

QUANTIFICAÇÃO DOS RCC PARA MODELO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO EM FORMA E RADIER PROTENDIDO

MAGDA SIMONE LEITE PEREIRA CRUZ¹, HERMON AUGUSTO DA COSTA BRAGA JUNIOR² e FABIANO DA SILVA FERREIRA³

¹Graduanda em Engenharia Ambiental, UNINTER, Engenheira de Pesca, Msc. Recursos Pesqueiros e Aquicultura, UFRPE, Diretora Operacional Calango Consultoria em Meio Ambiente, Recife-PE, magda.simone@gmail.com;

²Graduando em Engenharia Civil, UNINTER, Biólogo, Msc. em Engenharia Ambiental, UFRPE, Diretor Executivo Calango Consultoria em Meio Ambiente, Recife-PE, hermon.junior@gmail.com;

³Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Biólogo, Msc. em Tecnologias Energéticas e Nucleares, UFPE, Coordenador Calango Consultoria em Meio Ambiente, Recife-PE, biologofabiano10@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
07 a 10 de outubro de 2024

RESUMO: Este trabalho é uma abordagem de determinação do quantitativo de resíduos da construção civil (RCC), em função da área construída da edificação, para definição de fórmula padrão e constante, a serem adotadas para o modelo construtivo de paredes moldadas *in loco*, do tipo concreto em forma, sobre radier protendido. Foi contabilizada a quantidade de resíduo gerado em 5 (cinco) obras já finalizadas, com este modelo construtivo na Região Metropolitana do Recife (RMR), de empreendimentos habitacionais multifamiliares, com área e volume de RCC conhecidos, com base nos tíquetes de destinação de resíduos. Os empreendimentos MS, CPC, PL1, PB1 e VCA apresentaram respectivamente, ao final da obra, os quantitativos de RCC de 349.610kg, 390.750kg, 550.350kg, 635.920kg e 541.290kg. Os valores demonstram reduções de 35,9% a 41,8% em comparação aos valores estimados para o modelo construtivo convencional (estruturas de sapatas corridas e paredes de alvenaria), com média de 38,07% menos RCC produzido. A variância (4,41) e o desvio padrão (2,35) mostram que os valores apresentam homogeneidade entre si, possibilitando inferir uma estimativa válida para determinar uma média por metro quadrado de área construída (uma constante) ideal para a fórmula.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos construção civil, parede estrutural, redução de RCC.

QUANTIFICATION OF RCC FOR CONSTRUCTIVE MODEL OF SHAPED CONCRETE WALLS AND PRETENDED RADIER

ABSTRACT: This work is an approach to determining the quantity of construction waste (RCC), depending on the built area of the building, to define a standard and constant formula, to be adopted for the construction model of cast-in-place walls, of the concrete type. in shape, on prestressed raft. The amount of waste generated in 5 (five) works already completed was recorded, with this construction model in the Metropolitan Region of Recife (RMR), of multi-family housing developments, with known RCC area and volume, based on the destination tickets of waste. The MS, CPC, PL1, PB1 and VCA projects presented respectively, at the end of the work, RCC quantities of 349,610kg, 390,750kg, 550,350kg, 635,920kg and 541,290kg. The values demonstrate reductions of 35.9% to 41.8% compared to the values estimated for the conventional construction model (structures with flat footings and masonry walls), with an average of 38.07% less RCC produced. The variance (4.41) and standard deviation (2.35) show that the values are homogeneous among themselves, making it possible to infer a valid estimate to determine an average per square meter of built area (a constant) ideal for the formula.

KEYWORDS: Civil construction waste, structural walls, RCC reduction.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os Resíduos da Construção Civil (RCC) podem representar de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos (Brasil, 2005 apud FERNANDEZ, 2012). Apesar de serem de baixa periculosidade, de um modo geral, na maioria das vezes inertes, seu impacto está principalmente no grande volume de resíduos gerado (FERNANDEZ, 2012). Desta forma, modelos construtivos mais eficientes, do ponto de vista da sustentabilidade, devem ser fomentados.

