

## O PAPEL DA RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS NA TRANSIÇÃO PARA A ECONOMIA CIRCULAR

**MARIA DA CONCEIÇÃO LEAL CARVALHO RODRIGUES**  
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR

**FERNANDO LUIZ EMERENCIANO VIANA**

**SUELY PORTELA CAVALCANTE FERREIRA GOMES**  
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR

**FRANCISCO JACKES ARAUJO**  
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR

### **Introdução**

Para que o sistema da economia circular funcione, é necessário que todos os envolvidos no ciclo de vida de um produto entendam o seu papel nesse modelo e a influência das diversas variáveis no processo de recuperação de resíduos. Neste sentido, o presente estudo tem por objetivo identificar quais variáveis influenciam o Índice de Recuperação de Resíduos (IRR) dos estados brasileiros. Destaca-se a importância das atividades de reutilização, reciclagem e recuperação energética no processo de gestão de resíduos sólidos urbanos.

### **Problema de Pesquisa e Objetivo**

Em virtude da velocidade com que os produtos se tornam obsoletos, a disposição do lixo urbano tem se tornado um problema urgente. Esse contexto faz surgir a necessidade de aumentar o Índice de Recuperação de Resíduos (IRR). Diante disso, a pesquisa levanta a seguinte questão: quais variáveis influenciam positivamente o IRR dos estados brasileiros? O objetivo é identificar quais variáveis independentes, dentre as escolhidas para o estudo, influenciam o Índice de Recuperação de Resíduos.

### **Fundamentação Teórica**

Embora o conceito de economia circular não esteja expressamente contemplado no Plano Nacional Resíduos Sólidos (PNRS), a referida norma engloba seus princípios: reciclagem, redução, reutilização e reclassificação (GHISELLINI, CIALANI, ULGIATI, 2016). A economia circular visa, entre outros aspectos, minimizar os danos e impactos ambientais, sociais e econômicos dos resíduos sólidos, bem como minimizar os próprios resíduos. Portanto, governos e empresas podem aplicar conceitos na gestão integrada de resíduos sólidos (SILVA DE SOUZA LIMA, MANCINI, 2017).

### **Metodologia**

A análise dos dados foi efetuada com uso do software SPSS, a fim de determinar a correlação não paramétrica de Spearman entre a variável dependente (Índice de Recuperação de Resíduos dos estados) e variáveis independentes (número de municípios com existência de taxa/tarifa de cobrança de manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, custo total de manejo por habitante, cobertura da coleta seletiva, quantidade de catadores e número de municípios com coleta seletiva).

### **Análise dos Resultados**

Os achados revelam a influência das variáveis escolhidas para o estudo no processo de recuperação de resíduos, importante etapa na construção de uma economia de modelo circular, bem como contribuem com informações para os diversos agentes envolvidos, como formuladores de políticas públicas e organizações diversas. As variáveis: municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS (coeficiente de correlação 0,592), cobertura de coleta seletiva (coeficiente de correlação 0,605) e taxa de cobrança (coeficiente de correlação 0,654) apresentam correlação de Spearman em nível moderado.

### **Conclusão**

Alguns aspectos da PNRS podem contribuir para a economia circular na gestão de resíduos sólidos, identificou-se as variáveis que influenciam o Índice de Recuperação de Resíduos (IRR) dos estados brasileiros. Conclui-se que o planejamento dos municípios através de um plano de gestão segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a cobrança de taxas para manuseio de gestão dos resíduos sólidos e a cobertura de coleta seletiva são fatores que influenciam positivamente de forma moderada o Índice de Recuperação de Resíduos.

### **Referências Bibliográficas**

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. GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 114, p. 11-32, 2016. SILVA DE SOUZA LIMA, Nathalia; MANCINI, Sandro Donnini. Integration of informal recycling sector in Brazil and the case of Sorocaba City. *Waste Management & Research*, v. 35, n. 7, p. 721-729, 2017.

### **Palavras Chave**

Economia Circular, Recuperação de Resíduos, Gestão de Resíduos Sólidos

# O PAPEL DA RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS NA TRANSIÇÃO PARA A ECONOMIA CIRCULAR

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, ocorrida ainda no século 18, predomina na economia mundial o chamado modelo de produção ou economia linear. Na economia linear a conversão de recursos naturais em resíduos ocorre através da extração de matéria prima do ambiente, manufatura e posterior descarte dos resíduos gerados nesse processo (LACY; RUTQVIST, 2015). Essa lógica do modelo linear leva à deterioração do meio ambiente de duas maneiras: pela remoção do capital natural do meio ambiente (através da mineração/colheita insustentável) e pela redução do valor do capital natural causada pela poluição causada pelo desperdício.

