

Proposta e verificação de novo método para melhoria de índice de qualidade de segregação de resíduos da construção civil

Proposal and verification of a new method for improving the quality index of construction waste segregation

Caroline Hatada de Lima(1); Pedro Henrique Presumido(2); Caio Dalla Zanna(3); Tatiane Cristina Dal Bosco(4)

1 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil.

E-mail: carolinelima@alunos.utfpr.edu.br | ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1825-0097>

2 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil.

E-mail: pedrohpresumido@gmail.com | ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8134-9594>

3 Gerente de Projetos. Empresa iResíduos, Brasil.

E-mail: caio@iresiduos.com.br | ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1825-0097>

4 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR, Brasil.

E-mail: tatianebosco@utfpr.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2470-9853>

Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 7, n. 1, p. 20-38, Janeiro-Junho 2020 - ISSN 2358-6508

[Recebido: Maio 20, 2019; Aceito: Maio 05, 2020]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2020.v7i1.3328>

Endereço correspondente / Correspondence address

Pedro Henrique Presumido

Departamento de Ambiental, Universidade Tecnológica

Federal do Paraná (UTFPR), Campus Londrina Avenida

dos Pioneiros, 3131, CEP 86036-370, Londrina – PR, Brasil.

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editores: Aline Zanchet

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui! / click here!](#)

Resumo

A indústria da construção civil é um dos setores da economia que apresenta os maiores índices de geração de resíduos. É de suma importância a correta gestão destes resíduos. Medidas para a avaliação da qualidade desta segregação auxiliam na tomada de decisão do gerador de resíduos. Os poucos métodos de avaliação existentes contam com grande subjetividade. Objetivou-se aprimorar um índice de qualidade de segregação (IQS) já existente em um *software* de gerenciamento de resíduos da construção civil, denominado *Waste Manager* (WM), com a proposição de um novo método para avaliar a qualidade da segregação das caçambas para a destinação final. Foram analisados dados do gerenciamento de resíduos de uma obra existentes no *software* WM e foram feitos levantamentos da real situação das caçambas. O novo método foi proposto adicionando dados de densidade das caçambas e não conformidades observadas. Além disso, este novo método foi aplicado à realidade da obra estudada e os resultados foram comparados ao método já existente. Foi possível concluir que o novo método é mais criterioso, além de representar mais a realidade das caçambas, visto que a avaliação passa a ser menos subjetiva, recomendando-se, portanto, sua aplicação nas obras para a determinação do IQS.

Palavras-chave: Gerenciamento de resíduos sólidos. Plano de gerenciamento de resíduos da construção civil. Segregação de resíduos da construção civil.

Abstract

The construction industry is one of the sectors of the economy that has the highest rates of waste generation and the correct management of these wastes is of the utmost importance. Measures to assess the quality of this segregation aid in the decision-making of the waste generator. The few existing methods of evaluation are highly subjective. The objective of this study was to improve an already existing quality of segregation index (QSI) in waste management software, called Waste Manager (WM), with the proposal of a new method to evaluate the quality of segregation of the buckets for the final destination. Waste management data from a worksite in the WM software were analyzed and the actual situation of the buckets was surveyed. The new method was proposed by adding bucket density data and observed nonconformities. In addition, this new method was applied to the reality of the work studied and the results were compared to the existing method. It was possible to conclude that the new method is more judicious, besides representing more the reality of the buckets, since the evaluation becomes less subjective, therefore recommending its application in the works for the determination of the QSI.

Keywords: Solid waste management. Construction waste management plan. Construction waste segregation.

1 Introdução

Os resíduos da construção civil (RCC), que emergem dos canteiros de obras, tornaram-se uma preocupação para vários países devido à quantidade gerada e à pegada ambiental negativa (WAHI *et al.*, 2016). Estima-se que em 2018, os serviços de limpeza coletaram 122.012 toneladas de RCC por dia no país (ABRELPE, 2019). Os RCC constituem uma parte representativa do total de resíduo produzido nas cidades (0,585 kg/habitante/dia (ABRELPE, 2019)), o que faz com que este tema passe a ser o foco de constantes pesquisas e novas legislações que exigem novas condutas, de modo a melhorar o seu gerenciamento e evitar a geração de impactos maiores (SOUZA *et al.*, 2015). Nos últimos anos, diversos estudos tiveram como objeto de pesquisa científica o correto gerenciamento destes resíduos, que resultaram na publicação de vários trabalhos (BERNARDES *et al.*, 2008; FERNANDES; FILHO, 2017; IBÁÑEZ-FORÉS *et al.*, 2018). Porém, para DALLA ZANNA (2014), por ser uma atividade secundária à produção na construção civil, a atividade de gerenciamento de resíduos é raramente monitorada ou avaliada adequadamente, dificultando a melhoria de seus processos, obtendo-se assim resultados insuficientes, até mesmo para atender integralmente a legislação pertinente.

A grande quantidade de RCC gerada pode ser um problema e é uma lacuna científica nesta área, por isso, existe a necessidade de desenvolvimento de ferramentas de gestão e gerenciamento para minimizar seu impacto sobre o meio ambiente e sobre a saúde da população, contudo, sem prejudicar o desenvolvimento econômico. Neste sentido, para o correto gerenciamento dos RCC gerados em uma obra, o levantamento qualitativo e quantitativo deve ser realizado de forma adequada (CAETANO *et al.*, 2018).

A Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) e a Lei Federal nº. 12.305 (BRASIL, 2010), estabelecem a obrigatoriedade do correto gerenciamento e monitoramento de resíduos sólidos gerados na construção civil. Neste sentido, algumas construtoras estão inserindo nos seus canteiros de obras um sistema de gestão ambiental (SGA), de acordo com as Normas ISO 14000, com a intenção de controlar os aspectos ambientais e encontrar uma melhor forma de gerir os seus resíduos (RODRÍGUEZ *et al.*, 2007).

