

III-031 – RELAÇÃO ENTRE O PROJETO ARQUITETÔNICO, O GERENCIAMENTO DA OBRA E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Iana Pires Toscano de Britto⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba.

Gilson Barbosa Athayde Júnior

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento) pela University of Leeds (Reino Unido).

Ricardo Vasconcelos Gomes da Costa

Engenheiro Civil pela UFPB. Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua Aderbal Maia Paiva, 600, Condomínio Bougainville Privê – Portal do Sol – João Pessoa - PB - CEP: 58045-526 - Brasil - Tel: (83) 99415196 - e-mail: ianabritto@hotmail.com

RESUMO

A indústria da construção civil é responsável por uma alta taxa de geração de resíduos sólidos, os quais possuem relação com as fases desde projeto de concepção à de conclusão, sendo a fase de pré-construção responsável por uma quantidade considerável de resíduo. O presente trabalho procurou analisar a influência do projeto arquitetônico nas taxas de geração de RCC para determinadas obras de construção civil localizadas no município de João Pessoa – PB, estabelecendo fatores e analisando a participação de cada um na taxa registrada. Foram selecionadas 10 obras cuja taxa de geração de RCC já era conhecida. A seleção foi de acordo com a disponibilidade do projeto arquitetônico e do conhecimento da taxa de geração de RCC de cada edificação. Além das informações disponíveis nos projetos arquitetônicos, foram efetuadas visitas em algumas das edificações para verificação in loco de elementos como uso de shafts ou uso de eletrodutos embutidos. Complementarmente, elaborou-se um questionário a ser respondido por responsáveis de cada obra. O questionário foi elaborado com informações que possam de alguma forma, gerar resíduos sólidos da construção civil. Os resultados mostraram que os fatores que se pode sugerir como relacionados às taxas de geração de RCC são: uso de shafts, utilização de eletrodutos embutidos, elementos pré-fabricados ou pré-moldados, estudo de compatibilização de projetos, compra em excesso de materiais, descarregamento inadequado de materiais na obra, presença de políticas de gerenciamento de RCC, nível de detalhamento ou qualidade do projeto e compatibilização de vãos e pisos.

PALAVRAS-CHAVE: RCC, Taxa de geração de RCC, Projeto Arquitetônico.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos da construção civil (RCC) são, segundo a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os derivados de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção e de escavação e preparação de terrenos. No Brasil, sempre foi comum a deposição de RCC em avenidas, praças e canteiros, como também em aterros sanitários (Pimentel *et al.*, 2010). Tal prática gera impactos no meio ambiente, como poluição do ar e da água, riscos à saúde pública e perdas de recursos naturais.

Segundo John (2000), o volume de RCC pode representar até 67% dos resíduos sólidos urbanos e de acordo com Llatas (2011), uma das principais dificuldades é que conhecimentos sobre o tema ainda são insuficientes. Pesquisas estão sendo realizadas por diversos países, mas a falta de dados, de estudos e de registros de taxas da geração de resíduos constituem ainda um problema. Um dos estudos pioneiros relacionados à geração de RCC foi desenvolvido nos Países Baixos (Bossink e Brouwers, 1996), no qual foi medida a quantidade de resíduos gerados por 184 construções em cinco diferentes tipos de projetos habitacionais, dos quais, quatro eram projetos de residências unifamiliares. O estudo consistia em separar os resíduos de acordo com seu uso e pesá-los. Os resultados obtidos indicaram que 9% de todo o material adquirido terminou como RCC. No Brasil, foram realizados diversos estudos semelhantes, sendo os resultados ainda mais alarmantes. De acordo com

Bossink e Brouwers (1996), entre 20% e 30% de todo o material torna-se RCC. Costa *et al.* (2014) citam taxas de geração de RCC (massa por unidade de área construída) variando de 75 a 170 kg/m² em 22 edificações (soma das áreas construídas de 82.705,41 m²) construídas entre 2009 e 2011 na cidade de João Pessoa.

É sabido que os desperdícios são inerentes a atividades como a construção civil. Por mais eficiente que seja um plano de gestão, o rendimento não atinge a totalidade. É importante, ao estudar a geração de RCC em uma construção, que os desperdícios ocorrem em todas as etapas. Segundo Osmani *et al.* (2007), os resíduos de construção são gerados desde o projeto de concepção até a conclusão, sendo a fase de pré-construção responsável por uma quantidade considerável de resíduo.

Uma das características principais do projeto é a capacidade de influência no custo total do empreendimento. Quando avaliadas exaustivamente as decisões nas etapas iniciais, menos alterações haverá em etapas posteriores. E quanto mais adiantada estiver a construção, mais influência terá uma alteração, afetando diretamente o custo. Em países desenvolvidos, o tempo de projeto muitas vezes chega a ser da mesma ordem de grandeza do tempo dedicado à obra, a fim de evitar as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução e obter um melhor produto final. É interessante ressaltar que até agora usamos o termo projeto como um projeto geral, composto pelo projeto arquitetônico e os complementares (elétrico, hidráulico, estrutural, etc.). Atendo-se então no projeto arquitetônico, ele constitui-se na “espinha dorsal” do projeto, sendo a partir dele que todos os outros projetos são concebidos. Consequentemente, um projeto arquitetônico defeituoso, implicará em toda uma execução defeituosa (Rauber, 2005).

METODOLOGIA

De um total de 22 obras para as quais Costa (2012) reportou as taxas de geração de RCC, foram selecionadas 10 edificações. A seleção foi de acordo com a disponibilidade do projeto arquitetônico de cada edificação. Das selecionadas, apenas duas eram particulares. Ambas eram residências multifamiliares verticais. As demais oito, públicas, consistiam em salas de aula, residências universitárias e centros de pesquisa do campus I da UFPB, em João Pessoa.

