandra Pereira de Aquino

Hudson Ferreira Dias


Victor Hugo da Rocha Uchoa

Carlos Manoel Rocha Melo

Raphael Tapajós

Wilderclay Barreto Machado

Rodrigo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219019>

## **CAPÍTULO 10..... 124**

### MODELAGEM E PREVISÃO DA CONCENTRAÇÃO DE $PM_{10}$ NA CIDADE DE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Wanderson de Paula Pinto

Valdério Anselmo Reisen

Gemael Barbosa Lima


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190110>

## **CAPÍTULO 11..... 134**

### PANORAMA DA COLETA SELETIVA EM SALVADOR-BA E A EXPERIÊNCIA DE COOPERATIVAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS COM OS POSTOS DE ENTREGA

## VOLUNTÁRIA (PEV)


Juliane Figueredo de Araújo Ribeiro  
Gabriela Vieira de Toledo Lisboa Ataíde  
Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190111>

## **CAPÍTULO 12..... 144**

### PROPOSTA METODOLÓGICA DE AVALIAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA PROMOVER A RECICLAGEM INCLUSIVA


Andréa Cardoso Ventura  
José Célio Silveira Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190112>

## **CAPÍTULO 13..... 156**

### OPTIMIZING REVERSE LOGISTIC NETWORK PROPOSAL OF WASTE PICKERS ORGANIZATIONS WITH WASTE TRANSFER STATIONS TO IMPROVE THE ECONOMIC EFFICIENCY OF RECYCLING CHAIN


Marcus Camilo Dalvi Garcia  
Renato Ribeiro Siman  
Maria Claudia Lima Couto  
Luciana Harue Yamane  
Rodrigo Alvarenga Rosa  
Gisele de Lorena Diniz Chaves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190113>

## **CAPÍTULO 14..... 178**

### ECONDOMÍNIOS PROJECT: SOLID WASTE MANAGEMENT IN RESIDENTIAL CONDOMINIUMS


Gerson Araujo de Medeiros  
Ana Paula Loro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190114>

## **CAPÍTULO 15..... 186**

### ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE BIODIGESTÃO UTILIZANDO RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE ROSANA


Sabrina Emília de Almeida Pavez  
Letícia Sabo Boschi  
Claudia Gonçalves de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190115>

## **CAPÍTULO 16..... 205**

### RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE SANEAMENTO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL


Rafaela Ferrareis Loubato  
Gemael Barbosa Lima  
Claudinei Antônio Montebeller  
Wanderson de Paula Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190116>

**CAPÍTULO 17.....218**

MONITORAMENTO DA REMOÇÃO MULTIELEMENTAR EM TRATAMENTO POR VALA DE FILTRAÇÃO

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190117>

**CAPÍTULO 18.....234**

QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS (MEDICAMENTOS VENCIDOS) GERADOS EM UM HOSPITAL ESCOLA LOCALIZADO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Camila Cristina da Silva Moraes

João Vicente Franceschi

Letícia Piteli Balan

Lucas Eduardo Zacarias Gomes


Marcos Vinicius de Souza Serrano

Paulo Giovanni Coraucci Netto

Vinicius Solimani Marquezam

Vitor Vilela Pinese

Luciana Rezende Alves de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190118>

**CAPÍTULO 19.....245**


DETECTION AND QUANTIFICATION OF MULTIRESIDE PESTICIDES AND PHARMACEUTICALS IN FOODS OF ANIMAL ORIGIN USING THE QuEChERS METHOD IN PREPARATION OF SAMPLES

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Bruno Elias dos Santos Costa

Anelise dos Santos Mendonça Soares

Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190119>

**SOBRE O ORGANIZADOR.....256**

**ÍNDICE REMISSIVO.....257**

## RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE SANEAMENTO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

*Data de aceite: 10/01/2022*

*Data de submissão: 08/10/2021*

### **Rafaela Ferrareis Loubato**

Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC)  
Colatina, ES  
<http://lattes.cnpq.br/3456725938318060>

### **Gemael Barbosa Lima**

Faculdade da Região Serrana (FARESE)  
<https://orcid.org/0000-0003-3675-4720>

### **Claudinei Antônio Montebeller**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural (INCAPER)  
Linhares, ES  
<http://lattes.cnpq.br/2547132665413519>

### **Wanderson de Paula Pinto**

Faculdade da Região Serrana  
Santa Maria de Jetibá, ES  
<https://orcid.org/0000-0001-5267-227X>

**RESUMO.** O presente estudo tem por objetivo avaliar a correlação existente entre os índices de saneamento e índice de desenvolvimento humano no estado do Espírito Santo, Brasil, a fim de verificar os possíveis impactos do setor no desenvolvimento local. Para isso, foram coletados dados referente ao ano de 2010 de todos municípios que compõem as regiões analisadas, com ênfase em alguns serviços, como: abastecimento e perdas de água e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), no qual foram demonstrados através de diagramas

de dispersão. Os resultados apontam que na grande maioria das regiões houve moderada correlação quanto ao abastecimento urbano e total de água, com tendência de queda à medida em que se reduz o número de habitantes. Por outro lado, com exceção da região da Grande Vitória, notou-se que em relação as perdas nos sistemas de abastecimento não foram observadas correlações, o que significa que pode haver outras variáveis mais significativas. Com isso, concluiu-se que os resultados desse artigo podem contribuir com ações voltadas para uma maior eficácia das políticas públicas direcionadas ao setor de saneamento, proporcionando de maneira geral, melhor qualidade de vida à população.

