



# ANÁLISE DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA APODI-MOSSORÓ COM APLICAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) LIVRE E GRATUITO

Marcelo Augusto da Costa <sup>1</sup>  
Êmele Rádna Rodrigues do Vale <sup>2</sup>  
Maria Josicleide Felipe Guedes <sup>3</sup>

## RESUMO

Por meio deste estudo, objetivou-se analisar os serviços de saneamento básico na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró com aplicação de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para a água, foram utilizados como critério de avaliação os índices de atendimento total de água e de perdas na distribuição. Já para o eixo de esgoto foram utilizados o índice de coleta de esgoto e o de tratamento de esgoto. Os dados destes índices foram obtidos junto ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). A análise foi pautada no método dos indicadores de desempenho da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS) de Florianópolis/SC e a relação com a média nacional. Os índices que apresentaram avanço, ou seja, que melhoraram os resultados de 2007 até 2016, foram o índice de atendimento total de água, o de perdas na distribuição e o de coleta de esgoto. Já o índice de tratamento de esgoto demonstrou retrocesso. É importante que sejam realizados novos estudos para observar o comportamento de outros índices de desempenho de água e esgoto, adquirir informações de outros bancos de dados, como também avaliar através de outros métodos. Dessa forma, será possível ter uma avaliação holística da situação dos serviços prestados de abastecimento de água e de esgoto na bacia Apodi-Mossoró.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento, Abastecimento de água, Esgotamento sanitário, Indicadores de desempenho.

## INTRODUÇÃO

O marco regulatório do saneamento, instituído pela Lei nº 11.445/2007, atualizado pela Lei nº 14.026/2020, configura um grande passo para o setor, principalmente por apresentar diretrizes nacionais para o saneamento básico. Além disso, a referida lei institui as entidades reguladoras como essenciais na avaliação e no monitoramento da prestação dos serviços de saneamento, incluindo aspectos que tangem o estabelecimento de padrões e indicadores de qualidade dos serviços prestados (BRASIL, 2007; 2020). Nesse sentido, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) fornece, desde 1996, dados e indicadores nacionais de

<sup>1</sup> Graduado pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Ufersa, [marcelo71986@hotmail.com](mailto:marcelo71986@hotmail.com);

<sup>2</sup> Graduada pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Ufersa, [emeleradna@gmail.com](mailto:emeleradna@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Professora do Centro de Engenharias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Ufersa [mjosicleide@ufersa.edu.br](mailto:mjosicleide@ufersa.edu.br).



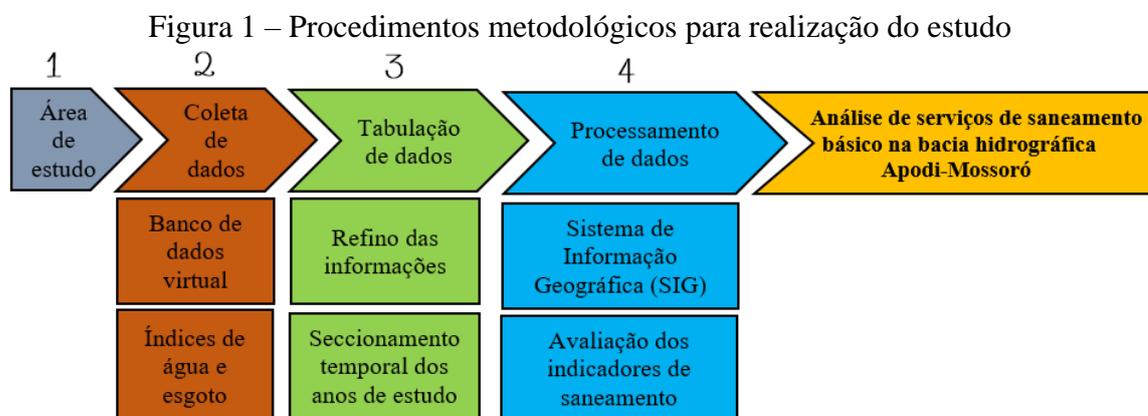
saneamento.

A utilização dos indicadores de desempenho para gerir a prestação e a regulação de serviços de saneamento é crescente (VON SPERLING; VON SPERLING, 2013). No âmbito da administração pública, a vigilância dos dados é imprescindível para monitorar o progresso das ações, aprimorar a lisura na prestação de contas e certificar os impactos das intervenções (SCHWEMLEIN; CRONK; BARTRAM, 2016). Nesse sentido, a implementação de ferramentas de geoprocessamento auxilia na análise de indicadores, pois interliga o Sistema de Informação Geográfica (SIG) aos dados do pesquisador. Para Hino, Villa e Sasaki (2006), a aplicação de SIG possibilita aos pesquisadores a execução de novos métodos para o manejo da informação espacial, tornando-se uma importante ferramenta para conexão entre saúde e ambiente.