Tabela 1: Relação das Obras Selecionadas para o Projeto

| Relação das Obras Selecionadas | | | |
|--------------------------------|------------|------------------------|----------------------------------|
| Obra | Tipo | Área (m ²) | Taxa de RCC (kg/m ²) |
| 1 | Particular | 43.858,80 | 90,08 |
| 2 | Particular | 16.976,51 | 91,50 |
| 3 | Pública | 2.299,02 | 90,55 |
| 4 | Pública | 997,64 | 169,99 |
| 5 | Pública | 840,00 | 87,86 |
| 6 | Pública | 445,56 | 111,57 |
| 7 | Pública | 232,45 | 158,74 |
| 8 | Pública | 394,30 | 100,08 |
| 9 | Pública | 754,93 | 103,87 |
| 10 | Pública | 4.997,00 | 104,26 |

Fonte: Adaptado de Costa (2012)

Com acesso ao projeto arquitetônico de cada obra, procurou-se obter alguma relação entre o tamanho e a complexidade da obra com sua taxa de geração de RCC. A relação foi feita através do Índice de Densidade de Paredes (Id).

Foi calculado o comprimento total de paredes (CP) de cada edificação e posteriormente, dividido pela área total.

$$Id = \frac{CP}{AC} = \frac{m}{m^2}$$

Além das informações disponíveis nos projetos arquitetônicos, foram efetuadas visitas em algumas das obras para verificação *in loco* de elementos como uso de shaft ou uso de eletrodutos embutidos. As obras nas quais se efetuou visitas foram as obras 3,4,5,6,8 e 10.

Complementarmente, elaborou-se um questionário que foi respondido pela pessoa responsável de cada obra. O questionário de geração de RCC foi elaborado com informações que pudessem, de alguma forma, gerar RCC. O contato com cada gestor foi realizado pessoalmente ou por e-mail.

No tratamento estatístico dos dados, foi analisado primeiramente o Índice de Densidade de Paredes, fazendo-se uma análise comparativa entre os dados obtidos.

Para o questionário, já preenchido, a análise das respostas foi realizada dividindo-se as obras em dois grupos, quanto a intensidade de geração de resíduo.

Calculou-se a taxa média ponderada de geração de resíduos das taxas individuais. O cálculo foi através da expressão:

$$T_p = \frac{\sum_1^n T_i A_i}{\sum_1^n A_i}$$

As obras com taxas individuais menores que a média ponderada constituiu o grupo 1, composto pelas obras 1, 2, 3 e 5, e o grupo 2, com taxas maiores que a média ponderada, composto pelas obras 4, 6, 7, 8, 9 e 10.

A média ponderada calculada foi de 97,76 kg/m².

RESULTADOS

Índice de densidade de paredes

O índice de densidade de paredes foi calculado através da relação entre a área de cada construção e o seu respectivo o comprimento total de paredes, extraído através do projeto arquitetônico. Os resultados obtidos nos cálculos do índice de densidade e comprimento total são mostrados na tabela abaixo:

Tabela 2: Relação do Índice de Densidade de Paredes

| Relação do Índice de Densidade de Paredes de Cada Obra | | | |
|--|------------------------|----------|------------------------|
| Obra | Área (m ²) | CP (m) | Id (m/m ²) |
| 1 | 43.858,80 | 14320,00 | 0,3265 |
| 2 | 16.976,51 | 9234,86 | 0,5439 |
| 3 | 2.299,02 | 814,27 | 0,3542 |
| 4 | 997,64 | 439,62 | 0,4407 |
| 5 | 840,00 | 204,59 | 0,2436 |
| 6 | 445,56 | 244,72 | 0,5492 |
| 7 | 232,45 | 175,63 | 0,7556 |
| 8 | 394,30 | 195,82 | 0,4966 |
| 9 | 754,93 | 530,11 | 0,7022 |
| 10 | 4.997,00 | 1011,14 | 0,2023 |

Fonte: Britto (2013)

Na tentativa de estabelecer uma relação entre a taxa de geração de resíduos reportada por COSTA (2012) para essas obras e o Índice de Densidade de Paredes (Id) calculado, foi realizada uma análise de dispersão, apresentada no diagrama seguinte (Figura 1):

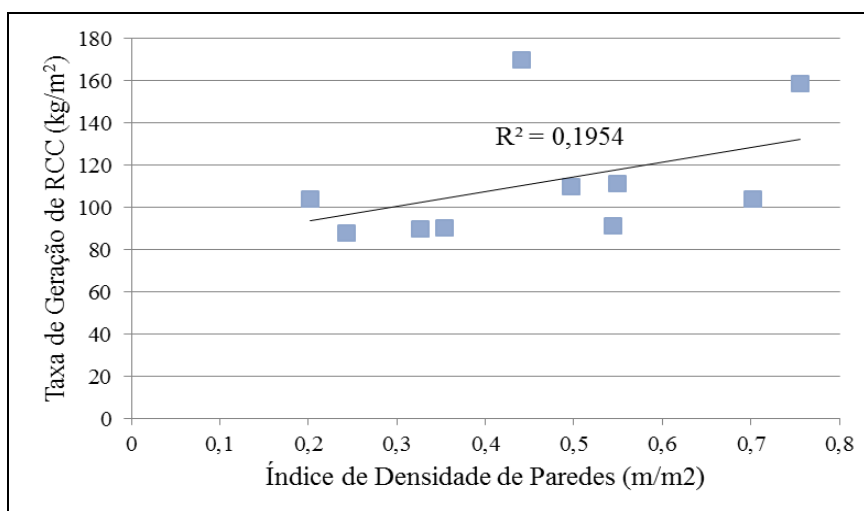


Figura 1: Relação entre a taxa de geração de RCC e o índice de densidade de paredes calculado
Fonte: Britto (2013)

É notável a grande dispersão dos pontos, expressa por um baixo valor de r^2 . Primeiramente, observa-se que o valor de r^2 não se aproxima de 1, indicando baixa correlação entre os parâmetros. O valor do coeficiente de correlação (r) não foi significativo ao nível de 5%. Assim, pode-se concluir que para as obras estudadas, não se pôde estabelecer uma correlação entre a densidade de paredes e sua respectiva taxa de geração de RCC.

Visitação

Para uma visualização fática do problema e esclarecimento de eventuais dúvidas acerca do projeto, a maior parte das obras foi visitada. Aspectos que constavam na revisão de literatura como produtores de resíduos sólidos também foram observados e registrados (Figuras 2 e 3).