O SGA é um modelo de abordagem de processo proposto pela ISO que descreve a forma como as mudanças devem ocorrer em uma organização, incluindo não apenas os passos do planejamento e implementação de uma mudança, mas também a verificação posterior, se as alterações produziram a melhoria esperada, atuando então para ajustar, corrigir ou iniciar uma melhoria adicional com base no passo de verificação (FRAGA, 2011). O SGA baseia-se em um modelo cíclico de gestão, conhecido como ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). O planejamento (*Plan*) estabelece os objetivos e metas a serem alcançados. A Execução (*Do*) consiste em colocar o planejamento em prática. A Checagem (*Check*) prevê a verificação do que foi feito na etapa de execução, observando

a diferença do planejado e o realizado, e a Ação (*Act*) prevê as correções das falhas existentes durante o processo. O monitoramento (*Check*) é o mais crítico, pois é a etapa responsável pela aferição e interpretação dos resultados, que por sua vez, orientará as ações corretivas e a tomada de decisões. O ciclo não pressupõe o isolamento entre uma etapa e outra; eles constantemente se intercomunicam e se retroalimentam, permitindo integrar as etapas de modo relativamente simples. Suas maiores vantagens são a possibilidade de ser utilizado em qualquer instância da empresa, produzindo melhorias consistentes nos processos e atividades em geral, e a integração das etapas produtivas, envolvendo todas as pessoas e tornando todos responsáveis pela qualidade do processo (MELLO, 2011).

Certificar o SGA implica numa série de benefícios à organização, como a visibilidade frente ao mercado e a crescente busca do consumidor por produtos ou serviços ambientalmente corretos (MATOS, 2013). Há, portanto, um aumento na adesão das construtoras a programas de gestão ambiental devido às exigências do cliente em relação ao produto final e a pressão pela redução dos custos e prazos do empreendimento, porém, a falta de recursos, sejam eles financeiros ou administrativos acaba dificultando o alcance desta vantagem competitiva, favorecendo as empresas de maior porte (FARIA; ARANTES, 2012).

Frente a este desafio, Dalla Zanna (2014) desenvolveu um *software*, chamado de *Waste Manager* (WM), que auxilia no monitoramento de resíduos pelas construtoras, permitindo uma avaliação consistente de indicadores ambientais, que podem auxiliar nas tomadas de decisões. A partir deste *software* é possível sistematizar os dados de quantidade de resíduo gerado na obra, custos de matéria-prima, transporte e destinação final, obter relatórios detalhados destes parâmetros ao longo do tempo, e principalmente, acompanhar a qualidade de segregação destes resíduos na fonte por meio de um índice de qualidade de segregação (IQS) proposto pelo sistema. Em geral, os IQS são utilizados para a organização e monitoramento dos processos quanto ao alcance ou não de uma meta ou padrão mínimo de desempenho estabelecido, buscando correções de possíveis desvios identificados a partir do acompanhamento de dados. Estes dados ainda fornecem informações importantes para o planejamento e o gerenciamento dos processos, podendo contribuir na tomada de decisão (CAMPOS; MELO, 2008).

Atualmente, para compor o IQS do *software* é avaliado somente a qualidade da segregação da caçamba. Se há uma caçamba com resíduo predominante, o usuário do *software* a classifica como “bom”, e o sistema atribui automaticamente 3 pontos. Se há um resíduo predominante, porém misturado com outro resíduo, o usuário a classifica como “regular”, e 2 pontos são atribuídos. Caso haja vários tipos de resíduos misturados, ou há um resíduo classificado pela Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) como perigoso, sua classificação é ruim, e 1 ponto é atribuído. O indicador

então é a média ponderada de todas as avaliações, onde os valores mais próximos de 3 indicam melhor qualidade de segregação (DALLA ZANNA, 2014).

Portanto, identificou-se no *software* WM uma oportunidade de avaliação dos dados existentes quanto aos IQS dos resíduos de uma obra em Londrina/PR e objetivou-se, neste trabalho, desenvolver um novo método de avaliação da qualidade da segregação dos resíduos de construção civil, propondo um novo IQS, com menor subjetividade no momento da avaliação e maior confiabilidade.

2 Metodologia

2.1 Principais características do software WM e fases do estudo

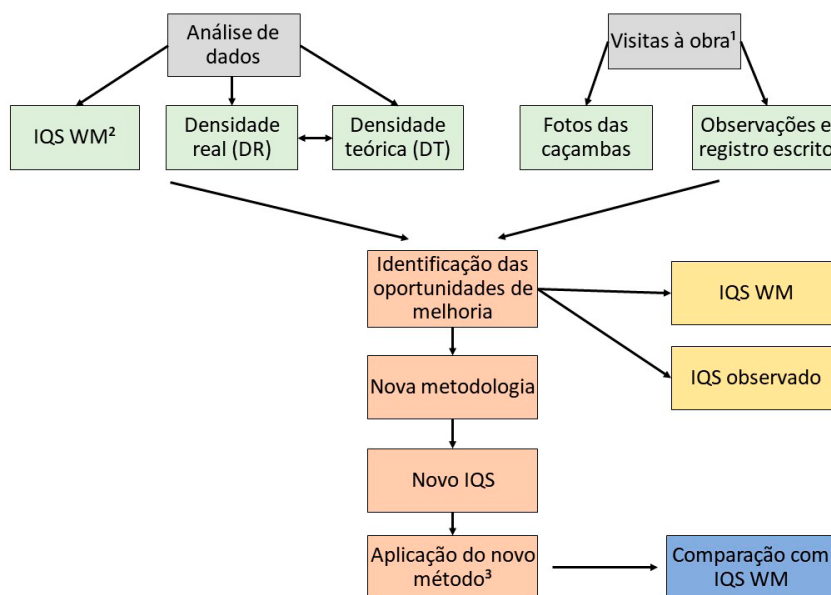
Esta pesquisa caracteriza-se como explicativa e estudo de caso. Atualmente, o *software* WM é operado por um usuário que, além de preencher o CTR (Controle de Transporte de Resíduos – documento obrigatório onde todas as atividades de transporte e destinação dos resíduos são registrados), analisa e avalia, visualmente, a qualidade de segregação das caçambas a serem destinadas. A partir desta observação quanto à mistura de resíduos, atribui-se o conceito de: “bom” para caçambas cujos resíduos estão completamente segregados, conforme sua classe pela resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) e CONAMA 469 (BRASIL, 2015); “regular” para caçambas onde há um resíduo predominante, porém misturado com outra classe; “ruim” para quando não era possível perceber a separação do material. Estas informações compõe o IQS da obra, que é calculado pela Equação 1 (DALLA ZANNA, 2014):

