

# HOSPITALIZAÇÕES POR INSUFICIÊNCIA RENAL NO ESTADO DE SÃO PAULO: TENDÊNCIAS TEMPORAIS E PADRÕES ESPACIAIS

Ana Beatriz Silva<sup>1</sup>  
Mariany Souza<sup>2</sup>  
Alessandra Solera<sup>3</sup>  
Ana Paula Favareto<sup>4</sup>  
Renata Rossi<sup>5</sup>  
Edmur Pugliesi<sup>6</sup>  
Ana Paula Ramos<sup>7</sup>

**Resumo:** A Insuficiência Renal (IR) é uma doença grave, progressiva e irreversível, representando um problema de saúde pública. Este trabalho realizou o mapeamento espaço-temporal da taxa de IR nos municípios do estado de São Paulo. Técnicas de análise espacial foram usadas para detectar agrupamento espacial de 2008 a 2021, observando-se que a distribuição da taxa de IR no estado não é aleatória. Há uma tendência ascendente da doença, sendo os homens mais afetados pela IR que as mulheres, e a faixa etária acima de 59 anos a mais vulnerável. A mesorregião de São José do Rio Preto manteve alta densidade de IR em 14 anos. Esse estudo contribui para um diagnóstico da IR nos municípios paulistas, e auxilia em projetos que visem reduzir a prevalência da IR no estado. A abordagem espaço-temporal utilizada nesse trabalho serve de base para estudos correlatos em outras regiões do Brasil.

**Palavras-chave:** Doença renal; Distribuição Temporal; Estudos Ecológicos.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Medicina pela Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). Email: [bjalmeidaaz@gmail.com](mailto:bjalmeidaaz@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional - PPGMADRE, Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). Email: [kerriany\\_gon@yahoo.com.br](mailto:kerriany_gon@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) e atualmente é professora do curso de Medicina da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). Email: [barcalasolera2008@gmail.com](mailto:barcalasolera2008@gmail.com)

<sup>4</sup> Doutora em Biologia Celular e Estrutural pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e atualmente é pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional e professora de Embriologia do curso de Medicina da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). Email: [anafavareto@yahoo.com.br](mailto:anafavareto@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Doutora em Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro e atualmente é pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional e professora de Patologia do curso de Medicina da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, Presidente Prudente, SP. Email: [renata@unoeste.br](mailto:renata@unoeste.br)

<sup>6</sup> Doutor em Ciências Cartográficas pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), campus de Presidente Prudente/SP e atualmente é professor do Departamento de Cartografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), campus de Presidente Prudente/SP. Email: [edmur.pugliesi@unesp.br](mailto:edmur.pugliesi@unesp.br)

<sup>7</sup> Doutora em Ciências Cartográficas pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), campus de Presidente Prudente/SP. Docente do Departamento de Cartografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), campus de Presidente Prudente/SP. Email: [marques.ramos@unesp.br](mailto:marques.ramos@unesp.br)

# HOSPITALIZATIONS FOR RENAL FAILURE IN THE STATE OF SÃO PAULO: TEMPORAL TRENDS AND SPATIAL PATTERNS

**Abstract:** Kidney failure (KF) is a serious, progressive, and irreversible disease, posing a public health issue. This work carries out the spatiotemporal mapping of the KF rate in the municipalities of São Paulo. Spatial analysis techniques were used to detect spatial clustering from 2008 to 2021, observing that the distribution of the KF rate in the state is not random. An upward trend of the disease. Men are more affected by KF than women and the age group above 59 years is the most vulnerable. The mesoregion of São José do Rio Preto maintained a high density of KF over 14 years. This study contributes to a diagnosis of KF in the municipalities of São Paulo and assists in projects to reduce the prevalence of KF in the state. The spatiotemporal approach used in this work serves as a basis for related studies in other regions of Brazil.

Keywords: Kidney disease; Temporal Distribution; Ecological Studies.

## INTRODUÇÃO

A doença renal é um termo amplo que se refere a qualquer condição que afeta o funcionamento dos rins, enquanto a insuficiência renal refere-se especificamente a um estado avançado de doença renal, sendo definida como a perda da capacidade dos rins em efetuar suas funções essenciais, e podendo ser do tipo aguda, representando uma perda súbita e rápida da função renal, ou do tipo crônica, com perda de função renal lenta, progressiva e irreversível (Alcalde, Kirsztajn; Ammirati, 2020). A doença renal crônica tem alta prevalência na população mundial, sendo acima de 10%, totalizando mais de 800 milhões de indivíduos (Ammirati, 2020; Kovesdy, 2022) e costuma ser assintomática na maioria dos pacientes até atingir estágios avançados. Isso representa um risco aumentado de complicações e mortalidade, principalmente relacionadas ao sistema cardiovascular (Amaral et al, 2012; Ammirati, 2020). Portanto, o diagnóstico da insuficiência renal é crucial, tanto para prevenir a progressão da doença quanto para identificar possíveis riscos de outras doenças, como as cardiovasculares (Marinho et al., 2017). Múltiplos estudos (Amaral et al, 2012; Marinho et al., 2017; Alcalde, Kirsztajn, 2018; Sarmiento et al., 2018; Ammirati, 2020, Cockwell, Fisher, 2020) apontam que a insuficiência renal está associada à hipertensão arterial sistêmica e diabetes Mellitus.

A hipertensão arterial e a função renal estão intimamente ligadas, pois a hipertensão pode ser tanto a causa quanto a consequência de uma doença renal (Bortolotto, 2018). Ademais, é importante destacar que as doenças não são consequências inevitáveis do envelhecimento, e muitas patologias podem ser evitadas com prevenção, eliminação dos fatores de risco e adoção de hábitos saudáveis (Lima-Costa, Barreto, 2003). A doença renal apresenta-se na sua fase inicial com anormalidades da urina, seguida de manifestações de sinais e sintomas sistêmicos da perda aguda de função renal, que podem ou não evoluir para um quadro crônico (Alcalde, Kirsztajn, 2018). Isto depende principalmente da extensão e natureza da lesão. Não obstante, o pedido de exame de urina tipo 1 avança em quantidade de solicitações ao longo dos anos (Alcalde, Kirsztajn, 2018).

A doença renal crônica avançada se manifesta como síndrome urêmica, uma síndrome que reflete na uremia elevada. Se a doença prosseguir sem tratamento, a perda da função dos rins pode evoluir para um quadro que não seja possível manter a homeostase do organismo, de modo incompatível com a vida (Hammer, Mcphee, 2015). Insuficiência renal e doença renal são conceitos diferentes, de modo que a primeira é uma etapa avançada da segunda (Kirsztajn et al., 2014). A insuficiência renal é uma das doenças que mais afetam a população mundial, gerando altos custos para o sistema de saúde (Marinho et al., 2017; Alcalde, Kirsztajn, 2018). Em 2017, a prevalência global da doença renal crônica (DRC) foi de 9,1%, o que corresponde a 700 milhões de casos (Cockwell, Fisher, 2020). A mortalidade por DRC apresenta grande variação entre diferentes regiões e países. Por exemplo, na América Latina Central, Ásia Central e América do Norte de alta renda, a mortalidade por esta doença aumentou em aproximadamente 60% (Cockwell, Fisher, 2020).