**PALAVRAS-CHAVE:** IDH; Água; Abastecimento; Perdas, Índice.

### RELATIONSHIP BETWEEN SANITATION INDICATORS AND HUMAN DEVELOPMENT INDEX (HDI) IN THE STATE OF ESPÍRITO SANTO, BRASIL

**ABSTRACT.** The present study aims to assess a correlation between the sanitation indexes and the human development index in the state of Espírito Santo, Brazil, in order to verify the possible sector impacts on local development. For this, data were collected for the year 2010 from all municipalities that make up the analyzed regions, with an emphasis on some services, such: as water supply and losses and Municipality Human Development Index (MHDl), in which they were demonstrated through dispersion diagrams. The results show that in the vast majority of regions

there was a moderate correlation to urban and total water supply, with a downward trend as the number of inhabitants reduced. On the other hand, with the exception of the Greater Vitória region, it was noted that in relation to losses in the supply systems, no correlations were observed, which means that there may be other main variables. Thus, it is thought that the results of this article can contribute to actions aimed at greater effectiveness of public policies aimed at the sanitation sector, providing, in general, the best quality of life to the population.

**KEYWORDS:** HDI; Water; Supply; Losses; Index.

## 1 | INTRODUÇÃO

Dentre os setores de infraestrutura, o saneamento se destaca pela essencialidade atribuída aos serviços necessários para a garantia do bem-estar da população. A Fundação Nacional da Saúde (2004), caracteriza como sendo um conjunto de ações sociais e econômicas implantadas que servem como instrumento de promoção a qualidade de vida da população, o que traz benefícios em diferentes setores, como: saúde, preservação ambiental, além do desenvolvimento de atividades econômicas (FGV, 2018).

Segundo Fiocruz (2018) no Brasil, a década de 70 e 80 experimentou significativo crescimento nos serviços de abastecimento de água, aumentando a taxa de 40% para 80%, respectivamente. Isso ocorreu, devido sobretudo ao intenso processo de urbanização e aos investimentos proporcionados pelo Plano Nacional de Saneamento (Planasa). Entretanto, a partir desse período, devido principalmente as limitações de financiamento, essa taxa manteve-se com baixo crescimento.

Fiocruz (2018) ainda comenta que o investimento em regiões economicamente mais prósperas, ou seja, com maior interesse econômico, resultaram em exclusão sanitária de parte importante da população, gerando desigualdades que persistem ainda hoje.

Portanto, a necessidade de adotar medidas direcionadas a garantir o desenvolvimento econômico da região, assim como a redução das desigualdades causadas pela ausência de saneamento, tem conduzido a pesquisas direcionadas ao tema. Uma dessas pesquisas, é a de Heller (1998) onde afirma que, em geral, países que possuem elevado grau de desenvolvimento, apresentam maiores coberturas dos serviços de saneamento, o que conduz a populações mais saudáveis. Dessa forma, fica evidente a relação entre saneamento e desenvolvimento.

Para Barbieri (2013) o crescimento populacional e industrial de uma região não significa desenvolvimento humano da mesma, já que nos países em industrialização, a ampliação do saneamento vem acompanhada de desigualdades ao acesso dos itens necessários a uma vida digna, tais como a promoção a educação, alimentação e saúde. Isso ocorre, especialmente, pela ausência de planejamento do local.

Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar a correlação existente entre o índice de desenvolvimento humano e os indicadores de saneamento, com ênfase nos

índices de abastecimento e perdas de água, em todos os municípios do estado do Espírito Santo.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estado do Espírito Santo está situado em região estratégica no litoral da região Sudeste do Brasil, próximo a grandes centros de produção e consumo do país. Localizado entre os paralelos 17°53'29" N e 21°18'03" S e os meridianos 39°41'18" e 41°52'45" W, limita-se com os estados da Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, além de divisa com o Oceano Atlântico (IJSN, 2011).

Conforme dados divulgados do último censo do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do ano de 2019, o estado possui uma área aproximada de 46.074,447 km<sup>2</sup>, abrigando uma população residente de 4.018,650 milhões de habitantes distribuídos entre os 78 municípios, o que perfaz uma densidade demográfica média estadual de 76,25 habitantes por km<sup>2</sup>.

Diante das diferentes regionalizações adotadas para o estado do Espírito Santo, no presente estudo optou-se por realizar as avaliações de acordo com a seguinte divisão: Todo Território do Estado (ES), Região Grande Vitória (RGV), Nordeste (NE), Noroeste (NO), Norte (N), Serrana (Serra.), e região Sul (S), conforme demonstrado na Figura 1.

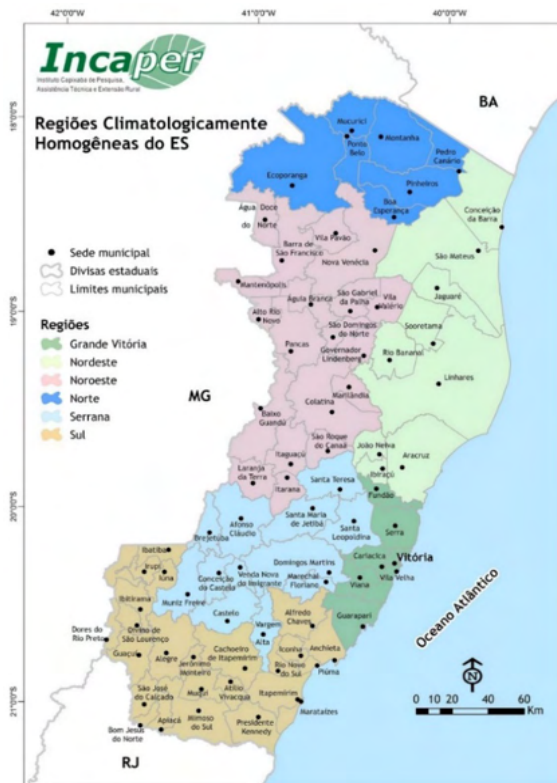


Figura 1: Divisão regional do estado do Espírito Santo

## 2.2 Dados

Todos os dados utilizados neste estudo referem-se ao ano de 2010, período da última pesquisa censitária do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde foram obtidos os Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) de todos os municípios do estado do Espírito Santo.