Figura 02: Eletrodutos externos
Fonte: Britto (2013)



Figura 03: Eletrodutos externos
Fonte: Britto (2013)

Questionário de Geração de RCC

Como descrito na metodologia, um questionário com fatores potencialmente geradores de resíduos sólidos foi aplicado em cada obra. O questionário completo (Tabela 3), respondido por um gestor ou responsável, segue abaixo:

Tabela 3: Análise de Geração de Resíduos da Construção Civil

| Obra | Uso de shaft | Eletrodutos embutidos | Elementos pré-fabricados | Operários orientados |
|------|--|--|--|--|
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 3 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 4 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 5 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 6 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 7 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 8 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 9 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 10 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |

Tabela 3: Análise de Geração de Resíduos da Construção Civil (continuação)

| Obra | Estudo de Compatibilização dos Projetos | Erros em Pedidos | Erro de fornecedor | Compra em Excesso |
|------|--|--|--|--|
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 4 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 5 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 6 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 7 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 8 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 9 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 10 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |

Tabela 3: Análise de Geração de Resíduos da Construção Civil (continuação)

| Obra | Descarregamento Inadequado | Armazenamento Inadequado | Aproveitamento de RCC Gerado | Políticas de Gerenciamento de RCC |
|------|--|--|--|--|
| 1 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 2 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 3 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 4 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 5 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 6 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 7 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 8 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| 9 | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| 10 | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não |

Tabela 3: Análise de Geração de Resíduos da Construção Civil (continuação)

| Obra | Nível de Detalhamento (ou Qualidade) do Projeto | Priorização da Compatibilidade de Vãos e Pisos |
|------|--|---|
| 1 | <input type="checkbox"/> Baixo <input type="checkbox"/> Médio <input checked="" type="checkbox"/> Alto | <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 2 | <input type="checkbox"/> Baixo <input type="checkbox"/> Médio <input checked="" type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> Baixo <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 4 | <input checked="" type="checkbox"/> Baixo <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 5 | <input type="checkbox"/> Baixo <input checked="" type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 6 | <input type="checkbox"/> Baixo <input checked="" type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 7 | <input type="checkbox"/> Baixo <input checked="" type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 8 | <input type="checkbox"/> Baixo <input checked="" type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 9 | <input type="checkbox"/> Baixo <input checked="" type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não Aplicável |
| 10 | <input checked="" type="checkbox"/> Baixo <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não Aplicável |

Tabela 3: Análise de Geração de Resíduos da Construção Civil (continuação)

| Obra | Modificações no Projeto Durante a Fase de Execução | Modificações no Projeto Após a Fase de Execução |
|------|---|---|
| 1 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 2 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 3 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input checked="" type="checkbox"/> Muita | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 4 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 5 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 6 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 7 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 8 | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 9 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |
| 10 | <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita | <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Pouca <input type="checkbox"/> Muita |

Análise dos Resultados Obtidos do Questionário de Geração de RCC

Para a análise de como cada fator influenciou na geração de resíduo reportada por Costa (2012), dividiu-se as 10 construções em 2 grupos de acordo com a taxa de geração de RCC (Tabela 4). A média ponderada (área construída como peso) da taxa de geração de RCC foi de 97,76 kg/m²

Tabela 4: Grupos de edificações para análise do questionário

| Grupo 1: Taxas abaixo da Média | | Grupo 2: Taxas acima da Média | |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Obras | Taxa de geração de RCC | Obras | Taxa de geração de RCC |
| 1 | 90,08 | 4 | 169,99 |
| 2 | 91,50 | 6 | 111,57 |
| 3 | 90,55 | 7 | 158,74 |
| 5 | 87,86 | 8 | 110,08 |
| | | 9 | 103,87 |
| | | 10 | 104,26 |

Com os dois grupos divididos, avaliou-se a influência de cada fator em cada um deles. Os resultados foram os seguintes.

▪ Uso de Shaft

Observa-se na Figura 4 que nas obras com taxas de geração de RCC menores que a média, grupo 1, a maioria (61%) tinham shafts. Por outro lado, no grupo 2, no qual as taxas de geração de RCC foram maiores que a média, a maioria (67%) não tinha shafts. Pode-se sugerir assim que, para as 10 obras estudadas, o uso de shafts influenciou na geração de RCC.

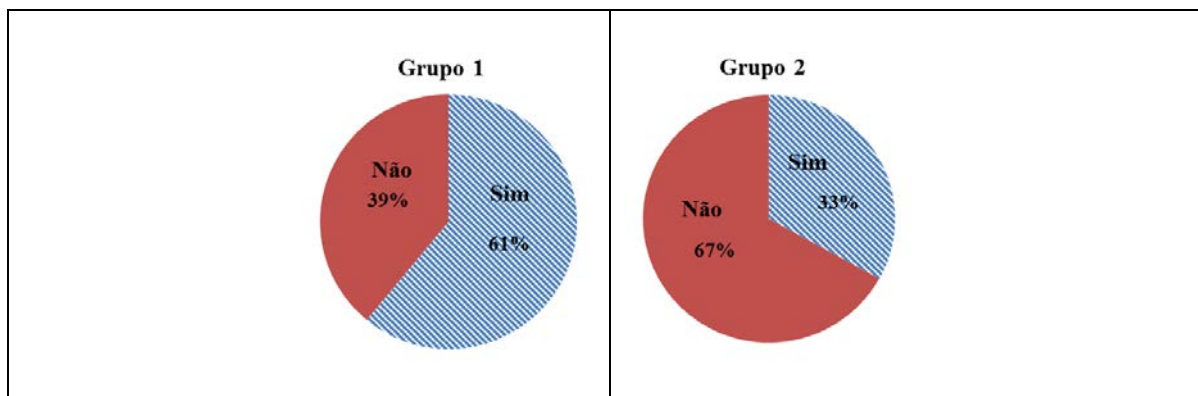


Figura 4: Uso de shafts e a geração de RCC

▪ Eletrodutos Embutidos

De acordo com a Figura 5, no grupo 1, 50% das obras possuía eletrodutos embutidos, já no grupo 2, 67% possuíam tais elementos. Sugere-se que os eletrodutos, quando embutidos, geram mais RCC.