Dada a relevância do assunto, a realização de estudos ecológicos de série temporal é essencial, pois permite analisar a distribuição de doenças, como a insuficiência renal, por regiões geográficas de interesse, como mesorregiões, microrregiões ou municípios, ajudando a definir estratégias para ações de controle e vigilância de doenças. Para isso, o Geoprocessamento e os métodos de análise espacial são ferramentas fundamentais (Fischer, 2015). No Brasil, embora existam alguns estudos ecológicos sobre insuficiência renal (Fischer, 2015; Sarmento et al., 2018; Marcos, 2018; Cockwell, Fisher, 2020), o padrão de distribuição da taxa de insuficiência renal no estado de São Paulo (Figura 1) ainda é uma informação que precisa ser disponibilizada para os gestores de saúde.

Figura 1. Localização geográfica dos municípios e mesorregiões do estado de São Paulo



A capacidade do governo em manter o tratamento de doenças no futuro depende muito dos custos associados. Uma revisão de literatura (Marinho et al., 2017) constatou que a prevalência da DRC em adultos no Brasil varia de acordo com o método utilizado para sua definição. Portanto, é incerto qual é a sua prevalência exata no país, reforçando a necessidade de mais estudos sobre essa temática, especialmente usando abordagens de análise espacial.

No estado de São Paulo, o único estudo nesse sentido foi realizado por Marcos et al. (2018), porém somente foram considerados os municípios de São Bernardo do Campo em 2016. Portanto, há uma lacuna em identificar os aglomerados espaciais de alta e baixa taxa de insuficiência renal, e correlacioná-los a fatores sociodemográficos, envolvendo todos os 645 municípios do estado. São Paulo é o segundo maior estado do Brasil em termos de número de municípios, o mais populoso, com aproximadamente 46,8 milhões de pessoas, e com o maior PIB (Produto Interno Bruto) da federação brasileira (IBGE, 2022).

Diversos fatores podem desempenhar um papel importante na distribuição espacial da insuficiência renal. Fatores de estilo de vida (Santos et al., 2021) e a presença de outras doenças crônicas, especialmente diabetes e hipertensão são fatores de risco significativos para o desenvolvimento da insuficiência renal (Cockwell, Fisher, 2020). Fatores socioeconômicos, níveis de educação, acesso a água potável e saneamento básico podem estar relacionados. Tem sido relatado que o baixo nível socioeconômico é um elemento de risco para doenças crônicas, e há evidências de uma correlação negativa entre renda e incidência de doença renal (Zambonato et al., 2008). Além disso, a exposição a poluentes ambientais também pode contribuir para o desenvolvimento de problemas renais, assim áreas com maior poluição podem apresentar maiores taxas de doença renal (Tsai et al., 2021).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é caracterizar a distribuição espaço-temporal da taxa de insuficiência renal no estado de São Paulo de 2008 a 2021. As questões respondidas neste trabalho são: “Qual o padrão de distribuição espacial da taxa de insuficiência renal nos últimos 14 anos (2008 a 2021) no estado de São Paulo?”; “Os valores de insuficiência renal nos municípios estão correlacionados no espaço, isto é, o que ocorre em um município, ocorre também nos municípios vizinhos?”; “Existe uma tendência crescente, decrescente ou constante na distribuição do número de casos de insuficiência renal no estado entre 2008 e 2021?”. “As características individuais, como gênero e idade, interferem na ocorrência do número de insuficiência renal no estado?”. Tais achados constituem um diagnóstico espaço-temporal insuficiência renal a nível municipal no estado, evidenciando às áreas mais problemáticas.

## METODOLOGIA

Este é um estudo ecológico e retrospectivo que analisa dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), acessíveis ao público através da plataforma TABNET (Ministério da Saúde, 2023). Os dados absolutos obtidos no DATASUS são referentes à quantidade de casos de insuficiência renal em municípios do estado de São Paulo, no período de 2008 a 2021, sendo 2021 o último ano com dados disponíveis até o momento. Com base nesses dados, conduzimos uma análise espaço-temporal da taxa de insuficiência renal em tais municípios ao longo de 13 anos (2008 a 2020).

O conjunto de dados na classificação de Causa - CID-BR-10 inclui casos de insuficiência renal aguda (N17), insuficiência renal crônica (N18) e insuficiência renal

não especificada (N19) de janeiro de 2008 a dezembro de 2021 por município. O número de casos de insuficiência renal refere-se às AIH (Autorização de Internação Hospitalar) aprovadas por local de residência, para que se possa checar a ocorrência da doença em função das regiões geográficas de interesse (municípios, no caso).

A taxa de insuficiência renal no município, representada como  $x$  casos por 10.000 habitantes, é determinada pela divisão do número total de casos pelo número de habitantes e posterior multiplicação por 10.000. A taxa foi estimada anualmente para cada município, usando dados do censo demográfico de 2010 do IBGE. Os municípios representam a menor unidade de análise. Informações cartográficas dos limites dos 645 municípios do estado de São Paulo e suas 15 mesorregiões foram obtidas junto ao IBGE, na escala 1:250.000. Os dados anuais de casos de insuficiência renal e suas respectivas taxas foram inseridos na base cartográfica dos municípios e posteriormente generalizados para a escala 1:4.000.000 utilizando o software de Sistema de Informação Geográfica, ArcGIS Pro 3.x (Unesp Educacional - ID da Assinatura 7303261929). As análises espaciais e a produção dos mapas temáticos também foram conduzidas nesse mesmo software.

A verificação e análise do padrão de agrupamento espacial da taxa de insuficiência renal entre os municípios de São Paulo, durante o período estudado, foram conduzidos através de diversas técnicas complementares de análise espacial. Tanto técnicas globais de análise espacial, como a função  $K$  de Ripley (Ripley, 2004) e o índice Global de Moran (Goodchild, 1986), quanto técnicas de análise espacial local, como a criação da superfície de densidade Kernel (Silverman, 1998), o índice Local de Moran (Goodchild, 1986) e a estatística de Getis-Ord  $G_i^*$  (Getis, Ord, 1992) foram consideradas.

O índice Global de Moran, um método de análise global, é crucial para oferecer uma medida singular da associação espacial para todo o conjunto de dados (por exemplo, taxa de insuficiência renal nos municípios do estado). Já os métodos em escala local são essenciais para verificar a suposição de que os agrupamentos espaciais não são aleatórios (Delmelle, 2009). O Índice Local de Moran, também conhecido como LISA (sigla em inglês), é um instrumento estatístico empregado para identificar autocorrelação espacial local (Anselin, 1995). De maneira simplificada, ele serve para avaliar se a semelhança entre as observações aumenta à medida que estas estão geograficamente mais próximas (Goodchild, 1986; Anselin, 1995).

A função  $K$  é uma ferramenta de análise espacial que examina a disposição de pontos e seus atributos associados para determinar se estão distribuídos de maneira aleatória, regular ou agrupada (Delmelle, 2009). Com um nível de confiança de 95%, o gráfico dessa função compara distâncias e valores correspondentes. Caso o gráfico da função  $K$  se posicione acima do limite superior de confiança de 5%, indica-se agrupamento; se estiver abaixo do limite inferior, sugere-se dispersão; e se situar entre esses limites, indica-se distribuição aleatória (Delmelle, 2009). Por meio deste gráfico, discernem-se escalas lineares nas quais as amostras ou seus atributos de interesse, como taxas de insuficiência renal, apresentam uma distribuição espacial específica. Nesse sentido, optou-se por esta técnica devido à sua eficácia em quantificar e testar a natureza do padrão espacial dos eventos. No contexto da insuficiência renal, a identificação de padrões de agrupamento é crucial para entender como os casos se distribuem geograficamente. Isso não apenas destaca áreas de preocupação imediata, mas também ajuda a sugerir possíveis fatores ambientais ou socioeconômicos que influenciam esses clusters.