Os indicadores de saneamento básico investigados no presente trabalho restringiram-se aqueles relativos ao atendimento das populações por sistemas de abastecimento de água, sendo divididos entre urbana e total, a qual inclui também a população residente em zona rural, além do índice de perdas nos sistemas. Os dados foram obtidos junto ao Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), visto que tal sistema reúne informações anualmente sobre a prestação de serviços de saneamento provenientes dos prestadores que operam no Brasil. O banco de dados possui levantamentos do período de 1996 a 2020, entretanto, visto o interesse do trabalho em avaliar as correlações entre os indicadores de saneamento com o indicador social, optou-se por utilizar o mesmo ano de referência (2010).



Para elaboração das análises utilizou-se de diagramas de dispersão, elaborados através de planilha eletrônica. Os diagramas são a distribuição de pontos em um sistema de coordenadas que indicam a correlação entre duas variáveis. Segundo Gujarati (2011) o nível da relação entre as duas variáveis pode ser estabelecido através do coeficiente de correlação (Cor.) ou coeficiente de correlação de Pearson, o qual é denotado por R. Ele mede em que grau e sentido (crescente/decrescente) verifica-se a relação entre duas grandezas, podendo assumir valores de -1 a 1. Portanto, quanto mais próximo de zero for o valor, menor será a indicação de que as variáveis estejam correlacionadas. Ainda segundo o autor, outro valor decorrente muito utilizado é o chamado coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que define o percentual da variação total dos dados da amostra em torno da sua média aritmética, ou seja, o quanto a variável dependente Y que é explicada pela variável explanatória X. Este coeficiente situa-se entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo do valor 1, melhor é a explicação do modelo.

O coeficiente de correlação foi classificado: Bem Fraca ( $0,00 \leq R \leq 0,19$ ); fraca ( $0,20 \leq R \leq 0,39$ ); moderada ( $0,40 \leq R \leq 0,69$ ); forte ( $0,70 \leq R \leq 0,89$ ) e muito forte ( $0,90 \leq R \leq 1,00$ ).

### 3 | RESULTADOS

A Figura 2 demonstra a relação entre Índice de Desenvolvimento Municipal (IDHM) e cobertura de sistema de abastecimento de água. Nota-se que os municípios que apresentam IDH mais elevado são os que possuem maior cobertura de atendimento.

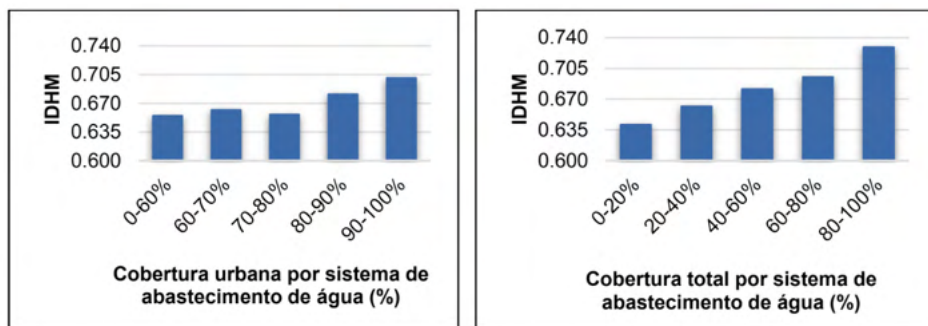


Figura 2: Índice de desenvolvimento humano em 78 municípios do estado do Espírito Santo, agrupados segundo os níveis de atendimento de água urbana e total

Outra análise dos mesmos dados apresentados pelas Figuras 3 e 4 mostram através de gráficos de dispersão as correlações calculadas entre os índices de abastecimento de água e o índice social – IDH de cada região considerada neste estudo. Em geral, nota-se que em todo o estado do Espírito Santo e na maioria das regiões, as variáveis apresentam relação positiva com tendência de aumento do índice de atendimento de água à medida que o IDH aumenta, além de uma relação classificada como moderada à forte entre as

variáveis analisadas, o que se comprova na Tabela 1.

Ainda de acordo com a tabela, há destaque para as regiões Nordeste e Noroeste, que predominam-se com os melhores coeficientes de correlação, diferentemente das regiões Serrana e Norte, que considerando respectivamente, o atendimento urbano e total de água, enquadram-se com uma fraca relação entre as variáveis. Ao se avaliar as informações demonstradas na Figura 5, constatou-se ainda que a correlação tende a diminuir à medida em que se reduz o número de habitantes.

