

# **ANÁLISE ESPACIAL EXPLORATÓRIA DO ACESSO AOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS ÁREAS URBANAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL**

Mariana Dias C. da Costa  
INPE – mariana.costa@inpe.br

## **Resumo**

O acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é considerado um dos temas centrais na agenda pública no Brasil uma vez que sua universalização ainda é um desafio a ser superado no país. O objetivo deste trabalho é analisar de forma exploratória a distribuição e correlação espacial do acesso domiciliar à rede de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, buscando identificar as áreas com maior e menor acesso destes serviços na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Foram utilizados dados provenientes do Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e de Uso e Cobertura do Solo do Instituto Estadual do Ambiente. Estes foram submetidos à uma análise estatística e espacial, com o uso da metodologia de mapeamento por célula, com o objetivo de desconsiderar os vazios dos setores censitários, e de Moral Local (LISA), para verificar a dependência espacial. Para o desenvolvimento dessas atividades, optou-se pelo uso dos softwares livres TerraView e QGIS. Os resultados permitiram identificar os aglomerados espaciais e outliers distribuídos por células de 2.5 km<sup>2</sup> referentes ao percentual de domicílios em área urbana com acesso ao abastecimento de água da rede geral, e de esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial na RMRJ. Em ambos os tipos de serviços, verificou-se uma concentração de valores altos (cluster Alto-Alto) sobretudo na capital, Rio de Janeiro, e de seus municípios limítrofes, localizados na região à Oeste da Baía de Guanabara, além dos municípios Niterói e São Gonçalo, à parte Leste. De modo geral, ocorre um predomínio de maior acesso ao serviço de abastecimento de água por rede, do que por rede de esgoto.

**Palavras-chave:** Saneamento básico. Análise espacial. Metrópole. Censo Demográfico.

## **1. Introdução**

O acesso adequado aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é considerado um direito fundamental dos cidadãos, sendo essencial para que seja assegurado condições dignas envolvendo a habitação, cuidado e manutenção da saúde, além da preservação ambiental (IBGE, online). No entanto, não apenas no Brasil, mas também no mundo, uma significativa parcela da população

é privada destes serviços básicos, estando fortemente associada a outras dimensões que também estão relacionadas com situações de vulnerabilidade (IBGE, online).

No Brasil, a distribuição por municípios dos serviços de saneamento de água e esgoto tem como uma das principais características a expressiva diferença entre a quase universalização da presença de abastecimento por rede geral da primeira, e o alto déficit persistente na coleta do segundo (IBGE, 2021). Tal como apontado pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) 2017, enquanto 99,6% dos municípios informavam ter abastecimento de água via rede geral, no caso do serviço de coleta de esgoto, o percentual era somente 60,3%.

Diante deste cenário, Nahas et al. (2019) indicam que, os grupos que mais sofrem no país com a falta destes serviços essenciais são aqueles historicamente marginalizados, tais como as comunidades rurais, pobres e a população que reside nos assentamentos informais. Compreende-se que todo esse quadro está relacionado com a forma como as cidades brasileiras vêm crescendo de modo desordenado, gerando diferentes consequências, como por exemplo, a segregação da população mais pobre (NAHAS et al., 2019).

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), RJ, ainda é marcada por uma expressiva desigualdade no acesso aos serviços de saneamento, segundo Quintslr e Britto (2014). De acordo com as autoras, essas desigualdades se expressam não apenas no espaço entre os municípios centrais e periféricos quanto aos índices de acesso a estes serviços, como também existe uma significativa diferença entre o atendimento pelos serviços de abastecimento de água e de coleta de esgoto em todos os municípios da metrópole do Rio de Janeiro.

Os autores Gómez-Ribeiro e Queiroz-Ribeiro (2021, p.28) lembram que além da RMRJ apresentar o modelo socioespacial de segregação de centro-periferia, em que “o centro se apresenta como o lugar de concentração da classe superior da estrutura social e a periferia como o lugar de concentração das classes populares”, ela também apresenta um outro modelo que é denominado como proximidade física e distância social. Neste segundo modelo, os autores consideram que no caso da Metrópole do Rio de Janeiro, existem favelas que estão inseridas na área central.

Ou seja, verifica-se a existência de uma heterogeneidade social nos dois modelos de segregação socioespacial, sendo eles: centro-periferia e favela e não-

favela (GÓMEZ-RIBEIRO; QUEIROZ-RIBEIRO (2021)). Ainda que a RMRJ tenha passado por expressivas mudanças em sua configuração espacial, o modelo centro-periferia ainda se manifesta numa escala macro não apenas ao ser analisada sua organização social no território, como também na sua distribuição dos recursos urbanos, relacionados aos serviços e à infraestrutura.

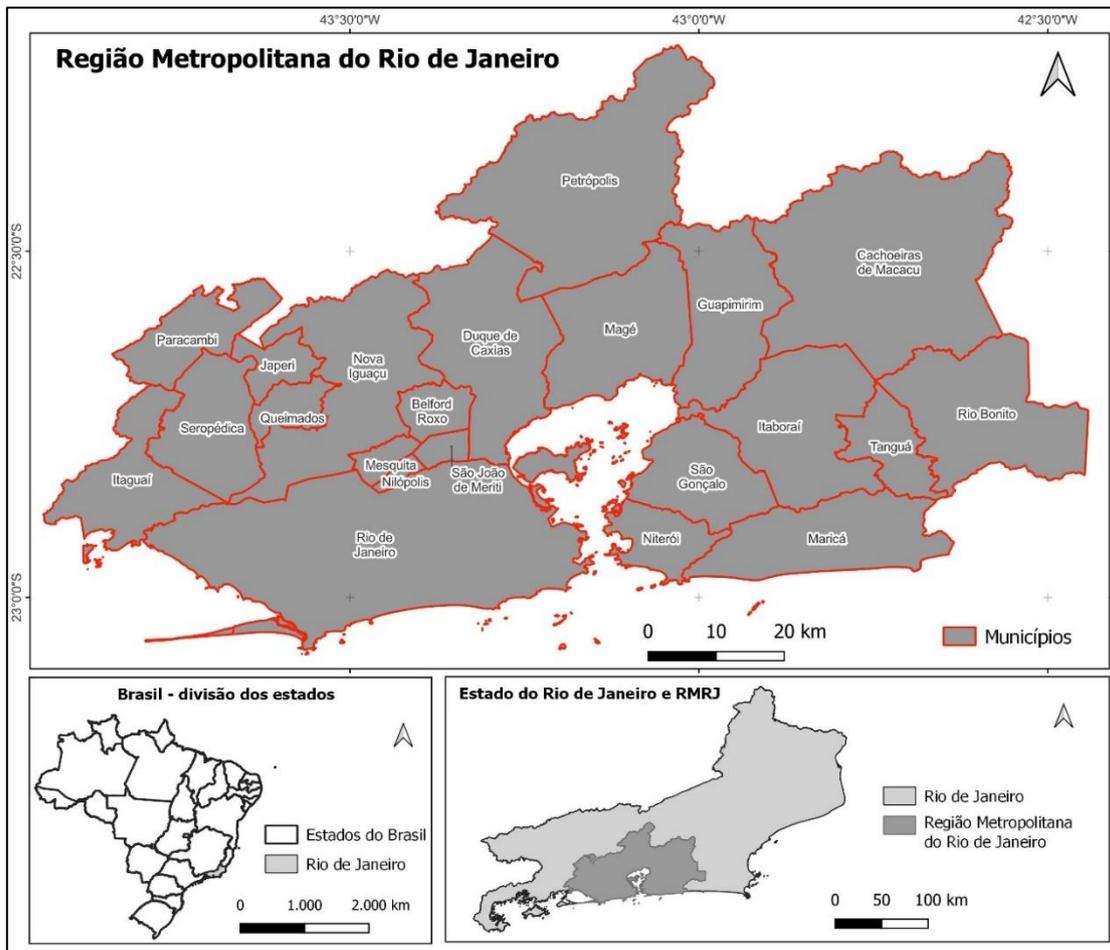
Neste sentido, o trabalho tem como objetivo específico analisar, ainda que de forma exploratória, a distribuição e correlação espacial do acesso domiciliar à rede de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, buscando identificar as áreas com maior e menor acesso destes serviços na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Área de estudo**