Ao aplicar-se a função K a um atributo, resulta-se em uma função K ponderada (Delmelle, 2009). No entanto, esta função não revela a localização exata dos agrupamentos. Para visualizar a densidade da variável de interesse e os agrupamentos, recomenda-se o uso do estimador de densidade Kernel. A seleção do raio de alcance para essa análise pode ser influenciada pelos resultados da função K. Esse estimador é impulsionado por uma função, denominada função de Kernel, sendo a função quártica uma das mais adotadas. Essa função aplica mais peso aos locais mais próximos entre si em relação aos mais distantes, mas o decréscimo é gradual. Isso resulta numa superfície visualmente contínua (Delmelle, 2009). Como no estudo de caso se baseia em taxas de insuficiência renal, essas taxas servem como uma ponderação, resultando na construção de uma superfície de Kernel ponderada.

O valor do raio é uma variável importante, pois influencia na formação dos agrupamentos espaciais: raios pequenos podem gerar uma grande quantidade de pequenos agrupamentos, obscurecendo a associação espacial que pode existir entre as áreas, enquanto raios maiores podem resultar em poucos agrupamentos, suavizando a distribuição do fenômeno em análise. Os picos na superfície de densidade representam regiões de forte concentração de eventos (Delmelle, 2009). O estimador de densidade Kernel foi definido para a análise da insuficiência renal pela sua capacidade de fornecer uma visualização suave e intuitiva das regiões de alta incidência. Ao revelar 'hotspots' de hospitalizações, podemos direcionar investigações adicionais e recursos para essas áreas, melhorando assim as estratégias de intervenção e prevenção.

A análise pelo Índice Global de Moran fornece uma avaliação da autocorrelação espacial ao considerar a posição geográfica das entidades e a magnitude dos seus atributos. Esse método oferece uma medida agregada de associação espacial para o conjunto de dados, descrevendo o modo de manifestação da doença na região analisada — seja de forma agrupada, aleatória ou dispersa (Delmelle, 2009). Entretanto, para discernir áreas que formam aglomerados significativos ou que divergem substancialmente de suas vizinhanças, recorre-se ao Índice Local de Associação Espacial de Moran. Este índice, que requer uma matriz de vizinhança espacial, permite a identificação detalhada de padrões locais (Delmelle, 2009; ANSELIN, 1995). Cada área é então avaliada com base em índices, z-scores, valores-p e um código específico de tipo de cluster. Os z-scores e valores-p, avaliados com um nível de confiança de 95%, ajudam a estabelecer a relevância estatística dos índices obtidos, auxiliando na decisão de aceitar ou rejeitar a hipótese nula. Os z-scores, em particular, são indicativos de desvios padrões a partir da média, correlacionados com a distribuição normal (Delmelle, 2009; Anselin, 1995).

No contexto dos aglomerados espaciais identificados pelo Índice Local de Associação Espacial de Moran, quatro categorias principais emergem: Alto-Alto (H-H), Baixo-Baixo (L-L), Baixo-Alto (L-H) e Alto-Baixo (H-L). Os aglomerados H-H representam regiões onde localizações de alto valor estão cercadas por vizinhos igualmente altos, denotando uma concentração de altos valores. Por outro lado, os aglomerados L-L indicam regiões onde localizações de baixo valor estão rodeadas por vizinhos de valor baixo, refletindo uma acumulação de baixos valores. Os aglomerados L-H e H-L ilustram cenários anômalos, onde localizações de alto valor estão cercadas por vizinhos de baixo valor e vice-versa, sinalizando significativas disparidades espaciais.

A dependência espacial, indicada por um valor de I (Índice de Moran) próximo a 0,05, sinaliza uma autocorrelação espacial tênue, sugerindo que os padrões observados estão próximos da aleatoriedade. Contudo, um z-score elevado combinado com um valor-p inferior ao nível de significância estipulado, como 0,05, refuta a hipótese nula de aleatoriedade espacial, corroborando a existência de autocorrelação espacial significativa e, conseqüentemente, de padrões ou aglomerados espaciais relevantes. Finalmente, utilizando o código do tipo de cluster, constrói-se o Mapa LISA, ressaltando aglomerações de valores altos e baixos, assim como outliers. Um índice local de Moran positivo indica que uma entidade está circundada por vizinhos com valores similares, integrando-a a um cluster. Em contrapartida, um valor negativo aponta que a entidade diverge dos seus vizinhos, caracterizando-a como um outlier (Delmelle, 2009; Anselin, 1995). A inclusão do Índice Local de Associação Espacial de Moran visa complementar as outras técnicas (Função K e estimador de densidade Kernel) ao oferecer insights sobre a autocorrelação espacial. Ao identificar clusters de alta e baixa incidência, bem como outliers locais, o LISA ajuda a entender não apenas onde, mas também como os padrões de insuficiência renal se manifestam em relação aos seus vizinhos. Isso é essencial para reconhecer áreas que divergem do padrão geral, o que pode indicar condições locais únicas ou intervenções bem-sucedidas.

Para analisar diferenças na taxa de insuficiência renal entre variáveis como faixa etária, gênero e o período de 2008 a 2021, testes estatísticos paramétricos e não paramétricos foram empregados, de acordo com a distribuição de probabilidade dos dados (Volpato, Barreto, 2016). O teste de Kolmogorov-Smirnov avalia se o conjunto de dados seguem uma distribuição normal. Em caso negativo, a estatística não paramétrica é recomendada (Volpato, Barreto, 2016) e, no estudo de caso, os testes de Friedman e Mann-Whitney foram empregados. O teste de Friedman é particularmente útil para comparar taxas de insuficiência renal em diferentes períodos ou categorias de municípios ao longo do tempo. Ao identificar diferenças significativas entre os grupos, pode-se discernir tendências e padrões temporais, contribuindo para uma compreensão mais profunda da dinâmica da insuficiência renal no estado de São Paulo. Ressalta-se que este, não paramétrico, é uma alternativa à ANOVA para medidas repetidas, identificando diferenças significativas entre grupos (Volpato, Barreto, 2016). O teste de Mann-Whitney, também não paramétrico, foi escolhido para comparar duas amostras independentes, o que é especialmente útil para avaliar se grupos distintos, como homens e mulheres ou diferentes faixas etárias, têm medianas equivalentes em relação às taxas de insuficiência renal. Este teste contrasta posições das observações em vez dos dados brutos (Volpato, Barreto, 2016), e isto permite efetivamente contrastar grupos, mesmo quando a normalidade dos dados não é confirmada. Cada teste foi selecionado com o intuito de abordar aspectos específicos dos dados de insuficiência renal, garantindo que as análises fossem tanto rigorosas quanto pertinentes. Juntos, esses testes estatísticos forneceram uma base sólida para entender as variações e as distribuições das taxas de insuficiência renal, permitindo tirar conclusões informadas e robustas, quanto sua evolução temporal e prevalência em relação a gênero e faixa etária.

