



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS GERADOS NO PROCESSO DE EXECUÇÃO DE TUBULAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS EM OBRA MULTIPAVIMENTADA NA CIDADE DE PORTO ALEGRE/RS.**

**Carina M. Stoltz (1); Patricia C. Poyastro (2); Cristina V. da Silva (3); Josiane Gasperin (4); Angela B. Masuero (5); Denise C. Dal Molin (6)**

Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

- (1) e-mail: carimstoltz@yahoo.com.br
- (2) e-mail: patypoyastro@gmail.com
- (3) e-mail: cristina\_vitorino@yahoo.com.br
- (4) e-mail: jogasperin@ibest.com.br
- (5) e-mail: angela.masuero@ufrgs.br
- (6) e-mail: dmolin@ufrgs.br

### **RESUMO**

Atualmente a grande quantidade gerada de resíduos e o seu descarte inadequado vêm causando graves impactos ambientais, sociais e econômicos, o que exige a busca por soluções rápidas e eficazes para sua gestão adequada. Os resíduos gerados pela construção civil são denominados resíduos de construção e demolição (RCD) e estes estão especificados na Resolução nº 307, de cinco de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Alguns exemplos de RCD são: tijolos, placas cerâmicas, concreto, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros. O objetivo principal deste trabalho é analisar os impactos ambientais e econômicos da geração de resíduos oriundos da execução de tubulações de instalações elétricas e hidráulicas de uma obra de uma edificação multipavimentada localizada na cidade de Porto Alegre. Com base em visitas realizadas à obra, foi possível de quantificar os resíduos gerados pelo corte de canaletas para embutimento de tubulações elétricas e hidráulicas no revestimento e na alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos, além de se fazer uma análise de custos comparando a solução adotada com uma solução ideal proposta. Com isso, se chegou à conclusão que a empresa construtora, além de estar gerando resíduos com o sistema construtivo adotado, o que causa grande impacto ambiental, gasta mais material e mão-de-obra, e teria um custo inferior e maior produtividade se optasse por utilizar blocos cerâmicos com tubulações embutidas no seu interior e revestimento com espessura inferior.

Palavras-chave: geração de resíduos; RCD; instalações elétricas e hidráulicas.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Gerenciamento e reciclagem de resíduos de construção e demolição

O crescimento acelerado das cidades e a falta de infra-estrutura para suportá-lo vêm provocando diversos problemas, dentre os quais aqueles decorrentes da deposição irregular dos resíduos sólidos gerados em atividades de construção, demolição e reformas. A geração e o destino destes resíduos sólidos vêm sendo discutidos com seriedade por vários segmentos da sociedade, já que o entulho de construção chega a ser de mesma proporção que o resíduo residencial. Pinto (1999) estimou que as grandes e médias cidades brasileiras geram uma massa de entulho que pode chegar a 70% do total dos resíduos sólidos urbanos produzidos.

A quantidade expressiva desse resíduo e o seu descarte inadequado causam graves impactos ambientais, sociais e econômicos, fato que impõe a busca de soluções rápidas e eficazes para sua gestão adequada, por meio da elaboração de programas específicos, que visem à minimização destes impactos (FILHO et al., 2007). A reciclagem não é uma idéia nova; os romanos, por exemplo, reconstruíam as cidades destruídas durante a guerra de conquista utilizando escombros (HENDRIKS, 2000 *apud* JOHN, ÂNGULO e AGOPYAN, s/d).

Os resíduos gerados pela construção civil são denominados resíduos de construção e demolição (RCD) e estes estão especificados na Resolução nº 307, de cinco de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), segundo a qual os RCD são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

## 1.2 Classificação dos resíduos

A Resolução nº 307 classifica os RCD em quatro classes:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (tijolos, concreto, telhas, etc.);
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações (plástico, papel, vidro, etc.);
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação (gesso);
- Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos, etc.).

Os resíduos sólidos são classificados segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004) quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Esta norma brasileira define resíduos sólidos como sendo:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes do sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

A seguir apresenta-se a classificação dos resíduos adotada pela NBR 10004 (ABNT, 2004):

- Resíduos classe I – Perigosos;
- Resíduos classe II – Não perigosos;
  - Resíduos classe II A – Não inertes;
  - Resíduos classe II B – Inertes;

