

Artigo submetido a 30 de Junho 2020; versão final aceite a 22 de Dezembro de 2020
Paper submitted on June 30, 2020; final version accepted on December 22, 2020

Análise da Geração dos Resíduos da Construção e Demolição nos Canteiros de Obra da Cidade do Recife-PE

Analysis of The Generation of Construction and Demolition Waste in The Construction Sites of Recife-PE

Cidney Ribeiro Vieira

cidney.vieira@ufpe.br

Doutorando da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, (PPGEC). Recife-PE, Brasil

Joaquin Humberto Aquino Rocha

joaquinaquinorocha@gmail.com

Universidad Privada del Valle (UNIVALLE), Facultad de Tecnologia, Departamento de Ingeniería Civil, Cochabamba, Bolívia

Kalinny Patrícia Vaz Lafayette

klafayette@poli.br

Universidade de Pernambuco (UPE), Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Recife, PE, Brasil

Débora Maria da Silva

Debora-geografia@hotmail.com

Licenciatura em Geografia. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife-PE, Brasil

Resumo

O objetivo dessa pesquisa foi analisar a geração dos resíduos nos canteiros de obras da cidade do Recife – PE. Foi possível identificar 45 canteiros de obras, onde 25 deles foram concluídas no período da pesquisa, com dados completos de geração de RCC, e as outras 20 obras continuaram em andamento com dados parciais de geração de RCC. As obras concluídas apresentaram uma geração média de 1253 toneladas, com índice de geração por área de construção de 93,49 kg/m². Nas obras em andamento observou-se predominância dos resíduos classe A em 85,67% dos casos, seguidos pela classe B com 7,25%, classe C com 6,95% e finalmente classe D com 0,13%. Foram elaborados indicadores de geração dos RCC, para que as empresas adotem como referência, a fim de reduzir o elevado índice de desperdício registrado nas obras.

Palavras-chave: Construção civil. Geração de RCC. Recursos renováveis.

Códigos JEL: L74, Q53, Q2

Abstract

The objective of this research was to analyze the generation of waste and the consumption of water and energy in construction sites in the city of Recife - PE. It was possible to identify 45 construction sites, where 25 of them were completed in the research period, with complete C&D waste generation data, and the other 20 works continued in progress with partial C&D waste generation data. The completed works had an average generation of 1253 tons, with a generation index per construction area of

93.49 kg/m². In works in progress, predominance of class A waste was observed in 85.67% of the cases, followed by class B with 7.25%, class C with 6.95% and finally class D with 0.13%. Generation indicators for the C&D waste were developed, so that companies can use them as a reference, in order to reduce the high level of waste registered in the works.

Keywords: Construction. C&D waste. Renewable resources.

JEL Code: L74, Q53, Q2

1. INTRODUÇÃO

Os diversos segmentos industriais vêm buscando criar tecnologias e estratégias para atingir padrões de produção e de consumo sustentáveis, principalmente o setor da construção civil. A cadeia produtiva desse setor engloba os segmentos da industrialização de materiais, o comércio e prestação de serviços, bem como máquinas e equipamentos. Dessa forma, a construção civil está destinada ao desenvolvimento econômico, pois impulsiona a maioria dos outros segmentos produtivos (Vieira, 2018; IBGE, 2018; Huang, 2019; Goel *et al.*, 2019).

O setor da construção civil emprega mais de 10% da força de trabalho no mundo, aproximadamente 111 milhões de pessoas, sendo que 18 milhões dos empregos diretos são registrados na União Europeia. Contudo, o setor é um grande consumidor de recursos naturais, se estima uma taxa de consumo de 6.000 kg/hab.ano, um consumo anual de 40% de toda a energia e 12% de toda água doce mundial (Graham & SBCI; Gottsche & Kelly, 2018)

Verifica-se que, em todas as etapas dos processos construtivos, são gerados impactos negativos ao meio físico, biótico e antrópico, como a produção de grandes quantidades de resíduos de construção e demolição nos canteiros de obra (Amadei *et al.*, 2011; Paschoalin Filho & Graudenz, 2012; Passarini *et al.*, 2014; Ogliari, 2015; Wu *et al.*, 2016; Magalhães *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2019).

Segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2002), os resíduos da construção civil (RCC) são aqueles oriundos das obras, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e dos resultantes da preparação e escavação de terrenos. Os RCC são classificados em quatro classes: A, B, C ou D. Sendo eles:

Classe A - São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: tijolos, concreto, argamassa, blocos, telhas, placas de revestimentos, solos provenientes de terraplanagem, dentre outros.

Classe B - São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.

Classe C - São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente inviáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação.

Classe D - São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos.

Não há dados consolidados e oficiais da geração de RCC nos centros grandes urbanos, o que dificulta a quantificação e gestão dos mesmos, sendo que os dados estimados são elevados (Paz *et al.*, 2018; Yu *et al.*, 2020). Pode-se afirmar, inclusive, que do total de entulho gerado apenas metade recebe o devido tratamento, contudo a outra parcela é depositada de modo irregular (Evangelista *et al.*, 2010; Yazdani *et al.*, 2020).

No Brasil, estima-se que a geração de resíduos de construção e demolição per capita anual é de 334kg/hab.ano (Akhtar & Sarmah, 2018), comparando-se a países como Índia, Finlândia e Colômbia (Kojo & Lilja, 2011; Zapata-Ospina, 2016). Essa geração de resíduos tem sido alvo de preocupação a nível mundial, mesmo com cerca de 90% dos resíduos gerados tendo um elevado potencial de reciclagem (Mália *et al.*, 2013; Melo *et al.*, 2013; Marques *et al.*, 2013; Paz & Lafayette, 2016; He & Yuan, 2020).

O descarte irregular dos resíduos no Brasil tem causado sérios problemas ambientais, sociais e econômicos à sociedade. A deposição inadequada acontece principalmente em canais, calçadas, pistas de rolamento, parques e terrenos baldios, ocasionando o aparecimento de doenças (Evangelista *et al.*, 2010; Rodrigues, 2015; Paz *et al.*, 2018; Paz *et al.*, 2020).

No Recife, município brasileiro com uma das piores taxas de mobilidade urbana, a deposição irregular de RCC pode ser vista ao longo de toda cidade, principalmente nos bairros com elevado adensamento urbano. Além do passivo ambiental causado por esses resíduos, o problema da mobilidade acaba se intensificando devido às deposições que acontecem ao longo de vias, córregos e calçadas (Albuquerque, 2015; Santos, 2015; Paz & Lafayette, 2016).

Paz & Lafayette (2016) analisaram a geração de RCC em 52 canteiros da cidade do Recife, como resultado verificaram a necessidade de uma melhor estimativa da geração dos RCC. Os autores afirmam que a utilização de softwares computacionais pode fornecer informações mais precisas para que as empresas de construção possam melhorar a sua eficiência na gestão dos resíduos e planejamento das próximas obras. Em relação ao índice de geração de resíduos por área de construção, o valor médio obtido foi de 97 kg/m².