O monitoramento dos dados de desempenho dos setores de abastecimento de água e esgotamento sanitário pode ser empregado no sentido de ajustar as estratégias de implementação de um programa voltado ao saneamento básico. Dessa forma, nesta pesquisa objetivou-se analisar os serviços dos setores supracitados na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, com aplicação de SIG livre e gratuito.

## METODOLOGIA

Neste item é realizada uma breve descrição da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, caso de estudo desta pesquisa. Em seguida são apresentadas as etapas metodológicas que subsidiaram a realização deste estudo, conforme ilustradas na Figura 1.



Fonte: Autoria própria (2020)



## Área de estudo

A bacia Apodi-Mossoró ocupa uma superfície de 14.276 km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 26,8% do território do Rio Grande do Norte (RN). Todos os 52 municípios que pertencem a esta bacia estão inseridos na mesorregião do Oeste Potiguar (SEMARH-RN, 2019). O principal curso d'água é o rio Apodi, com extensão de 210 km<sup>2</sup>, sendo o segundo maior em extensão do RN, com foz no Oceano Atlântico, entre os municípios de Grossos e Areia Branca (ARAÚJO, 2006).

Na bacia hidrográfica em estudo, há a predominância de clima tipo BSw'h', conforme a classificação de Köppen, caracterizado por um clima muito quente e semiárido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono. Na maior parte da bacia, as chuvas anuais médias de longo período situam-se em torno de 700 mm, havendo pequena área, nas proximidades da foz e na região a leste do trecho médio do rio do Carmo, onde descem a 600 mm. Na parte alta, a montante da localidade de Tabuleiro Grande, há um aumento até cerca de 900 mm, com pequena área, na região alta de Martins, onde chegam a 1.000 mm (SEMARH-RN, 2019).

## Coleta de dados

No SNIS, os dados sobre índices relativos aos serviços de água e esgoto foram obtidos para todos os municípios que compõem a bacia hidrográfica em estudo, considerando o período de 2007 a 2016. Os índices de saneamento dos municípios da bacia Apodi-Mossoró foram espaçados nos anos de 2007 (ano de surgimento do marco regulatório de saneamento), 2010, 2013 e 2016. A sequência ocorreu de 3 em 3 anos para se ter uma melhor distribuição dos dados.

## Tabulação dos dados

Nesta etapa foi gerada uma planilha para cada ano de estudo, contendo os índices dos municípios analisados e outra contendo as médias nacionais desses mesmos parâmetros. Através do banco de dados espaciais (*shapefile*) da bacia Apodi-Mossoró, que apresenta as delimitações dos municípios contidos na mesma, facilitando a correlação dos índices, foi possível criar outros *shapefiles* para cada ano de estudo, com seus respectivos índices de água e esgoto de cada município.



## Processamento dos dados

Etapa na qual se realizou o cruzamento dos dados tabulados com índices de água e esgoto dos municípios da bacia Apodi-Mossoró, obtendo mapas classificados de acordo com as médias nacionais.

### Integração dos dados do SNIS sobre abastecimento de água e esgotamento sanitário

Nesta fase de processamento realizou-se a construção dos mapas, os quais representam a evolução dos serviços prestados de água e esgoto para os municípios avaliados, comparando-os com as médias nacionais para o mesmo período. O produto dessa análise corresponde a mapas que descrevem, de forma sintética, a situação do abastecimento de água e esgotamento sanitário na bacia Apodi-Mossoró.

Foram utilizados 2 índices de abastecimento de água e 2 de esgotamento sanitário no cruzamento dos dados da bacia e do Brasil. Os índices relativos à água utilizados neste estudo foram: i) N055 – índice de atendimento total de água e ii) IN049 – índice de perdas na distribuição. Já os de esgoto foram os seguintes: i) IN015 – índice de coleta de esgoto e ii) IN016 – índice de tratamento de esgoto.

### Geoprocessamento

Através do *software* Qgis, versão 2.14, se tornou possível a fusão dos dados obtidos pelo SNIS com seus respectivos municípios, que já estavam delimitados em um arquivo utilizado no programa, no formato *shp*. Assim, foram criados 16 mapas, 4 para cada ano, sendo 2 deles para os índices de abastecimento de água e 2 deles para os de esgotamento sanitário.

### Avaliação dos indicadores de desempenho

Após a confecção dos mapas, foi realizada a avaliação dos índices em estudo, para cada município pertencente a bacia Apodi-Mossoró em comparação à média nacional, conforme metodologia da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS) de Florianópolis-SC.



O objetivo do desenvolvimento dessa metodologia é fomentar uma avaliação comparativa entre sistemas similares a nível regional e nacional, assim como o desempenho entre os prestadores de serviços (ARIS, 2015). São geradas planilhas com as séries históricas dos indicadores, possibilitando a análise de forma qualitativa (Quadro 1).

Quadro 1 – Intervalos dos valores da classificação pela ARIS (2015)

Abastecimento de água		Esgotamento sanitário	
Índice	Classificação	Índice	Classificação
Índice de atendimento total de água	Ideal: $\geq 98\%$ Satisfatório: $\geq 90\%$ e $< 98\%$ Insatisfatório: $< 90\%$	Índice de coleta de esgoto	Ideal: $\geq 98\%$ Satisfatório: $\geq 80\%$ e $< 98\%$ Insatisfatório: $< 80\%$
Índice de perdas na distribuição	Ideal: $\leq 25\%$ Satisfatório: $> 25\%$ e $\leq 35\%$ Insatisfatório: $> 35\%$	Índice de tratamento de esgoto	Ideal: = 100% Satisfatório: $\geq 90\%$ e $< 100\%$ Insatisfatório: $< 90\%$

Fonte: ARIS (2015)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Índices de água na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró

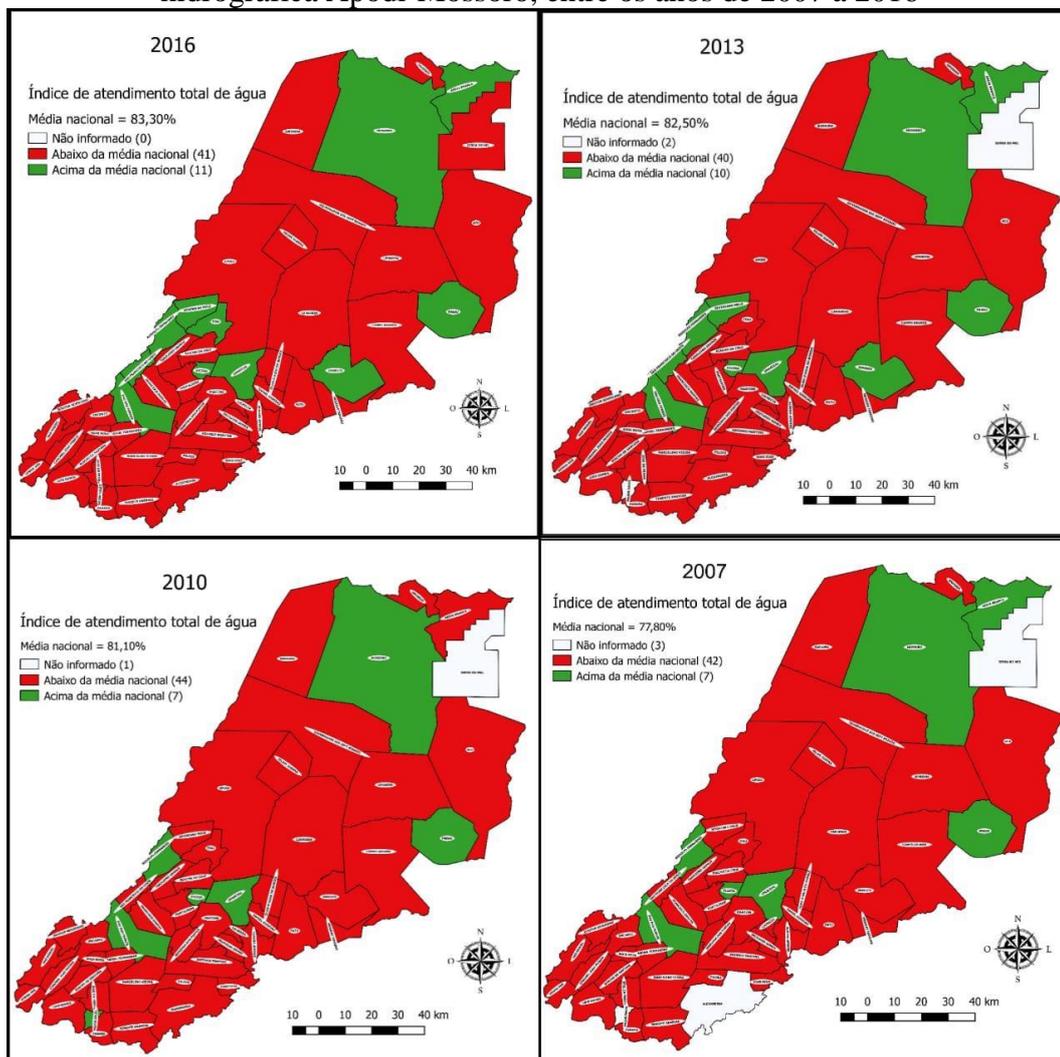
#### Índice de atendimento total de água

Na Figura 2 são apresentados os índices de atendimento total de água para os anos 2007, 2010, 2013 e 2016. Este índice retrata a relação entre a população total atendida com abastecimento de água e a população total residente do(s) município(s) com abastecimento de água, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dos quatro anos estudados, apenas o ano de 2007 obteve uma média nacional abaixo de 80%, havendo um aumento a cada ano no atendimento total de água. Entretanto, todos os anos analisados apresentaram desempenho insatisfatório, conforme metodologia da ARIS (2015).

Em 2007, 42 dos 52 municípios que compõem a bacia Apodi-Mossoró, apresentaram o valor do índice abaixo da média nacional e apenas 7 obtiveram valor acima dessa média (Figura 2). De acordo com a Figura 3, apenas 2 municípios foram classificados como satisfatórios e nenhum deles apresentaram o índice classificado como ideal. Aos longo dos anos, foi possível notar o avanço ínfimo no índice de atendimento total de água. No ano de 2016, 11 municípios apresentaram o índice acima da média nacional, sendo 4 satisfatórios e 4 ideais (Paraú – 99,97%, Rodolfo Fernandes – 99,98%, Severiano Melo – 99,97% e Viçosa – 100%).

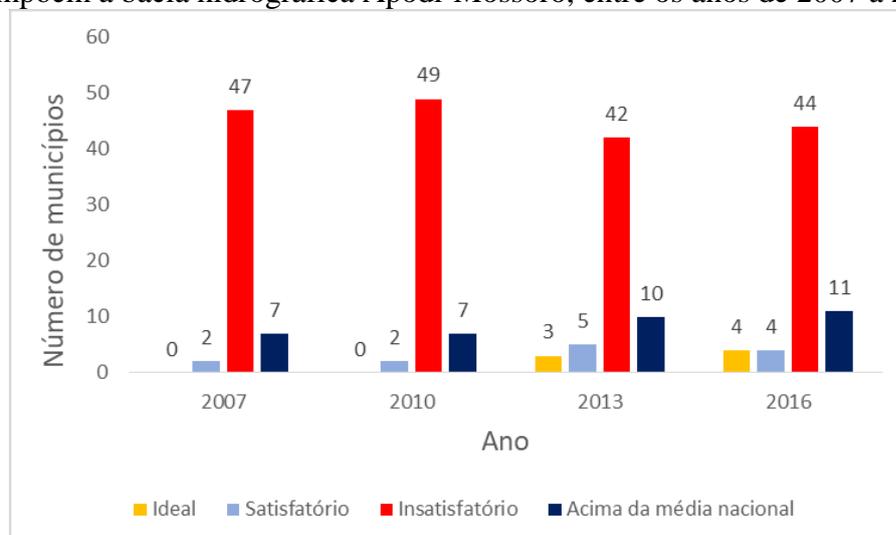


Figura 2 – Índice de atendimento total de água para os municípios que compõem a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, entre os anos de 2007 a 2016



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 3 – Classificação do índice de atendimento total de água para os municípios que compõem a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, entre os anos de 2007 a 2016



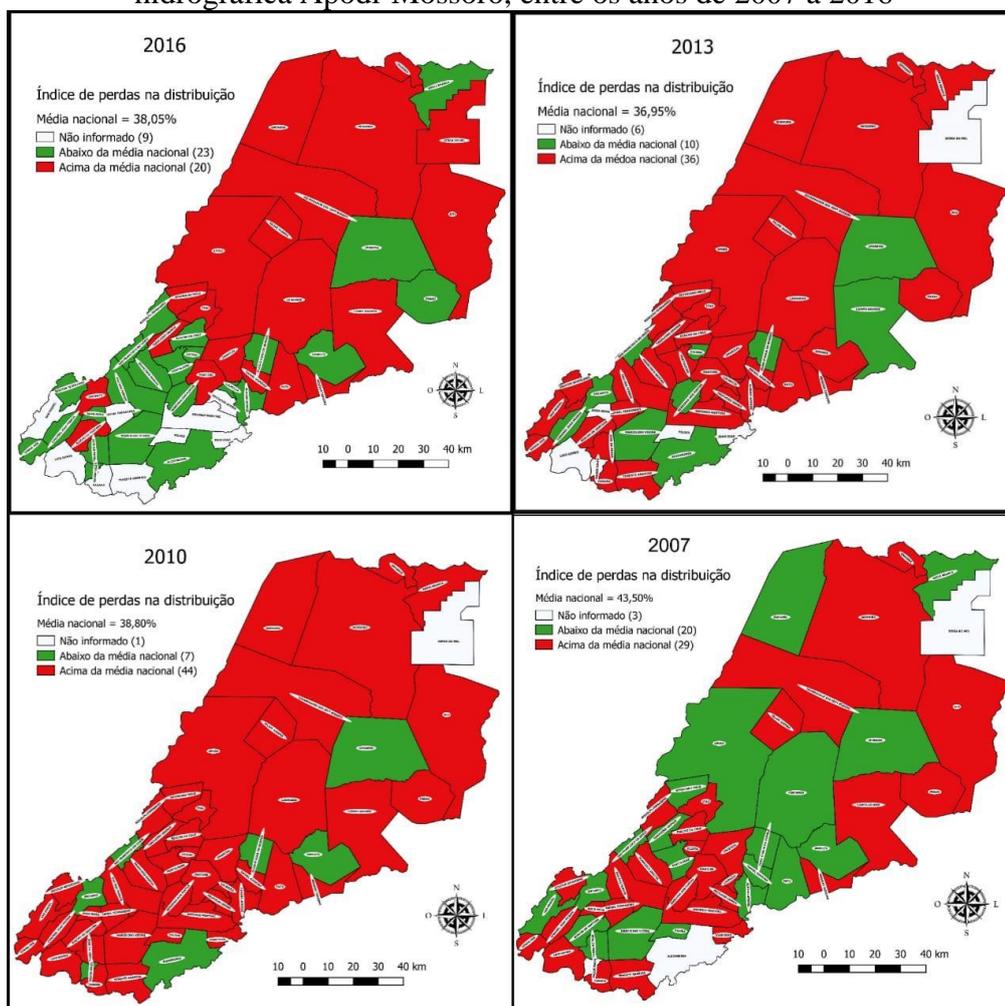
Fonte: Autoria própria (2019)



## Índice de perdas na distribuição

Os índices de perdas na distribuição são apresentados na Figura 4. Este índice informa a porcentagem do volume de água distribuído que é perdido até a análise do volume consumido pelos usuários, podendo ser por questões técnicas (vazamentos) ou comerciais (fraudes, hidrometração deficiente e outras causas).

Figura 4 – Índice de perdas na distribuição para os municípios que compõem a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, entre os anos de 2007 a 2016



Fonte: Autoria própria (2019).

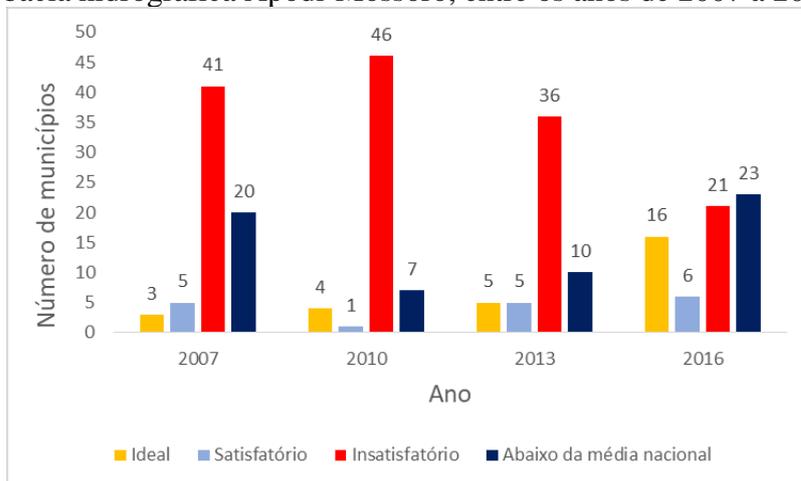
Analisando a média nacional, no ano do início do marco regulatório de saneamento (2007), esse índice chega a 43,5%, mas, nos outros três anos analisados, esse valor ficou abaixo dos 40%, mesmo havendo um aumento do ano de 2013 a 2016, de 36,95 a 38,05% (Figura 4).

Conforme a Figura 4, dos 52 municípios que constituem a bacia Apodi-Mossoró, no mínimo 20 deles apresentaram o índice de perdas na distribuição acima da média nacional em cada ano estudado, chegando a 84,62% dos municípios em 2010 e 69,23% em 2013.



Em 2007, 20 municípios obtiveram índices abaixo da média nacional, 5 apresentaram seus valores classificados como satisfatórios e 3 deles foram definidos como ideais (Figura 5): Almino Afonso (6,06%), Baraúna (4,89%) e Taboleiro Grande (21,57%).

Figura 5 – Classificação do índice de perdas na distribuição para os municípios que compõem a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, entre os anos de 2007 a 2016



Fonte: Autoria própria (2019)

Caldo e Magalhães Filho (2014), ao analisar esse índice na bacia do Alto Paraguai, constataram que 70,00% dos municípios apresentaram o índice inferior à média nacional, no ano de 2007, um percentual superior ao da bacia em estudo (38,46%). Vale destacar que a bacia hidrográfica estudada por esses autores é composta por 30 municípios, mas, apresenta uma área de 368.000 km<sup>2</sup>, conseguindo controlar as perdas na distribuição, mesmo tendo uma área extensa e superior a da bacia em estudo (14.000 km<sup>2</sup>).

Analisando os municípios que obtiveram as maiores porcentagens de perdas de distribuição em cada ano (Figura 4), tem-se Serra do Mel no ano de 2016, com 91,95%; Felipe Guerra em 2013, com 84,50%; Severiano Melo em 2010, com 90,04% e Rodolfo Fernandes em 2007, com 99,98%.

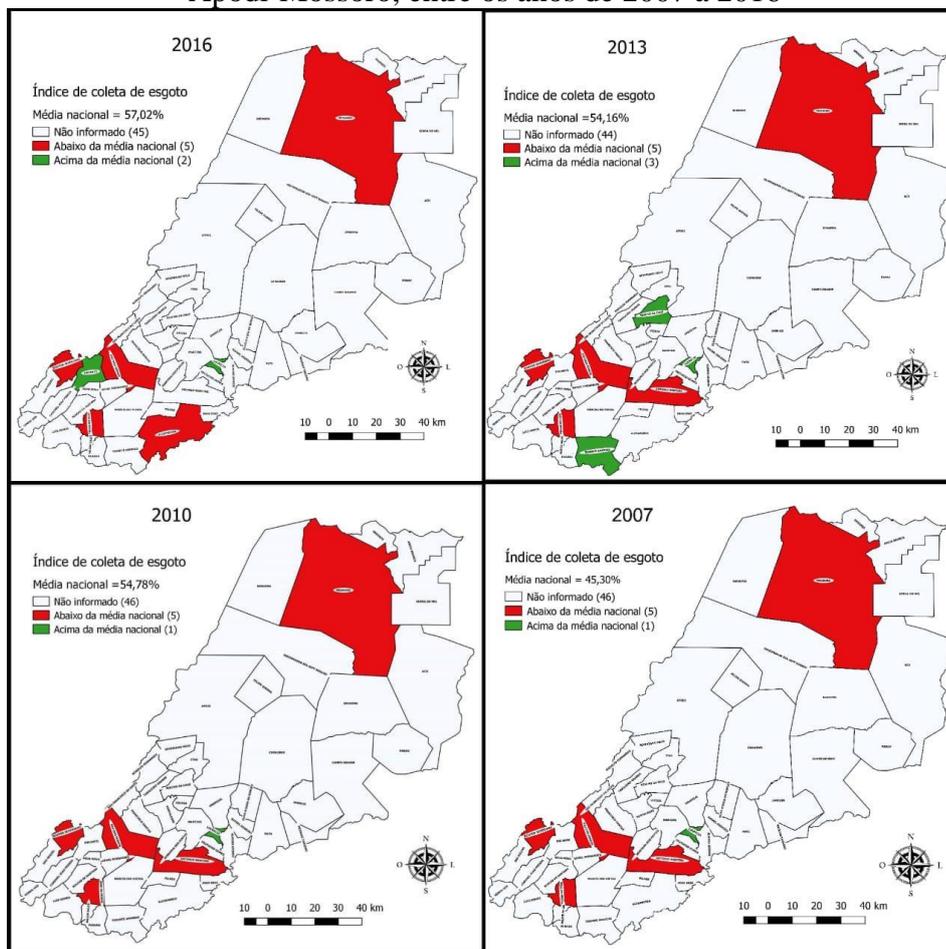
## Índices de esgoto na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró

### Índice de coleta de esgoto

Na Figura 6 são apresentados os índices de coleta de esgoto para os anos 2007, 2010, 2013 e 2016. Este índice representa, resumidamente, a relação entre o volume de esgoto coletado e o volume de água consumido. De 2007 a 2016, no Brasil, este índice aumentou mais de 10%, passando de 45,30 para 57,02%, mesmo assim, ainda é considerado insatisfatório.



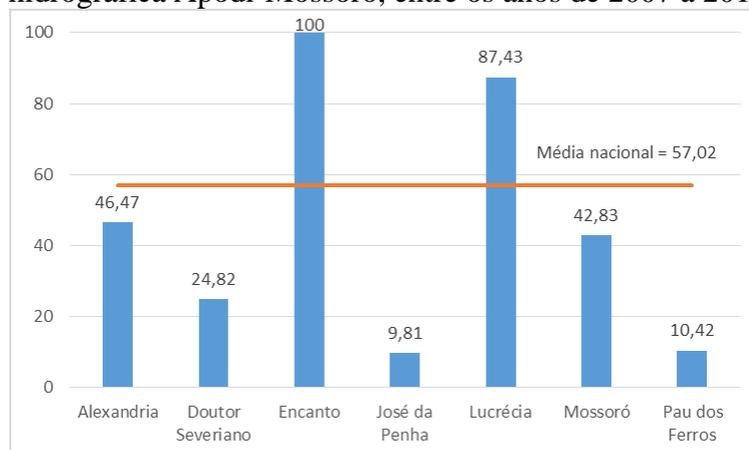
Figura 6 – Índice de coleta de esgoto para os municípios que compõem a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, entre os anos de 2007 a 2016



Fonte: Autoria própria (2019).

Pode-se verificar na Figura 7 que 2 municípios obtiveram seu índice de coleta de esgoto acima da média nacional em 2016, foram eles: Encanto (100%) e Lucrécia (89,95%). O município de Lucrécia teve seu índice classificado como satisfatório e Encanto, como ideal.

Figura 7 – Índice de coleta de esgoto no 2016 para os municípios que compõem a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, entre os anos de 2007 a 2016

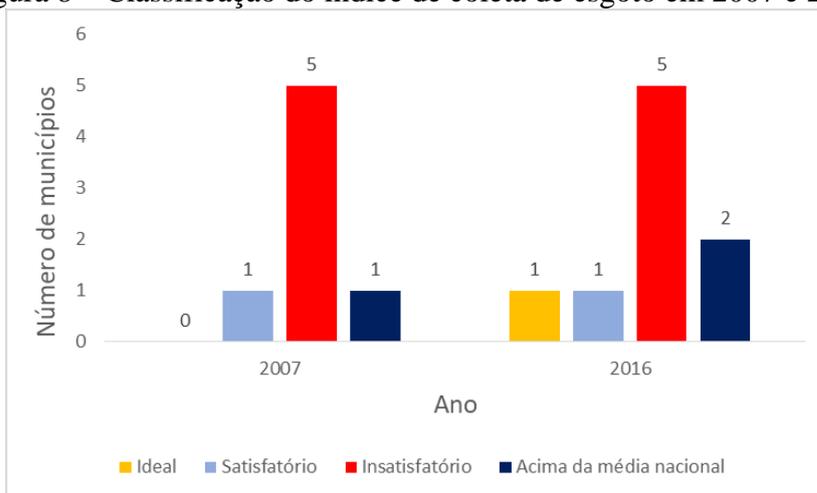


Fonte: Autoria própria (2019).



Para a bacia do Alto Paraguai, de 2007 a 2010, apenas um município apresentou o índice de coleta de esgoto superior à média nacional, mas, tratando-se de porcentagem, a bacia em estudo apresenta inferioridade, sendo 3,33 e 1,92% dos municípios da bacia do Alto Paraguai e da bacia Apodi-Mossoró, respectivamente. É possível verificar o avanço tímido da classificação do índice de coleta de esgoto de 2007 a 2016 na Figura 8.

Figura 8 – Classificação do índice de coleta de esgoto em 2007 e 2016



Fonte: Autoria própria (2019).

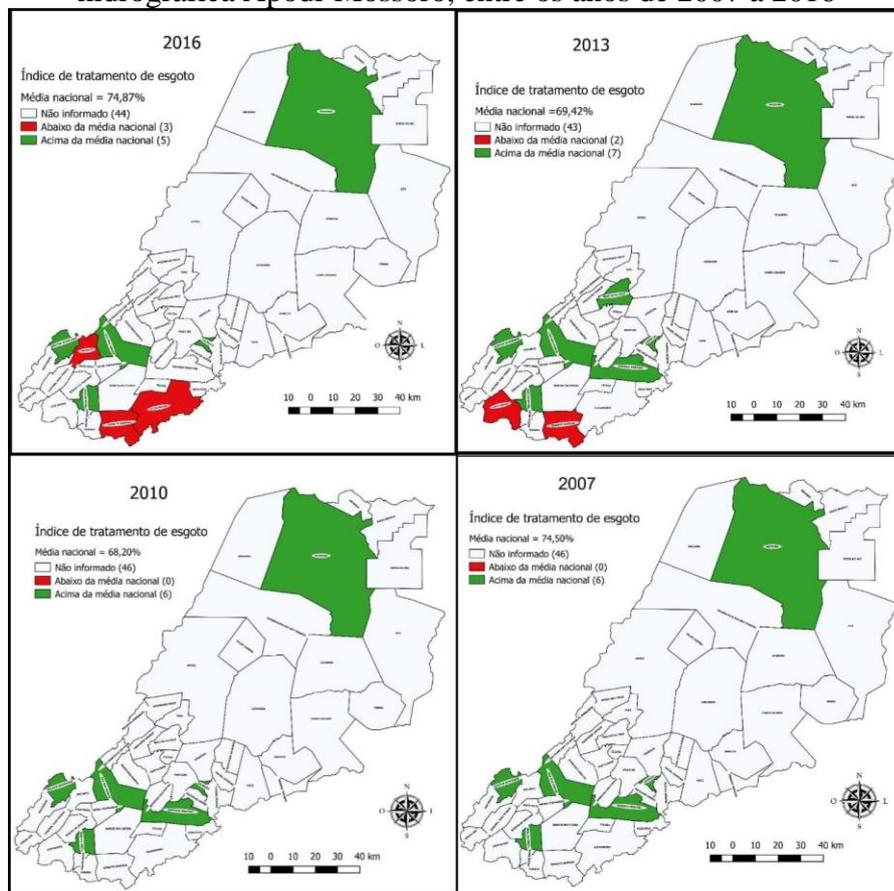
### Índice de tratamento de esgoto

O índice de tratamento de esgoto monitora o percentual de esgoto coletado que é tratado antes da disposição final. Pode-se verificar, na Figura 9, os resultados dos índices de tratamento de esgoto no período observado. Analisando a média nacional de 2007 e a de 2016, conforme a Figura 9, este índice praticamente não se alterou, mas, analisando por ano de estudo é possível observar algumas mudanças: de 2007 a 2010 houve uma redução deste índice, passando de 74,50 a 68,20%, respectivamente, de 2013 a 2016 houve um aumento, de 69,42 para 74,87%, respectivamente. Todos os anos apresentaram índices considerados insatisfatórios, segundo a metodologia da ARIS (2015).

Dos 6 municípios da bacia Apodi-Mossoró que realizaram a coleta de esgoto, e informaram estes dados em 2007 e 2010, todos realizaram o tratamento total do esgoto que foi coletado. Dessa forma, todos os desempenhos foram julgados como ideais. Entretanto, em 2016, 3 dos 8 municípios da bacia Apodi-Mossoró que realizaram a coleta de esgoto e o informaram não realizaram nenhum tratamento de esgoto, tendo seus índices de tratamento de esgoto classificados como insatisfatórios. Os demais municípios tiveram o índice em questão classificado como ideal (Figura 10).

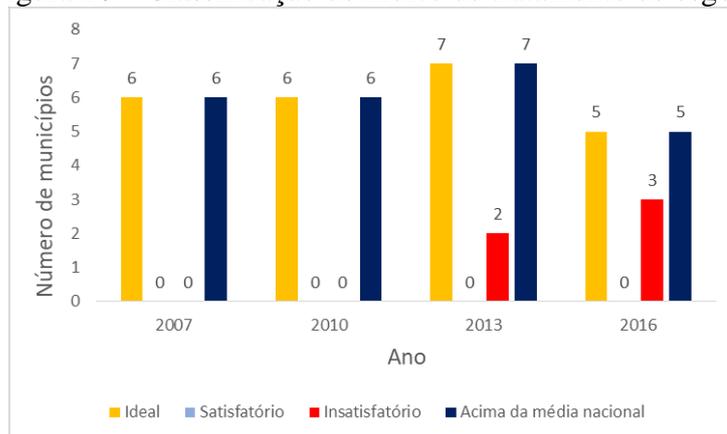


Figura 9 – Índice de tratamento de esgoto para os municípios que compõem a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, entre os anos de 2007 a 2016



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 10 – Classificação do índice de tratamento de esgoto



Fonte: Autoria própria (2019).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A aplicação de SIG na análise espacial dos índices de saneamento contribuiu significativamente para a compreensão do fenômeno estudado;
- A classificação dos índices foi importante para se obter o desempenho dos serviços de



água e esgoto, servindo de diagnóstico da realidade dessas atividades e, conseqüentemente, dos investimentos ainda insuficientes realizados nestes setores;

- Os índices que apresentaram avanço, ou seja, que melhoram os resultados de 2007 até 2016, foram o índice de atendimento total de água, o de perdas na distribuição e o de coleta de esgoto. Contudo, o índice de tratamento de esgoto demonstrou retrocesso;
- Estes resultados servem de alerta para a gestão dos serviços de água e esgoto, juntamente com o estudo de outras informações e, assim, subsidiam a necessidade de buscar soluções para fornecer melhorias desses serviços de forma integral e satisfatória à população.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. M. **Análise caracterização da dinâmica da foz do rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia temática multitemporal de produtos de sensores remotos**. 2006. 83 f. Tese (Mestrado em Geodinâmica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

ARIS – Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento - SC. **Resoluções normativas e estudos técnicos**. Disponível em: <http://www.aris.sc.gov.br/>. Acesso em: 17 de nov. de 2011.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20072010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2007/Lei/L11445.htm). Acesso em: 11 de dezembro de 2018.

BRASIL. **Lei nº 14.026**, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 [...]. Brasília, 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm). Acesso em: 17 de nov. de 2020.

CALDO, L. A.; MAGALHÃES FILHO. SIG aplicado ao uso de indicadores de saneamento em municípios da Bacia do Alto Paraguai. **Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, p. 485 – 495, 2014.

HINO, P.; VILLA, T. C. S.; SASSAKI, C. M. Geoprocessamento aplicado à área da saúde. **Revista Latino Americana de Enfermagem**, São Paulo, n. 6, p. 939-943, 2006.

SCHWEMLEIN, S.; CRONK, R.; BARTRAM, J. Indicators for monitoring water, sanitation, and hygiene: a systematic review of indicator selection methods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 333, p. 1-15, 2016.

SEMARH-RN. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. 2019. Disponível em: <http://servicos.semarh.rn.gov.br/>. Acesso em: 16 de janeiro de 2019.

VON SPERLING, T. L.; VON SPERLING, M. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 313-322, 2013.