



CORRELAÇÃO ENTRE PERCENTUAL DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS E INDICADORES SOCIOECONÔMICOS EM MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

Alice Borges Maestri⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Édina Thomé

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Dieter Wartchow

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Hidrologia e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Engenharia pela Universidade de Stuttgart.

Endereço⁽¹⁾: Rua Teixeira de Carvalho, 94 – Medianeira – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – CEP: 90880-300 – Brasil – Tel: +55 (51) 99805-0818 – e-mail: alice.maestri@ufrgs.br.

RESUMO

A composição gravimétrica de resíduos sólidos é essencial para identificação do melhor programa de gestão e gerenciamento dos resíduos no âmbito municipal, pois o mesmo será instituído a partir de dados representativos dos resíduos sólidos gerados. Entretanto, com base na análise de 177 Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) de municípios do Rio Grande do Sul, identificou-se que mais de 80% dos Planos não apresentam dados de composição gravimétrica. Neste contexto, o presente trabalho propõe estabelecer uma correlação entre o percentual de resíduos recicláveis e indicadores socioeconômicos, como forma alternativa de avaliação. Entre os indicadores correlacionados, a melhor correlação foi obtida com a renda domiciliar per capita, determinando um aumento no percentual de recicláveis conforme o aumento de renda. Também são perceptíveis variações no percentual de recicláveis em determinados municípios devido à ação de catadores e cooperativas. Todavia, correlacionar dados de composição gravimétrica de resíduos sólidos com indicadores sociais pode não refletir o real cenário dos municípios, evidenciando a importância da realização da caracterização de resíduos de forma representativa e seguindo as normas existentes para a sua amostragem. Sobretudo quando são desenvolvidos instrumentos de planejamento estratégico, tais como o PGIRS.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, caracterização, composição gravimétrica, recicláveis.



INTRODUÇÃO

Em agosto de 2010, a lei nº 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos e definiu diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos, dentre as diversas exigências, podemos destacar a necessidade da elaboração dos planos municipais integrados de resíduos sólidos (PMIGRS). O artigo 19 da lei estabelece o conteúdo mínimo deste plano e em seu primeiro item destaca a necessidade do diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas.

A classificação de resíduos, segundo ABNT (2004), envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecida. As características dos resíduos, definidas pelo IBAM, se dividem em três grandes grupos sendo eles, as características físicas, químicas e biológicas. Das características físicas, destaca-se a geração per capita, que relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerados diariamente e o número de habitantes de determinada região, e a composição gravimétrica, que traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo analisado.

A composição gravimétrica é essencial para a tomada de decisão do melhor programa de gestão e gerenciamento dos resíduos no âmbito municipal. Por exemplo, se o município apresenta um alto teor de recicláveis, porém apresenta um contrato com uma empresa que recolhe os resíduos e direciona-os diretamente ao aterro, pode haver uma diminuição do custo de transporte e disposição final através da implantação de uma central de triagem municipal.

O PMIGRS e os Planos de Saneamento Básico que, de acordo com o Artigo 19 §1 podem conter o plano de resíduos integrado ao seu conteúdo caso o município apresente menos de 20.000 habitantes, são o momento de avaliar a gestão atual dos resíduos sólidos urbanos. Contudo, em nível estadual ou municipal não existem informações sobre a geração e a caracterização de resíduos sólidos de uma forma organizada e consolidada no Rio Grande do Sul. Alguns valores podem ser retirados de bibliografia, o Plano Estadual de Resíduos do Rio Grande do Sul relaciona a composição, segregando os resíduos em orgânicos, secos e rejeito, com faixas populacionais. Todavia, estes valores se tornam muito genéricos, não refletindo a realidade.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo estabelecer uma correlação entre a composição dos resíduos e dados socioeconômicos, que possibilite perspectivas mais reais auxiliando na tomada de decisão da gestão municipal.



MATERIAL E MÉTODOS

Para estabelecer a correlação, inicialmente, selecionou-se os municípios do Rio Grande do Sul com menos de 50.000 habitantes, visto que são a maioria: dos 496 municípios recenseados no Censo Demográfico (IBGE, 2010), 454 municípios apresentam menos de 50.000 habitantes. A partir de um levantamento realizado pelo Tribunal de contas do Estado (TCE), foi possível acessar, através do site, os Planos Municipais de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos elaborados até 2014. Foram analisados 177 Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) e destes, apenas 69 (39%) apresentavam caracterização dos resíduos, das quais apenas 20 municípios (29%) utilizaram a metodologia de composição gravimétrica.