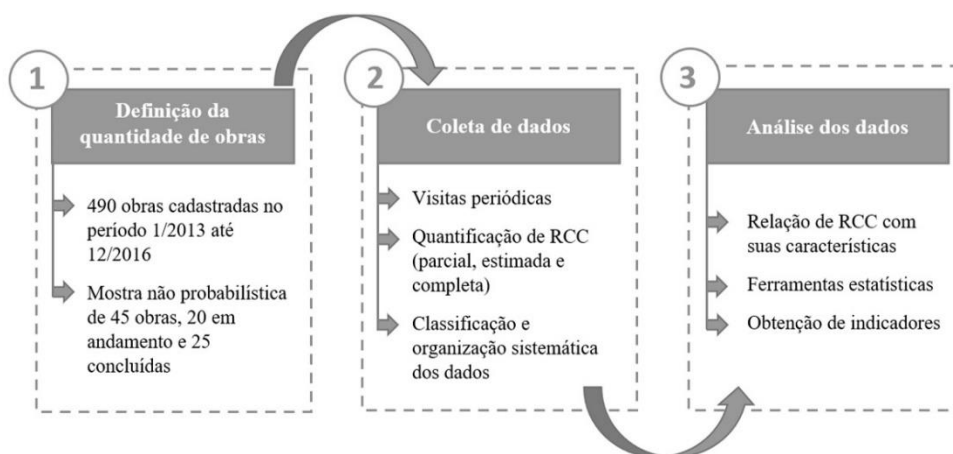
Apesar dos impactos ambientais causados pela construção civil, não se pode conceber a sociedade sobreviver sem os benefícios oferecidos por este setor. Desse modo, tanto as empresas construtoras quanto as prestadoras de serviços, devem contribuir para minimizar os desperdícios registrados nas obras, trazendo como consequência uma diminuição dos impactos ambientais e finalmente uma obra mais sustentável (Paz, 2014).

Neste sentido, o objetivo é analisar a geração dos RCC nos canteiros de obra da cidade do Recife-PE, considerando as políticas nacionais da redução dos resíduos a partir de um consumo sustentável dos materiais, além de criar instrumentos que possibilitem a reutilização, reciclagem e destinação correta dos resíduos não reutilizados (CONAMA, 2002; Brasil, 2010).

2. METODOLOGIA

Na primeira etapa foi feita a definição da quantidade de obras necessárias para melhor representar o cenário imobiliário local. A coleta de dados foi realizada na segunda etapa diante visitas periódicas nos canteiros, onde se identificou a quantidade de RCC em cada obra, de modo a obter valores de geração parciais, estimados e completos, visto que durante o acompanhamento das atividades, algumas das obras foram sendo concluídas. A terceira e última etapa, consistiu na análise dos dados, onde foi possível descrever as obras de modo a relacionar a geração dos resíduos com as suas principais características, tais como: área de construção, tempo de obra, número de pavimentos, fase de obra, classe e tipo dos RCC e custos da coleta e destino. Além dessa técnica, o emprego de ferramentas estatísticas permitiu obter indicadores de geração de resíduos. A Figura 1 descreve a metodologia usada na pesquisa.

Figura 1 – Metodologia do trabalho



Fonte: Autores

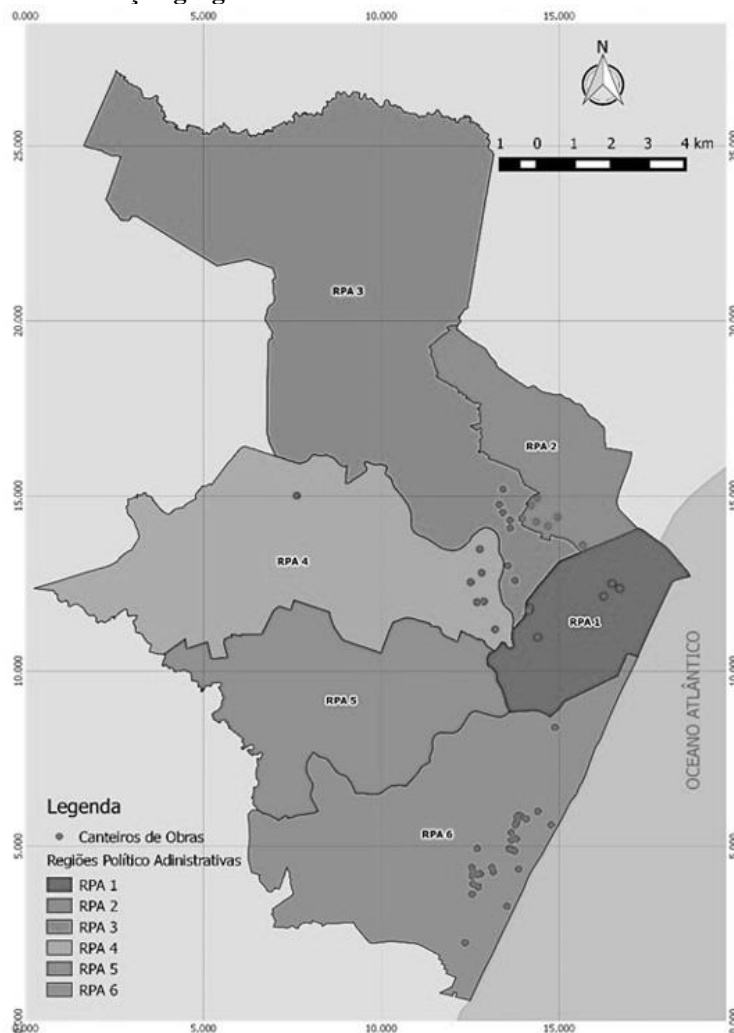
2.1 Definição da amostra

O estudo foi realizado na cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, estando situado na região Nordeste do Brasil. A cidade tem uma população estimada de 1.653461 habitantes, 541.854 domicílios, uma densidade demográfica de 7.039,64 hab/km² e apresenta 94 bairros agrupados em seis diferentes Regiões Político-Administrativas (RPA) (IBGE, 2017).

Verificou-se com a Prefeitura da Cidade do Recife (PCR), dados de todas as obras licenciadas entre de janeiro de 2013 a dezembro de 2016, período de início de todos os empreendimentos monitorados. Neste intervalo de tempo, foram cadastrados 490 processos de licenciamento para emissão de alvará de construção na Prefeitura do Recife. Em 2013 foram cadastradas 133 obras, em 2014 – 148 obras, em 2015 – 118 obras e em 2016 – 91 obras.

Com base nestas informações, foi possível definir o tamanho da amostra não probabilística de 45 obras, considerando que foram executados por diferentes construtoras, localizadas na cidade de Recife - PE, certificadas ou não, em diferentes fases de execução (fundação, estrutura ou acabamento) e o tamanho da empresa (pequena, média ou grande). A Figura 2 apresenta a localização dos canteiros nas regiões político administrativas do Recife.

Figura 2 - Localização geográfica dos canteiros de obras na cidade do Recife – PE



Fonte: Autores

No total, foram registradas 7 construtoras de diversos portes, com atuação no mercado imobiliário entre 20 e 40 anos. A parceria com estas empresas permitiu visitas periódicas, acesso a todas as dependências da obra e coleta de informações referentes à geração de RCC.

A escolha dos canteiros de obras se deu mediante diagnóstico inicial para avaliação da confiabilidade dos dados coletados. Desse modo, chegou-se a 45 obras que possuíam essas informações, algumas inclusive, realizavam um monitoramento contínuo da gestão dos RCC, com indicadores parciais de sustentabilidade com relação à geração de RCC.

2.2 Coleta e tratamento dos dados

A coleta de dados foi realizada nos canteiros de obra, mediante acompanhamento da retirada dos resíduos em coletores de entulho ou caçambas basculantes, por empresas devidamente cadastradas na Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB). O material foi classificado de acordo com o tipo, fase da construção, composição gravimétrica do resíduo empresa transportadora, local para onde foi destinado o resíduo e custos obtidos.

