

DELINEAMENTO AMOSTRAL DE AGREGADOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

SAMPLE DESIGN FOR BRAZILIAN CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE

REGIS PEREIRA WASKOW, Ms.c. | UFRGS

VIVIANE LOPES GSCHWENTER DOS SANTOS, Ms.c. | UFRGS

REJANE MARIA CANDIOTA TUBINO, Dra. | UFRGS

RESUMO

Resíduos da Construção e Demolição (CDW) estão entre os mais gerados em vários países, resultando em uma preocupação com este tipo de resíduo. Vários estudos são realizados com o CDW, muitos deles com o objetivo de avaliar a realidade técnica, econômica, social e ambiental de uma região, cidade ou país. Para este fim, é importante aplicar métodos estatísticos que apresentem representatividade da amostra. O trabalho tem como objetivo identificar um conjunto de amostras representativas de RCD brasileiro, para estudos que visam sua aplicação com substituição do agregado natural pelo reciclado. Foi utilizado o projeto fatorial 2k em conjunto com a divisão de materiais de interesse em quartis. Três conjuntos de amostras foram definidos, fixando dois tipos de materiais, de acordo com o planejamento fatorial 2k, seguido da definição dos terceiros valores. Como resultado, foi possível identificar a aplicabilidade da união dos métodos estatísticos, o que resultou em 16 amostras. Os três conjuntos de amostras avaliadas puderam ser aplicados. No entanto, a determinação dos valores de argamassa e concreto, seguida da determinação dos valores da cerâmica foi a mais adequada.

PALAVRAS CHAVE: Resíduos de Construção e Demolição; CDW; Agregados; Projeto de amostra; Projeto fatorial 2k.

ABSTRACT

Waste from Construction and Demolition (CDW) are among the most generated in several countries resulting in an emerging concern with this kind of waste. Thus, several studies are conducted with the CDW, many of them aimed to evaluate the technical, economic, social and environmental reality of a region, city or country. To this end, it is important to apply statistical methods that achieve both sample sufficiency and representativeness. Hence, the present work aims to identify a set of samples representative of the Brazilian CDW, mainly for studies aimed at its application as a large aggregate in substitution to the natural aggregate. The 2k factorial project was used in conjunction with the division of materials of interest in the RCC in quartiles. Three sets of samples were defined, fixing two types of materials, according to the factorial design 2k, followed by the definition of the third values. As a result, it was possible to identify the applicability of the union of the statistical methods, which resulted in 16 samples. The three sets of samples evaluated were able to be applied. However, the determination of the mortar and concrete values, followed by the determination of the values of Ceramics (CA3) was more adequate.

KEY WORDS: Construction and Demolition Waste; CDW; Aggregate; Sample design; 2k factorial project.



1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção gera grande quantidade de resíduos durante a construção e demolição de edifícios definidos, estes resíduos são classificados como resíduos de construção e demolição (RCD). Um uso efetivo e eficiente dos recursos naturais, bem como uma mitigação dos impactos ambientais induzidos por sua extração, poderiam ser alcançados se fossem implementadas políticas adequadas de gestão e reciclagem de materiais de construção e demolição (VIEIRA E PEREIRA, 2015). No entanto, para um aumento na sua reutilização, a melhoria da qualidade do agregado reciclado se faz necessário, podendo ser atingido usando plantas de beneficiamento (PACHECO-TORGAL et al, 2013).

A reutilização deste tipo de material é o foco de vários estudos, avaliando parâmetros técnicos (CARAZACLIU et al, 2014; AMBROS et al, 2008 e SAMPAIO et al, 2016), parâmetros econômicos (NETO et al, 2016) ou parâmetros ambientais (COELHO e BRITO, 2013a e COELHO e BRITO, 2013b). Estes estudos necessitam de informações consistentes das características do RCD, mas esse tipo de resíduo tem uma composição muito diversificada, principalmente devido a sua origem, tipo, idade, estágio e parâmetros técnicos (resistência à compressão, etc ...) (PACHECO-TORGAL et al, 2013).

A NBR 15.115 (ABNT, 2004) classifica os agregados reciclados (AR) em concreto reciclado (ARC), um material com no mínimo 90% em massa de fragmentos cimentícios e rochas, e agregado reciclado misto (ARM), uma mistura de cerâmica, tijolos, blocos de concreto, argamassa, concreto e cimento. Devido às técnicas de construção, as práticas de gerenciamento de RCD em obra e as atuais tecnologias de reciclagem, a AR produzido no Brasil é classificado em sua maioria como ARM (ROSADO et al, 2017).

A análise estatística não é apropriada quando métodos de amostragem não aleatórios são usados. Assim, a seleção e o uso de métodos estatísticos para definir o conjunto de amostras representativas são necessários. Uma amostra representativa permite que os resultados coletados sejam generalizados para a sua população.

