



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

LARA GRAZIELLE SOUSA FREITAS

**ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DE INDICADORES SOCIOECONÔMICOS COM A  
GERAÇÃO DE RESÍDUOS NOS MUNICÍPIOS PARAENSES**

TUCURUÍ-PA  
2024

LARA GRAZIELLE SOUSA FREITAS

**ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DE INDICADORES SOCIOECONÔMICOS COM A  
GERAÇÃO DE RESÍDUOS NOS MUNICÍPIOS PARAENSES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado(a) em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Dr. Rodrigo Cândido Passos da Silva.

TUCURUÍ-PA  
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

F862a FREITAS, LARA GRAZIELLE SOUSA.  
ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DE INDICADORES  
SOCIOECONÔMICOS COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS NOS  
MUNICÍPIOS PARAENSES / LARA GRAZIELLE SOUSA  
FREITAS. — 2024.  
52 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Rodrigo Cândido Passos da Silva  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de  
Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2024.

1. Resíduos sólidos. 2. Análise multivariada. 3. Análise de  
Componentes Principais. I. Título.

CDD 363.7285098115

---

LARA GRAZIELLE SOUSA FREITAS

**ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DE INDICADORES SOCIOECONÔMICOS COM A  
GERAÇÃO DE RESÍDUOS NOS MUNICÍPIOS PARAENSES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado(a) em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação: 07 / 08 / 2024

Conceito: EXCELENTE

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador - Prof. Dr. Rodrigo Cândido Passos da Silva  
FAESA / CAMTUC / UFPA

---

Avaliadora interna - Profa. Dra. Etiene Elayne Meireles da Rocha  
FAESA / CAMTUC / UFPA

---

Avaliadora externa - Profa. Dra. Raisia Rodrigues Neves  
FEC / CAMTUC / UFPA

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente ao meu maior incentivador da vida, dos estudos e dos sonhos. Quero agradecer ao meu pai, Raimundo Patrício Mendes de Freitas. Sem o seu apoio incondicional, sem o investimento de suor e muito trabalho duro para que eu pudesse me dedicar em tempo integral aos estudos, minha graduação e minha contribuição para comunidade acadêmica através dessa pesquisa não seriam possíveis. Tal qual o excelente professor que sempre foi em sua profissão, me ensinou a ler e escrever, a fazer contas e cálculos, me mostrou o caminho dos estudos e as portas que o conhecimento pode abrir. Tal qual um excelente pai que sempre foi em sua jornada, me ensinou a amar, a ter compaixão, a ser solícita e a levar a vida com sabedoria e prudência independente dos desafios.

Quero agradecer a minha mãe, Lina de Souza, que também subsidiou a minha permanência nos estudos, mesmo sem entender muito bem o valor de uma graduação superior, colaborou para que esse longo investimento trouxesse oportunidades para o meu futuro. Quero agradecer aos demais familiares que sempre tiveram orgulho da minha jornada, sobretudo por ser a primeira da família a ingressar em uma universidade pública e federal. Agradeço também ao meu presente companheiro, Bruno Braga Pinheiro, fundamental em recursos, apoio e incentivo para que eu pudesse permanecer dedicada à conquista do meu diploma.

Aos amigos que o Camtuc me trouxe: Felipe César, Breno Maciel, Vitoria Portilho, Gabriele Fiel, Paloma Cardoso e Pattrik Benicio, muito obrigada por todo o apoio e pelos momentos de diversão, que inocentemente tornaram esse desafio mais leve. Dentre eles, preciso agradecer especialmente ao Breno Maciel, por ter prestado um apoio imensurável ao meu desenvolvimento acadêmico e por ser a pessoa mais solícita e educada possível nos momentos que precisei. À Vitoria Portilho, minha dupla de faculdade, a quem em todos os momentos me acompanhou e dividimos todas as conquistas.

Por fim, e não menos importante, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Cândido Passos da Silva. Deixo aqui registrada a minha imensa admiração como professor, amigo e colega de profissão, que se dedicou para transferir seus conhecimentos e agregar ao meu desenvolvimento acadêmico e profissional, onde por meio de sua paciência, carisma e perspicácia tornou tudo mais fácil. Aproveito para agradecer aos demais docentes da FAESA, que contribuíram para a minha formação, ao corpo técnico da UFPA que se empenha para que o ensino público mantenha seu prestígio e impacte positivamente a comunidade e a vida dos estudantes.

## RESUMO

O estudo analisa a correlação entre indicadores socioeconômicos, demográficos e de consumo com a geração de resíduos sólidos nos municípios do estado do Pará, Brasil, para fins de identificação de padrões de correlação que subsidiem e auxiliem a formulação de estratégias para a gestão sustentável destes materiais. Trata-se de uma pesquisa quantitativa e exploratória que utiliza a Análise de Componentes Principais (ACP) para avaliar indicadores coletados em 118 dos 144 municípios paraenses. Os indicadores empregados na análise foram População (POP), Produto Interno Bruto (PIB), Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM), Índice Gini (IG), Consumo de Energia Elétrica (CE), Consumo de Água (CA) e Geração de Resíduos (GR), os quais foram obtidos por meio de dados secundários advindos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA), do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA DATA) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). As técnicas empregadas incluem a padronização dos dados pelo método Z-score e a utilização do software *The Unscrambler*, versão 9.7, para ACP. A pesquisa revelou padrões de correlação positivo entre a GR e indicadores como IDHM, IFDM, IG, POP, PIB *per capita*, CE e forte correlação com o CA. Constatou-se que melhores condições econômicas e de qualidade de vida estão associadas à ascendente geração de resíduos municipal. Além disso, os dados populacionais também contribuíram para maiores quantitativos de resíduos gerados. Esses resultados ressaltam a importância de considerar fatores socioeconômicos na formulação de políticas públicas para a gestão de resíduos, visando a redução dos impactos ambientais negativos e a promoção de práticas sustentáveis.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Análise multivariada. Análise de Componentes Principais.

## ABSTRACT

The study analyzes the correlation between socioeconomic, demographic and consumption indicators with the generation of solid waste in municipalities in the state of Pará, Brazil, for the purpose of identifying correlation patterns that support and assist in the formulation of strategies for the sustainable management of these materials. This is a quantitative and exploratory research that uses Principal Component Analysis (PCA) to evaluate indicators collected in 116 of the 144 municipalities in Pará. The indicators used in the analysis were Population (POP), Gross Domestic Product (GDP), Municipal Human Development Index (IDHM), Firjan Municipal Development Index (IFDM), Gini Index (GI), Electricity Consumption (CE), Water Consumption (CA) and Waste Generation (GR), which were obtained through secondary data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the Amazon Foundation for Studies and Research Support (FAPESPA), the Institute of Economic and Applied Research (IPEA DATA) and the National Sanitation Information System (SNIS). The techniques used include data standardization using the Z-score method and the use of The Unscrambler software, version 9.7, for ACP. The research revealed positive correlation patterns between GR and indicators such as IDHM, IFDM, GI, POP, GDP per capita, CE and a strong correlation with CA. It was found that better economic conditions and quality of life are associated with the increasing generation of municipal waste. Furthermore, population data also contributed to greater amounts of waste generated. These results highlight the importance of considering socioeconomic factors when formulating public policies for waste management, aiming to reduce negative environmental impacts and promote sustainable practices.

Keywords: Solid waste. Multivariate analysis. Principal Component Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.....	16
Figura 2 - Gráfico de população por região de integração.....	2233
Figura 3 - PIB per capita por região de integração .....	24
Figura 4 - IFDM por Região de Integração .....	26
Figura 5 - IDHM po Região de Integração .....	27
Figura 6 - Índice Gini por Regiões de Integração.....	29
Figura 7 - Consumo de Energia Elétrica por Região de Integração .....	31
Figura 8 - Consumo de água por região de integração .....	31
Figura 9 - Gráfico de geração de Resíduos sólidos per capita por RI.....	32
Figura 10. Círculo unitário entre os PC1 e PC4.....	35
Figura 11. Dispersão dos municípios paraenses em função da PC1 e PC4 .....	36
Figura 12. Dispersão dos municípios em função da PC1 .....	36
Figura 13. Círculo unitário entre os PC2 e PC4.....	38
Figura 14. Dispersão dos municípios em função da PC4 e PC2.....	39
Figura 15. Dispersão dos municípios em função da PC2 .....	40
Figura 16. Dispersão dos municípios em função da PC4 .....	41
Figura 17. Círculo unitário entre a PC5 e a PC4.....	41
Figura 18. Dispersão dos municípios em função da PC5 e PC4.....	42
Figura 19. Dispersão dos municípios em função da PC5 .....	42
Figura 20. Círculo unitário entre os PC4 e PC6.....	44
Figura 21. Dispersão dos municípios em função da PC6 e PC4.....	44
Figura 22. Dispersão dos municípios em função da PC6 .....	45

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Variância explicada e total das componentes principais.....	33
Tabela 2. Autovetores das PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6, PC7 e PC8 .....	34

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Indicadores utilizados na pesquisa para os 118 municípios paraenses .....	18
Quadro 2. Municípios que apresentaram ausência de dados para os indicadores IFDM, CA e GR.....	18
Quadro 3. Municípios paraenses agrupados por regiões de integração .....	19

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 FATORES QUE INTERFEREM NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	13
2.2 USO DA ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAL NA CORRELAÇÃO DE INDICADORES COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	14
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	16
3.2 COLETA DE DADOS .....	17
3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	20
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>21</b>
4.1 COMPORTAMENTO DOS INDICADORES NOS MUNICÍPIOS PARAENSES.....	22
4.2 PADRÕES DE CORRELAÇÃO DE INDICADORES COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS NOS MUNICÍPIOS PARAENSES .....	33
4.2.1 INDICADORES EXPLICADOS PELA PC 1 .....	34
4.2.2 INDICADOR EXPLICADO PELA PC 2.....	38
4.2.3 INDICADOR EXPLICADO PELA PC 4.....	40
4.2.4 INDICADOR EXPLICADO PELA PC 5.....	41
4.2.5 INDICADOR EXPLICADO PELA PC 6.....	43
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>46</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial, o ritmo de exploração de recursos e produção comercial cresceu de forma exponencial, sendo impulsionado por diversas outras transformações tecnológicas e geopolíticas, sobretudo por meio da globalização. Desde então, o padrão de consumo da população passou de atender às necessidades fisiológicas e de bem-estar do ser humano para modelos atrelados a culturas e tendências de consumo capitalistas, o que resultou no aumento da geração de resíduos sólidos ao longo dos anos e nos desafios enfrentados pelas administrações municipais quanto à gestão e gerenciamento adequados.

Nesta esteira, a complexidade da gestão desses materiais reside na interação e inter-relação de aspectos sociais, culturais, econômicos, políticos, legais, institucionais, técnicos, tecnológicos, científicos e ambientais, os quais fornecem respostas abrangentes que permitem alcançar melhor empenho no desenvolvimento social e ambiental (Rivera; Hernández, 2019).

O principal efeito ambiental da cultura de consumismo reside no aumento do uso de recursos naturais primários. Cetrulo *et al.* (2020) discutem que esse cenário - atrelado ao aumento progressivo da população, ao avanço das taxas de urbanização e às transformações nos hábitos de consumo da sociedade - resultam na geração ascendente de resíduos sólidos, a qual configura-se como um dos grandes desafios para a gestão sustentável e adequada destes materiais.

Os impactos ambientais negativos da elevada geração de resíduos sólidos nas administrações municipais são diversos, uma vez que esta pode interferir na qualidade dos recursos do meio ambiente, na sustentabilidade socioambiental das sociedades e na salubridade ambiental - com vistas à proliferação de doenças que impactam a saúde da população. Ademais, este aumento pressiona o modelo de gestão e gerenciamento dos resíduos municipais, sobretudo em relação à infraestrutura adequada, às efetivas tecnologias de tratamento e à disposição final ambientalmente adequada, conforme preceitos estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010).

Diante disso, se faz necessário discussões mais amplas sobre os indicadores que interferem no aumento da geração de resíduos sólidos, como o nível de desenvolvimento econômico, o tamanho da população e a distribuição de renda, a praticidade na comercialização global, além de paradigmas culturais, como o consumismo da sociedade contemporânea e as dinâmicas sociais inerentes, como a desigualdade de classes e o racismo ambiental.

Bosquilia e Martirani (2019) analisaram as relações existentes entre a renda *per capita* e o aumento do consumo na geração dos resíduos sólidos da cidade de Piracicaba, no Brasil, e Saint Petersburg, nos Estados Unidos, para fins de estabelecimento de padrões de correlação. A pesquisa concluiu que a correlação entre renda *per capita* e geração de resíduos sólidos tende a ser verdadeira para a grande maioria dos casos, uma vez que o poder de compra da população determinou maiores volumes de geração deste material.

Outra forma de averiguar como o aumento da urbanização tem contribuído para a geração de resíduos sólidos e que saldo se obtém dessa relação, é por meio de indicadores de sustentabilidade. Nesta perspectiva, Cartaxo *et al.* (2019) utilizaram a Pegada Ecológica (PE) para avaliar os impactos ambientais dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no município de Poço das Trincheiras, em Alagoas. Os autores ressaltam a PE como uma ferramenta importante para compreender o grau de impacto da geração de RSU.

Silva *et al.* (2020) também analisaram os fatores que interferiam na geração de resíduos sólidos de 31 rotas de coleta da cidade de Recife. Os autores relataram que a renda domiciliar e *per capita* apresentaram forte correlação positiva com a quantidade de resíduo gerado, ao passo que a concentração populacional apontou um padrão de correlação negativa. Desta forma, notou-se que as rotas de classe alta e comercial apresentaram os maiores percentuais de resíduos recicláveis. Por outro lado, as rotas de classe baixa destacaram-se pelos quantitativos de resíduos orgânicos.

Diante do cenário apresentado, a presente pesquisa visa estabelecer padrões de correlação de indicadores socioeconômicos, demográficos e de consumo com a geração de resíduos sólidos nos municípios paraenses. A pesquisa de Silva *et al.* (2020) sobre a correlação entre indicadores de resíduos sólidos domiciliares em Recife, Brasil, foi fundamental para a seleção dos indicadores socioambientais utilizados na pesquisa. O estudo proporcionou uma visão aprofundada sobre os fatores que influenciam a geração de resíduos e permitiu identificar indicadores-chave que refletem as condições sociais e ambientais.

O estabelecimento deste padrão de correlação busca, dentre outros, contribuir para a formulação de estratégias técnico-operacionais e gerenciais da administração municipal quanto à gestão adequada e sustentável dos resíduos sólidos, com vistas à minimização dos impactos socioambientais negativos e fomento à qualidade e salubridade ambiental.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 FATORES QUE INTERFEREM NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com Oliveira e Medeiros (2019), o crescimento rápido das cidades brasileiras, impulsionado pela migração rural-urbana e pelo aumento do poder aquisitivo, resultou em uma geração ascendente de resíduos sólidos urbanos. Este cenário apresenta diversos desafios ambientais e sanitários quanto a gestão e gerenciamento destes materiais, devido, sobretudo, à falta de locais apropriados para disposição final dos RSU.

Martins e Ribeiro (2021) pontuaram como elemento chave para o aumento da geração de resíduos a cultura do consumo desenfreado e o reflexo das desigualdades sociais. Enquanto uma grande parcela da população não tem acesso a elementos básicos da cidadania, como água potável, saneamento, alimentação adequada, entre outros. As diferenças de classes reforçam este consumo de maneira inconsequente, sem que haja responsabilidade socioambiental. Por conseguinte, resta evidenciar que o modelo de consumo adotado pela sociedade contemporânea acarreta o esgotamento dos recursos naturais, o agravamento da pobreza e o desequilíbrio ecológico, devido ao modelo econômico vigente na sociedade, o qual é pautado na acumulação e no desperdício de bens e produtos (Martins; Ribeiro, 2021, p. 133).

No entanto, dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Serviços Especiais (Abrelpe, 2022), apontam para uma curva regressiva da geração de resíduos sólidos urbanos no ano de 2022 no Brasil. As possíveis razões estão relacionadas às novas dinâmicas sociais, com a retomada da geração de resíduos nas empresas, escolas e escritórios, com a menor utilização dos serviços de *delivery* em comparação ao período de maior isolamento social da pandemia da Covid-19 e por conta da variação no poder de compra de parte da população. Reflexo de como a alteração nas dinâmicas de consumo interferem no volume de resíduos sólidos gerados.

