

MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Renata Degraf Miara (renatadmiara@gmail.com); Adriana de Paula Lacerda Santos (adrianapls@ufpr.br); Sergio Scheer (scheer@ufpr.br)

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil (PPGECC) - Brazil

Palavras chave: Métodos, Quantificação, Resíduos, Construção Civil

O desperdício na construção civil é um dos grandes desafios do setor no Brasil. Estimar as perdas e desperdícios gerados na indústria de forma acurada é vital para a minimização dos mesmos na etapa de projeto. Essa visão permite ao projetista visualizar e explorar as medidas corretivas possíveis de forma a aumentar a eficiência da construção. Além disso, pode habilitar os empreiteiros a identificar processos críticos na geração de resíduos e planejar estratégias de controle. Este artigo tem como objetivo explorar os métodos existentes e as pesquisas desenvolvidas para quantificação dos resíduos gerados na construção civil através de uma revisão sistemática da literatura.

1. INTRODUÇÃO

O desperdício na construção civil é um dos grandes desafios do setor em nosso país. Um estudo realizado pela Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP, 2003) feito em diversos estados brasileiros mostra que, em média, se gasta até 8% a mais em material do que o necessário devido a perdas – tanto na própria edificação quanto em entulho.

O gerenciamento de resíduos da construção civil é baseado no reuso, na reciclagem e na correta disposição dos resíduos. As alternativas existentes tomadas pela indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) focam no tratamento dos resíduos da construção apenas após sua geração. No entanto, uma abordagem mais promissora seria a prevenção do desperdício, apoiada na ideia de um projeto sem geração de resíduos. Visto que a redução do desperdício na fonte é a alternativa mais eficiente e sustentável.

Atualmente em um mundo cada vez mais baseado na tecnologia, a maioria das coisas passa a ser avaliada através de números (JALALI, 2007). Sob um dos principais aspectos relacionados à área da construção civil, a gestão dos resíduos, este fato não é diferente.

Estimar as perdas e desperdícios gerados na construção civil de forma acurada é vital para a minimização dos mesmos na etapa de projeto. Essa visão permite ao projetista visualizar e explorar as medidas corretivas possíveis de forma a aumentar a eficiência da construção. Além disso, pode habilitar os empreiteiros a identificar processos críticos na geração de resíduos e planejar estratégias de controle.

Dessa forma há uma evidente necessidade de desenvolvimento de metodologia para auxiliar os gestores da construção na minimização dos resíduos antes mesmo da sua geração (ITO; GONÇALVES; CARVALHO, 2015).

2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

Este artigo tem como objetivo explorar os métodos de quantificação dos resíduos da construção existentes e analisar o estado-da-arte das pesquisas no assunto.

Para que este objetivo pudesse ser alcançado foi realizada uma revisão sistemática da literatura.

Foram selecionadas quatro bases de dados científicas para a realização da pesquisa, sendo elas: Scopus; ASCE; Portal Periódicos da CAPES; Scielo.

As palavras chave adotadas para busca foram: “construction waste”, “quantification”, “method”.

A partir da inserção das palavras-chave nas bases de dados primeiramente obteve-se um resultado de 66 artigos, conforme ilustra a Tabela 1 e o Gráfico 1, com a porcentagem de artigos por base de dados utilizada.

Tabela 1. Resultados da revisão sistemática

Base de dados	Scopus	ASCE	CAPES	Scielo	Total
Encontrados	33	21	8	4	66
Selecionados após leitura de resumos	14	4	7	3	28
Adicionados	4	4	0	4	12
Total	18	8	7	7	40
Eliminados por repetição	0	1	5	0	34
Total	18	7	2	7	

Foram selecionados para delimitação da pesquisa apenas artigos publicados em revistas e/ou congressos. Após leitura dos títulos e resumos foram selecionados 28 artigos. Após a leitura completa dos 28 artigos selecionados foram adicionados mais 12, citados como referências nos 28 artigos selecionados. Para finalização da seleção foram então eliminados aqueles artigos com repetições entre as bases. O que resultou num total de 34 artigos a serem destacados nesta revisão sistemática. Destes 34, 21 foram obtidos através da revisão sistemática e serão destacados na análise bibliográfica. Os outros 13 restantes foram adicionados de maneira a critério do autor, encontrados a partir das referências dos 21 artigos anteriores – conforme citado anteriormente e não serão abordados na análise bibliográfica.