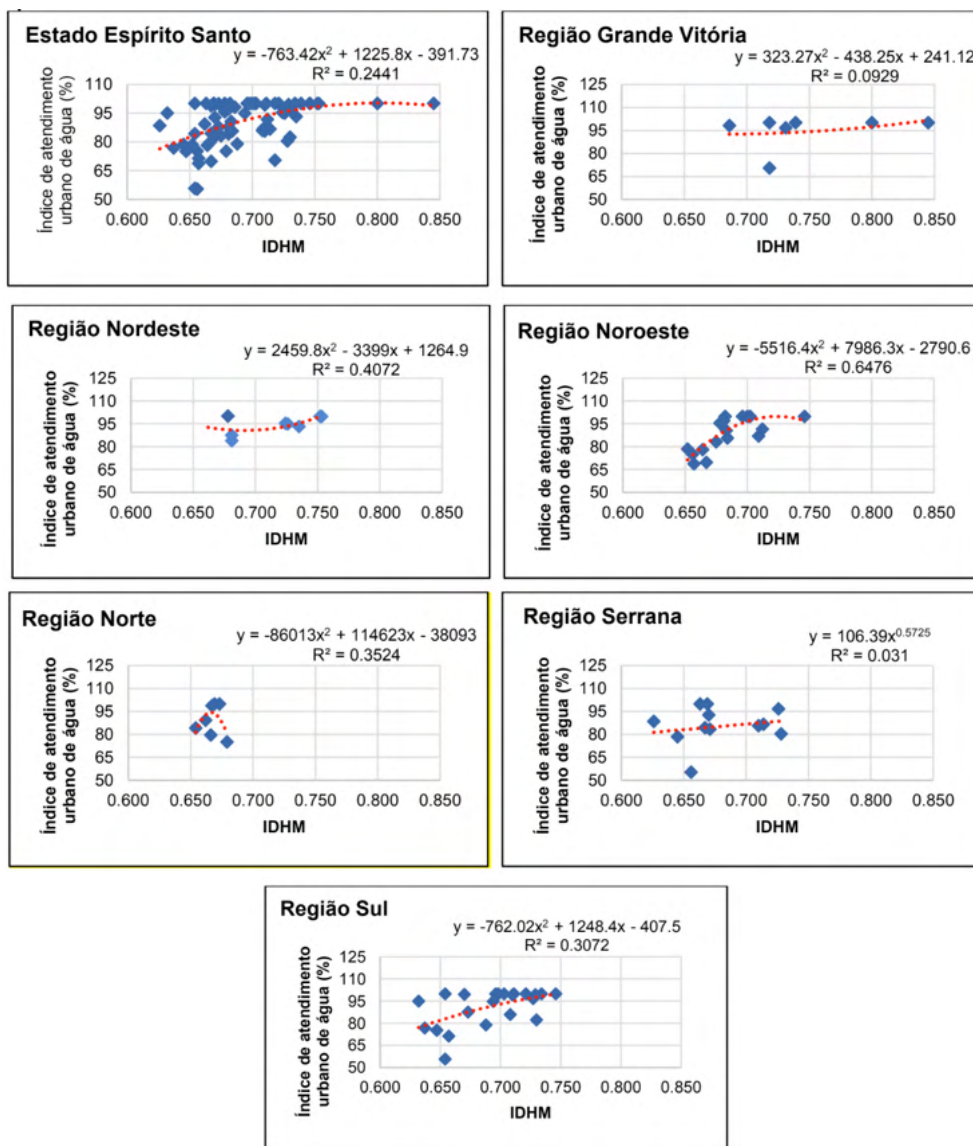


Figura 3: Correlação entre o índice de atendimento urbano de água e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) nas regiões do estado do Espírito Santo