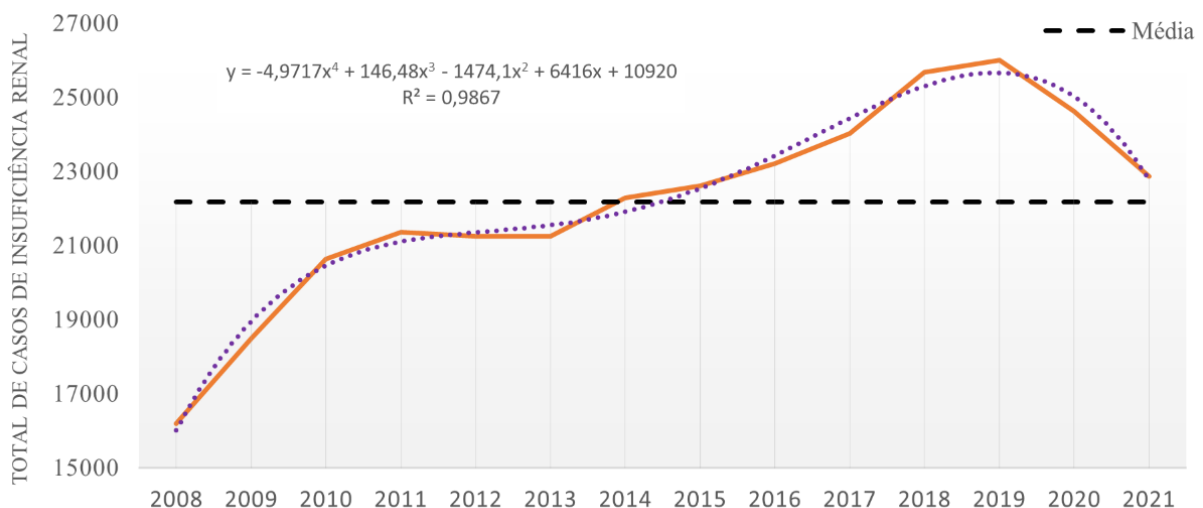
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de janeiro de 2008 a dezembro de 2021, foram registradas pelo DATASUS um total de 310.426 AIH, aprovadas por casos de insuficiência renal (aguda, crônica e não especificada) na população residente dos municípios do estado de São Paulo. A tendência de distribuição desses casos é flutuante durante o período (2008 a 2021), sendo descrita por um polinômio de 4º ordem ( $R^2 = 98,67\%$ ) (Figura 2).

Existem dois períodos em que se observa uma tendência crescente no número de casos: de 2008 até 2011 e de 2013 até 2019 (Figura 2). Entre 2011 e 2013, observa-se uma estagnação no número de casos. A partir de 2019 até 2021, o número de casos começa a decrescer. Se considerado o período total de 14 anos, o número de casos passou de 16.182 em 2008 para 22.856 em 2021. Isso indica um aumento de aproximadamente 41,2% na prevalência da doença no estado de São Paulo durante o período estudado.

Os resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis [ $X^2(13) = 675,792$ ;  $p$ -valor  $< 0,0001$ ] confirmam que há um efeito temporal significativo sobre a taxa anual de AIH aprovadas para insuficiência renal nos municípios. Além disso, o teste de comparações múltiplas demonstra que os pares de taxas (por exemplo, taxa em 2008 versus taxa em 2021) diferem significativamente entre vários anos, corroborando a distribuição flutuante deste fenômeno no estado (Figura 2). Com 95% de confiança, pode-se afirmar que os dados (número de casos ou a taxa) de insuficiência renal entre 2008 e 2021 não seguem uma distribuição de probabilidade normal, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov ( $p$ -valor  $< 0,05$ ).

Figura 2. Evolução do total de casos de insuficiência renal no estado de São Paulo de 2008 a 2021. A linha sólida laranja exibe o número anual de casos de insuficiência renal. A linha pontilhada roxa traça o modelo de regressão polinomial, refletindo a tendência dos casos ao longo dos anos, evidenciada pelo alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9867$ ), o que demonstra um excelente ajuste do modelo aos dados históricos. A linha pontilhada preta denota a média de casos de insuficiência renal durante o período analisado.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

A queda de casos entre 2019 e 2021 (Figura 2) pode estar associada à pandemia de COVID-19, que provocou interrupções e descontinuidades em muitos

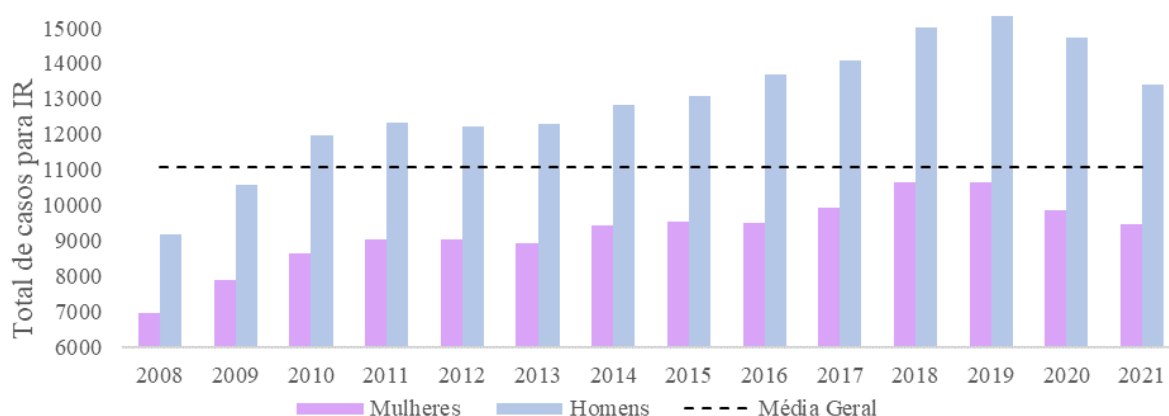


serviços de saúde. As internações por doenças crônicas diminuíram devido à restrição do acesso aos serviços hospitalares e à suspensão de procedimentos não emergenciais (Duarte et al., 2021). Como resultado, é possível que as internações por doenças crônicas, como a insuficiência renal, tenham diminuído devido ao menor acesso aos serviços hospitalares, sobrecarregados com casos graves de COVID-19, e à possível subnotificação (Duarte et al., 2021). No entanto, essa é uma hipótese que precisa ser confirmada por estudos adicionais, já que os padrões de doenças são influenciados por muitos fatores.

Observou-se que durante o período de 2008 a 2021, o número de AIH aprovadas para insuficiência renal foi significativamente maior em indivíduos do gênero masculino em comparação ao feminino (Figura 3), de acordo com o teste de Mann-Whitney ( $Z = 181844,5$ ;  $p < 0,05$ ). Em todos os anos analisados, o número de casos de insuficiência renal em homens superou o das mulheres. É relevante destacar (Figura 3) que, a partir de 2010, o número de casos em homens foi superior à média do período (2008 a 2021). Esses resultados estão em linha com estudos que indicam uma maior prevalência de doença renal crônica (Carrero et al., 2018) e um risco elevado de progressão para insuficiência renal em homens (Minutolo et al., 2020).