Nesta esteira, pesquisa realizada por Silva *et al.* (2020) na cidade de Recife apontou a renda domiciliar como o indicador com maior influência nos padrões de geração dos resíduos sólidos domiciliares gerados na cidade. Esta lógica foi observada em outras cidades, como em Lahore, no Paquistão (Jadoon *et al.*, 2014); em Morélia, no México (Buenrostro-Delgado *et al.*, 2015); na China (Chu *et al.*, 2016); e nas cidades brasileiras de João Pessoa (Medeiros *et al.*, 2015) e do Distrito Federal (Cardoso, 2016).

Por fim, um estudo realizado por Conceição *et al.* (2019) analisaram a correlação do aumento da geração de resíduos sólidos com o crescimento da população nas capitais das sete

unidades federativas da Região Norte do Brasil: Rio Branco no Acre; Macapá no Amapá; Manaus no Amazonas; Belém no Pará; Porto Velho em Rondônia; Boa Vista em Roraima; e Palmas no Tocantins. Os autores constataram que a população apresentou forte correlação positiva com a geração de resíduos sólidos, sendo verificado o alinhamento entre o aumento de 75,28% da geração de resíduos sólidos e de 8,51% do crescimento populacional entre os anos de 2008 a 2017. Ressalta-se que a geração *per capita* dos resíduos sólidos cresceu 10,65% neste período.

## 2.2 USO DA ANÁLISE DE COMPONENTE PRINCIPAL NA CORRELAÇÃO DE INDICADORES COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A análise de componentes principais (ACP) é amplamente reconhecida como uma técnica eficiente para analisar indicadores em estudos multivariados. Segundo Hair *et al.* (2010), a ACP é uma técnica de análise quantitativa exploratória que permite a interpretação teórica dos dados, utilizando todas as variáveis simultaneamente. Esta é especialmente útil para identificar padrões, reduzir a dimensionalidade dos dados e destacar as relações mais importantes entre as variáveis.

A estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais várias variáveis são medidas simultaneamente em cada elemento amostral. Em geral, as variáveis são correlacionadas entre si e quanto maior o número de variáveis, mais complexa torna-se a análise por métodos comuns de estatística univariada (Marques, 2019, p. 52).

A Análise de Componentes Principais (ACP) é amplamente empregada em modelagem ambiental. Este método matemático usa uma transformação ortogonal para converter variáveis possivelmente correlacionadas em componentes principais linearmente não correlacionados, sendo o número de componentes principais é menor ou igual ao número de variáveis originais. Carvalho *et al.* (2010) afirmam que "a ACP transforma as variáveis originais em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas, chamadas de componentes principais, que retêm a maior parte da variabilidade total das variáveis originais".

Diante do ascendente cenário de geração de resíduos sólidos e dos diversos fatores que influenciam neste quantitativo, trabalhos como o de Costa *et al.* (2019) sugerem a adoção de métodos multivariados para o tratamento e interpretação das informações coletadas pelos indicadores, visando à redução das variáveis em estudo, mas preservando as relações existentes entre os dados originais.

Neste sentido, Silva *et al.* (2020) empregaram a ACP para estabelecer padrões de correlação entre a geração e composição de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Recife com indicadores de população e renda. Os autores verificaram uma forte correlação positiva entre a geração dos resíduos com a renda domiciliar, sobretudo nas áreas de classe alta e comercial da cidade, cuja geração per capita variaram de 1,5 a 3,0 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>. Por outro lado, os dados populacionais apresentaram um padrão de correlação negativo com a geração de resíduos, sendo as menores gerações *per capita* do estudo (em torno de 0,5 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>) registradas nestas áreas.

Souza (2018) também empregou a ACP para estabelecer padrões de correlação entre diversos indicadores (população e densidade demográfica, renda domiciliar e per capita, consumo de água e coleta de esgoto, além do consumo de energia elétrica) com a geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares na cidade de Teresina, no Piauí. A pesquisa apontou correlação positiva da geração *per capita* dos resíduos sólidos com os dados populacionais, o consumo de água e energia *per capita* e a renda domiciliar.

Nesta perspectiva, Costa *et al.* (2019) utilizou a análise de componentes principais para identificar a pegada ecológica da fração seca reciclável dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife e avaliar a correlação das pegadas ecológicas dos resíduos selecionados. A metodologia APC mostrou-se eficiente, pois possibilita a compreensão da correlação entre um conjunto de variáveis de forma simultânea.

Silva *et al.* (2012) também empregaram a ACP para interrelacionar fatores socioeconômicos (renda e educação) e demográficos (estrutura etária e domiciliar) com a geração de resíduo domiciliar de Belo Horizonte. Por fim, Cardoso (2016) - em sua dissertação de mestrado - utilizou técnicas multivariadas para analisar a interferência do Produto Interno Bruto (PIB) total e *per capita*, da população total e urbana, da densidade demográfica, do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), do consumo de energia total e *per capita* e do consumo de bens e produtos com a geração de resíduos sólidos domésticos.

O autor observou que fatores relacionados à renda e ao consumo apresentaram forte relação com a geração dos resíduos domiciliares. Além disso, verificou que as variáveis relacionadas ao crescimento populacional também apresentaram relação significativa com a geração dos resíduos sólidos no Distrito Federal.

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma pesquisa de caráter quantitativo, exploratório e descritivo. Segundo Gil (2008), a pesquisa exploratória tem o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, permitindo ao pesquisador desenvolver hipóteses e adquirir uma compreensão inicial de fenômenos pouco estudados. Já a pesquisa descritiva, além de caracterizar detalhadamente populações ou fenômenos, pode identificar a existência de relações entre variáveis, buscando correlacioná-las sem, no entanto, estabelecer uma relação de causalidade.

Assim, a pesquisa descritiva não só descreve o objeto de estudo, mas também investiga como diferentes variáveis se relacionam, complementando a abordagem exploratória, que visa estabelecer padrões de correlação de indicadores socioeconômicos com a geração de resíduos sólidos.

A aplicabilidade dessas metodologias na pesquisa em questão, partiu do levantamento de um conjunto de dados advindos de instituições especializadas nos indicadores consultados, sendo posteriormente tratados através de ferramentas estatísticas, como o método *Z-score* para a padronização do banco de dados e a ferramenta *The Unscrambler* para tratamento e análise dos dados pelo método de Análise da Componente Principal (ACP).

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada nos 144 municípios do estado do Pará, o qual está situado na Região Norte do Brasil (Figura 1). O Pará possui uma extensão territorial de aproximadamente 1.245.870,704 km<sup>2</sup>, abrigando uma população de cerca de 8.120.131 milhões de habitantes (IBGE, 2022), com PIB médio de R\$ 262.905 milhões e Índice de Desenvolvimento Humano de 0,69 (IBGE, 2021). Quanto à geração de resíduos sólidos Urbanos, a Região Norte é a que menos contribui para o total nacional, responsável pela geração de 15 mil toneladas diárias, o que equivale a 7,3% dos RSU do país (Abrelpe, 2023).



(CE), Consumo de Água (CA) e Geração de Resíduos (GR) (Quadro 1), os quais foram advindos de plataformas digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA), do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA DATA) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), de acordo com as últimas atualizações disponíveis no período da pesquisa, para os 144 municípios do estado do Pará.

Quadro 1. Indicadores utilizados na pesquisa para os 118 municípios paraenses

Indicadores	Siglas	Descrição	Fonte de obtenção	Ano-base
População	POP	Total de habitantes por município	IBGE	2022
Produto Interno Bruto <i>per capita</i>	PIB	Soma de todos os bens e serviços produzidos pelos municípios paraenses no período de um ano por habitante.	Fapespa	2021
Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal	IFDM	Estuda o desenvolvimento econômico de um município em um determinado período, com base em três áreas de atuação: emprego e renda, educação e saúde.	Ipeadata	2016
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	IDHM	Medida composta de três indicadores do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda.	Ipeadata	2010
Índice Gini	IG	Mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar <i>per capita</i> . Este indicador faz parte do bloco de indicadores que contém nível de renda, de pobreza e de desigualdade de renda.	Ipeadata	2010
Consumo de Energia Elétrica	CE	Consumo de energia elétrica total por município	Fapespa	2021
Consumo de Água	CA	Consumo de água em L.hab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> por município	SNIS	2021
Geração de Resíduos	GR	Massa total de resíduos coletada por município	SNIS	2021

Fonte: Elaboração própria (2024)

Alguns municípios paraenses não apresentaram informações disponíveis para os indicadores estudados na pesquisa (Quadro 2). Desta forma, esses foram excluídos das análises posteriormente realizadas.

Quadro 2. Municípios que apresentaram ausência de dados para os indicadores IFDM, CA e GR

Indicador	Municípios sem informações obtidas
-----------	------------------------------------

IFDM	Anajás, Curionópolis, Limoeiro do Ajuru, Mocajuba, Mojuí dos Campos, São Caetano de Odivelas.
CA	Almeirim, Altamira, Anapu, Bonito, Chaves, Concórdia do Pará, Cumaru do Norte, Curuça, Floresta do Araguaia, Garrafão do Norte, Igarapé-Açu, Irituia, Jacareacanga, Juruti, Maracanã, Melgaço, Mojuí dos Campos, Nova Esperança do Piriá, Ourilândia do Norte, Pacajá, Pau D'Arco, Piçarra, Primavera, Rio Maria, Santarém Novo, Santo Antônio do Tauá, São João da Ponta, São Sebastião da Boa Vista, Senador José Porfírio, Trairão, Uruará.
GR	Acará, Água Azul do Norte, Bagre, Bannach, Bonito, Cachoeira do Arari, Canaã dos Carajás, Capitão Poço, Curionópolis, Dom Eliseu, Floresta do Araguaia, Garrafão do Norte, Irituia, Juruti, Magalhães Barata, Maracanã, Melgaço, Ourilândia do Norte, Piçarra, Portel, Santarém Novo, São Domingos do Capim, São Geraldo do Araguaia, São João do Araguaia, Tracuateua e Uruará.

Fonte: Elaboração própria (2024)

Neste sentido, vinte e seis municípios paraenses não disponibilizaram informações quanto à geração de resíduos sólidos na plataforma do SNIS (2021). Tendo em vista que a pesquisa visa estabelecer padrões de correlação de indicadores socioeconômicos com este indicador, os municípios com informações ausentes foram excluídos do estudo, a fim de aumentar o nível de confiança da pesquisa e reduzir o erro amostral. Desta forma, a matriz utilizada na análise estatística da pesquisa, formada por amostras (municípios paraenses) e indicadores (POP, PIB, IDFM, IDHM, IG, CE, CA e GR), foi de 118 x 8.

Para uma melhor visualização do comportamento da geração de resíduos em relação aos indicadores nos municípios e regiões paraenses, foram gerados gráficos com os resultados dividido em regiões de integração. O quadro abaixo apresenta estas regiões e seus municípios abrangentes.

Quadro 3. Municípios paraenses agrupados por regiões de integração

Regiões de Integração	Municípios
<b>RI Araguaia</b>	Água Azul do Norte, Bannach, Conceição do Araguaia, Cumaru do Norte, Floresta do Araguaia, Ourilândia do Norte, Pau d'Arco, Redenção, Rio Maria, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia, São Félix do Xingu, Sapucaia, Tucumã e Xinguará.
<b>RI Carajás</b>	Bom Jesus do Tocantins, Brejo Grande do Araguaia, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Eldorado dos Carajás, Marabá, Palestina do Pará, Parauapebas, Piçarra, São Domingos do Araguaia, São Geraldo do Araguaia e São João do Araguaia.
<b>RI Baixo Amazonas</b>	Alenquer, Almeirim, Belterra, Curuá, Faro, Juruti, Mojuí dos Campos, Monte Alegre, Óbidos, Oriximiná, Prainha, Santarém e Terra Santa.
<b>RI Guajará</b>	Belém, Ananindeua, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará.
<b>RI Lago de Tucuruí</b>	Breu Branco, Goianésia do Pará, Itupiranga, Jacundá, Nova Ipixuna, Novo Repartimento e Tucuruí.

<b>RI Guamá</b>	Castanhal, Colares, Curuçá, Igarapé-Açu, Inhangapi, Magalhães Barata, Maracanã, Marapanim, Santa Isabel do Pará, Santa Maria do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São Domingos do Capim, São Francisco do Pará, São João da Ponta, São Miguel do Guamá, Terra Alta e Vigia.
<b>RI Marajó</b>	Afuá, Anajás, Bagre, Breves, Cachoeira do Arari, Chaves, Curalinho, Gurupá, Melgaço, Muaná, Oeiras do Pará, Ponta de Pedras, Portel, Salvaterra, Santa Cruz do Arari, São Sebastião da Boa Vista e Soure.
<b>RI Rio Caeté</b>	Augusto Corrêa, Bonito, Bragança, Cachoeira do Piriá, Capanema, Nova Timboteua, Peixe-Boi, Primavera, Quatipuru, Salinópolis, Santa Luzia do Pará, Santarém Novo, São João de Pirabas, Tracuateua e Viseu.
<b>RI Rio Capim</b>	Abel Figueiredo, Aurora do Pará, Bujaru, Capitão Poço, Concórdia do Pará, Dom Eliseu, Garrafão do Norte, Ipixuna do Pará, Irituia, Mãe do Rio, Nova Esperança do Piriá, Ourém, Paragominas, Rondon do Pará, Tomé-Açu e Ulianópolis.
<b>RI Tapajós</b>	Aveiro, Itaituba, Jacareacanga, Novo Progresso, Rurópolis e Trairão.
<b>RI Tocantins</b>	Abaetetuba, Acará, Baião, Barcarena, Cametá, Igarapé-Miri, Limoeiro do Ajuru, Mocajuba, Moju e Tailândia.
<b>RI Xingu</b>	Altamira, Anapu, Brasil Novo, Medicilândia, Pacajá, Placas, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Uruará e Vitória do Xingu.

Fonte: Elaboração própria (2024)

### 3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados obtidos foram padronizados devido à diversidade de grandezas no sistema de medidas dos indicadores coletados. Esta padronização foi empregada para assegurar a equivalência dos indicadores analisados, de maneira de todos tenham o mesmo peso de análise (Araujo; Coelho, 2009). O método de padronização de dados adotado foi o Z-score (Equação 1), o qual foi utilizado por Silva *et al.* (2020). Este método transforma os dados originais em uma escala com média zero e desvio padrão um. Basicamente, este método calcula o escore padrão a partir da média aritmética e do desvio padrão médio do indicador (Hair *et al.*, 2009).

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde Z = escore padrão, x = Valor da variável não padronizada,  $\mu$  = Média aritmética do indicador e  $\sigma$  = Desvio padrão do indicador.

Após a padronização dos dados, foi realizado ajustes na pontuação destes valores, mudando a vírgula para ponto final na separação dos valores quebrados. Este procedimento foi

realizado por meio do bloco de notas visando facilitar a posterior leitura dos dados no software de análise estatística.

No intuito de condensar e simplificar a dimensionalidade do conjunto de dados e de estabelecer os padrões de correlação entre os indicadores coletados, utilizou-se o software estatístico *The Unscrambler versão 9.7*, para aplicação da Análise da Componente Principal (ACP ou PCA). Esta análise multivariada consiste na obtenção dos autovalores de uma matriz de covariâncias amostral, caracterizando-se como uma técnica de análise quantitativa exploratória e não confirmatória dos dados, haja vista que o tratamento das amostras em estudo gera perguntas/hipóteses e não respostas/confirmações (Hair *et al.*, 2010). O número de componentes principais (PC) gerados é equivalente ao número de variáveis originais, sendo a primeira componente principal (PC 1) responsável por explicar a maior variabilidade dos dados analisados. Neste sentido, as demais componentes principais, ortogonais às PC anteriores, explicam o restante da variabilidade dos dados.

Segundo Hotelling (1933), em seu livro *Principal Component Analysis*, a seleção do número de PC deve depender de uma variação significativa explicada pelos componentes escolhidos. Em várias situações, uma porcentagem de variância acumulada de 70% ou superior é vista como apropriada para preservar uma quantidade relevante de informações dos dados iniciais. Contudo, o autor ressalta que a decisão sobre o número de PCs pode variar conforme o contexto particular do problema e das necessidades da análise. Desta forma, a definição do número de CP utilizada no estudo seguiu o critério de Jolliffe (1986), sendo selecionada a CP com variância acumulada a partir de 70%.

Ademais, foi adotado o critério de Finkler *et al.* (2015) para definição das cargas fatoriais (autovetores) superiores a 0.50 nas PC definidas para o estudo. Autovalores maiores que 0.50 indicam que a variância explicada por essa componente é significativa, explicando uma parcela substancial da variância dos dados.