Por outro lado, consumidores em todo o mundo têm desenvolvido, nas últimas décadas, uma nova consciência quanto ao consumo de produtos e serviços que prezam pela redução do impacto ambiental e da poluição, pela manutenção dos recursos naturais, e pelo respeito às melhores condições de trabalho e de saúde da população do planeta e das próximas gerações (LÉON-BRAVO; CANIATO, 2017). Em função disso, as empresas têm se adaptado às novas exigências, através do desenvolvimento de mecanismos em seus processos produtivos, bem como em suas relações comerciais, mais alinhados às dimensões econômica, ambiental e social da sustentabilidade. Paralelamente ações individuais ou coletivas executadas em diferentes países têm desenvolvido instrumentos regulatórios e acordos, visando buscar soluções para problemas que são consequências dessa lógica da economia linear.

Assim, como resposta às regulamentações de mudanças climáticas, ao aumento dos custos de aquisição de matérias-primas e ao impacto ambiental dos processos de descarte, na última década as organizações implementaram sistemas de produção e cadeia de suprimentos para prolongar o ciclo de vida de produtos, subprodutos e resíduos úteis (LOVINS; BRAUNGART, 2014), buscando fomentar princípios e práticas da Economia Circular (EC).

A economia circular visa, entre outros aspectos, minimizar os danos e impactos ambientais, sociais e econômicos dos resíduos sólidos, bem como reduzir os próprios resíduos (XOCAIRA PAES *et al.*, 2018). Esse conceito é aplicável tanto por governos como por empresas na gestão integrada desses resíduos (SILVA DE SOUZA LIMA; MANCINI, 2017).

Países em desenvolvimento, como o Brasil, podem se beneficiar da utilização de princípios da economia circular na gestão de resíduos sólidos. As particularidades dos estados brasileiros funcionam como desafios e oportunidades para difundir as práticas de economia circular em todo o país (MANCINI, 2021). As principais variáveis consideradas nos cálculos do Índice de Recuperação de Resíduos (IRR) são: recuperação, reciclagem e recuperação energética. De acordo com Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016), elas se relacionam diretamente aos princípios da economia circular e são inerentes à gestão de resíduos.

No Brasil, a lei federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece princípios e objetivos, proporcionando um marco para a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil (BRASIL, 2010). No presente artigo, são abordados alguns aspectos da PNRS que podem contribuir para a economia circular na gestão de resíduos sólidos, com objetivo identificar quais variáveis influenciam o Índice de Recuperação de Resíduos (IRR) dos estados brasileiros.

Os achados revelam a influência das variáveis escolhidas para o estudo no processo de recuperação de resíduos, importante etapa na construção de uma economia de modelo circular, bem como contribuem com informações para os diversos agentes envolvidos, como formuladores de políticas públicas e organizações diversas.

## 2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

O atual modelo de produção e hábitos de consumo da população global é insustentável. Os impactos ambientais dele decorrentes prejudicam a economia e a saúde da população, principalmente da parcela mais vulnerável da sociedade (PEIXOTO *et al.*, 2019). Em virtude da velocidade com que os produtos se tornam obsoletos, a disposição do lixo urbano tem se tornado um problema urgente, fazendo-se necessário repensar os sistemas econômicos. Como resposta às novas exigências, as organizações vêm implementando sistemas de produção para prolongar o ciclo de vida de produtos, subprodutos e resíduos úteis, lógica de produção da chamada economia circular (VIANA, 2021). O sistema de economia circular pode ser considerado uma alternativa para a manutenção da sustentabilidade da vida humana na Terra, devido ao reaproveitamento de materiais e energia, reduzindo, assim, o impacto ambiental causado pelas operações produtivas (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Para compreender como a economia circular pode ser implementada, é preciso destacar alguns dos seus princípios: a recuperação, reciclagem e recuperação energética (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Essas são as principais variáveis consideradas nos cálculos do Índice de Recuperação de Resíduos. Tendo em vista a necessidade de aumentar esse índice, pergunta-se: quais as variáveis influenciam positivamente o IRR dos estados brasileiros? Assim sendo, o objetivo do artigo é identificar quais variáveis (independentes) influenciam o Índice de Recuperação de Resíduos (variável dependente), considerando o leque de variáveis selecionadas para a análise.

