

### **III-044 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES PROVENIENTES DA DESCONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

**Roberto Caldeira da Silva<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Construção Civil pelo PPGECC/UFPR. Doutorando em Engenharia Civil no PPGECC/UTFPR.

**André Nagalli<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná. Bacharel em Direito pela UTP. Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pelo PPGERHA/UFPR. Doutor em Geologia pela UFPR. Professor do PPGECC/UTFPR.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças - Curitiba - PR - CEP: 80.230-901 - Brasil - e-mail: [rcaldeira@utfpr.edu.br](mailto:rcaldeira@utfpr.edu.br)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Rua Deputado Heitor de Alencar Furtado, 5000 - Ecoville - Curitiba - PR - CEP: 81.280-340 - Brasil - e-mail: [nagalli@utfpr.edu.br](mailto:nagalli@utfpr.edu.br)

#### **RESUMO**

A associação entre a desconstrução e a recuperação de materiais oportuniza maior sustentabilidade das edificações. Todavia, a carência de uma metodologia para avaliação do potencial de desmantelamento e aproveitamento cria, muitas vezes, uma situação de desperdício de recursos materiais e energéticos, além da consequente destinação a aterros, materiais e elementos que ainda teriam possibilidade de uso. Neste contexto, o objetivo do trabalho consistiu em avaliar por meio de estudo de caso exploratório, realizado em uma Instituição Federal de Ensino Superior localizada na cidade de Curitiba/PR, o potencial de recuperação de materiais e componentes provenientes do processo de desconstrução de edificações. O resultado da pesquisa demonstrou a possibilidade de alcançar o potencial de recuperação de 54% dos itens avaliados, uma vez que o volume de resíduo gerado para o aterro depende do método de desmonte empregado e da quantidade de materiais e componentes recuperados da edificação. Desta forma, uma proposta alternativa à demolição, torna-se não apenas a melhor escolha do ponto de vista ambiental, como também um processo capaz de proporcionar benefícios econômicos e sociais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reutilização, Reciclagem, Desconstrução, Demolição, Resíduos da Construção Civil.

#### **1 INTRODUÇÃO**

A indústria da construção civil representa um dos mais significativos setores econômicos para a maioria dos países, pois envolve uma elevada quantidade de processos e é responsável pela geração de grande número de produtos e de empregos diretos e indiretos. No entanto, o setor também é conhecido mundialmente pelos impactos ambientais expressivos que provoca em toda a cadeia produtiva (MACHADO, 2014).

Além disso, os métodos tradicionais de construção exigem para o desmantelamento a demolição de edifícios usando a força de escavadeiras, bola de demolição, explosivos, etc. Apesar da demolição oferecer uma maneira rápida para disposição, os impactos ambientais e econômicos são enormes (AKINADE et al, 2017).

Para Durmisevic (2006) as práticas atuais de demolição apenas confirmam que o ciclo de vida de utilização dos materiais é muito menor do que o seu ciclo de vida técnico. Além disso, os elementos que compõem a edificação são, em geral, fixados de forma integrada, o que torna impossível a sua separação, levando à demolição de todo o conjunto e à consequente geração de resíduos. O descarte destes materiais, que levasse em conta que são materiais ainda úteis, poderia gerar lucro e benefícios à sociedade, a partir do processo de reutilização e reciclagem.

Desta forma, a desconstrução ou demolição seletiva de um edifício é um processo que se caracteriza pelo desmantelamento cuidadoso, de modo a possibilitar a recuperação de materiais e componentes da construção,

promovendo a sua reutilização e reciclagem (GUY, 2001; BALDASSO, 2005; COUTO et al, 2006; ROCHA, 2008; SARAIVA, 2013; MACHADO, 2014; VANDENBROUCKE, 2016; FREITAS, 2017).

## 2 METODOLOGIA

Diante do cenário que se apresenta e no intuito de avaliar o potencial de recuperação de materiais e componentes provenientes do processo de desconstrução de edificações, a estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, exploratório, em uma IFES (Instituição Federal de Ensino Superior) localizada na cidade de Curitiba/PR, tendo como unidade de análise a edificação educacional denominada "Bloco B", a qual possui aproximadamente 5.000,00m<sup>2</sup> distribuídos em quatro pavimentos.