Após essa etapa de campo, os dados foram organizados em planilhas do *Excel* e enumerados, de acordo com a área de construção da edificação da menor para a maior, a composição gravimétrica dos RCC foi listada conforme tipo de resíduo gerado e sua respectiva classe. Todas as obras receberam uma codificação para manter o sigilo dos dados e confidencialidade das empresas que forneceram as informações. Para obtenção dos quantitativos de geração dos RCC por tipo, classe e fase de obra foi utilizada a fórmula do software da *Microsoft Excel* "SOMASES" para a soma dos valores em uma coluna com base em alguns critérios predefinidos. Como exemplo, puderam-se somar apenas valores de resíduos Classe B que fosse constituído por material plástico ou de madeira, ex:=SOMASES(\$E\$2:E\$97;F\$2:F\$97;"Madeira").

Quanto à geração dos RCC, foram estabelecidas algumas relações entre os resíduos gerados e a área de construção, nº de pavimentos, duração e fase de obra, classificação, tipo de resíduo e custos de sua geração. Este tratamento foi feito de modo parcial e estimado para as 20 obras que estavam em andamento e completo para as 25 obras concluídas no decorrer da pesquisa, com diferentes cenários analisados devido aos dados obtidos.

Foram estimados ainda os quantitativos de geração em relação às diretrizes estabelecidas pela EMLURB para elaboração do Projeto de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil (PGRCC), e de acordo com o avanço físico realizado das obras (AF%). O PGRCC é um documento que identifica a quantidade e o tipo de resíduo que deve ser gerado em uma atividade da construção sendo obrigatório a sua elaboração para os grandes geradores da cidade de Recife - PE.

Neste plano é essencial o preenchimento de algumas informações, dentre elas: Identificação do empreendedor e responsável técnico pela elaboração do PGRCC, caracterização do empreendimento, identificação das atividades que são geradoras de resíduos e sua respectiva classificação de acordo com o CONAMA (2002), quantificação, transporte e destino dos RCC.

Para a quantificação dos resíduos e elaboração do PGRCC pode-se utilizar como parâmetro os índices de Construção (Equação 1), Demolição (Equação 2) e Escavação (Equação 3).

$$\text{Construção} = \frac{\text{área a ser construída} \times 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{\text{n}^\circ \text{ de dias efetivamente utilizados para a construção}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Demolição} = \frac{\text{área a ser demolida} \times 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{\text{n}^\circ \text{ de dias efetivamente utilizados para demolir}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{Escavação} = \frac{\text{área a ser escavada} \times 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \text{altura de escavação}}{\text{n}^\circ \text{ de dias efetivamente utilizados para escavar}} \quad (\text{Equação 3})$$

Para estimativa da quantificação dos resíduos pelo avanço físico das obras foi utilizada a Equação 4.

$$\text{Geração estimada (AF\%)} = \frac{\text{Geração parcial}}{\% \text{ de Avanço Físico realizado}} \quad (\text{Equação 4})$$

Para obtenção da licença de construção, as construtoras devem submeter o plano para aprovação da EMLURB. Ao final da obra, as empresas devem encaminhar um relatório final da obra contendo todos os *tickets* de pesagem da destinação adequada dos RCC, para que o órgão possa comparar a quantidade prevista da quantidade efetivamente gerada e por fim, em caso de aprovação seja emitido um documento que é fundamental para obtenção do *habite-se*.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Geração dos RCC nas obras Concluídas

A Tabela 1 indica as principais características das 25 obras concluídas, tais como: área construída, nº de pavimentos, duração em meses prevista e realizada por cada fase de construção. Observa-se que a fase de fundação tem duração média de 5 meses, com mínimo de 2 e máximo de 9 meses; a fase de estrutura com 14 meses de duração média, sendo 9 o mínimo observado e 22 meses para o tempo máximo de construção, e finalmente a fase de acabamento com duração média de 20 meses, mínimo de 11 e máximo de 32 meses. O tempo para execução de um pavimento considerando todas as fases foi de 1,38 meses/pavimento.

Tabela 1: Caracterização das obras com banco de dados de RCC completos

Obras	Área construída (m ²)	Nº de Pav.	Duração (mês)		Duração por fase (mês)		
			Prevista	Realizada	Fundação	Estrutura	Acabamento
1	6568,93	20	36	36	8	16	12
2	6742,66	20	28	28	4	11	13
3	6999,33	18	36	39	5	13	21
4	7748,66	22	28	27	3	10	14
5	9355,28	24	48	53	4	20	29
6	10009,44	17	28	29	2	10	17
7	10117,14	29	28	29	3	12	14
8	10216,02	32	28	29	3	10	16
9	10322,10	28	28	29	8	10	11
10	10682,07	34	36	38	4	19	15
11	10999,81	28	38	38	7	10	21
12	12386,42	29	36	38	5	12	21
13	12410,12	36	42	42	5	17	20
14	13340,00	44	60	57	4	21	32
15	13551,93	12	28	30	8	9	13
16	13706,00	30	36	40	3	14	23
17	14094,10	28	44	44	4	15	25
18	16010,46	37	46	48	7	16	25
19	17161,34	32	48	49	8	14	27
20	17563,80	60*	48	46	4	15	27
21	17639,01	32	40	41	5	22	14
22	18279,77	34	42	45	8	14	23
23	19929,09	31	48	50	7	17	26
24	27415,66	23	42	42	7	18	17
25	56890,00	26	40	41	9	15	17
Média	14805,57	29	38	40	5	14	20

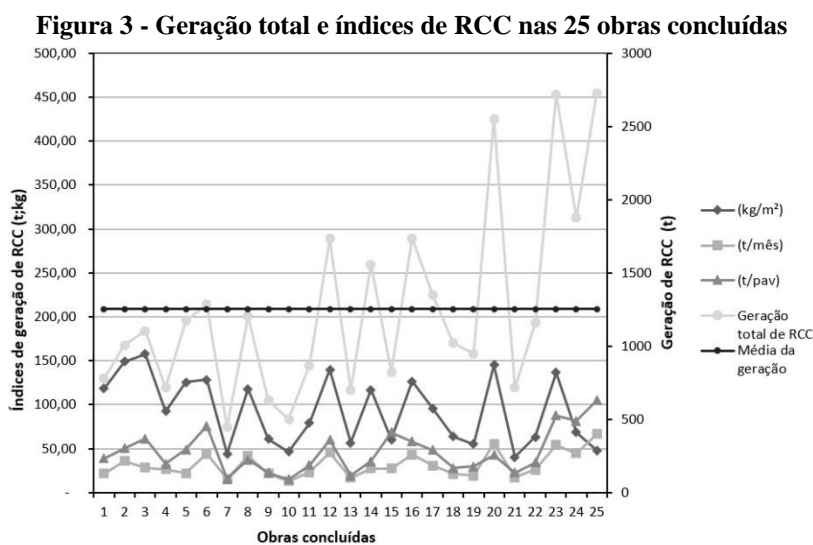
* Obra com duas torres de 30 pavimentos cada.

Fonte: Autores

Observa-se que a fase de fundação tem duração média de 5 meses, com mínimo de 2 e máximo de 9 meses; a fase de estrutura com 14 meses de duração média, sendo 9 o mínimo observado e 22 meses para o tempo máximo de construção, e finalmente a fase de acabamento com duração média de 20 meses, mínimo de 11 e máximo de 32 meses. O tempo para execução de um pavimento considerando todas as fases foi de 1,38 meses/pavimento.

3.1.1 Índices de geração dos RCC em relação às características das obras

A Figura 3 indica os valores de geração dos RCC obtidos nas 25 obras com banco de dados completos (Fundação, Estrutura e Acabamento), além dos dados relacionados à área de construção, prazo de conclusão da obra e nº de pavimentos. Percebe-se que a geração nas 25 obras concluídas obteve média em torno de 1253 toneladas, com geração mínima sendo registrada na obra de nº7 – 445,09 toneladas, e geração máxima de 2727,84 toneladas observada na obra de nº25.



