

POTENCIAL DE DESMONTE DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES.

Pâmela Bruna Araújo de Melo¹, Adla Kellen Dionísio Sousa de Oliveira²

¹ Graduanda do Curso Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia, UFRSA, Mossoró - Rio Grande do Norte. E-mail: pamela.melo@alunos.ufersa.edu.br

² Doutora em Engenharia Civil. Professora Adjunta, UFRSA, Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte. E-mail: adla.sousa@ufersa.edu.br

Resumo: No Brasil, do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) atua, através do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SiNAT), para regulamentar o desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores. O uso de ferramentas para avaliação desses sistemas permite tornar o processo de construção mais sustentável e evita a demolição destrutiva, através do desmonte para reuso ou reciclagem das edificações. Diante disso, esse artigo propõe-se a analisar o potencial de desmonte dos sistemas construtivos desenvolvidos no âmbito do PBQP-H. A análise constituiu em avaliar os materiais e técnicas construtivas descritas nos documentos, confrontando-os com pesquisas desenvolvidas acerca do tema, para preenchimento de checklist desenvolvida para auxiliar na tomada de decisões que permitam o desmonte do sistema. Os resultados mostraram que, no geral os documentos avaliados apresentam sistemas construtivos com grande possibilidade para desconstrução de seus elementos.

Palavras-chave: construção; sistemas construtivos; desmonte; reutilização.

1. INTRODUÇÃO

O processo de industrialização das sociedades ao longo dos tempos causou um acelerado crescimento da população nas áreas urbanas que não conseguiam absorver o grande fluxo de pessoas [1]. Na busca por melhores condições de vida, os trabalhadores ocupavam grandes centros urbanos, favorecendo o surgimento de favelas e a precarização das habitações, infraestrutura e saneamento básico.

Preocupados com as condições em que a população se encontrava, autoridades se reuniram na 1ª Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos (Habitat I), realizada em 1976 no Canadá, onde foi firmada a Declaração de Vancouver que define como direito básico o acesso à moradia adequada e serviços relacionados, passando aos governos a responsabilidade de tomar ações que garantam esse direito [2]. Em 1996, no Habitat II¹, surgiram a Declaração de Istambul e a Agenda Habitat, que definiram compromissos e diretrizes para o desenvolvimento de assentamentos humanos sustentáveis.

Com o crescimento da demanda de novas construções vieram os impactos causados ao meio ambiente, desde a exploração dos recursos naturais ao descarte de materiais de construção civil. Assim, pensando no bem-estar da população e nas consequências ambientais oriundas do setor, intensificou-se a procura por técnicas construtivas mais sustentáveis.

Nesse contexto, surgiu a necessidade de repensar a forma de construir, desenvolvendo novos métodos e tecnologias que permitam executar obras de maneira mais eficiente, possibilitando a redução do consumo e de desperdício dos recursos naturais, além do uso de materiais alternativos. Para isso, foram desenvolvidos os sistemas construtivos inovadores, com técnicas e materiais que reduzem o desperdício e o descarte de resíduos.

Diante disso, é importante avaliar a possibilidade de desmonte desses sistemas construtivos inovadores, proporcionando a reutilização dos materiais, evitando a necessidade de demolição das construções e, desse modo, diminuindo a produção e consumo de novos materiais. Isso acarreta a possibilidade de gerar menos resíduos e reduzir o impacto ambiental provocado. Dessa forma, o objetivo deste artigo é analisar o potencial de desmonte de sistemas construtivos inovadores desenvolvidos no âmbito do PBQP-H.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

¹Segunda Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos, realizada em Istambul, Turquia, em junho de 1996.

2.1. SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS DE PRODUTOS INOVADORES E SISTEMAS CONVENCIONAIS (SiNAT)

Em 1998 o Governo Federal brasileiro criou o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) para atender ao que foi firmado no Habitat II. O programa foi criado com a finalidade de promover melhorias na qualidade das habitações e modernizar o processo de construção, tendo como um dos principais objetivos diminuir o déficit de moradias adequadas [2]. O PBQP-H é guiado pelas diretrizes de três sistemas de adesão voluntária, sendo eles o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas e Serviços de Obras da Construção Civil (SiAC), o Sistema de Qualificação de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SiMaC) e o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SiNAT).