### 2.1 Coleta dos Dados

A coleta dos dados foi baseada na estrutura analítica de construção da edificação, elaborada da seguinte maneira:

- **DADOS DA EDIFICAÇÃO:** nesta etapa são coletados os dados por meio de levantamento em projetos e planilha orçamentária, conforme a unidade de medida do elemento, onde posteriormente faz-se a conversão para unidade de volume (m<sup>3</sup>), visto que as análises e comparativos serão realizados nessa unidade de medida;
- **CLASSIFICAÇÃO:** trata dos elementos ou partes da edificação de acordo com o método de desmonte a ser empregado (desconstrução, demolição seletiva e demolição destrutiva); a morfologia do material resultante, baseado no trabalho de Enriqson et al (2008) e sob a ótica do reúso (material amorfo, componente, elemento construtivo e material elaborado); e o processo a ser empregado (mecânico ou manual);
- **POTENCIAL RESÍDUO DEMOLIÇÃO (PRD):** abrange a determinação do potencial volume (m<sup>3</sup>) de resíduo gerado em decorrência do processo de demolição, sem levar em conta a recuperação dos materiais e componentes. Este cálculo é realizado em função da classificação atribuída na etapa anterior, sendo a desconstrução o método mais sustentável e que possibilita reduzir a geração de resíduos ao aterro;
- **POTENCIAL REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM (PRR):** visa determinar o volume (m<sup>3</sup>) de resíduo gerado de acordo com a classificação do tipo de destinação a ser empregado ao resíduo (reciclagem, reutilização ou aterro) e o seu potencial de recuperação. Para tanto será atribuída uma escala qualitativa com os seguintes graus em relação à geração de resíduos: Integral 0%, Alta 25%, Regular 50%, Baixa 75% e Não reciclável/reutilizável 100%. O PRR é determinado em função do grau percentual incidente, conforme avaliação do potencial, multiplicado pelo quantitativo de resíduo gerado para cada elemento ou parte da edificação.

O levantamento de dados teve como limitação a premissa de que os itens facilmente retirados pelo usuário antes do processo de desmantelamento da edificação, sem necessidade de planejamento ou projeto para desconstrução, não foram avaliados, ou seja, tais materiais e componentes não constam nas Tabelas 01 e 02.

Assim, o foco do estudo aborda àqueles elementos que pelas características construtivas da edificação são de difícil desmantelamento (fixados de forma integrada) e que possivelmente seriam tratados como resíduos sem qualquer valor, e removidos para locais de depósitos por vezes não autorizados para este fim.

### 2.2 Classificação

A coleta dos dados foi baseada na estrutura analítica de construção da edificação, elaborada da seguinte maneira:

A Tabela 01 apresenta os dados da edificação escolhida contendo as partes avaliadas, o volume e a classificação quanto ao método, morfologia e processo.

**Tabela 01 - Classificação dos elementos**

Item	DADOS EDIFICAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO		
	Partes	V (m³)	Método	Morfologia	Processo
1	<b>CONCRETO</b>				
1.1	Fundações	341,00	Demolição destrutiva	Material amorfo	Mecânico
1.2	Estrutura	1.026,00	Demolição destrutiva	Material amorfo	Mecânico
1.3	Piso e contrapiso em concreto	231,81	Demolição destrutiva	Material amorfo	Mecânico
2	<b>ALVENARIA</b>				
2.1	Parede interna	308,40	Demolição destrutiva	Material amorfo	Mecânico
2.2	Parede externa	361,00	Demolição destrutiva	Material amorfo	Mecânico
3	<b>TELHA</b>				
3.1	Fibrocimento 8mm	9,14	Desconstrução	Componente	Manual
4	<b>REVESTIMENTOS</b>				
4.1	Cerâmica	58,67	Demolição destrutiva	Material amorfo	Mecânico
4.2	Placa vinílica	8,00	Demolição destrutiva	Material amorfo	Mecânico
4.3	Carpet	0,28	Demolição seletiva	Elemento construtivo	Manual
4.4	Borracha	0,68	Demolição seletiva	Componente	Manual
4.5	Paver (concreto)	16,68	Desconstrução	Elemento construtivo	Manual
5	<b>MADEIRA</b>				
5.1	Forro	8,21	Demolição seletiva	Elemento construtivo	Manual
5.2	Piso	3,00	Demolição seletiva	Elemento construtivo	Manual
5.3	Divisória eucatex	3,42	Demolição seletiva	Elemento construtivo	Manual
6	<b>GESSO</b>				
6.1	Forro	9,12	Demolição destrutiva	Material amorfo	Manual
6.2	Parede Drywall	15,07	Demolição destrutiva	Material amorfo	Manual
		<b>2.400,48</b>			