Visando encontrar uma fundação que atendesse aos quesitos inovação e maior custo benefício, algumas equipes de cálculo estrutural idealizaram a fundação radier que, embora quando executada sem estudo prévio do solo, possa gerar custos elevados caso executado sem real necessidade, se devidamente empregado se destaca em tempo e economia. (MARON et al, 2016 apud FERNANDES; OLIVEIRA, 2018). Quando há viabilidade nas condições do terreno, são os radiers, usados para estruturas, como substitutos ao sistema de sapata corrida, estes últimos mais comumente usados no Brasil. Para a construção de paredes, em substituição às paredes de alvenaria (tijolos e cobertura em reboco de cimento), é utilizado o sistema de paredes de concreto montadas *in loco*. O método parede de concreto moldadas *in loco* ainda está em processo de expansão no Brasil, mas em alguns países da América do Sul, como Chile e Colômbia, o modelo tem disseminação sólida no mercado (SANTOS, 2013).

Para obras por esses moldes construtivos: radiers, usados para estrutura de base, e paredes de concreto moldadas *in loco*, não foram encontradas informações pertinentes aos quantitativos de resíduos gerados nos canteiros de obras, após extensiva procura na literatura. O que se sabe, sem sombra de dúvidas, é que a quantidade de material empregado e de resíduo gerado é consideravelmente inferior que nos padrões construtivos convencionais. Isto porque o sistema construtivo parede de concreto em forma apresenta algumas características peculiares, pois, a parede também tem função estrutural e de vedação; as instalações elétricas e hidráulicas são preliminarmente dimensionadas e montadas na forma da parede de concreto, de modo a ficarem embutidas na parede. É um método construtivo racionalizado, que oferece economia, produtividade e qualidade. Bem como o radier protendido, uma fundação rasa em contato direto com o solo no qual se reduz o tempo de execução da obra, a mão de obra e o custo. A junção de ambos proporciona resultados relevantes do ponto de vista na redução do impacto da geração de RCC.

MATERIAL E MÉTODOS

O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) é regido pelas normatizações contidas na Resolução CONAMA N°. 307, de 05 de julho de 2002, que constitui as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil; também é orientado pelo documento Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, na qual estabelece a elaboração do PGRCC. No intuito de adotar um modelo de cálculo real ao que de fato é produzido de resíduos e ao valor determinado no PGRCC, documento necessário ao licenciamento ambiental para instalação, adotamos o valor final apresentado nos tíquetes de resíduos gerados no encerramento de obras com a aplicação do radier protendido e paredes de concreto moldadas *in loco*.

Foi contabilizada a quantidade de resíduo gerado em 5 (cinco) obras finalizadas na Região Metropolitana do Recife (RMR), de empreendimentos habitacionais multifamiliares, utilizando o referido sistema construtivo, com área e volume de RCC conhecidos, pela estimativa mediante fórmula da Prefeitura da Cidade do Recife (PCR). Para realizar os cálculos foi tomada a média de RCC por metro quadrado construído de cada empreendimento e aplicada na fórmula adotada pela Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), nas DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (EMLURB, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os empreendimentos amostrados na RMR com seus respectivos valores de RCC estimados; os medidos ao final da obra, por meio dos tíquetes de destinação; e a porcentagem de redução seguem na tabela 1.

Tabela 1 - Área total construída, RCC estimado (75 kg/m²), RCC obtido através dos tíquetes de destinação de resíduos (kg) e a diferença entre o quantitativo de RCC apresentado no final da obra e o determinado pelo valor de RCC estimado segundo valor estabelecido pelo manual de PGRCC da EMLURB.

Nome do Empreendimento	Área total construída (m ²)	RCC estimado (75kg/m ²) *	RCC obtido Tíquetes final de obra (kg)	Diferença (%)
MS	12.161,31	912.098,25	349.610	38,33
CPC	14.340	1.075.500	390.750	36,33
PL1	18.868	1.415.100	550.350	37,95
PB1	23.620,30	1.771.522,5	635.920	35,90
VCA	17.249,45	1.293.708,75	541.290	41,84
Média	-	-	-	38,07
Variância	-	-	-	4,41
Desvio Padrão	-	-	-	2,35

*O valor de 75kg/m² é obtido do documento: DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (PGRCC) – EMLURB, com base em amostragem de obras de modelo construtivo convencional.