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro foi criada em 1974, e ao longo do tempo, sofreu diversas modificações em seus limites de ocupação. Após sucessivos desmembramentos, emancipações, leis estaduais e atribuições conferidas aos estados federados pela Constituição de 1998 (IRM, online), atualmente, a RMRJ é composta por 22 municípios do Estado do Rio de Janeiro, a saber: Rio de Janeiro (capital), Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japerí, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Petrópolis, Queimados, Seropédica, São Gonçalo, São João de Merití, Tanguá, Cachoeiras de Macacu e Rio Bonito (Figura 1).

**Figura 1 – Localização da área de estudo - RMRJ**



Fonte: elaboração própria a partir de dados do IBGE – 2010.

No ano 2021, o Estado do Rio de Janeiro, incluindo a RMRJ, passou por significativas mudanças no setor do saneamento. Trata-se da concessão dos serviços de saneamento, que anteriormente eram prestados na maior parte dos municípios pela Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE). No quesito de operação dos serviços de saneamento, a CEDAE continua a ser a responsável pelo processo de captação, tratamento e adução de água nos municípios atendidos pelos sistemas Guandu e Imunana/Laranjal. Já as operadoras privadas atuam na parte de reservação e distribuição de água, além de ser responsável por toda a cadeia de esgoto (PSAM, 2021).

## 2.2 Etapas metodológicas adotadas e fonte de dados

Em linhas gerais, a metodologia proposta e os dados empregados para a realização do presente trabalho subdividem-se nos seguintes processos:

- 1) Análise das classes de Uso e Cobertura do solo da RMRJ baseadas em imagens LANDSAT-8 sensorOLI multiespectral pancromática, referentes ao ano 2013, com detalhamento compatível com escala 1:100.000. As classes foram geradas pelo Instituto Estadual do Ambiente – INEA, e disponibilizadas como dado vetorial (Shapefile) (INDE, online). Foram elaborados um mapa de uso e cobertura do solo da RMRJ para o ano 2013, e uma tabela com a área absoluta de cada classe (km<sup>2</sup>) e porcentagem relativa à área total da RMRJ. Justifica-se a escolha do ano 2013 por ser um ano próximo da coleta de dados do Censo Demográfico 2010. Elaboração do mapa com o software QGIS, e a tabela com o Excel.
- 2) Criação de grade celular com o atributo dos limites municipais da RMRJ. Tamanho da célula: 2,5 km<sup>2</sup>. Elaboração com o software TerraView.
- 3) Preenchimento de célula com o atributo de entrada da classe área urbana do INEA, a partir da operação da Classe com a maior área de interseção (“Class with a highest intersection area”, em inglês). Em seguida, foi criada Matriz de Proximidade Padrão (opção automática no TerraView). Elaboração com o software TerraView.
- 4) Análise comparativa da porcentagem dos domicílios atendidos por cada tipo de abastecimento de água e esgotamento sanitário, por setor censitário, com base nos dados do Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Elaboração com o software QGIS.
- 5) Cálculo da densidade de domicílios particulares permanentes por setor censitário (domicílios/km<sup>2</sup>). Elaboração com o software QGIS.
- 6) Preenchimento da célula já com os dados da área urbana (descrito na etapa 3) com quatro novos atributos e respectivas operações:
  - Densidade dos domicílios por setor censitário. Operação: Ponderado pela área (“Weighted by Area”, em inglês).
  - Código do setor censitário. Operação: Classe com a maior área de interseção.
  - Porcentagem de domicílios com abastecimento de água da rede geral, por setor censitário. Operação: Ponderado pela área.

- Porcentagem de domicílios com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial<sup>1</sup>, por setor censitário. Operação: Ponderado pela área.

Elaboração com o software TerraView.

7) No TerraView, utilizando a filtragem em “Consulta por Atributos...”, optou-se pela seleção de células que constassem área urbana acima de 0%. Ou seja, nesse modelo metodológico, pressupõe-se que: não há domicílios nas células com 0% de área urbana.

Foram considerados todos os setores censitários (urbano e rural) da RMRJ, visto que haviam muitas áreas com a constatação de área urbana em setores considerados rurais pelo IBGE. Subentende-se que áreas urbanas do mapeamento de Uso e Cobertura do INEA consideram três categorias de densidade urbana, sendo elas: alta, média e baixa (ver tópico 3.1), apesar de terem sido disponibilizado os dados de modo homogêneo, nomeado como classe “Urbano”.

8) Cálculo no TerraView do Índice de Moran Global e o Índice Local de Moran (LISA) das células em área urbana com os dados de porcentagem de domicílios abastecimento de água da rede geral, e de porcentagem de domicílios com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial, para cada célula.

9) Por fim, foram elaborados os Layouts e analisados os seguintes mapas finais:

- Mapa de densidade de domicílios em área urbana por célula (2,5km<sup>2</sup>).
- Mapa de Moral Local da porcentagem de domicílios em área urbana com abastecimento de água da rede geral, por célula (2,5km<sup>2</sup>).
- Mapa de Moral Local da porcentagem de domicílios em área urbana com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial, por célula (2,5km<sup>2</sup>).

Elaboração com o software QGIS.

### 3. Resultados e discussão

---

<sup>1</sup> As variáveis referentes aos tipos de esgotamento sanitários do Censo Demográfico 2010 estão se referindo especificamente aos Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário. Neste trabalho, optou-se pela sua abreviação para facilitar a leitura.