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente o mercado consumidor assume um novo papel nas relações comerciais. O modelo econômico de “extrair, transformar e descartar” empregado hoje, exige a utilização de grandes quantidades de matéria-prima e energia, ocasionando, além da escassez de insumos, a dificuldade em obter grandes quantidades de materiais de baixo custo e de fácil acesso (EMF, 2012).

Esse novo modelo econômico surge da junção de vários precedentes, incluindo a teoria geral dos sistemas (VON BERTANLAFFY, 1968), a Ecologia Industrial (EHRENFELD, 2012) e o *Cradle to Cradle* (BRAUNGART; MCDONOUGH; BOLLINGER, 2007), entre outros.

Geissdoerfer et al. (2017) definem a EC como um sistema regenerativo no qual a entrada de recursos e o vazamento de resíduos, emissões e energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento de materiais e circuitos de energia. Isso pode ser alcançado por meio de projeto, manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, reforma e reciclagem de longa duração.

A EC tem como objetivo equilibrar o consumo dos recursos finitos da terra, por meio da otimização do uso destes, gerando assim crescimento, criando mais e novos postos de empregos e reduzindo os impactos ambientais. Nessa lógica há um pensamento sistêmico de como as empresas, pessoas ou plantas estão ligados uns aos outros (EMF, 2012). Nesse contexto, EMF (2012) apresenta os princípios dos 3Rs (redução, reuso e reciclagem) como essenciais para a implementação da EC.

De acordo com Viana (2021), os chamados 3Rs possuem um papel essencial em uma Economia Circular. Essas iniciativas dos 3Rs geralmente estão presentes nos processos de gestão de resíduos sólidos, o que deixa claro que a gestão de resíduos constitui um importante “subconjunto” dos modelos circulares de produção. Como tal, entende-se que uma gestão de resíduos eficiente e eficaz representa uma condição necessária para a migração do modelo linear para o modelo circular e, em regiões que estão iniciando o caminho em direção à EC, pode representar o primeiro passo.

Os principais objetivos da gestão de resíduos são: (1) proteger os seres humanos e o meio ambiente; e (2) economizar recursos. Sob os princípios da sustentabilidade, esses objetivos, que se aplicam em todo o mundo a qualquer economia, devem ser alcançados de uma maneira que não prejudique o bem-estar das gerações atuais e futuras. Assim, a prática de gestão de resíduos não deve exportar problemas relacionados a resíduos no espaço ou no tempo, exigindo, por exemplo, capacidades de tratamento adequadas e aterros sanitários que não necessitem de grandes manutenções posteriores (BRUNNER; FELLNER, 2007).

Os principais *stakeholders* reconhecidos como importantes para o desempenho dos sistemas de gestão de resíduos incluem as autoridades locais, alguns ministérios do governo central e empreiteiros privados que prestam serviços, sendo os governos diferentes níveis (nacional e local) reconhecidos com muito relevantes, pois são aqueles que estabelecem políticas para a implantação dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos (GUERRERO; MAAS; HOGLAND, 2013). Além destes, destacam-se também os usuários dos serviços (cidadãos, empresas de diferentes setores), empresas de reciclagem, catadores, entre outros. A existência de uma estrutura legal com aplicação efetiva das regras facilita o planejamento e a efetiva execução de todas as atividades inerentes ao um sistema de gestão de resíduos.

Em termos de estrutura legal no Brasil, a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), inaugurou a gestão de resíduos sólidos, até então normatizada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2010). A Política exerce papel preponderante no processo de logística reversa, elemento fundamental para a economia circular, que se refere ao retorno de produtos e embalagens pós-consumo ao processo produtivo como matéria-prima secundária (SOUZA; PAULA; SOUZA PINTO, 2012).

No artigo 1º, a lei nº 12.305/2010 delinea seu objetivo como sendo a instituição da política dos resíduos sólidos, dispõe sobre os princípios, objetivos e diretrizes relativas à gestão desses resíduos, bem como deixa claro que são destinatários da norma as pessoas físicas ou jurídicas de direito público e privado, responsáveis direta ou indiretamente pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações à gestão integrada ou ao gerenciamento dos mesmos (BRASIL, 2010).