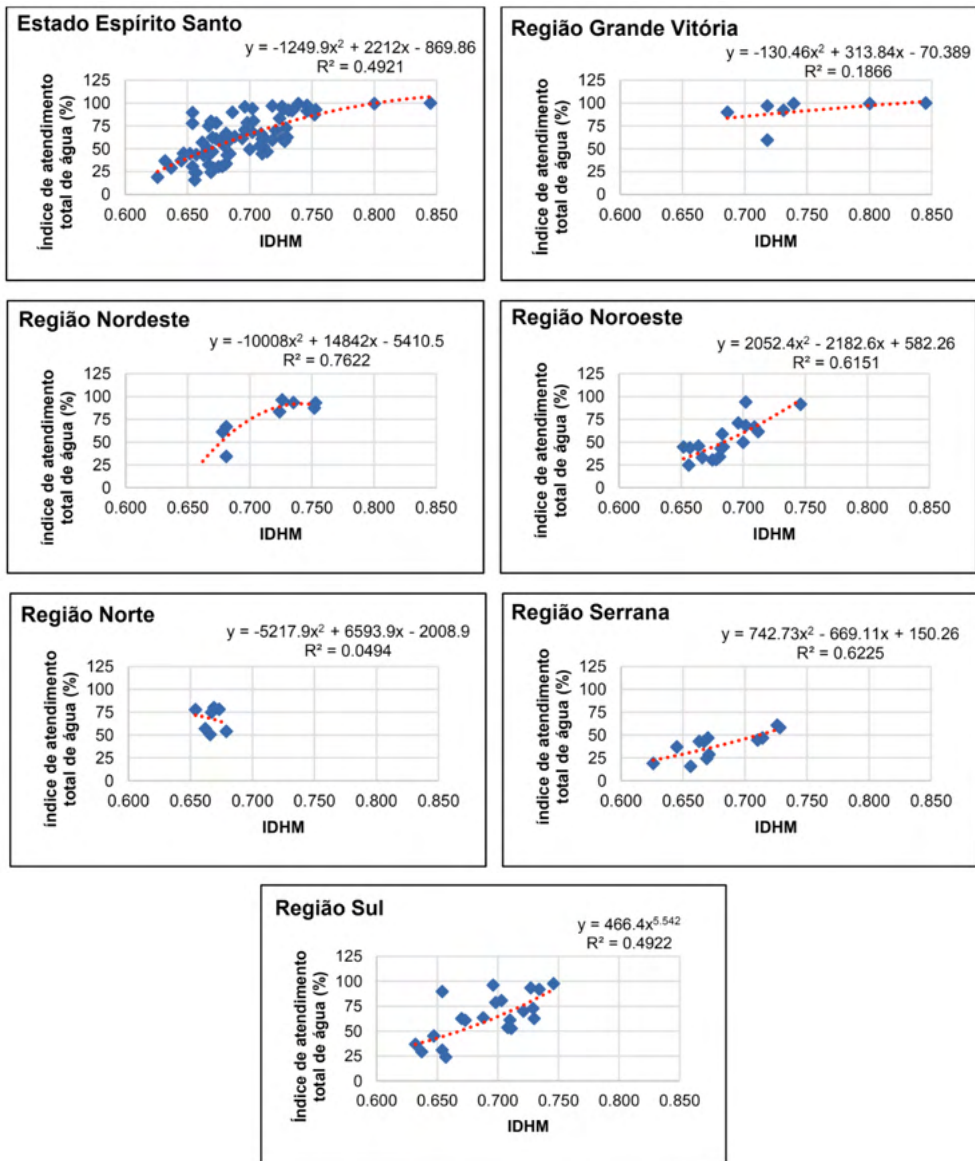


Figura 4: Correlação entre o índice de atendimento total de água e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) nas regiões do estado do Espírito Santo

A Figura 6 mostra relação entre IDHM e as perdas de água. É possível observar que os percentuais de perdas crescem à medida que aumenta o índice de desenvolvimento humano até a faixa de 50%, acima deste valor percebe-se que há uma redução do IDH médio. O mesmo acontece à medida que aumenta o número de habitantes. Na Figura 7, observa-se que exceto a região da Grande Vitória, que possui uma correlação negativa e forte, todas as demais regiões, ao analisar o  $R^2$ , sugerem que a perda de água não tem

relação direta entre os índices analisados.

Funções:		Exponencial		Linear		Logarítmica		Polinomial (ordem 2)		Potência		Cor.
		R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	
Abastecimento urbano	ES	0,2036	0,4512	0,2142	0,4628	0,2210	0,4701	0,2441	<b>0,4941</b>	0,2104	0,4587	M
	RGV	0,0833	0,2886	0,0879	0,2965	0,0864	0,2939	0,0929	<b>0,3048</b>	0,0819	0,2862	FR
	NE	0,3571	0,5976	0,3505	0,5920	0,3468	0,5889	0,4072	<b>0,6381</b>	0,3537	0,5947	M
	NO	0,5047	0,7104	0,5065	0,7117	0,5185	0,7201	0,6476	<b>0,8047</b>	0,5170	0,7190	F
	N	0,0026	0,0510	0,0003	0,0173	0,0002	0,0141	0,3524	<b>0,5936</b>	0,0022	0,0469	M
	Serra.	0,0308	0,1755	0,0252	0,1587	0,0256	0,1600	0,0284	0,1685	0,0310	<b>0,1761</b>	BF
	S	0,2924	0,5407	0,3035	0,5509	0,3046	0,5519	0,3072	<b>0,5543</b>	0,2934	0,5417	M
Abastecimento total	ES	0,4305	0,6561	0,4741	0,6885	0,4812	0,6937	0,4921	<b>0,7015</b>	0,4420	0,6648	F
	RGV	0,1578	0,3972	0,1861	0,4314	0,1863	0,4316	0,1866	<b>0,4320</b>	0,1575	0,3969	M
	NE	0,5958	0,7719	0,6905	0,8310	0,6959	0,8342	0,7622	<b>0,8730</b>	0,6003	0,7748	F
	NO	0,5709	0,7556	0,6092	0,7805	0,6060	0,7785	0,6151	<b>0,7843</b>	0,5700	0,7550	F
	N	0,0494	0,2223	0,0486	0,2205	0,0485	0,2202	0,0494	<b>0,2223</b>	0,0493	0,2220	FR
	Serra.	0,5361	0,7322	0,6281	<b>0,7925</b>	0,6182	0,7863	0,6225	0,7890	0,5376	0,7332	F
	S	0,4887	0,6991	0,4670	0,6834	0,4685	0,6845	0,4703	0,6858	0,4922	<b>0,7016</b>	F

Tabela 1: Coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e de correlação (R) avaliados a partir da correlação entre os índices de abastecimento de água e o IDHM

Nota: BF = bem fraca; FR = Fraca; M = moderada; F = forte; MF = muito forte.