### **3.1 Análise das Classes de Uso e Cobertura do solo da RMRJ**

No ano de 2013, a região de estudo apresentou diferentes classes de uso e cobertura do solo de acordo com o mapeamento do INEA (Figura 2). Para uma melhor compreensão de cada classe, foram definidas brevemente as seguintes descrições pelo INEA (INDE, online):

#### **“I. Naturais**

- a. Comunidade Relíquia – qualquer vegetação florística e fisionômica ecologicamente diferente do contexto geral da flora dominante.
- b. Vegetação Secundária Inicial - vegetação resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial de vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes de vegetação primária.
- c. Vegetação Médio/Avançada - vegetação que alcançou estágios médio-avançados de recuperação.
- d. Manguezais - vegetação arbórea densa, sobre solos inundáveis salobros. e. Restinga - conjunto das comunidades vegetais, fisionomicamente distintas, sob influência marinha e fluvio-marinha.
- f. Áreas úmidas - áreas recobertas por gramíneas ou vegetação arbustiva periodicamente inundadas.
- g. Cordões Arenosos – faixas de área próximas às praias.
- h. Dunas - montanha de areia criada a partir de processos eólicos.

#### **II. Antropo-naturais**

- a. Agricultura - áreas de uso agrícola, em geral de culturas anuais.
- b. Pastagem - áreas desmatadas para pecuária ou outras formas de uso que não sejam floresta ou vegetação arbustiva.

#### **III. Antrópicas**

##### **[Urbano]**

- a. Urbana alta densidade - áreas já consolidadas de ocupação urbana com presença maciça de telhados, áreas concretadas e asfaltadas.
- b. Urbana media densidade - lotes urbanos com presença de inúmeras edificações e estradas vicinais bem desenvolvidas.
- c. Urbana baixa densidade - loteamentos bem definidos, com pequeno número de edificações e estradas vicinais em estágio inicial de desenvolvimento.
- d. Salinas – áreas ativas ou desativadas de produção de sal marinho pela evaporação da água do mar ou de lagos de água salgada.

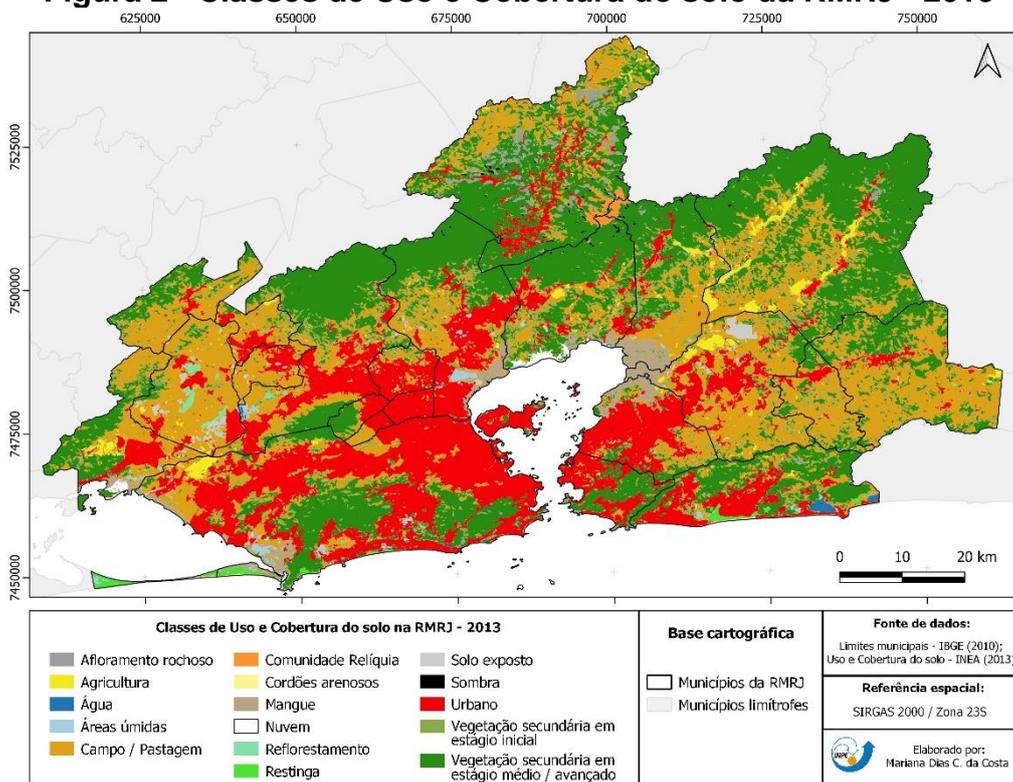
e. Solo exposto - áreas cuja cobertura vegetal foi totalmente removida.

#### IV. Imutáveis

a. Afloramento rochoso – exposição de rochas na superfície terrestre.

b. Água - áreas permanentemente inundadas.”

**Figura 2 - Classes de Uso e Cobertura do solo da RMRJ - 2013**



Fonte: elaboração própria com base nos dados do INEA (INDE, online).

**Figura 3 – Área absoluta e porcentagem relativa de classes de uso e cobertura do solo na RMRJ - 2013**

Classes	Área absoluta (km²)	Porcentagem relativa a Área total da RMRJ
Vegetação secundária em estágio médio / avançado	2.629	35,03%
Campo / Pastagem	2.262	30,13%
Urbano	1.700	22,66%
Vegetação secundária em estágio inicial	390	5,20%
Mangue	143	1,91%
Agricultura	115	1,53%
Afloramento Rochoso	70	0,93%
Solo exposto	49	0,65%
Áreas úmidas	41	0,55%
Restinga	28	0,37%
Comunidade relíquia	24	0,31%
Reflorestamento	20	0,26%
Água	15	0,20%
Cordões arenosos	11	0,15%
Sombra	8	0,11%
Nuvem	0,02	0,0003%
<b>TOTAL</b>	<b>7.505</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria com base nos dados do INEA (INDE, online).

A maior conurbação urbana do Estado do Rio de Janeiro corresponde à RMRJ, gerando assim uma taxa de impermeabilização do solo bastante elevada, em especial, nas planícies fluviomarinhas (INEA, 2018). Ainda que não seja a classe com o maior predomínio da área de estudo, a área urbana abrange aproximadamente 22,6% do total (Figura 3).

Vale ressaltar que, geralmente, em áreas densamente urbanizadas, os recursos hídricos passam a ser fortemente pressionados uma vez que ocorre demanda de grandes volumes de água para o abastecimento público e atividades produtivas, e em paralelo, também são áreas que provocam a deterioração da qualidade das águas (FORMIGA-JOHNSSON; BRITTO, 2020). Principalmente quando concentradas em áreas urbanas, as populações crescentes tendem a agravar o problema de baixa qualidade da água por diferentes maneiras, como por exemplo a tendência de gerar cada vez maiores efluentes, sobrecarregando rios e seus sistemas de tratamento, resultando em águas mais poluídas (ANA, 2011).