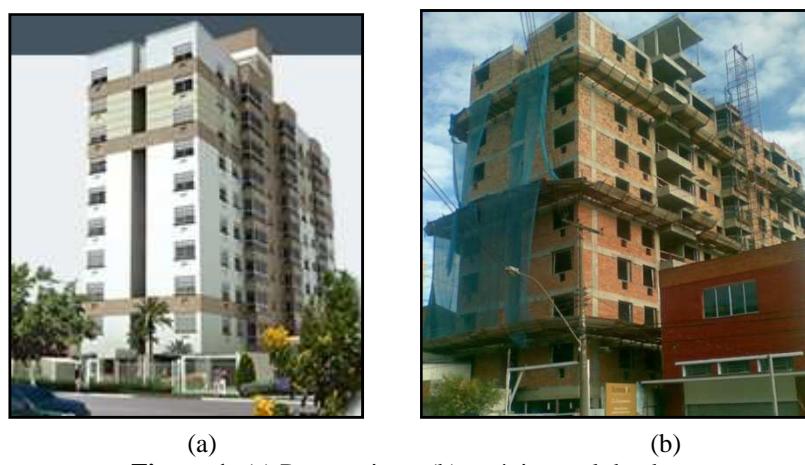
## 2 OBJETIVO

Este trabalho tem como principal objetivo analisar os impactos ambientais e econômicos da geração de resíduos oriundos da execução de tubulações de instalações elétricas e hidráulicas. Neste, serão analisadas as gerações de resíduos na obra de uma edificação multipavimentada localizada na cidade de Porto Alegre. Desta forma foi possível analisar o quanto se gasta a mais na obra pela falta de controle da geração de resíduos e falta de planejamento de obra.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Edificação estudada

A obra em estudo está localizada no bairro Santana na cidade de Porto Alegre/RS. A edificação possui nove pavimentos-tipo, com seis apartamentos em cada, sendo destes quatro apartamentos de dois dormitórios e dois apartamentos de três dormitórios (Figura 1).



**Figura 1-** (a) Perspectiva e (b) estágio atual da obra

A área total de um pavimento tipo é de 456,03 m<sup>2</sup>, e a área total da edificação é de 5.209,49 m<sup>2</sup>. Na data das visitas, agosto e setembro de 2009, a obra se encontrava em fase de execução de instalações elétricas e hidráulicas, revestimentos, colocação de esquadrias e acabamentos em geral.

Conforme entrevista com um dos engenheiros da obra, a empresa construtora não separa diferentes tipos de resíduos da obra em caçambas diferentes. Desta forma, todos os tipos de resíduos, classes A, B, C e D, são descartados conjuntamente em caçambas localizadas na entrada do canteiro de obras.

### 3.2 Método

Primeiramente realizou-se uma visita à obra em estudo objetivando identificar os processos onde que havia geração de resíduos e/ou desperdícios de materiais. Com base nas observações feitas e em conversa com engenheiro da empresa construtora, foi elaborada uma lista destes e se concluiu que um dos processos que mais gerava desperdícios nesta obra era a execução de tubulações, as quais são embutidas parte na alvenaria e parte no revestimento de argamassa.

Identificado o objeto de estudo, realizou-se nova visita ao canteiro de obras, onde foi feito um levantamento das espessuras médias de revestimento argamassado das paredes de um pavimento tipo, além da profundidade de alvenaria quebrada para embutir as tubulações. Em posse deste levantamento e de dados sobre compras de materiais e consumo de caçambas de entulho utilizadas pela empresa, realizou-se estudo do desperdício de materiais pelo excesso de espessura de reboco de revestimento e quebra de alvenaria.

Para o levantamento de custos utilizou-se a base de dados das composições unitárias do programa de orçamento Orca Win, além de cotações de materiais realizadas com fornecedores de materiais de construção da cidade de Porto Alegre/RS.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Verificação das possibilidades de intervenção

Após primeira visita à obra, procurou-se identificar e listar os processos construtivos onde se identificou geração de resíduos e/ou desperdícios de materiais. Listaram-se também os problemas ou oportunidades, as ações que deveriam ser adotadas e as barreiras e necessidades para se adotar estas ações. Estes itens estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1-** Processos construtivos com geração de resíduos e/ou desperdícios de materiais

| ETAPA DO PROCESSO OU SISTEMA CONSTRUTIVO                    | OPORTUNIDADE E/OU PROBLEMA   | AÇÃO A SER ADOTADA   | BARREIRAS E NECESSIDADES  | FOTOS  |
|---|--|--|---|--|
| 1<br><b>FORRO DE GESSO CONVENCIONAL</b>                     | Desperdício de material e grande geração de resíduos   | Utilização de gesso acartonado com projeto para melhor aproveitamento das placas   | Mudança de processo construtivo; gerenciamento na empresa; treinamento de funcionários            |      |
| 2<br><b>EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS</b> | Desperdício de material e mão-de-obra e geração de resíduos com abertura de canaletas para embutir as tubulações | Substituição do sistema construtivo por blocos cerâmicos                           | Projeto e paginação da alvenaria; melhorar gerenciamento na empresa; treinamento dos funcionários |       |
| 3<br><b>EXECUÇÃO DE ALVENARIA</b>                           | Desperdício de material na execução e geração de resíduos por quebra dos blocos                                  | Substituição do tijolos por blocos ou outros mais resistentes                      | Projeto e paginação da alvenaria; melhorar gerenciamento na empresa; treinamento dos funcionários |     |
| 4<br><b>EXECUÇÃO DE REBOCO</b>                              | Desperdício de material e geração de resíduos  | Substituição da forma de deposição da argamassa durante a execução do revestimento | Gerenciamento; treinamento dos funcionários   |   |
| 5<br><b>ARMAZENAGEM DE MATERIAS</b>                         | Desperdício de materiais, geração de resíduos e contaminação por contato direto com o solo                       | Alteração na forma de armazenamento  | Projeto de layout do canteiro de obras; gerenciamento; treinamento dos funcionários               |   |