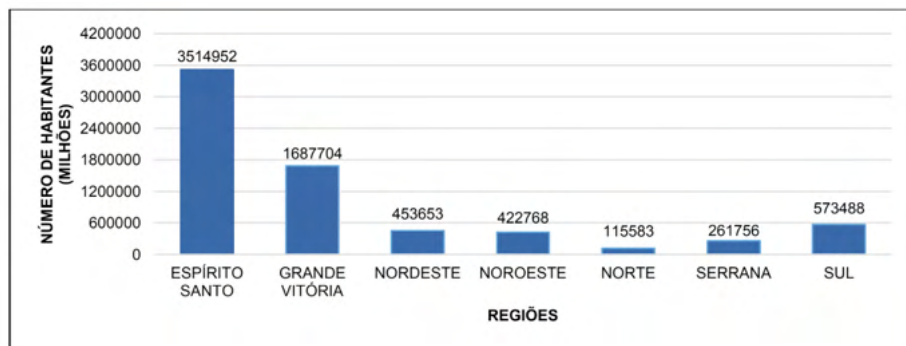


Figura 5: Número de habitantes divididos entre as regiões do estado do Espírito Santo

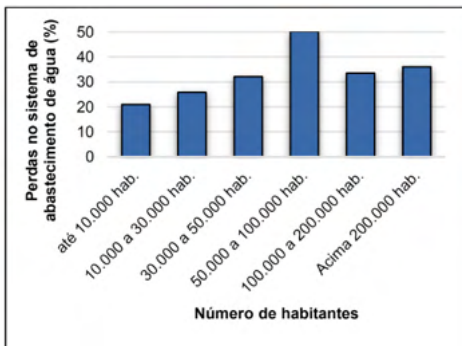
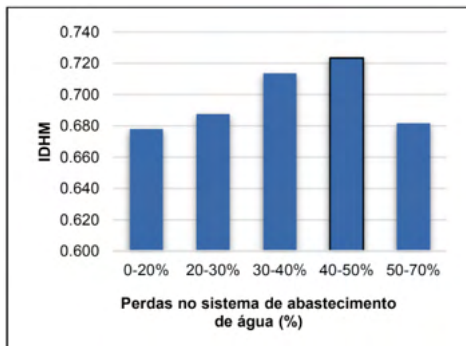
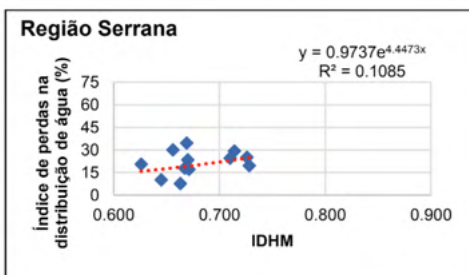
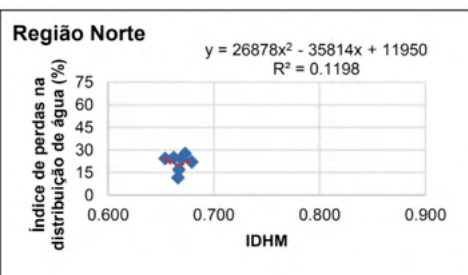
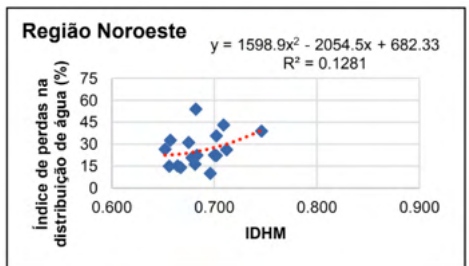
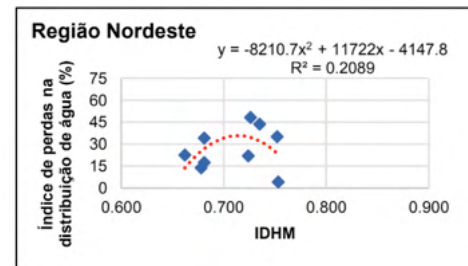
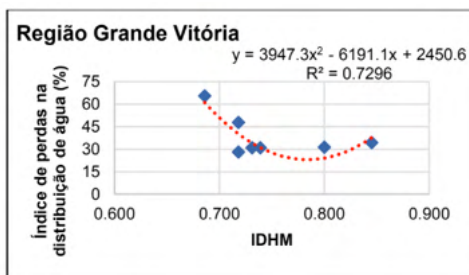
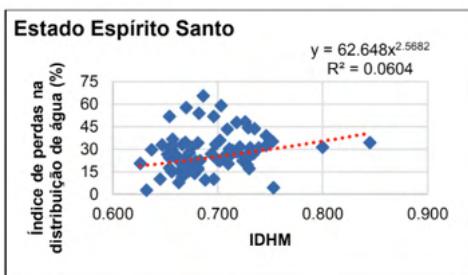


Figura 6: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal em 78 municípios do estado do Espírito Santo, agrupados segundo os percentuais de perdas de água e relacionados quanto ao número de habitantes



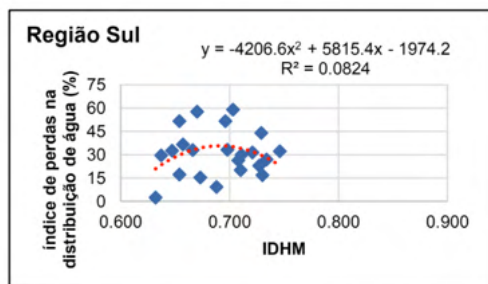


Figura 7: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal em 78 municípios do estado do Espírito Santo, agrupados segundo os níveis de perdas de água nos sistemas de abastecimento

Funções:		Exponencial		Linear		Logarítmica		Polinomial (ordem 2)		Potência		Cor.
		R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	R <sup>2</sup>	R	
Perdas de água	ES	0,0572	0,2392	0,0459	0,2142	0,048	0,2191	0,0588	0,2425	0,0604	<b>0,2458</b>	FR
	RGV	0,2073	0,4553	0,2457	0,4957	0,2662	0,5159	0,7296	<b>0,8542</b>	0,2258	0,4752	F
	NE	0,0043	0,0656	0,0353	0,1879	0,0376	0,1939	0,2089	<b>0,4571</b>	0,0035	0,0592	M
	NO	0,1137	0,3372	0,0117	0,1082	0,1155	0,3399	0,1281	<b>0,3579</b>	0,1116	0,3341	FR
	N	0,0005	0,0224	0,0003	0,0173	0,0002	0,0141	0,1198	<b>0,3461</b>	0,0004	0,2000	FR
	Serra.	0,1085	<b>0,3294</b>	0,0844	0,2905	0,0853	0,2921	0,0909	0,3015	0,1084	0,3292	FR
	S	0,056	0,2366	0,004	0,0632	0,0048	0,0693	0,0824	<b>0,2871</b>	0,0593	0,2435	FR

Nota: BF = bem fraca; FR = Fraca; M = moderada; F = forte; MF = muito forte.