Os indicadores socioeconômicos escolhidos foram a taxa de urbanização, o índice de desenvolvimento humano (IDH), o produto interno bruto (PIB) per capita, a renda domiciliar per capita e o índice de desenvolvimento socioeconômico (IDESE). Todas as informações foram retiradas do censo demográfico (IBGE, 2010), exceto o IDESE, cuja fonte é a Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser (FEE). A taxa de urbanização por sua vez, é definida pela divisão entre a população urbana e a população total do município.

Dos 20 municípios com composição gravimétrica, quatro fazem referência a utilização de dados de composição obtidos de forma secundária (em outros trabalhos) e não por conta da elaboração do PGIRS.

Foram também incluídos os municípios de Herval, Liberato Salzano, Maçambará, Santa Vitória do Palmar e Porto Lucena não apresentam planos disponibilizados no site do TCE visto que foram elaborados pela equipe da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, totalizando 25 municípios

Após definida a amostra, da totalidade de municípios que possuem caracterização, foram aleatoriamente escolhidos, 5 municípios para testar o modelo de regressão ajustado e, para os 20 municípios restantes, foram estabelecidas correlações entre o percentual de material recicláveis e os indicadores socioeconômicos.

RESULTADOS/DISCUSSÃO

A Tabela 6 apresenta os indicadores dos 25 municípios selecionados para compor as correlações a serem estabelecidas. Destes, os municípios de Lagoão, São Sepé, São Francisco de Assis, Júlio de Castilho e Pedras Altas foram selecionados para a verificação dos modelo estabelecido.



Tabela 6 – Identificação dos municípios que compõe a amostra do estudo.

Município	Recicláveis %	IDHM	Taxa de urbanização	Renda domiciliar per capita (R\$)	IDESE
Alto Feliz	45,34	0,734	0,280	802,20	0,709
Arroio dos Ratos	28,21	0,698	0,952	623,54	0,609
Barão do Triunfo	50,34	0,61	0,099	441,81	0,564
Butiá	33,60	0,689	0,947	590,45	0,623
Campina das Missões	34,70	0,738	0,358	615,85	0,707
Canela	49,00	0,748	0,913	787,78	0,679
Coxilha	37,83	0,706	0,615	596,90	0,689
Cristal	37,40	0,644	0,560	575,45	0,570
Cristal do Sul	23,88	0,660	0,329	430,67	0,603
Cruzaltense	40,50	0,719	0,228	723,18	0,723
Estrela	28,40	0,767	0,846	1002,78	0,775
Garibaldi	30,60	0,786	0,900	1355,37	0,825
Herval	43,86	0,687	0,669	752,24	0,583
Júlio de Castilhos	33,21	0,716	0,823	765,91	0,680
Lagoão	44,70	0,643	0,268	432,78	0,564
Liberato Salzano	21,87	0,685	0,224	551,91	0,641
Maçambará	18,30	0,684	0,277	499,71	0,676
Mato Leitão	39,53	0,746	0,419	708,43	0,756
Pedras Altas	29,58	0,640	0,880	449,20	0,623
Porto Lucena	16,00	0,693	0,431	621,82	0,674
Santa Vitória do Palmar	24,73	0,712	0,867	657,76	0,638
São Jerônimo	28,89	0,696	0,771	756,46	0,658
São Francisco de Assis	30,24	0,675	0,701	553,81	0,609
São Sepé	35,95	0,708	0,791	656,77	0,645
Tio Hugo	36,82	0,742	0,427	660,04	0,704



Primeiramente, os indicadores socioeconômicos escolhidos foram correlacionados com o percentual de resíduos recicláveis dos vinte municípios restantes, na tentativa de estabelecer um padrão entre os dados. As figuras 1 e 2 ilustram a dificuldade de estabelecer uma correlação entre os percentuais de recicláveis e o IDESE ou a taxa de urbanização, respectivamente. Nota-se que ambos indicadores apresentam uma grande dispersão de dados, não se correlacionando com o percentual de recicláveis.