$$IQS = \frac{(3 * \sum Bom) + (2 * \sum Médio) + (1 * \sum Ruim)}{\sum Bom + \sum Médio + \sum Ruim} \quad \text{Eq. 1}$$

O usuário descreve ainda, em caso de mistura de resíduos nas caçambas, quais os componentes existentes, o que se denominou, neste trabalho, de “não conformidades”.

Neste contexto, visando à minimização da subjetividade no preenchimento do CTR e a melhoria da qualidade da informação sobre o IQS, foram conduzidas cinco etapas principais neste trabalho: 1) análise dos dados já existentes no *software* WM, 2) visitas à obra estudada para confrontação da avaliação realizada atualmente pelo usuário do *software*, com a realidade das caçambas, 3) identificação de oportunidades de melhoria, 4) proposição do novo método e 5) aplicação para validação do novo método. Na Figura 1 estão sistematizadas as etapas do trabalho.

Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas do trabalho



Nota:

¹ 11 visitas *in loco*.

² 36 caçambas analisadas para compor o IQS WM.

³ 11 caçambas em que foram aplicadas o novo método.

2.2 Etapa 1: Análise dos dados já existentes no *software* WM

Primeiramente, fez-se a análise dos dados históricos do *software* quanto ao IQS das caçambas da obra estudada (Figura 1). Considerou-se que no período de três meses, o operador do *software* observou e incluiu no sistema dados de 36 caçambas.

Com o intuito de confrontar se a qualidade da segregação registrada no *software* expressava a realidade da caçamba, levou-se em consideração a densidade teórica dos resíduos e a densidade real, informação obtida a partir da análise dos dados fornecidos pela empresa de destinação dos resíduos, que apresenta em nota fiscal o volume e o peso das caçambas recebidas. Para os resíduos que se apresentavam em mais de uma caçamba, realizou-se análise estatística descritiva dos dados, utilizando-se o Excel e o *software* BioStat.

Com estas informações foi possível inferir sobre a similaridade dos resíduos relatados pelo operador e os realmente existentes nas caçambas.

2.3 Etapa 2: Caracterização da obra estudada e análise das caçambas em campo

As características da obra em estudo são apresentadas na Tabela 1. Além da construção dos apartamentos, a obra conta com salão de festas, *playground*, piscina adulto e infantil, salão de jogos, quadra, sala de ginástica, espaço *gourmet*, churrasqueira e gramado.

Tabela 1 – Informações gerais sobre a obra em estudo

Informação	Quantidade/Dado
Método construtivo	Alvenaria estrutural
Área total do terreno	55.820,07 m ²
Apartamentos	14 apartamentos de 1 dormitório com 37,7 m ² de área privativa
	882 apartamentos de 44,67 m ² ou 47,06 m ² de área privativa
Vagas de garagem	939

As visitas à obra foram realizadas por sete semanas. Neste período, foi possível avaliar *in loco* 11 das 36 caçambas registradas no *software*, em virtude do fato de que estas iam para a destinação no mesmo dia em que foram observadas.

Durante estas visitas, verificou-se a qualidade da segregação das caçambas e os resultados foram anotados em planilha. Se houvessem resíduos misturados, estes resíduos eram identificados. Quando a caçamba era retirada e a empresa recebedora dos resíduos preenchia o CTR, comparava-se então os resíduos que o usuário do *software* incluía a partir de sua observação, e os que realmente estavam presentes segundo a visita realizada à obra. Estas caçambas estudadas foram fotografadas para a validação das informações.

2.4 Etapa 3: Identificação de oportunidades de melhoria

A partir do levantamento de dados nas etapas 1 e 2, identificou-se as oportunidades de melhorias para que o novo método de avaliação fosse mais completo e menos subjetivo. Nesta etapa, levou-se em consideração, principalmente, as divergências entre o relatado pelo usuário do *software* e o observado *in loco* nas visitas à obra, e também entre as densidades teóricas e reais dos resíduos.

2.5 Etapas 4 e 5: Nova metodologia proposta para a determinação do IQS e sua validação

O novo método proposto para a determinação do IQS das caçambas, considerou:

- ♦ O aspecto qualitativo dos resíduos já considerado no IQS do *software*, a partir do índice “bom”, “regular” e “ruim” proveniente da avaliação visual da caçamba;
- ♦ A densidade real dos resíduos;
- ♦ As não conformidades descritas no *software* WM.

Os dados de “densidade real dos resíduos” provêm da relação entre o peso da caçamba informado pela empresa de destinação do resíduo e o volume anotado pela construtora no momento em que a caçamba saía da obra.