O índice de geração médio relacionado à área construída foi de 93,49 kg/m² para uma área construída média de 14805,57 m², acima do valor de referência da EMLURB de 75 kg/m², e dentro da faixa estabelecida por Paz & Lafayette (2016), cujo valor foi de 97 kg/m², obtido através de dados de geração de resíduos em obras localizadas no Grande Recife.

Em sua totalidade são obras em estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria, que pode variar de bloco cerâmico, concreto ou gesso, com revestimentos de fachada aderentes (cerâmica, pastilha ou porcelanato), e não aderentes (pele de vidro e ACM).

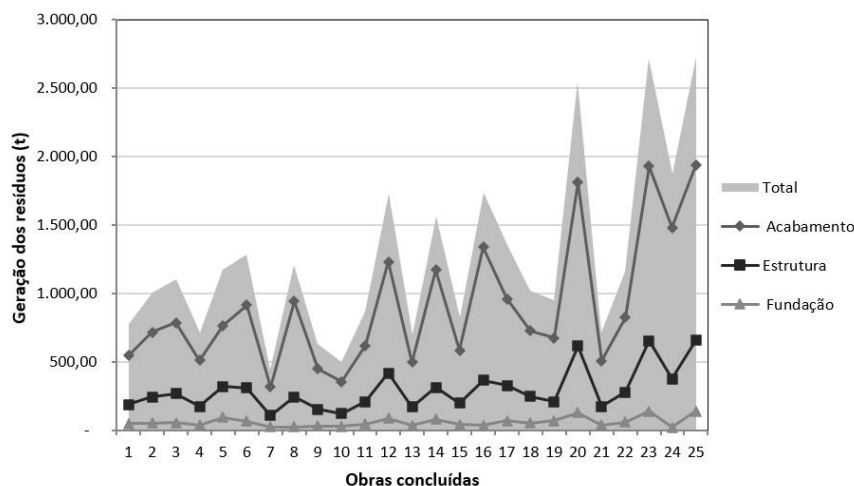
Outro indicador obtido foi o que relaciona a geração de RCC ao tempo de conclusão da obra. Considerando todas as fases de construção, a taxa de geração foi de 30,43 t/mês, para uma duração média de 40 meses. Além desse valor, obteve-se ainda um índice de geração de 44,23 t por pavimento construído, para uma média de 29 pavimentos na cidade do Recife.

3.1.2 Geração dos RCC por fase de construção

É essencial conhecer o quanto se gera por fase construtiva, a fim de identificar os processos construtivos que mais contribuem para a geração dos RCC. A Figura 4 apresenta a geração dos resíduos por fase de obra, considerando as 25 obras com dados completos.

Também foram calculados os índices de geração de RCC em relação à área de construção, prazo de conclusão da obra e nº de pavimentos por fase de construção (Tabela 2). No índice de geração médio relacionado à área construída por fase, pode-se observar que o Acabamento tem o maior aporte, 67,07 kg/m² (71,74 %), seguida pela Estrutura, 21,91 kg/m² (23,44 %), e por último pela Fundação, 4,51 kg/m² (4,82 %). Mais do 70% dos RCC são gerados na fase de Acabamento.

Figura 4 - Geração de resíduos por fase de obra



Fonte: Autores

Tabela 2: Índices de geração de RCC em relação à área de construção, prazo de conclusão da obra e nº de pavimentos por fase de construção

Obras	Acabamento			Estrutura			Fundação		
	(kg/m ²)	(t/mês)	(t/pav)	(kg/m ²)	(t/mês)	(t/pav)	(kg/m ²)	(t/mês)	(t/pav)
1	82,92	15,13	27,23	28,43	5,19	9,34	7,11	0,16	0,29
2	105,81	25,48	35,67	35,77	8,61	12,06	7,45	0,45	0,63
3	111,91	20,09	43,52	37,83	6,79	14,71	7,88	0,28	0,61
4	65,58	18,82	23,10	22,17	6,36	7,81	4,62	0,44	0,54
5	81,68	14,42	31,84	33,93	5,99	13,22	10,05	0,44	0,98
6	91,11	31,45	53,65	30,80	10,63	18,13	6,42	1,11	1,89
7	31,24	10,90	10,90	10,56	3,68	3,68	2,20	0,26	0,26
8	91,98	32,40	29,37	23,59	8,31	7,53	2,36	0,28	0,25
9	43,30	15,41	15,96	14,64	5,21	5,40	3,05	0,14	0,14
10	33,16	9,32	10,42	11,21	3,15	3,52	2,34	0,16	0,18
11	56,05	16,22	22,02	18,95	5,48	7,44	3,95	0,16	0,22
12	99,27	32,36	42,40	33,56	10,94	14,33	6,99	0,46	0,60
13	40,07	11,84	13,81	13,54	4,00	4,67	2,82	0,17	0,19
14	87,64	20,51	26,57	23,37	5,47	7,09	5,84	0,34	0,44
15	43,05	19,45	48,62	14,55	6,57	16,43	3,03	0,17	0,43
16	97,49	33,41	44,54	26,59	9,11	12,15	2,53	0,29	0,39
17	68,05	21,80	34,25	23,00	7,37	11,58	4,79	0,38	0,60
18	45,31	15,11	19,61	15,32	5,11	6,63	3,19	0,15	0,20
19	39,26	13,75	21,05	12,17	4,26	6,52	3,87	0,17	0,26
20	103,14	39,38	30,19	34,86	13,31	10,21	7,26	0,69	0,53
21	28,77	12,38	15,86	9,73	4,18	5,36	2,03	0,17	0,22
22	44,98	18,27	24,19	15,21	6,18	8,18	3,17	0,16	0,21
23	96,85	38,60	62,26	32,74	13,05	21,05	6,82	0,39	0,63
24	54,04	35,28	64,42	13,68	8,93	16,31	0,68	0,06	0,12
25	34,04	47,24	74,49	11,51	15,97	25,18	2,40	0,37	0,58
Média	67,07	22,76	33,04	21,91	7,35	10,74	4,51	0,31	0,46

No que se refere ao indicador que relaciona a geração de RCC com o tempo de execução de cada fase da obra, observa-se que a média na fase de Acabamento apresenta a maior geração, 22,76 t/mês, próximo à fase de Estrutura, 21,91 t/mês; no entanto, a diferença é a duração média, que é maior no Acabamento (20 meses) do que na Estrutura (14 meses). A fase de Fundação gera apenas 0,31 t/mês com uma duração média de 5 meses.

No indicador de geração de RCC por nº de pavimentos por fase de construção, observa-se também que a fase de acabamento apresenta o maior valor com 33,04 t/pav seguida da Estrutura e Fundação com 10,74 e 0, 46 t/pav, respectivamente.

Carneiro (2005) analisou a geração de RCC nas fases de construção de obras na cidade de Recife. O autor concluiu que a fase de Acabamento é a que mais gera RCC, seguida da Estrutura e Fundação. No estudo de Neto & Schalch (2010) foi relatado que a fase de Acabamento pode ser responsável por até 59 % do volume de resíduos gerados. Os resultados encontrados na presente investigação também demonstram esta tendência relatada na literatura (Lima *et al.* 2011). Isto se deve ao fato de que nesta fase existem várias atividades acontecendo ao mesmo tempo, como revestimentos internos e externos, pisos, pintura, etc., onde são gerados resíduos como gesso, argamassa, cerâmica, madeira, papel, plásticos, entre outros (Caetano *et al.*, 2016).