Nos incisos de seu art. 3º, a PNRS traz conceitos importantes para a compreensão do objeto deste trabalho e, em especial, da economia circular no âmbito desta lei. Dentre as várias definições apresentadas, o ciclo de vida do produto, a responsabilidade compartilhada, o gerenciamento de resíduos sólidos, a coleta seletiva, a destinação final ambientalmente adequada, a reciclagem e a reutilização são os que diretamente aqui interessam, vez que emprestam fundamento ao presente estudo. Embora o conceito de economia circular não esteja expressamente contemplado no Plano Nacional Resíduos Sólidos, a referida norma engloba seus princípios: reciclagem, redução, reutilização e reclassificação (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Ainda sob a égide do art. 8º, inciso IV, o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis é um aspecto que deve ser considerado, vez que diretamente ligados aos princípios norteadores da economia circular.

Para sua operacionalização, o art. 8º da PNRS traz alguns instrumentos, dos quais destacam-se os Planos de Resíduos Sólidos e o Sistema Nacional de Resíduos Sólidos (SINIR). A classificação dos Planos de Resíduos Sólidos em nível nacional, estadual e municipal é contemplada pelo art. 14, enquanto seus conteúdos são regulamentados nos artigos 15, 16, 17 e 18. Destaque-se, em relação ao Plano Municipal, que a lei fixa a sua elaboração como condição de acesso aos recursos da União, o que funciona como uma política de incentivo à gestão do Resíduo Sólido Urbano (BRASIL, 2010).

O decreto nº 10.936/2022, que regulamenta a lei nº 12.305/2010, estabelece no §1º do seu art. 30 que a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos será garantida através de cobrança aos usuários. A participação dos

catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis é capítulo ímpar, enfatizando a implementação de políticas públicas direcionadas, conforme se verifica na leitura dos artigos 36, 37, 38 e 39 (BRASIL, 2010). A capacitação da mão de obra e das organizações de catadores, além da conscientização da população e da promoção da mudança de cultura do consumidor quanto à devolução dos resíduos, exerce papel social de destaque (COUTO; LANGE, 2017).

Para averiguar as principais variáveis que influenciam o IRR dos estados, utilizou-se dados coletados a partir do Sistema Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos, analisados através do método da correlação, conforme detalhado na seção de metodologia.

No Brasil, Guerrero, Mass e Hogland (2013) explicam que o volume de resíduos sólidos gerados no mundo por ano *per capita* é grande, e a preocupação com seu impacto ambiental e social tem pressionado os governos em prol da sustentabilidade. Mas, infelizmente, os sistemas de gestão de resíduos não vêm recebendo a mesma atenção no planejamento urbano quanto outros setores, como água e energia. Burntley (2007) atribui essa falta de atenção à desorganização, à ausência de recursos financeiros e à complexidade do sistema.

Guerrero, Mass e Hogland (2013) pontuam os fatores que influenciam o desempenho de sistemas de gestão de resíduos, com destaque para os financeiros, relacionados à falta de recursos e a disposição para pagar, os quais estão fortemente ligados às variáveis 2 e 3 (V2 e V3), conforme apresentado no Quadro 1 (ver seção de metodologia). Nos fatores institucionais, Guerrero, Mass e Hogland (2013) identificam a existência de planos estratégicos, gestão inadequada, suporte das autoridades municipais e baixa prioridade dos políticos para questões da gestão de resíduos. Esses fatores se relacionam à variável 1 (V1), referente ao número de municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS (Quadro 1).

A partir do exposto, enumeram-se as hipóteses consideradas para orientar a coleta e análise dos dados:

H1: quanto maior número de municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS, maior o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados;

H2: o número de municípios com existência de taxa/tarifa de cobrança de manejo de RSU influencia positivamente o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados;

H3: quanto maior o custo total de manejo por habitante, maior o Índice de Recuperação de Resíduos dos Estados;

H4: a cobertura da coleta seletiva influencia positivamente o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados;

H5: a quantidade de catadores influencia positivamente o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados;

H6: o número de municípios com coleta seletiva influencia positivamente o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados.

### 3. METODOLOGIA

Segundo os critérios de classificação de pesquisa propostos por Vergara (2000), a presente pesquisa classifica-se como pesquisa descritiva, pois expõe as características de determinada população ou fenômeno, estabelece correlações entre variáveis e define sua natureza e a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados (GIL, 1999).