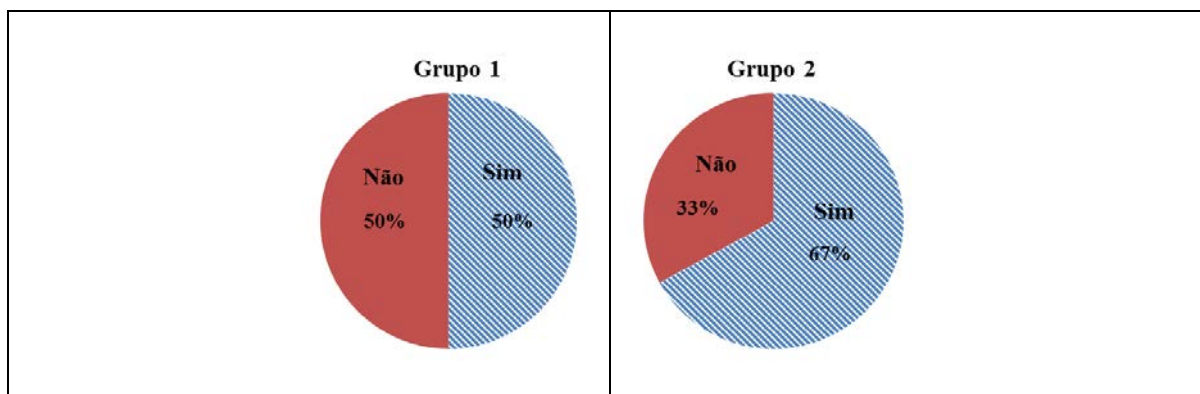


Figura 5: Uso de eletrodutos embutidos e a geração de RCC

▪ Elementos Pré-fabricados ou Pré-moldados

Para o grupo 1, 100% das obras utilizaram elementos pré-fabricados ou pré moldados, enquanto que no grupo 2 este percentual foi menor (67%). Sugere-se assim, que o uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados diminui a taxa de geração de RCC (Figura 6).

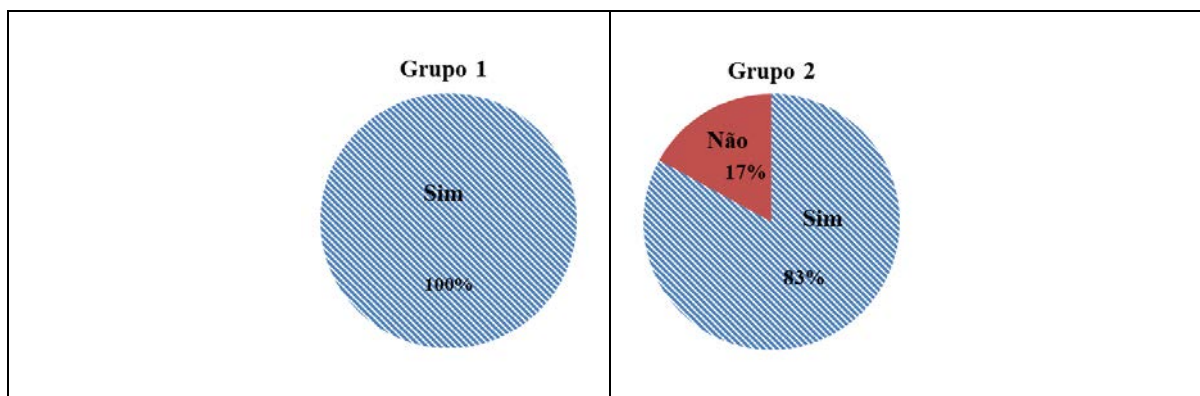


Figura 6: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Operários Orientados para a Minimização de RCC

Para o grupo 1, não se pode afirmar a influência do fator Operários Orientados na geração de RCC, já que metade das obras contou com orientação e metade não. Para o grupo 2, pode-se observar uma influência, já que a maioria das obras não contou com orientação, podendo contribuir para a taxa alta de geração de RCC.

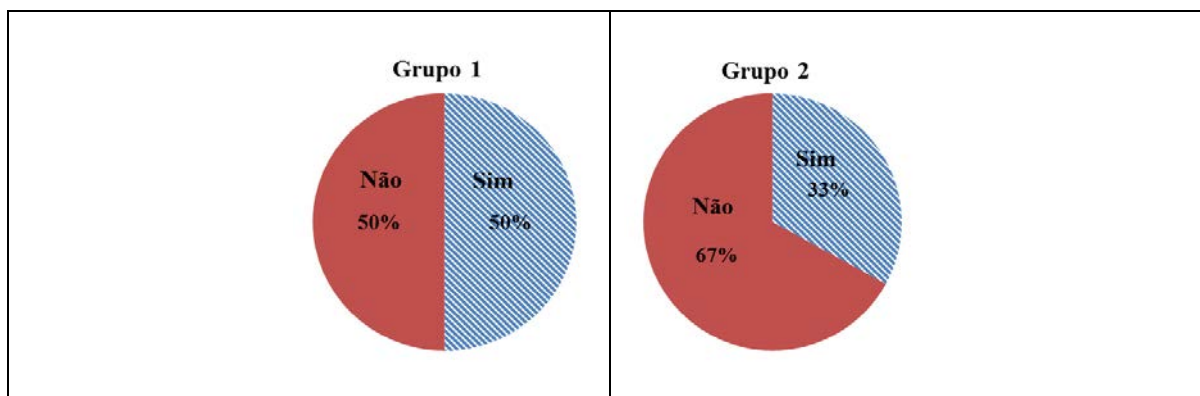


Figura 7: Orientação dos operários e a geração de RCC

▪ Estudo de Compatibilização de Projetos

Para os dois grupos, pode-se observar a influência do fator Estudo de Compatibilização de Projetos. Para o grupo 1, onde as taxas de RCC são menores que a média, a maioria das obras teve tal estudo, já para o grupo 2, com taxa de RCC acima do valor médio, nenhuma das obras contou com estudo de compatibilização de projetos.