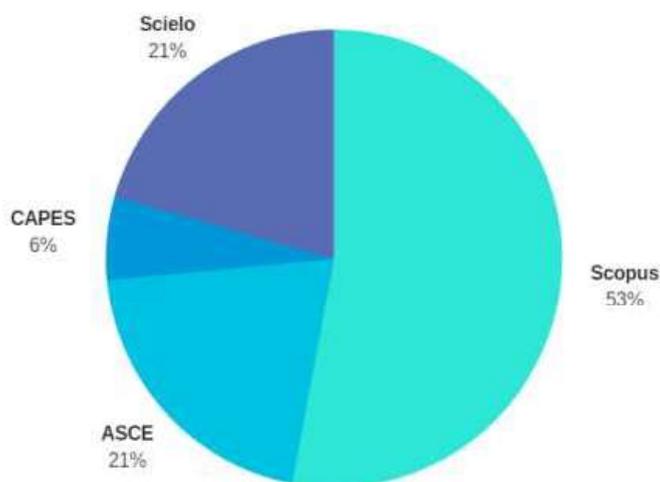


Gráfico 1. % de artigos por base de dados

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Análise bibliográfica

Através de análise bibliográfica pode-se obter mais informações a respeito de um campo de estudos. Desta forma, buscaram-se analisar os dados obtidos de maneira sistemática e quantitativa com o objetivo de obter informações como: desenvolvimento do assunto ao longo do tempo e países com maior número de publicações. O Gráfico 2 ilustra a produção de artigos à respeito da quantificação da geração de resíduos da construção civil ao longo dos anos. Pode-se observar a partir do gráfico que o campo de estudos aumentou entre os anos de 2015 e 2016, mas se retraiu no ano de 2017. Entre os anos de 1997 e 2006 não foram encontradas publicações durante a revisão sistemática. Por essa razão estes anos não encontram-se representados no Gráfico 2. O Gráfico 3, por sua vez, retrata o número de publicações por país e indica que o país com maior número de publicações é a Espanha (7), seguido pelo Brasil (3) e China (2).

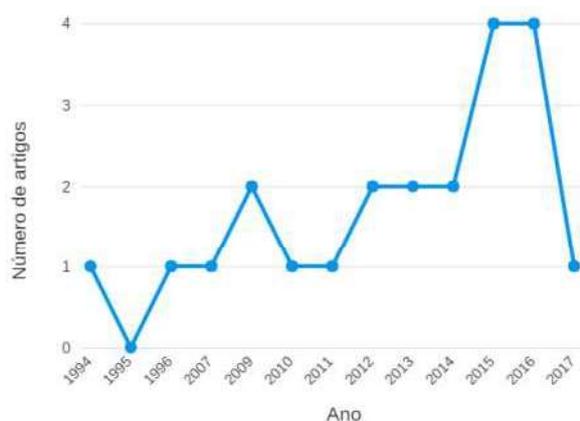


Gráfico 2. Produção ao longo dos anos

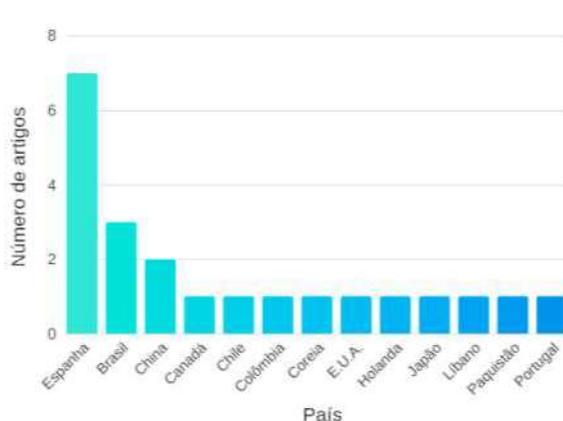


Gráfico 3. Número de artigos por país

3.2. Análise de conteúdo

Com o objetivo de organizar e facilitar a análise adotou-se o plano de ação 5W1H, através da aplicação das perguntas evidenciadas na Tabela 2. Este plano, ferramenta de gestão japonesa, possui grande eficácia, apesar de sua simplicidade, e auxilia na organização de grandes quantidades de informações.

A Tabela 3 relaciona as publicações encontradas na revisão sistemática através do plano de ação 5W1H. Com o auxílio do plano de ação, foi possível agrupar os artigos encontrados em 3 grandes grupos de tipos de quantificação dos resíduos da construção civil, conforme o método utilizado: análise estatística, análise comparativa ou proposição de modelo.

O Gráfico 4 retrata que a maior parte dos artigos encontrados (55%) concentrou-se em uma proposição de modelo para a quantificação dos resíduos gerados na construção civil.

Através do Gráfico 5 pode-se visualizar que grande parte dos estudos focou em analisar a geração de resíduos nas etapas do ciclo de vida de projeto e de obra. Além disso, apenas 9% dos estudos retrataram a quantificação dos resíduos na etapa de demolição. Sendo então a maioria focada somente na etapa de construção da edificação, conforme ilustra o Gráfico 6.

Em relação aos dados analisados os artigos dividiram-se basicamente em três grandes grupos: aqueles que usaram dados de projetos e/ou obras reais através de medição no campo, aqueles que utilizaram dados obtidos na literatura e por fim os que realizaram questionários com os responsáveis pela obra para identificar os aspectos desejados. O

Gráfico 7 indica que dos estudos encontrados nesta revisão sistemática, a maioria deles utilizou medições em projetos reais para realização da pesquisa.