O método de validação utilizado foi o *leverage correlation* para que a matriz de dados tivesse média igual a zero e desvio padrão igual a 1. O círculo unitário foi o método gráfico adotado para a análise de correlação (Jardim *et al.*, 2014).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste item serão apresentados os resultados de População, Produto Interno Bruto, Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, Índice Gini, Consumo de Energia Elétrica, Consumo de Água e Geração de Resíduos Sólidos

total obtidos para os 118 municípios paraenses analisados na pesquisa. Além disso, serão apresentados os padrões de correlação estabelecidos entre estes indicadores.

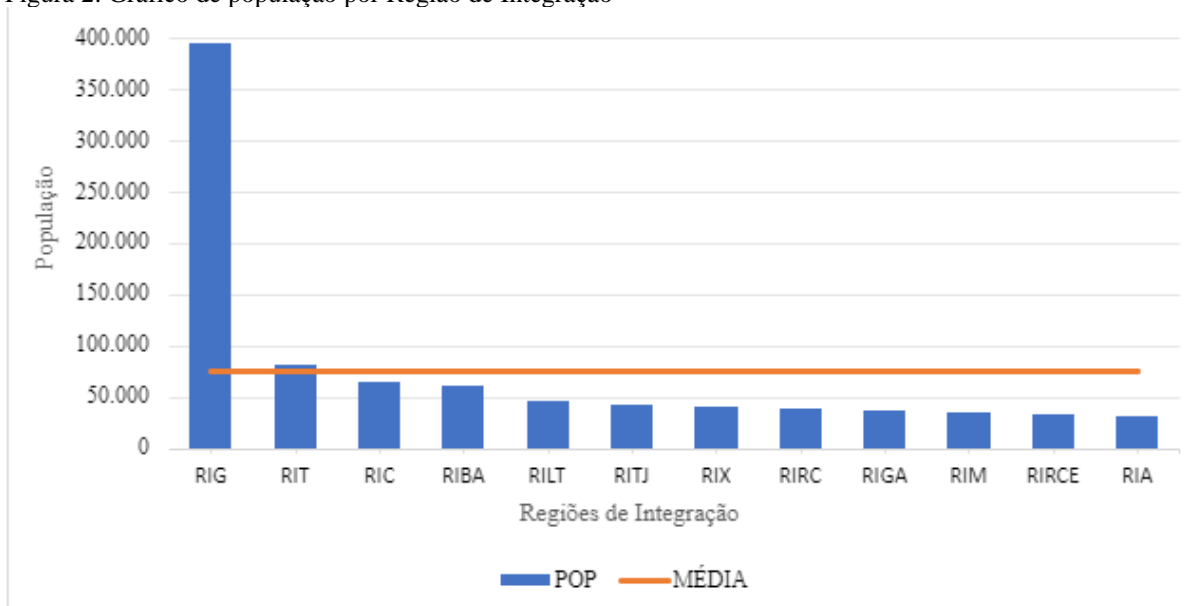
#### 4.1 COMPORTAMENTO DOS INDICADORES NOS MUNICÍPIOS PARAENSES

##### 4.1.1 População

A população do estado do Pará, em 2023, foi estimada em 8.120.131 habitantes, com destaque aos três municípios mais populosos como Belém (1.303.389 hab.), Ananindeua (478.778 hab.), e Santarém (331.937 hab.), segundo IBGE (2022). Esses municípios atraem populações elevadas devido à concentração de oportunidades econômicas, infraestrutura de serviços e localização estratégica dentro do estado. Os municípios menos populosos foram Bannach (4.031 hab.), São João da Ponta (4.430 hab.) e Sapucaia (5.847 hab.). A média estimada para população dos municípios paraenses segundo os dados de população utilizados nessa pesquisa, foi de aproximadamente 56.362 habitantes.

Analisando por Região de Integração (RI), a RI que apresentou maior densidade populacional foi a Região de Integração Guajará (395.468 hab.) como é possível observar na figura 2. Fazem parte desta RI os municípios de Belém, Ananindeua, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará. Já a RI com menor densidade populacional é a Região de Integração Araguaia (30.314 hab.), que abriga os municípios de Água Azul do Norte, Bannach, Conceição do Araguaia, Cumaru do Norte, Floresta do Araguaia, Ourilândia do Norte, Pau d'Arco, Redenção, Rio Maria, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia, São Félix do Xingu, Sapucaia, Tucumã e Xinguara. A média entre as RI foi de 75.055 habitantes.

Figura 2. Gráfico de população por Região de Integração

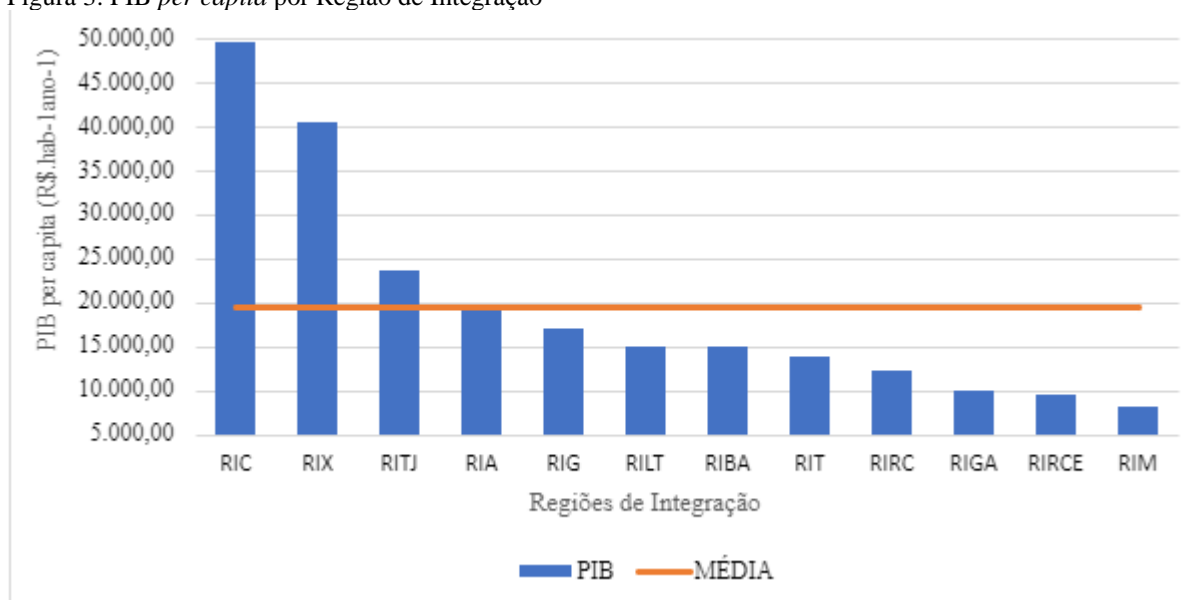


Fonte: Elaboração própria (2024)

#### 4.1.2 PIB *per capita*

Verificou-se que a média do PIB *per capita* dos municípios paraenses analisados foi de R\$ 18.071,78 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (Figura 3). Notou-se que a Região de Integração dos Carajás (RIC) apresentou o maior PIB *per capita* por RI, com valor de R\$ 49.523,97 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. Esta região abrange os municípios de Bom Jesus do Tocantins, Brejo Grande do Araguaia, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Eldorado dos Carajás, Marabá, Palestina do Pará, Parauapebas, Piçarra, São Domingos do Araguaia, São Geraldo do Araguaia e São João do Araguaia. Por outro lado, a Região de Integração do Marajó apresentou o PIB *per capita* dentre as Regiões de Integração analisadas, com valor equivalente a R\$ 8.085,24 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>.

Figura 3. PIB *per capita* por Região de Integração



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os municípios com os maiores PIB *per capita* observados no último senso foram Canaã dos Carajás (R\$ 288.812,06 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>), Vitória do Xingu (R\$ 267.676,58 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>), Parauapebas (R\$ 110.604,10 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>), Jacareacanga (R\$ 63.853,08 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>) e Curionópolis (R\$ 52.681,68 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>). Em contrapartida, os municípios que apresentaram os menores PIB *per capita* foram Cachoeira do Piriá (R\$ 5.412,08 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>), Terra alta (R\$ 6.109,71 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>) e Muaná (R\$ 6.425,83 hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>).

Os grandes empreendimentos de mineração e energia geralmente estão ligados ao aumento do PIB *per capita* nesses municípios. Por exemplo, o Projeto S11D da Vale que está entre os maiores complexos de mineração de ferro do mundo, o qual fica localizado em Canaã dos Carajás. Conforme destaca a Vale S.A. (2016) "o Projeto S11D da Vale representa um marco na mineração de ferro na Amazônia, devido aos desafios ambientais e às inovações tecnológicas empregadas".

Esses projetos estimulam a economia local, aumentando o PIB *per capita*, no entanto, trazem desafios relacionados ao meio ambiente e à gestão de resíduos. Nesta esteira, "o PIB de Canaã dos Carajás contribuiu com 13,3% da produção estadual em 2021 e apresentou elevação da participação de 2,9 pontos em relação ao ano anterior (10,4%). A base da economia da cidade é o setor Industrial, que em 2021 passou a representar 89,6% do valor adicionado total do município" (Fapespa, 2023).

O município de Parauapebas, teve crescente aumento em seu PIB municipal, se alocando como maior PIB do estado. "O PIB desse município, que correspondeu a 18,9% do

PIB estadual, é elevado em função de ter em sua base econômica a Indústria extrativa como principal atividade, que em 2021 apresentou expansão em valor de 35%. Esse aumento em valor corrente da atividade está relacionado ao aumento do preço do minério de ferro no mercado internacional" (Fapespa, 2023).

Norberto *et al.* (2021) também observaram a correlação existente entre a geração de resíduos sólidos e o PIB *per capita* no Brasil durante as duas primeiras décadas do século XXI, através do software Minitab®. Apesar de, à nível nacional, os indicadores não apresentaram correlação quando analisados de forma geral para todo o país, a correlação variou conforme as regiões, onde as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste apresentaram uma alta correlação, destacando a importância de considerar as particularidades regionais ao analisar a relação entre a geração de resíduos sólidos urbanos e o PIB *per capita*.

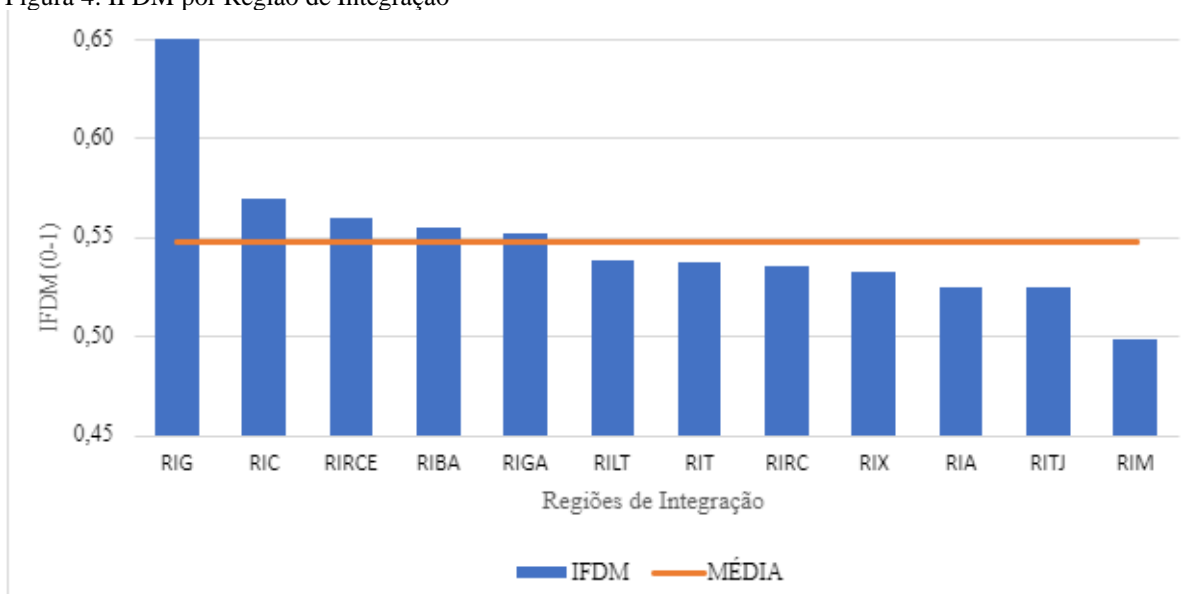
Ainda sobre a pesquisa de Norberto *et al.* (2021), os autores inferem que fatores como: atividades econômicas regionais, comportamento das famílias, ciclos econômicos, infraestrutura da gestão de resíduos, aspecto culturais e sociais interferem e modificam o nível de correlação dessas variáveis assim como seus respectivos impactos.

Segundo a coordenação de Estatística Econômica e Contas Regionais da Fapespa, se espera que o PIB dos municípios paraenses continue em uma tendência de crescimento nominal. “Entre os fatores, estão o avanço em volume dos serviços (6,5%), do comércio (4,0%), da geração de energia elétrica (7,2%) e pelo bom desempenho da produção agropecuária, com destaque para as quantidades produzidas de mandioca (2,5%), milho (10,5%), soja (15,3%) e laranja (13,5%), que apresentaram aumento no ano passado” (Fapespa, 2023).

#### **4.1.3 Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal**

Verificou-se que a Região de Integração do Guajará (RIG) - com valor médio de IFDM de 0,65 - apresentou a maior média do Índice Firjan do estudo. Esta região compreende os municípios de Belém, Ananindeua, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará. No entanto, a Região de Integração do Marajó (RIM) apresentou a menor média do IFDM, com valor em torno de 0,50 (Figura 4). Fazem parte da RIM os municípios de Afuá, Anajás, Bagre, Breves, Cachoeira do Arari, Chaves, Curralinho, Gurupá, Melgaço, Muaná, Oeiras do Pará, Ponta de Pedras, Portel, Salvaterra, Santa Cruz do Arari, São Sebastião da Boa Vista e Soure. A média para o IFDM entre as RI do estado foi de 0,55.

Figura 4. IFDM por Região de Integração



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os resultados permitiram observar que os municípios paraenses que se destacaram quanto ao IFDM foram Parauapebas (0,715), Castanhal (0,729) e Vitória do Xingu (0,725). Entretanto, os menores registros de IFDM foram constatados em Porto de Moz (0,39), Baião (0,42) e Faro (0,43).

O IFDM mede o desenvolvimento municipal com base em emprego e renda, educação e saúde. Em Parauapebas, por exemplo, a predominância da indústria extrativa, com uma participação de 84,1% no valor adicionado do município, tem um papel crucial no crescimento econômico e no desenvolvimento dos indicadores de emprego e renda (Fapespa, 2023). Esse setor robusto não só eleva o PIB local, mas também gera empregos e aumenta a renda per capita, refletindo positivamente no IFDM.

Segundo o Relatório PIB municipal publicado pela Fapespa (2023) a indústria também apresentou predominância em Vitória do Xingu, com destaque para a atividade industrial que representou 92,1% do valor adicionado do município no ano de 2021. Apesar da forte atuação econômica dos setores industriais e agropecuários em alguns municípios paraenses, há pesquisas que contrapõem o possível desenvolvimento socioeconômico associado às atividades econômicas do setor privado.

