

GERENCIAMENTO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO

Anna Karen Szpak (UTFPR) annakarens@hotmail.com
Carla Adriana Pizarro Schmidt (UTFPR) carlaschmidt@utfpr.edu.br
José Airton Azevedo dos Santos (UTFPR) airton@utfpr.edu.br
"Edna Possan (UTFPR) epossan@gmail.com

Resumo: A construção civil é uma das indústrias que mais geram resíduos, o que evidencia a necessidade de um gerenciamento bem feito, buscando minimizar os impactos causados ao ambiente com uma destinação inadequada. Apesar de já existirem legislações e normas, muitos municípios ainda não conseguiram se adequar a essa realidade recente e propostas de gerenciamento desse tipo de resíduo mostram-se necessárias. Frente a isto, o objetivo do presente trabalho, foi desenvolver uma proposta de gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) para o município de Medianeira-PR o qual carece deste controle, pois foram identificadas durante este estudo 24 áreas de deposição irregular de RCD. Para isso, foi necessário conhecer a situação atual da disposição dos resíduos de construção e demolição gerados no município e propor soluções de sustentabilidade a partir da Resolução CONAMA 307/02, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. O município conta com duas empresas particulares responsáveis pela coleta de RCD. O volume de resíduos gerados chega a 29,85 toneladas por dia. Através da análise estatística verificou-se que os resíduos gerados em quantidades significativamente maiores são a argamassa e o concreto classificados como resíduos da Classe A, que podem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados e aplicados na própria construção civil em diversos tipos de produtos. Neste estudo, para facilitar a gestão municipal do RCD gerado, se propõem que o município disponibilize áreas licenciadas para a disposição adequada objetivando facilitar a segregação e reciclagem desses resíduos.

Palavras-chave: Construção Civil. Gestão Ambiental. Administração Pública.

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE: A CASE STUDY

Abstract: Construction is one of the industries that generate waste, which highlights the need for a well-made management, seeking to minimize the impacts that caused to the environment with an inadequate disposal. Although laws and regulations already exist, many municipalities have not been able to adapt to this reality and recent proposals for managing this type of waste have shown to be necessary. Against this, the objective of the present study was to develop a proposal for management of construction and demolition waste (RCD) to the town of Medianeira, PR that lacks this control, because were identified during these study 24 areas of irregular deposition of RCD. For this, it was necessary to know the current situation of disposal of construction and demolition waste generated in the municipality and to propose solutions of sustainability from the CONAMA resolution 307/02 establishing guidelines, criteria and procedures for the management of construction waste. The town has two private companies responsible for collecting of RCD. The volume of waste generated reaches 29.85 tons per day through the statistical analysis it was found that the waste generated in significantly larger quantities are the mortar and concrete classified as class A waste, that can be reused or recycled in the form of aggregates and applied in construction in various types of products. In this study, in order to facilitate the Management Council of the RCD raised, propose that the municipality provide licensed areas for proper disposal in order to facilitate the segregation and recycling of such waste.

Keywords: Construction. Environmental Management. Public Administration.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos apresentam-se atualmente como uma das principais problemáticas enfrentadas pela administração pública, nesse contexto Lopes (2003) sugere que poderia-se minimizar o problema com um maior envolvimento dos setores da sociedade, bem como uma integração entre as esferas federais, estaduais e municipais dos governos, buscando-se a minimização dos inconvenientes provocados por estes resíduos.

A busca pela redução, na geração e a implantação de programas de gerenciamento dos rejeitos, permitem uma maior sustentabilidade ambiental, por meio da reciclagem e do reaproveitamento do material como matéria-prima para a indústria, reduzindo o desperdício e gerando renda (GALBIATI, 2005).

O conceito de desenvolvimento sustentável, compreende as gerações futuras e visa a sobrevivência do planeta em que vivemos. Para isso, torna-se imprescindível o uso racional dos recursos naturais, da energia e da implantação de mais lógica na gestão de resíduos (JOHN, 2001).

Devido ao amplo volume e diversidade de materiais utilizados, a construção civil é uma das áreas que mais gera resíduos. Como benefício para a sociedade e para empresas que seguem métodos de uso sustentável de recursos naturais, é ideal que exista um plano de produção mais limpa a ser seguido, de forma a amenizar os impactos causados ao meio ambiente, bem como atenuar as perdas econômicas (KUNKEL, 2009).

De acordo com Pinto (2000), os resíduos de construção e demolição que causam mais impactos sanitários e ambientais, são aqueles associados às deposições irregulares, que no contexto implicam efeitos deteriorantes do ambiente local, danificando a paisagem, a drenagem urbana, o tráfego de pedestres e de veículos, atraindo resíduos não inertes além da propagação de doenças e outras consequências.

Até 2002, não existiam leis e resoluções para os resíduos gerados pelo setor da construção civil no Brasil. Em São Paulo, até o mesmo ano, a legislação municipal restringia-se a proibir a deposição de RCD em vias e logradouros públicos, conferindo ao gerador a responsabilidade pela sua remoção e destinação (SCHNEIDER; PHILIPPI, 2004).

O conhecimento da situação dos RCD (Resíduos de Construção e Demolição), nos municípios, se faz essencial para um correto planejamento de políticas de desenvolvimento sustentável e mostra-se imprescindível para a administração pública adequar-se às novas metas propostas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução de nº.307 de julho de 2002 (BRASIL, 2002). A partir da vigência dessa legislação, ficou a cargo dos Municípios e Distrito Federal buscarem soluções para o gerenciamento dos pequenos volumes de resíduos, bem como disciplinar a ação dos agentes envolvidos com os grandes volumes.