Tabela 2. Plano de Ação 5W1H

Pergunta	Tradução	Pergunta completa
Why?	Por quê?	Qual o objetivo do artigo?
Who?	Quem?	Quais os dados analisados?
What?	O quê?	Quais os resultados obtidos?
When?	Quando?	Em qual etapa?
Where?	Onde?	Em qual localização?
How?	Como?	Qual o método escolhido?

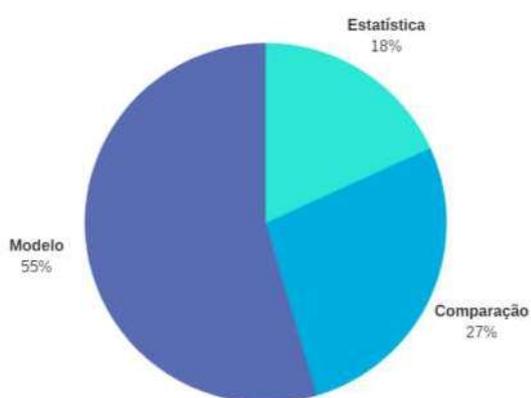


Gráfico 1. Método de quantificação

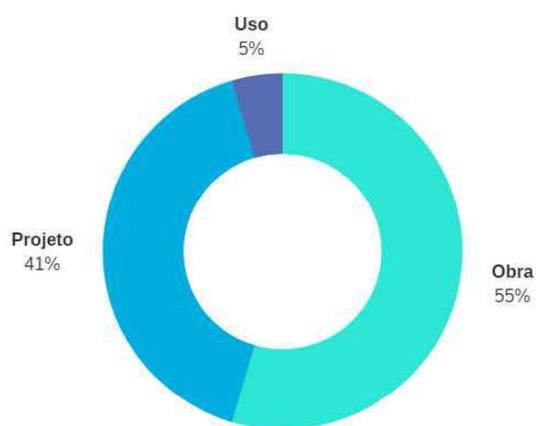


Gráfico 2. Etapa do ciclo de vida

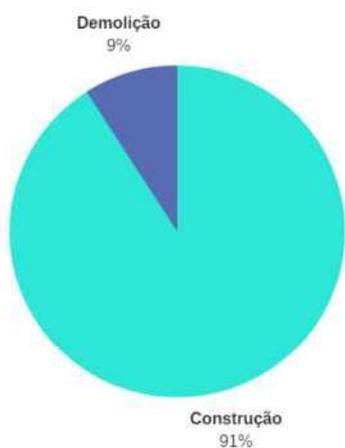


Gráfico 3. Abordagem principal

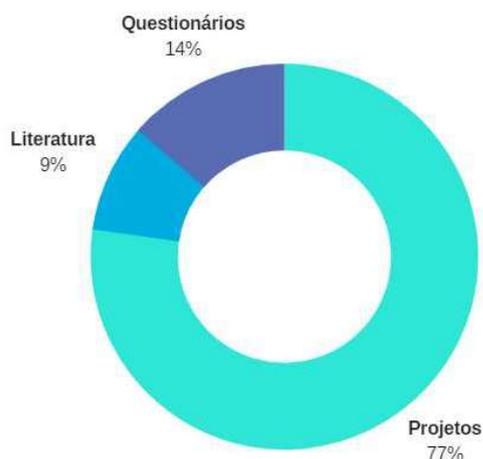


Gráfico 4. Dados analisados

Tabela 3. Relação das publicações

Autor	Ano	Método adotado (How?)	Objetivo (Why?)	Dados analisados (Who?)	Quando (When?)	Onde (Where?)	Resultados (What?)
GAVILAN, R.M.; BERNOLD, L.E.	1994	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	5 obras de construções residenciais	Durante a obra	E.U.A.	Modelo de estimativa da geração de resíduos
BOSSINK, B.A.G.; BROUWER S, H.J.H.	1996	Avaliação comparativa	Quantificar os resíduos gerados e identificar as principais causas	5 projetos residenciais	Durante a obra	Holanda	% de resíduos gerados em relação ao material comprado
JALALI, S.	2007	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	Estimativa de canteiros de obras	Projeto	Portugal	Geração de resíduos em m ² ou kg por habitação
GUZMAN, J.M. et al.	2009	Proposição de modelo	Apresentar e detalhar modelo de estimativa da geração de resíduos	100 projetos	Durante a obra	Espanha	Modelo de estimativa da geração de resíduos
HEE SUNG CHA, A.M. et al.	2009	Proposição de modelo	Auxiliar gerentes de projetos para determinar o nível de desempenho dos projetos	57 respostas de survey	Durante a obra	Seoul	Identificação dos fatores que influenciam na redução da geração de resíduos
WIMALASENA, B.A.D.S. et al.	2010	Análise estatística	Reduzir o número de variáveis necessárias para o cálculo da geração dos resíduos	Dados encontrados na literatura	Projeto	Mundo	Modelo de estimativa da geração de resíduos
LLATAS, C.	2011	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto dos processos de construção e demolição	Dados de estudos realizados na Europa	Projeto	Europa	Modelo de estimativa da geração de resíduos
GUSMAN, A. de B.	2012	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	Obras de ferrovias	Durante a obra	Espanha	Estimativa de peso e volume
TESSARO, A. B. et al.	2012	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	Estudo de caso na cidade de Pelotas	Projeto	Pelotas	Geração de resíduos por m ²
MERCADE R-MOYANO et al.	2013	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	10 obras residenciais	Durante a obra	Sevilla	Geração de resíduos por m ²
PORRAS, A.C. et al.	2013	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	Estudo de caso na cidade de Bogotá	Projeto	Bogotá	Geração de resíduos por m ²
PERICÓT, N.G. et al.	2014	Avaliação comparativa	Quantificar a geração de resíduos da construção de embalagens	10 projetos residenciais	Durante a obra	Madrid	kg/m ² ou m ³ /m ² de embalagens produzidas
COSTA, R. V. G. da et al.	2014	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	35 obras selecionadas	Durante a obra	João Pessoa	Geração de resíduos por m ²
SÁEZ, P. V. et al.	2015	Análise estatística	Estimativa de geração de resíduos em peso e volume	8	Durante a obra	Espanha	Geração de resíduos em m ² ou kg por habitação