O IFDM que monitora o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros indicou que os municípios que realizam atividades econômicas de mineração na região amazônica não apresentam melhora significativa nos indicadores de desenvolvimento de 2011

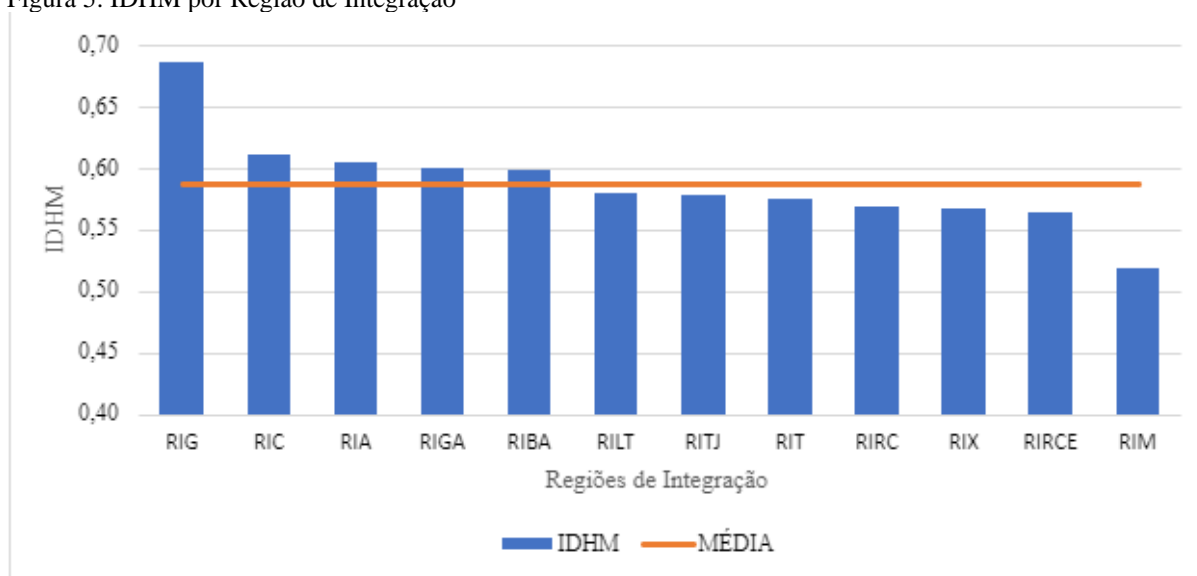
a 2016, sugerindo que a cobrança de royalties da mineração não necessariamente se traduzia em um maior desenvolvimento socioeconômico na região (Caitano *et al.*, 2021, p. 220).

Ademais, os menores registros de IFDM foram constatados em Porto de Moz (0,39), Baião (0,42) e Faro (0,43). Estes municípios enfrentam desafios devido à alta dependência da administração pública como principal atividade econômica (Fapespa, 2023), o que limita o desenvolvimento sustentável e a criação de oportunidades diversificadas de emprego e renda. A dependência de recursos governamentais nesses locais contribui para os baixos índices de desenvolvimento econômico e humano.

#### 4.1.4 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

Constatou-se que o IDHM médio dos municípios paraenses analisados foi de 0,58 - com destaque para a RIG cujo valor foi de 0,68 (Figura 5) - assim como ocorreu com o IFDM. Os resultados também apontaram que os municípios paraenses com destaque neste indicador foram Belém (0,75), Ananindeua (0,72), Parauapebas (0,72). Já o menor IDHM do estudo foi observado na RIM, com valor de 0,52 (Figura 5), ao passo que os menores registros foram constatados nos municípios de Melgaço (0,42), Chaves (0,45) e Bagre (0,47).

Figura 5. IDHM por Região de Integração



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

O IDHM considera a renda, a educação e a longevidade na composição de cálculo. Belém possui melhores infraestruturas educacionais e de saúde em comparação com outros municípios, o que reflete em seus altos índices de desenvolvimento humano. Segundo o

Barômetro da Sustentabilidade da Região de Integração Guajará (Fapespa, 2023) no ano de 2023, o município de Belém e os demais municípios da Região de Integração Guajará, apresentaram nível de Sustentabilidade Intermediário no Bem-Estar Humano. O município está localizado no nível intermediário para as temáticas Saúde e população, Riqueza, Conhecimento e cultura e Comunidade.

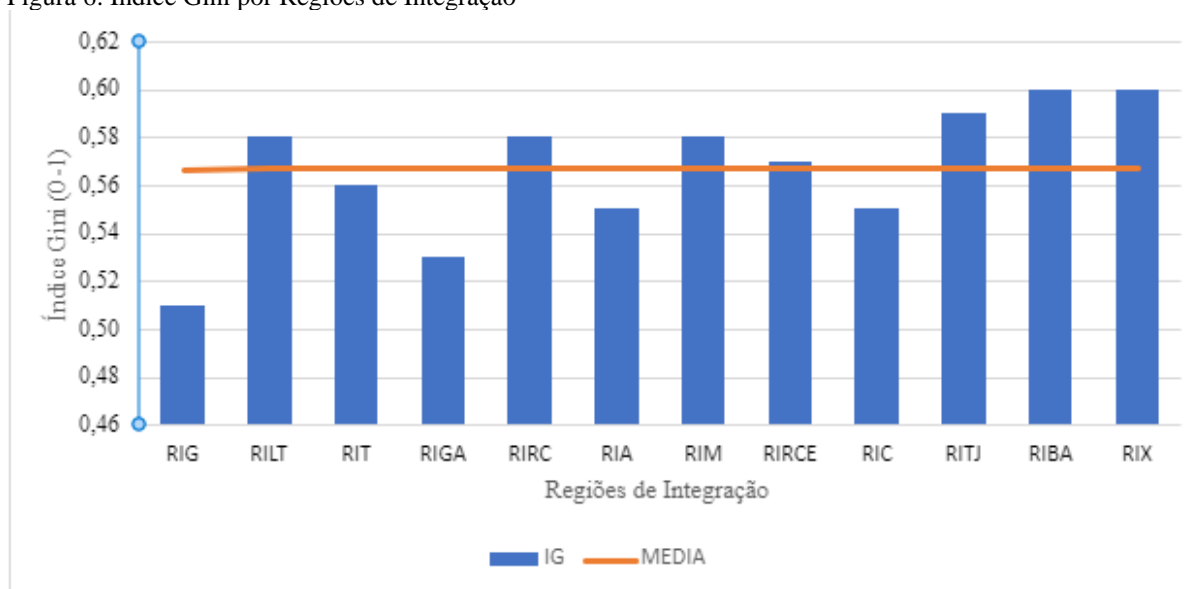
Sob a mesma perspectiva, o Município de Melgaço, que apresentou o menor desempenho no indicador de IDHM nesta pesquisa, se mostrou potencialmente insustentável segundo análise do barômetro da sustentabilidade. O município exibiu nível intermediário para temática Comunidade, nível insustentável para Riqueza, e nível potencialmente insustentável para as temáticas: Saúde e População, Conhecimento e Cultura, e Equidade (Fapespa, 2023).

Caitano *et al.* (2021) analisou a arrecadação de receitas de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) no período de 2011 a 2018, constando alguns reflexos em indicadores socioeconômicos. Em particular, o estado do Pará se destacou com a maior arrecadação em CFEM. No entanto, apesar da elevada receita, o estado apresentou índices de desenvolvimento humano mais baixos em comparação aos outros estados da Região Norte. Os autores ainda destacam que o município de Parauapebas apresentou taxas de desenvolvimento abaixo do esperado, frente à valores significativos de *royalties* de mineração recebidos.

#### **4.1.5 Índice Gini**

Com relação à distribuição de renda medida pelo Índice Gini, a RI Guajará destacou-se dentre as demais, seguindo liderando o ranking dos indicadores analisados na pesquisa. O valor médio alcançado pela RIG quanto ao IG foi de 0,51 (Figura 6). Este resultado aponta para uma concentração de renda intermediária desta região, mas ainda assim, representou o melhor valor do indicador analisado para as RI, visto que foi o resultado que mais se aproximou de 0, tendendo para uma maior distribuição de renda.

Figura 6. Índice Gini por Regiões de Integração



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Nesta perspectiva, notou-se que as RI do Baixo Amazonas e a RI do Xingu apresentaram os maiores IG do estudo, com valores de 0,60. Os municípios de Alenquer, Almeirim, Belterra, Curuá, Faro, Juruti, Mojuí dos Campos, Monte Alegre, Óbidos, Oriximiná, Prainha, Santarém e Terra Santa compõem a RI do Baixo Amazonas. Já a RI do Xingu abrange os municípios de Altamira, Anapu, Brasil Novo, Medicilândia, Pacajá, Placas, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Uruará e Vitória do Xingu.

O IG médio dos municípios paraenses analisados foi de 0,56. Verificou-se que os municípios de Marituba (0,42), Santana do Araguaia (0,46) e Bagre (0,48) foram os municípios que melhor pontuaram para o IG. Ulianópolis (0,70), Jacareacanga (0,69) e Prainha (0,68) indicaram as maiores desigualdades do estudo, com valores elevados de IG.

Os valores mais próximos de 1 apontam para um cenário de distribuição desigual de renda e concentração desta para grupos específicos, realidade presente em alguns municípios caracterizados pela implantação e operação de empreendimentos de grande porte e de alto impacto positivo no setor econômico, cuja distribuição de renda nem sempre ocorre de maneira equitativa e sustentável.

Mota e Barcelos (2018) compararam o IDHM e o índice Gini do Pará com os de Minas Gerais e a intervenção minerária nesses cenários. Os resultados do Índice Gini no Pará mostraram elevada desigualdade, com a maioria dos municípios mineradores apresentando índices acima de 0,50 - que é considerado desigualdade média. A relação entre esses resultados e a mineração é complexa. Embora a mineração possa gerar receitas significativas, como

mostra a arrecadação da CFEM, os lucros não se traduzem em melhoria das condições de vida da população local, como pode ser observado nos índices de qualidade de vida. O artigo sugere que a atividade mineradora no Pará não contribuiu para a redução da desigualdade, resultando numa economia em que os lucros da mineração não são redistribuídos igualmente entre a população.

Esta conjuntura implica em diversos problemas de ordem social e ambiental, como questões relacionadas ao racismo ambiental, assim como destaca Monteiro *et al.* (2023) “Comunidades indígenas, quilombolas, ribeirinhas e periféricas são particularmente vulneráveis. Essas comunidades frequentemente enfrentam a falta de acesso a serviços básicos de qualidade; isso inclui saneamento básico, água potável e serviços de saúde”.

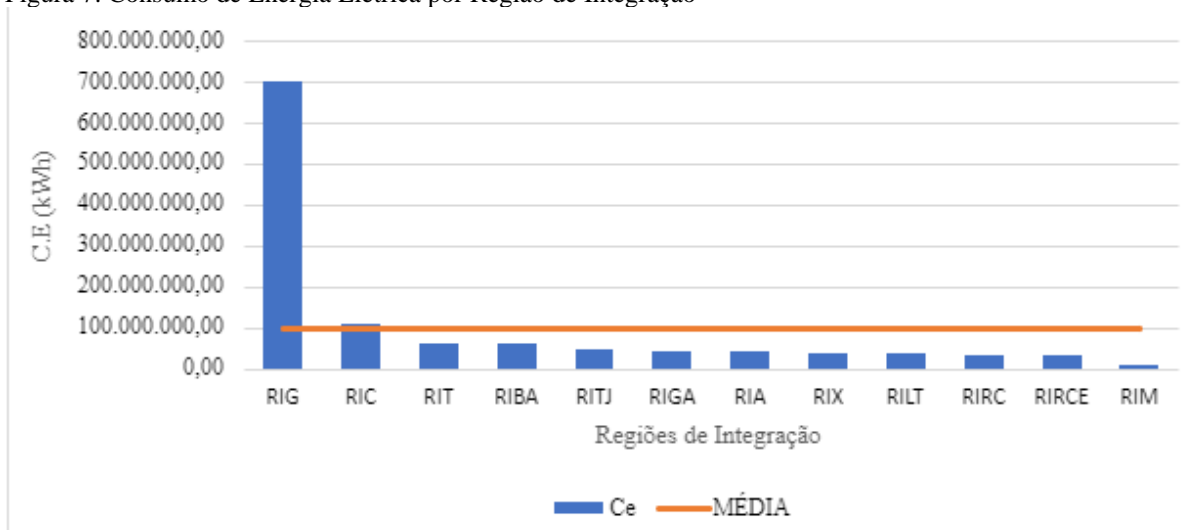
Esse cenário é um reflexo do racismo ambiental imposto pelo modelo econômico e geopolítico vigente, que perpetua a concentração de renda e os benefícios socioeconômicos em grupos privilegiados, intensificando as desigualdades históricas e a degradação ambiental enfrentada por essas populações marginalizadas.

#### **4.1.6 Consumo de energia elétrica e água**

Referente ao consumo de água e energia, os maiores destaques foram a Região de Integração Guajará para consumo de energia elétrica, cujo valor médio de 99.253.194,45 KWh, e a Região de Integração Rio Caeté, com valor médio de 131,98 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> para consumo *per capita* de água. A RI Rio Caeté compreende os municípios de Augusto Corrêa, Bonito, Bragança, Cachoeira do Piriá, Capanema, Nova Timboteua, Peixe-Boi, Primavera, Quatipuru, Salinópolis, Santa Luzia do Pará, Santarém Novo, São João de Pirabas, Tracuateua e Viseu.

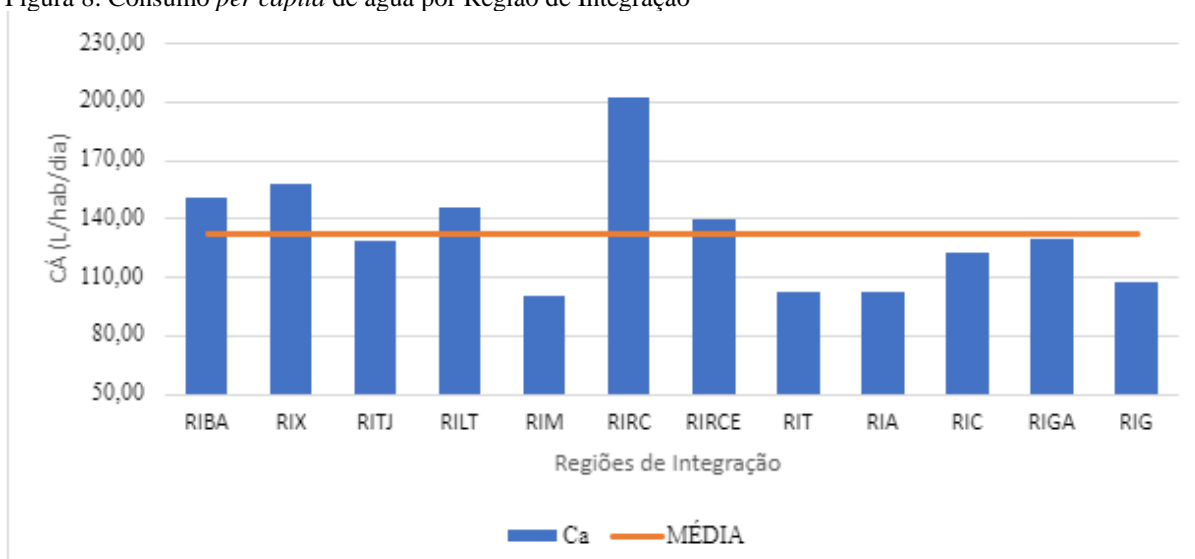
A Região de Integração com menores valores de consumo, tanto para energia elétrica como para consumo *per capita* de água foi a Região de Integração do Marajó (RIM) (Figura 7 e 8), com valor de 9.655.292,72 KWh e de 100,46 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Os municípios que integram esta região são Afuá, Anajás, Bagre, Breves, Cachoeira do Arari, Chaves, Curralinho, Gurupá, Melgaço, Muaná, Oeiras do Pará, Ponta de Pedras, Portel, Salvaterra, Santa Cruz do Arari, São Sebastião da Boa Vista e Soure.

Figura 7. Consumo de Energia Elétrica por Região de Integração



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 8. Consumo *per capita* de água por Região de Integração



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os resultados relataram que o consumo médio de energia elétrica e *per capita* de água nos municípios paraenses foi de 65.642.275,66 kWh e 131,91 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Ademais, constatou-se que Belém (2.583.664.495,4 kWh), Marabá (708.001.894,6 kWh), Ananindeua (644.267.070,5 kWh), Santarém (458.529.278,8 kWh) e Parauapebas (323.286.175,6 kWh) foram municípios com altos consumos de energia.