3.2 Geração dos RCC nas obras em andamento

Com relação ao avanço físico previsto realizado das 20 obras que estavam em andamento com dados parciais de geração dos RCC, 17 obras estavam atrasadas, 2 estavam adiantadas e apenas 1 delas se encontrava no prazo em relação ao planejamento inicial. O maior atraso foi na obra nº37 com 33% de defasagem.

As obras adiantadas foram as de nº41 e nº42 com saldo positivo de 1% e 2% respectivamente. A obra que se encontra no prazo é a de nº45 com 80% de avanço físico. A média dos avanços físicos realizados de todas as obras é de 53% contra 66% do que seria previsto, representando assim uma defasagem de 13% em relação ao cronograma inicial.

A Tabela 3 indica as principais características das obras em andamento, tais como: área construída, nº de pavimentos, duração em meses prevista e realizada por cada fase de construção.

Tabela 3: Caracterização das obras com banco de dados de RCC parciais

Obras	Área construída (m²)	Nº de Pav.	Duração (Mês)		Duração por fase (Mês)		
			Prevista	Realizada	Fundação	Estrutura	Acabamento
26	3281,50	15	36	26	4	12	10
27	3318,70	25	48	30	4	16	10
28	4117,52	21	48	20	5	15	-
29	5124,84	22	36	31	3	13	15
30	5421,94	24	36	33	6	13	14
31	5450,34	24	36	23	5	18	-
32	6129,69	20	48	3	3	-	-
33	6534,71	22	48	11	11	-	-
34	6780,74	25	36	48	5	20	23
35	7767,68	21	48	43	5	14	24
36	7791,79	26	48	36	4	18	14
37	7794,41	28	36	34	3	15	16
38	8188,91	22	36	24	4	8	12
39	8887,57	34	48	9	9	-	-
40	8971,76	26	48	15	5	10	-
41	9965,39	28	36	28	3	12	13
42	10081,2	38	48	42	5	15	22
43	11723,14	32	36	26	2	24	-
44	12500,00	28	48	44	3	18	23
45	14579,65	35	36	29	3	14	12
Média	7575,01	26	42	28	5	15	16

Fonte: Autores

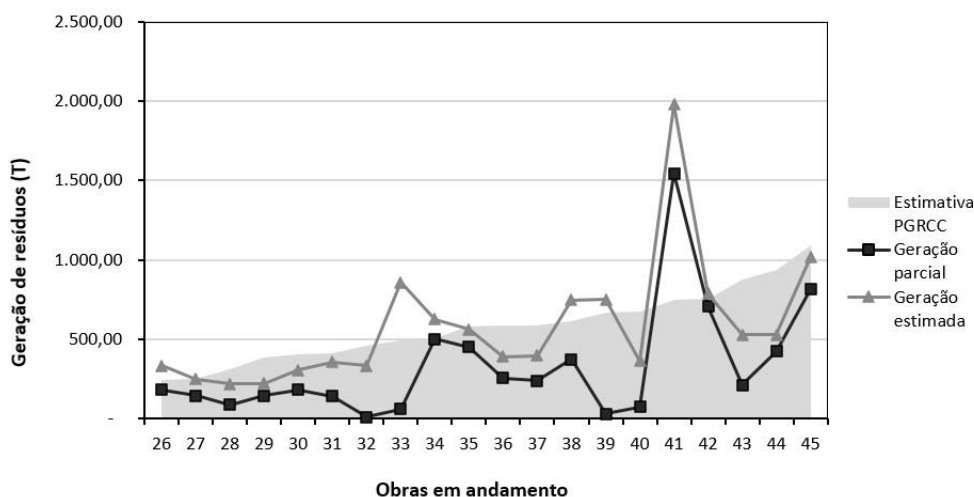
Das 20 obras em andamento 3 se encontram na fase de fundação (nº32, nº33 e nº39), 4 na fase de estrutura (nº28, nº31, nº40 e nº43) e as demais na fase de acabamento. A obra de nº32 está na etapa de cravação de estacas com apenas 10 toneladas de resíduos gerados. As obras de nº33 e nº39 se encontram com serviços de escavação em solo de 1ª categoria, arrasamento de estacas e concretagem dos blocos.

Os resíduos classe A, revelaram certa predominância nesta fase, dentre eles: resto de concreto e argamassas, materiais provenientes de escavações ou cortes no terreno com enorme potencial de reaproveitamento. Apesar desse potencial, nenhuma das 20 obras vistoriadas reutiliza esses materiais, sendo os mesmos transportados para aterros ou centrais recicladoras de resíduos.

3.2.1 Geração dos resíduos parciais e estimados das 20 obras em andamento

A Figura 5 apresenta as gerações dos resíduos parciais e estimados das 20 obras que estavam em andamento. Foram realizadas duas estimativas: a primeira se baseou no PGRCC das obras, considerando o índice de geração para construções de 75 kg/m², conforme diretrizes do plano de gerenciamento de resíduos da construção civil da EMLURB. A segunda estimativa foi estabelecida a partir das relações entre os avanços físicos reais das obras, projetando valores de geração ao seu término.

Figura 5 - Geração parcial e estimada dos RCC das 20 obras em andamento



Fonte: Autores

A curva baseada na estimativa do PGRCC é diretamente proporcional à área construída. Como as obras de nº26 à nº45 foram organizadas em ordem crescente em relação a sua área, a curva acompanha este crescimento. Para as obras com geração estimada em função do avanço físico, as obras de nº26, nº33, nº34, nº38, nº39, nº41 e nº42 mostram uma significativa preocupação, pois as estimativas apontam uma ultrapassagem dos valores de referência previstos no PGRCC.

Esta análise aponta que sejam realizadas ações preventivas pelas construtoras, para impedir que a geração dos resíduos nestas obras exceda os valores de referência, e assim evitem multas e penalidades previstas por lei. A obra de nº41, oriunda de empresa de médio porte, sem gestão de RCC foi a mais preocupante. A Tabela 4 apresenta os valores de geração parcial das obras em andamento, além dos valores estimados considerando tanto o PGRCC, quanto o avanço físico das obras.

Verificou-se que a geração parcial dos resíduos, encontra-se entre 10 t e 1.544,67 t, com média de geração de 328,59 t, para um avanço físico realizado médio de 53%. A quantidade de resíduos em média estimada nos planos aprovados na prefeitura do Recife representou valores entre 246,11 t e 1.093,47 t, e média de 579,04 t. A geração estimada com base no avanço físico ao final das obras corresponde a valores entre 217,32 t e 1.980,35 t, com média de 577,57 t.

A obra de nº41 indica que os valores parciais de geração de RCC (1.544,67 t) já ultrapassaram os valores previstos no PGRCC (747,40 t), estando a mesma passível de ser multada. Das três obras em estágio fundação, duas delas (nº33 e nº39), indicam tendência de ultrapassar os valores previstos no PGRCC e mesmo sendo uma avaliação preliminar, estas obras precisam criar mecanismos para reaproveitamento dos materiais desperdiçados e diminuir a geração dos RCC.