BAKSHAN, Amal et al.	2015	Proposição de modelo	Estimativa de geração de resíduos em peso por m ² de área construída	28 obras	Durante a obra	Beirut	Estima taxas de geração dos principais materiais.
BAKSHAN, Amal et al.	2015	Proposição de modelo	Estimativa de geração de resíduos em peso por metro quadrado de área construída	28 obras de diferentes tipos, tamanhos e em diferentes estágios	Durante a obra	Beirut	Categoriza os resíduos da construção nos principais materiais e estima as taxas de geração para cada um deles, assim como uma taxa de geração geral.

Autor	Ano	Método adotado (How?)	Objetivo (Why?)	Dados analisados (Who?)	Quando (When?)	Onde (Where?)	Resultados (What?)
KERN, A. et al.	2015	Análise estatística	Quantificação da geração de resíduos por m ²	18 edificações residenciais	Projeto	Brasil	Taxa de geração de resíduos por m ² (m ³ /m ²)
WU, H. et al.	2015	Avaliação comparativa	Avaliar os impactos gerados pelos resíduos da construção	Cidade de Shenzhen, China	Uso	Shenzen	Kg de CO ₂ equivalentes gerados
Autor	Ano	Método adotado (How?)	Objetivo (Why?)	Dados analisados (Who?)	Quando (When?)	Onde (Where?)	Resultados (What?)
LU, Weisheng et al.	2016	Curva S	Indicar a geração acumulada de resíduos na medida do desenvolvimento do projeto	Dados de 138 edificações construídas	Durante a obra	Hong Kong	Resíduos em peso, não classificados por material, relacionados em uma curva acumulativa conforme a duração do projeto.
CARPIO, M. et al.	2016	Análise estatística	Estimar a geração de resíduos em diversas soluções urbanísticas	6 tipos de projetos residenciais	Projeto	Granada	Toneladas de resíduos /m ² .
LLATAS, C.; OSMANI, M.	2016	Avaliação comparativa	Criação e validação de modelo de projeto para reduzir o desperdício	20 edificações residenciais	Projeto	Espanha	Medidas para redução do desperdício em obra
WON, J. et al.	2016	Avaliação comparativa	Estimar a quantidade de resíduos não gerados devido a utilização de processo de projeto BIM	2 projetos	Projeto	Coreia do Sul	% de geração de resíduos prevenidas devido a utilização do BIM
ARSHAD, H. et al.	2017	Avaliação comparativa	Quantificar a geração de resíduos e suas causas em diferentes tipos de projetos	38 canterios de obras	Durante a obra	Paquistão	Ranking com % de desperdício dos materiais

4. MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO

Os métodos de quantificação dos resíduos da construção civil em sua grande maioria foram obtidos através de análises estatísticas de dados de projetos e/ou obras já realizados ou através da simples observação dos mesmos. Os métodos que utilizaram a análise estatística resultaram em equações matemáticas complexas: envolvendo mais do que uma simples multiplicação.

Por sua vez, aqueles que utilizaram a observação e medição em campo chegaram a equações matemáticas mais simples a partir da multiplicação de um coeficiente para cada tipo de material.

Este coeficiente foi retirado na maioria das vezes da média simples dos valores obtidos de geração de resíduos. A seguir serão descritos os estudos encontrados divididos nas categorias: equações matemáticas complexas e equações matemáticas simples.

Para o caso das equações matemáticas complexas, cada estudo teve em seu desenvolvimento uma equação diferenciada – e por esta razão não encontram-se descritas neste trabalho. Já, para as equações simples a equação encontrada foi a mesma, só sendo alterados os coeficientes de multiplicação.