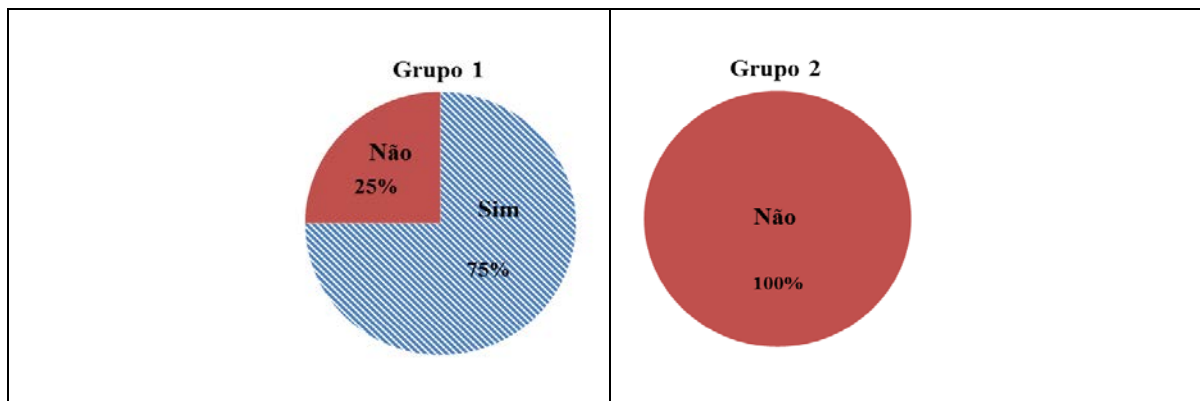


Figura 8: Existência de estudo de compatibilização de projetos e a geração de RCC

▪ Erros em Pedidos

Para o fator Erro nos Pedidos, não há influência observada nos gráficos acima com a geração de RCC. O grupo 1, com menores taxas de RCC apresentou mais erros em pedidos, enquanto o grupo 2, com maiores taxas, apresentou menor porcentagem de erro em pedidos (Figura 9).

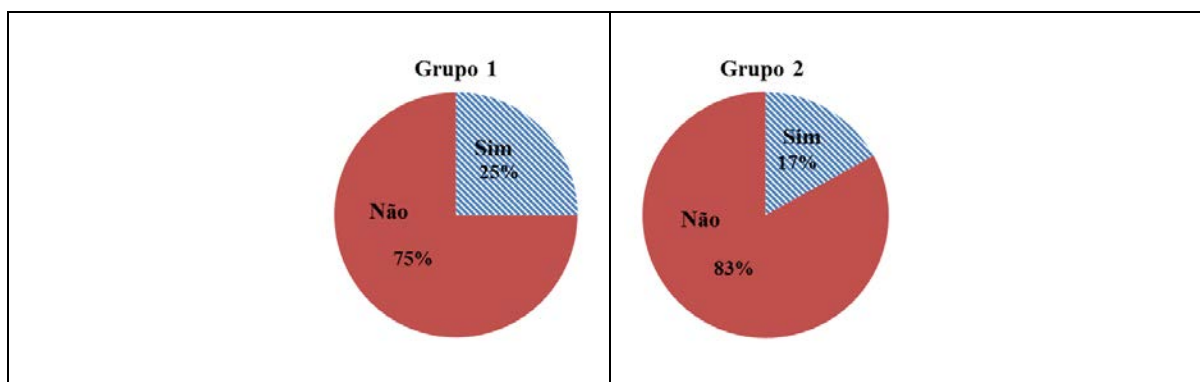


Figura 9: Existência de erros em pedidos e a geração de RCC

▪ Erro de Fornecedor

Para os dois grupos não se pode estabelecer uma relação entre erros de fornecedores e a geração de RCC, tendo em vista que o grupo com menores taxas apresentou maior porcentagem de erros do que o grupo com maiores taxas de RCC, onde nenhuma obra teve erros (Figura 10).

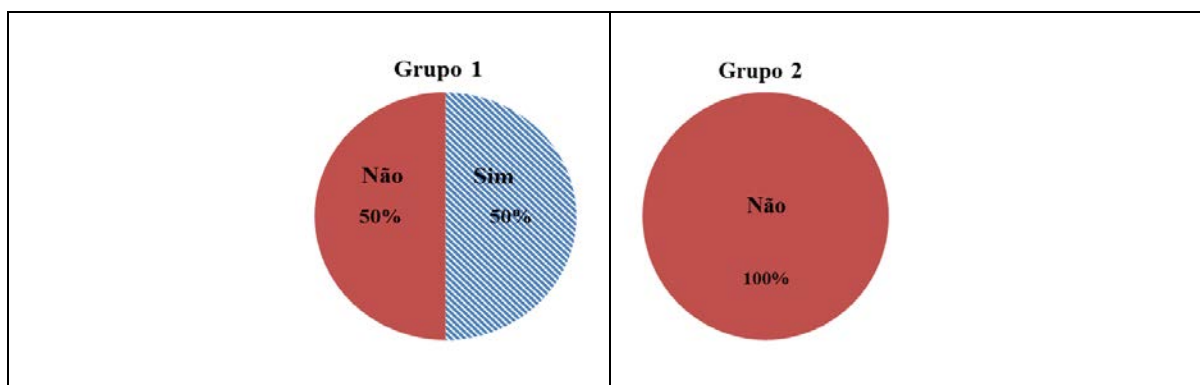


Figura 10: Incidência de erros de fornecedor e a geração de RCC

▪ Compras em Excesso

É possível perceber relação entre o fator Compra em Excesso e a taxa de geração de RCC. As obras com menores taxas tiveram menores porcentagens, enquanto as obras com maiores taxas de RCC tiveram também maiores porcentagens de compras em excesso (Figura 11).