A implantação de técnicas para gestão dos RCD permite a obtenção de resultados concretos, com vistas ao desenvolvimento de políticas de gerenciamento urbano sustentável, impondo aos municípios um caráter regulador, que pode disponibilizar instrumentos jurídicos e novos procedimentos de gestão. Cabe aqui ressaltar a possibilidade do uso dos agregados reciclados em tecnologias alternativas, no atendimento às demandas sociais dos centros urbanos vindo de encontro à complicada questão do déficit habitacional brasileiro (FAGURY, 2007).

O presente estudo teve como objetivo realizar um levantamento da geração de RCD no município de Medianeira-PR bem como elaborar uma proposta de gerenciamento, visando apresentar alternativas viáveis e sustentáveis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado no município de Medianeira, na região oeste do Paraná, Sul do Brasil, à 580 km da capital e 402 metros acima do nível do mar, seu ponto mais alto tem 608 metros e o mais baixo 275 metros. Limita-se ao norte com Missal, ao leste com Matelândia, ao oeste com São Miguel do Iguçu e ao sul com Serranópolis.

O município de Medianeira possui uma área total de 328,733 km². Sua população segundo o IBGE (2010) é de 41.817 habitantes, sendo 37.390 habitantes na área urbana (89,41%) e 4.427 habitantes na área rural. As principais fontes de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) do município são proveniente de reformas, novas construções horizontais e verticais e demolições. Segundo John e Agopyan, (2000) os resíduos da construção são gerados em três fases: a) fase de construção (canteiro); b) fase de manutenção e reformas e c) demolição de edifícios.

Este estudo foi dividido em duas etapas, sendo a primeira um diagnóstico da situação encontrada no município em análise, sem adotar as exigências contidas na Resolução CONAMA nº 307/02 e a segunda a elaboração de uma proposta de planejamento e uso eficiente do RCD adotando as exigências.

Na primeira etapa, com o intuito de obter um diagnóstico da situação, do ponto de vista ambiental e legal dos resíduos de construção, realizou-se uma pesquisa junto às empresas envolvidas no recolhimento e destinação final. Foram realizadas estimativas de quantidades geradas e mapeamento dos locais de deposição do RCD (legais e clandestinos).

No período de realização deste trabalho, compreendido entre os anos de 2012 e 2013, foram identificados, no mapa do município, os locais de disposição ilegal dos resíduos. Para realização desse diagnóstico realizou-se um levantamento de campo com as empresas prestadoras de serviço, que trabalham com o recolhimento dos resíduos, e com a prefeitura Municipal de Medianeira. Neste levantamento coletou-se as seguintes informações: 1) quantidade de empresas que trabalham com a coleta de “entulho” no município de Medianeira, PR; 2) a destinação final dada ao entulho e 3) o reaproveitamento do entulho.

Na sequência, uma caracterização dos resíduos de 6 caçambas coletoras de RCD dispostas no município em diferentes obras foi realizada através de: ensaios de massa específica, análise granulométrica e absorção de água. Para a classificação foi adotada como base a Resolução CONAMA nº 307/02. A massa específica dos agregados miúdos foi obtida pelo método do frasco de Chapman e dos agregados graúdos obtida pelo método do frasco graduado.

Os dados foram separados em duas classes de resíduos, posteriormente avaliados por meio de Análise de Componentes Principais (ACP) e análise estatística ANOVA em um delineamento de blocos ao acaso, onde as 6 caçambas foram tratadas como blocos. Sendo considerados como tratamentos os diferentes materiais coletados. As análises foram realizadas com o auxílio do software Assistat 7.6 beta.

O cálculo aproximado de geração de RCD foi elaborado com base na Equação (1) apresentada por Marques Neto (2003):

$$v=N \times C \times c \quad (1)$$

Onde:

v = volume (ton.d⁻¹)

N= nº de caçambas em média por dia

C= capacidade média das caçambas (m³)

c= massa específica do entulho (ton.m⁻³)

A proposta de gerenciamento de resíduos foi desenvolvida na segunda etapa do estudo, de acordo com uma sugestão de Karpinski et al. (2009) a partir da Resolução CONAMA nº 307/02.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de construções licenciadas, no município de Medianeira de 2005 a 2012, encontra-se apresentado no Gráfico da Figura 1. Pode-se verificar que no ano de 2012 o número de construções aprovadas foi mais de 100% superior ao ano de 2005. Isso comprova o crescimento contínuo que o setor de construção civil vem apresentando nesse município. Mostrando também uma tendência de desenvolvimento urbano, ocorrência essa que contribui diretamente para a crescente geração de Resíduos da Construção e Demolição (RCD). Nota-se que o crescimento mais acentuado ocorreu a partir de 2007, período em que iniciou a implantação do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e do PMCMV (Programa Minha Casa Minha Vida).

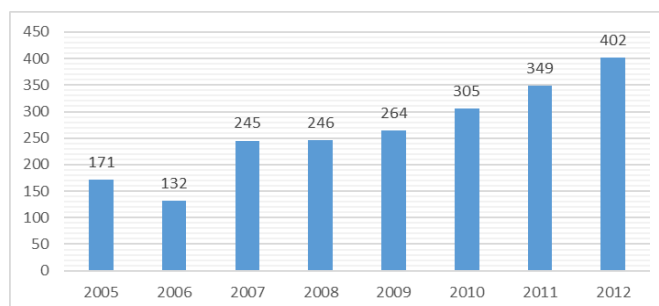


Figura 1 - Número de construções licenciadas no município de Medianeira de 2005 a 2012.
Fonte: Prefeitura Municipal de Medianeira (2013).

