III-411 - ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM OBRAS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE PAREDE DE CONCRETO

Matheus Leste Pinheiro [(1)]
Engenheiro Ambiental pela Fundação Mineira de Educação e Cultura - FUMEC.
Especialista em gestão de projetos pela Universidade de São Paulo - USP.
Analista Ambiental na Ambiência Soluções Sustentáveis.
Ana Beatriz de Oliveira Ruas[(2)]
Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.
Analista Ambiental na Ambiência Soluções Sustentáveis.
Cristiane Ferreira Pimenta[(3)]
Engenheira Ambiental pela FUMEC. Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental pelo Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG. Sócia e Coordenadora da empresa Ambiência Soluções Sustentáveis.
Ampla experiência em assuntos relacionados à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos com destaque para centrais de recebimento e reciclagem, resíduos da construção civil e elaboração de planos municipais
Gabriela Fagundes Mendes[(4)]
Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Analista Ambiental na Ambiência Soluções Sustentáveis.
Henrique Ferreira Ribeiro[(5)]
Engenheiro Ambiental pela FUMEC e MBA em Gestão Estratégica de Negócios pela UNA.
Fundador e Sócio Diretor das empresas Ambiência Soluções Sustentáveis e NETResíduos Sistema para Gerenciamento de Resíduos. Atua exclusivamente com gestão e gerenciamento de resíduos desde 2010.

Endereço [(1)]**:** Avenida Tancredo Neves, 2640 – Sala 1103 - Paquetá - Belo Horizonte - MG - CEP: 31330-472- Brasil - Tel: (31) 3031-3536 - e-mail: matheusleste@ambiencia.org

RESUMO

Este estudo foi realizado afim definir índices de geração de resíduos que sejam mais assertivos e condizentes com a realidade para obras construídas através do método de paredes de concreto moldadas in loco, considerando as particularidades de cada obra e a diferença entre as tipologias. Para isso, foi realizado um levantamento de dados que permitiu observar que os índices de geração de resíduos utilizados atualmente para este método construtivo estão defasados. Os resultados do estudo apontaram que há diferenças na geração de resíduos entre obras verticais e horizontais. Foi identificado que uma composição dos resíduos gerados no canteiro de obras aponta um contraste relevante entre as duas tipologias de obra (verticais e horizontais). Desta forma, obteve-se como resultado a indicação de um índice diferente para cada uma delas: 0,098 m^3/m^2 para obras verticais e 0,133 m^3/m^2 para obras horizontais. Vale ressaltar que para métodos construtivos diferentes do que este estudo se dedica a investigar, deve-se utilizar outro índice de geração de resíduos. Isto ocorre pois, conforme apontado pela análise do método construtivo de parede de concreto moldado in loco, há uma geração de resíduos específicos que se relacionam a ele. Este estudo fornece informações para gestores e profissionais da construção civil, que podem utilizar os índices de geração de resíduos aqui propostos para planejar e gerenciar obras construídas com paredes de concreto moldadas in loco, evitando os impactos ambientais causados pela geração de resíduos. Além disso, este estudo pode servir de base para pesquisas futuras que visem aprimorar a gerenciamento de resíduos na construção civil em geral.

PALAVRAS-CHAVE:
Resíduos de construção; Índice de geração; Parede de concreto; Construção civil; Geração de resíduos.

INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil, segundo dados da ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição), é responsável pela geração de cerca de 84 milhões de metros cúbicos de resíduos todos os anos. Esses resíduos são classificados como RCCs (Resíduos da Construção Civil), conforme descrito na Lei Federal nº 12.305 de 2010 em seu Art.13. Nela são considerados resíduos da construção civil aqueles "*gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis*" (BRASIL, 2010). Vale ressaltar também que a construção civil está diretamente ligada a outros tipos de impactos ambientais, como a significativa alteração da paisagem e a exploração expressiva de matéria prima (MACHADO, 2015).

Ademais, o setor brasileiro da construção civil possui um problema crônico, integrando a lista de países que mais desperdiçam materiais e que, consequentemente, geram maior quantidade de resíduos desnecessários, uma vez que o material desperdiçado se torna resíduo (MIRANDA, 2009). Isso indica mais um dos problemas enfrentados pelo país em consequência da falta de investimento em novos métodos construtivos (CARAM, 2012).

O método mais utilizado na construção civil no Brasil, atualmente, é o de alvenaria estrutural, que se refere ao método mais tradicional. Este se caracteriza por, em baixa escala, ser mais econômico e não exigir mão de obra tão especializada quanto o método de parede de concreto moldada *in loco* (AMORIN JÙNIOR e RODRIGUES, 2017).