O planejamento fatorial completo, que testa todas as combinações possíveis de fatores, é a técnica amplamente utilizada na maioria das pesquisas. Mas quando o número de fatores aumenta consideravelmente, um planejamento fatorial completo pode não ser aplicável (MOZDGIR, 2013). O fatorial completo é provavelmente a estratégia mais comum e intuitiva do design experimental. Na forma mais simples, o fatorial completo de dois níveis, existem k fatores e L = 2 níveis por fator. As amostras são dadas por todas as combinações possíveis dos valores dos fatores. Portanto, o tamanho da amostra é N = 2k (CAVAZZUTI, 2013).

O processo experimental desta técnica consiste em realizar testes com cada uma das combinações da matriz experimental, para então determinar e interpretar os principais efeitos e interações dos efeitos investigados e, assim, ser capaz de identificar as melhores condições experimentais do produto ou processo de fabricação (GALDAMEZ, 2002). O fator a ser utilizado no planejamento fatorial 2k pode ser definido pelo uso de percentis (tercil, quartil, quintil ...), quanto maior o número do percentil, maior o número de amostras. Por exemplo, quartis são divisões de um determinado conjunto em 4 partes iguais.

Lovato et al (2012) usaram em seu estudo do uso de agregados de RCD o delineamento fatorial 2k reduzindo de 27 para 15 o número de amostras de sua experiência. Cabral et al (2010), também estudando o uso de agregados de RCD, relatam que o uso de delineamentos fracionários é muito útil, pois permite a otimização de tempo e custo ao apresentar um grande número de amostras, já que apenas uma fração do total é realizada.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é definir o desenho amostral necessário para amostrar, de maneira mais representativa, as RCDs brasileiros (argamassa, cerâmica e concreto), sendo possível assim aplicar esta metodologia em estudos voltados para sua reutilização em substituição ao agregado natural. Para isso, foi utilizado o projeto fatorial 2k e a definição dos quartis de cada tipo de material a ser estudado.

2. METODOLOGIA

Primeiro foi necessário identificar a composição gravimétrica do RCD gerado no Brasil. Fontes de pesquisa foram consultadas, tais como: artigos, documentos públicos governamentais, teses, entre outros. Os dados de argamassa, concreto e cerâmica foram isolados e os demais materiais foram definidos como zero (Figura 1).

CIDADE	ARGAMASSA (%)	CONCRETO (%)	CERÂMICO (%)	OUTROS (%)
"x"	28	10	34	28
↓				
CIDADE	ARGAMASSA (%)	CONCRETO (%)	CERÂMICO (%)	OUTROS (%)
"x"	28	10	34	0
↓				
Valores redefinidos				
CIDADE	ARGAMASSA (%)	CONCRETO (%)	CERÂMICO (%)	OUTROS (%)
"x"	39	14	47	0

Figura 01 – Percentagem dos materiais que compõem o RCD
Fonte: Autores.

Argamassa, Concreto e Cerâmica foram divididos em quatro grupos iguais, quatro quartis. O primeiro quartil (Q1) é definido como o número do meio entre o menor número e a mediana do conjunto de dados. O segundo

quartil (Q2) é a mediana dos dados. O terceiro quartil (Q3) é o valor médio entre a mediana e o valor mais alto do conjunto de dados. Os quartis deste estudo foram classificados da seguinte forma: Classe Baixa, Classe Média Baixa, Classe Média Alta e Classe Alta (Tabela 1).

<25%	25%-50%	50%-75%	75%-100%
Baixa	Média Baixa	Média Alta	Alta

Q1
Q2
Q3

Tabela 01 – Classes dos quartis aplicados neste estudo
Fonte: Autores.

Para realizar o delineamento amostral, utilizou-se o Projeto Fatorial 2k aplicando as 4 quebras entre quartis representando o fator k. Assim, o conjunto amostral (SS) deste estudo terá 16 amostras ($2^4 = 16$).

Três SS foram definidos. Cada SS tem a conexão entre todas as classificações de quartil (Classe Baixa, Classe Média Baixa, Classe Média Alta e Classe Alta). Essa conexão foi feita em dois tipos de material e o terceiro tipo de material foi definido por último, como pode ser visto na Tabela 2.