Figura 1 - Correlação entre o percentual de recicláveis e o IDESE.

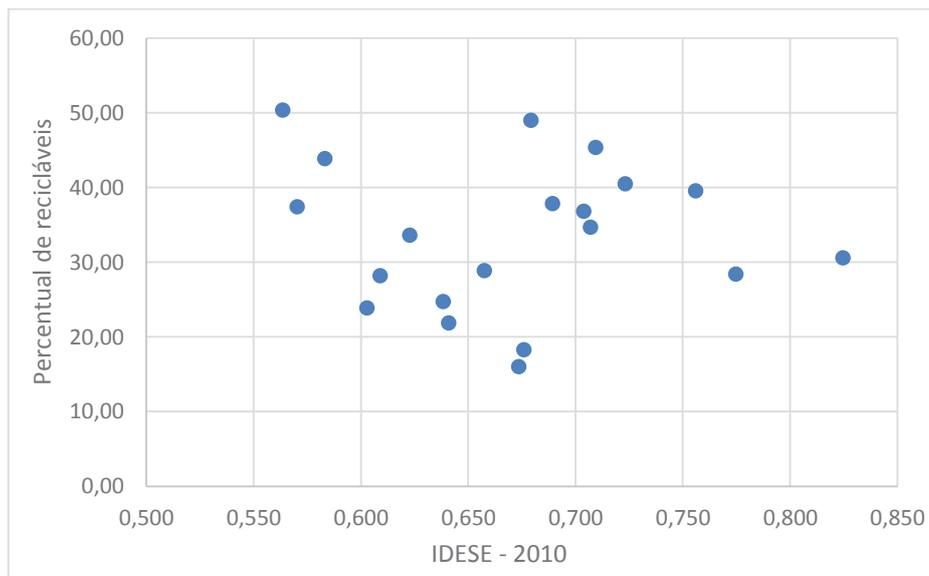
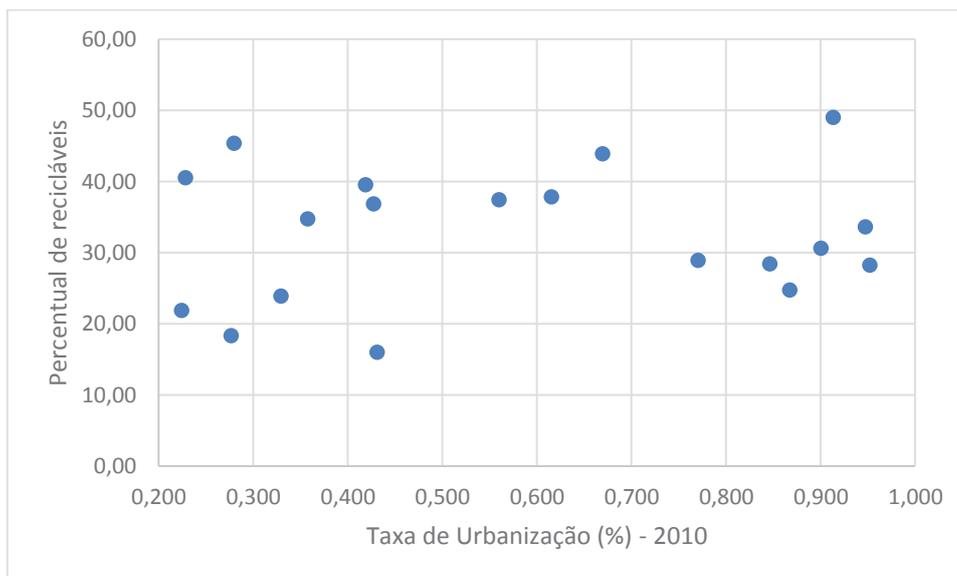