Segundo levantamento realizado pela Fundação Getúlio Vargas em 2017, havia, no país, um déficit habitacional de cerca de 7,7 milhões de habitações e o governo federal facilitou o acesso de construtoras ao crédito, com objetivo de fomentar os programas de moradias de baixa renda, como o "Minha casa, minha vida". A partir do aumento da demanda gerado por esta medida, algumas construtoras passaram a adotar o método construtivo de parede de concreto moldadas *in loco* como alternativa mais ágil, em relação ao método tradicional (alvenaria).

Embora o método construtivo de parede de concreto moldado in loco esteja em crescente utilização no cenário nacional, é notável a falta de material específico que contemple o índice de geração de resíduos. Esse índice se refere à relação entre o volume de resíduos gerados, em metros cúbicos, por metro quadrado construído, e é de grande importância para avaliar a eficiência ambiental desse método construtivo. Especialmente, há uma lacuna de informações sobre a diferença de geração de resíduos entre obras verticais e horizontais utilizando essa técnica de construção em concreto moldado *in loco*.

OBJETIVOS

O estudo em questão tem como objetivo principal nortear o gerenciamento dos resíduos de obras de construção civil, por meio da definição de um índice de geração de resíduos que seja mais assertivo e condizente com a realidade do que os índices utilizados atualmente. Mais especificamente, serão abordadas obras cujo método construtivo é o de parede de concreto moldadas *in loco*.

Este objetivo baseia-se no fato de que a obtenção de dados fidedignos é indispensável para as tomadas de decisão relacionadas às obras de construção civil relativas ao referido método construtivo. Nesse sentido, espera-se que estas não sejam baseadas em suposições acerca dos processos ou em bibliografias desatualizadas, mas sim, sejam fundamentadas em dados sólidos.

Para tanto, serão analisados os dados referentes ao índice de geração de resíduos de oito obras pertencentes à região metropolitana de Belo Horizonte as quais se dividem em dois tipos: obras horizontais e obras verticais. Deste modo, destaca-se como objetivo específico deste estudo a definição do índice de geração de resíduos de cada uma das duas tipologias e suas particularidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos elencados nesta pesquisa, descritos na seção anterior, fez-se necessária uma estruturação metodológica adequada. Utilizou-se, portanto, da estratégia de estudo de caso de caráter

descritivo. Esta caracteriza-se pela investigação de aspectos factíveis relacionados a uma situação (YIN, 2001). O uso do método em questão se justifica pela delimitação bem estabelecida de seu objeto (FONSECA, 2002): o índice de geração de resíduos observado em oito obras, as quais serão descritas com mais detalhe no capítulo seguinte.

Além disso, foram utilizadas as técnicas de análise documental e pesquisa bibliográfica para fundamentar e comparar os resultados obtidos no referido estudo de caso. A pesquisa documental, caracteriza-se pelo levantamento de informações de fontes diversificadas como relatórios e documentos oficiais, já a pesquisa bibliográfica trata-se de levantamento de publicações de referências teóricas, como artigos científicos e livros (FONSECA, 2002).

O escopo deste estudo de caso é composto pela análise dos dados relativos às oito obras, as quais serão apresentadas no decorrer da pesquisa como obras A, B, C, D, E, F, G e H. Os registros foram realizados pela própria equipe das obras, através do *software* NETResíduos, sistema de controle de dados de gerenciamento de resíduos, cadastro e emissão dos Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR), integrado ao sistema estadual da FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente). Vale ressaltar que o presente estudo não considera os resíduos gerados nas atividades de terraplanagem, supressão ou demolição, pois estas etapas não correspondem à construção em si, mas sim ao preparo do terreno, e variam de a cada caso.

Após a coleta dos dados e do levantamento bibliográfico supracitado, as informações serão analisadas e comparadas estatisticamente, a fim de chegar em uma média, entre os índices de geração de resíduos das duas tipologias de obra. Com o resultado alcançado, a presente pesquisa visa ainda destrinchar as informações, estabelecendo paralelos entre as obras horizontais e verticais e destacando as suas particularidades a respeito da geração de resíduos.

Por obra horizontal considera-se que seus blocos possuem até 5 pavimentos e sua área privativa (apartamentos) é inferior à área comum do condomínio (passagem de carros, portaria, fluxo de pedestres, playgrounds). As obras verticais, por sua vez, são aquelas que possuem maior área privativa em relação às áreas comuns e 6, ou mais, pavimentos por bloco.

RESULTADOS

Seguida a metodologia apresentada no capítulo anterior, os dados coletados das oito obras, relacionados a geração de resíduos da construção do seu início ao fim, são apresentados na Tabela 1 a seguir. São eles: a tipologia da obra, a área construída, o volume total de resíduos gerados nas obras e o índice de geração de resíduos de cada obra.