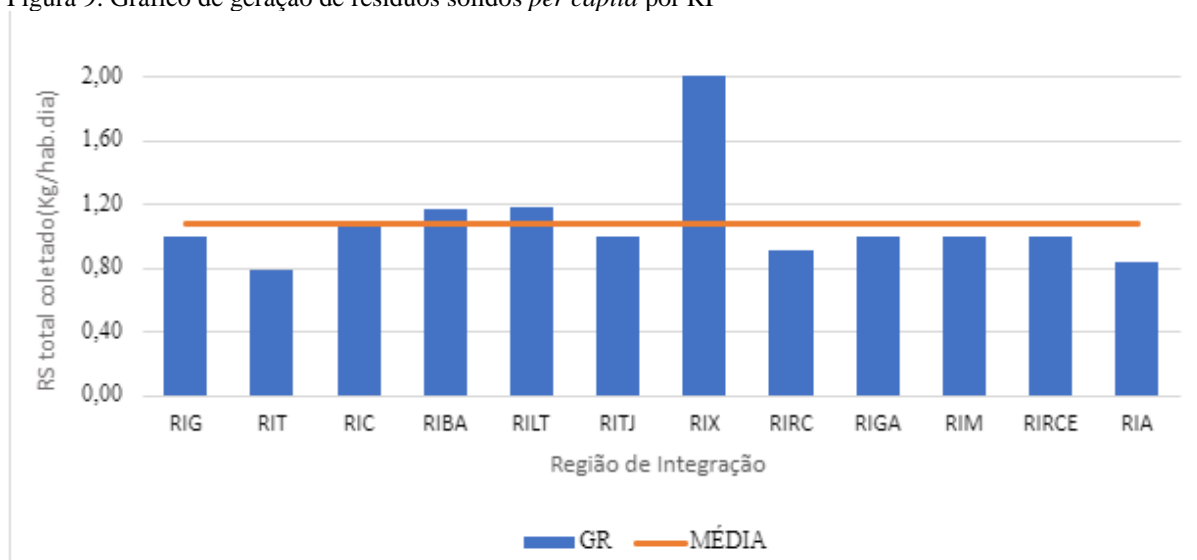
Em termos de consumo *per capita* de água, destacaram-se os municípios de Altamira (29.553 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>), Ipixuna do Pará (51.254 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>), São João de Pirabas (43.921 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>), Belterra (38.419 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>) e Santa Isabel do Pará (3.408 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>).

Esses consumos elevados podem ser atribuídos à densidade populacional e ao desenvolvimento industrial e comercial fomentado pela dinâmica econômica desses municípios. Não obstante, notou-se que os municípios de Chaves (2.434.029,30 KWh), São João da Ponta (2.494.669,14 KWh) e Melgaço (2.583.060,89 KWh) destacaram-se pelos menores registros de CE. Já Marapanim (37,36 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>), Acará (38,68 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>) e Igarapé Mirim (44,43 L.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> C) pontuaram os menores CA *per capita* do estudo.

#### 4.1.7 Geração de resíduos sólidos

A geração média *per capita* dos resíduos sólidos nas regiões de integração foi de 1,08 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>. Dentre as regiões de integração analisadas, os resultados apontaram para a RI do Xingu como a maior GR *per capita* do estudo, com valor em torno de 2,00 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>; ao passo que a RI do Tocantins, apresentou o menor valor observado, sendo cerca de 0,79 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> (Figura 9).

Figura 9. Gráfico de geração de resíduos sólidos *per capita* por RI



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

A geração média *per capita* dos resíduos sólidos nos municípios paraenses foi de 1,08 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>. Os municípios que atingiram os maiores valores de GR foram Oriximiná (3,51 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>), Senador José Porfírio (3,91 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>) e Medicilândia (5,48 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>). Já os municípios com menor geração de resíduos *per capita* foram Santa Barbara do Pará (0,10 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>), Bom Jesus do Tocantins (0,13 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>) e Cumaru do norte (0,13 kg.hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>).

## 4.2 PADRÕES DE CORRELAÇÃO DE INDICADORES COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS NOS MUNICÍPIOS PARAENSES

Verificou-se que as quatro primeiras PC explicaram 79.447% do conjunto de dados analisados na pesquisa (Tabela 1). De acordo com o critério de Jolliffe (1986), PCs com variância explicada acumulada superior a 70% podem ser utilizadas para explicar a variabilidade dos dados de pesquisa com segurança estatística. No entanto, como a pesquisa destina-se, dentre outros, analisar a correlação de indicadores com a geração de resíduos, foram acopladas ao estudo às PC 5 e PC 6, haja vista que estas explicam o conjunto de dados dos demais indicadores de interesse da pesquisa. Desta forma, cerca de 95% da variabilidade do conjunto de dados foi explicada pela PC 6 (Tabela 1).

Tabela 1. Variância explicada e total das componentes principais

Componentes principais (PC)	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	34.041	34.041
2	22.736	56.777
3	13.015	69.792
<b>4</b>	<b>9.655</b>	<b>79.447</b>
5	9,137	88.584
<b>6</b>	<b>6.616</b>	<b>95.200</b>
7	3.244	98.444
8	1.324	99.768
9	0.232	100.000

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Na segunda coluna da tabela 1, temos os valores correspondentes à porcentagem que cada componente explica em relação ao conjunto de dados original. Já na terceira coluna, são apresentados os valores de variância acumulada, ou seja, soma-se a porcentagem que cada componente explica, de forma acumulativa, até que se obtenha uma variância explicada confiável (acima de 70%) em relação ao conjunto de dados original que foi analisado.

Selecionadas as componentes principais de interesse, tem-se então os autovalores dos indicadores que cada componente explicou (Tabela 2). Neste sentido, as componentes principais 1 e 2 explicaram a maior variabilidade dos dados, com aproximadamente 57%. Notou-se que a PC 1 foi responsável por explicar os indicadores POP (0.755), IFDM (0.597), IDHM (0.829) e CE (0.755), sendo estes, portanto, bem representados pela análise. Já a PC2 explicou os dados de IG (0.869). Por fim, os demais indicadores foram explicados pelas demais componentes principais, a saber: GR (0.957) pela PC 4, CA (0.900) pela PC 5 e PIB (0.769)

pela PC 6. Constatou-se que as componentes principais 3, 7 e 8 não contribuíram para explicar a variabilidade do conjunto de dados analisados dos indicadores da pesquisa.

Tabela 2. Autovetores das PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6, PC7 e PC8

Indicadores	Componentes Principais							
	1	2	3	4	5	6	7	8
POP	<b>0.755</b>	-0.438	0.475	0.002	0.002	-0.0006	-0.003	-0.003
PIB	0.261	-0.002	-0.293	0.002	0.257	<b>0.769</b>	-0.432	-0.002
IFDM	<b>0.597</b>	-0.355	-0.460	0.112	0.181	0.297	0.415	-0.001
IDHM	<b>0.829</b>	0.135	-0.441	-0.002	-0.169	-0.234	-0.113	-0.006
IG	0.423	<b>0.869</b>	0.219	-0.003	0.003	0.101	0.007	0.003
CE	<b>0.755</b>	-0.444	0.469	0.000	0.002	0.0004	-0.003	0.004
CA	0.005	0.105	-0.006	0.266	<b>0.900</b>	-0.312	-0.007	0.0005
GR	-0.005	0.100	0.005	<b>0.957</b>	-0.260	0.003	-0.002	0.0008

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Legenda: População - POP, Produto Interno Bruto - PIB, Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - IFDM, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM, Índice Gini - IG, Consumo de Energia - CE, Consumo de Água - CA e Geração de resíduos sólidos - GR

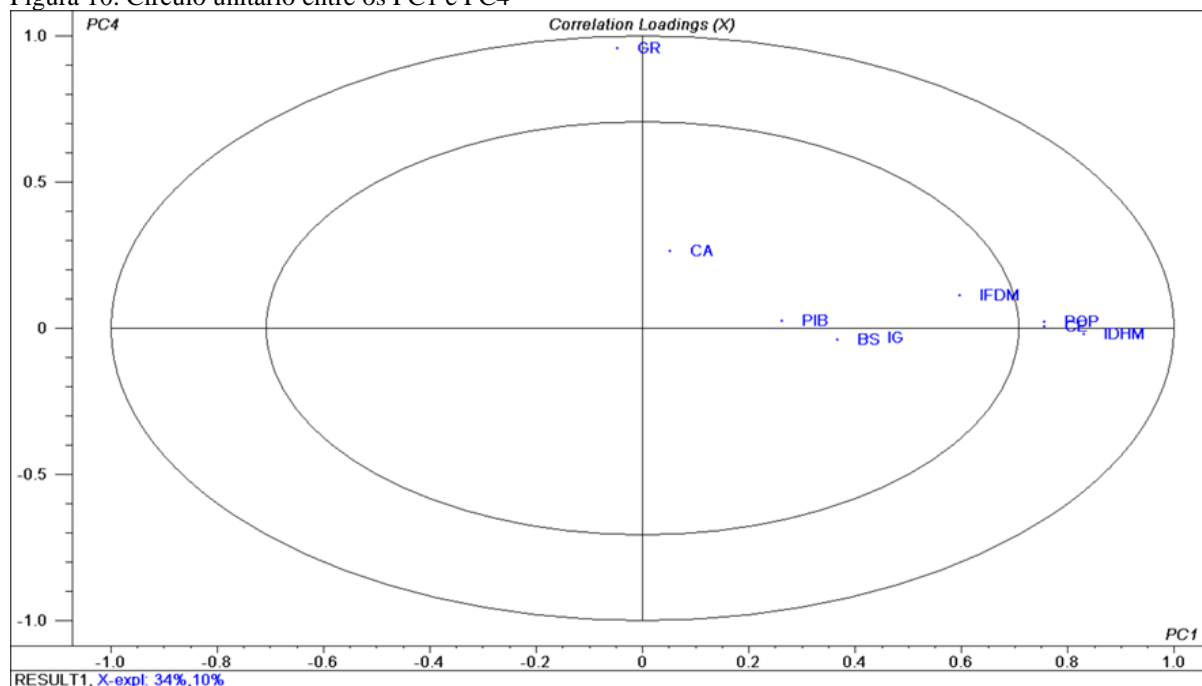
Normalmente, as duas primeiras PCs explicam a maior variabilidade dos dados, como pode ser observado na Tabela 2. No entanto, a necessidade de avaliar a correlação de uma determinada variável, fez com que o número de PCs selecionadas aumentasse, a fim de obter autovalores significativos para os demais indicadores analisados, o que favoreceu, portanto, os indicadores de consumo de água (CA) e do Produto Interno Bruto (PIB), que foram explicados respectivamente na quinta e sexta PC.

#### 4.2.1 INDICADORES EXPLICADOS PELA PC 1

Os resultados apontaram para um padrão de correlação positivo entre os indicadores de POP, IFDM, IDHM e CE. É possível notar nos quadrantes superiores (Figura 10) o posicionamento dos indicadores onde a variância explicada foi positiva (entre 0 a 1.0). Os indicadores que se posicionam mais à borda do círculo unitário foram mais representativos no modelo estatístico e representam a maior variabilidade dos dados dentro da métrica de cada componente, pontuando acima de 0.5, como é o caso do IDHM, POP, CE e IFDM para a PC1. Dito isso, a PC1 apresenta então uma maior retenção da variação presente nos dados originais.

O gráfico de círculo unitário é uma representação visual dos *loadings* dos componentes principais. Cada ponto no gráfico representa uma variável original e sua correlação com os componentes principais. A Figura 10 apresenta graficamente estas correlações por meio das análises dos componentes principais correspondentes.

Figura 10. Círculo unitário entre os PC1 e PC4



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Notou-se na Figura 10 uma correlação positiva entre os indicadores representativos da PC 1 com a geração de resíduos sólidos, pois estes indicadores interferem diretamente na geração destes materiais nos municípios paraenses estudados, isto é, quanto maior for o valor destes indicadores, maior será o padrão de geração de resíduos. Portanto, é possível afirmar que existe uma correlação significativa entre os indicadores que melhor pontuaram dentro da PC1, devido aos valores apresentados pelos autovalores, como é o caso da POP = 0.755, CE = 0.755 e IDHM = 0.829.

Assim como apresentado no gráfico de correlação das PC1 e PC4 (Figura 10), estudos mostram que o crescimento populacional está diretamente ligado à maior geração de resíduos sólidos. À medida que a população cresce, a quantidade de resíduos gerados tende a aumentar devido ao aumento do consumo e das atividades humanas relacionadas.

Ao analisar os municípios que foram bem explicados pela PC1, verificou-se que o município de Belém (BEL), com 0.906, foi bem explicado (Figuras 11 e 12), ou seja, carregou as principais informações dos indicadores de POP, IFDM, IDHM e CE. Outros municípios paraenses também carregaram informações destes indicadores em menores proporções, como Ananindeua (AND) com 0.227, Marabá (MAR) com 0.170 e Santarém (SAN) com 0.142.



Estudo realizado por Silva Júnior *et al.* (2024), que pesquisaram acerca da correlação entre a geração de resíduos, a população e o PIB das cidades sergipanas, constatou fraca correlação positiva entre a geração *per capita* de resíduos com o tamanho da população. Segundo os autores, a concentração populacional pode influenciar no volume total de resíduo gerado, mas recomenda-se que - para uma análise mais complexa e coerente - sejam contempladas as características dos diferentes grupos populacionais, por meio da estrutura etária, estrutura de arranjo de domicílios, hábitos culturais, entre outros.

Nesta perspectiva, Silva *et al.* (2020) verificaram esse mesmo cenário na cidade de Recife, cuja concentração populacional não apresentou padrão de correlação positiva com a geração de resíduos sólidos domiciliares nos 31 setores de coleta de resíduos analisados. Desta forma, o estudo apontou que as áreas com maior concentração populacional, geralmente caracterizada pelas áreas de classe baixa e média, indicaram menores quantitativos de resíduos gerados que nas áreas com menor concentração populacional e maior renda domiciliar, como nos bairros de classe alta e comercial.

Quanto aos índices IFDM e IDHM, estes são indicadores que refletem o desenvolvimento socioeconômico e humano dos municípios, sendo, portanto, fundamentais para mapear padrões de consumo, assim como infraestrutura e gestão de resíduos. Desta forma, verificou-se no estudo que os municípios que apresentaram os maiores valores desses índices, também se destacaram pela geração *per capita* de resíduos sólidos. Este cenário pode ser justificado pelas melhores condições de vida apresentadas, as quais implicam no aumento dos padrões de consumo da população e, conseqüentemente, nos elevados quantitativos de resíduos gerados.

Moreira (2019) analisou a correlação entre os indicadores socioeconômicos IDHM e IFDM com a disposição final de resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros em 2016. A análise bivariada revelou que a disposição final de resíduos estava relacionada positivamente com a maioria das variáveis explicativas, incluindo o IDHM e o IFDM. Neste sentido, a relação entre a geração de resíduos, o poder econômico dos municípios e a disposição final de resíduos demonstra a importância de considerar fatores socioeconômicos na gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos, visando não apenas a eficiência na disposição final, mas também a promoção de práticas sustentáveis para redução do impacto ambiental negativo.

Na pesquisa realizada por Pisani Júnior, Castro e Costa (2018), foram formuladas correlações entre a taxa de geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos (TGP) e fatores como população, renda *per capita* e consumo de energia elétrica no estado de São Paulo. Foi observado que a TGP apresentou uma tendência de crescimento em relação ao logaritmo do

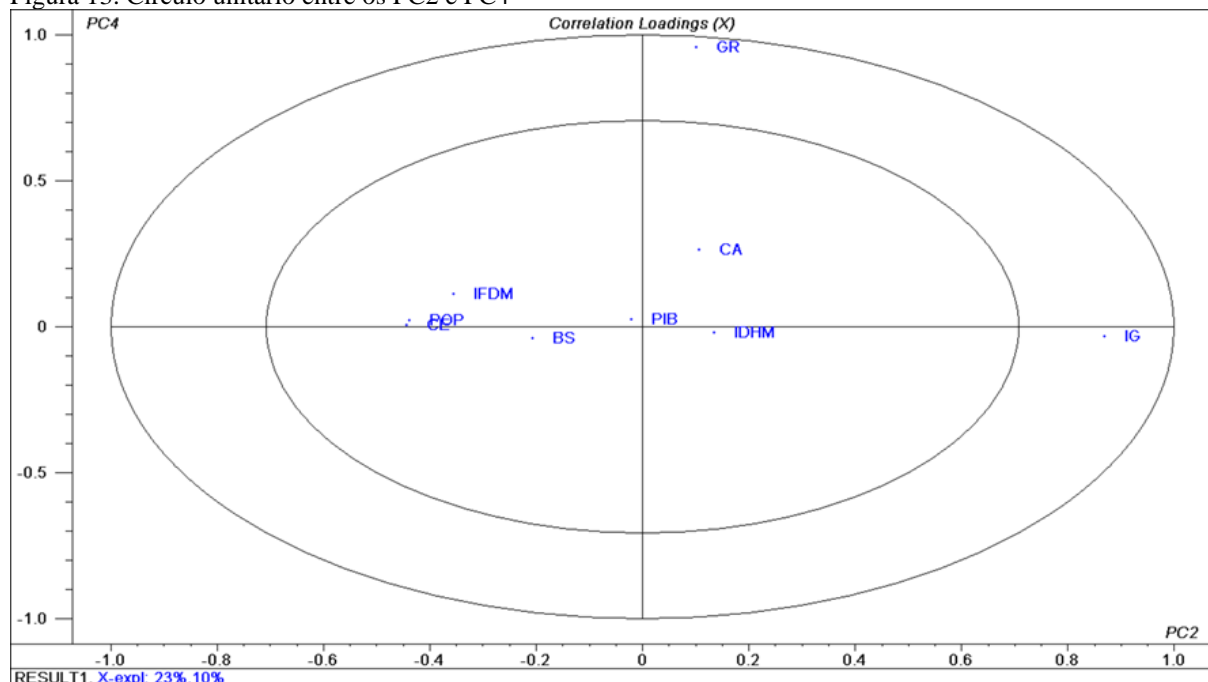
consumo total de energia elétrica, indicando uma correlação positiva entre estas variáveis. Desta forma, o estudo ratificou a relação direta entre o aumento do consumo de energia elétrica domiciliar com o número de habitantes residentes.