Com base nas observações feitas em obra e no estudo apresentado na Tabela 1, chegou-se a conclusão que um dos processos que mais gerava desperdícios nesta obra era a execução de tubulações de instalações elétricas e hidráulicas, que são embutidas parte na alvenaria e parte no revestimento de argamassa. Sendo assim, escolheu-se este processo para ser analisado e estudado, buscando oportunidades de melhorias.

### 4.2 Análise da geração de resíduos e desperdícios

Através das visitas realizadas, pode-se observar como eram executadas as instalações elétricas e hidráulicas na obra. Após a alvenaria e o revestimento de argamassa estar prontas, a equipe de elétrica ou hidráulica, cortava o reboco e parte da alvenaria para embutir as tubulações. A figura 2 apresenta algumas imagens destas instalações na obra.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 2 - (a), (b), (c), (d)** Instalações elétricas e hidráulicas embutidas no revestimento de argamassa e na alvenaria

Observou-se, que na maioria dos casos, praticamente todo o diâmetro das tubulações acabava sendo embutido no revestimento, já que a espessura do mesmo era bastante grande. Foram medidas espessuras do reboco aleatoriamente em diversos pontos onde foram embutidas as tubulações, em diferentes apartamento e pavimentos da obra. Chegou-se a uma média de 4 cm de revestimento argamassado. A figura 3 (a) apresenta algumas destas medições.

Além disso, para o cálculo do volume desperdiçado de material com essa etapa de corte do revestimento e da alvenaria, mediram-se também, em diversos pontos, aleatoriamente, as larguras e profundidades médias das canaletas abertas para embutir as tubulações (Figura 3 (b)). Chegou-se a uma média de 4 cm de largura e também de profundidade para as canaletas de tubulações elétricas e 7 cm de largura e profundidade para as canaletas de tubulações hidráulicas. Os comprimentos destas canaletas foram medidos em planta.



(a)



(b)

**Figura 3 - (a)** Espessura do reboco em pontos escolhidos aleatoriamente; **(b)** largura das canaletas para embutimento de tubulações hidráulicas em pontos escolhidos aleatoriamente

A partir das dimensões de largura e profundidade das canaletas medidas em obra e dos comprimentos

medidos em projeto, pode-se calcular o volume aproximado de rasgos nas paredes que eram diretamente descartados em caçambas de entulho. Calculou-se esse volume para cada apartamento de cada pavimento, chegando-se a um volume total por pavimento. Multiplicou-se esse volume por nove e se obteve um valor estimado do volume nos pavimentos-tipo da obra. O pavimento térreo não foi considerado.

Para o cálculo do número de caçambas de entulho geradas somente por esse processo de corte do revestimento e da alvenaria para embutir as tubulações, considerou-se um empolamento médio de 30% e um volume médio de 4 m<sup>3</sup> para uma caçamba. O resumo destes cálculos está apresentado na tabela 2. É importante salientar que neste volume de entulho gerado, está sendo considerado o mesmo empolamento para argamassa e para tijolos cerâmicos. Não se sabe qual a proporção exata de resíduo para cada um destes dois materiais neste processo, mas pelas observações feitas *in loco*, pode-se dizer que o volume de argamassa é maior que o de tijolos cerâmicos.

Com base na tabela 2, chegou-se a um valor aproximado de 5,77 caçambas de entulho, somente com os resíduos gerados pela atividade de corte de canaletas para as tubulações. Considerando-se a obra como um todo, pode-se dizer que o número de caçambas de entulho geradas por essa atividade não é muito significativo frente ao total de resíduos gerados. Entretanto, se pensarmos com foco no meio-ambiente, são mais de 23 m<sup>3</sup> de resíduos de construção gerados que poderiam ser evitados se a empresa construtora optasse por outro método construtivo.