A faixa etária é outro fator que afeta significativamente o número de AIH aprovadas para insuficiência renal no estado de São Paulo durante o período de 2008 a 2021 (Figura 4). De acordo com o teste de Kruskal-Wallis ( $X^2(2) = 402,905$ ;  $p < 0,001$ ), confirma-se que o número de casos varia entre as faixas etárias: 1 a 19 anos (média = 856,43; desvio-padrão =  $\pm 114,21$ ), 20 a 59 anos (média = 9993,43; desvio-padrão =  $\pm 777,69$ ) e acima de 59 anos (média = 11323,43; desvio-padrão =  $\pm 1952,83$ ).

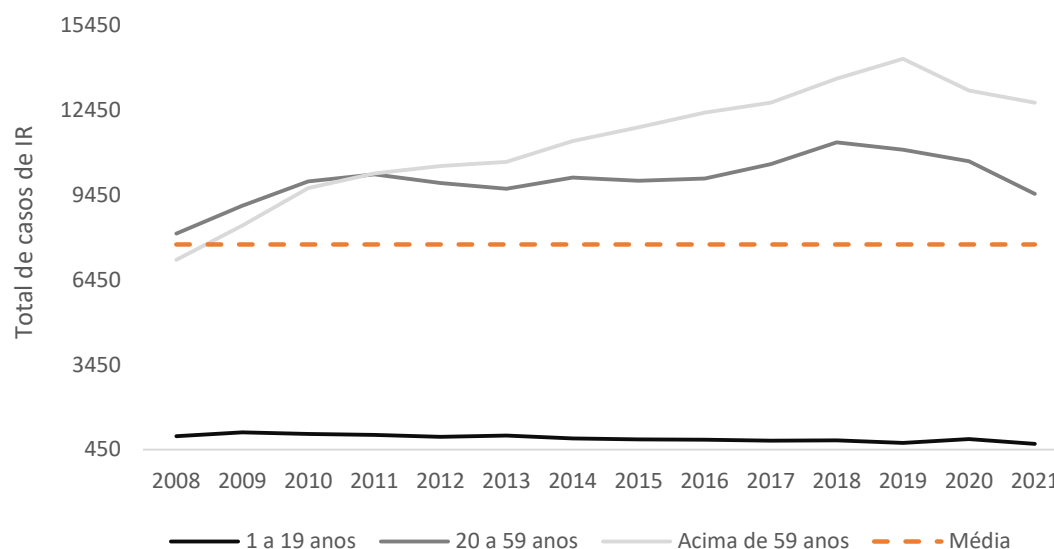
Figura 3. Distribuição anual dos casos de insuficiência renal por gênero no estado de São Paulo, de 2008 a 2021. As barras em tom de lilás representam o número total de casos entre as mulheres, enquanto as barras em azul representam os homens. A linha pontilhada preta indica a média geral de casos de insuficiência renal ao longo do período observado.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

Figura 4. Evolução do total de casos de insuficiência renal por faixa etária no estado de São Paulo, de 2008 a 2021. As linhas representam a incidência da doença em

três grupos etários distintos: a linha preta sólida corresponde à faixa de 1 a 19 anos, a linha cinza médio sólida à de 20 a 59 anos, e a linha cinza claro refere-se a indivíduos acima de 59 anos. A linha pontilhada laranja indica a média geral de casos ao longo do período para todas as faixas etárias.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

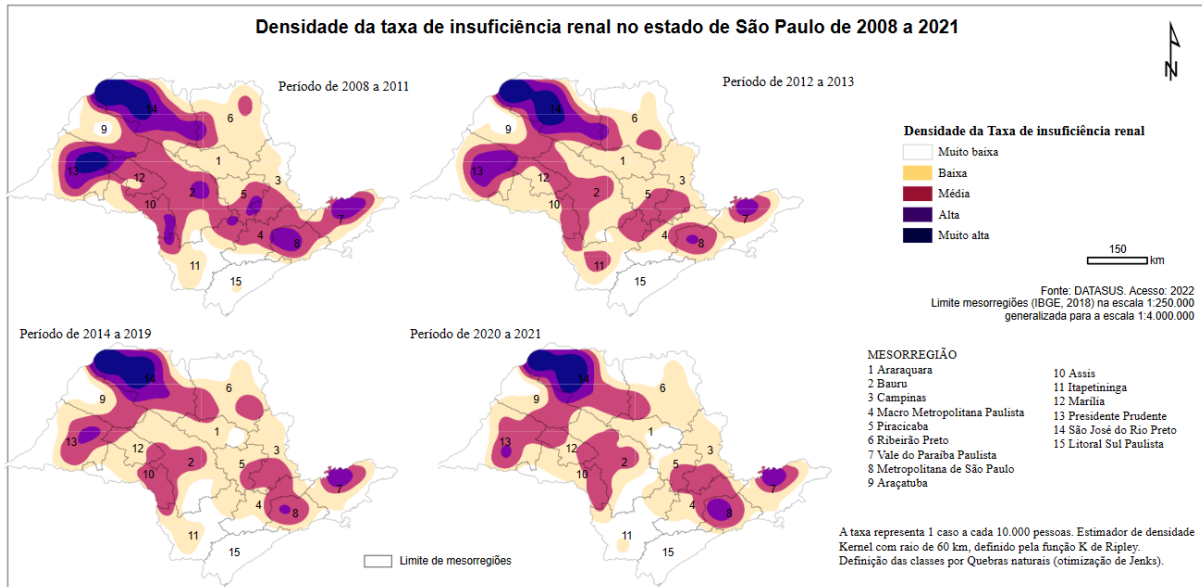
Com 95% de confiança, o teste de comparações múltiplas mostra que o maior número de casos para insuficiência renal ocorre em indivíduos com mais de 59 anos (Figura 4), correspondendo a 51,07% do total de casos registrados entre 2008 e 2021. Esses achados corroboram dados da literatura que indicam uma maior incidência de doenças crônicas, especialmente insuficiência renal, em indivíduos com 60 anos ou mais (Hemmelgarn et al., 2012; Elliott, 2013; Franciso et al., 2022).

A fim de verificar se a taxa de insuficiência renal apresenta um padrão agrupado, aleatório ou disperso entre os municípios do estado de São Paulo, determinou-se o índice global de Moran para cada um dos anos investigados. Com um nível de confiança de 95%, nota-se que existe uma autocorrelação espacial entre os municípios e a taxa de insuficiência renal. Contudo, este índice fornece apenas uma medida única da associação espacial para todos os 645 municípios, não indicando a distância linear na qual essa associação ocorre. Para esclarecer isso, realizou-se uma análise com a função K ponderada pela taxa de insuficiência renal, e se confirmou o padrão de agrupamento entre os municípios para a taxa de insuficiência renal a partir de uma distância de 20 km. Assim, tem-se que o agrupamento gerado não é fruto de um processo aleatório, sendo este padrão observado consistentemente ao longo dos 14 anos analisados.

Considerando-se os resultados da função K, definiu-se um raio de 60 km para a construção da superfície de densidade da taxa de insuficiência renal (Figura 5), assim como do índice de autocorrelação espacial local (Figura 6).