As “não conformidades” consideradas para o novo método de determinação do IQS são aquelas presentes no *software* WM, que caracterizam o tipo de resíduo que compõe a mistura nas caçambas, conforme a sua classe, segundo a Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) e Resolução CONAMA 469 (BRASIL, 2015).

O novo método previu a atribuição de pesos para os três critérios que o compõe, levando em conta a precisão na obtenção de cada um desses dados, sendo o menor para a avaliação qualitativa e o maior para não conformidades. Definiu-se uma escala de 0 a 10 para a categorização das caçambas de acordo com o novo IQS, sendo 10 a melhor situação e 0 a pior.

Para a validação do novo método, utilizaram-se os dados de 11 caçambas contidas no *software* WM, que continham: 1) informações sobre o aspecto qualitativo dos resíduos (etapa 1); 2) observações de campo (etapa 2) e 3) dados de densidade real dos resíduos. Aplicou-se o novo método proposto aos dados dessas caçambas e avaliou-se se o novo IQS obtido expressava mais a realidade da caçamba, se comparado com o modelo aplicado atualmente para o IQS do *software* WM. Esta comparação foi apresentada na Tabela 5.

3 Resultados e Discussões

3.1 Análise qualitativa e densidade dos resíduos

O número de avaliações, qualidade da segregação das caçambas nos meses do estudo, atribuídas pelo usuário do *software* WM, e o IQS médio, são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Número de avaliações e qualidade de segregação dos resíduos

Período	Número de avaliações			IQS médio
	Bom ¹	Regular ²	Ruim ³	
1º mês	19	0	0	3,00
2º mês	11	1	0	2,95
3º mês	4	1	0	2,83
Total no período	34	2	0	2,96

Fonte: Sistema *Waste Manager*.

¹ caçambas cujos resíduos estão completamente segregados, conforme sua classe pela resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) e CONAMA 469 (BRASIL, 2015);

² caçambas onde há um resíduo predominante, porém misturado com outra classe;

³ caçambas que não era possível perceber a separação do material.

No período da pesquisa, foram preenchidas pelo usuário do *software* 36 CTRs, 34 avaliadas como “boa” e duas avaliadas como “regular”. Para o IQS, a média dos meses foi de 2,96, configurando caçambas bem segregadas na obra. Pode-se observar

ainda que em todos os casos, o IQS médio foi maior que 2, ou seja, classificando as caçambas analisadas como “boa”. O fato de existirem duas caçambas classificadas como “regular”, não interferiu no índice final, o que indica a fragilidade do método de avaliação existente (Tabela 2).

Neste sentido, Santos (2009) afirma que o erro humano é responsável por no mínimo metade dos erros existentes em sistemas de avaliação qualitativa. Há um número cada vez maior de erros atribuídos aos homens porque os sistemas ficaram mais confiáveis, e desta forma, o erro humano tornou-se mais significativo. Para Gomes Filho *et al.* (2009), o erro humano se caracteriza pelo ato do julgamento. Não há condições de se qualificar um erro sem um conveniente processo de avaliação. A avaliação, por sua vez, pressupõe um fato a ser analisado e um conceito do que seja a verdade, que deve estar amparada por um paradigma estabelecido.

Assim, em função da subjetividade associada à avaliação das caçambas e do erro humano inserido na observação, pode-se afirmar que utilizar somente este parâmetro para compor o IQS não permite a confiabilidade na informação, pois pode não representar a realidade. Sobre este aspecto, Tanaka e Melo (2001) destacam que os resultados obtidos a partir de análises qualitativas não são generalizáveis.

Os dados de densidade real (DR) e teórica (DT) dos resíduos são apresentados na Tabela 3.

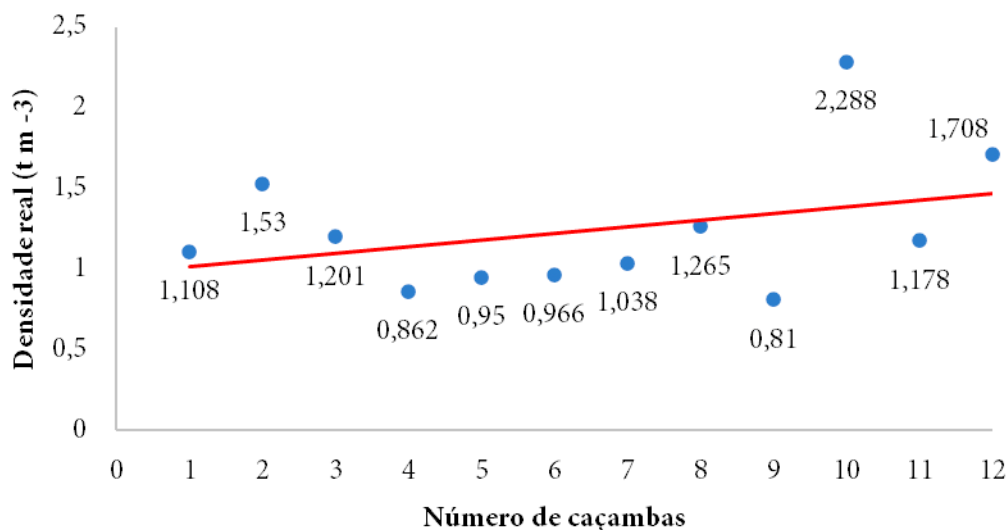
É possível observar na Tabela 3 que os valores encontrados a partir dos dados experimentais da DR diferem dos valores para DT em todas as CTRs analisadas. Isto sugere que nas caçambas estudadas há mistura de resíduos, fazendo com que a densidade sofra alterações. Este, portanto, caracteriza-se como um importante parâmetro a ser considerado no IQS, pois pode-se inferir que quanto mais próximo a densidade real está do valor teórico, mais segregados os resíduos da caçamba em questão estão.