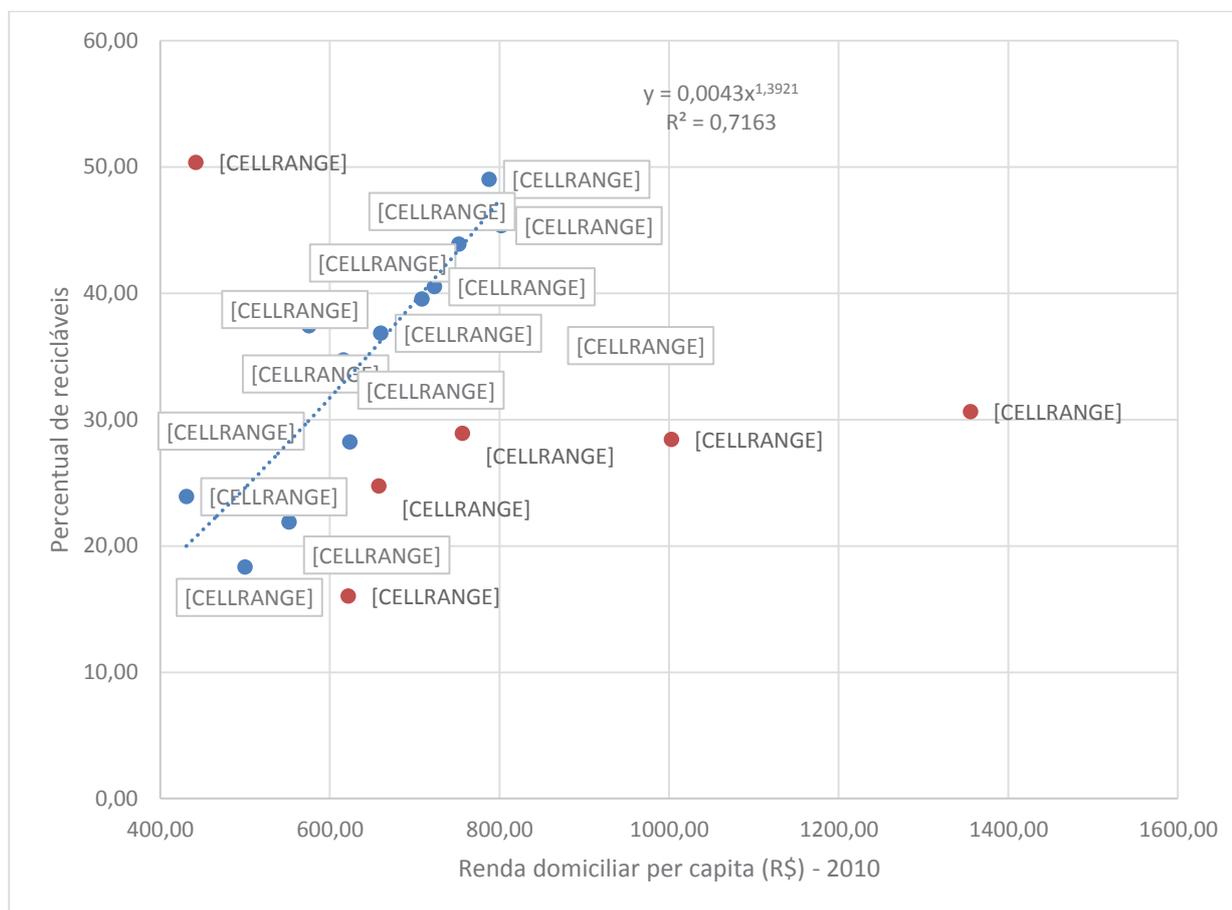
Figura 2 - Correlação entre o percentual de recicláveis e a taxa de urbanização.





De todas as correlações realizadas, o indicador que melhor traduziu o percentual de materiais recicláveis foi a renda domiciliar per capita, conforme a figura 3. Observou-se que os municípios (Garibaldi e Estrela), com uma renda domiciliar per capita aproximadamente maior que dois salários mínimos nacionais, equivalente ao ano de 2010, apresentaram um comportamento quanto a geração de recicláveis diferente do restante dos demais. O município de Barão do Triunfo também se destacou, apresentando um alto percentual de recicláveis, quando comparado com outros municípios de renda domiciliar per capita semelhante, o que poderia estar associado com a baixa taxa de urbanização (TU=0,099). Em vista destas particularidades, estes municípios foram retirados da análise de regressão.

Figura 3 – Correlação entre Percentual de Recicláveis e renda domiciliar per capita (Modelo Geral).