Os dados coletados são dados secundários (COOPER; SCHINDLER, 2003), cuja fonte para a coleta foi o Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR. As variáveis foram escolhidas considerando a relação com as referências de Economia Circular, a forma de apresentação e disponibilidade dos dados no Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos. O ano de referência dos dados utilizados foi o de 2019 e foram considerados os dados dos estados declarantes no SINIR com seus respectivos municípios

declarantes. Considerou-se itens relacionados à autossuficiência financeira da limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, planejamento de gestão de resíduos sólidos e outras variáveis diretamente relacionadas aos resíduos sólidos urbanos.

Assim sendo, as variáveis independentes consideradas (V1, V2, V3, V4, V5 e V6) foram coletadas diretamente do SINIR, as quais são apresentadas no Quadro 1, relacionadas com princípios da EC.

**Quadro 1 – Variáveis Independentes da Pesquisa**

Variável	Base Legal	Base teórica	Base de Dados	Princípios da EC
V1: Número de municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS	PNRS*	Burntley (2013) Guerrero, Maas e Hogland (2013).	SINIR**	Reciclagem, Redução, Reutilização Reclassificação e Renovação
V2: Percentual de existência de municípios com taxa/tarifa de cobrança de manejo de RSU	PNRS*	Guerrero, Maas e Hogland (2013)	SINIR**	Redução, Reutilização e Reciclagem
V3: Custo total de manejo por habitante em reais	PNRS*	Guerrero, Maas e Hogland (2013)	SINIR**	Redução, Reutilização e Reciclagem
V4: Cobertura da coleta seletiva	PNRS*	Guerrero, Maas e Hogland (2013)	SINIR**	Reciclagem e Reclassificação
V5: Quantidade de Catadores por estado	PNRS*	Guerrero, Maas e Hogland (2013)	SINIR**	Reciclagem
V6: Taxa de aproveitamento do material da coleta seletiva	PNRS*	Guerrero, Maas e Hogland (2013)	SINIR**	Reciclagem e Reclassificação

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Notas: \*PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

\*\*SINIR: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

Para obter o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados, que é a variável dependente, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$IRR = \frac{\text{reutilização} + \text{reciclagem} + \text{recuperação energética}}{\text{Geração de resíduos sólidos urbanos}}$$

**Figura 1 - Fórmula para obter o IRR**

Fonte: Sistema Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (2022)

Os dados referentes ao Índice Nacional de Recuperação de Resíduos-IRR já aparecem calculados no Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos. A análise dos demais dados foi efetuada com uso do software SSPS, a fim de determinar a correlação não paramétrica de Spearman entre a variável dependente e variáveis independentes. O coeficiente de Spearman é a mais antiga estatística baseada em postos Siegel (1975) e pode ser utilizado para estimar inferências através de testes de hipóteses (ZAR, 1999).

O coeficiente de correlação de postos (Spearman) é dado por:

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

**Figura 2 - Fórmula para obter o Coeficiente de Spearman**

Fonte: Siegel (1975)

O valor máximo para o coeficiente de correlação de *Spearman* é 1 ( $r_s = 1$ ). A partir da análise dos dados foi possível confirmar ou não as hipóteses estabelecidas na seção 2, o que será apresentado e discutido no tópico seguinte.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para testar as hipóteses, primeiro realizou-se cálculos de estatística descritiva de todas as variáveis independentes e da variável dependente – Índice de Recuperação de Resíduos dos 27 estados brasileiros, conforme apresentado na Tabela 1, a seguir:

**Tabela 1 - Estatísticas Descritivas**

	Média	Erro Desvio	N
<b>V Dependente</b> Índice de Recuperação de Resíduos	3,15	1,09	27
<b>V1</b> Municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS	39,24	23,88	27
<b>V2</b> Taxa de cobrança	32,63	31,18	27
<b>V3</b> Custo total de manejo por habitante	114,22	47,06	27
<b>V4</b> Cobertura da Coleta seletiva	31,97	27,93	27
<b>V5</b> Quantidade de Catadores	983,52	1497,21	27
<b>V6</b> Taxa de aproveitamento do material da coleta seletiva	61,08	25,30	27