Instituído em agosto de 2007, o SiNAT visa estimular a inovação tecnológica, orientando produtores, fabricantes e construtores na produção de materiais ou sistemas inovadores quanto aos critérios de desempenho [3]. O sistema determina diretrizes para a avaliação técnica de sistemas ou produtos inovadores que não atendem as normas técnicas de desempenho existentes. A avaliação é feita a partir de Documentos de Avaliação Técnica (DATec's), realizada por Instituições Técnicas Avaliadoras (ITA's²).

O DATec é um documento que apresenta os resultados de uma avaliação técnica que esteja em conformidade com uma Diretriz SiNAT existente para determinada classe do produto a ser avaliado. Para sua concessão, após a confirmação da existência de diretriz para o sistema ou produto inovador indicado, o proponente solicita a elaboração de um DATec junto a uma ITA, que fará avaliação com base em análises e ensaios de acordo com os procedimentos e técnicas determinadas pela respectiva diretriz, e para confecção do Relatório Técnico de Avaliação (RTA); caso necessite, a ITA poderá sugerir modificações no projeto para adequação [4]. Segundo os autores, caso o sistema seja aprovado, será feita a minuta do DATec pela ITA e enviada a Secretaria Geral do SiNAT (SG-SiNAT); a minuta será apreciada e harmonizada pelo Comitê Técnico e Comissão Nacional do SiNAT (CT-SiNAT e CN-SiNAT, respectivamente) que poderão exigir a reformulação do DATec pela ITA; o documento é então concedido pelo CN-SiNAT e publicado pela SG-SiNAT. Os documentos apresentam as características dos produtos, os ensaios realizados, a orientação para aplicação, uso e manutenção adequada e os resultados de desempenho do sistema, tendo prazo de validade, após concessão, de dois anos, com possibilidade de renovação. Após a primeira renovação, o documento terá período de vigência de três anos, devendo ser renovado a cada três anos. Caso sejam constatadas alterações em relação ao sistema sem estas terem sido avaliadas ou que o produto não atenda as normas de desempenho, o DATec poderá ser cancelado [3].

2.2. IMPACTOS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MEIO AMBIENTE

Segundo Agopyan e John (2011), a industrialização trouxe mudanças para a sociedade. Para os autores, estudos científicos desenvolveram novas técnicas que modernizaram e aumentaram a produção de bens de consumo, a produção agrícola, ocasionou grandes migrações para áreas mais desenvolvidas, entre outros aspectos, melhorando a qualidade e expectativa de vida do ser humano [5]. Todas essas mudanças impulsionaram um acelerado crescimento populacional e o crescimento de cidades. Isso gerou uma alta necessidade de novas habitações.

A construção civil é uma das indústrias que mais consomem recursos naturais e geram resíduos. Todo o ciclo da cadeia de construção causa grandes impactos no meio ambiente. A extração de recursos naturais não renováveis para produção de materiais de construção modifica paisagens e degrada o ambiente, gera resíduos nocivos que poluem e emitem gases que contribuem para o efeito estufa, que afetam as mudanças climáticas [6]. Canteiros de obras mal gerenciados, além do uso de materiais de baixa qualidade, produzem desperdício e aumentam o despejo de resíduos que, quando descartados de forma irregular, são prejudiciais ao meio ambiente e a saúde da população. O setor também apresenta um alto consumo de energia, seja de forma direta, na produção de materiais e/ou nos canteiros de obras, por exemplo, ou de forma indireta, no uso das habitações [6]. A falta dos insumos para produção de materiais de construção afeta o preço de venda, elevando o valor que o consumidor precisa desembolsar.

O reuso ou reciclagem permite reduzir os danos gerados ao meio ambiente, dando um destino melhor aos materiais usados e poupando os recursos naturais que estão cada vez mais escassos. Embora reciclar seja uma alternativa sustentável, ainda é preferível o reaproveitamento, pois para transformar os materiais é necessário um grande gasto de energia no processamento. O reuso implica empregar o material em sua forma original para o mesmo ou fins diversos.

² Instituições credenciadas junto ao SiNAT responsáveis pela avaliação dos sistemas inovadores propostos e por elaborar diretrizes para avaliar determinadas famílias de produtos que não se encaixam em nenhuma existente.

2.3. DESMONTES DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Para Hendriks, Nijkerk e Van Koppen (2007), impactos de eventuais resíduos gerados em uma obra devem ser considerados na fase inicial do projeto. Na hora de especificar os materiais a serem usados em uma obra, a melhor opção seria dar prioridade a materiais de qualidade que possam aumentar o tempo de vida útil da habitação e que possam ser desmontados, possibilitando a reutilização desses materiais, evitando a demolição e diminuindo os resíduos [7]. A demolição destrutiva não é recomendada, pois, para construir uma edificação há consumo de materiais e gera poluição; a derrubada completa da estrutura para construir uma nova dobra o consumo de materiais e também do impacto ambiental [8]. Isso porque a produção de insumos da construção civil lança na atmosfera uma grande quantidade de CO², sendo o cimento responsável por 8% das emissões globais [9]. O conceito de Projetar para desmonte (Design for Disassembly – DfD) se torna importante quando se pensa em sustentabilidade. O projeto para desmonte viabiliza agilizar o processo de construção com métodos e recursos adequados, além de possibilitar o reaproveitamento ou reciclagem dos materiais após o fim da vida útil da edificação, dispensando a demolição destrutiva desta. Assim reduz a poluição e a produção de materiais.

A Figura 1 mostra o ciclo de construção de um edifício e os possíveis caminhos que podem ser tomados ao fim de seu tempo de vida útil, visando o reaproveitamento ou reciclagem dos materiais, reduzindo o descarte de resíduos e evitando a demolição, que inviabiliza a recuperação e reuso dos materiais.

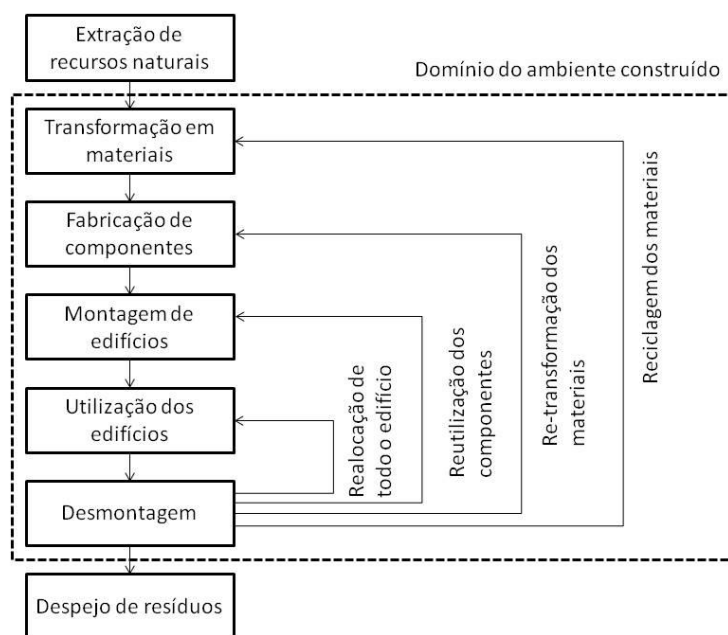


Figura 1. Alternativas a serem consideradas para o fim da vida útil de um edifício. (CROWTHER, 2001. Adaptada.)

Cabe ao projetista considerar e discutir o uso de materiais que possibilitem o desmonte [7]. Assim, na definição de projeto, para Hendriks, Nijkerk e Van Koppen (2007), podem ser adotados materiais pré-fabricados e padronizados que podem ser desmontados, muitas vezes sem ser destruídos, possibilitando sua reutilização em obras. A Figura 2 mostra uma construção que faz uso de colunas pré-moldadas de concreto que possuem chapas de aço em suas extremidades, permitindo a ancoragem das estruturas com os pisos por meio de parafusos; na Figura 3 é apresentada uma edificação feita de toras padronizadas de madeira sendo desconstruída. [10]



Figura 2. Sistema de concreto pré-moldado desmontável. (KIBERT, CHINI E LANGUELL 2001)



Figura 3. Casa de madeira sendo desmontada na Noruega. (KIBERT, CHINI E LANGUAGELL 2001)

O desmonte dos materiais de construção além de reduzir os resíduos que causam danos ao meio ambiente também gera economia, não sendo necessária a compra de outros materiais e evitando a exploração dos recursos naturais para a produção de novos produtos.

3. METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma pesquisa documental, onde a construção do conhecimento acerca do tema se deu através da leitura de livros, documentos, artigos técnicos e teses. O trabalho consistiu em analisar o potencial de desmonte dos sistemas construtivos inovadores.

Para alcançar o objetivo deste projeto foi feito o levantamento dos DATec's no dia 27 de junho de 2022, através da página eletrônica do PBQP-H [3]. A avaliação do potencial de desmonte dos sistemas construtivos procedeu com o uso de uma checklist desenvolvida pelos autores Mattaraia, Martins e Fabricio (2016), que criaram essa checklist para auxiliar no desenvolvimento de sistemas construtivos e na análise do potencial de reuso de sistemas já existentes [11]. A checklist apresenta vinte e nove itens distribuídos em quatro categorias. Cada item da lista se baseia em critérios que guiam o desenvolvimento de projetos de sistemas construtivos para se obter o melhor resultado possível em relação ao desmonte. Para esta pesquisa foram selecionados cinco itens da categoria “Sistemas Construtivos”. O Quadro 1 apresenta os itens selecionados que foram utilizados no processo de análise dos sistemas, com os respectivos critérios para cada item da lista. Dos cinco itens selecionados, dois apresentam dois critérios diferentes para análise. Para estes casos, os itens foram divididos em subitens para análise dos sistemas. A avaliação foi feita com base na leitura dos documentos e pesquisa quanto ao método de construção e os materiais usados. Cada sistema construtivo foi analisado se atende, não atende ou não se aplica a cada um dos itens/critérios da lista. Em seguida, foi analisado, conforme os dados obtidos, o potencial de desmonte de cada sistema construtivo.

Quadro 1. Checklist utilizada no desenvolvimento e análise de sistemas construtivos. (MATTARAIA; MARTINS; FABRICIO, 2016. Adaptada.)

Sistemas construtivos	Critérios	Atende	Não atende	Não se aplica
Projeto para desmonte	*Considerar o desmonte ainda na etapa de projeto. * Prever o caminho para a desmontagem simplifica e agiliza o processo.			
Sistema construtivo modular	*O uso de sistemas modulares facilita a montagem e desmontagem pelo uso dos mesmos métodos e ferramentas.			
O sistema evita elementos de grandes dimensões	*Torna a construção mais simples e segura, dispensa o uso de máquinas e equipamentos especiais para manuseio dos materiais.			
Elementos pré-fabricados	*Facilita a montagem e desmontagem, otimiza a construção e evita desperdício de materiais.			
Estrutura resistente a montagem e desmontagem	* Uso de conectores resistentes à montagem e desmontagem. *Uso de materiais duráveis e resistentes mantêm suas características mecânicas mesmo após o desmonte.			

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os DATec's possuem um período de vigência e após o encerramento deste, caso não sejam renovados, os documentos se tornam inacessíveis na página do PBQP-H. No momento do levantamento, havia um total de 43

documentos, dos quais apenas 16 eram válidos. Os documentos selecionados (Quadro 2) são compostos por três materiais principais distintos, sendo eles: aço, madeira e concreto (Figura 4). Dentre os sistemas construtivos de concreto, um é de concreto moldado *in loco* e os demais de painéis pré-fabricados ou pré-moldados. Os documentos cujos materiais principais são de aço, dois são de LSF (*Light Steel Frame*) e um de painéis pré-fabricados de chapas delgadas de aço.

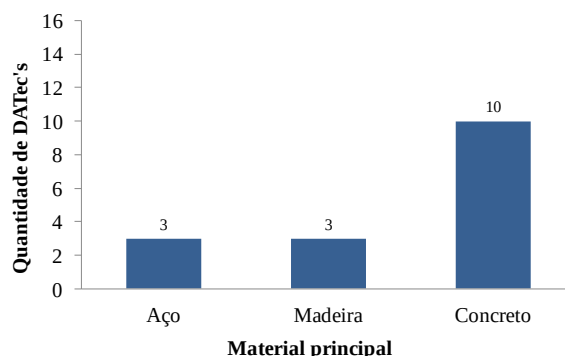


Figura 4. Material principal de cada sistema construtivo. (Autoria própria)

Quadro 2. Identificação dos documentos selecionados. (Autoria própria)