A linha de tendência, proveniente da plotagem em gráfico das informações dos municípios selecionados, que mais se adequou foi a do tipo potencial com a seguinte equação: $y = 0,0043x^{1,3921}$, onde y é o percentual de resíduos recicláveis (%) e x é a renda per capita (R\$). A tabela 2 apresenta, para os municípios de Lagoão, São Sepé, São Francisco de Assis, Júlio de Castilho e Pedras Altas, os valores de percentual de resíduos recicláveis, calculados a partir da



equação ajustada e o valor obtido a partir dos PGIRS (tabela 1), bem como as informações de renda domiciliar per capita destes municípios. Nota-se que os municípios que apresentavam indicadores compatíveis com os dos municípios empregados no ajuste, apresentaram baixo erro absoluto de previsão. Já o município de Júlio de Castilhos, por possuir uma renda per capita mais alta, e o município de Lagoão, por apresentar uma taxa de urbanização baixa (TU=0,268), apresentaram um erro maior.

Tabela 2 – Percentual de Recicláveis calculados (modelo geral).

Município	Renda domiciliar per capita	Percentual de resíduos recicláveis (%)		
		Real	Calculado	Erro absoluto
Júlio de Castilhos	765,91	33,21	44,52	0,340
Lagoão	432,78	44,7	20,11	-0,550
Pedras Altas	449,20	29,58	21,18	-0,284
São Francisco de Assis	553,81	30,24	28,35	-0,063
São Sepé	656,77	35,95	35,94	0,000

Procurando incluir na análise os municípios que foram descartados, bem como compreender as razões das dispersões encontradas, retornou-se à consulta aos planos de resíduos dos municípios, buscando outras informações. Foram levantadas as seguintes informações, apresentadas na tabela 3: qual a parcela de resíduos amostrada; se o município já implantou a coleta seletiva e se existem cooperativas e/ou catadores informais.

Quanto à parcela de resíduos amostrada, nota-se que 11 municípios tem a caracterização baseada na carga total, enquanto que nos demais ela é feita na carga da coleta seletiva (3) e nas cargas úmida e seca (3). A caracterização baseada na carga total de resíduos gerados no município, descarta a possibilidade do percentual de recicláveis estar atrelado a uma amostra oriunda de coletas de resíduos secos ou orgânicos; uma vez que este processo originaria dados não representativos da real composição dos resíduos sólidos gerados.

Quanto ao tipo de coleta, apenas 8 municípios apresentam coleta seletiva, sendo que nos restantes, ela é convencional. Também se percebe que apenas 9 municípios não possuem catadores informais ou cooperativas.

Tabela 3 – Informações relevantes do diagnóstico



Município	Parcela Amostrada	Apresenta coleta seletiva?	Possui catadores informais ou cooperativas
Alto Feliz	S.I. ⁽¹⁾	Sim	Não
Arroio dos Ratos	Carga Total	Não	Sim
Barão do Triunfo	Carga Total	Não	Não
Butiá	Carga Total	Não	Sim

Continuação da Tabela 3 – Informações relevantes do diagnóstico

Município	Parcela Amostrada	Apresenta coleta seletiva?	Possui catadores informais ou cooperativas
Campina das Missões	S.I. ⁽¹⁾	Sim	Não
Canela	Reciclável	Sim	Sim
Coxilha	Reciclável	Não	Não
Cristal	Carga Total	Não	Não
Cristal do Sul	S.I. ⁽¹⁾	Não	Não
Cruzaltense	Carga Total	Sim	Não
Estrela	Seco	Sim	Não
Garibaldi	Úmido e Seco	Sim	Sim
Herval	Carga Total	Não	Não
Liberato Salzano	Carga Total	Não	Sim
Maçambará	Carga Total	Não	Sim
Mato Leitão	Carga Total	Não	Sim
Porto Lucena	Úmido	Sim	Sim
Santa Vitória do Palmar	Carga Total	Sim	Sim
São Jerônimo	Carga Total	Não	Sim
Tio Hugo	S.I. ⁽¹⁾	Não	