Fonte: Autoria própria

Por meio da análise da tabela 1, observamos que ocorre uma variação considerável de RCC calculado através do valor determinado pela EMLURB e o valor obtido mediante pesagem final de RCC produzido de fato na obra, via tíquetes de destinação. Embora a diferença entre o valor obtido e o valor estimado seja grande, a variância e o desvio padrão entre os resultados mostra que os valores apresentam homogeneidade entre si, possibilitando inferir uma estimativa válida para determinar um valor ideal para a estimativa.

Para fins de cálculo e determinação de um valor mais adequado, próximo ao produzido, a ser utilizado na fórmula de medida de quantitativo de RCC em obra de empreendimentos construídos em radier protendido e paredes de concreto moldadas *in loco* utilizamos o valor final de RCC obtido nas 5 obras analisadas e encontramos os seguintes valores:

Tabela 2 - Área total construída, RCC obtido (tíquetes finais de obra) e somatório dos quantitativos dos tíquetes finais de obra dividido pela área total de cada empreendimento.

Nome do Empreendimento	Área total construída (m ²)	RCC obtido Tíquetes final de obra (kg)	RCC obtido Tíquetes final de obra/Área total (kg/m ²)
MS	12.161,31	349.610	28,74
CPC	14.340	390.750	27,25
PL1	18.868	550.350	29,15
PB1	23.620,30	635.920	26,92
VCA	17.249,45	541.290	31,38
Média			28,69
Variância			2,53
Desvio Padrão			1,78

Logo, dividindo o valor de RCC obtido pela área total construída de cada empreendimento tem-se uma média de 28,69 kg/m² de RCC, com uma variância de 2,53, e um desvio padrão de apenas

1,78 kg/m² de RCC. Deste modo, propõe -se a média de 29 kg/m², que é o arredondamento de 28,69kg/m², para ser utilizada nos cálculos do volume de RCC nos empreendimentos habitacionais multifamiliares que utilizam na obra o radier protendido em adição com paredes de concreto moldadas *in loco*. Vejamos a formula básica adotada pela EMLURB e a nova proposta:



CONCLUSÃO

Através do trabalho realizado, podemos concluir que:

Foi testificado a diferença do quantitativo de RCC gerado entre o método construtivo convencional e o de radier protendido e paredes de concreto moldadas *in loco*.

A redução da geração final de RCC entre o método construtivo convencional e o de radier protendido e paredes de concreto moldadas *in loco* foi em média de 38,07% neste último.

A fórmula tradicional utilizada para fins de dimensionamento de resíduos gerados no PGRCC, conforme adota a EMLURB - PCR, não são eficientes para determinar os reais valores de resíduos que serão gerados na obra quando o método construtivo utilizado for radier protendido com paredes de concreto moldadas *in loco*.

Deste modo, por meio de cálculo direto, foi determinado a geração média de 29kg de RCC por cada m² de área construída para empreendimentos habitacionais multifamiliares em radier protendido com paredes de concreto moldadas *in loco* diferente do convencional, o desvio padrão e o coeficiente de variação, determinam que tal valor pode ser usado com confiança para determinação prévia do quantitativo esperado para uma obra de construção civil nos novos moldes utilizados.

REFERÊNCIAS

EMLURB. **Diretrizes para elaboração do plano de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC)**. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/diretrizes-pgrcc.pdf> . Acesso em 19 de agosto de 2024.

MARON et al (2016) apud FERNANDES, Marcos Vinício. OLIVEIRA, Everton Narciso. **Análise Comparativa Entre Fundações Superficiais Do Tipo Radier Armado E Protendido**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 12, Vol. 03, pp. 106-121 Dezembro de 2018. ISSN:2448-0959

SANTOS, Everton de Britto. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR, Campo Mourão, 2013.

FERNANDEZ, Jaqueline Aparecida Bória. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**. 2012.