A respeito das médias das densidades, a média aritmética calculada das caçambas de concreto foi de $1,24 \text{ t m}^{-3}$, enquanto que a teórica, para este material, é de $2,40 \text{ t m}^{-3}$ (DALLA ZANNA, 2014) ou seja, pode-se inferir, neste caso, que há mistura de resíduos nas caçambas. O mesmo pode ser observado para os blocos, onde a média calculada foi de $1,04 \text{ t m}^{-3}$ e a teórica é de $2,20 \text{ t m}^{-3}$; e para terra/solo, onde a média calculada foi de $1,08 \text{ t m}^{-3}$ e a teórica de $1,15 \text{ t m}^{-3}$.

Nota-se na Tabela 3 grande variabilidade nos dados de DR. Para a densidade do concreto, por exemplo, o desvio padrão encontrado foi de 1,41 e o coeficiente de variação foi de 33,92%. Gomes (2000), em experimentos de campo, classifica coeficientes de variação inferiores a 10% como baixos; médios entre 10 e 20%; altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%, que indicam baixíssima precisão. Tal fato pode ser observado na Figura 2, onde apenas um valor de densidade real se aproxima ao teórico ($2,29 \text{ t m}^{-3}$). Isso indica que a segregação nas caçambas consideradas como de concreto está ruim.

Tabela 3 – Densidade teórica (DT) e real (DR), média, coeficiente de variação (CV) e desvio padrão (DP)

Nº CTR	Resíduo	DT (t m ⁻³)	DR (t m ⁻³)	Média	CV	DP
1			1,11			
2			1,53			
3			1,20			
4			0,86			
5			0,95			
6	Concreto	2,40	0,97	1,29	33,92%	1,41
7			1,04			
8			1,26			
9			0,81			
10			2,29			
11			1,79			
12			1,71			
13			0,71			
14			0,80			
15	Blocos	2,20	0,94	1,04	15,10%	0,14
16			1,70			
17			1,07			
18			1,00			
19			1,03			
20			0,81			
21			1,06			
22			1,74			
23	Terra/solo	1,15	0,71	1,08	28,78%	0,31
24			1,21			
25			0,80			
26			1,24			
27			1,08			
28	Revestimento cerâmico	1,50	0,53			
29	Papel	0,30	0,12	-	-	-
30	Saco de cimento	0,30	1,00			
31			1,10			
32	Cascalho	1,5	2,73	-	-	-
33	Pavimento asfáltico	1,80	0,80			
34	Galhos e poda	0,6	0,95			
35	Tubo de PVC	0,13	2,42	-	-	-
36	Argamassa	1,8	0,23			

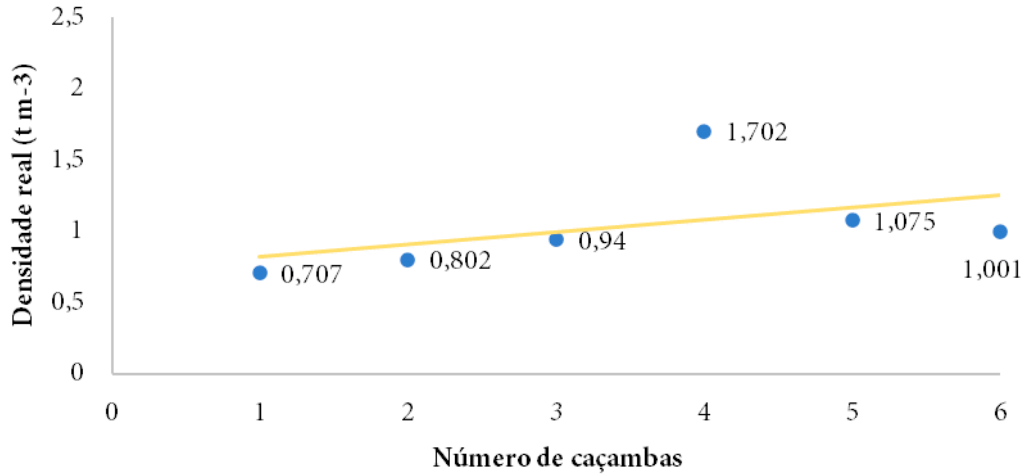
Figura 2 – Dispersão da densidades real das caçambas de concreto

Os possíveis fatores que influenciam nesta heterogeneidade de dados são:

- ♦ A má segregação de resíduos na fonte por parte da equipe de obra, resultando na mistura de resíduos e gerando divergência de valores de densidade;
- ♦ A dificuldade de segregar, na mesma caçamba, resíduos de mesma classe segundo a Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) e a Resolução CONAMA 469 (BRASIL, 2015);
- ♦ Erros sistemáticos, como o mau armazenamento da caçamba na obra, podendo resultar na alteração do peso pela umidade ou existência de um resíduo fora do padrão da densidade teórica.

Com relação aos blocos, o desvio padrão encontrado para as densidades foi de 0,14. Este valor implica que houve uma dispersão de dados menor do que a observada para o concreto. No entanto, o coeficiente de variação, de 15,10%, também é considerado médio (GOMES, 2000). Na Figura 3 pode-se observar esta heterogeneidade dos dados. Considerando que a densidade teórica é de $2,20 \text{ t m}^{-3}$ e as observadas na Figura 3, nota-se que todos os dados de densidade real estão abaixo deste valor, indicando, mais uma vez, uma provável má segregação das caçambas analisadas.