⁽¹⁾S.I.: sem informação

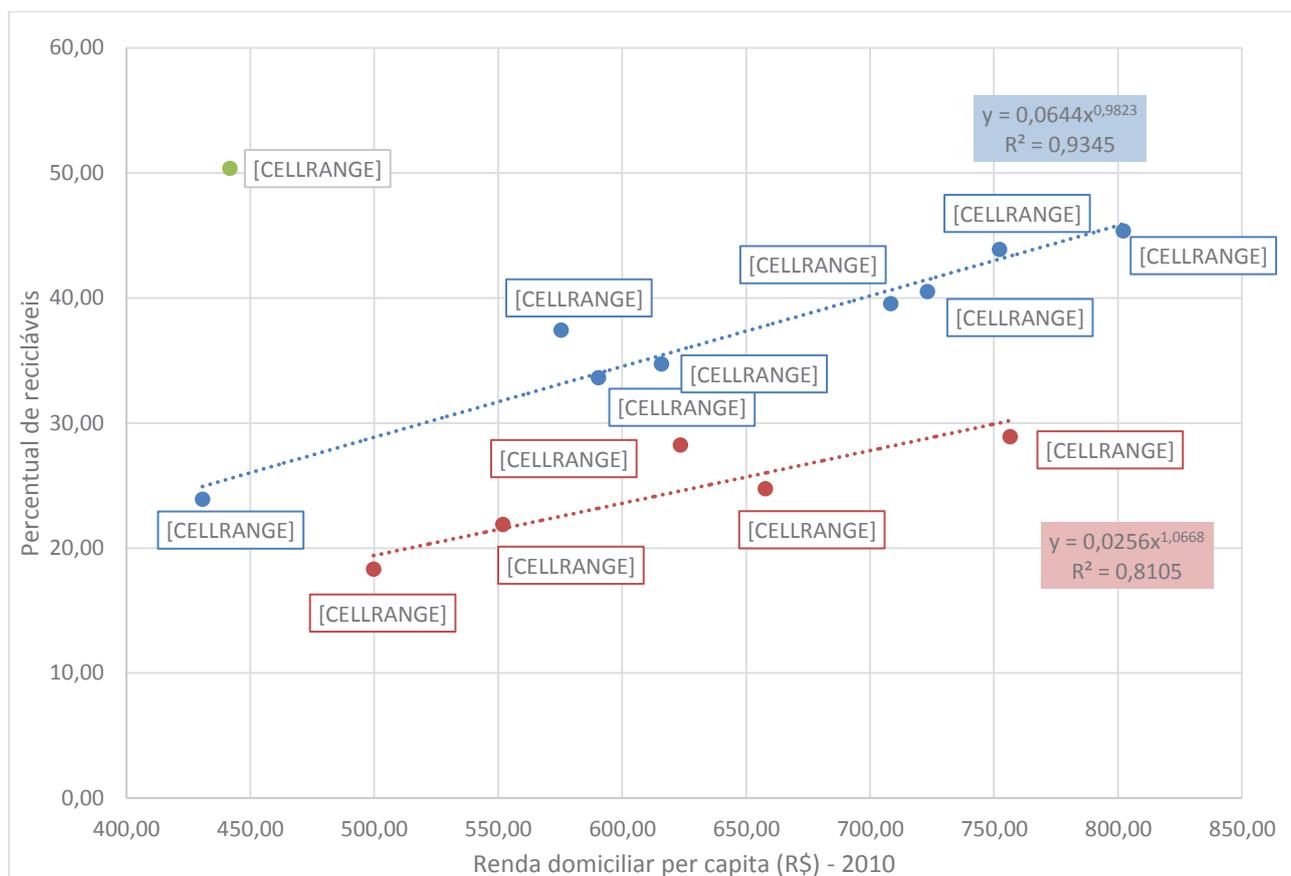
A correlação representada na figura 4 considera apenas os municípios que realizaram o processo de caracterização de resíduos a partir de cargas totais, ou seja, excluiu-se desta análise aqueles municípios onde a parcela amostrada fosse oriunda de coletas submetidas a uma segregação prévia. A relação entre o percentual de recicláveis e a renda per capita (figura 4) evidencia duas



linhas de tendência distintas em função da existência de catadores ou cooperativas. A linha de tendência, identificada pela cor azul, faz referência aos municípios que possuem maiores percentuais de recicláveis quando comparado aos municípios agrupados pela linha de tendência representada pela cor laranja. Este fato pode ser justificado pela ocorrência de cooperativas e catadores nos municípios de Maçambará, Santa Vitória do Palmar, Arroio dos Ratos, São Jerônimo e Estrela.