4.1. Equações matemáticas complexas

Wimalasena, Ruwanpura e Hettiaratchi (2010) utilizaram pesquisa bibliográfica para identificar os principais fatores associados à geração de resíduos e como estes poderiam ser aplicados em uma análise estatística. Como resultado obtiveram a redução do número de variáveis necessárias para o cálculo da geração dos resíduos gerados na construção civil.

De Guzmán Báez et al. (2012) desenvolveram duas equações para a estimativa do volume e do peso dos resíduos gerados em construções de ferrovias. Bakshan et al. (2015) categoriza os resíduos da construção nos principais materiais e estima as taxas de geração para cada um deles, assim como uma taxa de geração geral através do uso de equações lineares. Sáez et al. (2015) analisaram os dados de 8 construções realizadas no estilo tradicional mediterrâneo (fundações profundas, lajes, alvenaria e revestimentos em cerâmica) e através de análise de regressão linear múltipla estabeleceram fórmula com diferentes pesos para previsão para obras futuras.

Parisi Kern et al. (2015) a partir dos dados de 18 edificações residenciais brasileiras, também realizou análise de regressão estatística múltipla para determinar taxa de geração de resíduos por m² de área construída de projeto. Por sua vez, Carpio et al. (2016) utilizou análise estatística para calcular a diferença nas taxas de geração de resíduos Lu et al. (2016) com o objetivo de indicar a geração acumulada de resíduos na medida do desenvolvimento do projeto propuseram a utilização da ferramenta Curva S. Através dos dados de 138 edificações construídas em Hong Kong foi realizada análise estatística e escolha da curva mais representativa para os dados da região.

4.1. Equações matemáticas simples

As equações matemáticas simples apresentadas nos estudos podem ser resumidas a partir da expressão ilustrada em (1):

$$W = P \times I \quad (1)$$

Onde:

- W = Quantidade de resíduos gerados (kg ou m³);
- P = Quantidade de material especificado no projeto (kg ou m³);
- I = Índice de perdas dos materiais por atividade/aplicação em %.

Diversos estudos trataram de estabelecer valores para estes índices, como: Pinto (1989), Soibelman (1993), Schuette; Liska (1994), Bossink; Brouwers (1996), Agopyan et al. (1998), Souza (1999), Poon et al. (2001), Moyano; Ramirez (2013) e Arshad et al. (2017).

Outros autores, no entanto, buscaram utilizar os coeficientes propostos para estabelecer a geração de resíduos em estudos de caso. Jalali (2007) aplicou dois modelos para cálculo da geração de resíduos: índice por componente e índice global. Llatas (2011) através de resultados de estudos realizados em toda a Europa obteve modelo para estimativa da geração de resíduos de construção e demolição. Porrás et al. (2013) e Costa et al. (2014) propuseram modelos para estimativa da geração de resíduos na etapa de projeto através da análise de obras residenciais com medição em campo dos resíduos gerados. Tessaro et al. (2012) estimam a geração de resíduos por m² a partir da aplicação dos coeficientes. Pinto (1989), Soibelman (1993), Schuette; Liska (1994), Bossink; Brouwers (1996), Agopyan et al. (1998), Souza (1999), Poon et al. (2001) e Moyano; Ramirez (2013) analisaram dados em campo com medição de valores como peso e volume de resíduos gerados para chegar aos coeficientes. No entanto Arshad et al. (2017), assim como: Solís-Guzmán et al. (2009), Cha et al. (2009), Llatas; Osmani (2016) utilizaram o método de survey com o mesmo objetivo. Apesar da maioria dos autores ter utilizado a mesma técnica para estabelecer os coeficientes é evidente na Tabela 4 que os valores para um mesmo material variam muito. E ainda, que não foram todos os materiais analisados em todos os métodos. Isso se deve às enormes diferenças nos processos construtivos, visto que cada país apresenta características específicas. Dessa forma, é nítido que ao buscar utilizar os métodos mais simples deve-se atentar a utilizar os coeficientes estabelecidos por autores que consideraram os mesmos processos construtivos e os mesmos materiais de construção. Por esta razão conclui-se que mesmo os coeficientes estabelecidos por autores brasileiros

tenham sido estudados na década de 90 estes ainda são os mais adequados a serem utilizados, pois refletem mais fielmente a realidade brasileira.

5. CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO

Os métodos foram classificados por Wu et al. (2014) em relação à alguns aspectos:

Atividade geradora de resíduos

Três tipos de atividades básicas poderiam ser geradoras de resíduos: construções de novas edificações, demolições de edificações existentes e obras de infraestrutura.

Dimensão abrangida

Além disso, poderiam ser estimadas nas dimensões do projeto da edificação em si ou sob um aspecto regional: em relação à cidade, ou estado por exemplo.