Tabela 2: Coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e de correlação (R) avaliados a partir da correlação o entre índice de perdas de água e o IDHM

## 4 | DISCUSSÃO

A partir dos resultados apresentados neste trabalho, é possível identificar uma moderada correlação entre os índices de abastecimento de água e o índice de desenvolvimento humano nas regiões avaliadas. O mesmo pode ser confrontado com o estudo realizado por Santos (2010) que encontrou o mesmo resultado entre o consumo de água per capita e IDH nos municípios brasileiros. Nota-se nesta pesquisa que a grande maioria das regiões analisadas também apresentaram baixos coeficientes de determinação - R<sup>2</sup>, constatando que essa correlação tende a aumentar nos dados analisados com menor número de municípios.

Resultado similar foi encontrado no estudo realizado por Souza et al. (2016), no estado de Goiás, Brasil, o qual avaliou a relação entre saneamento, IDH e remanescente cobertura vegetal, onde verificou que houve uma forte correlação entre as áreas que possuem maior índice de saneamento com as regiões que tem maior índice de desenvolvimento humano.

Segundo Libânio, et al. (2005) essa relação pode ser explicada pelo fato de o cálculo do IDH levar em consideração, além de estatísticas de renda e de educação da população, a expectativa de vida ao nascer. O PNDU (2013) define expectativa de vida como o número

médio de anos que as pessoas viveriam a partir do nascimento, sintetizando o nível de mortalidade e os riscos de morte que podem atingir a população durante esse período. Além disso, esse índice ainda é um importante indicador de saúde, o qual retrata, em certo grau, as condições de saneamento, o que pode ser atestado com o estudo de Santos (2010), onde afirmou que as regiões com maior expectativa de vida e IDH apresentaram maiores índices de cobertura por rede de abastecimento de água, havendo portanto, considerável melhora nos indicadores de saúde em função de intervenções realizadas na cobertura de abastecimento de água, o que reflete no desenvolvimento da região.

Nota-se também, que houve tendência de elevação da cobertura de água à medida que aumenta o número de habitantes de cada região analisada, o que corrobora com os resultados encontrados por Saiani; Toneto (2010), fato este que foi observado em todas as regiões do Brasil. Por outro lado, como destacam os autores, a desigualdade de acesso a esses serviços também está associado à renda média dos habitantes, outra variável estatística utilizada para o cálculo do IDH.

Vale ressaltar que mesmo a carência nos setores de abastecimento de água afirmarem que há um enorme agravante na saúde da população, o que reflete no desenvolvimento humano, está variável é influenciada por uma série de fatores, como educação e economia. Portanto mais estudos se fazem necessários para avaliar a relação entre essas variáveis.

Outra problemática associada a prestação de serviços de abastecimento está relacionada as perdas de água nos sistemas. De acordo com Silva et al. (2019) essas perdas ocorrem devido a vários motivos, entre eles a falta de manutenção nos sistemas e consumo não autorizado, como furto. Por isso é comum o estabelecimento de níveis mínimos de aceitação para um maior controle.

No Brasil, por exemplo, conforme relatório divulgado pelo SNIS (2019) este índice vem crescendo atingindo valores superiores à média dos países desenvolvidos e mais eficientes na distribuição de água. Entretanto, nota-se nos resultados apresentados que os níveis de perdas de água nos municípios do estado do Espírito Santo são mais elevados em regiões mais desenvolvidas, ou seja, com maiores índices de desenvolvimento humano, assim como apresentou maiores percentuais em municípios mais populosos, o que contrapõe as análises realizadas entre os países.

Em estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil (2019) que analisou o índice de perdas de água nas 100 cidades mais populosas do Brasil, averiguou-se que o percentual médio encontrado foi superior ao nível de perdas de água comparado ao total de municípios brasileiros. Além disso, o município de Cariacica, pertencente a região da Grande Vitória, situa-se entre os municípios com piores índices de perdas na distribuição, atingindo valor próximo à 60%, o que reforça os resultados encontrados neste trabalho.

Conforme explica Miranda (2002), um dos motivos que ocasionou o grande aumento dessas perdas foi devido ao crescimento desordenado principalmente nas grandes cidades nas últimas décadas, levando a grande demanda por abastecimento de água. Isso fez



com que as concessionárias adotassem soluções pragmáticas para estender as redes de distribuição até as áreas sem atendimento, muitas vezes sem estrutura ou tecnologia adequada. Diversos estudos, entre eles o de Silva (2015), afirmam que os índices de perdas estão diretamente associados à qualidade da infraestrutura e da gestão dos sistemas.