Tabela 4: Banco de dados das gerações parciais e estimadas dos RCC

Obras	Fase Atual	Geração parcial		Estimativa PGRCC		Geração estimada (AF%)	
		(t)	(t/dia)	(t)	(t/dia)	(t)	(t/dia)
26	Acabamento	182,47	0,24	246,11	0,23	331,77	0,31
27	Acabamento	143,42	0,16	248,90	0,17	247,28	0,17
28	Estrutura	86,93	0,14	308,81	0,21	217,32	0,15
29	Acabamento	144,46	0,16	384,36	0,36	222,25	0,21
30	Acabamento	180,8	0,18	406,65	0,38	306,44	0,28
31	Estrutura	142,64	0,2	408,78	0,38	356,60	0,33
32	Fundação	10	0,1	459,73	0,32	333,33	0,23
33	Fundação	60	0,18	490,10	0,34	857,14	0,60
34	Acabamento	501,75	0,35	508,56	0,47	627,19	0,58
35	Acabamento	449,25	0,35	582,58	0,40	561,56	0,39
36	Acabamento	254,22	0,24	584,38	0,41	391,11	0,27
37	Acabamento	238,08	0,24	584,58	0,54	396,80	0,37
38	Acabamento	373,1	0,51	614,17	0,57	746,20	0,69
39	Fundação	30	0,12	666,57	0,46	750,00	0,52
40	Estrutura	72,54	0,16	672,88	0,47	362,70	0,25
41	Acabamento	1.544,67	1,85	747,40	0,69	1.980,35	1,83
42	Acabamento	707,95	0,56	756,09	0,53	786,61	0,55
43	Estrutura	211,93	0,27	879,24	0,81	529,83	0,49
44	Acabamento	423,56	0,33	937,50	0,65	529,45	0,37
45	Acabamento	813,94	0,94	1.093,47	1,01	1.017,43	0,94
Média		328,59	0,36	579,04	0,47	577,57	0,48

Fonte: Autores

Uma característica peculiar que diferencia à obra de nº41 das demais foi a quantidade de retrabalho, modificação nos apartamentos, problema de aderência na camada de emboço/massa única, falta de projeto de paginação de alvenaria e por fim um plano de retomada de avanço físico com mobilização de um efetivo superior ao previsto no histograma de mão de obras. Todas essas ações contribuíram para uma maior geração de RCC.

A Tabela 5 apresenta três séries de dados estimativos de geração relacionados à área de construção dos empreendimentos, tempo de conclusão das obras e nº de pavimentos tipo.

É possível observar que o índice médio estimado para geração por área construída foi de 74,76 kg/m², valor este muito próximo ao parâmetro adotado pela EMLURB de 75,00 kg/m² para elaboração do PGRCC e por Paz (2014), cujo valor foi de 66 kg/m². O índice de geração por prazo de construção apresentou um valor médio de 29,85 t/mês, para uma duração média de 42 meses previstos. Além do índice de geração por pavimento com valor médio de 22,13 toneladas por pavimento.

Tabela 5: Banco de dados dos índices de geração dos RCC estimados por área construída, tempo de obra e nº de pavimentos

Obras	Fase Atual	Índice de geração de RCC – estimados		
		(kg/m ²)	(t/mês)	(t/pav)
26	Acabamento	101,10	12,76	22,12
27	Acabamento	74,51	8,24	9,89
28	Estrutura	52,78	10,87	10,35
29	Acabamento	43,37	7,17	10,10
30	Acabamento	56,52	9,29	12,77
31	Estrutura	65,43	15,50	14,86
32	Fundação	54,38	111,11	16,67
33	Fundação	139,83	77,92	38,96
34	Acabamento	92,50	13,07	25,09
35	Acabamento	72,29	13,06	26,74
36	Acabamento	50,20	10,86	15,04
37	Acabamento	50,91	11,67	14,17
38	Acabamento	91,12	31,09	33,92
39	Fundação	84,39	83,33	22,06
40	Estrutura	40,43	24,18	13,95
41	Acabamento	198,72	70,73	70,73
42	Acabamento	78,03	18,73	20,70
43	Estrutura	45,19	20,38	16,56
44	Acabamento	42,36	12,03	18,91
45	Acabamento	69,78	35,08	29,07
Média		74,76	29,85	22,13

Fonte: Autores

3.2.2 Geração dos resíduos por classes segundo o CONAMA n°307/02

Existe uma predominância na geração de resíduos classe A com 85,67%, sobre as demais classes; cabe ressaltar que estes resíduos têm elevado potencial de reaproveitamento, contudo, nas obras pesquisadas eles não são reutilizados devido principalmente a seu baixo custo de coleta e destino. Os resíduos das classes B e C somaram respectivamente 7,25% e 6,95%, e os resíduos classe D com apenas 0,13% do total, valores estes próximos aos encontrados por Bernardes *et al.* (2008) e Paz (2014).

A composição gravimétrica dos resíduos classe B é composta por gesso com 63,17% dos resíduos gerados, seguido da madeira com 27,10%, plástico com 4,39%, papelão com 3,29%, metal com 2,03% e vidro com apenas 0,01%.

Na fase de Fundação, observa-se o predomínio de resíduos classe A, com solos, restos de concreto e argamassa. Na fase de Estrutura, predominaram as classes A e B, com madeira, aço e restos de concreto e argamassa. E, na fase de Acabamento, surgiram resíduos das quatro classes, predominantemente gesso, madeira, argamassa, cerâmica, blocos, plásticos, tintas, papelão e EPI.

Os resultados comparáveis com a pesquisa de Bernardes (2008) e Caetano *et al.* (2016), onde indica que a fase de Acabamento gera maiores resíduos, destacando que a classe A com resíduos de argamassa cerâmica, concreto, gesso e madeira.

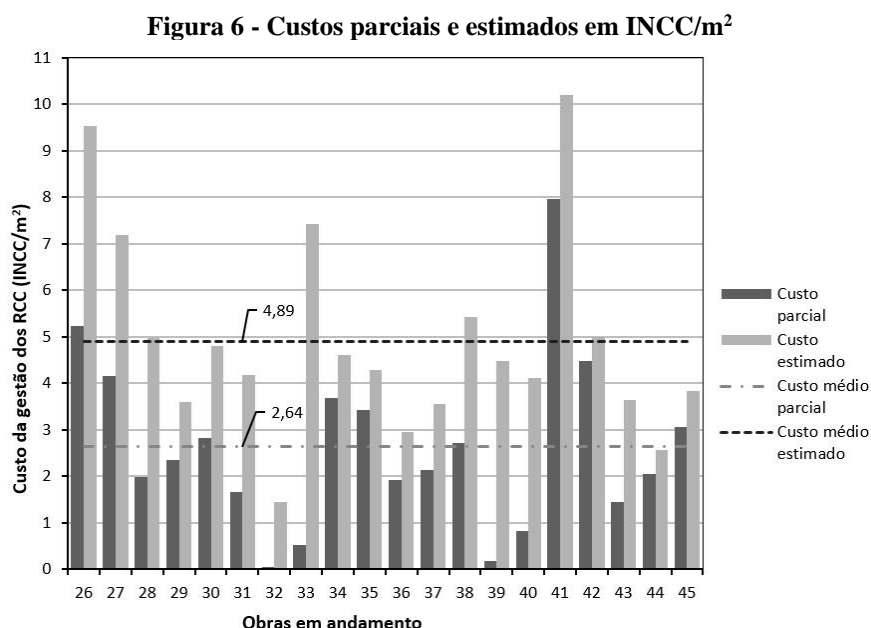
3.2.3 Custos parciais e estimados com a gestão dos RCC

Para o cálculo dos custos parciais e estimados com base no avanço físico das obras foram

consideradas apenas as etapas de transporte externo e destinação final, não sendo considerados, portanto, equipes indiretas envolvidas no gerenciamento, transporte interno, dispositivos de condicionamento e triagem, materiais de reposição decorrentes de perdas, cabendo para estes um estudo mais aprofundado.