Metodologia de quantificação

Os resíduos podem ser quantificados através de medição direta, com visita em campo; através de taxas de geração estimadas; análises em relação ao ciclo de vida; modelagem de variáveis ou outros.

Wu et al. (2014) sugeriu conforme a Figura 1, adaptada e traduzida pelos autores, uma ferramenta para tomada de decisão em relação ao método a ser adotado para quantificação dos resíduos da construção civil. Esta ferramenta pode ser útil para a definição do método a ser seguido em trabalhos futuros.

6. CONCLUSÕES

Os métodos para quantificação dos resíduos da construção mais simples parecem ser os mais adequados, pois ao se multiplicar fatores específicos para cada tipo de material obtém-se um resultado mais fiel à realidade, visto que cada material apresentará uma porcentagem de desperdício conforme sua aplicação.

No entanto, os coeficientes disponíveis são resultados de pesquisas antigas e não englobam todos os materiais empregues nas obras e muito menos a diferença entre os sistemas construtivos.

Dessa forma é evidenciada a necessidade de novos estudos que avaliem a geração de resíduos para as obras brasileiras utilizando os sistemas construtivos atuais e possíveis inovações, através de estudos de caso para a validação e atualização destes coeficientes.

Tabela 4. Coeficientes multiplicadores por tipo de material

Relação		Índice de perdas dos materiais por atividade/aplicação em %								
		PINTO	SOBELMAN	SCHUETTE, S.D.; LISKA, R.W.	BOSSINK, B.A.G.; BROUWERS, H.J.H.	AGOPYAN et al.	SOUZA	POON, C.S. et al.	MOYANO; RAMIREZ	ARSHAD, H. et al. *
Material	Ano	1989	1993	1994	1996	1998	1999	2001	2013	2017
	País	Brasil	Brasil	E.U.A.	Holanda	Brasil	Brasil	China	Espanha	Paquistão
Bloco cerâmico		12,7	52	-	-	14	27	-	6	-
Bloco concreto		-	-	-	-	11	13	-	8	-
Tijolo cerâmico		-	-	3,5	17,5	7	27	6	6	6,82
Concreto usinado		-	-	7,5	7	9	5	4,5	-	4,39
Aço		-	-	5	21	11	5	4,5	1	4,76
Fôrmas		-	-	10	-	-	-	15	-	-
Alumínio		-	-	-	-	-	-	-	1	4,74
Madeira		-	-	16,5	32	-	-	-	-	6,41
Fios e cabos		-	-	-	-	-	-	-	1	5,34
Tubos de PVC		-	-	-	-	-	-	-	2	4,95
Pregos		-	-	5	-	-	-	-	-	-
Dry-Wall		-	-	7,5	-	-	-	8	-	-
Argamassa	Assentamento	17,3	23,4	-	9,2	40	10	12	-	-
	Emboço	17,3	23,4	-	9,2	32	11	12	-	-
	Chapisco	17,3	23,4	-	9,2	21,5	-	12	-	-
	Reboco	17,3	11	3,5	9,2	13	-	12	-	6,63
	Contrapiso	17,3	23,4	-	-	41,5	5	12	-	-
Tinta	Pintura externa	-	-	-	-	15	-	12	-	-
	Pintura interna	-	-	-	-	23	3	12	-	6
Revestimentos cerâmicos	Paredes	9,5	-	-	-	13	14	7	6	5,51
	Piso	7,5	-	6,5	8	19	14	7	6	6,68
Papel de parede		-	-	10	-	-	-	-	-	-
Gesso		-	-	-	-	30	30	-	-	-
Vidro		-	-	-	-	-	-	-	2	4,92
Mármore e granitos		-	-	-	-	-	-	-	-	4,37
* Resultados obtidos através de questionário										