CONJUNTO AMOSTRAL 1			CONJUNTO AMOSTRAL 2			CONJUNTO AMOSTRAL 3		
Argamassa	Concreto	Cerâmico	Argamassa	Concreto	Cerâmico	Argamassa	Concreto	Cerâmico
	Baixa	Baixa	Baixa		Baixa	Baixa	Baixa	
	Média Baixa	Baixa	Média Baixa		Baixa	Média Baixa	Baixa	
	Média Alta	Baixa	Média Alta		Baixa	Média Alta	Baixa	
	Alta	Baixa	Alta		Baixa	Alta	Baixa	
	Baixa	Média Baixa	Baixa		Média Baixa	Baixa	Média Baixa	
	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa		Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	
	Média Alta	Média Baixa	Média Alta		Média Baixa	Média Alta	Média Baixa	
	Alta	Média Baixa	Alta		Média Baixa	Alta	Média Baixa	
	Baixa	Média Alta	Baixa		Média Alta	Baixa	Média Alta	
	Média Baixa	Média Alta	Média Baixa		Média Alta	Média Baixa	Média Alta	
	Média Alta	Média Alta	Média Alta		Média Alta	Média Alta	Média Alta	
	Alta	Média Alta	Alta		Média Alta	Alta	Média Alta	
	Baixa	Alta	Baixa		Alta	Baixa	Alta	
	Média Baixa	Alta	Média Baixa		Alta	Média Baixa	Alta	
	Média Alta	Alta	Média Alta		Alta	Média Alta	Alta	
	Alta	Alta	Alta		Alta	Alta	Alta	

Tabela 02 – Composição das amostras
Fonte: Autores.

As classificações devem ser substituídas pelo valor central entre os quartis de cada tipo de material. O terceiro material, sem classificação no conjunto de amostras, precisa ser definido para que a amostra atinja 100%. Ao final, o conjunto de amostras mais adequado será analisado para estudar os resíduos brasileiros de construção e demolição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente são apresentadas as composição de vários RCDs a partir de uma seleção de documentos publicados disponíveis em várias fontes. Fontes como artigos, documentos públicos governamentais, teses,

entre outros foram consultadas. Como pode ser visto no Apêndice A, a composição gravimétrica do CDW brasileiro pode variar.

A pesquisa tenta cobrir a maior parte do território brasileiro. No entanto, não foram encontrados estudos sobre algumas regiões. Como pode ser visto, mais de um estudo foi encontrado para algumas cidades. Estes dados demonstram a existência de variabilidade da composição do CDW mesmo na mesma cidade. Os dados também não apresentam homogeneidade considerando o período do estudo.

Os dados de argamassa, concreto e cerâmica foram isolados e os demais tipos de materiais foram definidos como zero. A Tabela 3 mostra novas porcentagens.

CIDADE	(%)		
	AR	CO	CE
Brazil*	64	4	32
Campina Grande (PB)	39	14	47
Campinas (SP)	47	27	27
Colina (SP)	66	31	4
Florianópolis (SC)	30	34	36
Fortaleza (CE)	32	23	45
Fortaleza (CE)	61	23	17
Itatiba (SP)	37	14	49
Maceió (AL)	29	19	52
Novo Hamburgo (RS)	41	32	27
Novo Hamburgo (RS)	41	32	27
Olinda (PE)	26	37	37
Parnaíba (PI)	70	4	27
Passo Fundo (RS)	47	17	36
Petrolina (PE)	28	17	55
Porto Alegre (RS)	41	22	37
Porto Alegre (RS)	41	28	31
Recife (PE)	42	18	40
Recife (PE)	35	5	59
Ribeirão Preto (SP)	46	26	28
Ribeirão Preto (SP)	58	18	24
Salvador (BA)	35	14	51
São Carlos (SP)	74	6	20
São Carlos (SP)	12	28	60
São Leopoldo (RS)	27	33	40
São Leopoldo (RS)	45	19	36
São Leopoldo (RS)	24	28	47
São Paulo (SP)	37	12	51
São Paulo (SP)	39	13	48
Uberlândia (MG)	26	46	29
Viçosa (MG)	37	32	31

Tabela 03 – RCD brasileiro considerando somente argamassa (AR), concreto (CO) e cerâmicos (CE)
 Fonte: Apêndice A.

Considerando apenas valores de argamassa, concreto e cerâmica, é possível identificar seus limites de ocorrência na RCD brasileira. A argamassa está presente na composição do CDW de 12 a 74 por cento. O concreto tem valores que variam de 4 a 46% e cerâmico de 4% a 60%. Os valores de cada tipo de material foram divididos em quartis, os quais foram classificados da seguinte forma: Classe Baixa, Classe Média Baixa, Classe Média Alta e Classe Alta (Figura 2).