Monteiro *et al.* (2019) buscaram estabelecer uma relação de proporcionalidade entre os indicadores de geração de resíduos sólidos domiciliares e o consumo de água tratada e energia elétrica no estado do Ceará entre os anos de 2013 e 2017. Utilizando a metodologia do coeficiente de Pearson, eles obtiveram uma forte correlação entre o consumo de energia elétrica e a geração de resíduos entre os anos de 2013 e 2015 com  $r_p = 0,958$  e baixa correlação positiva para o ano de 2017, pontuando  $r_p = 0,284$ .

#### 4.2.2 INDICADOR EXPLICADO PELA PC 2

Os resultados apontaram para uma correlação positiva significativa entre o Índice Gini com a Geração de Resíduos, com  $IG = 0.869$  para a PC2. A geração de resíduos também mostrou correlação positiva na PC2, embora a GR não tenha sido bem representada nesta PC, este indicador apresentou correlação positiva com a GR na PC 4. Ambos os indicadores têm uma correlação positiva com a PC2, o que implica numa relação direta entre os dois, mediada por PC2 (Figura 13).

Figura 13. Círculo unitário entre os PC2 e PC4

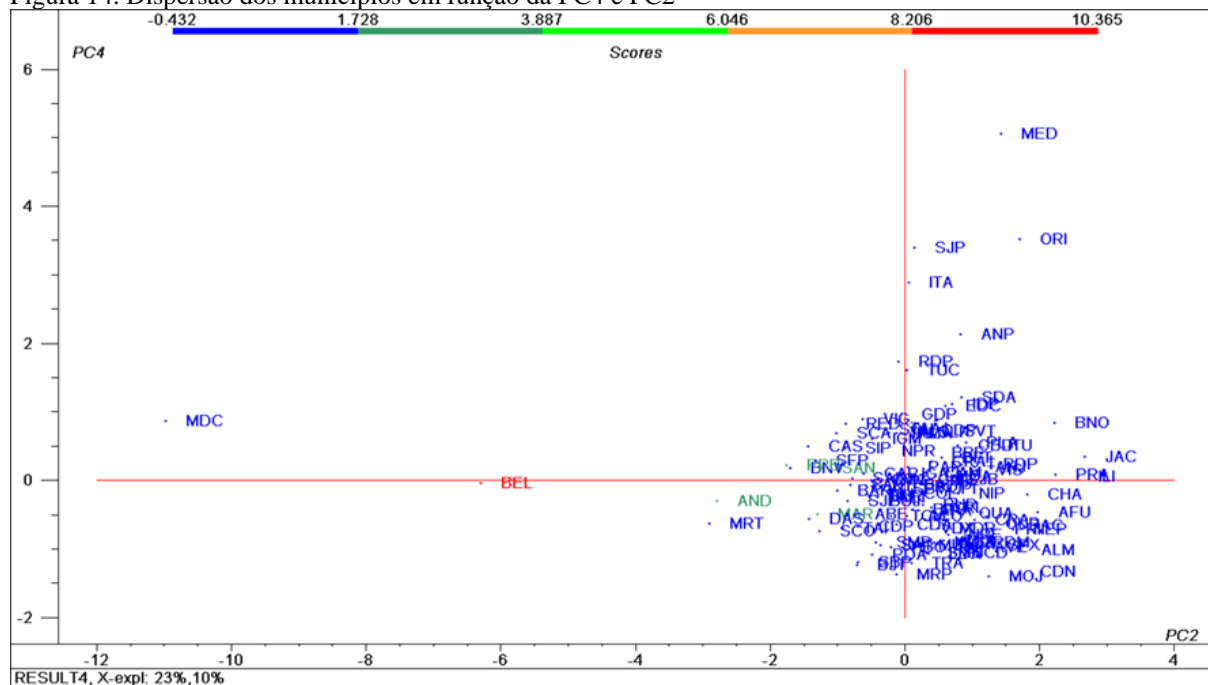


Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Brandão (2021), em sua dissertação de mestrado, realizou uma análise detalhada da desigualdade de renda corrente no Brasil utilizando decomposições do Índice de Gini com dados da PNAD Contínua no período de 2012 a 2019. O autor constatou que o método de decomposição pode ser um método relevante para entender a desigualdade existente nas distribuições, principalmente por permitir facilitar a localização e intensidade desta contribuição.

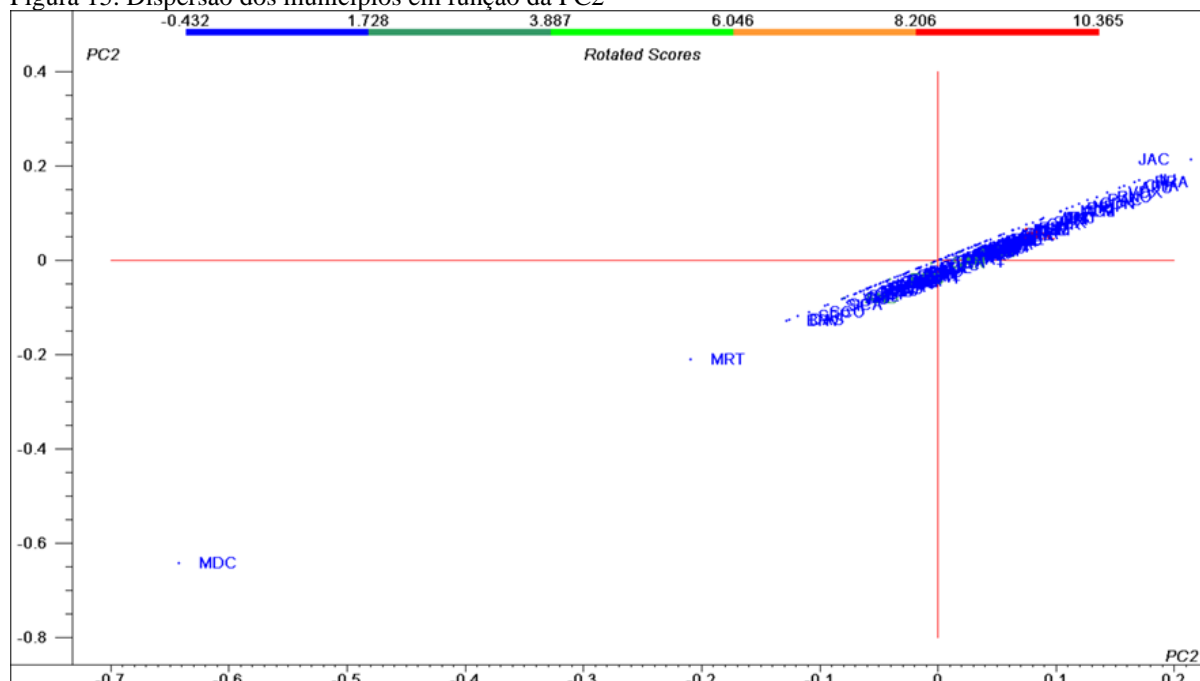
Nesta perspectiva, ao analisar os municípios que carregam as informações da PC2, notou-se que o município de Mojuí dos Campos (MDC) foi bem explicado pelo indicador IG com -0.642. Nesta esteira, outros municípios paraenses foram explicados em menores proporções por esta componente, como Jacareacanga (JAC) com 0.214, Marituba (MRT) com -0.210, Ulianópolis (ILI) com 0.170, Prainha (PRA) com 0.166, Chaves (CHA) com 0.157, Afuá (AFU) com 0.153 e Vitória do Xingu (VDX) com 0.143 (Figuras 14 e 15).

Figura 14. Dispersão dos municípios em função da PC4 e PC2



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 15. Dispersão dos municípios em função da PC2



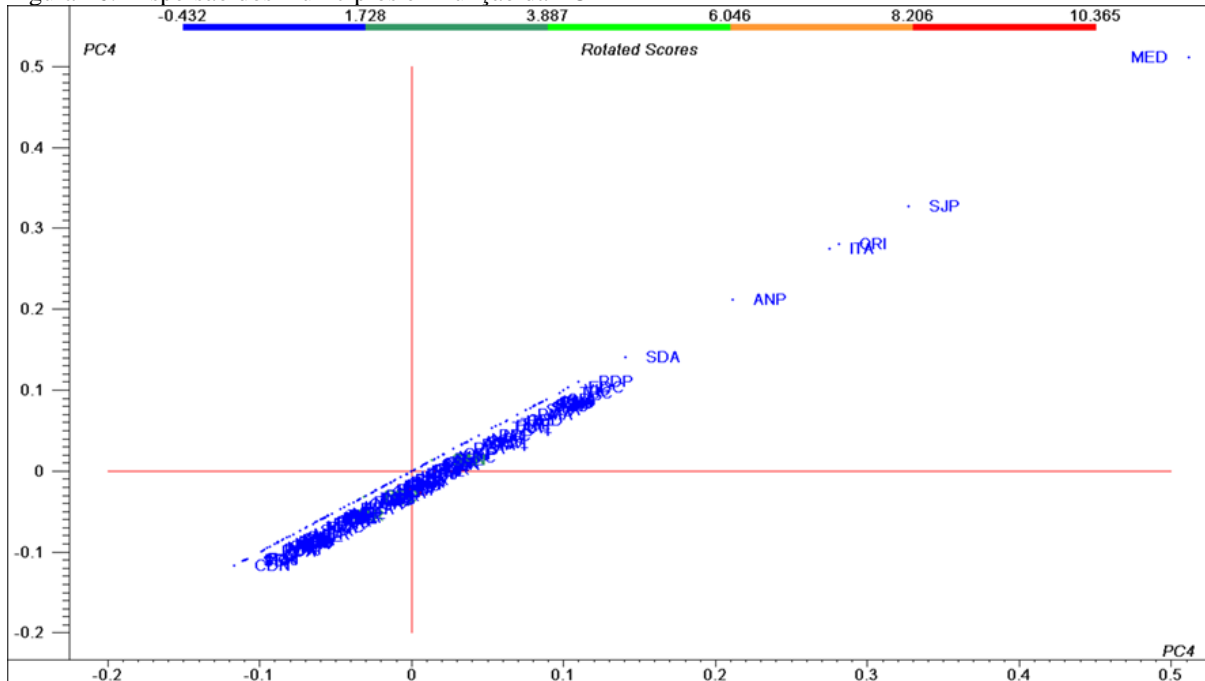
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Neste sentido, Vieira e Matheus (2018) investigaram a correlação entre indicadores socioeconômicos e a geração de resíduos sólidos urbanos de 38 municípios da grande São Paulo por meio do coeficiente de Pearson. Os autores destacaram que a desigualdade deve ser considerada um fator complementar à renda na formulação de políticas públicas para a gestão de resíduos sólidos, visto que o Índice Gini apresentou uma correlação positiva significativa com a geração de RSU, indicando que quanto maior a desigualdade, maior é a geração de resíduos. O Índice Gini apresentou uma correlação positiva significativa com a geração de RSU de  $r_p = 0,625$ .

#### 4.2.3 INDICADOR EXPLICADO PELA PC 4

Na componente 4 foi possível identificar uma alta representação dos dados de Geração de Resíduos (GR), atingindo valores próximo à escala máxima de autovalor, com GR representando 0.957 da variância dos dados. Também se constatou que o município de Medicilândia (MED) com 0.511, seguidos por São João da Ponta (SJP) com 0.327, Oriximiná (ORI) com 0.281 e Itaituba (ITA) com 0.275 foram bem explicados pela PC4 (Figura 16), a qual carrega os dados da geração de resíduos.

Figura 16. Dispersão dos municípios em função da PC4

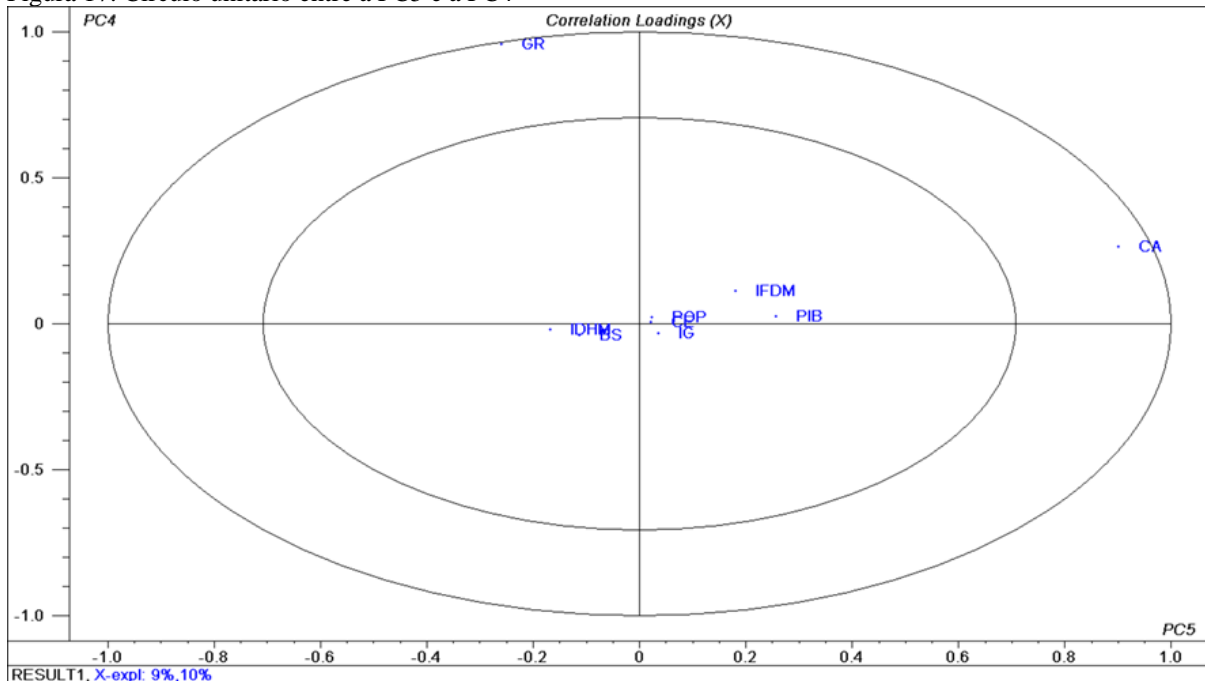


Fonte: Elaborado pela autora (2024)

#### 4.2.4 INDICADOR EXPLICADO PELA PC 5

Verificou-se que apenas o CA foi bem representado pela PC 5 (CA = 0.900). Ademais, este indicador de consumo estabeleceu um forte padrão de correlação positiva com a geração de resíduos (Figuras 17).