Figura 5. Mapeamento da densidade da taxa de insuficiência renal no estado de São Paulo, de 2008 a 2021, utilizando o método do Estimador de Densidade Kernel. A

densidade da taxa de insuficiência renal foi calculada por município, utilizando a função quártica do estimador de Densidade Kernel com raio de 60 km.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

A Figura 5 ilustra a densidade da taxa de insuficiência renal no estado de São Paulo, segmentada em quatro períodos: 2008 a 2011, 2012 a 2013, 2014 a 2019 e 2020 a 2021, sem destacar dados anuais específicos. As variações de tonalidade representam a intensidade da taxa de insuficiência renal nos municípios, classificadas em categorias que vão de 'Muito baixa' a 'Muito alta', conforme explicitado na legenda de cores (Figura 5). Para facilitar a interpretação dos aglomerados espaciais no estado, representou-se os limites das mesorregiões por linhas pretas, com a numeração correspondente a cada uma das 15 mesorregiões de São Paulo. A análise do mapa (Figura 5) evidencia uma distribuição heterogênea da taxa da doença ao longo do tempo, com a formação de aglomerados espaciais em áreas específicas. A superfície de densidade de Kernel para o período mencionado (2008-2021) ressalta a flutuação da taxa de insuficiência renal ao longo dos 14 anos em questão. Notadamente, a mesorregião de São José do Rio Preto (identificada pelo número 14) apresentou consistentemente uma densidade 'muito alta' de insuficiência renal durante o intervalo temporal analisado. Em contraste, a mesorregião de Presidente Prudente (identificada pelo número 13) mostrou variações entre 'muito alta' e 'alta', especialmente entre 2008 e 2011, com posterior estabilização em 'alta' até 2013, quando então a taxa declinou predominantemente para 'média' a 'baixa'.

Observou-se uma redução substancial nos casos nas mesorregiões a oeste do estado de São Paulo, com exceção das mesorregiões Vale do Paraíba Paulista (indicada pelo número 7) e Metropolitana de São Paulo (indicada pelo número 8) que continuaram registrando 'altas taxas' ao longo de mais de uma década (2008 – 2018). Tais achados sugerem uma maior incidência de insuficiência renal na região a oeste do estado de São Paulo. É relevante mencionar que o último intervalo analisado, de 2020 a 2021, coincide com o advento da pandemia de Covid-19 e o início da campanha de vacinação em janeiro de 2021. Durante este período, a representação cartográfica (Figura 5) indica que a densidade de insuficiência renal

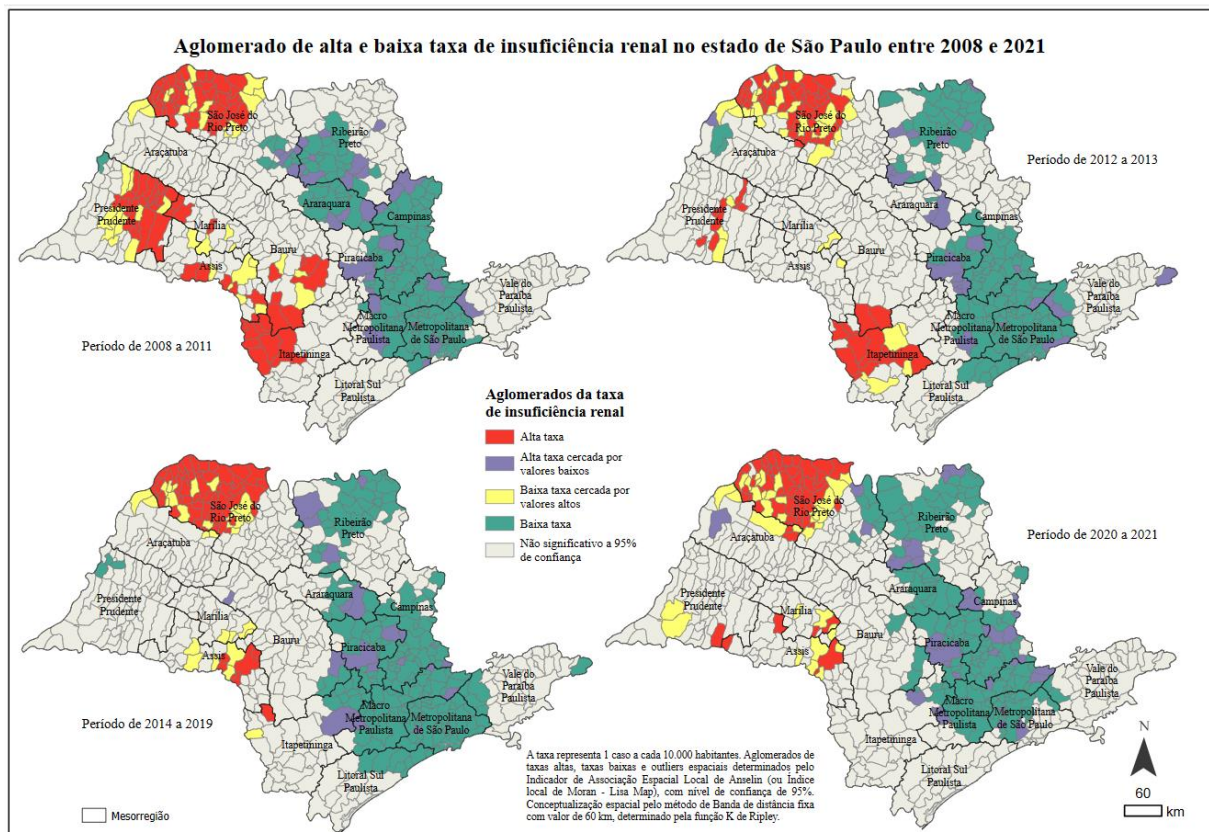
reduziu nas mesorregiões 6 e 11, sugerindo uma possível influência das medidas de saúde pública ou de outros fatores não identificados na taxa de insuficiência renal.

O mapa apresentado na Figura 6 mostra a distribuição dos aglomerados de alta e baixa taxa de insuficiência renal no estado de São Paulo, de 2008 a 2021, conforme a metodologia do Índice Local de Associação Espacial de Moran, desenvolvida por Anselin (1995). A coloração vermelha indica áreas com alta taxa de insuficiência renal, enquanto o amarelo representa baixas taxas cercadas por altas taxas, ilustrando uma relação de *outlier* espacial. O verde denota regiões com baixa taxa de insuficiência renal, e o roxo claro destaca altas taxas cercadas por baixas taxas, também caracterizando *outliers* espaciais. Áreas sem coloração significativa a 95% de confiança são marcadas em cinza, indicando falta de significância estatística na autocorrelação espacial. Esta visualização permite identificar padrões geográficos e temporais na incidência de insuficiência renal, importantes para direcionar investigações e intervenções de saúde pública no estado de São Paulo.

Os resultados com base no Índice Local de Associação Espacial de Moran (Figura 6), evidenciam uma distribuição heterogênea da insuficiência renal no estado para o intervalo de 2008 a 2021 a um nível de confiança de 95%. Observa-se uma incidência acentuada da doença nas mesorregiões de Campinas, Assis e Marília. Essa concentração é visualmente reforçada pelos aglomerados de altas taxas de insuficiência renal nestas áreas, denotados pelo tom vermelho claro no mapa. Estes aglomerados sublinham a necessidade de uma atenção especial para as políticas de saúde pública nessas localidades ao longo dos anos estudados.