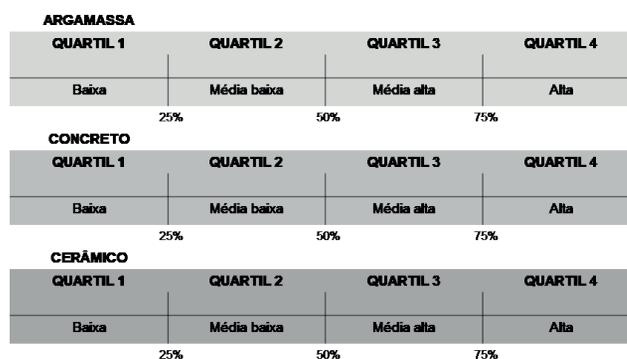


Figura 02 – Classificação dos limites estabelecidos por cada quartil
 Fonte: Autores.

Para realizar o delineamento amostral, utilizou-se o Projeto Fatorial 2k aplicando as 4 faixas entre os quartis como o fator k. Assim, o conjunto amostral deste estudo terá 16 amostras ($2^4 = 16$). Como o CDW é principalmente composto por argamassa, concreto e cerâmica, a conexão entre todas as classificações de quantil (Classe Baixa, Classe Média Baixa, Classe Média Alta e Classe Alta) foi feita em dois tipos deste material e o terceiro, finalmente. Assim, três conjuntos de amostras estabelecidos:

CA1: Definindo inicialmente as classes de cerâmica e concreto;

CA2: Definindo inicialmente as classes de argamassa e cerâmica;

CA3: Definindo inicialmente as classes de argamassa e concreto.

A Tabela 4 apresenta os três conjuntos de amostras.

Nº	SS 1			SS 2			SS 3		
	AR	CO	CE	AR	CO	CE	AR	CO	CE
1		L	L	L		L	L	L	
2		LM	L	LM		L	LM	L	
3		UM	L	UM		L	UM	L	
4		U	L	U		L	U	L	
5		L	LM	L		LM	L	LM	
6		LM	LM	LM		LM	LM	LM	
7		UM	LM	UM		LM	UM	LM	
8		U	LM	U		LM	U	LM	
9		L	UM	L		UM	L	UM	
10		LM	UM	LM		UM	LM	UM	
11		UM	UM	UM		UM	UM	UM	
12		U	UM	U		UM	U	UM	
13		L	U	L		U	L	U	
14		LM	U	LM		U	LM	U	
15		UM	U	UM		U	UM	U	
16		U	U	U		U	U	U	

Tabela 04 – Definição inicial das amostras por classe
 Fonte: Autores.

Posteriormente o valor central foi aplicado substituindo as classificações. No final, o último (terceiro) valor foi definido. O valor central entre os quartis de cada tipo de material pode ser visto na Tabela 5.

MATERIAL	CLASSE			
	Baixa	Média Baixa	Média Alta	Alta
Argamassa	21	34,5	43	60,5
Concreto	9	18	26,5	38,5
Cerâmica	15,5	31,5	42	54

Tabela 05 – Valor central de cada intervalo
Fonte: Autores.

O terceiro valor precisa ser definido para que a amostra atinja 100%. Assim, as 16 amostras tiveram seus valores de argamassa, concreto e cerâmica definidos e os Conjuntos

Amostrais (CA) puderam ser comparados. A Tabela 6 apresenta os valores para os três conjuntos de amostras.

Inicialmente, as classificações foram substituídas por CV, no entanto, o terceiro valor que deve ser definido precisa atender ao valor máximo e mínimo de cada material. Assim, às vezes, os dois primeiros valores precisavam ser ajustados, não usando o CV, mas ainda observando a faixa de classe. Por exemplo, a amostra 1 CA3 argamassa e concreto usa 27 e 13, respectivamente. Estes valores atendem às suas classes (Classe Baixa), mas precisaram ser alterados porque neste caso a cerâmica deve ser definido pelo seu valor máximo (60%). Outras amostras foram alteradas: no CA1 apenas um valor difere do valor central (concreto, amostra 1); no CA2, apenas três valores não foram alterados (amostras 9, 11 e 13); e no CA3 três valores foram alterados (dois valores na amostra 1 e um valor na amostra 5).

AMOSTRAS	CA 1				CA 2				CA 3			
	AR	CO	CE		AR	CO	CE		AR	CO	CE	
1	74	10,5	15,5	100%	29	45	26	100%	27	13	60	100%
2	66,5	18	15,5	100%	35	46	19	100%	34,5	9	56,5	100%
3	58	26,5	15,5	100%	43	41	16	100%	43	9	48	100%
4	46	38,5	15,5	100%	61	23	16	100%	60,5	9	30,5	100%
5	59,5	9	31,5	100%	22	46	32	100%	21	19	60	100%
6	50,5	18	31,5	100%	35	33	32	100%	34,5	18	47,5	100%
7	42	26,5	31,5	100%	43	25	32	100%	43	18	39	100%
8	30	38,5	31,5	100%	61	7	32	100%	60,5	18	21,5	100%
9	49	9	42	100%	21	37	42	100%	21	26,5	52,5	100%
10	40	18	42	100%	35	23	42	100%	34,5	26,5	39	100%
11	31,5	26,5	42	100%	43	15	42	100%	43	26,5	30,5	100%
12	19,5	38,5	42	100%	55	4	41	100%	60,5	26,5	13	100%
13	37	9	54	100%	21	25	54	100%	21	38,5	40,5	100%
14	28	18	54	100%	35	11	54	100%	34,5	38,5	27	100%
15	19,5	26,5	54	100%	43	4	53	100%	43	38,5	18,5	100%
16	7,5	38,5	54	100%	47,5	4	48,5	100%	60,5	35,5	4	100%