Outro ponto a ser destacado na Figura 2 e 3 é a verificação do predomínio da classe Vegetação secundária em estágio médio/avançado com aproximadamente 35% da área total do estudo. Ela se localiza principalmente na porção norte da RMRJ, apesar de ter uma expressiva presença também nos maciços litorâneos da capital do Rio de Janeiro, sendo elas a Pedra Branca e Maciço da Tijuca, e nas cidades de Niterói e Maricá, com a Serra da Tiririca.

Uma outra classe que chama a atenção é a grande extensão de campos e pastagens, que ocupam principalmente na porção Oeste, os municípios Seropédica, Paracambi, Japeri e Queimados, e na porção Leste, Rio Bonito, Tanguá, Itaboraí e Cachoeiras de Macacu. Em porcentagem relativa à área total da RMRJ, a classe campo e pastagem alcança um expressivo valor de 30%.

### **3.2 Distribuição espacial do acesso domiciliar por tipo de abastecimento de água e esgotamento sanitário, por setor censitário, na RMRJ**

De acordo com o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da RMRJ<sup>2</sup>, (PDUI, s.d.), o setor de abastecimento de água da metrópole do Rio de Janeiro tem

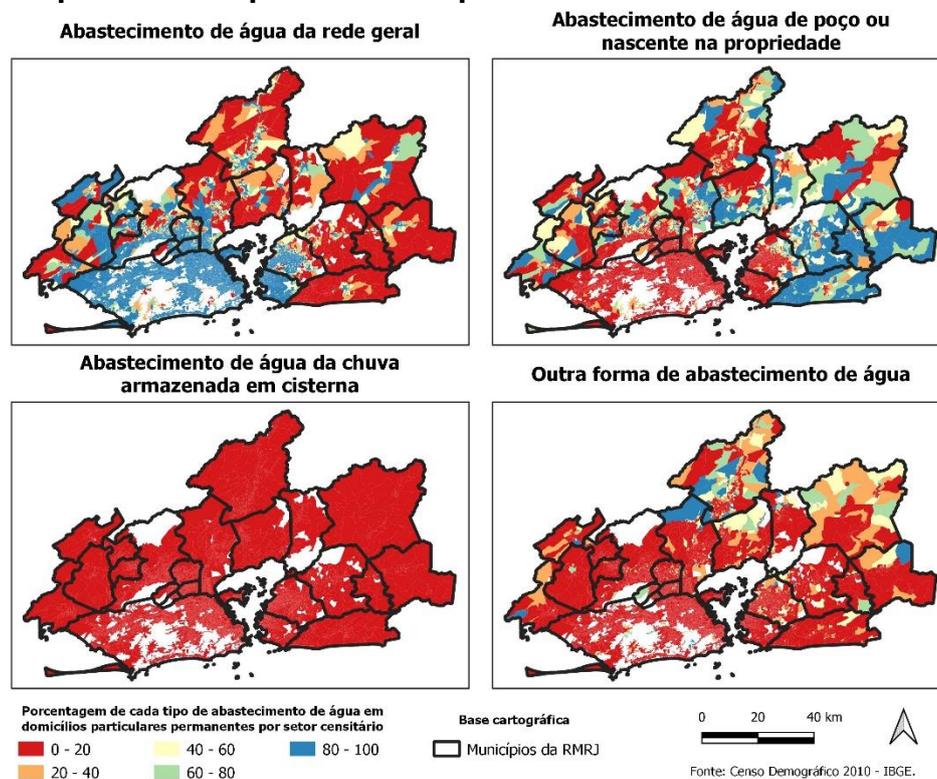
---

<sup>2</sup> O PDUI não inclui em sua análise o município de Petrópolis, que foi inserido na RMRJ no ano 2018.

uma cobertura ampla, não sendo, portanto, o fator de maior preocupação do ponto de vista do diagnóstico. No entanto, existem problemas de intermitência na distribuição de água, uma alta dependência do Rio Paraíba do Sul, faltam também fontes alternativas de abastecimento de água e de armazenamento. Ou seja, existe uma falha na segurança hídrica da metrópole (PDUI, s.d.).

Ao se analisar a Figura 4, é possível verificar que a parte Oeste da Metrópole é bem atendida pelo abastecimento de água da rede geral, sobretudo a capital, e também na parte Leste, os municípios de Niterói e São Gonçalo, com predomínio de setores censitários com porcentagem de domicílios atendidos na faixa de 80-90%.

**Figura 4 – Porcentagem de cada tipo de abastecimento de água em domicílios particulares permanentes por setor censitário na RMRJ**



Fonte: elaboração própria com base nos dados do Censo Demográfico 2010.

Já na porção Leste, o tipo de abastecimento de água com maior predominância nos setores censitários é aquele onde os domicílios têm acesso a poços e nascentes na propriedade. Chama a atenção a alta concentração deste tipo de abastecimento de água nos municípios de Maricá, Itaboraí, Tanguá e Rio Bonito.

No tipo de abastecimento de água da chuva, nenhum município se destacou, sendo um bom sinal visto que este tipo não se enquadra como adequado de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Adequado – PLANSAB (2017)<sup>3</sup>. Por fim, no tipo outra forma de abastecimento de água, verifica-se um predomínio de setores censitários em Petrópolis nas faixas de 60-80% e 80-100%, quando comparado com os demais municípios da RMRJ.

Do ponto de vista do esgotamento sanitário, o PDUI (s.d.) aponta que a cobertura ainda é incompleta, e o tratamento de esgoto é ainda mais, e que ambos os aspectos são preocupantes. No diagnóstico, foi verificado que existem interligações não planejadas entre os sistemas de esgotamento sanitário e a drenagem urbana, contribuindo desta forma para a degradação urbana e ambiental. Os despejos de esgoto in natura prejudicam a maior parte dos rios da metrópole, e em última instância, a Baía de Guanabara, “que é abraçada pela metrópole” (PDUI, s.d., p.222).