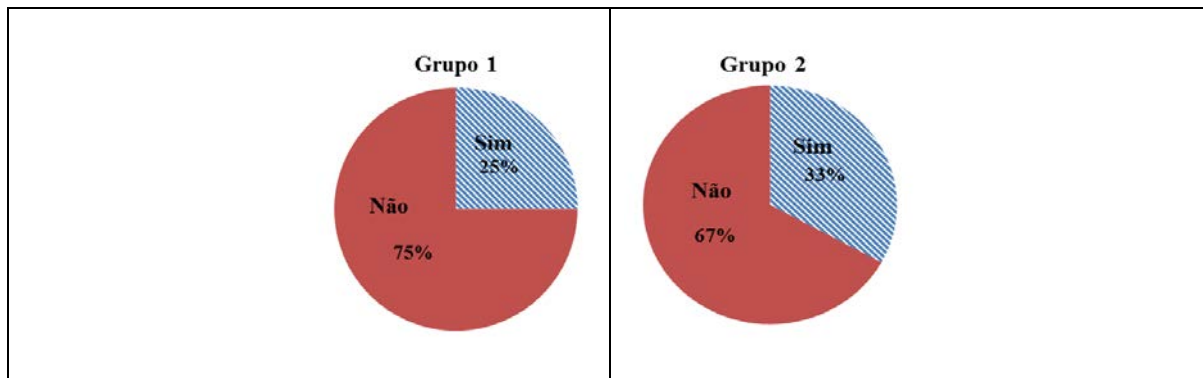


Figura 11: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Descarregamento Inadequado de Materiais

É possível perceber a mesma relação do fator Compra em Excesso, sendo os valores até iguais. O grupo com menor taxa de RCC obteve menor porcentagem de Descarregamento Inadequado de Materiais. Houve uma relação entre o fator e a taxa de geração de resíduos (Figura 12).

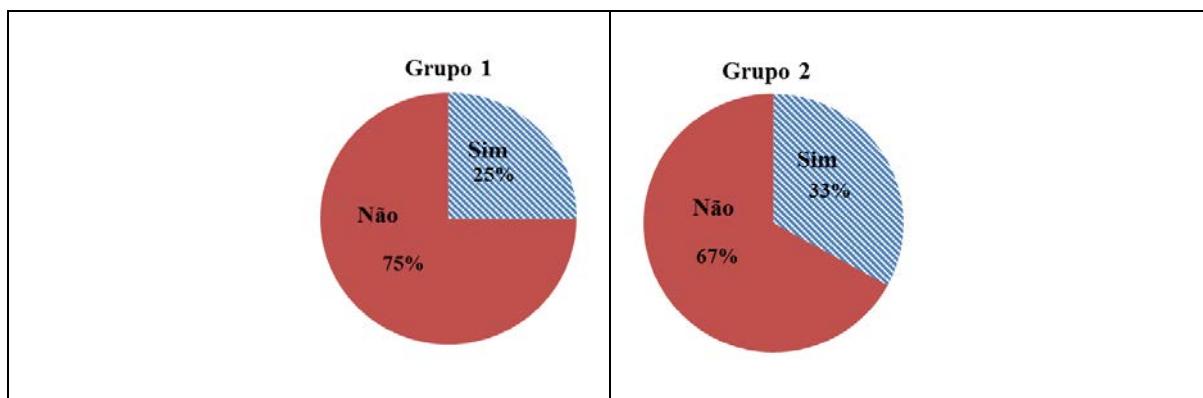


Figura 12: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Armazenamento Inadequado de Materiais

Não foi possível estabelecer nenhuma relação entre as taxas de geração de RCC com o armazenamento inadequado de materiais, já que para ambos os grupos, a porcentagem foi a mesma (Figura 13).

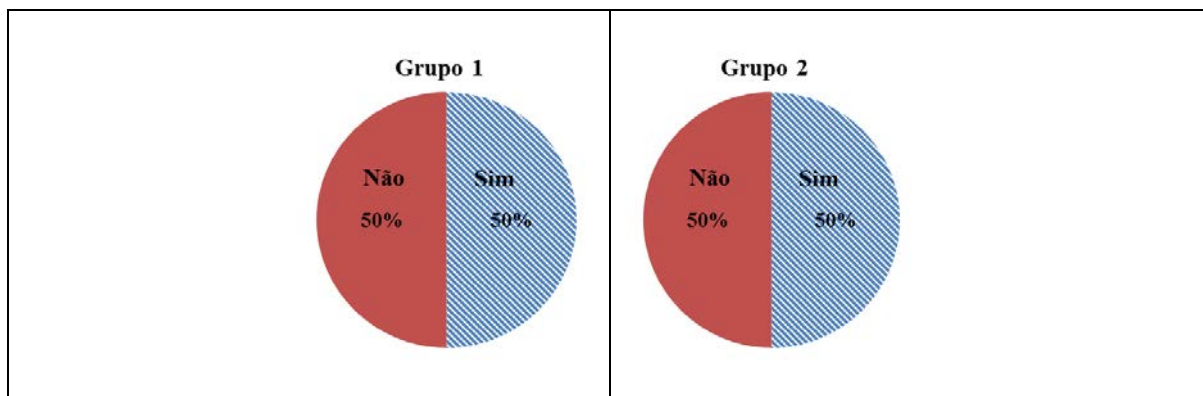


Figura 13: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Aproveitamento de RCC Gerado

Não foi possível novamente estabelecer relação ou influência do aproveitamento de RCC gerado com as taxas de geração de RCC reportadas. Para ambos os grupos, as porcentagens foram as mesmas (Figura 14).

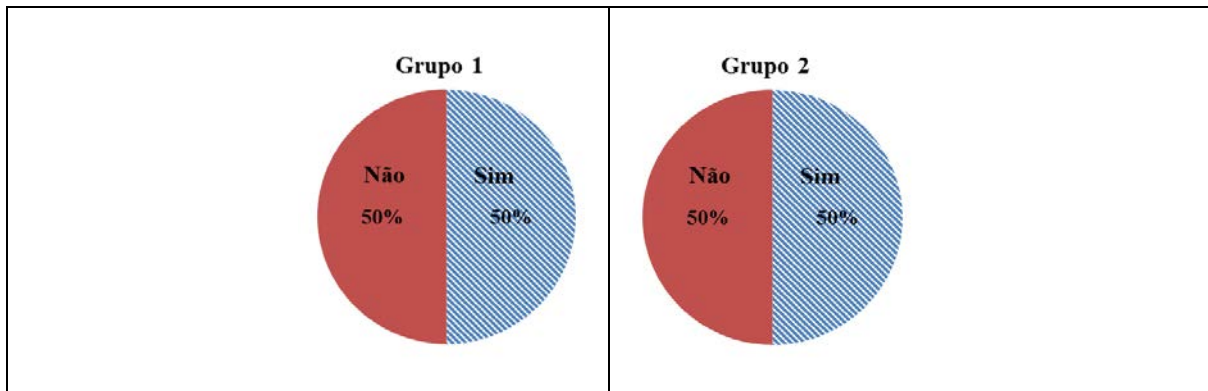


Figura 14: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Políticas de Gerenciamento de RCC

Para o fator Políticas de Gerenciamento é possível observar a influência na geração de RCC. O grupo 1, com menores taxas reportadas apresentou maior porcentagem de políticas de RCC, e já o grupo 2, com maiores taxas de resíduos, teve a maioria das obras sem a política de gerenciamento (Figura 15).