Além desse volume de resíduo gerado, deve-se também se considerar a quantidade de argamassa que é utilizada para o fechamento das canaletas com as tubulações embutidas e a mão-de-obra utilizada para isso. Ou seja, existe um retrabalho na obra, que gera gastos tanto de mão-de-obra como de material em duplicidade. Esse retrabalho ocorre, uma vez que, a empresa executa todo o reboco interno para depois as equipes de elétrica e hidráulica cortarem as canaletas onde embutirão as suas tubulações. Após essas equipes concluírem as suas instalações, a equipe de reboco volta para fechar todas as canaletas com argamassa.

Outra questão que deve ser salientada é que o sistema construtivo adotado exige revestimentos de argamassa muito espessos, para que as tubulações possam ser embutidas, o que gera um maior desperdício de material na fase de execução do reboco, já que se têm mais perdas em produção de argamassa, em transporte e na execução como um todo, e também de mão-de-obra que acaba sendo menos produtiva por ter que realizar um revestimento com maior espessura. Além disso, executando-se um revestimento com média de 4 cm de espessura, está se gastando o dobro de material necessário, uma vez que a espessura ideal para revestimento interno varia de 1,5 a 2,5 cm.

**Tabela 2** - Resumo dos cálculos do volume de entulho gerado pelo processo de corte do revestimento

| RESUMO DOS CÁLCULOS DE VOLUME DE RASGOS NA ALVENARIA             |       |
|--|-------|
| <b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>                                     |       |
| VOLUME TOTAL PAVIMENTO-TIPO [m <sup>3</sup> ]                    | 0,84  |
| VOLUME TOTAL 9 PAVIMENTOS-TIPO [m <sup>3</sup> ]                 | 7,60  |
| EMPOLAMENTO MÉDIO  | 30%   |
| VOLUME TOTAL 9 PAVIMENTOS-TIPO COM EMPOLAMENTO [m <sup>3</sup> ] | 9,88  |
| VOLUME APROXIMADO DE UMA CAÇAMBA CHEIA [m <sup>3</sup> ]         | 4,00  |
| Nº DE CAÇAMBAS   | 2,47  |
| <b>INSTALAÇÕES HIDRAULICAS</b>                                   |       |
| VOLUME TOTAL PAVIMENTO-TIPO [m <sup>3</sup> ]                    | 1,13  |
| VOLUME TOTAL 9 PAVIMENTOS-TIPO [m <sup>3</sup> ]                 | 10,16 |
| EMPOLAMENTO MÉDIO  | 30%   |
| VOLUME TOTAL 9 PAVIMENTOS-TIPO COM EMPOLAMENTO [m <sup>3</sup> ] | 13,21 |
| VOLUME APROXIMADO DE UMA CAÇAMBA CHEIA [m <sup>3</sup> ]         | 4,00  |
| Nº DE CAÇAMBAS   | 3,30  |
| <b>TOTAL</b>   |       |
| VOLUME TOTAL PAVIMENTO-TIPO [m <sup>3</sup> ]                    | 1,97  |
| VOLUME TOTAL 9 PAVIMENTOS-TIPO [m <sup>3</sup> ]                 | 17,76 |
| EMPOLAMENTO MÉDIO  | 30%   |
| VOLUME TOTAL 9 PAVIMENTOS-TIPO COM EMPOLAMENTO [m <sup>3</sup> ] | 23,09 |
| VOLUME APROXIMADO DE UMA CAÇAMBA CHEIA [m <sup>3</sup> ]         | 4,00  |
| Nº DE CAÇAMBAS   | 5,77  |

### 4.3 Análise de custos

Após observar o processo construtivo na obra, buscou-se uma alternativa que evitasse esse desperdício de material e mão-de-obra que o sistema aditado impõe. Sugeriu-se a adoção de blocos cerâmicos ao invés de tijolos cerâmicos de oito furos, uma vez que, com esse material, as tubulações podem ser embutidas em seu interior, evitando rasgos, e podendo-se utilizar revestimentos de argamassa com menor espessura, devido a sua melhor ortogonalidade o que, além de demandar menos material e menos mão-de-obra, ainda evita o aparecimento de possíveis manifestações patológicas que comumente ocorrem em revestimentos com elevada espessura, ainda mais com tubulações embutidas nele.

Em conversa com um dos engenheiros da obra, soube-se que este tipo de sistema construtivo já foi considerado a ser utilizado, entretanto a justificativa por não utilizá-lo era que o custo do metro quadrado de alvenaria de blocos cerâmicos era mais elevado que o de tijolos cerâmico de oito furos. Desta forma, a empresa preferia continuar utilizando o sistema construtivo com que já estavam acostumados. Entretanto acredita-se que a empresa não considerou os custos de revestimento, uma vez que utilizando os blocos cerâmicos, o reboco poderia ter espessura bastante inferior, o que reduziria os custos desse sistema construtivo.