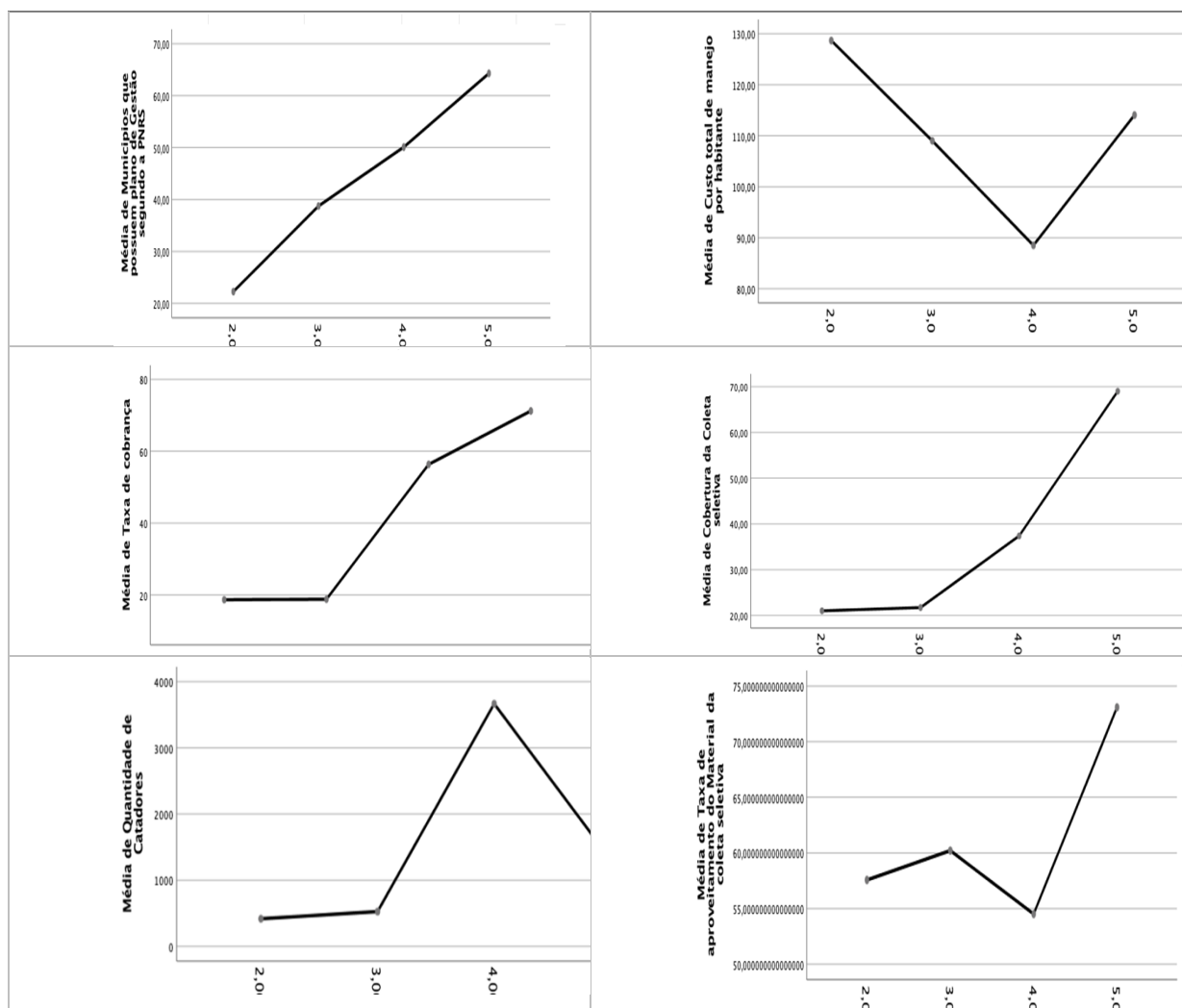
Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Os dados relacionados aos municípios que possuem plano de gestão de resíduos são apresentados em termos percentuais. Observou-se que, em média, 39% dos municípios possuem esses planos. Os municípios que possuem taxa de cobrança para manuseio dos resíduos sólidos giram em torno de 32,62%. Os dados relacionados ao custo total de manejo por habitante são apresentados em R\$ e a média mostra que o valor gasto pelos municípios se situa próximo de R\$ 114,00. A cobertura da coleta seletiva é apresentada em percentual e revela que 31,97% dos municípios têm esse tipo de cobertura. A quantidade média de catadores é de 983,51, porém o valor é muito discrepante, conforme se verifica pelo desvio padrão, que é maior que a própria média. A média da taxa de aproveitamento do material da coleta seletiva é próxima de 61%.