De 2008 a 2016, algumas mesorregiões, como Araçatuba e Presidente Prudente, também apresentaram aglomerados de alta taxa de insuficiência renal, que foram diminuindo nos anos seguintes (Figura 6). É importante notar que todas as mesorregiões litorâneas do estado de São Paulo, bem como as mesorregiões de Itapetininga e a macro metropolitana de São Paulo, exibem clusters de municípios com baixa taxa de insuficiência renal entre 2008 e 2021. Isso também é registrado nas mesorregiões de São José do Rio Preto e Ribeirão Preto, mas os aglomerados diminuem ao longo dos anos, particularmente na mesorregião de Ribeirão Preto. No entanto, ao se analisar os últimos dois anos (2020 a 2021), é evidente (Figura 6) que os aglomerados (de alta e baixa taxa de insuficiência renal) são menores em número e tamanho comparados aos observados no início do período (2008 a 2012). Isso sugere uma redução da doença no estado, confirmada pelos dados da Figura 2, onde o número de casos de insuficiência renal diminui progressivamente a partir de 2019, resultando na diminuição do tamanho dos clusters de alta e baixa taxa. Porém, essa redução pode não representar necessariamente uma diminuição real da doença, mas possivelmente um aumento das subnotificações devido à pandemia de Covid-19, que teve início em 2019 e continua até o momento.

Figura 6. Distribuição dos aglomerados de alta e baixa taxa de insuficiência renal no estado de São Paulo, de 2008 a 2021.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

Outro ponto que se destaca na análise do mapa de LISA (Figura 5) são os municípios caracterizados como outliers espaciais, seja para alta taxa (cor vermelha saturada) ou baixa taxa (cor azul saturada) de insuficiência renal. O número de municípios considerados outliers para altas taxas de insuficiência renal diminuiu mais significativamente em comparação aos outliers por baixa taxa da doença de 2008 a 2021. Além disso, os outliers para as altas taxas apresentam flutuação espaço-temporal, com exceção de alguns municípios ao norte da mesorregião do Vale do Paraíba Paulista, como Cachoeira Paulista e Lavrinhas, e o município de Tanabi, na mesorregião de São José do Rio Preto. Estes permaneceram como outliers para as altas taxas de insuficiência renal durante todo o período estudado. Isso destaca a necessidade de estudos direcionados a esses locais, visando entender esta característica específica de insuficiência renal. Por outro lado, os municípios na divisa entre as mesorregiões de Piracicaba e Campinas formam aglomerados de outliers espaciais para baixa taxa de insuficiência renal a partir de 2013, indicando uma população com baixo registro de casos de insuficiência renal em comparação aos municípios vizinhos na região de Campinas.

Neste estudo, notamos que as altas taxas de insuficiência renal no estado de São Paulo estão concentradas em regiões com maiores valores médios anuais de temperatura. Vários estudos conduzidos em diferentes partes do mundo (Zager, 1990; Abraham et al., 2016; Jayasumana et al., 2017; Roncal-Jimenez, 2018; Johnson, Wesseling, Newman, 2019; Wen et al., 2022) estabeleceram uma associação entre altas temperaturas ou elevados níveis de insolação local e doenças renais.

As mudanças climáticas têm aumentado o risco para diversas doenças, incluindo as renais. Um estudo (Wen et al., 2022) conduzido no Brasil registrou 2.726.886 internações por doença renal em 1.816 cidades no período de 2000 a

2015. Este estudo identificou uma associação entre a temperatura média diária e o risco de internações por várias doenças renais, incluindo doenças túbulo-intersticiais renais, insuficiência renal aguda, pielonefrite, e uma relação indireta com DRC. As causas ou mecanismos por trás destas altas incidências ainda não foram totalmente esclarecidos, mas podem estar relacionados à desidratação ou diminuição do líquido extracelular, bem como outros fatores ambientais, infecções e predisposições genéticas (Zager, 1990; Roncal-Jimenez, 2018; Wen et al., 2022).

Uma limitação deste estudo foi a não inclusão de uma análise detalhada das taxas de insuficiência renal por faixa etária e gênero por região, devido à complexidade e ao extenso volume de dados envolvidos. Apesar disso, reconhece-se a importância dessa abordagem multidimensional e, portanto, recomenda-se que futuros trabalhos expandam nessa direção, proporcionando uma compreensão mais profunda das variações e tendências da doença, o que é crucial para o desenvolvimento de estratégias de saúde pública mais eficazes e direcionadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo realizou uma investigação sobre a distribuição espacial da taxa de insuficiência renal nos 645 municípios do estado de São Paulo, no período de 2008 a 2021, utilizando como base as Autorizações de Internação Hospitalar (AIHs) aprovadas por local de residência. Identificou-se uma autocorrelação espacial significativa entre os municípios no que diz respeito à prevalência da doença e à faixa etária, com maior incidência entre indivíduos de 20 a 59 anos. Adicionalmente, os dados revelaram que o número de casos entre os homens superou o das mulheres.

A análise apontou para uma distribuição não uniforme da taxa de insuficiência renal no estado ao longo do período estudado. No entanto, foi detectada uma tendência de redução nos casos de insuficiência renal entre 2020 e 2021. Esta diminuição pode ser atribuída, em parte, a possíveis subnotificações nas bases de dados do DATASUS, em especial durante a pandemia de COVID-19 iniciada no Brasil em 2020, o que poderia afetar o registro de doenças crônicas como a insuficiência renal. Ademais, outros fatores podem estar associados a esta redução, como a melhoria nas condições de saúde e o acesso a tratamentos e melhores práticas de saúde preventiva; campanhas educativas sobre hábitos saudáveis, dietas adequadas e prevenção da doença; melhorias de infraestrutura e acesso à água potável que podem influenciar positivamente na prevenção de condições que levam à IR; controle mais efetivo de doenças como diabetes e hipertensão, que são fatores de risco para IR; além de políticas de saúde pública, que aumentem o acesso a cuidados médicos e à prevenção.

Recomenda-se que as regiões com elevadas taxas de insuficiência renal, conforme indicado pela associação espacial, sejam submetidas a uma investigação detalhada. A literatura sugere uma correlação entre o aumento da incidência da doença e as altas temperaturas na região. Apesar de possíveis medidas de saúde pública terem sido implementadas no estado São Paulo terem afetado a distribuição da doença, a contínua alta incidência de insuficiência renal em determinadas áreas ressalta a importância de pesquisas adicionais. Essas investigações futuras deveriam examinar mais profundamente os determinantes ambientais, socioeconômicos e de políticas de saúde que influenciam esses padrões espaciais, com o objetivo de formular estratégias mais efetivas de prevenção e manejo da insuficiência renal. Conclui-se que esta pesquisa oferece uma contribuição

importante para a análise epidemiológica regional, podendo facilitar a elaboração de modelos assistenciais mais adequados às particularidades locais.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, T. L. M.; AMARAL, C. A.; MIRANDA FILHO, A. L.; TORRES MONTEIRO, G. Tendência e causa múltipla de óbito por insuficiência renal crônica em município na Amazônia Brasileira, 1986 – 2012. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 11, p. 3821-3828, 2018.