Decidiu-se então realizar este comparativo de custos, considerando os dois sistemas construtivos. Calcularam-se através do projeto arquitetônico da obra, as áreas de alvenaria de 15 cm, de alvenaria de 25 cm e de revestimentos de argamassa.

Seguem na Tabela 3 os custos calculados para revestimento de argamassa de camada única de 2 e 4 cm para a área total dos 9 pavimentos-tipo. Na Tabela 4 são apresentados os custos totais de alvenaria de 15 cm e na Tabela 5 de alvenaria de 25 cm. Para estes cálculos, utilizaram-se composições unitárias de custos do programa de orçamento de obras Orca Win, para se obter os consumos médios e valores dos materiais a serem utilizados.

Após a realização dos cálculos de alvenarias e revestimentos de diferentes espessuras separadamente, montou-se uma planilha comparativa para as duas situações, a existente na obra (tijolos cerâmicos de 8 furos e reboco de 4 cm de espessura) e a considerada ideal (blocos cerâmicos e reboco de 2 cm). A Tabela 6 apresenta esse comparativo.

**Tabela 3 - Custos de revestimento de argamassa**

| CUSTOS REVESTIMENTO ARGAMASSA                             |                |             |                |               |                       |                |
|---|----------------|-------------|----------------|---------------|-----------------------|----------------|
| REVESTIMENTO ARGAMASSA CAMADA UNICA - 2cm                 |                |             |                |               |                       |                |
| Área de revestimento/pavimento                            | 1489,45        |             |                |               |                       | m <sup>2</sup> |
| Área de revestimento total 9 pavimentos tipo              | 13405,05       |             |                |               |                       | m <sup>2</sup> |
| Espessura do revestimento                                 | 0,02           |             |                |               |                       | m              |
| Volume de revestimento total 9 pavimentos tipo            | 268,101        |             |                |               |                       | m <sup>3</sup> |
| Composição unitária de custo                              |                |             |                |               |                       |                |
| Descrição   | Preço Unitário | Coeficiente | Unidade        | Material      | Mão-de-Obra           | Total          |
| <b>MASSA UNICA 20mm-ARGAMASSA REGULAR ca-ar 1:5+20%ci</b> |                |             | <b>mt</b>      |               |                       |                |
| CIMENTO PORTLAND/POZOLAMICO 320                           | 0,38           | 4,47        | kg             | 1,70          | 0,00                  |                |
| ARGAMASSA REGULAR ca-am 1:5                               | 69,00          | 0,02        | m <sup>3</sup> | 1,31          | 0,00                  |                |
| PEDREIRO  | 3,18           | 0,80        | h              | 0,00          | 2,54                  |                |
| SERVENTE  | 2,16           | 0,80        | h              | 0,00          | 1,73                  |                |
| Encargos Sociais  |                |             |                | 177,61%       | 7,59                  |                |
|   |                |             |                | Totais em R\$ | 3,01                  | 11,86          |
|   |                |             |                |               |                       | 14,87          |
| <b>CUSTO TOTAL REVESTIMENTO 2 cm</b>                      |                |             |                |               | <b>R\$ 199.326,11</b> |                |

| REVESTIMENTO ARGAMASSA CAMADA UNICA - 4cm                 |                |             |                |               |                       |                |
|---|----------------|-------------|----------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Área de revestimento/pavimento                            | 1489,45        |             |                |               |                       | m <sup>2</sup> |
| Área de revestimento total 9 pavimentos tipo              | 13405,05       |             |                |               |                       | m <sup>2</sup> |
| Espessura do revestimento                                 | 0,04           |             |                |               |                       | m              |
| Volume de revestimento total 9 pavimentos tipo            | 536,202        |             |                |               |                       | m <sup>3</sup> |
| Composição unitária de custo                              |                |             |                |               |                       |                |
| Descrição   | Preço Unitário | Coeficiente | Unidade        | Material      | Mão-de-Obra           | Total          |
| <b>MASSA UNICA 40mm-ARGAMASSA REGULAR ca-ar 1:5+20%ci</b> |                |             | <b>mt</b>      |               |                       |                |
| CIMENTO PORTLAND/POZOLAMICO 320                           | 0,38           | 8,94        | kg             | 3,40          | 0,00                  |                |
| ARGAMASSA REGULAR ca-am 1:5                               | 69,00          | 0,04        | m <sup>3</sup> | 2,62          | 0,00                  |                |
| PEDREIRO  | 3,18           | 1,60        | h              | 0,00          | 5,09                  |                |
| SERVENTE  | 2,16           | 1,60        | h              | 0,00          | 3,46                  |                |
| Encargos Sociais  |                |             |                | 177,61%       | 15,17                 |                |
|   |                |             |                | Totais em R\$ | 6,02                  | 23,72          |
|   |                |             |                |               |                       | 29,74          |
| <b>CUSTO TOTAL REVESTIMENTO 4 cm</b>                      |                |             |                |               | <b>R\$ 398.652,22</b> |                |