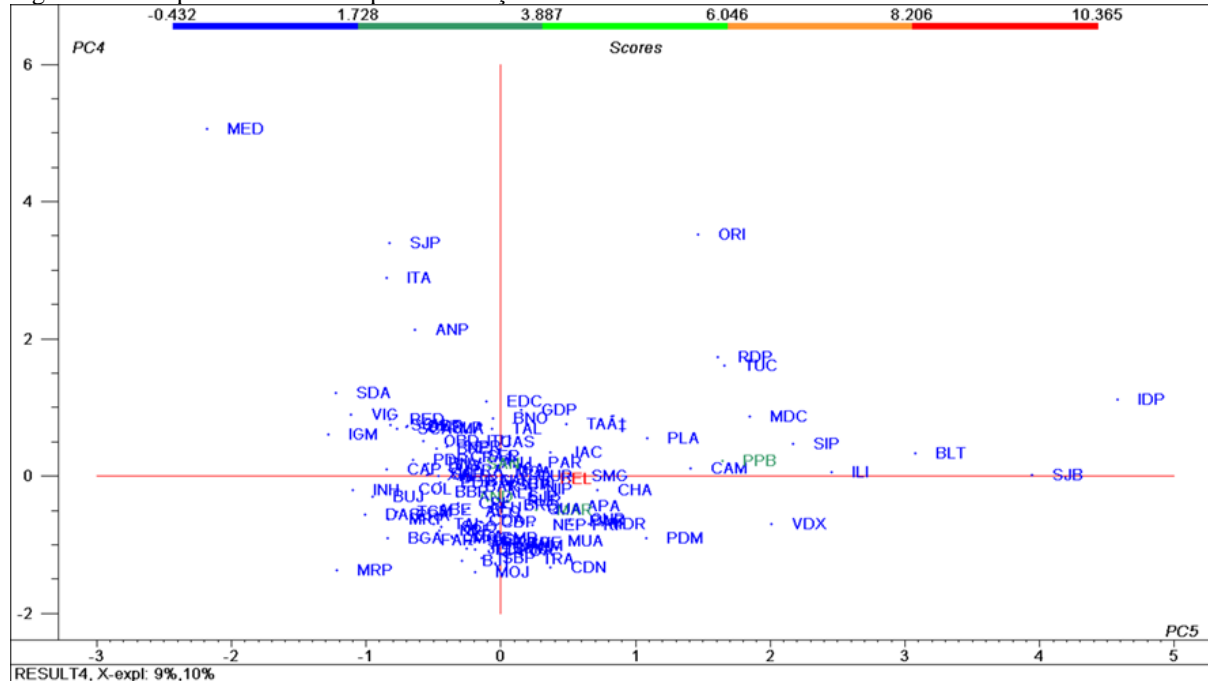
Figura 17. Círculo unitário entre a PC5 e a PC4



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

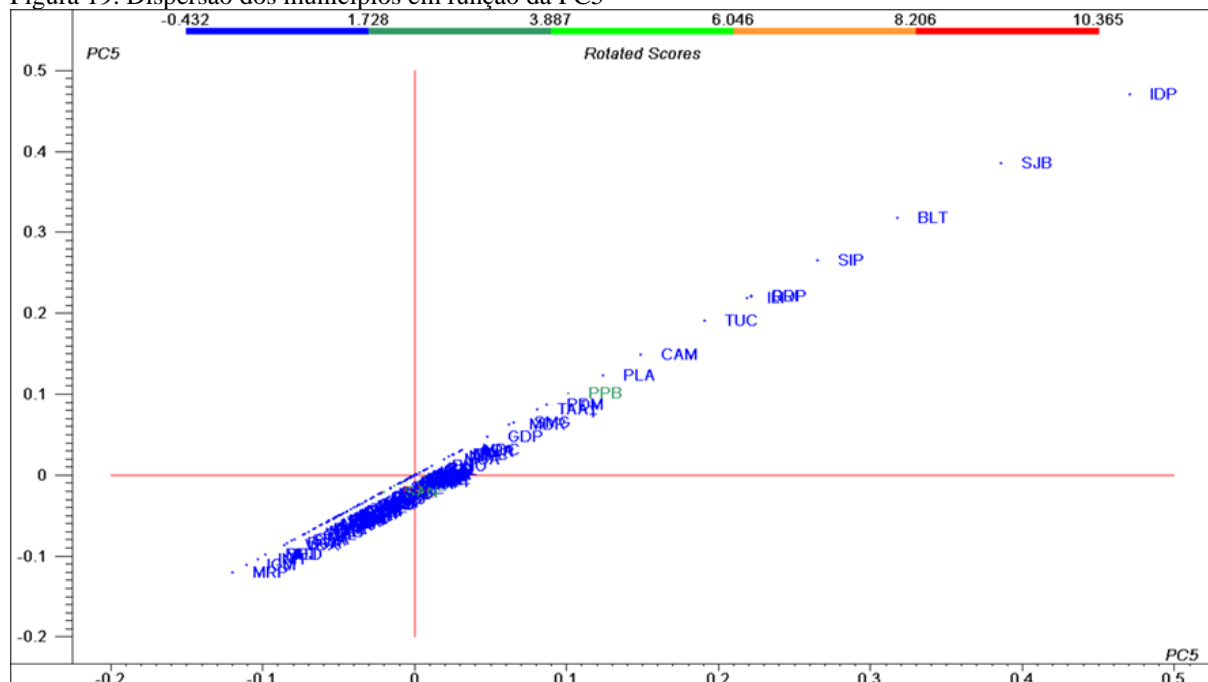
Notou-se que na PC 5 destacaram-se os seguintes municípios: Ipixuna do Pará (IPD) com 0.471, São João de Pirabas (SJB) com 0.386, Belterra (BLT) com 0.318, Santa Isabel do Pará (SIP) com 0.265, Oriximiná (ORI) com 0.221, Rondon do Pará (RDP) com 0.221 e Ulianópolis (ILI) com 0.219 (figura 18 e 19).

Figura 118. Dispersão dos municípios em função da PC5 e PC4



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 19. Dispersão dos municípios em função da PC5



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

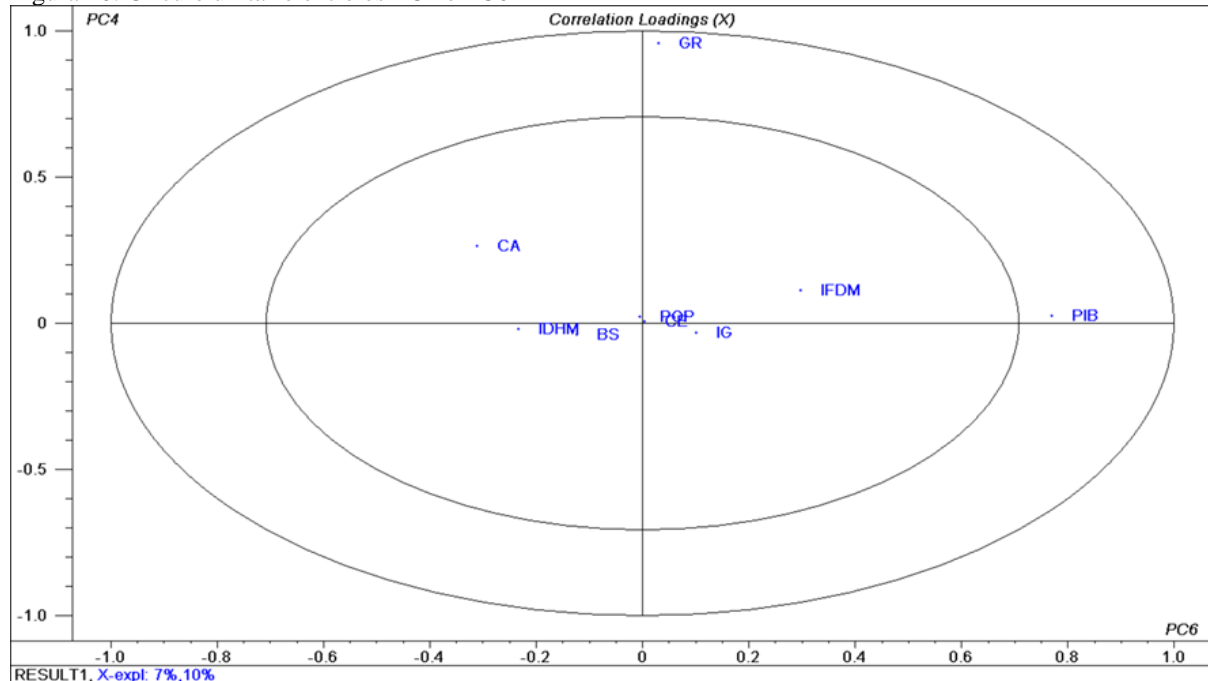
No estudo realizado por Monteiro *et al.* (2019), no Ceará, foi observado forte correlação da geração de resíduos com o consumo de água. Os autores empregaram o coeficiente de Pearson para subsidiar o estabelecimento do padrão de correlação destes indicadores. Notou-se que entre os anos de 2013 e 2015 houve alta correlação positiva ( $r_p = 0,982$ ), porém baixa correlação positiva para o período de 2016 a 2019 ( $r_p = 0,397$ ). A pesquisa sugere que a baixa correlação entre a geração de resíduos e o consumo de água no período atual pode ser influenciada por fatores como a crise econômica e política vivida no país durante esse período.

Outros estudos também apontaram para correlação positiva entre consumo de água e geração de resíduos. Santos, Leite e Shalch (2019) encontram evidências da existência de relação entre a geração de resíduos sólidos domiciliares e o consumo de água, por meio de revisão de modelos lineares e de regressão que demonstram a correlação existente entre a quantidade de RSD e volume de água, cruzando dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresentando este como um indicador indireto para fins de custeio dos serviços.

#### 4.2.5 INDICADOR EXPLICADO PELA PC 6

Ao analisar os padrões de correlação estabelecidos entre os indicadores estudados com a geração de resíduos, notou-se a correlação positiva entre a geração de resíduos *per capita* nos municípios paraenses com consumo, seja de água ou de energia (Figura 20). Estes indicadores também apresentaram correlação positiva com o PIB. Desta forma, verificou-se que o aumento das condições econômicas (PIB) implicou no aumento do consumo da população por produtos e bens, o que - por sua vez - implicou no aumento da geração de resíduos por habitante.

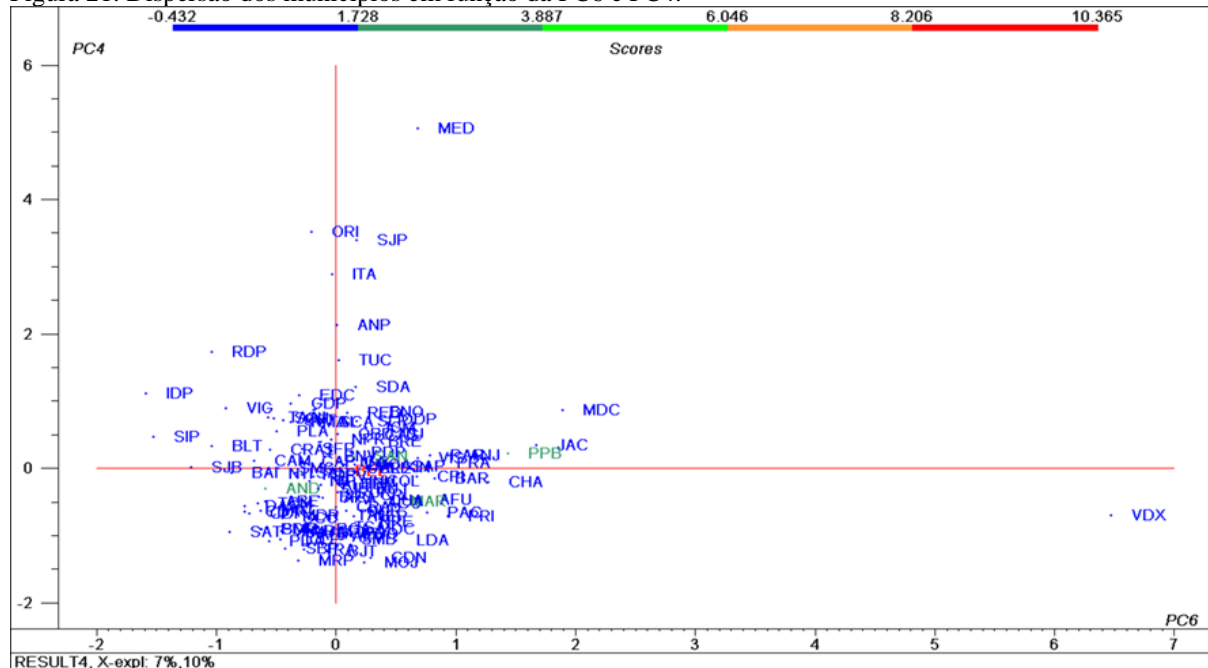
Figura 20. Círculo unitário entre os PC4 e PC6



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

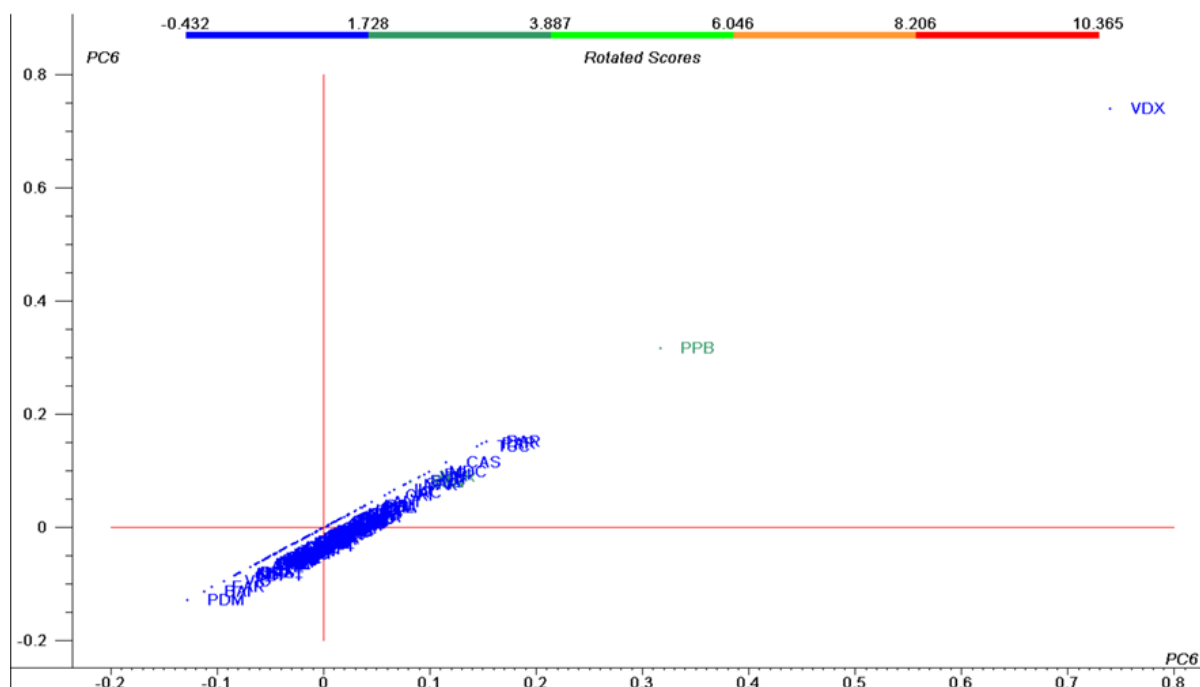
Por fim, notou-se que Vitória do Xingu (VDX) com 0.740 foi o município paraense que melhor carregou as informações da PC6, seguido por Parauapebas (PPB) com 0.317, Barcarena (BAR) com 0.153, Paragominas (PAR) com 0.149, Tucuruí (TUC) com 0.144, Porto de Moz (PDM) com -0.128, Faro (FAR) com -0.105, Castanhal (CAS) com 0.115 e Baião (BAI) com -0.112 (figura 21 e 22).

Figura 21. Dispersão dos municípios em função da PC6 e PC4.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 22. Dispersão dos municípios em função da PC6



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Nesta perspectiva, Silva *et al.* (2020) relataram forte correlação positiva entre a geração de resíduos sólidos com a renda domiciliar na cidade de Recife. Os autores constataram que as maiores gerações *per capita* foram evidenciadas nas áreas de classe alta e comercial da cidade. Ademais, constatou-se que o poder aquisitivo das famílias implica na tipologia dos resíduos gerados, sendo os resíduos recicláveis gerados predominantemente nas áreas de alta renda domiciliar. Por outro lado, as áreas de classe baixa da cidade caracterizaram-se pela predominância de resíduo orgânico, devido ao hábito cultural e histórico das famílias de realizar as refeições.

Noberto *et al.* (2021) analisaram a relação da geração de RSU *per capita* do Brasil com o PIB *per capita* ao longo das duas primeiras décadas do século XXI. A partir dos resultados obtidos, os autores constaram que na maioria das regiões do país (Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste) existe uma correlação alta entre a geração de resíduos sólidos e o PIB *per capita*, e que nas demais regiões, assim como na visão geral do país, essa correlação não se apresenta devido à influência de crises que se manifestaram ao longo dos anos.