3.1. CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE MEDIANEIRA-PR

Conforme Souza et al., (2004) não é novidade o interesse em conhecer a quantidade de resíduos gerados pela indústria da construção civil, embora na maioria das vezes o tema esteja envolvido no debate sobre a redução de desperdícios. A pesquisa do arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, concluída em 1986, apresenta uma proposta do uso do material reciclado para produção de argamassas (PINTO, 2000). Na Tabela 1 apresenta-se a classificação média de RCD no município de Medianeira.

Tabela 1 - Classificação média do RCD no Município de Medianeira-PR.

Material	%	Classe	% por classe
Argamassa e concreto	62,50%	A	90,18%
Material cerâmico	27,18%		
Solo natural	1,50%		
Madeira	1,86%	B	5,29%
Metal	0,02%		
Plásticos/PVC	0,16%		
Papel/Papelão	0,00%		
Vidro	0,00%		
Gesso	3,25%		
Matéria Orgânica	0,03%	-	4,53%
Outros	4,50%		

A massa específica dos agregados miúdos e graúdos encontram-se apresentados na Tabela 2.

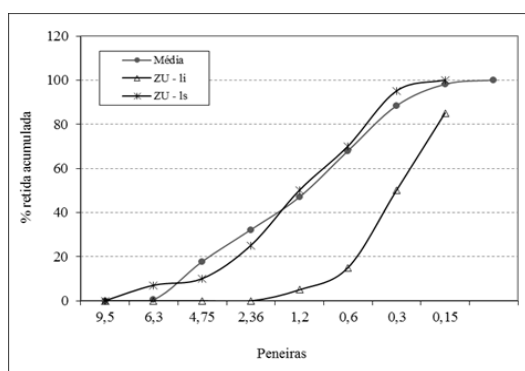
Tabela 2 – Massa Específica dos agregados miúdos e graúdos

Massa Específica do agregado miúdo	Massa Específica do agregado graúdo
$\gamma = 2,450 \text{ g/cm}^3$	$\gamma = 2,167 \text{ g/cm}^3$

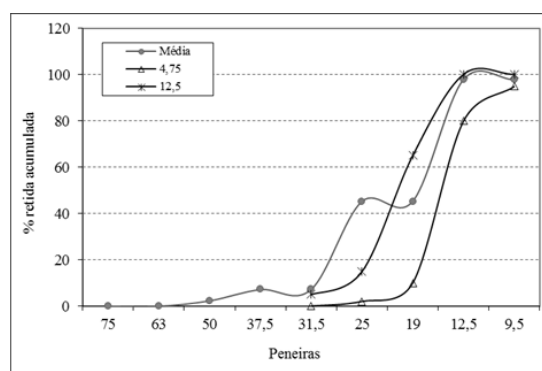
Verifica-se que os agregados reciclados produzidos possuem massa específica inferior à dos agregados naturais. O agregado graúdo natural de origem basáltica presente na região apresenta massa específica de 2,85 g/cm³ contra 2,45 g/cm³ do agregado reciclado. O agregado miúdo natural de origem quartzosa tem 2,65 g/cm³ enquanto que o agregado miúdo reciclado 2,16 g/cm³. No Quadro 1, apresentam-se os resultados da análise granulométrica dos agregados miúdos e graúdos e nos Gráficos da Figura 2 as curvas granulométricas para os agregados miúdo e graúdo, respectivamente.

Agregado miúdo (a)				Agregado graúdo (b)			
Peneiras	Massa retida (g)	Porcentagens (%)		Peneiras	Massa retida (g)	Porcentagens (%)	
		retida	acumulada			retida	acumulada
4,8	4,84	0,48	0,48	25	25,4	2,32	2,32
2,4	173,88	17,23	17,71	19,1	53,3	4,87	7,18
1,2	145,2	14,39	32,11	12,7	299,35	27,33	34,51
0,6	149,59	14,83	46,93	9,52	117,23	10,7	45,22
0,3	211,61	20,97	67,91	7,93	150,13	13,71	58,92
0,15	206,44	20,46	88,37	6,35	236,74	21,61	80,53
0,075	98,11	9,72	98,1	4,8	188,95	17,25	97,78
Fundo	19,21	1,9	100	Fundo	24,27	2,22	100
Soma	1008,88	100		Soma	1095,37	100	
Módulo de finura		3.51		Módulo de finura		6.50	
Dmáx (mm)		6.3		Dmáx (mm)		25	
Dmin (mm)		0,15		Dmin (mm)		4.8	
Classificação		Zona Utilizável		Classificação		4,75/12,5	

Quadro 1 - Análise granulométrica do agregado miúdo (a) e graúdo (b)



(a)



(b)

Figura 2 – Gráficos(a) Curva granulométrica do agregado miúdo e (b) Curva granulométrica do agregado graúdo.

O Gráfico apresentado na Figura 3 mostra a curva de absorção de água dos agregados graúdos, dos resíduos coletados e analisados, a qual demonstra que foi absorvido mais que 50% da massa total nos primeiros 30 min e a partir disso o percentual de absorção de água não variou muito.

O município conta atualmente com 2 empresas particulares que coletam o entulho. A prefeitura é responsável apenas pela coleta de resíduos sólidos recicláveis como vidro,

plástico, papel, metal, etc., que também são gerados na indústria da construção civil. Porém os materiais de classe A, da Resolução CONAMA nº 307/02, representam a maior parte do resíduo gerado no setor, como argamassa, concreto e cerâmica. Observa-se que o município não se responsabiliza pela coleta e destinação.