Observando-se a Tabela 6, pode-se perceber que a adoção do sistema construtivo proposto, reduziria o custo em aproximadamente R\$ 134.466,96. Ao contrário do que a empresa utiliza como justificativa para não trocar de sistema construtivo, a adoção de blocos cerâmicos reduz os custos. Como pode ser analisado na tabela comparativa, isso se deve a redução da espessura do revestimento, uma vez que utilizando-se blocos, que por sua vez são mais caros que os tijolos, reduz-se a espessura e o custo do reboco pela metade, gerando um diferença significativa quando se analisa a obra como um todo.

**Tabela 4 - Custos de alvenaria de 15 cm**

| CUSTOS DE ALVENARIA 15cm                                     |                |             |                |               |             |                       |
|--|----------------|-------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|
| ALVENARIA TIJOLO CERAMICO 8 FUROS - 15 cm                    |                |             |                |               |             |                       |
| Área de alvenaria/pavimento                                  | 488,45         |             |                |               |             | m <sup>2</sup>        |
| Área de revestimento total 9 pavimentos tipo                 | 4396,05        |             |                |               |             | m <sup>2</sup>        |
| Composição unitária de custo                                 |                |             |                |               |             |                       |
| Descrição  | Preço Unitário | Coeficiente | Unidade        | Material      | Mão-de-Obra | Total                 |
| <b>ALVENARIA TIJ. 8 FUROS DE 15cm-J15mm-ci-ar 1:10</b>       |                |             | m <sup>2</sup> |               |             |                       |
| AREIA REGULAR  | 45,50          | 0,02        | m <sup>2</sup> | 0,77          | 0,00        |                       |
| CIMENTO PORTLAND/POZOLAMICO 320                              | 0,38           | 1,82        | kg             | 0,69          | 0,00        |                       |
| ADITIVO PLASTIF. PARA ARGAMASSA                              | 5,25           | 0,01        | kg             | 0,03          | 0,00        |                       |
| TIJOLO 8 FUROS 10x20x20cm                                    | 0,42           | 23,80       | unid           | 10,00         | 0,00        |                       |
| PEDREIRO   | 3,18           | 1,00        | h              | 0,00          | 3,18        |                       |
| SERVENTE   | 2,16           | 0,60        | h              | 0,00          | 1,30        |                       |
| Encargos Sociais   |                |             |                | 177,61%       |             | 7,95                  |
|  |                |             |                | Totais em R\$ | 11,49       | 12,43                 |
|  |                |             |                |               |             | 23,92                 |
| <b>CUSTO TOTAL ALVENARIA TIJOLO CERAMICO 8 FUROS - 15 cm</b> |                |             |                |               |             | <b>R\$ 105.146,59</b> |

| ALVENARIA BLOCO CERAMICO - 15 cm                     |                |             |                |               |             |                       |
|--|----------------|-------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|
| ALVENARIA BLOCO CERAMICO 14cm-J15mm-ci-ar 1:5        |                |             |                |               |             |                       |
| Área de revestimento/pavimento                       | 488,45         |             |                |               |             | m <sup>2</sup>        |
| Área de revestimento total 9 pavimentos tipo         | 4396,05        |             |                |               |             | m <sup>2</sup>        |
| Composição unitária de custo                         |                |             |                |               |             |                       |
| Descrição  | Preço Unitário | Coeficiente | Unidade        | Material      | Mão-de-Obra | Total                 |
| <b>ALVENARIA BLOCO CERAMICO 14cm-J15mm-ci-ar 1:5</b> |                |             | m <sup>2</sup> |               |             |                       |
| AREIA REGULAR  | 45,50          | 0,02        | m <sup>2</sup> | 0,86          | 0,00        |                       |
| CIMENTO PORTLAND/POZOLAMICO 320                      | 0,38           | 3,87        | kg             | 1,47          | 0,00        |                       |
| ADITIVO PLASTIF. PARA ARGAMASSA                      | 5,25           | 0,01        | kg             | 0,04          | 0,00        |                       |
| BLOCO CERAMICO 14x19x39cm                            | 1,75           | 13,50       | unid           | 23,63         | 0,00        |                       |
| PEDREIRO   | 3,18           | 0,60        | h              | 0,00          | 1,91        |                       |
| SERVENTE   | 2,16           | 0,70        | h              | 0,00          | 1,51        |                       |
| Encargos Sociais                                     |                |             |                | 177,61%       |             | 6,07                  |
|  |                |             |                | Totais em R\$ | 26,00       | 9,49                  |
|  |                |             |                |               |             | 35,49                 |
| <b>CUSTO TOTAL ALVENARIA BLOCO CERAMICO - 15 cm</b>  |                |             |                |               |             | <b>R\$ 156.022,37</b> |