Tabela 06 – Definição das amostras
Fonte: Autores.

3.1. Comparação dos conjuntos amostrais (CA)

Em seguida, o conjunto de amostras mais adequado será analisado para estudar o CDW brasileiro. Para isso serão comparados os três conjuntos de amostras previamente definidos. A distribuição das frações de cada tipo de material que compõem os conjuntos de amostras é apresentada na Figura 3a (CA1), Figura 3b (CA2) e Figura 3c (CA3).

É possível identificar nos gráficos a homogeneidade entre os conjuntos de amostras, assim, nos três casos todo o intervalo de valores de cada material é coberto. Os

resultados mostram que cada conjunto de amostras tem mais extensão para o terceiro material a ser definido. No CA1 mais extensa está presente para Argamassa (de 7,5 a 74), em CA2 é Concreto (de 4 para 46) e no CA3 é Cerâmico (de 4 para 61) como pode ser na Fig 3c.

A distribuição dos valores de cada tipo de material classificado em ordem decrescente é mostrada abaixo. Como pode ser visto na Figura 4a, a argamassa cobre uma extensão maior de valores em CA1. Os valores de SS 2 e SS 3 são distribuídos de forma semelhante.

A distribuição dos valores de cada tipo de material classificado em ordem decrescente é mostrada abaixo. Como pode ser visto na Figura 4a, a argamassa cobre uma extensão maior de valores em CA1. Os valores de SS 2 e SS 3 são distribuídos de forma semelhante.

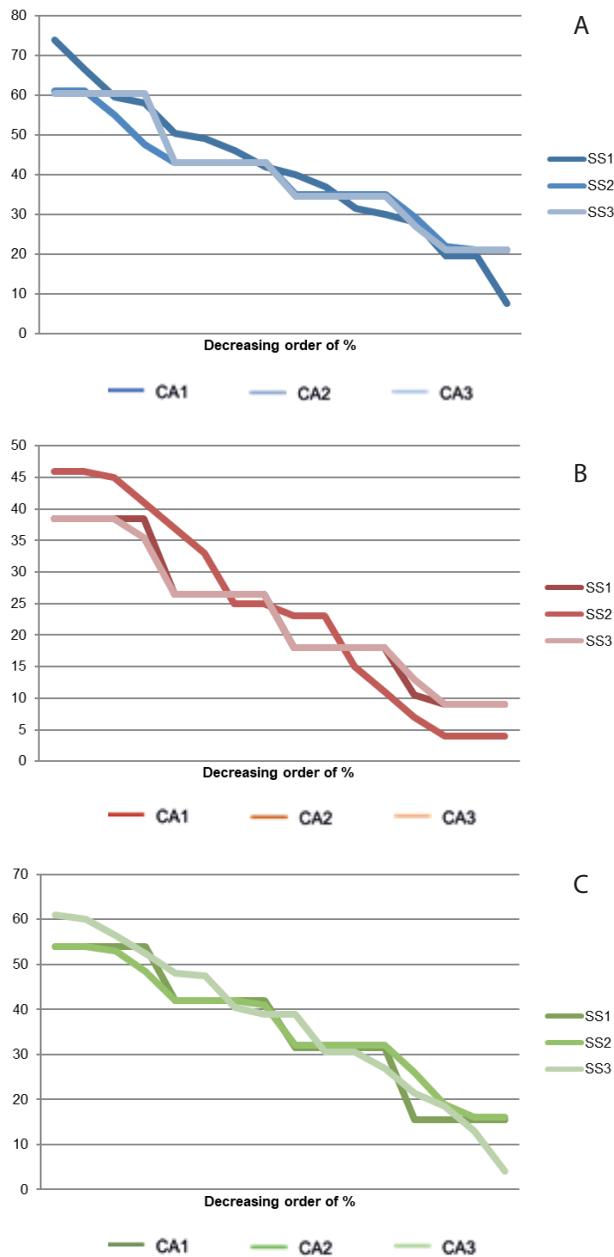


Figura 04 – Comparação entre a distribuição dos valores de SS de argamassa, concreto e cerâmica
 Fonte: Autores.