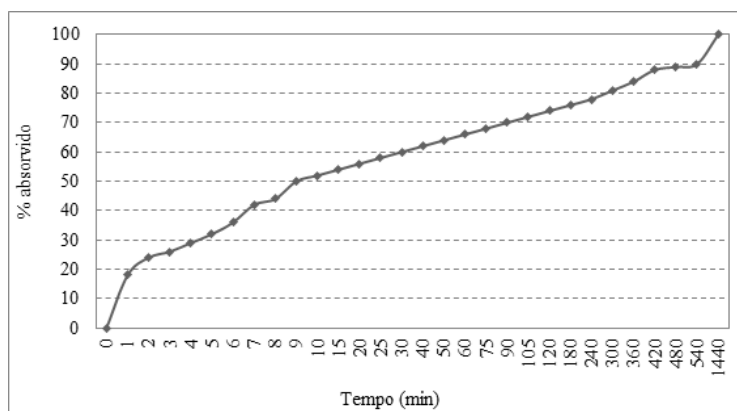


Figura 3 - Curva de absorção de água do agregado graúdo

Como diagnóstico geral, tem-se que a destinação final do entulho no município de Medianeira não é adequada. Devido à falta de aterros inertes e planejamento adequado. Portanto, devido a inexistência de práticas de aproveitamento, o entulho acaba disposto em locais inadequados. Observa-se claramente a necessidade imediata de um planejamento.

Através da equação (1), proposta por Marques Neto (2003), encontrou-se um volume aproximado de geração de RCC de 29,85 ton.d⁻¹, onde o número de caçambas em média por dia foi de 2,707, a capacidade média das caçambas estudadas era de 45 m³ e a massa específica do entulho foi de 0,245 ton.m⁻³.

Levando em consideração o número de habitantes do município de Medianeira-PR, este volume de geração de resíduos encontrado, no presente estudo, foi aproximadamente 0,71 Kg/hab/dia. Este valor torna-se relevante quando comparado aos volumes gerados por cidades de maior porte, citadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Geração estimada de resíduos da construção civil.

Município	Geração de RCC (Kg/hab/dia)
São Paulo	1,15
Porto Alegre	0,29
Salvador	0,77
Ribeirão Preto	3,25
São José do Rio Preto	2,14
Jundiaí	2,45
Belo Horizonte	1,29
Medianeira	0,71

Fonte: Adaptada de KARPINSKI et al. 2009, p.33 apud LEITE, 2001, p.19.

Alguns locais de disposição ilegal de resíduos, no município, encontram-se mapeados na Figura 4. Estes locais apresentam pequenos e grandes volumes de RCC depositados clandestinamente por pessoas não autorizadas. Estas pessoas preferem livrarem-se dos entulhos de uma forma inadequada e ambientalmente preocupante.

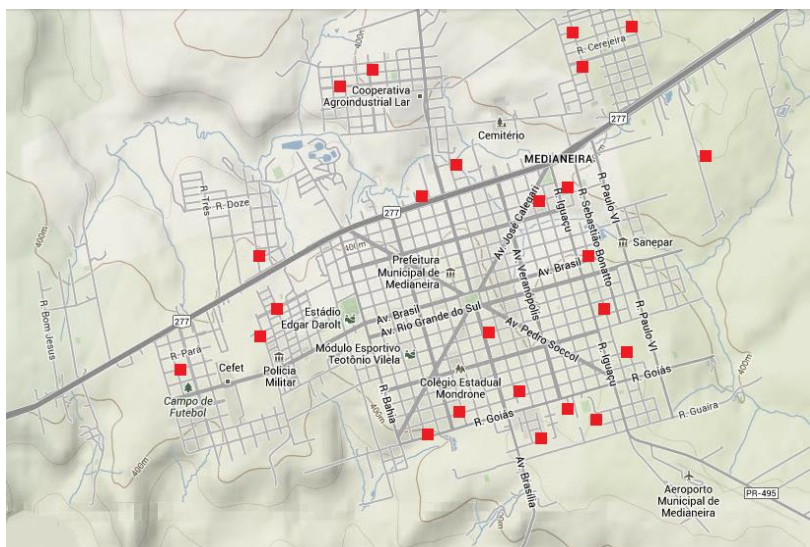


Figura 4 – Diversos pontos identificados com disposição irregular de resíduos de construção e demolição no município de Medianeira-PR

A Figura 5 apresenta algumas fotos desses pontos de disposição irregular de RCD em pontos equidistantes do município de Medianeira-PR. Com base nas ilustrações percebe-se que uma grande variedade de tipos de resíduos de construção e demolição encontram-se inadequadamente dispostos nesses locais.



Figura 5 - Disposição irregular de RCD na região central do município.

3.2. ESTUDO ESTATÍSTICO DO DIAGNÓSTICO DE RCD DO MUNICÍPIO DE MEDIANEIRA

Nesta seção apresenta-se uma análise estatística dos dados brutos disponibilizados no diagnóstico de RCD para o município de Medianeira. Esta análise visa avaliar a variabilidade nas quantidades de resíduos que são encontrados nas caçambas amostradas, bem como

visualizar as médias e desvios padrão apresentados para cada tipo de resíduo dentro de cada classe. Observa-se que foram encontrados durante o estudo das caçambas apenas resíduos das Classes A e B.

Em relação ao conjunto total de resíduos das classes A e B não foram observadas diferenças significativas entre as caçambas, ao nível de 5%, como pode-se observar na Tabela 4.

Tabela 4 - Avaliação estatística dos valores percentuais médios de resíduos encontrados.