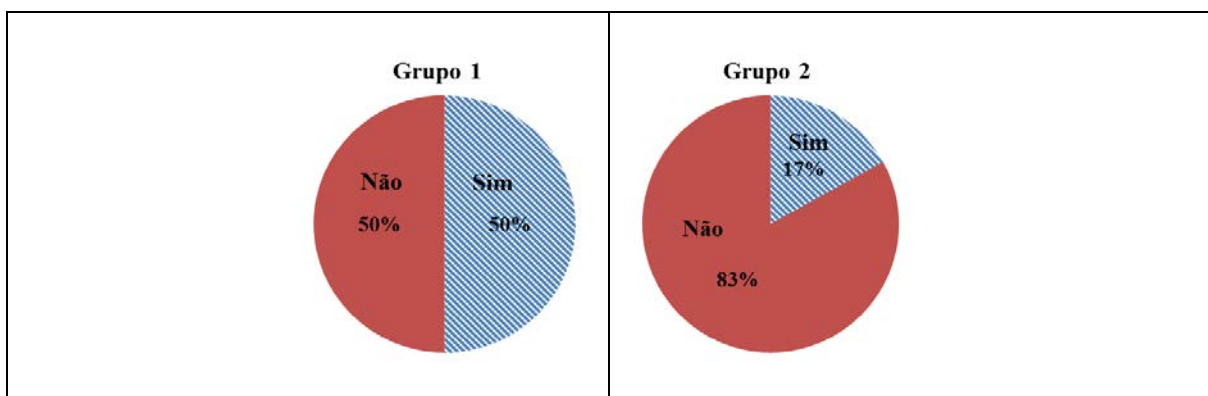


Figura 15: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Nível de Detalhamento do Projeto

Os gráficos podem mostrar a influência da qualidade do projeto com a taxa de geração de RCC. Para o grupo 1, metade das obras apresentaram um nível de detalhamento alto, enquanto no grupo 2, a maioria apresentou médio, não tendo nenhuma um nível alto (Figura 16).

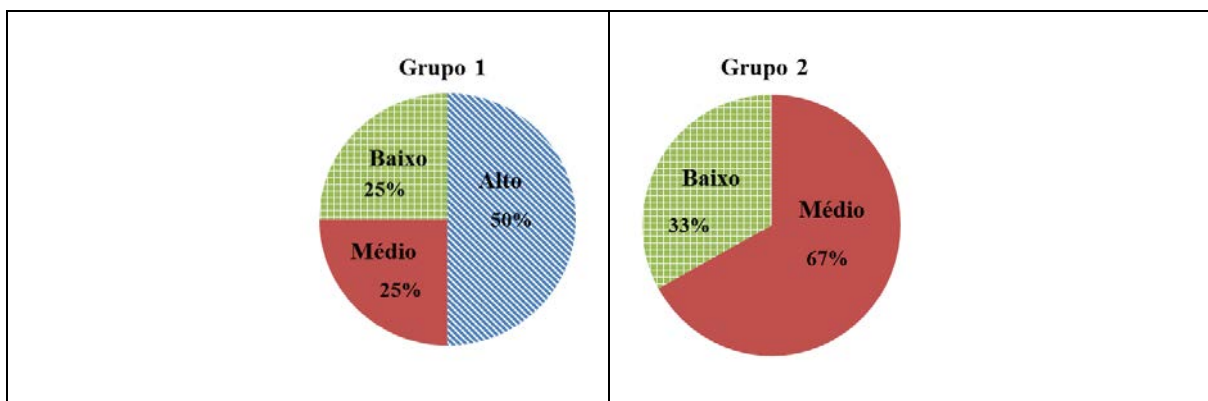


Figura 16: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Compatibilização de Vãos e Pisos

A influência da compatibilização de vãos e pisos aplicou-se apenas em algumas obras, já que parte delas, o fator não poderia ser aplicado. Entretanto, percebe-se que nas que foram aplicado, o grupo 1 apresentou que houve compatibilização, enquanto que no grupo 2 não houve compatibilização (Figura 17).

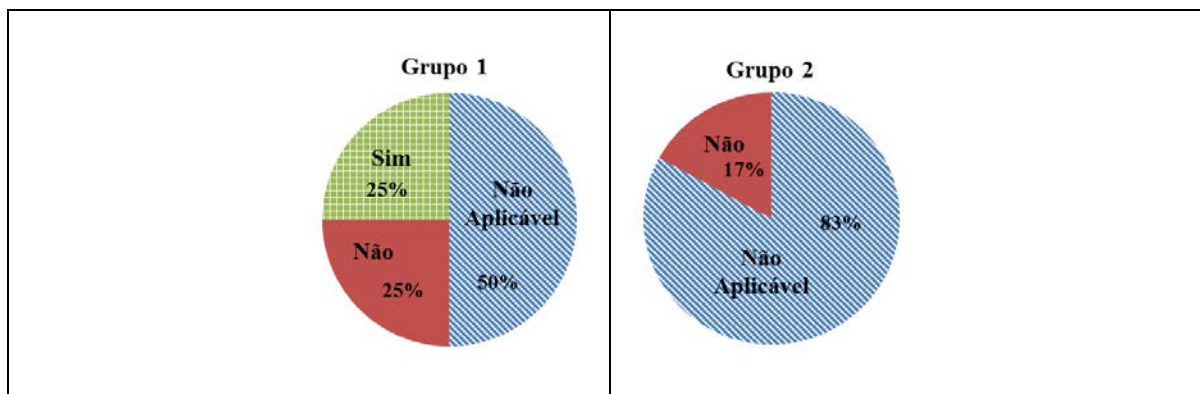


Figura 17: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Modificações Durante a Fase de Execução

Segundo os gráficos, não se pode estabelecer uma influência de modificações durante a fase de execução, tendo em vista que foi no grupo com taxas de RCC reportadas com menores valores que houve muitas modificações, enquanto obras com taxas de geração de resíduos altas, não tiveram modificação alguma (Figura 18).