Fonte: Os autores

Segundo Rocha (2008), para os procedimentos de desmantelamento da edificação são atribuídos os seguintes conceitos à classificação:

- Desconstrução é o processo de desagregação buscando manter o maior grau de função e conformação das partes;
- Demolição destrutiva é a desagregação de um todo (edifício) em parcelas menores, geralmente materiais amorfos;
- Demolição seletiva é a combinação dos processos de demolição destrutiva e desmontagem.

Já em relação a morfologia dos materiais resultantes, a autora traz as seguintes definições:

- Materiais amorfos são aqueles sem conformação e função específica;
- Materiais elaborados são aqueles beneficiados e conformados sem função específica;
- Componente é o produto com conformação e função definida;
- Elemento construtivo decorre da combinação de materiais elaborados e componentes, para construir uma parte da edificação.

Quanto ao processo empregado, ele pode ser manual, com o uso de ferramentas ou mecânico, com utilização de equipamentos.

### 3 RESULTADOS

As avaliações do potencial de reutilização estão relacionadas na Tabela 02, a qual contempla os resultados do PRD e o PRR.

**Tabela 02 - Potencial de recuperação**

<b>AValiação DO POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO</b>					
<b>Item</b>	<b>DADOS EDIFICAÇÃO</b>	<b>POTENCIAL RES. DEM. (PRD)</b>	<b>POTENCIAL REUTIL. E REC. (PRR)</b>		
	<b>Partes</b>	<b>PRD (m³)</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Potencial</b>	<b>PRR (m³)</b>
<b>1</b>	<b>CONCRETO</b>				
1.1	Fundações	341,00	Reciclagem	Baixa	255,75
1.2	Estrutura	1.026,00	Reciclagem	Alta	256,50
1.3	Piso e contrapiso em concreto	231,81	Reciclagem	Baixa	173,86
<b>2</b>	<b>ALVENARIA</b>				
2.1	Parede interna	308,40	Reciclagem	Regular	154,20
2.2	Parede externa	361,00	Reciclagem	Regular	180,50
<b>3</b>	<b>TELHA</b>				
3.1	Fibrocimento 8mm	0,00	Reutilização	Integral	0,00
<b>4</b>	<b>REVESTIMENTOS</b>				
4.1	Cerâmica	58,67	Reciclagem	Baixa	44,01
4.2	Placa vinílica	8,00	Aterro	Não-rec/reut	8,00
4.3	Carpet	0,28	Reutilização	Baixa	0,21
4.4	Borracha	0,68	Reciclagem	Baixa	0,51
4.5	Paver (concreto)	0,00	Reutilização	Integral	0,00
<b>5</b>	<b>MADEIRA</b>				
5.1	Forro	8,21	Reutilização	Regular	4,10
5.2	Piso	3,00	Reciclagem	Regular	1,50
5.3	Divisória eucatex	3,42	Reutilização	Baixa	2,57
<b>6</b>	<b>GESSO</b>				
6.1	Forro	9,12	Reciclagem	Baixa	6,84
6.2	Parede Drywall	15,07	Aterro	Não-rec/reut	15,07
		<b>2.374,66m³</b>			<b>1.103,62m³</b>

Fonte: Os autores

Por meio desta podemos extrair as seguintes informações:

- O PRD de cada parte da edificação foi determinado em função da classificação atribuída na Tabela 01, onde para as hipóteses de demolição seletiva ou destrutiva foi considerada a geração de resíduo. Este fato se deve em decorrência da menor possibilidade de recuperação de materiais e componentes quando sujeitos a estes métodos de desmantelamento;
- O PRR apresenta primeiramente a destinação quanto ao resíduo gerado (reutilização, reciclagem ou aterro), onde em função desta é determinado o potencial de recuperação para cada parte da edificação contemplada na Tabela 02, sendo a escala de atribuição do grau variando de Integral quando não gerou resíduo, ou seja, a recuperação foi completa, até Não-reciclável/reutilizável quando a geração de resíduo foi total.

#### 4 ANÁLISES

O PRD resultou o volume de 2.374,66 m<sup>3</sup> de resíduos que terão o aterro como sua destinação final. Para tanto, o percentual de recuperação ou reaproveitamento foi de apenas 1,08%, em relação ao volume calculado de 2.400,48m<sup>3</sup>. Já o PRR possibilitou uma redução significativa do volume destinado ao aterro, gerando apenas 1.103,62m<sup>3</sup>, equivalendo ao percentual de recuperação de 54,03% em relação ao mesmo volume calculado.

Assim, cabe destacar que a pesquisa confirmou que o volume de resíduo gerado para o aterro depende do processo empregado e do volume de materiais e componentes recuperados da edificação.

#### CONCLUSÕES

A reutilização e a desconstrução são conceitos que visam à valorização e recuperação de recursos existentes, defendendo a hierarquia dos resíduos, priorizando a prevenção. Porém, um dos principais obstáculos para o sucesso da desconstrução, considerando a reutilização de materiais de construção e componentes, é a dificuldade na recuperação dos elementos em bom estado.

Nesse sentido, conclui-se que a metodologia apresentada avaliou as possibilidades de reutilização e reciclagem de materiais e componentes contemplados no estudo de caso e que os resultados demonstraram que é possível alcançar um potencial de recuperação de 54% dos itens avaliados, o que significa que após o encerramento do ciclo de vida de utilização da edificação, considerando viável a vida útil técnica, seria possível o aproveitamento de mais da metade de seus materiais e componentes.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKINADE, O. O. et al. Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills. WasteManagement (60) 3 - 13, 2017.
2. BALDASSO, P. C. Procedimentos para desconstrução de edificações verticalizadas: estudo de caso. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.
3. COUTO, A. B. et al. Desconstrução - Uma ferramenta para sustentabilidade da construção. 6º Seminário Brasileiro da Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Anais eletrônicos...São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6792/1/095NUTAU.pdf>>. Acesso em 15/01/2018.
4. DURMISEVIC, E. Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction. Universidade Técnica de Delft, Holanda, 2006.
5. ENRIQSON, J. A. et al. Análise e descrição do processo de demolição de edificações. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC 2008. Anais eletrônicos...Fortaleza, 2008. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A1771.pdf>>. Acesso em 21/01/2018.
6. FREITAS, L. S. Vida útil ótima de projeto de edificações considerando consumo energético de construção e operação, sob a ótica do ecodesign. Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2017.
7. GUY, Bradley, Building Deconstruction Assessment Tool. Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy. CIB Publication 266. p. 125-1366, April 2001. Disponível em: <[https://www.cce.ufl.edu/wp-content/uploads/2012/08/Design\\_for\\_Deconstruction\\_and\\_Materials\\_Reuse.pdf](https://www.cce.ufl.edu/wp-content/uploads/2012/08/Design_for_Deconstruction_and_Materials_Reuse.pdf)>. Acesso em 02/02/2018.
8. MACHADO, R. C. Sistema para avaliação do potencial de desconstrução e reutilização de estruturas de aço. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2014.
9. ROCHA, C. G. Proposição de diretrizes para ampliação do reuso de componentes de edificações. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.
10. SARAIVA, T. S. Diretrizes de projeto para possibilitar a desconstrução de edificações e seus componentes. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.



11. WEISSHEIMER, L. F.; KERN, A. P. Classificação dos resíduos de construção: discussão dos critérios da resolução 307/2002 do CONAMA. 5º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos UNISINOS. Anais eletrônicos... São Leopoldo - RS, 2014. Disponível em: <<http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/article/view/591>>. Acesso em 11/02/2018.