Na Figura 4b, o concreto cobre uma extensão maior de valores em CA2. Os valores de CA1 e CA3 são distribuídos de forma semelhante. Na Figura 4c, a cerâmica cobre uma extensão maior de valores em CA3. Os valores de CA1 e CA2 são distribuídos de maneira semelhante.

Outra avaliação dos três conjuntos de amostras ocorreu comparando os valores de média e variância da quantidade de dados utilizados distribuídos entre as classes (Classe Baixa, Classe Média Baixa, Classe Média Alta e Classe Alta). A Fig 5 e a Tabela 7 mostram uma síntese dos resultados para cada classe nos 3 conjuntos de amostras.

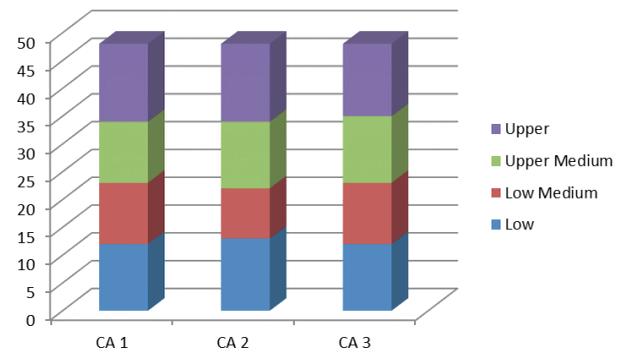


Figura 05 – Amostras por classes
 Fonte: Autores.

CLASSE	CA1	CA2	CA3
Baixa	12	13	12
Média Baixa	11	9	11
Média Alta	11	12	12
Alta	14	14	13
TOTAL	48	48	48
Média	12	12	12
Variância	2,00	4,67	0,67

Tabela 07 – Qualificação de cada classe com as amostras
 Fonte: Autores.

A Figura 5 reitera a existência de homogeneidade entre o intervalo de valores de cada material em todos os conjuntos de amostras. Visualmente, não é fácil identificar grandes diferenças entre cada conjunto de amostras. A Tabela 7 apresenta a análise da variância dos dados aplicados na definição de cada conjunto amostral.

Como pode ser visto na Tabela 7, o CA3 mostra menor variação entre os valores, 0,67, enquanto o CA1 tem 2,00 e o CA2 tem a maior variação, 4,67.

4. CONCLUSÕES

O conjunto de amostras CA3 pode ser considerado o mais representativo e adequado para o estudo da RCD brasileiro em substituição ao agregado natural, uma vez que apenas 3 valores na definição de cada amostra do conjunto foram alterados em relação ao valor central (VC). Além disso, apresentou a maior homogeneidade na distribuição dos valores entre as classes (Baixo, Baixo, Alto e Alto).

O conjunto de amostras CA2 resultou em maior alteração nos valores das amostras (9 valores) e maior heterogeneidade entre as classes. Considera-se que este resultado está ligado ao fato de que o terceiro material a ter seus valores definidos nas amostras (Concreto) possui a menor extensão de sua fração (4 a 46).

Conclui-se que o CA1 é mais adequado para estudos cujo foco principal é resíduos de argamassa, pois o CA2 é mais adequado para estudos de resíduos de concreto e o CA3 é mais adequado para estudos de resíduos cerâmicos.