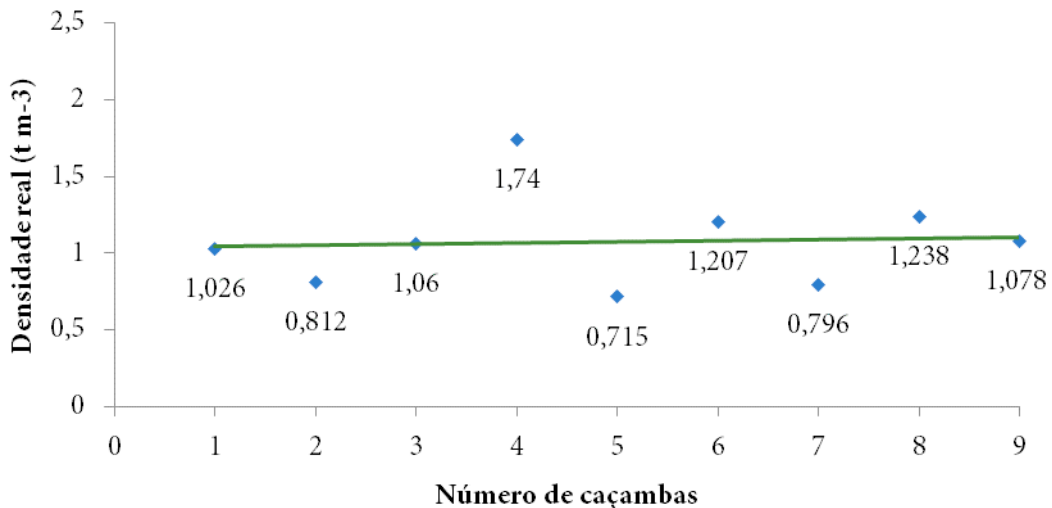
Figura 3 – Dispersão das densidades de blocos



Para terra/solo, o desvio padrão encontrado para as densidades foi de 0,31, indicando a menor dispersão dos dados comparativamente aos demais materiais analisados. O coeficiente de variação obtido para terra/solo foi de 28,78%.

Embora o coeficiente de variação para as densidades de terra/solo seja considerado alto, na Figura 4 pode-se notar que os valores obtidos para as caçambas analisadas estão mais próximos ao valor teórico do material, que é de 1,15 t m⁻³, podendo-se inferir que para terra/solo há uma melhor segregação dos resíduos. Neste caso, por exemplo, a caçamba poderia ser encaminhada para o reúso do material ao invés de ir para o descarte como resíduo da construção civil.

Figura 4 – Dispersão das densidades de Terra/solo



3.2 Não conformidades encontradas no estudo

As não conformidades encontradas durante as visitas à obra, comparadas com as não conformidades descritas no *software*, bem como DT e DR das caçambas analisadas, estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação entre a densidade teórica (DT) e a densidade real (DR), e resíduos descritos no software WM e resíduos observados *in loco*

CTR Nº	08	10	18	24	25	26	27	31	32	34	35
Data	07/10/2015	28/10/2015	11/12/2015	21/10/2015	22/10/2015	17/11/2015	02/10/2015	22/10/2015	17/11/2015	17/11/2015	11/12/2015
DT	2,40	2,40	2,20	1,15	1,15	1,15	1,15	1,50	1,50	0,60	0,13
DR	1,26	2,29	1,00	1,21	0,80	1,24	1,08	1,10	2,73	0,95	2,42
Resíduos descritos no software WM	Concreto	Concreto	Blocos	Terra/solo	Terra/solo	Terra/solo	Terra/solo	Cascalho	Cascalho	Galhos e poda	Tubos de PVC
Resíduos observados <i>in loco</i>	Concreto, Pavimento asfáltico, Terra/solo	Concreto, Revestimento cerâmico	Terra/solo, Pavimento asfáltico, Papel, EPI	Terra/solo, Revestimento cerâmico	Terra/solo, Revestimento cerâmico	Terra/solo, Concreto	Galhos e poda, Borracha, Tijolo, Orgânicos, Lata de tinta, Madeira, Plástico	Terra/solo, Revestimento cerâmico	Terra/solo, Revestimento cerâmico, Lata de tinta, Plástico, Cano PVC, Lixa, Arame, Estrutura de ferro, Papelão	Terra/solo, Revestimento cerâmico, Borracha, Fita PP, Papelão, Plástico, EPI, Saco de cimento, Madeira, Resto de tinta, Tecido	Tubos de PVC, Terra/solo, Pavimento asfáltico, Orgânicos

Na Tabela 4 é possível verificar que há muitos resíduos a mais presentes nas caçambas do que o indicado no *software*, preenchido pelo usuário. Apesar de muitos destes resíduos terem a mesma classificação pela Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) e pela Resolução CONAMA 469 (BRASIL, 2015), e serem difíceis de serem separados, como por exemplo, galhos e poda e terra/solo, há resíduos com grandes quantidades de mistura de classes, como o plástico, revestimento cerâmico e EPI.

Estes resultados apontam para a importância da validação de um novo método, que traga mais precisão e não dependa somente do usuário para classificar a segregação dos resíduos, pois tal classificação torna-se muito subjetiva e, muitas vezes, não reflete a realidade. O problema, nestas situações, é que o gestor não possui dados confiáveis para a tomada de decisão ou, analisando os dados existentes, considera a situação adequada, enquanto que na realidade, não o é.

Neste sentido, Freitas (2009) destaca que cada indivíduo possui sua própria maneira de ver, sentir e pensar. Também possui seus valores e personalidade, o que é um fator complicador na elaboração de um sistema de avaliação de desempenho, pois se depara com a subjetividade. Esta subjetividade pode ser diminuída com o treinamento dos avaliadores. As tendências contemporâneas apontam para a importância da democratização de desempenho, regras claras e metas tangíveis com o intuito de estimular o comprometimento do profissional e valorizar o capital intelectual da organização (FREITAS, 2009). Para Tanaka e Melo (2001) é importante incorporar a avaliação como uma atividade cotidiana dos profissionais, e é recomendável que se use uma abordagem quantitativa, tendo em vista a maior facilidade e disponibilidade de informações que podem ser utilizadas neste contexto. Deste modo, a utilização da DR comparada à DT foi identificada como uma oportunidade de melhoria no processo de avaliação.