Para o teste de significância,  $p > 0,05$  indica um resultado não significativo. Caso  $p$  assumira valores abaixo desse patamar ( $p < 0,05$ ), o limiar do valor de probabilidade abaixo do qual a hipótese nula é rejeitada é 5% ( $p = 0,05$ ) (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). Para a correlação da V1: municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS, observou-se um valor de  $p = 0,001$ , indicando que a hipótese pode ser aceita. Na V2: custo total de manejo por habitante, observou-se valor de  $p = 0,961$ , o que, somado ao coeficiente de correlação de  $-0,010$ , indica que não se pode considerar a existência de correlação.

Para todas as outras correlações, observa-se que a correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades), com exceção da correlação referente à quantidade de catadores, cuja correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). A taxa de aproveitamento do material da coleta seletiva apresenta  $\text{sig} = ,734$  e coeficiente de correlação de  $0,069$ , indicando que não se pode considerar a existência de correlação.

No que diz respeito às correlações entre as variáveis independentes e a variável dependente, os gráficos da Figura 3 mostram as correlações das variáveis com o IRR, considerando as 27 observações.



**Figura 3** - Gráficos de correlação de médias de variáveis com IRR  
 Fonte: elaborado pelos autores com os dados da pesquisa (2022).

Os testes de correlação apresentam coeficientes individualizados, o que demanda uma interpretação própria. De uma forma geral, para os coeficientes  $\rho$  de *Spearman*, valores entre 0 e 0,3 (ou 0 e -0,3) são desprezíveis; entre 0,31 e 0,5 (ou -0,31 e -0,5) são correlações fracas; entre 0,51 e 0,7 (ou -0,51 e -0,7) são moderadas; entre 0,71 e 0,9 (ou -0,71 e 0,9) são correlações fortes; e  $> 0,9$  (ou  $< -0,9$ ) são consideradas muito fortes (MUKAKA, 2012). Em função disso, apresenta-se na Tabela 2 os resultados dos testes de hipóteses.

**Tabela 2 - Resultados dos testes de hipóteses**

Hipóteses	N	Coefficiente de Correlação	Sig.(2 extremidades)	Resultado
H1- Municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS ->IRR	27	<b>0,592 (Moderada)</b>	0,001	Aceita
H2- Municípios com taxa/tarifa ->IRR		<b>0,654 (Moderada)</b>	0,000	Aceita
H3-Custo manejo por habitante ->IRR		-0,010 (desprezível)	0,961	Rejeitada
H4-Cobertura de coleta seletiva->IRR		<b>0,605 (Moderada)</b>	0,001	Aceita
H5- Quantidade de catadores->IRR		0,462 (Fraca)	0,015	Rejeitada



H6- Aproveitamento da coleta seletiva ->IRR		0,069 (desprezível)	0,734	Rejeitada
---	--	---------------------	-------	-----------

Fonte: elaborado pelos autores com os dados da pesquisa (2022).

Assim sendo, as seguintes hipóteses podem ser aceitas:

- H1: quanto maior número de municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS, maior o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados ( $p=0,001$ );
- H2: o número de municípios com existência de taxa/tarifa de cobrança de manejo de RSU influencia positivamente o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados ( $p=0,000$ );
- H5: o número de municípios com coleta seletiva influencia positivamente o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados ( $\text{sig } 0,001$ ).

Por outro lado, não é possível aceitar as seguintes hipóteses:

- H3: quanto maior o custo total de manejo por habitante maior o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados ( $p=0,961$ );
- H4: a quantidade de catadores influencia positivamente o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados ( $p=0,015$ );
- H6: a taxa de aproveitamento do material da coleta seletiva influencia positivamente o Índice de Recuperação de Resíduos dos estados ( $p=0,734$ );

## 5. CONCLUSÃO

O presente estudo teve por objetivo identificar quais variáveis influenciam o Índice de Recuperação de Resíduos (IRR) dos estados brasileiros, utilizando-se a correlação não paramétrica de *Spearman*. Os achados revelam que as variáveis “municípios que possuem plano de gestão segundo a PNRS” (coeficiente de correlação 0,592), “cobertura de coleta seletiva” (coeficiente de correlação 0,605) e “taxa de cobrança” (coeficiente de correlação 0,654) apresentam correlação de *Spearman* em nível moderado com o Índice de Recuperação de Resíduos (IRR) dos estados brasileiros, considerando que, de acordo com Mukaka (2012), as correlações entre 0,51 e 0,7 (ou -0,51 e -0,7) são moderadas.