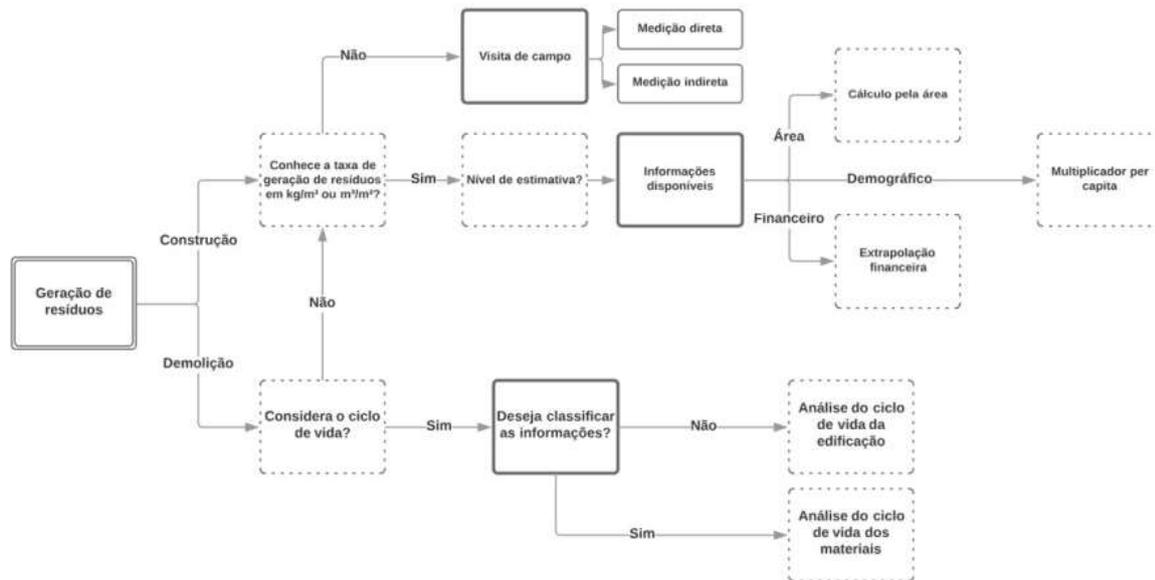


Figura 2. Ferramenta para tomada de decisão

Fonte: Adaptado de Wu et al. (2011).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELPE. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016*. Brasília: Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2018.
- AIA: THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. *Integrated Project Delivery a Guide*. California: 2010.
- AGOPYAN V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. *Pesquisa "Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras."* Relatório final. EPUSP/FINEP/ITQC, 1998
- ARSHAD, H.; QASIM, M.; THAHEEM, M. J.; GABRIEL, H. F. *Quantification of material wastage in construction industry of Pakistan: An analytical relationship between building types and waste generation*. *Journal of Construction in Developing Countries*, v. 22, n. 2, p. 19–34, 2017.
- BAKSHAN, A.; SROUR, I.; CHEHAB, G.; EL-FADEL, M. *A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects*. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 100, p. 70–80, 2015. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.04.002>>.
- BALDWIN, A.; POON, C. S.; SHEN, L. Y.; AUSTIN, S.; WONG, I. *Designing out waste in high-rise residential buildings: Analysis of precasting methods and traditional construction*. *Renewable Energy*, v. 34, n. 9, p. 2067–2073, 2009. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.008>>.
- BERNOLD, L. E. *proportions in some Northeastern states (Spencer 1989). This may indicate that the concept of managing waste is a fairly new one to both legislators and the construction industry . Illegal dumping signifies a disregard for the law and the environment . . .*, v. 120, n. 3, p. 536–552, 1995.
- BOSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H. *Construction Waste: Quantification and Source Evaluation*. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 122, n. 1, p. 55–60, 1996. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281996%29122%3A1%2855%29>>.
- CARPIO, M.; ROLDÁN-FONTANA, J.; PACHECO-TORRES, R.; ORDÓÑEZ, J. *Construction waste estimation depending on urban planning options in the design stage of residential buildings*.

- Construction and Building Materials*, v. 113, p. 561–570, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.061>>.
- CHA, H. S.; KIM, J.; HAN, J.-Y. *Identifying and Assessing Influence Factors on Improving Waste Management Performance for Building Construction Projects*. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 135, n. 7, p. 647–656, 2009. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282009%29135%3A7%28647%29>>.
 - CHEN, Z.; LI, H.; WONG, C. T. C. *An application of bar-code system for reducing construction wastes*. *Automation in Construction*, v. 11, n. 5, p. 521–533, 2002.
 - COMMISSION, European. *Construction and Demolition Waste (CDW)*. Bruxelas: Ec, 2015. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm>. Acesso em: 30 abr. 2018.
 - COSTA, R. V. G. DA; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; OLIVEIRA, M. M. DE. *Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa*. *Ambiente Construído*, v. 14, n. 1, p. 127–137, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000100011&lng=pt&tIng=pt>.
 - FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (Org.). *Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras*. 2003. Disponível em: <<http://perdas.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 07 abr. 2018.
 - FRAGA, M. F., 2006. *Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras*. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.
 - GONZÁLEZ PERICOT, N.; VILLORIA SÁEZ, P.; DEL RÍO MERINO, M.; LIÉBANA CARRASCO, O. *Production patterns of packaging waste categories generated at typical Mediterranean residential building worksites*. *Waste Management*, v. 34, n. 11, p. 1932–1938, 2014.
 - DE GUZMÁN BÁEZ, A.; VILLORIA SÁEZ, P.; DEL RÍO MERINO, M.; GARCÍA NAVARRO, J. *Methodology for quantification of waste generated in Spanish railway construction works*. *Waste Management*, v. 32, n. 5, p. 920–924, 2012.
 - ITO, Ana Paula Nishimoto; GONÇALVES, Pedro Henrique; CARVALHO, Débora Cristine Guerra de. *A avaliação da perspectiva dos arquitetos na redução de resíduos na etapa de projeto arquitetônico*. *Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção*, [s.l.], v. 6, n. 1, p.16-25, 31 mar. 2015. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v6i1.8634994>.
 - JALALI, Said. *Quantification of construction waste amount*. In: *JORNADAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS DE RESÍDUOS*, 6., 2007, Viseu. Anais... Viseu: Cec, 2007. p. 1 - 12. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9105>>. Acesso em: 04 jul. 2018.
 - LLATAS, C. *A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list*. *Waste Management*, v. 31, n. 6, p. 1261–1276, 2011. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.023>>.
 - LLATAS, C.; OSMANI, M. *Development and validation of a building design waste reduction model*. *Waste Management*, v. 56, p. 318–336, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.026>>.
 - LU, W.; PENG, Y.; CHEN, X.; SKITMORE, M.; ZHANG, X. *The S-curve for forecasting waste generation in construction projects*. *Waste Management*, v. 56, p. 23–34, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.039>>.
 - LU, Weisheng et al. *Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China*. *International Journal Of Construction Management*, [s.l.], v. 17, n. 1, p.13-24, 25 abr. 2016. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2016.1166548>.