ALCALDE, P. R.; KIRSZTAJN, G. M. Expenses of the Brazilian Public Healthcare System with chronic kidney disease. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 40, n. 2, p. 122-129, 2018.

AMMIRATI, A. L. Chronic Kidney Disease. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 1, Suppl 1, p. s03-s09, 2020.

ANSELIN, L. Local Indicators of spatial association-LISA. **Geographical Analysis, OSU Press**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995

BORTOLOTTI, L. A. Hipertensão arterial e insuficiência renal crônica. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 15, p. 152-155, 2088.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Análise espacial. In: **Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. (org.). Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2002.

CARRERO, J. J.; HECKING, M.; CHESNAYE, N. C.; JAGER, K. J. Sex and gender disparities in the epidemiology and outcomes of chronic kidney disease. **Nature Reviews Nephrology**, v. 14, p. 151-164, 2018

COCKWELL, P.; FISHER, L. A. The global burden of chronic kidney disease. **The Lancet**, v. 395, p. 662-664, 2020.

DELMELLE, E. Point pattern analysis. In: KOBAYASHI, A. (org.). **International encyclopedia of human geography**. Philadelphia: Elsevier, 2009, p. 204-211.

DUARTE, L. S.; SHIRASSU, M. M.; ATOBE, J. H.; MORAES, M. A.; BERNAL, R. T. I. Continuidade da atenção às doenças crônicas no estado de São Paulo durante a pandemia de Covid-19. **Saúde em Debate**, v. 45, p. 68-81, 2021

ELLIOTT, M. J.; TAM-THAM, H.; HEMMELGARN, B. R. Alberta Kidney Disease Network. Age and treatment of kidney failure. **Current Opinion in Nephrology and Hypertension**, v. 22, n. 3, p. 344-350, 2013

ESRI ArcGIS Pro 3.x. Unesp Educacional ID da Assinatura 7303261929. Tipo de Modelo da Licença de Usuário Nomeado.

FISCHER, M. M. Spatial Analysis in Geography. In: **International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences**, 2nd ed. Philadelphia: Elsevier, 2015, p. 94-99.

FRANCISCO, P. M. S. B.; ASSUMPÇÃO, D.; BACURAU, A. G. M.; NERI, A. L.; MALTA, D. C.; BORIM, F. S. A. Prevalência de doenças crônicas em octogenários: dados da Pesquisa Nacional de Saúde 2019. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 7, p. 2655-2665, 2022.

GETIS, A.; ORD, J. K. The analysis of spatial association by use of distance statistics. **Geographical Analysis**, v. 24, n. 3, p.189-206,1992.

HEMMELGARN, B. H.; JAMES, M. T.; MANNS, B. J.; O'HARE, A. M.; MUNTNER, P.; RAVANI, P.; QUINN, R. R.; TURIN, T. C.; TAN, Z.; TONELLI, M. Alberta Kidney Disease Network. Rates of treated and untreated kidney failure in older vs younger adults. **JAMA**, v. 307, n. 23, p. 2507-2515, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

JAYASUMANA, C.; ORANTES, C.; HERRERA, R.; ALMAGUER, M.; LOPEZ, L.; SILVA, L. C.; ORDUNEZ, P.; SIRIBADDANA, S.; GUNATILAKE, S.; DE BROE, M. E. Chronic interstitial nephritis in agricultural communities: a worldwide epidemic with social, occupational, and environmental determinants. **Nephrology, Dialysis, Transplantation**, v. 32, p. 234-241, 2017.

JOHNSON, R. J.; WESSELING, C.; NEWMAN, L. S. Chronic kidney disease of unknown cause in agricultural communities. **The New England Journal of Medicine**, 380, n. 19, p. 1843-1852, 2019.

KIRSZTAJN, G. M.; SALGADO FILHO, N.; DRAIBE, A. S.; PÁDUA NETTO, M. V.; SALDANHA, F.; SOUZA, T. E.; BASTOS, M. G. Diretrizes para avaliação e manejo da doença renal crônica na prática clínica. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 36, n. 1, p. 5-11, 2014. KOVESDY CP. Epidemiology of chronic kidney disease: an update 2022. **Kidney International Supplements**. v. 12, n. 1, 2022 10.1016/j.kisu.2021.11.003.

LIMA-COSTA, M. F.; BARRETO, S. M. Tipos de estudos epidemiológicos: conceitos básicos e aplicações na área do envelhecimento. **Revista de Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.12, n. 4, p. 189-201, 2003.

MARCOS, R. V. **Doença renal crônica em São Bernardo do Campo, SP: análise espacial preliminar**. [Dissertação]. São Paulo: Instituto de Saúde. Secretaria de Estado da Saúde, 2018.

MARINHO, A. W. G. B.; PENHA, A. P.; SILVA, M. T.; GALVÃO, T. F. Prevalência de doença renal crônica em adultos no Brasil: revisão sistemática da literatura. **Cadernos de Saúde Pública (UFRJ)**, v. 25, p. 379-388, 2017.



MINISTÉRIOS DA SAÚDE. DATASUS. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>, Acesso em 04 jan. 2024.

MINUTOLO, R.; GABBAI, F. B.; CHIODINI, P.; et al. Sex differences in the progression of CKD among older patients: pooled analysis of 4 cohort studies. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 75, p. 30-38, 2020.

RIPLEY, B. D. **Spatial statistics**. 2nd ed. New Jersey: Wiley-Interscience, 2004.

SANTOS, T. S. R. S.; SOUZA, A. C.; HONORATO, L. G. F.; SANTOS, J. T. R.; PEREIRA S. T. R. S.; ZUKOWSKY-TAVARES, C.; PORTO E. F. Perfil de estilo de vida de pacientes com doença renal crônica em hemodiálise. **Saúde e Pesquisa**, v. 14, n. 3, p: e7826, 2021.

SARMENTO, L. R.; FERNANDES, P. F. C. B. C. F.; PONTES, M. X.; CORREIA, D. B. S.; CHAVES, V. C. B.; CARVALHO, C. F. A.; ARNAUD, T. L.; SANTOS, M. H. S.; BARRETO, L. C. B.; ALVES, L.; MOLITERNO, A. Prevalence of clinically validated primary causes of end-stage renal disease (ESRD) in a State Capital in Northeastern Brazil. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 17, p. 1-6, 2018.

SILVERMAN, B. W. **Density estimation for statistics and data analysis**. 1st ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 1998.

TSAI, H. J.; WU, P. Y.; HUANG, J. C.; CHEN, S. C. Environmental Pollution and Chronic Kidney Disease. **International Journal of Medical Sciences**, v. 18, n. 5, p. 1121-1129, 2021.

VOLPATO, G.; BARRETO, R. **Estatística Sem Dor!!!** 2nd ed. Botucatu: Best Writing, 2016.

WEN, B.; XU, R.; WU, Y.; COELHO, M. S. Z. S.; SALDIVA, P. H. N.; GUO, Y.; LI, S. Association between ambient temperature and hospitalization for renal diseases in Brazil during 2000–2015: A nationwide case-crossover study. **The Lancet**, v. 6, p.1-13, 2022.

ZAMBONATO, T. K.; THOMÉ F. S.; GONÇALVES, L. F. S. Perfil Socioeconômico dos pacientes com doença renal crônica em diálise na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 30, n. 3, p. 192-199, 2008.