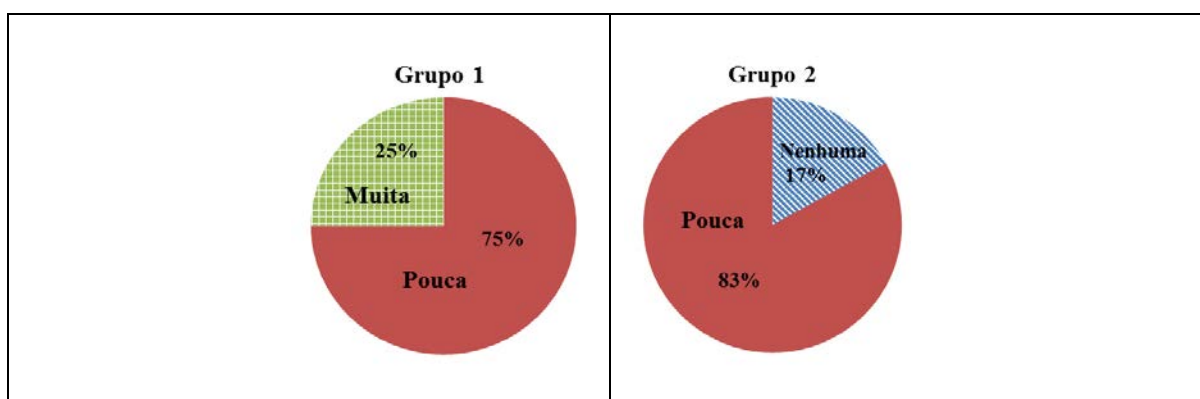


Figura 18: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

▪ Modificações Após a Fase de Execução

Para o último fator, nenhuma obra apresentou muitas modificações após a execução. Em ambos os grupos, a maioria das obras não tiveram modificações, mas pode-se observar também que no grupo 2, houve menos obras com modificações. Não houve influência entre os valores de RCC reportados com o fator Modificações Após a Fase de Execução (Figura 19).

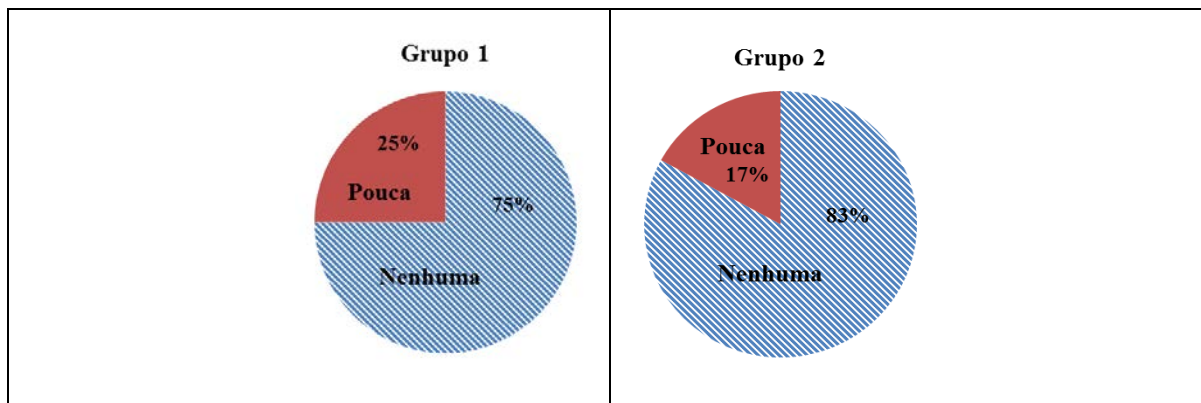


Figura 19: Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados e a geração de RCC

CONCLUSÕES

O Índice de Densidade de Paredes (Id) não apresentou correlação significativa com as taxas de geração de RCC para as edificações estudadas. Sugere-se um estudo mais aprofundado, com uma quantidade maior de edificações para se concluir a respeito desta possível relação.

Os fatores que se pode sugerir como que diminuem as taxas de geração de RCC, são:

- Uso de shaft;
- Utilização de eletrodutos embutidos;
- Uso de elementos pré-fabricados ou pré-moldados;
- Estudo de compatibilização de projetos;
- Presença de políticas de gerenciamento de RCC;
- Nível de detalhamento ou qualidade do projeto;
- Compatibilização de vãos e pisos.

Os fatores que se pode sugerir como que aumentam as taxas de geração de RCC, são:

- Compra em excesso de materiais;
- Descarregamento inadequado de materiais na obra;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H. Construction waste: quantification and source evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*. ASCE. Março, 1996.
2. BRITTO, I.P.T. Influência do projeto na geração de resíduos da construção civil. Relatório de Iniciação Científica. Universidade Federal da Paraíba. 2013.
3. COSTA, R. V. G. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, 2012.
4. COSTA, R.G.V.; ATHAYDE JÚNIOR, G.B.; OLIVEIRA, M.M. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. *Ambiente Construído*, v. 14. n. 1. pp 127-137. 2014.
5. JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
6. LLATAS, C.A. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list, *Waste Management*, v.31, n.6, p. 1261-1276, 2011.
7. OSMANI, M; GLASS, J.; PRICE, A. Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Management*, 28. 2008 .

8. PIMENTEL, U.H.O.; ZANTA,V.M., ATHAYDE JUNIOR, G. B.; PIMENTEL, C.H.L.; NOBREGA, T.M.Q. Análise das distâncias entre a fonte geradora de RCC e os pontos de disposição em João Pessoa-PB, Brasil. In: 3º Simposio Iberoamericano de Ingenieria de Residuos, João Pessoa, pp. 1-11. 2010.
9. RAUBER, F. C. Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2005.