- MCBEAN, Edward A.; FORTIN, Michael H. P.. *A Forecast Model of Refuse Tonnage With Recapture and Uncertainty Bounds*. *Waste Management & Research*, [s.l.], v. 11, n. 5, p.373-385, set. 1993. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242x9301100502>.
- MERCADER-MOYANO, P.; RAMÍREZ-DE-ARELLANO-AGUDO, A. *Selective classification and quantification model of C&D waste from material resources consumed in residential building construction*. *Waste Management and Research*, v. 31, n. 5, p. 458–474, 2013.
- MOE (Org.). *History and Current State of Waste Management in Japan*. Tóquio: Moe, 2014. Disponível em: <<http://www.env.go.jp/en/recycle/smcs/attach/hcswm.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.
- PARISI KERN, A.; FERREIRA DIAS, M.; PIVA KULAKOWSKI, M.; PAULO GOMES, L. *Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression*. *Waste Management*, v. 39, p. 35–44, 2015. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.01.043>>.
- PINTO, T. P. *Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais*. São Carlos, 1989. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. (Datilografado).
- PRISM ENVIRONMENT (United Kingdom). *Construction sector overview in the UK*. London: Prism Environment, 2012.
- POON, C.s; YU, Ann T.w; NG, L.h. *On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong*. *Resources, Conservation And Recycling*, [s.l.], v. 32, n. 2, p.157-172, jun. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0921-3449\(01\)00052-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0921-3449(01)00052-0).
- PORRAS, Á. C.; LEÓN, Ó. P.; CORTÉS, N. L. G. *Unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición: Estudio de caso Bogotá D.C*. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, v. 23, n. 2, p. 95, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702013000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es%5Cnhttp://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/225>.
- SÁEZ, P. V.; PORRAS-AMORES, C.; DEL RÍO MERINO, M. *New quantification proposal for construction waste generation in new residential constructions*. *Journal of Cleaner Production*, v. 102, p. 58–65, 2015.
- SCHUETTE, Stephen D.; LISKA, Roger W.. *Building construction estimating*. Michigan: Mcgraw Hill, 1994.
- SOIBELMAN, L. *As Perdas de Materiais na Construção de Edificações: sua Incidência e seu Controle*. *Dissertação*, v. 7, n. 1, p. 82, 1993.
- SOLÍS-GUZMÁN, J.; MARRERO, M.; MONTES-DELGADO, M. V.; RAMÍREZ-DE-ARELLANO, A. *A Spanish model for quantification and management of construction waste*. *Waste Management*, v. 29, n. 9, p. 2542–2548, 2009. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>>.
- TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. *Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS*. *Ambiente Construído*, v. 12, n. 2, p. 121–130, 2012.
- WIMALASENA, B. A. D. S.; RUWANPURA, J. Y.; HETTIARATCHI, J. P. A.. *Modeling Construction Waste Generation towards Sustainability*. *Construction Research Congress 2010*, [s.l.], p.1-12, 4 maio 2010. American Society of Civil Engineers. [http://dx.doi.org/10.1061/41109\(373\)150](http://dx.doi.org/10.1061/41109(373)150).
- WON, J.; CHENG, J. C. P.; LEE, G. *Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea*. *Waste Management*, v. 49, p. 170–180, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.026>>.
- WU, H.; DUAN, H.; WANG, J.; WANG, T.; WANG, X. *Quantification of carbon emission of construction waste by using streamlined LCA: a case study of Shenzhen, China*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 17, n. 4, p. 637–645, 2015. Springer Japan.

- WU, Zezhou et al. *Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. Waste Management, [s.l.], v. 34, n. 9, p.1683-1692, set. 2014. Elsevier BV.*
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.010>.

8. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (PPGECC-UFPR) e à própria Universidade Federal do Paraná por proporcionarem a realização deste trabalho e por fomentarem a pesquisa científica no Brasil.

Agradeço também aos professores, deste programa e desta Universidade, Adriana e Sergio, por me orientarem e colaborarem na realização desse trabalho.