Santos *et al.* (2023) elaboraram um modelo de previsão de geração de resíduos de construção e demolição, onde analisaram a correlação entre a geração desse tipo de resíduo com o Produto Interno Bruto de alguns municípios. Os resultados obtidos por meio do emprego do coeficiente de Pearson apontaram foram de forte correlação positiva entre esses fatores, sobretudo nas cidades de Ariquemes/RO ( $r = 0,923$ ), Criciúma/SC ( $r = 0,928$ ), Guarapuava/PR

( $r = 0,923$ ), Itabira/MG ( $r = 0,923$ ), Juazeiro do Norte/CE ( $r = 0,913$ ) e Passo Fundo/RS ( $r = 0,861$ ).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As sociedades contemporâneas têm passado por transformações significativas, especialmente no que tange aos padrões de consumo, que têm se intensificado com o avanço da globalização e da urbanização. Logo, é esperado que a geração de resíduos acompanhe e se modifique ao longo dessas transformações, tornando necessário a atualização de técnicas e tecnologias para melhor gerir estes resíduos e seus impactos socioambientais resultantes do aumento dessa produção.

Levando em conta tais questões, a atual pesquisa se propôs a analisar padrões de correlação da geração de resíduos sólidos com indicadores socioeconômicos através da Análise da Componente Principal (ACP) em dados coletados em 118 municípios dos 144 municípios paraenses, para os 8 indicadores analisados. Os resultados, em sua maioria, apontaram para correlações positivas entre os indicadores e a geração de resíduos, destacando forte correlação positiva com o IDHM, IFDM, IG e CA. Deste modo, constatou-se que melhores condições econômicas e conseqüentemente de qualidade de vida da população interferem no aumento da geração de resíduos nos municípios paraenses analisados.

Ademais, observou-se que o aumento da população nos municípios interferiu em maiores quantitativos de geração de resíduos. Por fim, os dados relataram que todos os indicadores analisados apresentaram correlação positiva com a geração de resíduos, com destaque para o indicador de consumo de água (CA) com alto padrão de correlação positiva.

No decorrer da pesquisa foram enfrentadas algumas dificuldades para o seu desenvolvimento, especialmente pela escassez de dados. Alguns municípios tiveram que ser segregados da análise por falta de atualização e disponibilidade de dados atuais, como o caso do principal indicador analisado, a geração de resíduos per capita. Mesmo que apenas uma pequena porcentagem dos municípios do estado não tenha sido representada na análise, a confiabilidade dos resultados obtidos se mostrou satisfatória.

Para futuras pesquisas, a partir das análises desenvolvidas neste artigo, propõe-se desenvolver análise temporal, a fim de investigar como a geração de resíduos sólidos e sua relação com indicadores socioeconômicos evoluíram ao longo do tempo, visto que realizar análises longitudinais pode ajudar a entender melhor as tendências e prever futuros padrões. Considerar a inclusão de variáveis adicionais, como políticas públicas de gestão de resíduos,

educação ambiental e práticas de reciclagem, para avaliar seu impacto na geração de resíduos. Além de criar e testar novos indicadores que possam capturar aspectos mais detalhados da geração e gestão de resíduos, como a eficiência dos sistemas de coleta e a taxa de reciclagem.

## 6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, E. S.; RIBEIRO, M. M.; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais nos estados da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, e20190263, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20190263>. Acesso em: 13 mar. 2024.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama de resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>.

BRANDÃO, Marcelo Henrique Bezerra. **Desigualdade de Renda Corrente no Brasil: uma análise a partir de decomposições do Índice de Gini com dados da PNAD Contínua (2012-2019)**. 2021. 101f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – **SNIS**. Mapa de Água e Esgoto. Disponível em: [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua\\_esgoto/mapa-agua](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua_esgoto/mapa-agua). Acesso em: 21 jul. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – **SNIS**. Mapa de Indicadores de Resíduos Sólidos. Disponível em: [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/residuos\\_solidos/mapa-indicadores](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/residuos_solidos/mapa-indicadores). Acesso em: 21 jul. 2023.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.

BOSQUILIA, S. G. C. de C.; MARTIRANI, L. A. Consumo e geração de resíduos: estudos de caso em Piracicaba e Saint Petersburg. *Geomae, Campo Mourão*, v. 10, n. 2, p. 80-91, 2019.

BUENROSTRO-DELGADO, O.; ORTEGA-RODRIGUEZ, J. M.; CLEMITSHAW, K. C.; GONZÁLEZ-RAZO, C.; HERNÁNDEZ-PANIAGUA, I.Y. Use of genetic algorithms to improve the solid waste collection service in an urban área. *Waste Management*. 41, 20-27, 2015.

CAITANO, T. B. S.; RIBEIRO, M. M.; MORALES, G. P.; PONTES, A. N. An overview of mining royalty revenues in the Brazilian Amazon and reflections on socioeconomic indicators. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional (G&DR)*, Taubaté, SP, v. 17, n. 1, p. 216-226, 2021.

CARDOSO, M. S. S. **Análise da geração de resíduos sólidos domiciliares e sua correlação com indicadores socioeconômicos no Distrito Federal**. 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/21144/1/2016\\_MikaelaSoaresSilvaCardoso.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/21144/1/2016_MikaelaSoaresSilvaCardoso.pdf). Acesso em: 22 jan. 2024.

CARTAXO, P. H. de A.; LUNA, I. R. G.; NASCIMENTO, I. R. S. do; SILVA, M. R. da; SILVA, K. A. da; SANTOS, J. P. de O. Geração de resíduos sólidos urbanos no semiárido brasileiro: análise de sustentabilidade a partir da aplicação da pegada ecológica. **Revista Tecno-Lógica**, Campo Mourão, v. 10, n. 2, p. 80-91, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/335376151>.

CARVALHO, A. P.; SOUSA, E. L.; MOURA, A. C. Análise de Componentes Principais: Fundamentos e Aplicações. *Revista Brasileira de Estatística*, v. 71, n. 1, p. 45-60, 2010.

CETRULO, T. B.; RONQUIM, C. C.; MANTOVANI, J. R. da S. Indicadores de resíduos sólidos em sistemas de avaliação de sustentabilidade local: uma revisão da literatura. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 23, e01231, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190028r3vu2020L5AO>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/PqkVdLDctjC7G9545nR3tmk/?lang=pt>. Acesso em: 18 abr. 2024.

CHU, Z.; WU, Y.; ZHOU, A.; HUANG, W. C. Analysis of influence factors on municipal solid waste generation based on the multivariable adjustment. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, 35(6), 2016, 1629-1633.

CONCEIÇÃO, V. de M. S.; COSTA, A. L.; JUNIOR, A. B. S.; SANTOS, L. C. Crescimento populacional e geração de resíduos sólidos: o caso da região norte. In: MEIO AMBIENTE: inovação com sustentabilidade. 2019. p. 168-176. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Junior-36/publication/336196837\\_Crescimento\\_populacional\\_e\\_geracao\\_de\\_residuos\\_solidos\\_o\\_caso\\_da\\_regiao\\_norte/links/5d939644458515202b79fd64/Crescimento-populacional-e-geracao-de-residuos-solidos-o-caso-da-regiao-norte.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Junior-36/publication/336196837_Crescimento_populacional_e_geracao_de_residuos_solidos_o_caso_da_regiao_norte/links/5d939644458515202b79fd64/Crescimento-populacional-e-geracao-de-residuos-solidos-o-caso-da-regiao-norte.pdf). Acesso em: 20 jan. 2024.

COSTA, R. P.; SILVA, A. F. **Geração de resíduos sólidos urbanos e variáveis socioeconômicas: uma abordagem estatística**. Semantic Scholar, 2019. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b618/a00eda1752b552862ff1fffc17b28e69bb72.pdf>. Acesso em: 12 maio 2024.

FINKLER, N. R.; PERESIN, D.; COCCONI, J.; BORTOLIN, T. A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V. E. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 4, p. 784-792, 2015.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ (FAPESPA). Portfólio do Radar 2023. Disponível em: <https://fapespa.pa.gov.br/sistemas/radar2023/portfolio.html>. Acesso em: 15 out. 2024.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ. **PIB apresenta crescimento em 134 municípios do estado do Pará**. 2023. Disponível em:

<https://www.fapespa.pa.gov.br/2023/12/27/pib-apresenta-crescimento-em-134-municipios-do-estado-do-para/>. Acesso em: 28 jul. 2024.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ. **PIB dos Municípios Paraenses 2021**. 2023. Disponível em: [https://www.fapespa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2023/12/Relatorio-PIB-Municipal-2021\\_Final-1.pdf](https://www.fapespa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2023/12/Relatorio-PIB-Municipal-2021_Final-1.pdf). Acesso em: 28 jul. 2024.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. **Barômetro da Sustentabilidade da Região de Integração Guajará**. Belém: FAPESPA, 2023. Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br/barometro-da-sustentabilidade/>.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. **Barômetro da Sustentabilidade da Região de Integração Guajará**. Melgaço: FAPESPA, 2023. Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br/barometro-da-sustentabilidade/>.

LOPES, F. R.; SOUZA, J. P. **Indicadores socioeconômicos e a geração de resíduos sólidos em cidades latino-americanas**. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, v. 34, n. 1, p. 145-162, 2020. Disponível em: <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/67115>. Acesso em: 18 mar. 2024.

HAIR JÚNIOR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Análise Multivariada de Dados**. 7. ed. Nova York: Pearson, 2010.

HOTELLING, H. Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. **Journal of Educational Psychology**, v. 24, p. 417-441 and 498-520, 1933.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>. Acesso em: 19 out. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – **Ipeadata**. Dados macroeconômicos e regionais. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em 6 jul. 2008

JADOON, A.; BATOOL, S.A.; CHAUDHRY, M.N. Assessment of factors affecting household solid waste generation and its composition in Gulberg Town, Lahore, Pakistan, **J Mater Cycles Waste Manag.**,16, 2014, 73–81.

JOLLIFFE, I.T. **Principal Component Analysis**. Springer-Verlag, 1986.

MARQUES, L. **Avaliação dos indicadores socioeconômicos e sua influência na geração de resíduos sólidos urbanos em Recife-PE**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/32663/1/TESE%20Luciana%20Marques.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2023.

MARTINS, Joana D'Arc Dias; RIBEIRO, Maria de Fátima. O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais na saúde pública. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 123-152, jan./abr. 2021. doi: 10.7213/rev.dir.econ.soc.v12i1.27478.

MEDEIROS, J. E.S.F.; PAZ, A.R.; MORAIS JÚNIOR, J.A. Análise da evolução e estimativa futura da massa coletada de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa e relação com outros indicadores de consumo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 20(1), 2015, 119-130.

MONTEIRO, Adriano Antunes; BEZERRA, Jorgiane Pires; SILVA, João Lucas Alves; BARBOSA FILHO, Cláudio Meneses; LEITE, Jéssica Maria Bezerra. **Análise da correlação entre os indicadores de geração de resíduos sólidos domiciliares e consumo de água tratada e energia elétrica no estado do Ceará**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 10., 2019, Fortaleza. **Anais do X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Fortaleza: IBEAS, 2019. p. 1-10.

MOTA, L. de F.; BARCELOS, T. S. **A questão mineral e os índices do IDH-M e GINI nos estados do Pará e Minas Gerais: uma abordagem comparativa**. *Gestão e Desenvolvimento em Revista*, v. 4, n. 2, p. 19-35, jul./dez. 2018. ISSN 2446-8738. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/gestaoedesenvolvimento/article/view/20002/13821>.

Monteiro, R. R., Santos, M., Souza, J. O. R., & Vieira, M. B. (2023). **Racismo ambiental, justiça ambiental e mudanças climáticas no Brasil: uma análise dos relatórios anuais dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. *Em favor de igualdade racial*, 6(3), 117-132. DOI: 10.29327/269579.6.3-9.

MOREIRA, A. M. **Aspectos socioeconômicos territoriais para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos**. Repositório da Escola Nacional de Administração Pública - ENAP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/4005>.

NORBERTO, A. S.; LIRA, S. A.; NASCIMENTO, A. V.; DUARTE, A. D.; SILVA, J. G. C.; ALVES, J. V. C.; PEDROSA, T. D.; NETO, J. F. O. **Estudo da relação entre a geração de resíduos sólidos urbanos e o Produto Interno Bruto (PIB) per capita no Brasil**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, e3910111429, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11429>.

OLIVEIRA, B. O. S. de; MEDEIROS, G. A. de. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos estados da região norte, Brasil. **Revista Valore**, v. 4, n. 1, p. 1749-761, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22408/rev412019211749-761>.

PEREIRA, A. S.; SHITSUKA, D. M.; PARREIRA, F. B.; SHITSUKA, R. **Metodologia da pesquisa científica** [recurso eletrônico]. Santa Maria: Ed. UAB/NTE/UFSM, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf).

PISANI JÚNIOR, R.; CASTRO, M.C.A.A.; COSTA, A.A. Influence of population, income and electricity consumption on per capita municipal solid waste generation in São Paulo State, Brazil. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, 20, 2018,1216–1227.

RIVERA, N. A.; HERNANDEZ, N. C. M. Tratamientos aplicados y posible aprovechamiento de los residuos sólidos, barrio la amistad, guanare, estado portuguesa. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 12, n. 1, p. 153-168, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2019.12.1.60854>. Acesso em: 18 nov. 2023.

SANTOS, W. J. R.; LEITE, W. C. A.; SCHALCH, V. **A sustentabilidade econômico-financeira da gestão de resíduos sólidos domiciliares, em um município de porte médio do interior do estado de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABES, 2019.

SILVA, J. A.; PEREIRA, M. B.; LIMA, R. S. Análise de Desempenho de Algoritmos para Otimização em Redes de Computadores. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 2, p. 87-92, jul./dez. 2019. ISSN 1982-6753.

SILVA, J. da; OLIVEIRA, M. de. **Análise dos impactos socioeconômicos da gestão de resíduos sólidos em áreas urbanas**. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 15, n. 2, p. 45-59, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/BwXQwk478wb4XNHmQGs64kL/?lang=pt>.

SILVA JÚNIOR, C. G. da; VIEIRA, Z. C.; SANTOS, E. M. C. dos; BARROS, W. L. dos S.; HUSSAIN, A. L. M. **Correlação entre a geração de resíduos, população e PIB das cidades sergipanas**. *Revista Interdisciplinar de Meio Ambiente - RIMA*, v. 6, n. 1, 2024. DOI: 10.52664/rima.v6.n1.2024.e230. Disponível em: <https://caroa.org.br/revista/index.php/rima/article/view/221/223>.

SILVA, K. A.; LIMA, V. L. **Análise da correlação entre indicadores socioeconômicos e a geração de resíduos sólidos urbanos: um estudo em cidades brasileiras**. *Brazilian Applied Science Review*, v. 4, n. 3, p. 27-43, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/6162/5479>. Acesso em: 12 dez. 2023.

SILVA, H.; BARBIERI, A. F.; MONTE-MÓR, R. L. Demografia do consumo urbano: um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Estatística Populacional**, 29(2), 2012, 421-449.

SILVA, R. C. P.; GONÇALVES, D. R.; SILVA, P. H. N.; CAMPOS, J. G. Setorização de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares por técnicas multivariadas: estudo de caso da cidade do Recife, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 6, p. 821-832, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415>.

SILVA, R. C. P.; COSTA, A. R. S.; EL-DEIR, S. G.; JUCÁ, J. F. T. Correlação entre indicadores de resíduos sólidos domiciliares em Recife, Brasil. **Revista AIDIS de engenharia y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 13, n. 3, 2020, p. 1048–1068. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.3.69494.

SOUSA, A.N. **Indicadores socioeconômicos, geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina-PI: uma contribuição para gestão municipal**.

Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE, 2018.

VALE S.A. S11D: maior projeto de minério de ferro da história da Vale. 2016. Disponível em: [https://www.vale.com/documents/44618/2699492/Sala de Imprensa -Mineracao-S11D maior projeto de min%C3%A9rio de ferro da hist%C3%B3ria da Vale ID%3D1718.pdf/12152da0-3d8c-c385-e26a-936cd9ea3466?version=1.0&t=1672688403498&download=true](https://www.vale.com/documents/44618/2699492/Sala_de_Imprensa_Minerao-S11D_maior_projeto_de_min%C3%A9rio_de_ferro_da_hist%C3%B3ria_da_Vale_ID%3D1718.pdf/12152da0-3d8c-c385-e26a-936cd9ea3466?version=1.0&t=1672688403498&download=true). Acesso em: 25 jun. 2024

VIEIRA, V. H. A. de M.; MATHEUS, D. R. O impacto de fatores socioeconômicos na geração de resíduos sólidos urbanos em São Paulo, Brasil. **Gestão e Pesquisa de Resíduos**, v. 36, n. 1, p. 79-85, 2018. DOI: 10.1177/0734242X17744039. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X17744039>. Acesso em: 22 mar. 2024.