Caçamba	Resíduos da Classe A	Resíduos da Classe B
01	29,70 ^a	0,42 ^a
02	31,44 ^a	0,60 ^a
03	27,65 ^a	0,10 ^a
04	31,13 ^a	1,55 ^a
05	32,31 ^a	0,77 ^a
06	25,20 ^a	5,54 ^a

Obs. Valores seguidos por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

Ainda com base nos dados apresentados na Tabela 4, pode-se notar que as quantidades percentuais médias geradas de resíduos da classe A são muito superiores aos resíduos da classe B.

3.2.1. Avaliação Estatística dos Resíduos da Classe A

Por meio do teste de comparação de média de Tukey observou-se que a maior média de resíduos da Classe A foi encontrado para Argamassa e Material cerâmico e a menor para Solo Natural. Porém estatisticamente ao nível de 5% notou-se diferença entre os três materiais (Tabela 5).

Tabela 5 - Apresentação das médias percentuais e resultados do teste de Tukey comparando os principais materiais da Classe A avaliados nas 6 caçambas.

Resíduos	Média ± Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Variância
Argamassa e Concreto	61,31 ^a ± 13,79	22,50	190,3149
Material cerâmico	26,08 ^b ± 17,47	66,98	305,2867
Solo Natural	01,32 ^c ± 01,28	97,09	001,6495

Obs. Valores seguidos por letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

Entre os resíduos da Classe A avaliados notou-se que o Material Cerâmico apresentou uma variabilidade maior entre as 6 amostras. Isso pode ser explicado pela fase da construção. Quando a obra encontra-se em fase de acabamento pode-se verificar o aumento desse material em detrimento dos demais. O que confirma a importância da realização das amostragens em diferentes fases da construção.

Observou-se que o coeficiente de variação foi maior para os produtos encontrados em menores quantidades nas caçambas. Entretanto nessa pesquisa, dada a aleatoriedade da geração dos resíduos, elevados coeficientes de variação são comuns. Tendo em vista que não se trata de um experimento onde as parcelas e tratamentos podem ser controlados.

Na Figura 6 apresentam-se a avaliação dos dados por meio de Análise de Componentes Principais.

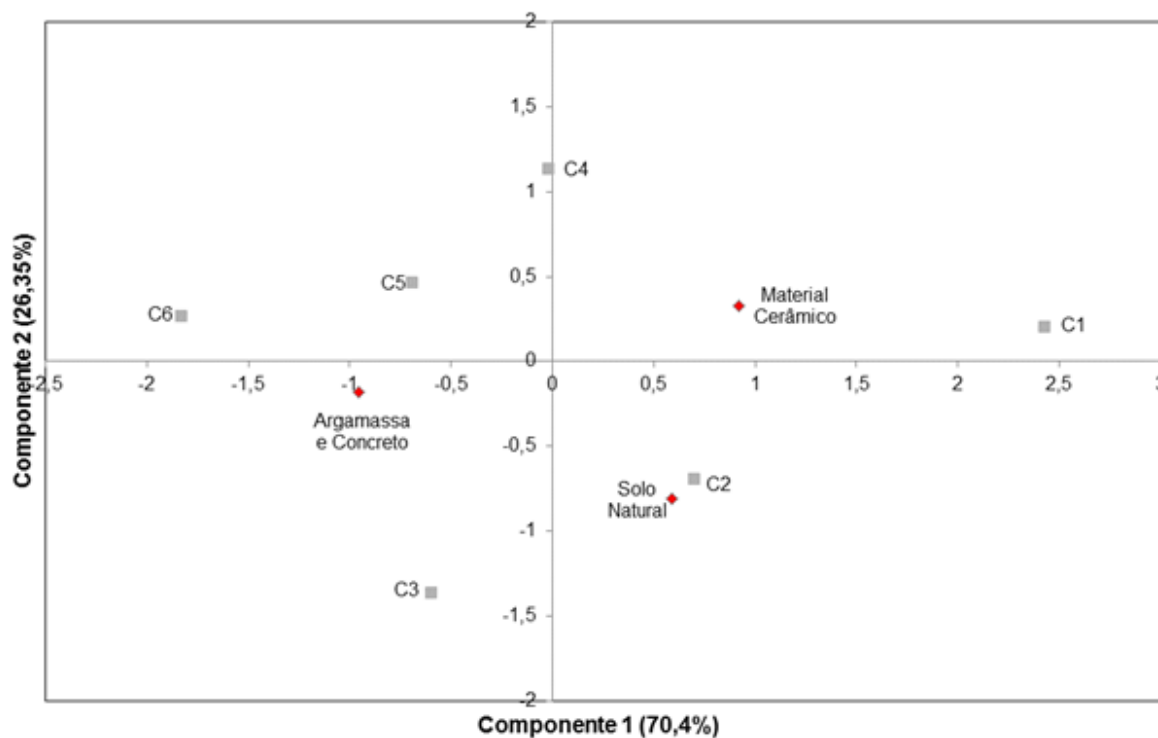


Figura 6 - Dispersão das caçambas C1 a C6 em relação aos três materiais encontrados nas amostras, pertencentes à Classe A.

Baseando-se nos dados apresentados na Figura 6, notou-se que as duas principais componentes isoladas pela análise conseguiram explicar 96,75% da variabilidade do conjunto de dados. Considera-se este valor muito elevado, o que comprova a boa demonstração que o gráfico dá ao conjunto de dados.

Ficou evidenciado, por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), que os três materiais amostrados ficaram em quadrantes distintos. Isto mostra que existiu muita diferença entre os valores levantados para eles. O que pode ser confirmado também pela significativa diferença estatística observada entre os produtos na Tabela 5.