## 5 | CONCLUSÃO

A partir dos objetivos da presente pesquisa foi possível concluir que na grande maioria das regiões houve moderada correlação quanto ao abastecimento urbano e total de água, com destaque para duas grandes regiões: Nordeste e Noroeste. Além disso, a medida em que reduz o número de habitantes dos municípios, houve tendência de queda. Por outro lado, com exceção da região da Grande Vitória, conclui-se que as perdas nos sistemas de abastecimento não foram observadas correlações, o que significa que pode haver outras variáveis que tem maior influência sobre o desenvolvimento local.

## REFERÊNCIAS

BARBIERI, J. C.; GIMENES, R. M. T. **Universalização dos serviços de saneamento básico e o desenvolvimento populacional**. Revista Ciência Empresarial. Umuarama. v. 14, n. 2, p. 283-298. 2013.

BRASIL – Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília. 2004.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. **Medindo o saneamento. Potencialidades e limitações dos bancos de dados brasileiros**. Rio de Janeiro. 2018.

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz. **Saneamento e saúde. Coleção saúde, ambiente e sustentabilidade**. Ministério da saúde. Rio de Janeiro. 2018.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5. ed. São Paulo: AMGH, 918 p. 2011.

HELLER, L. **Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento**. Revista Ciência e Saúde Coletiva. Belo Horizonte. p. 73-84. 1998.

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. **Situação dos domicílios e infraestrutura urbana. Indicadores socioeconômicos do Espírito Santo / PNAD 2001 a 2009**. Vitória. 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Perdas de água 2019 (SNIS 2017): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico**. GO Associados. São Paulo. 2019.

LIBÂNIO, P. A. C. et al. **A dimensão da qualidade da água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 10. 2005.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água – Indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade**. Dissertação. Brasília. 2002.



OLIVEIRA, J. M. et al. **Indicadores de desenvolvimento: uma resenha em construção**. Revista de economia Mackenzie. São Paulo. Vol.8. n.1. p. 76-101. 2010

PNDU - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro. Brasília. 2013.

\_\_\_\_\_. **Relatório do desenvolvimento humano 2019. Além dos rendimentos, além das médias, além do presente: Desigualdades no desenvolvimento humano no século XXI**. New York. 2019

SAIANI, C. S.; TONETO, R. J. **Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004)**. Revista Economia e Sociedade. Campinas. Vol. 19. 2010.

SANTOS, F. N. B. **Estudo da correlação do PIB e do IDH com o consumo per capita de água nas regiões brasileiras**. Monografia. Belo Horizonte. 2010

SILVA, A. C. N. **Panorama de perdas em sistemas de abastecimento de água no Brasil**. Campina Grande. 2015.

SILVA, C. C. C. et al. **Série histórica das perdas nos sistemas de abastecimento de água dos municípios do sertão pernambucano**. Revista GEAMA – Ciências Ambientais e Biotecnologia. Recife. 2019

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto**. Brasília. 2019

SOUZA, S. B. S. et al. **Estatística espacial para avaliar a relação entre saneamento básico, IDH e remanescente cobertura vegetal no estado de Goiás, Brasil**. Revista Ambiente e água. Taubaté. Vol. 11. 2016.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Activated sludge 72, 73
- Anthropogenic actions 88
- Aquatic biota 250
- Artificial ecosystem 115
- Atmospheric indicators 1, 2

### B

- Biodigesters 186
- Biodigestion 186, 187
- Biofertilizer 186, 254
- Biogas 186, 204, 254
- Biological filters 72
- Biomass 102, 103, 112

### C

- Cerrado biome 88
- Chlorination 28
- Contaminants of Emerging Concern (CEC) 245

### D

- Drugs 235, 246, 251, 252, 254, 255

### E

- Ecosystem 115
- Effluents 28, 43, 72, 256
- Environmental impact 218
- Evapotranspiration 115

### F

- Fecal coliforms 15

### G

- Geostatistical method of spatialization (Krigagem) 115

### H

- Heat islands 115, 123
- Human Development Index (HDI) 205

## **I**

Inclusive recycling 145

## **L**

Lakes 54

## **M**

Mayan communities 57

Mixed Integer Linear Programming (MILP) 156, 158

## **N**

National Institute for Space Research (INPE) 88

National Solid Waste Policy (PNRS) 134, 159, 166, 169, 175, 178, 235

## **O**

Oligotrophic 43

Organic waste 178, 180, 181, 182

## **P**

Percolating 72

Pesticide 245, 248, 249, 251, 252, 253, 254

Pharmaceuticals 245, 247, 249, 250, 251, 252

Phytoplankton 43

Polishing pond 72

Precipitable water (PW) 2, 4

## **Q**

QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) 245, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255

## **R**

Recyclable materials 134, 135, 154, 162, 164, 178, 183

Residential condominiums 178, 179, 183

Reuse 27, 28, 135, 180, 183, 218, 256

Rivers 43

## **S**

Sanitation 70, 165, 166, 169, 174, 205, 206

Sewage treatment 252, 256

Solar radiation 115, 256

Solid waste 134, 154, 156, 157, 158, 159, 166, 169, 171, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 235

Solid Waste Master Plan 178

Stabilization ponds 72

State Institute for the Environment and Water Resources (IEMA) 124

Sustainability 176, 178, 182, 184, 219

Synchrotron radiation 15, 218

## **U**

United States Environmental Protection Agency (USEPA) 28

Urban solid waste management 159, 175, 183

## **W**


Waste Transfer Station (WTS) 156, 157, 171, 174, 176


Water pollution 15


Water resources 26, 57, 124, 162, 250


Water treatment 218

World Health Organization (WHO) 28, 250

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

---

*Collection:*

# APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

---

*Collection:*

# APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING