

ANÁLISE E DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE DEMOLIÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Jonas A. Henriqson (1); Cecília G. da Rocha (2); Miguel A. Sattler (3)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do RS

Av. Osvaldo Aranha 99, 3º andar, tel. (51) 33083518

(1) JONASHENRIQSON@HOTMAIL.COM; (2) CICA_MAIL@YAHOO.COM.BR;

(3) MASATTLER@GMAIL.COM

RESUMO

A construção civil é responsável pelo consumo de grande parte dos recursos naturais do planeta e no processo de demolição gera resíduos nocivos ao meio ambiente. Estratégias para redução da geração de resíduos, para o reuso e as reciclagens das partes das construções se fazem cada vez mais necessárias para um desenvolvimento sustentável. O objetivo da pesquisa é analisar e caracterizar o processo de demolição, assim como verificar os destinos dos componentes e identificar problemas e oportunidades para um maior reuso. A estratégia de pesquisa empregada é um estudo de caso descritivo-exploratório, que utiliza entrevistas, observação direta e análise de artefato como fontes de evidência. O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas: revisão bibliográfica, coleta de dados, análise dos resultados e proposição de diretrizes para ampliar o reuso. Para a coleta de dados foram estudadas cinco demolições na cidade de Porto Alegre. A partir da análise e discussão dos dados coletados, com base em conceitos apresentados na literatura, são propostas algumas melhorias visando facilitar o processo de desmontagem da edificação e o reuso de seus componentes. De uma forma geral, verificou-se a eficácia das proposições encontradas na literatura, referente aos aspectos físico-construtivos das edificações. Entretanto, observou-se que a influência de fatores econômicos e culturais é também importante e, muitas vezes, decisiva para viabilizar o reuso. Um exemplo disso é a grande demanda por tijolos de demolição (tijolos maciços). Apesar de as peças possuírem dimensões reduzidas e serem conectadas por meio de argamassa, isso não impediu que essas fossem removidas e revendidas pelas empresas demolidoras, sendo adquiridas por projetistas e utilizadas em novas construções.

Palavras-chave: componentes de edificações; demolição; reuso.

ABSTRACT

The building sector is responsible for the consumption of a great share of planet earth's natural resources. The demolition of buildings produces enormous amounts of debris that are harmful to the environment. In order to reach a more sustainable development it has become increasingly necessary to make use of strategies to minimize waste and maximize building materials reuse and recycling. This paper is intended to analyze and characterize the demolition process, verify building components destination and point out encumbrances and opportunities for a larger reuse. The research strategy employed was a case study which used interviews, direct observations and artifact analyses as sources of evidence. The work was developed in 4 stages: literature review; data collection; results analysis; and propositions for increasing reuse. Five demolition sites in city of Porto Alegre (Brazil) were studied and a few suggestions aiming to ease deconstruction and increase components reuse were made. Although suggestions found in the literature to increase components reuse were verified useful, especially those related to technical issues, the influence of cultural and economic factors was often decisive to make reuse viable.

Keywords: buildings components; demolition; reuse.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é responsável pelo consumo de grande parte dos recursos naturais do planeta. As demolições, parte do ciclo de vida das construções, geram resíduos inertes e/ou nocivos ao meio ambiente. Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam cerca de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (ANGULO, 2005). Estratégias de redução de resíduos, de reaproveitamento das construções e de suas partes são necessárias para um desenvolvimento sustentável (JOHN, 2000). A relevância do tema já é consenso na literatura. Trabalhos desenvolvidos em diversos países buscam apontar e caracterizar os principais entraves sociais, políticos e econômicos para uma maior reciclagem dos materiais e reuso de componentes de edificações (CROWTHER, 1999; ANGULO, 2000; JOHN; AGOPYAN, 2000; KIBERT et al, 2000; THORMARK, 2000, 2001, 2006). Entretanto, ainda há pouca proposição de sugestões para ampliação do reuso ou da reciclagem das partes das edificações. Este artigo se propõe investigar o reuso de componentes de edificação, focando nos aspectos técnicos e construtivos. O objetivo da pesquisa é caracterizar o processo de demolição, analisar as alternativas de reutilização dos componentes (reuso, reciclagem, reaproveitamento), identificar barreiras e oportunidades para o reuso e propor recomendações, de forma a ampliar e facilitar o reuso.

2 CONCEITOS BÁSICOS

Por se tratar de um tema relativamente novo, não há consenso entre autores acerca dos conceitos relevantes para análise e exploração do reuso de componentes. Para melhor análise dos casos observados, alguns conceitos recorrentes na literatura foram levados em consideração, ajudando a observar mais claramente o processo de demolição. Esses conceitos são brevemente discutidos nas seções subsequentes (2.1, 2.2 e 2.3), onde os termos utilizados para análise dos resultados são também definidos e apresentados.

2.1 A edificação e suas partes

O entendimento da edificação como um sistema composto por partes, e da relação entre essas partes, é fundamental para que se possa melhor projetar ou analisar uma edificação, que vise reusar suas partes. Habraken (1981) e Brand (1994) concebem a edificação sob uma perspectiva de partes ou camadas, (layers) mais ou menos propensas a alterações, que possuem diferentes longevidades e não como um elemento imutável. Trabalhos relacionados com coordenação modular (BNH/IDEG, 1976), adaptabilidade e flexibilidade da edificação (KIBERT et al, 2000; CROWTHER, 2001; DURMISEVIC; IERSEL, 2003) e industrialização da construção (BLACHERE, 1976), apesar de não aprofundarem a temática do reuso e reciclagem, também buscam organizar a edificação por partes e ajudam a sistematizar as relações das partes, criando uma diversidade de taxonomias. Por não haver referencial teórico consolidado na definição das partes da edificação sob a ótica do reuso, o presente trabalho adotou os seguintes termos:

- (a) Parte: todo e qualquer produto que compõe uma edificação.
- (b) Materiais amorfos: materiais beneficiados, sem conformação e função específica. Exemplos: cimento, areia, tintas.
- (c) Materiais elaborados: materiais beneficiados conformados total ou parcialmente, sem função específica. Possuem grande flexibilidade nas suas possibilidades de uso. Exemplos: tábuas, perfis de aço.
- (d) Componentes: produtos com conformação e função definidas que, isoladamente, não atendem a um requisito funcional da edificação. Exemplos: fechaduras, puxadores, folhas de portas e janelas.
- (e) Elementos: combinação de materiais elaborados e componentes que conforma uma parte da construção, a qual atende a um requisito funcional da edificação. Exemplos: portas, janelas, paredes.
- (f) Subsistemas: combinação de materiais elaborados, componentes e elementos que, em conjunto, atendem a um requisito funcional da edificação. Exemplos: módulos sanitários, subsistemas de fachada, subsistemas de forro.

(g) Sistemas: conjunto de subsistemas construtivos que constituem uma solução completa para a construção de uma edificação. Exemplos: estrutura, cobertura.

2.2 Estratégias de reutilização

Após conceituarmos as partes da edificação, é preciso definir os termos que irão tratar das estratégias de reutilização dessas partes. Na literatura são propostos diversos termos referentes às alternativas de deposição de resíduos (CROWTHER, 2001; DORSTHORST; KOWALCZYK, 2002; THORMARK, 2002). Não há consenso acerca da definição de cada uma das alternativas. Entretanto, observa-se (independente dos termos e definições adotadas) que essas alternativas geram um grau maior ou menor de impacto no meio-ambiente, podendo ser organizadas hierarquicamente. Assim, para o presente trabalho são propostos os seguintes conceitos:

(a) Estratégias de reutilização: procedimentos que permitem re-inserir resíduos de diferentes formas no processo produtivo. Exemplos: reuso, reaproveitamento e reciclagem.

(b) Reuso: estratégia de reutilização na qual uma parte da edificação é retirada ou removida para desempenhar a mesma função prévia. Pode envolver o reparo ou manutenção da parte. Exemplo: vigas de madeira (material elaborado), usadas na estrutura de um edifício existente, sendo empregadas novamente como uma peça na estrutura de um novo edifício.

(c) Reaproveitamento: estratégia de reutilização em que determinada parte é removida para desempenhar uma função diferente. Pode envolver reparo, manutenção e/ou mudança de forma da parte. Exemplo: vigas de madeira da estrutura de um edifício sendo empregadas na produção de elementos de revestimento ou vedação de um novo edifício.

(d) Reciclagem: estratégia de reutilização em que determinada parte é extraída, transformada em material amorfo e empregada na elaboração de novos produtos ou partes. Exemplo: vigas de madeira sendo transformadas em serragem, para elaboração de chapas de madeira prensada.

Por fim, é importante discutir os conceitos de demolição, desmontagem e desconstrução. Para Kibert et al (2000) e Chini e Nguyen (2003), desconstrução é a desmontagem das estruturas, com o propósito de reusar componentes e materiais. Difere da demolição, por ser ambientalmente correta e requerer a desmontagem cuidadosa da edificação na ordem inversa da sua construção. Já Durmisevic e Noort (2003) utilizam o termo desconstrução para designar o processo geral de decompor o edifício, podendo ocorrer através da desmontagem (processo cuidadoso visando reaproveitamento) ou da demolição (com pouco ou nenhum cuidado, sem separação de partes, podendo ou não resultar em reutilização do material resultante).

2.3 Durabilidade e desempenho

Conforme John et al. (2002), durabilidade é a capacidade de um produto ou parte da edificação de manter seu desempenho em condições normais de uso. Desempenho é descrito como a capacidade das partes de atender às necessidades de seus usuários e a determinados requisitos tais como segurança, higiene e conforto. Já, vida útil é definida como o período no qual o produto desempenha determinada função de forma satisfatória. Outros conceitos, tais como degradação (mudanças físicas que afetam negativamente o desempenho de um produto) e obsolescência (perda da capacidade de desempenho, sem degradação) descrevem estágios característicos da vida útil da edificação. Já termos como manutenção ou reparo (modificações no produto de forma que ele volte a ter o desempenho necessário) e modernizações ou reformas (modificações na edificação, de modo a recuperá-lo de obsolescência) visam caracterizar atividades a serem desenvolvidas nas edificações, conforme a mudança das condições de desempenho ao longo da vida útil dessas e de suas partes.

Tais conceitos se tornam extremamente relevantes para a proposição de estratégias de reuso, uma vez que relacionam as partes da edificação, suas funções, a redução das condições de desempenho ao longo do tempo e as possibilidades de manutenção. A partir dessas definições é possível propor estratégias que prolonguem essa capacidade da edificação de exercer funções, criando novas funções para seus componentes ou evitando que partes com condições de desempenho ainda adequadas sejam descartadas.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa empregada é um estudo de caso descritivo-exploratório, que utiliza entrevistas, observação direta e análise de artefato como fontes de evidência (YIN, 1997). O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas: (i) revisão bibliográfica, (ii) coleta de dados, (iii) análise dos resultados e (iv) proposição de diretrizes para ampliar o reuso. Para coleta de dados foram estudadas cinco demolições na cidade de Porto Alegre (Figura 1), realizadas por três diferentes empresas demolidoras (empresa D, empresa K e empresa S). Cada uma das obras foi acompanhada e observada diretamente, do início ao fim do processo, por meio de visitas periódicas (entre maio e julho de 2007). Um protocolo discriminando os principais itens observados nos processos de demolição foi elaborado, de forma a facilitar a análise e comparação da demolição das cinco edificações. Com base nesse protocolo, foi elaborado também, um diário ou caderno de campo (ilustrado com registro fotográfico das principais etapas e atividades), para cada processo, de forma a garantir a qualidade do estudo de caso, conforme recomendado por Yin (1997). Além disso, ainda foram realizadas entrevistas com os funcionários e proprietários das demolidoras, de forma a permitir a triangulação dos dados.



Figura 1 – Edificações analisadas (da esquerda para a direita: edificação A, B, C, D e E)

4 RESULTADOS

Esta seção sintetiza os principais resultados obtidos a partir da análise dos processos de demolição das cinco edificações. O objetivo principal é caracterizar o processo de demolição, no que tange aos aspectos físico-constructivos e identificar barreiras e oportunidades para o reuso de componentes, com base nos conceitos definidos na seção anterior.

4.1 Edificações: partes, características físicas e técnica construtiva

O processo de demolição está fortemente ligado às características da edificação a ser desmontada. A maneira como a edificação é construída, os tipos de componentes e seus materiais, a fixação das partes e suas relações influenciam na desmontagem e no reuso. Dessa forma, considerou-se o processo de desmontagem e as partes resultantes dele para melhor organizar e compreender as edificações em análise, dividindo-as por partes. Foram considerados aspectos funcionais das partes, o tempo de vida associado a elas e suas características formais e técnicas, conforme apontado no item 2.1, obtendo-se assim a nomenclatura e listagem utilizadas para essa análise (Tabela 1).

PARTE	DEFINIÇÃO	EXEMPLO
(A) Esquadrias	Elemento	portas e janelas internas e externas
(B) Equipamento Elétrico	Componente	luminárias, interruptores, tomadas...
(C) Infra-Estrutura Elétrica	Subsistema	fiação; tubulações, CD, disjuntores...
(D) Equipamentos Hidro-Sanitários	Componente	vasos, cubas, pias, chuveiros...
(E) Infra-Estrutura Hidráulica	Subsistema	tubulações, reservatórios, bombas...
(F) Revestimentos	Material Elaborado	pisos, forros, pinturas...
(G) Telhado	Componente	telhas ou peças de cobertura
(H) Estrutura Telhado	Subsistema	treliças, lajes, tesouras, vigas...
(I) Vedação	Subsistema	fechamento de paredes e suas partes
(J) Sistema Estrutural	Sistema	estrutura de sustentação da edificação

Tabela 1 – Partes das edificações analisadas

Tal separação de partes busca sistematizar a análise das edificações e seu processo de desmonte, de maneira geral, e pode ainda sofrer subdivisões. Por exemplo: infra-estrutura elétrica (subsistema) foi utilizada para designar a instalação elétrica da edificação. Entretanto, ela pode ser composta por fios

de cobre (material amorfo) e tubulações (material elaborado), ou ainda transformadores (elementos) com suas peças (componentes). Essas subdivisões serão utilizadas à medida que se obtêm partes menores como resultantes das diferentes obras de demolição em análise, conforme apresentado a seguir.

As edificações demolidas apresentam algumas características comuns: todas possuem mais de 20 anos, baixa altura (de 1 a 3 andares), vedação em alvenaria de tijolos (quase sempre paredes portantes), sistema de lajes e vigas em concreto armado moldadas in loco, instalações elétricas e hidráulicas com tubulações metálicas. As esquadrias, coberturas e revestimentos, por sua vez, apresentam maior variação de características entre as edificações.

4.2 Partes: processo de demolição, estratégia de reutilização e destino

Depois de definidas as partes principais das edificações analisadas, buscou-se descrever o processo de separação e suas relações com a destinação final de cada uma delas. Assim, foram listadas as partes, suas definições (conforme item 2.1) e as estratégias de reutilização (segundo item 2.2.1) adotadas pelas diferentes empresas. A transação envolvida também foi registrada, por exemplo: revenda, doação ou contratação de transporte e deposição em aterro (contratação TD), conforme Tabela 2.

Partes	Demolição A	Demolição B	Demolição C	Demolição D	Demolição E
(A) Esquadrias					
Definição parte	Elemento	Elemento	Elemento	Elemento	Elemento
Estratégia de reutilização	Reuso	Reuso	Reuso	Reuso	Reuso
Transação	Revenda	Revenda	Revenda	Revenda	Revenda
(B) Equipamento elétrico					
Definição parte	Componente	Componente	Componente	Componente	Componente
Estratégia de reutilização	Aterro	Aterro	Reuso	Reuso	Reciclagem
Transação	Contratação TD	Contratação TD	Revenda	Revenda	Revenda
(C) Infra-estrutura elétrica					
Definição parte	-	Mat. elaborado	Mat. elaborado	Mat. elaborado	Mat. elaborado
Estratégia de reutilização	-	Reciclagem	Reciclagem	Reuso e recicl.	Reciclagem
Transação	-	Revenda	Revenda	Revenda	Revenda
(D) Equip. hidro-sanitários					
Definição parte	Componente	Componente	Componente	Componente	Componente
Estratégia de reutilização	Reuso	Reuso	Reuso	Reuso	Reuso
Transação	Revenda	Revenda	Revenda	Revenda	Revenda
(E) Infra-estrutura hidráulica					
Definição parte	-	Elemento	-	Elemento	Elemento
Estratégia de reutilização	-	Reuso	-	Aterro	Reuso
Transação	-	Revenda	-	Contratação TD	Revenda
(F) Revestimentos					
Definição parte	Mat. elaborado	Mat. elaborado	Mat. elaborado	Mat. elaborado	Mat. elaborado
Estratégia de reutilização	Aterro	Aterro	Aterro	Reuso e reaprov.	Reuso
Transação	Contratação TD	Contratação TD	Contratação TD	Revenda	Revenda
(G) Telhado					
Definição parte	Componente	Componente	Componente	Componente	Componente
Estratégia de reutilização	Aterro	Aterro	Aterro	Reuso	Reuso
Transação	Contratação TD	Contratação TD	Contratação TD	Revenda	Revenda
(H) Estrutura do telhado					
Definição parte	Mat. elaborado	Mat. elaborado	Mat. elaborado	Mat. elaborado	Mat. elaborado
Estratégia de reutilização	Reaprov. e inciner.	Reaproveitamento	Reaprov. e inciner.	Reaprov. e reuso	Reaprov. e reuso
Transação	Revenda e doação	Revenda	Revenda e doação	Revenda	Revenda
(I) Vedação					
Definição parte	-	Componente	Componente	Componente	Componente
Estratégia de reutilização	-	Reuso e aterro	Aterro	Reuso e aterro	Reuso e aterro
Transação	-	Revenda e cont.TD	Contratação TD	Revenda e cont.TD	Revenda e cont.TD

(J) Sistema estrutural					
Definição parte	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema
Estratégia de reutilização	Aterro	Aterro	Aterro	Aterro	Aterro
Transação	Contratação TD	Contratação TD	Contratação TD	Contratação TD	Contratação TD

Tabela 2 – Processo de demolição: partes, estratégias de reutilização e transação envolvida

4.2.1 Esquadrias

As esquadrias das obras acompanhadas eram todas fixadas em paredes de alvenaria. Tanto esquadrias de ferro chumbadas, quanto de madeira fixadas por meio de tacos, foram retiradas quebrando-se a parede em torno da esquadria, tarefa que requereu muito esforço e energia e gerou um volume considerável de calça (desperdício). Como ferramentas para a execução do trabalho, foram utilizados martelo, talhadeira e pé-de-cabra. As esquadrias de alumínio, identificadas nas demolições A e C, possuíam fixação por meio de parafusos, sendo facilmente desmontadas e deixando intactas as paredes nas quais estavam fixadas. Observou-se, também, que a totalidade das esquadrias foi reutilizada, sendo revendidas pela própria empresa demolidora.

O acompanhamento da retirada das esquadrias permitiu a análise de alguns aspectos citados na literatura quanto à viabilidade de reuso. O primeiro deles diz respeito à relação das partes com sua durabilidade e desempenho (JOHN et al. 2002). Possivelmente uma janela de madeira, exposta às intempéries e à ação de cupins, tenha que ser substituída ou receber manutenção antes de uma parede de tijolos. Sendo assim, a retirada da esquadria deveria ser feita sem interferir na permanência ou integridade da parede, o que não foi observado. O segundo aspecto considera a relação preferencialmente aberta, intercambiável e independente entre as partes da edificação (DURMISEVIC; NOORT, 2003), o que também não se observou, uma vez que diferentes elementos eram vinculados por meio de argamassa (ligações químicas). Em uma das demolições (demolição D) foi necessário quebrar o piso e a parede para retirada de uma porta, exemplificando um sistema de hierarquia fechada de montagem dos elementos.

4.2.2 Equipamento elétrico

Equipamentos elétricos foram pouco reutilizados nos casos acompanhados, sendo, na maioria das vezes, misturados com a calça e levados a aterros. Conforme os entrevistados, o baixo valor de revenda de interruptores e tomadas, ainda que facilmente removidos (fixação por parafusos), não torna sua retirada economicamente atrativa. Uma situação atípica foi verificada na demolição E, que apresentava luminárias metálicas de grandes dimensões, as quais foram vendidas para um ferro-velho. Nesse caso, o volume de alumínio viabilizou economicamente a reciclagem de tais componentes.

4.2.3 Infra-estrutura elétrica

A infra-estrutura elétrica das edificações demolidas também não foi reutilizada, na maioria das vezes, sendo removidas juntamente com os sistemas de vedação e estrutural. Os entrevistados apontaram que a dificuldade técnica de remoção desses componentes e o baixo valor de revenda dos mesmos inviabilizam a retirada e reuso desses. As tubulações elétricas, em todas as edificações estudadas estavam embutidas dentro das paredes e cobertas por argamassa, o que impossibilitou sua retirada de forma simples e sem geração de grande quantidade de resíduos. Essa situação exemplifica a falta de consideração de durabilidade e desempenho, como apontado por John et al. (2002), e, principalmente, da ausência de uma relação preferivelmente aberta, intercambiável e independente entre as partes de uma edificação, como sugerem Durmisevic e Noort (2003). Para os casos analisados, até mesmo uma simples manutenção dos componentes, em caso de dano, envolveria grande transtorno.

Os fios de cobre são uma exceção na infra-estrutura elétrica, sendo reutilizados e empregados em novas instalações ou reciclados. O valor de revenda é similar, para ambos os casos, sendo que aos recicladores a venda é imediata. Entretanto, essa liquidez de revenda faz com que até fios compridos e em boas condições de reuso sejam reciclados e não reusados.

4.2.4 Equipamentos hidro-sanitários

Os equipamentos hidro-sanitários foram reaproveitados em todas as demolições. Os componentes são resistentes e sua retirada ocorre de forma rápida. Entretanto, segundo os profissionais entrevistados, a

procura por tais equipamentos é pequena, o que torna o seu valor de revenda reduzido e, por vezes, inviabiliza sua retirada, sendo lançados em aterros. Os equipamentos hidro-sanitários preservaram perfeitas condições de desempenho depois de retirados. Assim, a baixa demanda por tais equipamentos só pode ser atribuída à percepção negativa por parte de potenciais clientes finais, que preferem adquirir novos.

4.2.5 Infra-estrutura hidráulica

As dificuldades observadas para a retirada de tubulações foram semelhantes às dificuldades de remoção da infra-estrutura elétrica. Dutos embutidos nas paredes e revestidos por argamassa exigem grande quantidade de energia e geram resíduos na retirada, dificultando seu reuso. Observou-se que banheiros e cozinhas, nas edificações estudadas, possuíam rebaixo na laje, onde estavam instaladas as tubulações hidráulicas. Essas eram cobertas por calça e por mais uma camada de piso (no caso, concreto). Esse tipo de instalação faz com que seja necessário quebrar o piso para sua troca e manutenção. No caso das demolições, a tarefa foi dobrada na quebra das lajes, pois eram duas camadas de concreto a serem rompidas. Em edificações mais recentes, as instalações hidráulicas instaladas abaixo da laje possuem acesso pelo forro do pavimento inferior, geralmente em gesso. Nesse sistema, a necessidade de troca ou manutenção de tubulações exige apenas a retirada do forro, envolvendo menos energia e geração de resíduo. A prática poderia ser ainda mais eficiente no caso de forro desmontável. Caixas d'água de concreto moldadas in loco não foram reutilizadas, por estarem vinculadas à estrutura da edificação, restando apenas a alternativa de demolição destrutiva, por meio de marreta. Reservatórios de fibrocimento, por sua vez, foram rapidamente retirados e todos revendidos. Confirma-se, assim, mais uma vez a idéia de que a independência de componentes favorece o seu reuso, conforme proposto por Durmisevic e Noort (2003).

4.2.6 Revestimentos

Nas obras analisadas observaram-se diversos tipos de revestimento: carpetes, pinturas, gesso, peças de madeira, cerâmica e pedra. Apenas algumas pedras e peças de madeira foram reaproveitadas. Peças cerâmicas, comumente utilizadas no revestimento de cozinhas e banheiros, não foram reutilizadas por serem de difícil remoção. Fixadas por argamassa, quebram facilmente, exigindo cuidado e tempo, envolvendo perdas de material. A fragilidade do gesso, similarmente, dificulta sua remoção. Revestimentos frágeis e com fixação química acabam por ser danificados na retirada, enquanto nas peças de madeira, fixadas por pregos ou encaixes macho-fêmea, a integridade foi mantida. Essa análise reforça a idéia de priorizar estruturas desmontáveis, com conexões por parafusos ou encaixe, como alternativa favorável ao reuso (Crowther, 2001). Utilizar peças resistentes, como é o caso das pedras (todas reutilizadas), constitui uma boa alternativa. Apesar de fixadas com argamassa, não se danificaram na retirada, e o tempo e a energia despendidos não inviabilizaram o reuso.

4.2.7 Telhado

Nas obras acompanhadas havia dois tipos de telhas: cerâmica (edificações A, B e C) e de fibrocimento (edificações D e E). De acordo com os entrevistados, telhas cerâmicas dificilmente são removidas, pois exigem muito tempo na retirada e armazenamento. Apesar de possuírem dimensões reduzidas (fácil manuseio) e serem apenas encaixadas (fácil retirada), são necessárias muitas peças para uma cobertura, demandando mais tempo de retirada (um a dois turnos, para os casos acompanhados, mesmo que para descarte) e dificultando seu transporte e armazenamento. Já as telhas de fibrocimento, aparafusadas, foram todas reaproveitadas. A retirada foi mais rápida (4 horas na demolição D), quando comparada com a de telhas cerâmicas, por se tratar de um menor número de peças, que foram facilmente empilhadas em espaço reduzido de armazenamento e transporte.

4.2.8 Estrutura do telhado

Todas as edificações demolidas possuíam estrutura de madeira na sustentação da cobertura, sendo que a edificação E ainda tinha treliças metálicas em algumas partes. Tanto as tesouras de madeira como as treliças metálicas foram todas reaproveitadas. Nas tesouras de madeira o processo de desmontagem é semelhante nos cinco casos observados: as peças são separadas por meio de pé de cabra. Peças de madeira de seção média (terças e caibros) são bastante procuradas para a fabricação de móveis e quase todas já haviam sido vendidas, antes mesmo de sua retirada. Peças de seção reduzida (ripas) já não têm

o mesmo destino, sendo reaproveitadas para incineração, na maioria dos casos. Nas demolições A, B, C e D, as ripas foram doadas a padarias e utilizadas para queima em fornos. As treliças metálicas foram reutilizadas na cobertura de uma nova edificação, estratégia mais desejável do ponto de vista ambiental.

4.2.9 Vedação

Todas as edificações analisadas possuíam fechamento em alvenaria de tijolos. Durante o acompanhamento das demolições, constatou-se a presença de paredes compostas por tijolos, tanto maciços quanto furados. As paredes também desempenhavam função estrutural, utilizando tijolos maciços nos pavimentos térreos e tijolos furados nos andares superiores. Apenas na edificação E algumas paredes possuíam função exclusiva de vedação, constituídas por tijolos de seis furos.

A fragilidade dos tijolos furados, que geralmente se rompem durante o processo de separação desses da argamassa, inviabilizou sua recuperação e reuso. Isso corrobora a idéia de que conexões químicas (argamassa) dificultam o reaproveitamento de materiais (Crowther, 2001). Já os tijolos maciços possuem um alto índice de reaproveitamento. Funcionários munidos de marreta e talhadeira fizeram a separação dos tijolos um a um, limpando o excesso de argamassa presa a eles e empilhando-os no terreno. As dimensões reduzidas de cada peça e a ligação por meio de argamassa não se tornaram barreiras decisivas ao reuso, mesmo demandando mais tempo para remoção, se comparados com outros componentes da edificação, como esquadrias, por exemplo. A alta resistência e durabilidade dos componentes, capazes de garantir o seu desempenho eficaz por longos períodos, tornam o seu reuso possível. De acordo com entrevistados, o tijolo maciço (ou de demolição) é um componente bastante procurado, tornando sua revenda um negócio vantajoso para as demolidoras. Essas só deixam de separá-lo quando o contratante da demolição estipula um prazo curto para a execução do serviço de demolição. A grande demanda seria pela busca do aspecto rústico conferido pelo material a novas edificações, o que faz o preço do tijolo de demolição ser superior ao do componente novo, mostrando a importância e influência do fator cultural no reuso de componentes de edificações.

4.2.10 Sistema estrutural

Em relação a estruturas de concreto moldadas no local, observou-se a impossibilidade de desmonte das peças inteiras, exigindo equipamento pesado (máquinas retroescavadeiras) e sendo sempre retiradas em blocos rompidos, muitas vezes impossibilitando até mesmo a separação do aço. O destino mais comum desse material são os aterros, com mínimas possibilidades de reutilização de menor impacto.

4.3 Sugestões de melhoria do processo de demolição

A partir da análise e discussão dos dados coletados, e tendo por referência os conceitos básicos apresentados, são propostas algumas melhorias visando facilitar e agilizar o processo de desmontagem da edificação, assim como permitir um maior reuso de suas partes componentes. São elas:

- (a) projetar as edificações para desconstrução;
- (b) utilizar peças menos frágeis, de material resistente e durável;
- (c) utilizar conexões por parafusos ou encaixes nas peças, a fim de garantir sua integridade na retirada;
- (d) evitar ligações químicas, como argamassa e cimento-cola;
- (e) buscar relação independente entre as partes, diminuindo ao máximo as conexões diretas entre elas;
- (f) utilizar peças de dimensões e peso passíveis de manuseio por pessoas, de rápido armazenamento e transporte;
- (g) facilitar o acesso a todas as partes da edificação;
- (h) introduzir componentes reusados nos projetos de edificações, de maneira a divulgar o reuso, criando demanda e estimulando novos nichos de mercado (aspecto econômico-cultural).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme referido anteriormente, a literatura apresenta diversas recomendações para facilitar a desmontagem de edificações, que são também válidas e importantes para facilitar e ampliar o reuso das partes. Tais princípios, entretanto, contemplam apenas atributos físico-construtivos, o que pode facilitar o trabalho de quem realiza a desmontagem de edificações, mas não garante que seus componentes sejam reutilizados. No caso estudado, para a cidade de Porto Alegre, observou-se, também, a grande influência de outros fatores relacionados à economia, sociedade e cultura.

Por exemplo, a venda de componentes usados, como esquadrias, equipamentos elétricos e hidro-sanitários de baixo valor, sugere a existência de compradores de baixo poder aquisitivo, o que torna viável a retirada de tais peças. Outros componentes de maior valor, entretanto, por exigirem mais tempo na retirada e serem de difícil transporte, não se tornam atraentes às empresas demolidoras, como é o caso das telhas cerâmicas, por exemplo.