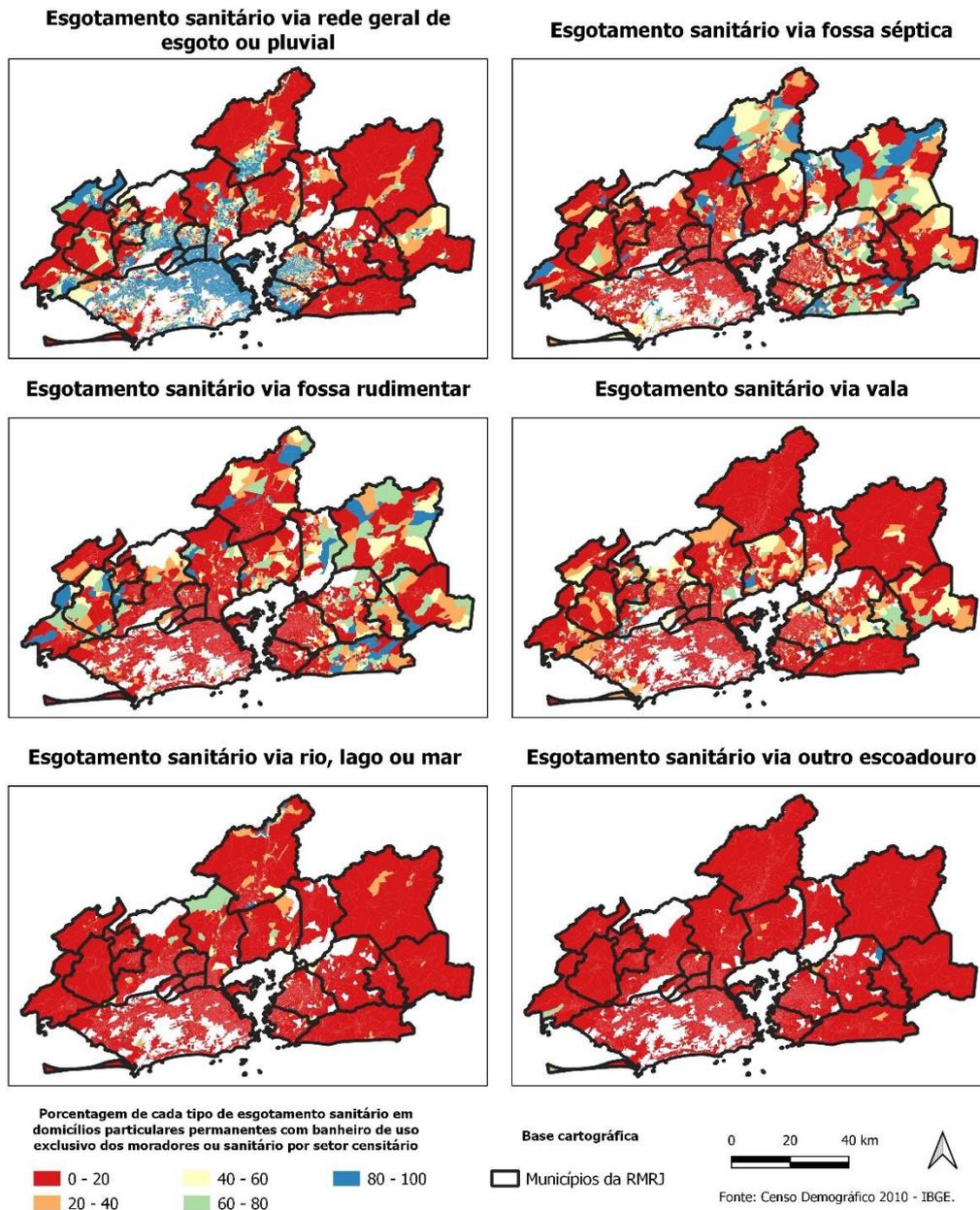
A origem desse despejo de esgoto in natura advém não apenas de urbanizações informais, como também de urbanizações formais, não tendo sistema de esgotamento e estão em ligações irregulares da rede de esgoto na rede de drenagem (PDUI, s.d.). Neste sentido, a universalização dos serviços deste setor é apontada pelo PDUI como um cenário ainda distante de ser efetivado.

Ao analisar a Figura 5, nota-se uma semelhança na distribuição espacial de porcentagem de domicílios com acesso à rede de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos setores censitários na faixa entre 80-90%, ainda que este segundo esteja com menor abrangência. Outro fator verificado foi a também a semelhança na distribuição entre esgotamento sanitário via fossa séptica e fossa rudimentar, com maiores porcentagens de faixas na parte Leste da RMRJ, com exceção dos municípios de São Gonçalo e Niterói.

### **Figura 5 – Porcentagem de cada tipo de esgotamento sanitário em domicílios particulares permanentes por setor censitário na RMRJ**

---

<sup>3</sup> Para mais informações sobre a caracterização do atendimento adequado de saneamento, ver Tabela 4.1 do PLANSAB, 2017: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Versao\\_Conselhos\\_Resolucao\\_Alta\\_Capa\\_Atualizada.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Versao_Conselhos_Resolucao_Alta_Capa_Atualizada.pdf)



Fonte: elaboração própria com base nos dados do Censo Demográfico 2010.

Já os demais tipos de esgotamento sanitário apresentados na Figura 5, sendo eles via vala, via rio, lago ou mar, e via outro escoadouro, ainda que presentes em determinadas áreas, não apresentam no geral uma alta faixa de porcentagem nos setores censitários.

### 3.3 Análise da densidade de domicílios particulares permanentes nas áreas urbanas, por células de 2,5 km<sup>2</sup>

No campo de População e Ambiente, estabelecer relações espaciais entre variáveis de diferentes tipos tem sido um de seus desafios (D'ATONA; LIMA, 2022). Essas dificuldades ocorrem devido à natureza dos fenômenos abordados, por isso, a sobreposição de diferentes unidades territoriais de análises que são particulares de cada processo a ser considerado (D'ATONA; LIMA, 2022). No caso deste trabalho, encara-se basicamente duas unidades territoriais com recortes distintos: a primeira, as variáveis de abastecimento de água e esgotamento sanitário estão em unidades territoriais de coleta, os setores censitários. Já o segundo, os dados de uso e cobertura do solo, se apresentam como dado vetorial de polígono irregular.

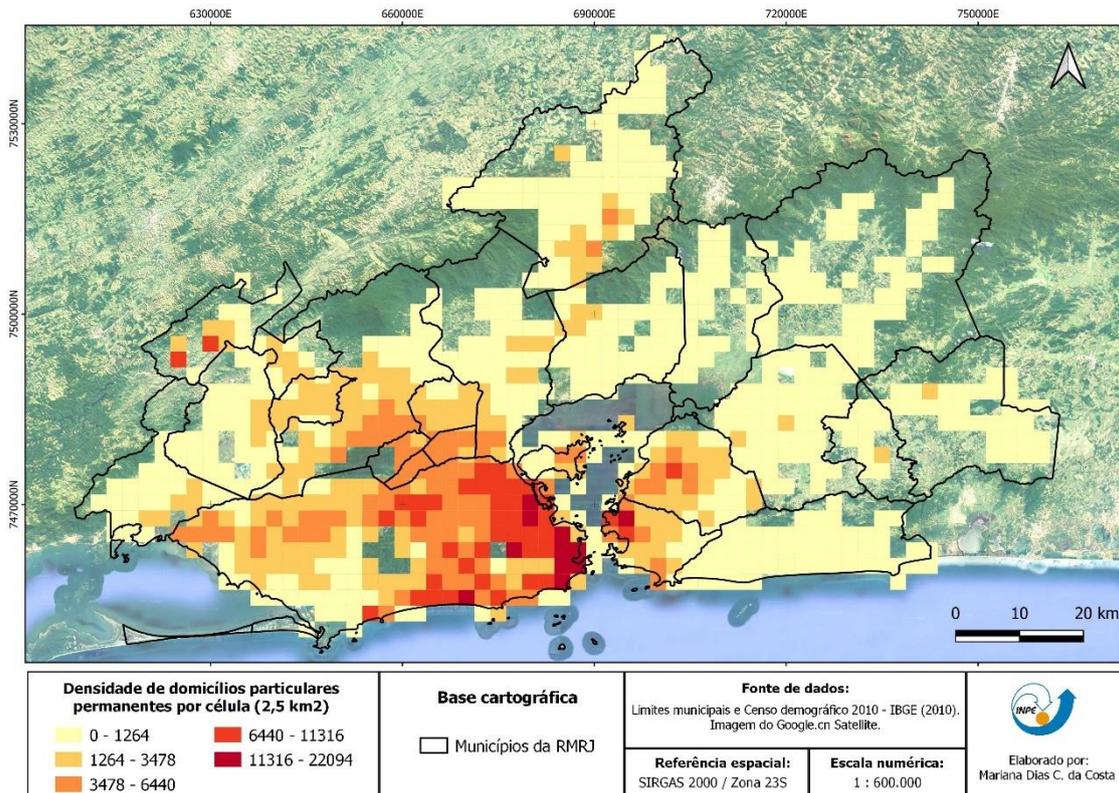
A falta de correspondência dos recortes territoriais não significa necessariamente que se trata de uma questão técnica de como os dados foram coletados, mas geralmente é um sinal de que os processos em análise ocorrem no espaço de formas distintas (D'ATONA; LIMA, 2022). Neste sentido, o uso de grade pode ser apropriado para estudos de População e Ambiente, uma vez que seus atributos se tornam compatíveis e comparáveis com os diferentes instrumentos utilizados para análises ambientais espaciais (D'ATONA; LIMA, 2022).

Tal como já abordado na parte metodológica do trabalho, a Figura 6 foi elaborada a partir de células de 2,5 km<sup>2</sup> com base nos dados de densidade de domicílios particulares permanentes e considerado apenas as células com áreas urbanas acima de 0%. No mapa, optou-se por 5 faixas de valores definidas pelo modo Quebra Natural (Jenks) para uma melhor visualização da variabilidade dos dados.

Como pode ser observado na Figura 6, as áreas que com maior densidade de domicílios particulares permanentes estão localizados na área central da capital do Rio de Janeiro. Em segunda instância, verifica-se uma densidade de domicílios também, ainda que em menor proporção, em Nova Iguaçu, São João de Meriti, Belford Roxo, Niterói e São Gonçalo.

Uma vez retiradas as células sem a constatação da área urbana, alcançou-se parcialmente o objetivo de retirar os espaços vazios da análise, tal como muitas vezes ocorre em setores censitários localizados nas zonas rurais.

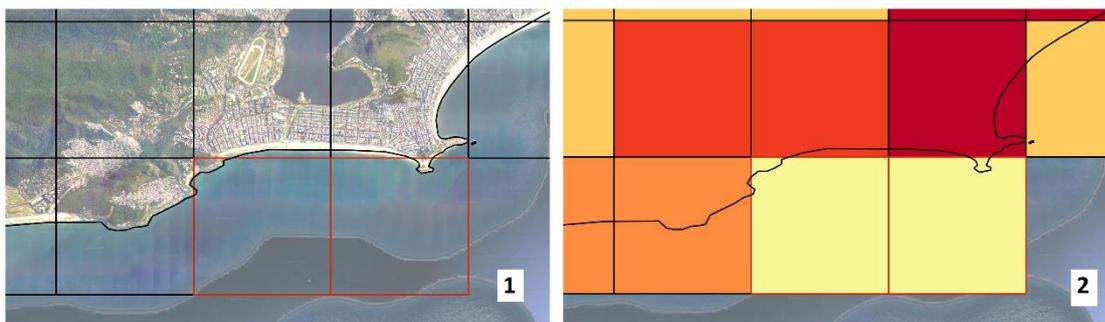
**Figura 6 – Distribuição espacial da densidade de domicílios particulares permanentes na área urbana, em célula de 2,5 km<sup>2</sup>**



Fonte: elaboração própria com base nos dados do Censo Demográfico 2010 e de Uso e Cobertura 2013 do INEA.

No entanto, já como um primeiro apontamento da limitação da metodologia adotada, algumas das células, ainda que tivessem uma pequena área urbana, abrangeram também territórios com vazios de grande proporção, causando assim uma generalização dos dados habitacionais para áreas sem habitações. Para ilustrar melhor, verifica-se na Figura 8 um exemplo de células com quase nenhuma área urbana e abrangendo extensas áreas de vazios na borda do município.

**Figura 8 – Exemplo de células com pouca área urbana e abrangendo grandes áreas de vazios habitacionais (células destacadas com bordas vermelhas)**



Fonte: elaboração própria com base nos dados do Censo Demográfico 2010 e de Uso e Cobertura 2013 do INEA.

Como pode ser observado na Figura 8 nas células com destaque na borda em vermelho, a imagem 1 indica pouca presença de habitação e a imagem 2 indica a generalização de dados habitacionais. Para driblar essa questão, poderia ser optado por aumentar a filtragem de atributos no TerraView para selecionar células com área urbana num valor maiores que 0%, como 5%, por exemplo. No entanto, esta opção acarretaria na retirada de células com poucas áreas urbanas na área rural dos municípios mais periféricos, como seria o caso de algumas células localizadas em Cachoeiras de Macacu.

### **3.4 Cluster de rede de abastecimento de água e esgotamento sanitário - Moran Local (LISA)**

Para a análise de correlação espacial pelo Moran Local da porcentagem de domicílios com acesso ao de abastecimento de água da rede geral (Figura 9) e de domicílios com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial (Figura 10), foi gerado inicialmente o Índice de Moran Global. As explicações a seguir tem como principal base o manual do TerraView nomeado Estatísticas Espaciais (“Spatial Statistics”, em inglês).

O Índice de Moran Global tem como princípio básico a caracterização da dependência espacial indicando como os valores estão espacialmente correlacionados na área de estudo. Caso o valor seja 1, a hipótese de dependência espacial é nula. Caso fique entre 0 e +1, isto é, com valores positivos, indica-se correlação direta. E entre 0 e -1, ou seja, valores negativos, indica correlação inversa.

No caso das células com a distribuição da porcentagem de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água na área urbana, o valor do Índice Moran Global foi 0,740485. A mesma avaliação foi feita para as células com a distribuição de porcentagem de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial na área urbana, em que o valor do Índice Moran Global foi 0,734751. A partir destes valores, foi confirmado uma forte correlação direta de dependência espacial de ambos os dados. Compreende-se que este indicador fornece o valor como medida de associação espacial estabelecendo seu valor referente a todo o conjunto de dados da área.