A Figura 6, também, ilustra claramente a proximidade das caçambas C1 a C6 dos materiais que mais foram encontrados no levantamento quantitativo de cada material. Sendo que a caçamba C2 apresentou maior conteúdo de solo natural que as demais. Por isso está próxima ao ponto de dispersão do solo natural. A caçamba C1 mostrou maior teor de material cerâmico do que argamassa e concreto, comportamento esse que foi inverso ao comportamento das demais caçambas analisadas.

3.2.2 Avaliação Estatística dos Resíduos da Classe B

Dentre os materiais da Classe B não foram encontrados, em nenhuma das caçambas avaliadas, papel e vidro. Sendo esse o motivo desses materiais não aparecerem na análise estatística.

Todos os coeficientes de variação encontrados para os resíduos da Classe B (Tabela 6), foram maiores que 100%. Isso significa que os desvios padrão da média, encontrados para esses produtos, foram maiores que as médias percentuais de cada um dos tipos de resíduos avaliados nas caçambas. Nesse tipo de estudo a ocorrência de coeficientes de variação muito elevados não invalida os resultados, tendo em vista que não se trata de um experimento onde os tratamentos pudessem ser controlados. Os resultados devem-se ao acaso e em alguns blocos à época que se encontrava a obra, pois são gerados em maiores quantidades em algumas fases específicas da obra. Isso demonstra a importância da avaliação de diversas caçambas, bem como a realização de tal avaliação em diversas etapas construtivas.

Observou-se que o gesso apresentou maior variância (Tabela 6) o que pode ser explicado pela fase em que se encontra a obra, pois o gesso costuma ser colocado de uma só vez. Esse fato reforça a tese da necessidade de amostragem das obras em diversas fases com o objetivo de avaliar a geração de resíduos de diversos tipos e classes.

Tabela 6 - Apresentação das médias percentuais e resultados do teste de Tukey comparando os principais materiais da Classe B avaliados nas 6 caçambas.

Resíduos	Média ± Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Variância
Metal	0,0233 ^a ± 0,0572	245,14	00,0033
Plástico	0,1833 ^a ± 0,4345	237,00	00,1888
Madeira	2,0083 ^a ± 2,3226	115,64	05,3943
Gesso	3,7700 ^a ± 8,5117	225,77	72,4486

Obs. Valores seguidos por letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

Com base nos resultados médios e na comparação de média de Tukey, não foi observada diferença ao nível de 5% entre os diferentes resíduos encontrados nas amostras, listados na Tabela 6.

Os dados dos resíduos da classe B, também foram avaliados por meio de Análise de Componentes Principais onde se pode ressaltar que as duas principais componentes isoladas pela análise conseguiram explicar 90,74% da variabilidade do conjunto de dados (Figura 7). Sendo esse valor considerado bom e suficiente para que o gráfico represente bem o que acontece com o conjunto de dados.

Observando-se os dados brutos pode-se verificar que a madeira foi encontrada nas 5 primeiras caçambas. Sendo que isso justifica a caçamba 6 (C6) ter-se localizado no gráfico bem distante do ponto que está a madeira. Na Análise de Componentes Principais pode-se observar que as caçambas 4 e 5 possuíam teores superiores de madeira que as demais. A caçamba C6 apresentou gesso e plástico em seu conteúdo e a C3 apresentou metal.

Com base em todas as observações feitas nos dados e resultados estatísticos obtidos, verificou-se que os resíduos da classe A são gerados em quantidades superiores e que a destinação correta desses resíduos seria muito significativa para o meio ambiente, dada a quantidade elevada em que são depositados nessas caçambas.

Visto isso é possível considerar que o RCD gerado no município de Medianeira-PR tem elevado potencial de reciclagem, podendo ser utilizado para produção de agregados reciclados.