Tabela 1: Dados obtidos no estudo de caso

Obra	Tipologia	Área Const. (m^3)	Volume Total (m^3)	Índice de Geração de Resíduos (m^3/m^2)
Obra A	Horizontal	13.721,19	1441,27	0,105
Obra B	Vertical	22.423,20	1493,75	0,067
Obra C	Horizontal	13.179,55	1716,05	0,130
Obra D	Vertical	38.290,16	3682,35	0,096
Obra E	Vertical	11.187,43	1193,30	0,107
Obra F	Vertical	12.951,99	1582,28	0,122
Obra G	Horizontal	23.561,30	4283,50	0,182
Obra H	Horizontal	15.557,44	1792,89	0,115

Fonte: Elaboração própria (2022)

Com os dados apresentados acima, inicialmente foi realizada a média do Índice de Geração de Resíduos das obras estudadas e posteriormente a média das obras separando-as por tipologia (vertical e horizontal).
Na Tabela 2 apresenta-se o comparativo realizado entre a informação obtida através de revisões bibliográficas e os resultados das análises referentes às obras apresentadas na tabela 1.

Tabela 2: Comparativo dados obtidos no levantamento bibliográfico e estudo de caso

Método Construtivo	Referência	Índice de geração dos resíduos (kg/m²)	Peso específico dos resíduos de RCD kg/m² (Pinto)	Índice de geração dos resíduos (m³/m²)
Tradicional (Alvenaria)	Pinto (1999)	150	1300	0,115
	Sáez et al. (2014)	131,02	1300	0,1
	Pimenta (2019)	-	1300	0,205
Estrutura de concreto armado com alvenaria em bloco ou cerâmica	Careli (2008)	115,82	1300	0,089
	Pimenta (2019)	-	1300	0,225
Parede de concreto	Costa e Cassino (2020)	81,92	1300	0,063
	Pereira (2020)	-	1300	0,087
	Este estudo (2022)	-	1300	0,115
Parede de concreto (Vertical)	**Este estudo (2022)**	-	1300	0,098
Parede de concreto (Horizontal)	**Este estudo (2022)**	-	1300	0,133

Fonte: Elaboração própria (2022)

Ressalta-se que em algumas bibliografias foi necessário realizar a conversão de kg/m² para m³/m², a fim de padronizar os índices, para isso foi usado o peso específico para os RCCs, 1300 kg/m³ definido por Pinto (2004).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme observado na literatura disponível, apresentada na Tabela 2, o método construtivo de parede de concreto apresenta, em média, um índice de geração inferior ao método tradicional. Porém ao analisar a média obtida no presente estudo de caso, o índice se aproxima da geração de resíduos em obras de alvenaria, chegando a 0,115 m³/m², superando os índices para parede de concreto, definidos por Costa (2020) e Pereira (2020).

Quando se aprofunda a análise no recorte das obras de parede de concreto, foco do presente estudo, evidencia-se a diferença entre as tipologias. As obras definidas como verticais apresentaram, em média, um índice de geração (0,098 m³/m²) inferior às obras de tipologia horizontal (0,133 m³/m²). Para verificar as possíveis razões da discrepância entre os dois tipos de obra, calculou-se a média de geração de cada resíduo, de acordo com a lista brasileira de resíduos sólidos do IBAMA (2012) e sua classificação segundo a Resolução Conama nº 307 (2002).

Tabela 3: Identificação e composição dos resíduos por tipologia de obra.

Classe Resolução Conama 307"	Resíduo	Código Ibama	Parede de Concreto	
			Horizontais	Verticais
A (Solo/Concreto/Cerâmico)"	Concreto/Cerâmico	170107	66,70%	60,92%
B (Recicláveis)"	Plástico	170203	2,78%	3,17%
	Papel	150101	5,36%	5,73%
	Metal	170405	2,74%	6,05%
	Madeira	170201	9,22%	14,96%
	Gesso	170802	0,38%	2,87%
	Sacos (Cimento, Argamassa e Gesso)	150101	1,42%	1,45%
	Vidro - B	170202	0,03%	0,00%
C (Não recicláveis / Não Recuperáveis)"	Não recicláveis / Não Recuperáveis	170904	5,23%	3,73%
D (Resíduos Perigosos)"	Resíduos Perigosos	170903(*)	0,00%	0,00%
Não Classificados	Resíduos sem segregação (não perigoso)	170904	6,65%	1,72%
	Efluente Sanitário / Banheiro químico	161002	0,05%	0,004%

Fonte: Elaboração própria (2022).