Considera-se que a divisão em quartis e a metodologia usando o esquema fatorial 2k foi satisfatória, e a CA3 é recomendada para estudos brasileiros de RCD. No entanto, é possível aplicar qualquer um dos três conjuntos de amostras, dada a pequena diferença entre os resultados.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.115: **Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição e Construção de Camadas de Pavimento - Procedimentos**. Rio de Janeiro, Brasil, 2004.
- Ambrós, W. M.; Cazacliu, B. G.; Sampaio, C. H.. Wall effects on particle separation in air jigs. **Powder Technology**. 301, 369–378, 2008
- Bernardes, A.; Thomé, A.; Prietto, P. D. M.; Abreu, Á. G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Revista Ambiente Construído**.3, 65-76, 2008.
- Brito, J.A. Cidade versus entulho. In: **Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil**, 2., São Paulo, 1999. São Paulo, Comitê Técnico CT206 Meio Ambiente (IBRACON), 56-67, 1999.
- Buselli, A. A. P. T. **Proposta de Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Município de Viçosa, MG**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2012.
- Cabral, E.A.; Schalch, V.; Dal Molin, D.; Ribeiro, L. Mechanical properties modeling of recycled aggregate concrete. **Construction and Building Materials**, 24, 421–430, 2010.
- Cavazzuti, M. **Optimization Methods: From Theory to Design**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- Cazacliu, B.; Sampaio, C. H.; Miltzarek, G.; Petter, C.; Le Guen, L.; Paranhos, et. al. The potential of using air jigging to sort recycled aggregates. **Journal of Cleaner Production**, 66, 46 – 53, 2014.
- Coelho, A.; Brito, J.. Environmental analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal – Part I: Energy consumption and CO2 emissions. **Waste Management**. 33, 1258–1267, 2013a
- Coelho, A.; Brito, J. Environmental analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal – Part II: Environmental sensitivity analysis. **Waste Management**. 33, 147–161, 2013b.
- Falcão, N. C. B.; Farias, A. B.; Sukar, S. F.; Gusmão, A. D. Diagnóstico da Gestão de Resíduos da Construção Civil no Município de Olinda/PE– Estudo de Caso. In: **Encontro Técnico Nacional de Auditoria de Obras Públicas – ENAOP**, 2012.
- Feijão Neto, F.. G. **Deposições Irregulares de resíduo da Construção Civil na Cidade de Parnaíba -PI**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Rio Claro. Rio Claro -SP, 2010.
- Galdamez, E.V.C. **Application design of experimental in the injection molding process**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 133 p, 2002.
- IPT/CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2 ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 370p, 2000.
- John, V. M.; Agopyan, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: **Seminário de Resíduos Sólidos**, 1. São Paulo. Anais... São Paulo: CETESB, 2000.
- Kazmierczak, C. S.; Kulakowski, M. P.; Boito, D.; Garcia, A. C. A. Estudo Comparativo da Geração de Resíduos de Construção e Demolição em São Leopoldo e Novo Hamburgo–RS. In: **XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído**. Florianópolis – SP, 2006.
- Latterza, L. M. **Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição: um novo material para fabricação de painéis leves de vedação**. São Carlos. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. 116 p, 1998.
- Leite, M.B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, 2001.
- Lovato, P. S. **Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto**. Dissertação (Mestrado) -Escola de Engenharia.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, 2007.

Lovato, P. S.; Possan, E.; Dal Molin, D.C.C.; Masuero, A. B.; Ribeiro, J.L.D. Modeling of mechanical properties and durability of recycled aggregate concretes. **Construction and Building Materials**. 26, 437–447, 2012.

Lima, A. S.; Cabral, A. E. B. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, 18, 169-176, 2013.

Macedo, T. F.; Lafayette K. P. V.,. Reaproveitamento e Caracterização de RCD para Reforço de Solo com Adição de Fibras. **Associação Brasileira de Mecânica do Solo e Engenharia Geotécnica**, 2009.

Machione, E. C. **Caracterização dos Resíduos de Construção e Demolição Gerados no Município de Colina/SP e uma Proposta de Gerenciamento e Disposição Adequada**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 124 p, 2010.

Malta, J. O.; Silva, V. S.; Gonçalves, J. P.. Argamassa Contendo Agregado Miúdo Reciclado de Resíduo de Construção e Demolição. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, 1, 176–188, 2013

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

Morais, G. M. D. **Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma gestão sustentável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)- Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

Mozdgir, A.; Mahdavi, I.; Badeleh, I. S.; Solimanpur, M. Using the Taguchi method to optimize the differential evolution algorithm parameters for minimizing the workload smoothness index in simple assembly line balancing. **Mathematical and Computer Modelling**, 57, 137-151, 2013.

Neto, R. O.; Gastineau, P.; Cazacliu, B. G.; Le Guen, L.; Paranhos, R. S.; Petter, C. O.. An economic analysis of the processing technologies in CDW recycling platforms. **Waste Management**, 2016.

Nóbrega, A. R. S. **Contribuição ao Diagnóstico da Geração de Entulho da Construção Civil no Município de Campina Grande, PB**. Campina

Grande-PB: Universidade Federal de Campina Grande, 2002.

Oliveira, M. E. D.; Sales, R. J. M.; Oliveira, L. A. S.; Cabral, A. E. B. Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 16, 219-224, 2011.

Pacheco-Torgal, F.; Tam, V. W. Y.; Labrincha, J. A.; Ding, Y.; Brito, J. de. Handbook of recycled concrete and demolition waste. **Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering**: Number 47, 2013.

Pinto, T. P.; Agopyan, V. Construction Wastes as Raw Material for Low-cost Construction Products. In: **International Conference CIB TG16**, 1, Gainesville, 1994.

Pinto, T. P. **Utilização de Resíduos de Construção. Estudo de Uso em Argamassas**. Dissertação (Mestrado_ Departamento de Arquitetura e Planejamento. Universidade de São Carlos, São Carlos – SP, 1986

Rosado, L.P.; Vitale, P.; Penteado, C.S.G.; Arena, U.. Life cycle assessment of natural and mixed recycled aggregate production in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, 151, 634 – 642, 2017.