Neste contexto, foram ajustados dois modelos distintos: um para os municípios que não registraram a ação de catadores ou cooperativas: $y = 0,0644x^{0,9823}$ e outro para os municípios sem esta ação: $y = 0,0256x^{1,0668}$, onde y é o percentual de resíduos recicláveis (%) e x é a renda per capita (R\$). As equações geradas resultaram em coeficientes de determinação (R^2) de 0,9345 e 0,8105, respectivamente.

Figura 4- Correlação entre Percentual de Recicláveis e renda domiciliar per capita, considerando cargas de resíduos não segregadas e a existência ou não de catadores e cooperativas (Modelo discriminado).





A Tabela 4 apresenta os valores de percentual de resíduos recicláveis calculados com a aplicação dos modelos ajustados em função da existência ou não de catadores e cooperativas, para os municípios que compõem a amostra de verificação. Nota-se que os erros absolutos da estimativa para os municípios que não apresentam catadores ou cooperativas (Lagoão e Pedras Altas) foram similares aos encontrados com o modelo ajustado sem esta discriminação. apresentaram erros absolutos de previsão bem próximos. Por outro lado, no caso de município de Julio de Castilhos, que apresenta catadores/cooperativa, o erro relativo da estimativa foi bem menor que aquele obtido com o modelo geral. Contudo, no caso de São Sepé, o erro da estimativa foi bem maior.

Tabela 4 - Percentual de Recicláveis calculados a partir de nova correlação (modelo discriminado)

Município	Renda domicilia per capita (R\$)	Cooperativa/ Catadores	Percentual de resíduos recicláveis (%)		
			Real	Calculado	Erro absoluto
Julio de Castilhos	765,91	Sim	33,21	30,55	-0,080
Lagoão	432,78	Não	44,70	25,03	-0,440
Pedras Altas	449,20	Não	29,58	25,96	-0,122
São Francisco de Assis	553,81	-	30,24	31,89	0,055
São Sepé	656,77	Sim	35,25	25,93	-0,279

CONCLUSÃO

A partir dos resultados, foi possível concluir que encontrar uma correlação entre a composição gravimétrica dos resíduos e os indicadores sociais não é simples. A falta de dados de caracterização se tornou um fator limitante, pois muitos dos municípios utilizam metodologias não confiáveis para identificar os percentuais de resíduos recicláveis, fazendo com que a amostra utilizada para o estudo fosse reduzida.

Tentar correlacionar o percentual de resíduos recicláveis com apenas um indicador socioeconômico, reflete parcialmente a realidade do município e, por isso, ao elaborar os planos de resíduos sólidos, o município deve realizar a caracterização de forma representativa e seguindo as normas existentes para amostragem dos resíduos.

O modelo discriminado, que considera apenas a cargas de resíduos não segregadas e a existência ou não de catadores e cooperativas, mostrou-se ser o mais adequado para a representação da amostra. O coeficiente de correlação calculado foi de aproximadamente 90%, demonstrando a dependência, para a amostra, entre as variáveis escolhidas. Porém, visto que a



equação não abrange toda a amostra, esta não pode ser aplicada a todos os municípios de até 50.000 habitantes do Rio Grande do Sul.

Um fato a destacar é a ação dos catadores informais e das cooperativas que se mostrou relevante na diminuição do percentual de resíduos recicláveis. Tal atividade pode, caso o município faça parte de um consórcio em que valor pago mensalmente é reduzido pela receita da venda dos materiais recicláveis produzidos, inviabilizar a permanência no consórcio.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/acervo/legislacao>> Acesso em: 28/01/2018.

FEE (FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA SIEGFRIED EMANUEL HEUSER). **Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (Idese) dos municípios do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEE, 2015. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/indicadores/indice-de-desenvolvimento-socioeconomico/serie-historica-nova-metodologia/>>. Acesso em: 26/04/2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL E SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO - IBAM. **Cartilha de limpeza urbana**. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha/rs_caract.php>. Acesso em: 31/01/2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico - 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19/01/2018.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - TCE. **Pesquisa Planos Municipais de Sanemanto Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<https://portal.tce.rs.gov.br/portal/page/portal/tcers/consultas/pmsr>> Acesso em: 19/01/2018.