**Tabela 5 - Custos de alvenaria de 25 cm**

| CUSTOS DE ALVENARIA 25cm                                     |                |             |                |          |             |                       |
|--|----------------|-------------|----------------|----------|-------------|-----------------------|
| ALVENARIA TIJOLO CERAMICO 8 FUROS - 25 cm                    |                |             |                |          |             |                       |
| Área de alvenaria/pavimento                                  | 380,93         |             | m <sup>2</sup> |          |             |                       |
| Área de revestimento total 9 pavimentos tipo                 | 3428,37        |             | m <sup>2</sup> |          |             |                       |
| Composição unitária de custo                                 |                |             |                |          |             |                       |
| Descrição  | Preço Unitário | Coeficiente | Unidade        | Material | Mão-de-Obra | Total                 |
| <b>ALVENARIA TIJ.8 FUROS DE 25cm-J15cm-ci-ar 1:10</b>        |                |             | m <sup>3</sup> |          |             |                       |
| AREIA REGULAR  | 45,50          | 0,05        | m <sup>3</sup> | 2,46     | 0,00        |                       |
| CIMENTO PORTLAND/POZOLAMICO 320                              | 0,38           | 5,55        | kg             | 2,11     | 0,00        |                       |
| ADITIVO PLASTIF. PARA ARGAMASSA                              | 5,25           | 0,02        | kg             | 0,10     | 0,00        |                       |
| TIJOLO 8 FUROS 10x20x20cm                                    | 0,42           | 44,50       | unid           | 18,69    | 0,00        |                       |
| PEDREIRO   | 3,18           | 1,60        | h              | 0,00     | 5,09        |                       |
| SERVENTE   | 2,16           | 1,00        | h              | 0,00     | 2,16        |                       |
| Encargos Sociais   |                |             | 177,61%        |          | 12,87       |                       |
|  |                |             | Totais em R\$  | 23,35    | 20,12       | 43,48                 |
| <b>CUSTO TOTAL ALVENARIA TIJOLO CERAMICO 8 FUROS - 25 cm</b> |                |             |                |          |             | <b>R\$ 149.052,37</b> |

| ALVENARIA BLOCO CERAMICO - 25 cm                     |                |             |                |          |             |                       |
|--|----------------|-------------|----------------|----------|-------------|-----------------------|
| Área de revestimento/pavimento                       | 488,45         |             | m <sup>2</sup> |          |             |                       |
| Área de revestimento total 9 pavimentos tipo         | 4396,05        |             | m <sup>2</sup> |          |             |                       |
| Composição unitária de custo                         |                |             |                |          |             |                       |
| Descrição  | Preço Unitário | Coeficiente | Unidade        | Material | Mão-de-Obra | Total                 |
| <b>ALVENARIA BLOCO CERAMICO 25cm-J15mm-ci-ar 1:5</b> |                |             | m <sup>3</sup> |          |             |                       |
| AREIA REGULAR  | 45,50          | 0,03        | m <sup>3</sup> | 1,18     | 0,00        |                       |
| CIMENTO PORTLAND/POZOLAMICO 320                      | 0,38           | 5,25        | kg             | 2,00     | 0,00        |                       |
| ADITIVO PLASTIF. PARA ARGAMASSA                      | 5,25           | 0,01        | kg             | 0,05     | 0,00        |                       |
| BLOCO CERAMICO 19x19x39cm                            | 1,75           | 13,50       | unid           | 23,63    | 0,00        |                       |
| PEDREIRO   | 3,18           | 0,65        | h              | 0,00     | 2,07        |                       |
| SERVENTE   | 2,16           | 0,75        | h              | 0,00     | 1,62        |                       |
| Encargos Sociais                                     |                |             | 177,61%        |          | 6,55        |                       |
|  |                |             | Totais em R\$  | 26,85    | 10,24       | 37,09                 |
| <b>CUSTO TOTAL ALVENARIA BLOCO CERAMICO - 25 cm</b>  |                |             |                |          |             | <b>R\$ 163.035,74</b> |