Sampaio, C. H.; Cazacliu, B. G.; Miltzarek, G. L.; Huchet, F.; leGuen, L.; Petter, C. O. et. al. M.; Oliveira, M. L. S.. Stratification in airjigs of concrete/brick/gypsum particles. **Construction and Building Materials**. 109, 63–72, 2016.

Santos, A. N. **Diagnóstico da Situação dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Município de Petrolina (PI)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica do Pernambuco, Recife – PE, 2008.

Scott Hood, R. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2006.

Souza, P.C.M.; Carneiro, F.P.; Monteiro E.C.B. Barkokébas JR., B.; Gusmão, A.D.G. Análise sobre a gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição na região metropolitana do Recife. In: Geo-jovem – Congresso de Jovens Geotécnicos. São Carlos, 2004.

Vieira, G. L. Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Porto Alegre, 2003.

Vieira, C.S.; Pereira, P.M. Use of recycled construction and demolition materials in geotechnical applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 103, 192 – 204, 2015.

Xavier, L. L. Diagnóstico do Resíduo da Construção

Civil na cidade de Florianópolis/SC. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Eng. Civil – UFSC. Florianópolis, SC, 2001.

Zordan, S. E. A. Utilização de Entulho como Agregado , na Confeção de Concreto. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil. Universidade de Campinas, Campinas – SP, 1997.

APENDICE A

CIDADE	AR	CO	CE	OUTROS	ANO	FONTE
Brazil*	64	4,3	31,6	0,1	1994	Pinto e Agopyan(1994).
Campina Grande (PB)	28	10	34	28	2002	Nóbrega (2002).
Campinas (SP)	37	21	21	21	1997	Zordan (1997)
Colina (SP)	34,3	16	2	47,7	2009	Machione (2010)
Florianópolis (SC)	17,25	19,14	20,73	42,88	2001	Xavier (2001)
Fortaleza (CE)	22	15,6	31,1	31,3	2013	Lima e cabral (2013)
Fortaleza (CE)	37,7	14	10,3	38	2009	Olivera et al (2011)
Itatiba (SP)	35	13	47	5	2000	John e Agopyan (200)
Maceió (AL)	28	19	51	2	2003	Vieira (2003)
Novo Hamburgo (RS)	34,9	27,3	23,4	14,4	2007	Lovato (2007)
Novo Hamburgo (RS)	34,2	26,8	22,9	16,1	2006	Kazmierczak (2006)
Olinda (PE)	23	32	32	13	2012	Falcão et al (2012)
Parnaíba (PI)	52,43	2,64	20,18	24,75	2010	Feijão Neto (2010)
Passo Fundo (RS)	37,4	13,8	28,8	20	2008	Bernardes et al (2008)
Petrolina (PE)	23,6	14,1	45,5	16,8	2008	Santos (2008)
Porto Alegre (RS)	28,26	15,18	26,33	30,23	2001	Leite (2001)
Porto Alegre (RS)	38,43	26,58	29,13	5,86	2006	Scott Hood (2006)
Recife (PE)	27	12	26	35	2004	Souza (2004)
Recife(PE)	26	4	44	26	2009	Macedo e Lafayette (2009)

Composição gravimétrica dos RCD no Brasil (%)

Fonte: Autores.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6633-8683>

REGIS PEREIRA WASKOW, Ms.c. | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Engenharia Ambiental | Porto Alegre, RS – Brasil | Correspondência para Av. Bento Gonçalves, 9500 - Setor 6-Centro de Tecnologia - CT – UFRGS - Porto Alegre, RS, 91501-970 | e-mail: regisengambiental@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5043-9570>

VIVIANE LOPES GSCHWENTER DOS SANTOS, Ms.c. | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Engenharia Civil | Porto Alegre, RS – Brasil | Correspondência para Av. Bento Gonçalves, 9500 - Setor 6-Centro de Tecnologia - CT – UFRGS - Porto Alegre, RS, 91501-970 | e-mail: vlsg@ufrgs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1892-0900>

REJANE MARIA CANDIOTA TUBINO, Dra. | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Engenharia Civil | Porto Alegre, RS – Brasil | Correspondência para Av. Bento Gonçalves, 9500 - Setor 6-Centro de Tecnologia - CT – UFRGS - Porto Alegre, RS, 91501-970 | e-mail: vlsg@ufrgs.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

WASKOW, Regis Pereira; SANTOS, Viviane Lopes Gschwenter dos; TUBINO, Rejane Maria Candiota. Delineamento Amostral de Agregados de Construção e Demolição. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 79-88, out. 2019.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n4.79-88>.

DATA DE ENVIO: 15/08/2019

DATA DE ACEITE: 03/10/2019