Verificou-se que a média do custo real foi de R\$ 19133,32, e para o custo estimado de R\$ 33904,80, representando desse modo um acréscimo superior a 77%. O menor custo realizado até o momento foi de R\$ 250,00 na obra de nº 32, que se encontrava na fase de fundação, e o maior custo identificado foi na obra de nº41, de R\$ 74750,00, na fase de acabamento. O valor estimado de R\$ 33904,80, encontra-se dentro da faixa obtida por Bezerra (2015), em sua pesquisa realizada na Região Metropolitana do Recife (RMR) e outras cidades do nordeste brasileiro que encontrou valores entre R\$ 20000,00 e R\$ 40000,00.

Para possibilitar a comparação com outras obras e períodos, a Figura 6 apresenta os custos parciais e estimados em INCC/m² considerando a variação do INCC de 6,10% (ano 2016).



3.2.4 Índices de geração de RCC por trabalhador e área de construção

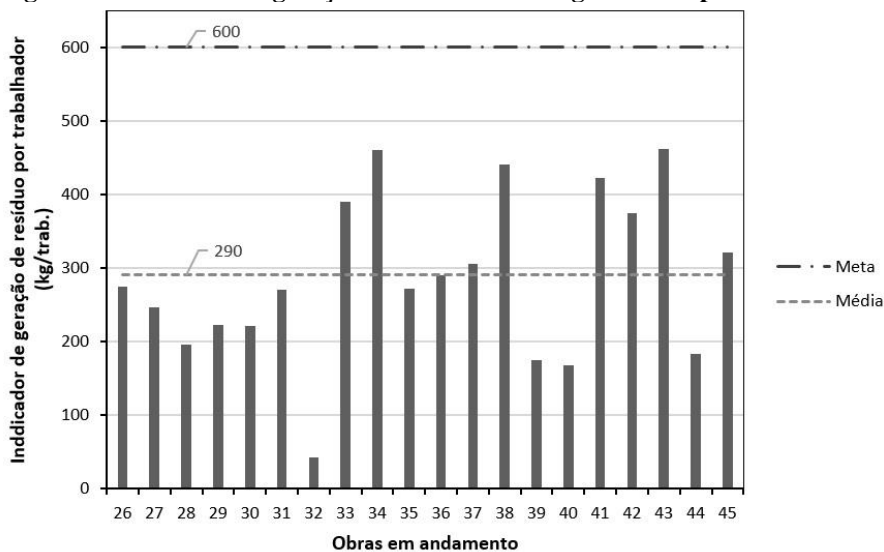
A Figura 7 apresenta o indicador de geração de resíduos ao longo da obra de acordo com o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). O indicador é medido mensalmente e obtido através da média entre o resíduo acumulado e o número de trabalhadores acumulado.

Observou-se que o índice de geração de resíduos por trabalhador variou entre 40 kg/trab à 460 kg/trab, com média de 290 kg/trab de RCC ao longo da obra. Cabe salientar que esse valor medido, refere-se ao final do período em análise das obras, pois as 20 obras se encontravam em fase de construção e não haviam sido finalizadas ao final da pesquisa.

A fim de se comparar com os valores obtidos nas 20 obras em andamento também se apresenta a média das metas adotadas pelas 7 construtoras analisadas (600 kg/trab). É possível destacar que a meta da geração de resíduos ao longo da obra está sendo atendida, ou seja, todos os valores se encontravam abaixo dessa meta.

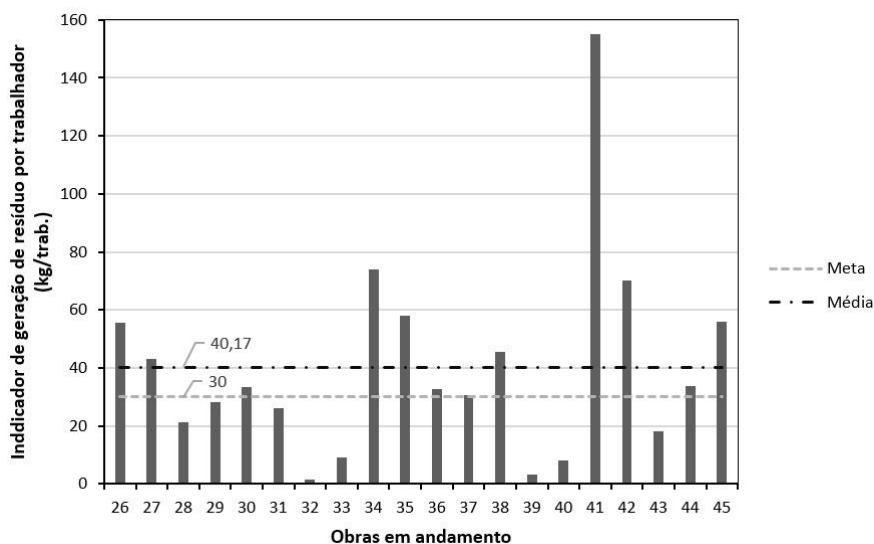
A Figura 8 apresenta o indicador de geração de resíduos ao final da obra relacionado à área de construção.

Figura 7 - Indicador de geração de resíduos ao longo da obra por trabalhador



Fonte: Autores

Figura 8 - Indicador de geração de resíduos ao final da obra por área de construção



Fonte: Autores

Observou-se que o índice de geração de resíduos por área de construção variou entre 1,63 kg/m² à 155 kg/m², com média de 40,17 kg/m² de RCC ao final da obra. A média das metas adotadas pelas 7 construtoras foi de 30 kg/m²; no entanto, a meta apenas é atendida por doze das vinte obras analisadas.

3.2.5 Fatores e fontes de desperdício de materiais nas obras

Nas visitas periódicas nos canteiros e através de entrevistas com a administração das obras foram identificadas diversas fontes que representavam o desperdício nas obras, dentre elas foram citadas: sobreconsumo de materiais, complexidade e modificações no projeto original durante a obra, retrabalho, recebimento, transporte e estocagem dos materiais, vandalismo e furto, condições do canteiro em que as obras foram executadas, processo construtivo envolvido e falta de reaproveitamento.

Além dessas fontes foram citados diversos fatores que contribuem para as perdas de materiais no canteiro de obras, alguns relacionados a projetos, outros a materiais e ainda aos métodos construtivos adotados, sendo eles: projeto modificado, complexidade dos projetos, falta de detalhamento construtivo, falta de projetos executivos de subsistemas, custo na aquisição dos materiais, forma como o material está disponível no mercado, dimensões, embalagens, tipo de fundação, estrutura e acabamento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com toda dificuldade para obtenção de valores correspondentes a geração de RCC, foi possível criar um banco de dados com informações precisas para compreender melhor a dinâmica da geração dos resíduos nas obras da cidade de Recife. Os índices obtidos que podem ser utilizados como referência tanto por construtoras, quanto pelos órgãos de fiscalização e controle.

A análise das obras com dados completos permitiu alcançar um índice de geração de RCC por área construída maior em 25% em relação ao valor de referência do órgão responsável. Nas obras em andamento o índice de geração de RCC por área de construção está dentro do valor de referência da EMLURB; no entanto, o valor deve ser considerado pois a estimativa foi feita com base no avanço físico das obras e a geração varia de acordo com a fase de construção.

A geração de RCC por fase de construção possibilitou identificar a etapa de Acabamento como a fase crítica da obra, tanto em valores absolutos quanto em relativos, sendo também a fase de construção que tem uma maior quantidade de serviços ocorrendo de forma simultânea.

As classes de RCC analisadas de acordo com Resolução nº 307/2002 do CONAMA foram: Classe A em maior porcentagem dos casos, seguida da classe B, classe C e, finalmente, classe D. Dos resíduos classe B o gesso foi encontrado na maior porcentagem dos casos.

Os custos médios estimados nas obras estão próximos aos valores encontrados na literatura para o transporte e destinação dos resíduos. No entanto, existem outros custos na gestão dos RCC na obra que não são considerados pelas empresas.