Já o reuso de tijolos de demolição levanta a questão da influência cultural como fator importante no estímulo ao reuso. Isso sugere que a valorização de componentes de demolição em novas edificações pode, em alguns casos, superar dificuldades relativas a aspectos físico-construtivos dos componentes e estimular a criação de novas soluções que oportunizem o reuso.

Sendo assim, fazem-se necessários mais estudos dentro da temática de reuso de componentes, os quais contemplem, de maneira mais profunda, atributos que vão além dos físicos ou técnico-construtivos. Exames em outras cidades do Brasil também poderiam vir a contribuir na discussão sobre o assunto e ajudar na elaboração de diretrizes que estimulem um maior reuso de componentes de edificações.

6 REFERÊNCIAS

ANGULO, S.C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo, 2000. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 172p.

ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. São Paulo, 2005. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 167p.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO/IDEG. **Coordenação modular da construção**, 1976.

BLACHERE, G. **Tecnologias de la construccion industrializada**. Gustavo Gili: Barcelona. 1976.

BRAND, S. **How buildings learn: what happens after they're built**. 1st Ed. Penguins Books, 1994. 243p.

CHINI, A.R.; NGUYEN, H.T. Optimizing deconstruction of lightwood framed construction. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, 0., 2003. **Proceedings...** Florida: CIB, 2003. p.311-321.

CROWTHER, P. Design for Disassembly to recover embodied energy. In: THE 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 0., 1999. **Proceedings...** Melbourne: CIB, 1999. p.14-44.

CROWTHER, P. Developing an Inclusive Model for Design for Deconstruction. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE: TECHNOLOGY, ECONOMIC, AND POLICY, 0., 2001. **Proceedings...** Florida: CIB, 2001. p.1-27.

DURMISEVIC, E.; VAN IERSEL, T.M. Life cycle coordination of materials and theirs functions at connections design for total service life of buildings and its materials. In. DECONSTRUCTION AND MATERIAL REUSE, 0., 2003. **Proceedings...** Florida: CIB, 2003. p.285-294.

DURMISEVIC, E.; NOORT, N. Re-use potential of steel in building construction. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, 0., 2003. **Proceedings...** Florida: CIB, 2003. p.352-361.

- DORSTHORST, B.J.H.; KOWALCZYK, E. Design for Recycling. In: DESIGN FOR DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, 0., 2002. **Proceedings...** Florida: CIB, 2002. p.70-80.
- GUY, B.; SCHELL, S. Design for deconstruction and material reuse. In: DESIGN FOR DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, 0., 2002. **Proceedings...** Florida: CIB, 2002. p.189-209.
- HABRAKEN, N.J.; BOEKHOLT, J.T.; THIJSEN, A.P.; DINJENS, P.J.M. **Variations: the systematic design of supports**. 2nd Ed. MIT Press, 1981. 261p.
- JOHN, V. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 113p.
- JOHN, V.; AGOPYAN, J. Reciclagem de resíduos da construção. In: Seminário de Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. **Anais...** São Paulo, 2000.
- JOHN, V.M.; SATO, N.M.N.; Durabilidade de componentes da construção. In: SATTTLER, Miguel Aloysio; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay (editores). **Construção e Meio Ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. (Coletânea HABITARE, v.7)
- JOHN, V.M.; SATO, N.M.N.; BONIN, L.C. Proposta de Terminologia para o tema Durabilidade no Ambiente Construído. In: WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 0., 2002. **Anais...** São Paulo: ITA, 2002. p.105-111.
- KIBERT, K.; CHINI, A.R.; LANGUAGELL, J. Implementing Deconstruction in the United States. In: OVERVIEW OF DECONSTRUCTION IN SELECTED COUNTRIES, 1., 2000. **Proceedings...** Florida: CIB, 2000. p.181-239.
- THORMARK, C. Environmental analysis of a building with reused building materials. **International journal of low energy and sustainable buildings**. n. 1, 2000.
- THORMARK, C. Conservation of energy and natural resources by recycling building waste. **Resources, Conservation and Recycling**. n. 33, p.113-130, 2001.
- THORMARK, C. A low energy building in a life cycle - its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. **Building and Environment**. n. 37, p.429-435, 2002.
- THORMARK, C. The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. **Building and Environment**. n. 41, p.1019-1026, 2006.
- YIN, R.K. **Case study research: design and methods**. 2nd Ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994. 171p.