A variável “quantidade de catadores”, quando correlacionada com o IRR, apresenta uma correlação fraca (coeficiente de correlação 0,462) e apresentou um alto valor para erro de desvio (1497,21). As variáveis “custo total de manejo por habitante” (coeficiente de correlação 0,069) e “taxa de aproveitamento do material da coleta seletiva” (coeficiente de correlação -0,010) apresentam valores entre 0 e 0,3 (ou 0 e -0,3), ou seja, são desprezíveis.

Pela leitura geral dos achados, conclui-se que o planejamento dos municípios através de um plano de gestão segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a cobrança de taxas para manuseio de gestão dos resíduos sólidos e a cobertura de coleta seletiva podem ser considerados fatores que influenciam positivamente de forma moderada o Índice de Recuperação de Resíduos, e que, apesar da ausência expressa, o conceito de economia circular encontra-se implícito no conteúdo da PNRS.

Para trabalhos futuros, sugere-se incluir novas variáveis e realização do estudo por municípios para que o número de dados (N) seja superior a 100 e passível de ter as hipóteses avaliadas através de teste de regressão linear.

## REFERÊNCIAS

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.

- BRAUNGART, M.; McDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 1337-1348, 2007.
- BRUNNER, P. H.; FELLNER, J. Setting priorities for waste management strategies in developing countries. **Waste Management & Research**, n. 25, p. 234-240, 2007.
- BURNLEY, Stephen J. A review of municipal solid waste composition in the United Kingdom. **Waste management**, v. 27, n. 10, p. 1274-1285, 2007.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 889-898, 2017.
- EHRENFELD, J. Industrial ecology: a new field or only a metaphor? **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 825-831, 2012.
- GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The Circular Economy: A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017.
- GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11-32, 2016.
- GUERRERO, L. A.; MASS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 220-232, 2013.doi: 10.1016/j.wasman.2012.09.008.
- LACY, P.; RUTQVIST, J. **Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage**. Palgrave Macmillan: UK, 2015.
- LÉON-BRAVO, V.; CANIATO, F. Sustainability assessment in the fresh fruit and vegetables supply chain. In: 24<sup>th</sup> European Operations Management Association International Conference, 2017, Edinburg, Scotland. **24<sup>th</sup> EurOMA Conference Proceedings**. Brussels: EurOMA, 2017.
- LOVINS, A.; BRAUNGART, M. **A New Dynamic - Effective Business in a Circular Economy**. 2 ed. Cowes, Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation Publishing, 2014.
- MANCINI, Sandro Donnini et al. Circular economy and solid waste management: challenges and opportunities in Brazil. **Circular Economy and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 261-282, 2021.
- MUKAKA, Mavuto M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
- PEIXOTO, *et al.* A logística reversa no Brasil: responsabilidade ambiental e a perspectiva econômica. In: Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe (SIMPROD), XI, novembro, 2019. **Anais [...]**, p. 164 a 177. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12570/2/LogisticaReversaBrasil.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- SIEGEL, Sidney; CASTELLAN JR, N. John. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. Artmed Editora, 1975.
- SILVA DE SOUZA LIMA, Nathalia; MANCINI, Sandro Donnini. Integration of informal recycling sector in Brazil and the case of Sorocaba City. **Waste Management & Research**, v. 35, n. 7, p. 721-729, 2017.
- SINIR - Sistema Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://www.sinir.gov.br>. Acesso em 10 de julho de 2022.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva de; PAULA, Mabel Bastos de; SOUZA-PINTO, Helma de. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. **Revista de Administração de empresas**, v. 52, p. 246-262, 2012.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006.

VIANA, Fernando Luiz Emerenciano. Economia Circular e Gestão de Resíduos Sólidos: Perspectivas Para o Brasil e o Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 52, n. 1, p. 9-25, 2021.

VON BERTALANFFY, L. **General System Theory**. New York: G. Braziller Publishing, 1968.

XOCAIRA PAES, Michel et al. Life cycle assessment as a diagnostic and planning tool for waste management—a case study in a Brazilian municipality. **The Journal of Solid Waste Technology and Management**, v. 44, n. 3, p. 259-269, 2018.

ZAR, Jerrold H. **Biostatistical analysis**. Pearson Education India, 1999.