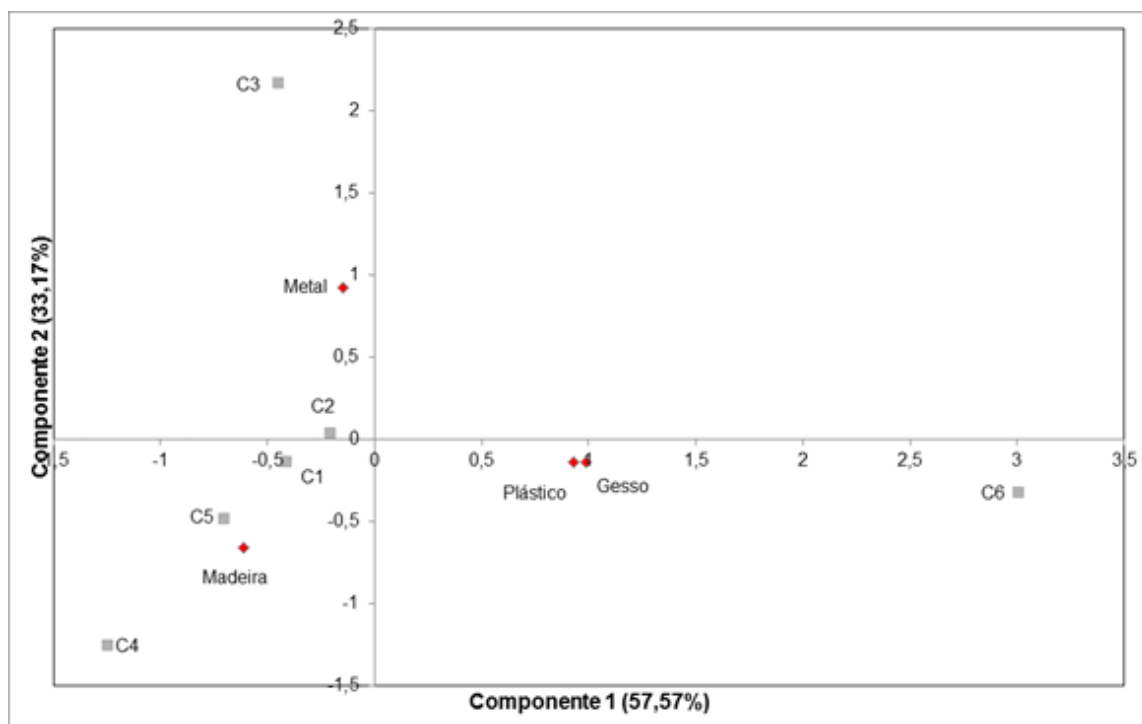


Figura 7 - Dispersão das caçambas C1 a C6 em relação aos quatro materiais encontrados nas amostras, pertencentes à Classe B.

3.2.3 Classificação e Caracterização dos Resíduos

Na Tabela 7 apresenta a composição de resíduos de algumas cidades brasileiras.

Tabela 7 – Composição, em porcentagem, de RCC de algumas cidades brasileiras

Local de Estudo	Composição de RCC (%)				
	1 (Concreto)	2 (Argamassa)	3 (Cerâmica)	4 (Rocha)	5 (Outros)
São Leopoldo ¹	22,50	26,00	32,80	17,40	0,30
Porto Alegre ²	44,20	18,30	35,60	1,80	0,10
Novo Hamburgo ³	34,90	27,30	23,20	14,40	0,20
Santo André ⁴	20,55	42,22	37,23	-	-
São Paulo ²		41,87	7,76	23,75	26,62
Maceió ⁵	16,73	55,49	26,49	1,28	0,01
Salvador ²		44,00	19,00	3,00	34,00
Recife ⁶		52,76	8,65	2,20	36,39
Passo Fundo ⁷		69,4	28,0	-	2,60
Medianeira ⁸		62,50	27,18	-	10,32

Fonte: Adaptado das fontes: ¹SILVA (2011); ²LEITE (2001); ³KARPINSKI et al (2009); ⁴PINTO (1999); ⁵VIEIRA (2004); ⁶CARNEIRO (2005); ⁷BERNARDES et. al. (2008) e ⁸SZPAK (2012b).

Os dados, apresentados na Tabela 7, demonstram que a argamassa e o concreto são os resíduos mais gerados em diversas cidades no Brasil, o que está de acordo com o que se constatou ao longo deste estudo para o município de Medianeira-PR.

3.2.4. Proposta de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição no Município de Medianeira-PR

Para um planejamento mais adequado incentiva-se o uso de materiais reutilizáveis ou reciclados dentro do ciclo produtivo de uma edificação, propiciando vantagens econômicas além das ambientais. Como principal incentivo, das diretrizes técnicas do Plano Integrado de gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC) estão a não-geração de resíduos, a redução, a reutilização e a reciclagem no próprio local de produção (KARPINSKI et al., 2009).

Para a disposição adequada dos resíduos de construção civil, as empresas coletoras devem estar de acordo com a classificação dos resíduos, para que os mesmos sejam dispostos conforme legislação e não ocorra disposição em áreas não-licenciadas. Sugere-se que a Secretaria do Meio Ambiente organize eventos anualmente, para discussão da geração, acondicionamento, transporte, reciclagem e disposição final do entulho gerado no município de Medianeira.

Ressalta-se que deve haver o cadastramento dos transportadores, de acordo com o volume transportado. Estes transportadores também devem ser orientados e fiscalizados. Para uma racionalização dos materiais e reutilização dos resíduos na própria obra, os geradores devem promover campanhas de esclarecimento sobre os benefícios econômicos e ambientais da utilização destes materiais (KARPINSKI et al., 2009).

Os agentes que devem ser envolvidos no PIGRCC do Município e, conseqüentemente, na gestão municipal dos RCD são os geradores de resíduos, os prestadores de serviços, como os transportadores, os proprietários de áreas que a cedem para o recebimento de RCD e o poder público. Em meio as responsabilidades dos geradores de resíduos estão métodos e técnicas, utilizados de acordo com a legislação vigente, bem como o gerenciamento dos mesmos, desde a sua geração até a sua disposição final.

A Figura 7 apresenta a estrutura da proposta de gestão de resíduos de construção e demolição (RCD), dando seqüência com o modelo de gestão de resíduos da construção civil.



Figura 7 - Estrutura da proposta de gestão de resíduos da construção civil

Além de dispor, licenciar e controlar o uso de áreas e realizar ações de educação ambiental, pode-se sugerir que para viabilizar a reinserção dos resíduos no ciclo produtivo, o município procure meios e recursos para criação de uma estação de Britagem de resíduos de classe A para fazer calçamento. Segundo Tavares (2009), esta estação deve dispor de uma

edificação de apoio administrativo, uma guarita, um portão e cercamento da área, áreas para estocagem de material recebido e processado, estrutura para apoio de equipamento e britador e um conjunto britador,; britador de mandíbula, moinho martelo, alimentador vibratório, correia transportadora, peneira vibratória e eletroímã. O custo total da aquisição destes equipamentos necessários para um aproveitamento de 25ton.d⁻¹ de resíduos é de R\$359.500,00 (Trezentos e cinquenta e nove mil e quinhentos reais), conforme orçamento, fornecido por uma empresa especializada no ramo.