3.3 O novo método para avaliar a qualidade da segregação e sua validação

Os índices “bom”, “regular” e “ruim” foram mantidos. No entanto, mudou-se a pontuação atribuída para cada categoria.

Se há uma caçamba com um tipo de resíduo predominante, o usuário deve classificá-la como “bom”, e atribuir 2 pontos. Se há um resíduo predominante, porém, misturado com outro resíduo, deve classificar como “regular”, e atribuir 1 ponto. Caso haja vários tipos de resíduos misturados ou um resíduo Classe C ou D presente, classifica-se como “ruim” e atribui-se 0 ponto.

A este parâmetro, atribuiu-se peso 0,5, visto a subjetividade do usuário no momento da avaliação.

Considerou-se também a relação entre a densidade teórica e a densidade real da caçamba:

- ◆ Se a densidade real representa até 80% do valor teórico, atribui-se 2 pontos.
- ◆ Se a densidade real estiver entre de 79% e 50% do valor teórico, atribui-se 1 ponto.
- ◆ Se a densidade real estiver entre 49% e 0% do valor teórico, atribui-se 0 ponto.

A este parâmetro atribuiu-se peso 1,5, ou seja, considerou-se uma importância três vezes maior em relação ao aspecto qualitativo dos resíduos, uma vez que caracteriza-se por apresentar menor subjetividade.

As não conformidades foram categorizadas considerando a mistura e o tipo da mistura dos resíduos nas caçambas, conforme sua classificação pela Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) e pela Resolução CONAMA 469 (BRASIL, 2015). Considerou-se:

- ◆ Predominância de resíduo Classe A na caçamba:
 - Caçamba sem mistura, atribui-se 3 pontos;
 - Resíduos Classe A misturados com Classe A, atribui-se 2 pontos;
 - Resíduos Classe A misturados com Classe B, atribui-se 1 ponto;
 - Resíduos Classe A misturados com Classe C ou D, atribui-se 0 ponto.
- ◆ Predominância de resíduo Classe B na caçamba:
 - Caçamba sem mistura, receberá 3 pontos;
 - Resíduo Classe B misturado com Classe A, atribui-se 1 ponto;
 - Resíduo Classe B misturado com Classe B, atribui-se 2 pontos;
 - Resíduo Classe B misturado com Classe C ou D, atribui-se 0 ponto.
- ◆ Predominância de resíduo Classe C na caçamba:
 - Resíduo Classe C misturado com Classe C, atribui-se 3 pontos;
 - Resíduo Classe C misturado com Classe A, B ou D, atribui-se 0 ponto.
- ◆ Predominância de resíduo Classe D na caçamba:
 - Resíduo Classe D misturado com Classe D, atribui-se 3 pontos;
 - Resíduo Classe D misturado com Classe A, B ou C, atribui-se 0 ponto.

A este parâmetro, conferiu-se peso 2, ou seja, considerou-se uma importância quatro vezes maior em relação ao aspecto qualitativo dos resíduos, uma vez que caracteriza-se por apresentar menor subjetividade.

O novo IQS proposto é atribuído a cada caçamba e consiste no somatório dos três critérios anteriormente detalhados, conforme a Equação 2.

$$IQS = (0,5 * avaliação qualitativa) + (1,5 * densidade) + (2 * não conformidade)$$

Eq. 2

A classificação do novo IQS está pautada na seguinte escala:

- ♦ $10 < \text{IQS} < 8$, a caçamba é classificada como “boa”;
- ♦ $7 < \text{IQS} < 5$, a caçamba é classificada como “regular”;
- ♦ $4 < \text{IQS} < 0$, a caçamba é classificada como “ruim”.

Os dados utilizados para a validação do novo método são apresentados na Tabela 4. Aplicando o novo método, os resultados do novo IQS estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultado do novo IQS das caçambas comparado com a classificação do software WM

Nº CTR	Avaliação qualitativa	Densidade	Não conformidade	NOVO IQS	NOVA classificação	Classificação WM
08	0	1	2	7	Regular	Boa
10	1	2	2	7,5	Boa	Boa
18	0	0	0	0	Ruim	Boa
24	1	2	2	7,5	Boa	Boa
25	1	1	2	6	Regular	Boa
26	1	0	2	4,5	Regular	Boa
27	0	2	0	3	Ruim	Boa
31	1	1	2	6	Regular	Boa
32	0	1	0	1,5	Ruim	Boa
34	0	1	0	1,5	Ruim	Regular
35	0	0	0	0	Ruim	Boa

Com estes resultados (Tabela 5), obteve-se 2 caçambas com classificação “boa”, 4 com “regular” e 5 “ruim”. Se comparado ao IQS do *software* WM, 10 caçambas foram classificadas como “boa” e apenas 1 como “regular”, o que significa que pelo novo método há mais rigor na avaliação da qualidade da segregação dos resíduos.

Se aplicado o conceito de IQS global previsto no *software* WM, pelo novo IQS das caçambas, o IQS global resulta em 4 pontos, o que considera a situação como “ruim”. Já pelo IQS do *software* WM (Tabela 2), o valor global foi de 2,96, o que considera as caçambas como “boas”. Assim, pode-se constatar que os valores de IQS obtidos com o novo método, se comparados ao método utilizado pelo *software* WM, evidenciam à hipótese anunciada no início desta pesquisa, que somente uma avaliação qualitativa não expressa a realidade.