A partir da Tabela 3, percebe-se diferenças na composição dos resíduos gerados nas obras horizontais e verticais. Algumas das principais diferenças são: a geração de resíduos de concreto/cerâmico, que se mostra muito maior em obras horizontais em relação às verticais e a geração dos resíduos de gesso, que, enquanto esse resíduo corresponde a apenas 0,38% dos resíduos gerados nas obras horizontais, ele corresponde a 2,87% da composição dos resíduos das obras verticais. Isso corrobora para que as duas tipologias sejam tratadas de formas diferentes e passem a receber, cada uma, o seu próprio índice de geração de resíduos.

CONCLUSÕES

A partir do levantamento de dados realizado, foi possível observar que os índices de geração de resíduos utilizados atualmente, para obras construídas através do método construtivo de parede de concreto moldadas *in loco*, estão de fato defasados e necessitam de alteração. Deste modo, foi possível alcançar o objetivo deste estudo de definir índices de geração de resíduos que sejam mais assertivos e condizentes com a realidade.

De acordo com o estudo realizado, é possível, também, concluir que as tipologias de obra discutidas, apresentam diferenças significativas, no que diz respeito à geração de resíduos, visto que a composição dos resíduos gerados no canteiro de obras aponta um contraste relevante entre os objetos de estudo.

Neste contexto, deve-se destacar que para a definição adequada dos índices é necessário levar em conta as particularidades de cada obra considerando separadamente obras verticais e obras horizontais. Desta forma, obteve-se como resultado a indicação de um índice diferente para cada uma delas.

Além disso, vale ressaltar que para métodos construtivos diferentes do que este estudo se dedica a investigar, deve-se utilizar outro índice de geração de resíduos. Isto ocorre pois, conforme apontado pela análise do método construtivo de parede de concreto moldadas *in loco*, há uma geração de resíduos específica que se relaciona a ele. Assim, caso seja necessário pensar em um índice adequado para outro método, como o método tradicional (alvenaria) citado ao longo deste artigo, faz-se necessário aprofundar a análise de modo semelhante ao que foi realizado nesta iniciativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. São Paulo - SP. 2014/2015.
2. AMORIN JUNIOR, J.A.L.; RODRIGUES, R.V.L. Um estudo comparativo entre as vantagens construtivas das paredes de concreto e alvenaria convencional. 2017.
3. CARAM, Guilherme L.; ZELATI, Paolo E. C. O Impacto da Inovação na Mão de Obra: Um Estudo Sobre a Construção Civil no Município de São Paulo. São Paulo, 2012.

CIVIL, Casa. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos. Brasil, em 2010.

4. COSTA, Isabella N. dos S; CASSINO, L. E. Gestão sustentável de resíduos em canteiro de obras com paredes de concreto armado. Guaratinguetá - SP, 2020.
5. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jul. 2002. Seção 1, p. 114-148. FONSECA, João José Saraiva da. Metodologia da pesquisa científica. UEC, Fortaleza - CE, 2002.
6. FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Déficit Habitacional no Brasil: Conceitos, Métodos e Resultados. Rio de Janeiro: FGV, 2017.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Lista Brasileira de Resíduos Sólidos. Brasília: IBAMA, 2012.MACHADO, Gleysson B. Definição de Resíduos da Construção Civil no Brasil. Belém - PA, v. 20, 2015.
8. MIRANDA, Prof. Dr. Leonardo F. R. A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO BRASIL. São Paulo - SP, 2009.
9. MIRANDA, Leonardo F. R; ANGULO, Sérgio C; CARELI, Élcio D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Ambiente Construído, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2008.
10. NETResíduos: Sistema de Gerenciamento de Resíduos. Version 2.10.4, NETResíduos, 2022. Disponível em <https://app.netresiduos.com.br/>. Acesso em: outubro. 2022.
11. PEREIRA, B. A. Resíduos da Construção Civil em Edificações de Grande Porte: Análise da Correlação entre o Método Construtivo e a Geração de Resíduos de Construção Civil. UFMG, Belo Horizonte - MG, 2020.
12. PIMENTA, Cristiane F.; RIBEIRO, Henrique F.; JARDIM, Iago S.; DUARTE, Neimar de Freitas. Quantificação e composição dos resíduos da construção civil em edificações de grande porte. ARes - Revista Ambiente & Resíduos, 2019.
13. PINTO, T de P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da Construção Urbana. (Tese Doutorado) – Universidade de São Paulo. São Paulo - SP, 1999.
14. PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J.L.R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Manual de orientação: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. V.01. Brasília - DF, 2004.
15. VILLORIA SÁEZ, P.; MERINO, M. D. R.; AMORES, C. P.; GONZÁLES, A. S. A. Assessing the accusations of construction waste generation during residential building construction works. Resources, Conservation and Recycling, v. 93, p. 67-74, 2014.
16. YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª ed. Bookman,Porto Alegre - RS, 2001.