Caso esse custo seja demasiado, o IPT (2013), sugere uma alternativa economicamente mais viável para municípios de até 50 mil habitantes, que é a unidade para reciclagem de resíduos. Essa unidade não necessita de britador, que é o grande gargalo para a reciclagem nas pequenas cidades, pois representa um alto custo no que se diz respeito a aquisição da unidade de processamento. O equipamento custa em torno de R\$170.000,00, ou seja, mais de 50% menor que a estação de britagem.

4. CONCLUSÕES

Perante o cenário brasileiro atual, em que o plano de gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) ainda não é pratica comum nas administrações públicas, este trabalho ressalta que a implantação de uma gestão pública desses resíduos beneficiaria a sociedade como um todo, conformando ações de conscientização e cidadania.

Na estimativa de geração de RCD chegou-se ao número de 10.029,60 ton de entulho por ano, sendo que a maior parte destes resíduos pertencem a classe A da Resolução CONAMA n° 307/02, o que garante grande potencial de reutilização, reciclagem e reaproveitamento.

Vista a clara necessidade de um plano de gerenciamento dos RCD no município de Medianeira, a proposta sugerida neste trabalho teve como característica principal adequar áreas licenciadas para disposição regular de RCD, as quais devem ser fiscalizadas periodicamente. Uma gestão adequada de RCD, com auxílio do poder público, pode trazer diversos benefícios à população e ao meio ambiente, assim como a redução de custos da limpeza urbana e recuperação de áreas degradadas, redução de impactos ambientais, preservação do meio ambiente, incentivos de redução da geração de RCD, incentivos de reciclagem e reutilização de RCD e também geração de empregos.

Com a implantação de um PIGRCC, a gestão pública poderá reduzir os impactos ambientais e sociais do descarte inadequado, otimizando o uso de aterros licenciados incentivando a educação ambiental e transformando fontes de despesas em fontes de faturamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária pela concessão da bolsa de estudo, durante a parte inicial de desenvolvimento desse estudo.

REFERÊNCIAS

BERNARDES, et al. *Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo.* Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, jul./out. 2008.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução n. 307 de 5 de julho de 2002.* Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. 3p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução n. 237 de 19 de dezembro de 1997.* Estabelece procedimentos, critérios técnicos e prazos para Licenciamento Ambiental. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1997. 9p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução 307, de 05 de julho de 2002.* Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96.

CARNEIRO, F. P. *Diagnósticos da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005. 131p.

FAGURY, S. C., GRANDE, F. M. *Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) – Aspectos Gerais da Gestão Pública de São Carlos/SP.* Exacta, Centro Universitário Nove de Julho, São Carlos, SP, nº 001, janeiro-junho, ano/vol. 5, 2007, p. 35-45

GALBIATI, A.F. *O gerenciamento integrado de resíduos sólidos e a reciclagem.* Educação ambiental para o Pantanal. Disponível em <www.amda.org.br/objeto/arquivos/97.pdf>. Acesso em 12 mai. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 de Setembro. de 2012.

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica. Disponível em: <<http://www.ipt.br>>. Acesso 16 de Agosto de 2013.

JOHN, V. M. *Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção.* In: **CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. (Org).** *Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: projeto entulho bom.* Salvador: EDUFBA/ Caixa Econômica Federal, 2001.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. *Reciclagem de Resíduos da Construção.* Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP (PCC USP). São Paulo, 2000.

KARPINSKI, L. A.; GUIMARÃES, J. C. B; PANDOLFO, A.; PANDOLFO, L. M.; REINEHER, R.; KUREK, J. *Gestão Diferenciada de Resíduos da Construção Civil – Uma abordagem Ambiental.* Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163p.

KUNKEL, N. *Resíduos da Construção Civil Aliados a Produção mais Limpa (P+L).* Centro de Tecnologia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2009.

LEITE, B. M. *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.* Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul , Porto Alegre, 2001.

LOPES, A. A. *Estudo da Gestão e do Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos do município de São Carlos (SP)*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MARQUES NETO, J. C. *Diagnóstico para estudo de gestão dos resíduos de construção e demolição do município de São Carlos-SP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

PINTO, T P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. Tese (Doutorado Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1999. 189p.

PINTO, T. de P. Resultados da gestão diferenciada. *Revista de Tecnologia da Construção - Tèchne*, ano 5, n.31, p.-31-34, 2000.

SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI, A. JR. Public management of construction and demolition waste in the city of São Paulo. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.4, n.4, p. 21-32, 2004.

SILVA, L. M. *Gestão de Resíduos da Construção Civil: Dificuldade para Implementação do Plano Integrado de Gestão de Resíduos no Município de São Leopoldo*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SOUZA, U.E.L. et. al., Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. *Ambiente Construído*, v.4, n.4, p.33-46, 2004.

SZPAK, A. K. *Estudo de Viabilidade Técnica do Aproveitamento de Resíduos de Construção e Demolição como Alternativa Sustentável para a Produção de Blocos de Concreto de Vedação*. União Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguçu-PR, 2012a.

SZPAK, A. K. et. al., *Diagnóstico e Classificação dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) gerados na cidade de Medianeira, Pr.* XVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR (SICITE), Curitiba-PR, 2012b.

TAVARES, D. L. M. *Gestão ambiental e sustentabilidade: uma proposta para o tratamento dos resíduos da construção civil de Santiago-RS*. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Santiago-RS, 2009.

VIEIRA, et. al. *Resistência e Durabilidade de Concretos Produzidos com Agregados Recicladados Provenientes de Resíduos de Construção e Demolição*. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2004.