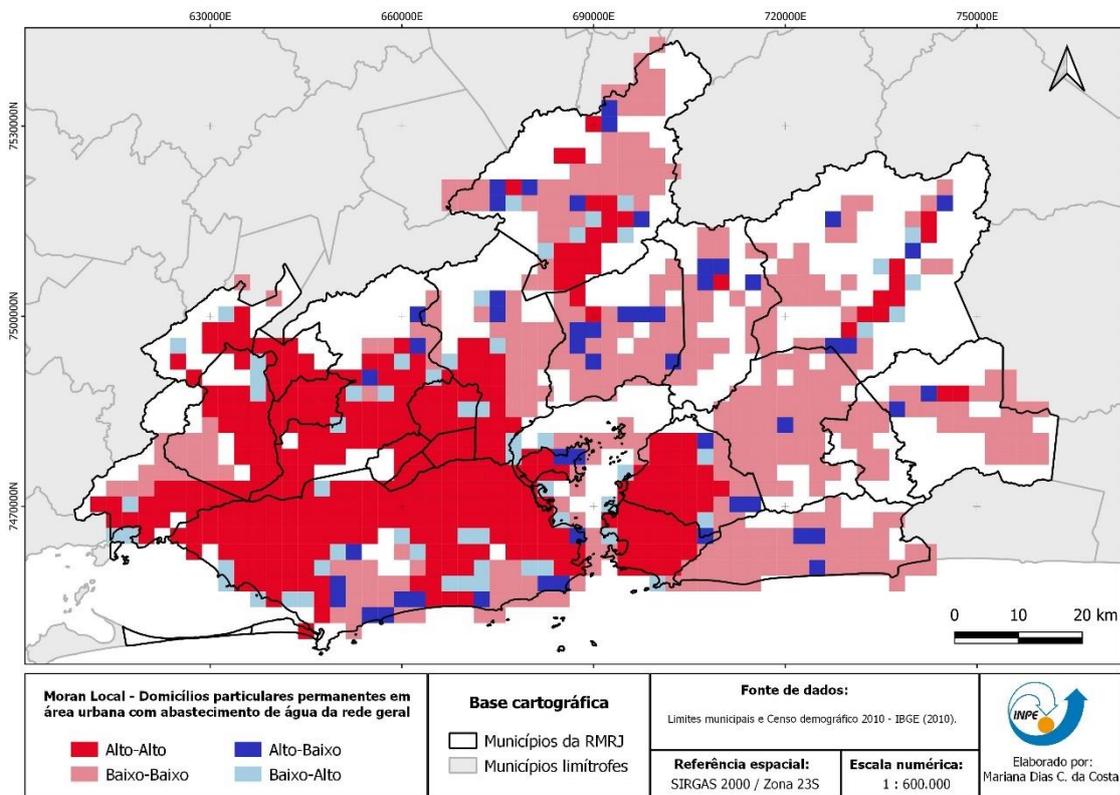
Em seguida, foram analisados os Índices de Moran Local (LISA) para analisar a correlação espacial nas áreas de proximidade. Buscou-se assim identificar padrões em uma escala com maior detalhe com o objetivo de verificar se a hipótese de correlação espacial é válida na escala local. Assim, por se tratar de um valor de correlação específico para cada área, no caso deste trabalho, para cada célula, permite a identificação de clusters (aglomerados espaciais) e outliers.

O atributo utilizado nas Figuras 9 e 10 a partir da criação dos Índices de Moran Local (LISA) foi o BoxMap. De acordo com o manual do Terraview “Spatial Statistics”, os valores de 1 a 4 correspondem à relação entre os valores de Z (vetor com desvios observados) e  $Wz$  (vetor médio ponderado pelo local) em uma parcela de dispersão dividido por quadrantes (Q), onde:

- 1 corresponde a valores no 1º trimestre (altos valores Z e  $Wz$ ),
- 2 (Q2, baixo-baixo),
- 3 (Q3, alto-baixo),
- 4 (Q4, baixo-alto);

Com base nestas classificações, foi possível observar que a Figura 9 apresenta uma área mais abrangente nas classes Alto-Alto do que a Figura 10. Isso significa que existem mais áreas com altas porcentagens de domicílios com rede geral de abastecimento de água, inseridos em áreas onde seus vizinhos também têm altas porcentagens de acesso ao mesmo serviço, do que no caso do esgotamento sanitário.

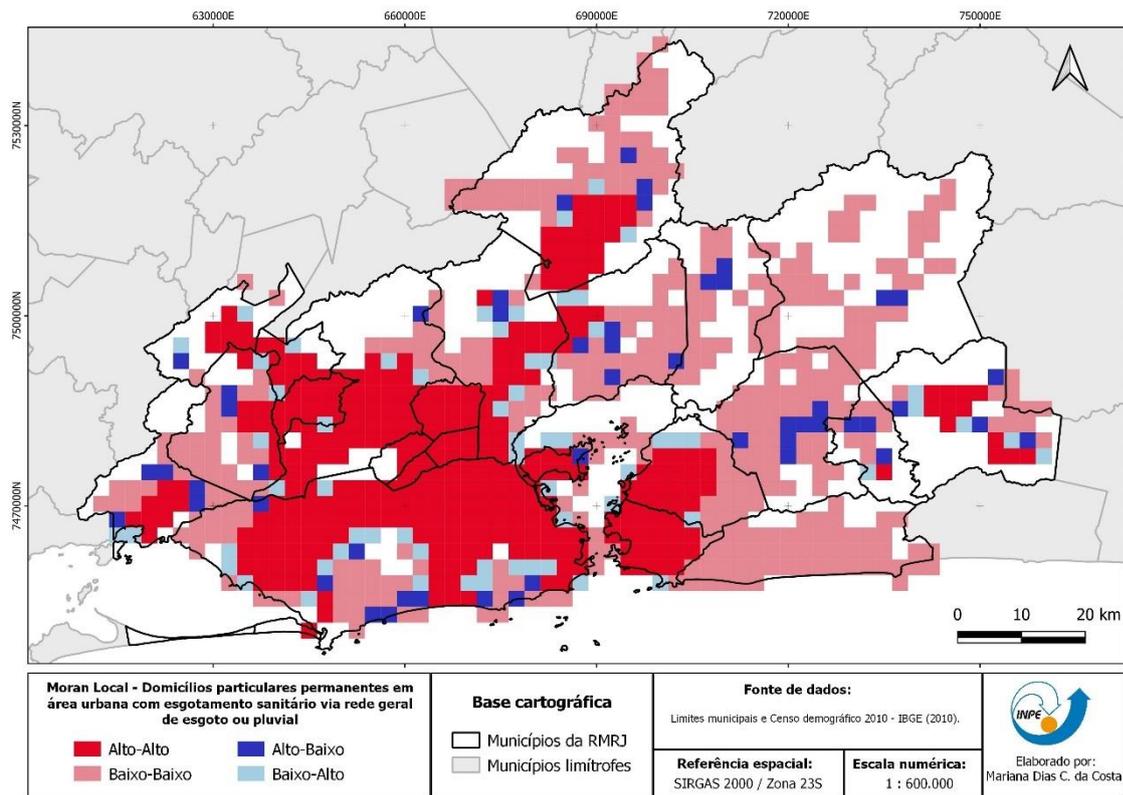
**Figura 9 – Distribuição espacial da porcentagem de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água na área urbana, em célula de 2,5 km<sup>2</sup>, pelo Moral Local**



Fonte: elaboração própria com base nos dados do Censo Demográfico 2010 e de Uso e Cobertura 2013 do INEA.