4 Considerações finais

Há a necessidade da inclusão de novos parâmetros ao IQS existente no *software* WM, uma vez que os resultados atualmente registrados não expressam a realidade da segregação das caçambas na obra estudada. Isto pode resultar em decisões

equivocadas quanto ao destino final desses resíduos, e na possibilidade de causar impactos ambientais. Da mesma forma, pode-se ocasionar prejuízos ao planejamento orçamentário da obra, uma vez que a mistura de resíduos implica em maiores custos para a sua disposição final. O principal ponto frágil do atual IQS existente no *software* WM é a subjetividade da avaliação qualitativa feita pelo usuário. As oportunidades de melhoria identificadas neste trabalho foram a inserção de dois novos parâmetros ao IQS (proporção da densidade real das caçambas em relação à densidade teórica e tipos de não conformidades observadas nas misturas de resíduos) e a atribuição de pesos maiores a estes parâmetros.

O novo método proposto mostrou-se mais criterioso e representa com mais precisão a realidade das caçambas estudadas, podendo, portanto, ser utilizado nos momentos de tomada de decisão da empresa geradora de resíduos da construção civil, trazendo, como consequência, uma melhor gestão e minimização de custos com a destinação final, além de proporcionar uma previsão mais precisa da quantidade e tipologia de resíduos a serem gerados em obras futuras.

Por fim, ressalta-se a oportunidade de aplicação deste novo método proposto para a determinação do IQS em outras obras, como sugestões para futuros trabalhos.

Referências

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2019. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>. Acesso em: 18 mar. 20.

BERNARDES, A.; THOMÉ, A.; PRIETTO, P. D. M.; ABREU, A. G. de. Quantificação e classificação do resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, 2008.

BRASIL. *Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil*. Resolução CONAMA nº 469, de 29 de julho de 2015. Brasília: Diário Oficial da União 2015.

BRASIL. *Área de manejo de resíduos da construção e resíduos volumosos: orientação para o seu licenciamento e aplicação da Resolução Conama 307/2002*. Ministério das Cidades (2005). Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/4_manual_implantao_sistema_gesto_resduos_construo_civil_cp_125.pdf. Acesso em: 01 abr. 2019.

BRASIL. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Constituição (2010). Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Brasília: Diário Oficial da União 2010.

CAETANO, M. O.; FAGUNDES, A. B.; GOMES, L. P. Modelo de regressão linear para estimativa de geração de RCD em obras de alvenaria estrutural. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v.18, n.2, 2018.

CAMPOS, L. M. de S.; MELO, D. A. de. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. *Production*, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

DALLA ZANNA, C. *Proposta de sistema informatizado de monitoramento e controle da gestão de resíduos sólidos de construção civil para empresas construtoras*. 2014. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Edificações e Saneamento, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

FARIA, C. A.; ARANTES, D. *Análise Da Implantação Do Sistema De Gestão De Qualidade Na Construção Civil*. 2012. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2012.

FRAGA, S. V. *A qualidade na construção civil: uma breve revisão bibliográfica do tema e a implementação da ISO 9001 em construtoras em Belo Horizonte*. 2011. 77 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/72.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2016.

FREITAS, F. *Subjetividade E Avaliação De Desempenho*. 2009. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/subjetividade-e-avaliacao-dedesempenho/15089/>. Acesso em: 08 maio 2016.

FERNANDES, M. D. P. M.; SILVA FILHO, L. C. P. D. Um modelo orientativo para a gestão municipal dos RCCs. *Ambiente construído*, Porto Alegre, RS. vol. 17, n. 2 (abr./jun. 2017), p. 21-38, 2017.

GOMES FILHO, A. C.; VANZIN, T.; FORCELLINI, F. A. Erros humanos: considerações sob um ponto de vista cognitivo aplicado a processos criativos de negócios. *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 1, p. 219-232, 2009.

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba: Nobel, 477 p., 2000.

IBÁÑEZ-FORÉS, V.; COUTINHO-NÓBREGA, C.; BOVEA, M. D.; MELLO-SILVA, C. de; LESSA-FEITOSA-VIRGOLINO, J. Influence of implementing selective collection on municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. *Resources, Conservation & Recycling*, 134, 100–111, 2018.

MATTOS, B. B. de M. *Estudos do reuso, reciclagem e destinação final dos resíduos da construção civil na cidade do Rio de Janeiro*. 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009307.pdf>. Acesso em: 30 maio 2016.

MELLO, C. H. P. *Gestão da qualidade*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011. 173 p.

RODRÍGUEZ, G.; ALEGRE, F. J.; MARTÍNEZ, G. The contribution of environmental management systems to the management of construction and demolition waste: The case of the Autonomous Community of Madrid (Spain). *Resources, Conservation and Recycling*, v. 50, n. 3, p. 334-349, 2007.

SANTOS, A. P. O. D. *Erro Humano em Sistemas Web*. Centro de Competência em Software Livre. Universidade de São Paulo – USP, 2009.

SOUZA, F. F.; JÚNIOR, P. R. B.; FERREIRA, D. D. M.; FERREIRA, L. F. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: uma análise do relatório GRI de empresas listadas na BM&FBOVESPA. *Navus-Revista de Gestão e Tecnologia*, v. 5, n. 4, p. 78-95, 2015.

TANAKA, O. Y.; MELO, C. *Avaliação de Programas de Saúde do Adolescente - um modo de fazer*. São Paulo: Edusp, 2001.

WAHI, N.; JOSEPH, C.; TAWIE, R.; IKAU, R. Critical Review on Construction Waste Control Practices: Legislative and Waste Management Perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 224, p. 276-283, 2016.