**Tabela 6 - Comparação de custos entre o sistema construtivo existente e o proposto**

| SITUAÇÃO EXISTENTE  |   |                     |                                 |                       |
|---|---|---------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Quebra da alvenaria para inserção das tubulações (parte na alvenaria e parte no revestimento de argamassa), resultando em resíduos e em revestimento espesso. |   |                     |                                 |                       |
| <b>TIJOS CERÂMICOS 8 FUROS + REVESTIMENTO CAMADA UNICA 4cm</b>  |   |                     |                                 |                       |
|   | Consumo por pavimento [m <sup>2</sup> ] | Custo por pavimento | Consumo total [m <sup>2</sup> ] | Custo total           |
| Alvenaria 15cm  | 488,45                                  | R\$ 11.682,95       | 4396,05                         | R\$ 105.146,59        |
| Alvenaria 25 cm   | 380,93                                  | R\$ 16.561,37       | 3428,37                         | R\$ 149.052,37        |
| Revestimento 4cm  | 1489,45                                 | R\$ 44.294,69       | 13405,05                        | R\$ 398.652,22        |
| <b>TOTAL</b>  | -                                       | R\$ 72.539,02       | -                               | <b>R\$ 652.851,18</b> |

| SITUAÇÃO IDEAL  |   |                     |                                 |                       |
|---|---|---------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Tubulações embutidas na alvenaria de blocos cerâmicos e revestimento com espessura menor. |   |                     |                                 |                       |
| <b>BLOCOS CERÂMICOS + REVESTIMENTO CAMADA UNICA 2cm</b>                                   |   |                     |                                 |                       |
|   | Consumo por pavimento [m <sup>2</sup> ] | Custo por pavimento | Consumo total [m <sup>2</sup> ] | Custo total           |
| Alvenaria 15cm  | 488,45                                  | R\$ 17.335,82       | 4396,05                         | R\$ 156.022,37        |
| Alvenaria 25 cm   | 380,93                                  | R\$ 18.115,08       | 3428,37                         | R\$ 163.035,74        |
| Revestimento 2cm  | 1489,45                                 | R\$ 22.147,35       | 13405,05                        | R\$ 199.326,11        |
| <b>TOTAL</b>  | -                                       | R\$ 57.598,25       | -                               | <b>R\$ 518.384,22</b> |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>REDUÇÃO DE CUSTO TROCANDO O SISTEMA CONSTRUTIVO</b> | <b>R\$ 134.466,96</b> |
|--|-----------------------|

## 5 CONCLUSÕES

Com base no estudo no estudo realizado, se chegou à conclusão que a empresa construtora vêm gerando resíduos desnecessários com o sistema construtivo adotado, o que causa grande impacto ambiental. Esta prática é adotada pela empresa não somente na obra que foi estudada, mas em todas as obras pertencentes a ela. Além disso, pôde-se perceber que o sistema adotado gasta mais material, por utilizar um revestimento de argamassa de grande espessura, e mais mão-de-obra, uma vez que as equipes de instalações elétricas e hidráulicas tem que cortar as canaletas para embutir as suas tubulações e a equipe de reboco tem o retrabalho de voltar e fechar todas as canaletas com argamassa após as instalações terem sido concluídas.

Desta forma, além dos resíduos que são gerados com esse sistema construtivo, pode-se perceber na análise de custos realizada, que se tem um custo superior em se executar a alvenaria e as instalações elétricas e hidráulicas da forma como a empresa executa, uma vez que se utiliza um revestimento de argamassa muito espesso. No comparativo de custos realizado entre a situação existente (alvenaria de tijolos cerâmicos de oito furos, revestimento de argamassa com espessura média de 4 cm e instalações embutidas em canaletas cortadas no reboco e alvenaria) com a situação considerada ideal (alvenaria de blocos cerâmicos com as instalações embutidas no seu interior e revestimento de argamassa de 2 cm), se obteve uma redução de custos bastante significativa, considerando a obra como um todo, ao se trocar o sistema construtivo.

Além da redução de custos, a adoção do novo sistema construtivo geraria uma maior produtividade da mão-de-obra, uma menor geração de resíduos com o corte de canaletas parte no revestimento de argamassa e parte na alvenaria e um menor gasto de materiais desnecessários (como o utilizado para se fazer o revestimento com grande espessura e o retrabalho do revestimento). Tudo isso, gera um menor impacto ambiental, o que não favorece somente a empresa construtora, como o meio-ambiente e a população em geral.

## 6 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 (NB 66): **Resíduos sólidos - classificação - elaboração**. Rio de Janeiro, 2004.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002**. DOU de 17 de julho de 2002. p.95-96.
- FILHO, R. P., et al., **Gestão de resíduos da construção civil e demolição no município de São Paulo e normas existentes**. Revista técnica IPEP, São Paulo, SP, v.7, n.1, p. 55-72, 2007.
- JOHN, V. M., ÂNGULO, S. C., AGOPYAN, V. **Sobre a necessidade de metodologia de pesquisa e desenvolvimento para reciclagem**. PCC - Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. EP USP. s/d.
- PINTO, T. de P., **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.