Os resultados apresentados são essenciais para contribuir para uma melhor gestão dos RCC na tomada de decisões. É necessário que as construtoras utilizem selos certificadores, implementem programas de educação ambiental para seus funcionários e utilizem tecnologias construtivas para tornar as obras mais sustentáveis.

BIBLIOGRAFIA

Akhtar, A., & Sarmah, A. K. (2018). Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. *Journal of Cleaner Production*, 186, 262–281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.085>

Albuquerque, D. M. S. (2015). *Impacto socioambiental da deposição irregular dos Resíduos da Construção e Demolição na cidade do Recife-PE* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Amadei, D. I. B., Pereira, J. A., Souza, R. A., & Meneguetti, K. S. (2011). A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte. *Revista Nupem*, 3(5), 185-199.

Bernardes, A., Thomé, A., Prietto, P. D. M., & de Abreu, Á. G. (2008). Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. *Ambiente Construído*, 8(3), 65-76.

Bezerra, J. S. (2015). *Análise dos custos de resíduos da construção civil em canteiros de obras em cidades do nordeste do Brasil* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Brasil. (2 de agosto de 2010). *Lei nº 12,305*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Brasília, Brasil: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Caetano, M. O., Selbach, J. B. O., & Gomes, L. P. (2016). Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. *Ambiente Construído*, 16(2), 51-67. <https://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000200079>

Carneiro, F. P. (2005). *Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife* (Dissertação de mestrado). Escola de Engenharia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). (5 de julho de 2002). *Resolução nº 307*. Brasília, Brasil: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.

Evangelista, P. P. A., Costa, D. B., & Zanta, V. M. (2010). Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. *Ambiente Construído*, 10(3), 23-40. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000300002>

Goel, A., Ganesh, L. S., & Kaur, A. (2019). Deductive content analysis of research on sustainable construction in India: current progress and future directions. *Journal of Cleaner Production*, 226, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.314>

Gottsche, J., & Kelly, M. (2018, August). Assessing the impact of construction waste reduction on selected projects in Ireland. In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management (Vol. 171, No. 3, pp. 71-81). Thomas Telford Ltd.

Graham, P., & SBCI, U. (2010). Sustainable buildings and climate initiative. Draft Briefing on the Sustainable Building Index.

He, L., & Yuan, H. (2020). Investigation of construction waste recycling decisions by considering consumers' quality perceptions. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120928. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120928>

Huang, Y. (2019). The correlation between HSR construction and economic development—Empirical study of Chinese cities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 126, 24-36. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.05.017>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2017). *População estimada*. Recuperado de: <http://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/16131-ibge-divulga-as-estimativas-populacionais-dos-municipios-para-2017.html>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2018). *Produto interno Bruto*. <http://www.ibge.gov.br/home>

Kojo, R., & Lilja, R. (2011). Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen. Reports of the Ministry of the Environment 21/2011. <http://hdl.handle.net/10138/41495>

Lima, R. D. L. T. M., de Medeiros, A. F. D., & de Araújo, N. M. C. (2011). Metodologia para gestão de resíduos em canteiros de obra de edificações verticais. In: IV Encuentro latino-americano de gestión y economía de la construcción, Santiago, 2011. Anais... Santiago, Chile.

Magalhães, R. F., Danilevicz, A. M. F., & Saurin, T. A. (2017). Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects. *Waste Management*, 67, 265-277. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.025>

Mália, M., Brito, J., Pinheiro, M., & Bravo, M. (2013). Construction and demolition waste indicators. *Waste Management & Research*, 31(3), pp. 241-255, 2013. <https://doi.org/10.1177/0734242X12471707>

Marques, O. B., Oliveira, R. M. S., & Picanço, A. P. (2013). Resíduos de construção civil geração e alternativas para reciclagem em um canteiro de obras de pequeno porte. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, 10(2), 143-156.

Melo, A. V. S., Ferreira, E. A. M., & Costa, D. B. (2013). Fatores críticos para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC da região nordeste do Brasil. *Ambiente Construído*, 13(3), 99-115. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000300007>

Neto, J. da C., & Schalch, V. (2010). Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. *Revista Engenharia Civil*, 36, 41-50.

Ogliari, E. M. (2015). *Avaliação de duas cooperativas de catadores de resíduos sólidos urbanos para identificação de parâmetros operacionais e de gerenciamento que influenciam na quantidade de rejeitos gerados no processo de coleta e triagem* (Dissertação de mestrado) Universidade do Vale do Rio Sinos, São Leopoldo, Brasil.

Paschoalin Filho, J. A., & Graudenz, G. S. (2012). Destinação irregular de resíduos de construção e demolição (RCC) e seus impactos na saúde coletiva. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 6(1), 127-142. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v6i1.421>

Passarini, K. C., Pereira, M. A., Farias, T. M. B., & Calarge, C. C. S. (2014). Assessment of the viability and sustainability of an integrated waste management system for the city of Campinas (Brazil), by means of ecological cost accounting. *Journal of Cleaner Production*, 65, 479-488. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.037>

Paz, D. H. F., & Lafayette, K. P. V. (2016). Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. *Waste Management & Research*, 34(8), 708-716, 2016. <https://doi.org/10.1177/0734242X16644680>

Paz, D. H. F., Lafayette, K. P. V., & Sobral, M. D. C. (2018). GIS-based planning system for managing the flow of construction and demolition waste in Brazil. *Waste Management & Research*, 36(6), 541-549. <https://doi.org/10.1177/0734242X18772096>

Paz, D. H. F., Lafayette, K. P. V., de Oliveira Holanda, M. J., Sobral, M. D. C. M., & de Castro Costa, L. A. R. (2020). Assessment of environmental impact risks arising from the illegal dumping of construction waste in Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 2289-2304. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0289-6>

Paz, D.H.F. (2014). *Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Rodrigues, C. B. (2015). *Blocos de concreto produzidos com agregados reciclados mistos: avaliação das propriedades físicas, mecânicas e térmicas* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Santos, D. S. (2015) *Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Jaboatão dos Guararapes/PE* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Vieira, C. R. (2018). *Análise da geração dos resíduos da construção civil, consumos de água e energia nos canteiros de obra da cidade do Recife– PE* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Wu, H., Wang, J., Duan, H., Ouyang, L., Huang, W., & Zuo, J. (2016). An innovative approach to managing demolition waste via GIS (geographic information system): A case study in Shenzhen city, China. *Journal of Cleaner Production*, 112, 494–503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.096>

Wu, H., Zuo, J., Zillante, G., Wang, J., & Yuan, H. (2019). Status quo and future directions of construction and demolition waste research: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118163>

Wu, Z., Yu, A. T. W., & Shen, L. (2017). Investigating the determinants of contractor's construction and demolition waste management behavior in Mainland China. *Waste Management*, 60, 290-300. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.001>

Yazdani, M., Kabirifar, K., Frimpong, B. E., Shariati, M., Mirmozaffari, M., & Boskabadi, A. (2020). Improving Construction and Demolition Waste Collection Service in an Urban Area Using a Simheuristic Approach: A Case Study in Sydney, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 124138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124138>

Yu, B., Wang, J., Li, J., Lu, W., Li, C. Z., & Xu, X. (2020). Quantifying the potential of recycling demolition waste generated from urban renewal: A case study in Shenzhen, China. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119127. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119127>

Zapata-Ospina, G (18 de maio de 2016). Manejo de escombros, un reto para el Aburrá. El colombiano. Recuperado de <https://www.elcolombiano.com/antioquia/manejo-de-escombros-un-reto-para-el-aburra-EC4163237/>