Com exceção dos municípios de Niterói e Duque de Caxias, a parte Leste da RMRJ apresenta expressivas áreas com a classe Baixo-Baixo, tanto na Figura 9, referente ao acesso à rede de abastecimento de água, quanto na Figura 10, referente ao esgotamento sanitário via rede geral esgoto ou pluvial. As áreas com Baixo-Baixo indicam que estes tipos de serviços apresentam baixas porcentagens, do mesmo modo que seus vizinhos.

**Figura 10 – Distribuição espacial da porcentagem de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial, na área urbana, em célula de 2,5 km<sup>2</sup>, pelo Moral Local**



Fonte: elaboração própria com base nos dados do Censo Demográfico 2010 e de Uso e Cobertura 2013 do INEA.

Já as classes Baixo-Alto e Alto-Baixo na Figura 9 e 10, estão distribuídos principalmente nas bordas de áreas com a classe Alto-Alto. De acordo com Carvalho, Moura e Haddad (2016), as classes Alto-Baixo e Baixo-Alto são classes que apresentam autocorrelação negativa, em outras palavras, são polígonos, no primeiro caso, com alta concentração do fenômeno, mas seus vizinhos não, e já no segundo caso, um polígono com baixa concentração do fenômeno em meio a vizinhos com alta concentração. Ambas as classes se apresentam menor número se comparadas com as classes Alto-Alto e Baixo-Baixo.

#### 4. Considerações finais

Os resultados indicam que a abordagem em grade com a integração da área urbana e de variáveis do domicílio por setor censitário se mostrou uma metodologia viável. No entanto, a escolha do tamanho da célula 2,5 km<sup>2</sup>, trouxe vantagens e desvantagens. Por um lado, facilitou a identificação de valores em regiões mais rurais,

onde a área urbana é pequena, e ao mesmo tempo conseguiu retirar parte dos vazios de alguns setores censitários de grande proporção, com é o caso do município de Cachoeiras de Macacu. Por outro lado, ocorreu a generalização de dados habitacionais em células onde havia pouca área urbana.

Pelas análises realizadas, foi possível identificar que tanto a distribuição espacial da porcentagem de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água via rede geral, quanto de esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial, nas áreas urbanas, ocorre uma concentração da classe Alto-Alto sobretudo na capital, Rio de Janeiro, e de seus municípios limítrofes, localizados na parte Oeste da RMRJ. Já na parte Leste, os municípios que mais obtiveram destaque nesta mesma classe foram Niterói e São Gonçalo.

Já na classe Baixo-Baixo, em ambos os serviços, existe um predomínio maior na parte Leste. Isso poderia ser explicado, uma vez que nessa região o abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade apresenta uma maior proporção. Já no caso do esgotamento sanitário, os tipos de fossa séptica e fossa rudimentar apresentam maior proporção na parte Leste da RMRJ do que pela rede geral de esgoto ou pluvial.

Para as próximas novas análises, espera-se uma melhor adequação da metodologia proposta, sobretudo quanto ao tamanho da célula que permita uma maior precisão espacial, a validação dos dados, a integração de novas variáveis para um maior aprofundamento do tema e a utilização de outras estatísticas espaciais em potencial.

## **Referências**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Brasília: ANA, 2011.

CARVALHO, Grazielle A.; MOURA, Ana Clara Mourão; HADDAD, Mônica Amaral. Avaliação da Expansão da Infraestrutura em Esgotamento Sanitário na Mancha Conurbada da Região Metropolitana de Belo Horizonte: 2000 A 2010. Revista Brasileira de Cartografia, v. 68, n. 1, 2016.

D'ATONA, Álvaro; LIMA, Everton. Uma proposta de tipologia para o uso e cobertura da terra no bioma amazônico: o papel da população – CNPq-PQ. In.: CUNHA, Maísa; MARCONDES, Gláucia (Orgs.) Questões demográficas contemporâneas: olhares multidisciplinares. São Leopoldo: Oikos, 2022.

FORMIGA-JOHNSON, R.; BRITTO, A. Segurança hídrica, abastecimento metropolitano e mudanças climáticas: considerações sobre o caso do Rio de Janeiro. *Ambiente & Sociedade*, v. 23, 2020.

Gomes-Ribeiro, M., & de Queiroz-Ribeiro, L. Segregación socioespacial y desigualdades de ingreso de la clase popular en la región metropolitana de Río de Janeiro, Brasil. *Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales*, 47(142), 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Atlas de saneamento: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

\_\_\_\_\_. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017. (online) Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2017>>. Acesso em: 01/09/2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial. Rio de Janeiro: INEA, 2018.

INSTITUTO RIO METRÓPOLE - IRM. A construção da região metropolitana. (online) Disponível em: <<http://www.irm.rj.gov.br/formacao.html>>. Acesso em: 01/09/2021.

Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. Uso e Cobertura do Solo - RJ 2013. (online). Disponível em:

<<https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search;jsessionid=3ED5C2515A571CA5DD7EFD22C19DA761#/metadata/fc15fff9-1da5-4710-9fcf-26ddc07c706a>>. Acesso em: 09/09/2022.

NAHAS, Maria Inês Pedrosa et al. Desigualdade e discriminação no acesso à água e ao esgotamento sanitário na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 35, p. e00100818, 2019.

PROGRAMA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - PSAM. Diagnóstico de saneamento simplificado 2021. 2021. Disponível em:

<<https://experience.arcgis.com/experience/a89cd6e362c0412bbc3970a2e808ffb3>>. Acesso em: 01/09/2022.

PLANO ESTRATÉGICO DE DESENVOLVIMENTO URBANO INTEGRADO – PDUI.

Produto 18 – Tomo I. s.d. Disponível em: <

<https://www.modelarametropole.com.br/>>. Acesso em: 01/09/2022.

QUINTSLR, Suyá; BRITTO, Ana Lúcia. Desigualdades no acesso à água e ao saneamento: impasses da política pública na metrópole fluminense. WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers, Thematic Area Series SATCUASPE-TA3: Urban Water Cycle and Essential Public Services, CASTRO, JE (Ed.), v. 1, n. 2, p. 44-64, 2014.