DATec's	
Número	Identificação do produto
008-D	Sistema de vedação vertical com função estrutural constituído de painéis pré-moldados de blocos cerâmicos e nervuras de concreto armado – JET CASA.
012-E	Painéis pré-fabricados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural – PRECON
014-C	Sistema construtivo a seco Saint-Gobain – Light Steel Frame
020-D	Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo light wood framing)
021-C	CASAS OLÉ – Painéis pré-moldados em alvenaria com blocos cerâmicos e concreto armado
023-B	Painéis estruturais pré-moldados ITC - Casa Express, mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas – Tipo A
028-B	Sistema de vedação vertical constituído de painéis pré-moldados de blocos cerâmicos e nervuras de concreto armado – PREMIERE
031-B	Painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural
032-A	Painéis estruturais pré-moldados de concreto armado – ALTIARE
035-A	Paredes moldadas no local de Concreto Reforçado com Fibra de Vidro – CRFV
036-A	Painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto
038-A	Sistema construtivo modular “Casas Fischer” - painéis pré-fabricados de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido.
040	Sistema construtivo Immergrün de painéis pré-fabricados de wood frame para casas térreas e sobrados
041	Sistema construtivo Tego Frame de painéis pré-fabricados de steel frame para casas térreas
042	Sistema construtivo estruturado em peças de madeira maciça serrada com fechamentos em chapas (<i>light wood framing</i>) - MBTM
043	Painéis estruturais pré-moldados mistos de concreto armado e lajotas cerâmicas ITC - Casa Express

Os sistemas do tipo wood framing e os de aço demonstram alto potencial de reaproveitamento. O aço é um material de alta durabilidade, e pode ser facilmente reaproveitado ou reciclado. As peças soldadas podem ser usadas em sua forma original, enquanto as conectadas por parafusos possibilitam uma fácil desmontagem. Assim como o ramo da construção civil, a indústria siderúrgica causa grande impacto ambiental e o processo de reciclagem de materiais de aço demanda muita energia. Criar ligações que facilitem a divisão das estruturas sem necessidade de modificações e sem danificá-las, contribui para que possam ser reutilizadas ao invés de recicladas [11].

As peças de madeira também podem ser amplamente reutilizadas ou recicladas, mas precisam de cuidados. É aconselhável o uso de espécies de madeira que apresentam alta resistência e durabilidade, porém, estas não estão isentas de sofrer danos e também necessitam de cuidados. O uso de pregos para conexão não é recomendado, pois são difíceis de remover e podem danificar as peças. Quando não é possível a remoção das conexões mecânicas, o material precisa ser serrado. As estruturas também sofrem quando há exposição a umidade, que pode causar, por exemplo, apodrecimento e o surgimento de organismos que estragam a peça, inviabilizando o reuso ou reciclagem [12]. Esse tipo de problema pode ser evitado com uso de produtos

químicos, como o verniz ou o stain³ para a proteção das peças de madeira.

Produtos de alvenaria podem ser reutilizados quando são usadas argamassas a base de cal que são mais suaves e fáceis de remover, pois quando o assentamento é feito com cimento Portland, a separação é difícil e não vale a pena, sendo recomendado a reciclagem [11]. O reuso do concreto é complicado uma vez que, quando conformado, torna-se uma peça única, não sendo possível a separação dos componentes [13]. Por ser um elemento maciço, não é possível visualizar os materiais embutidos. Portanto, a melhor opção para o concreto também é a reciclagem. As estruturas pré-fabricadas ou pré-moldadas de concreto estrutural ou não, são fabricadas de forma racionalizada, conferindo a peça mais resistência e alta durabilidade. Tais estruturas geralmente possuem tamanho e armaduras de reforço padrão [14]. Vigas, pilares e lajes pré-moldadas são mais fáceis de serem desmontadas [11]. Os painéis pré-fabricados ou pré-moldados podem ser reutilizados, a depender de como é feita a conexão entre as peças. Além disso, como já foi mencionado, o concreto é difícil de ser desconstruído. Nesse sentido, as peças seriam mais bem reaproveitadas em sua forma atual, incluindo todas as instalações em seu interior.

O sistema construtivo “Paredes moldadas no local de Concreto Reforçado com Fibra de Vidro – CRFV”, de número 035-A, consiste na construção de paredes estruturais de concreto maciço reforçado com adição de macrofibra de vidro, moldadas no local da obra com o auxílio de fôrmas de alumínio. Todas as armaduras e a instalação elétrica do sistema são posicionadas dentro das fôrmas para posterior concretagem, que é feita de uma só vez para cada pavimento. No final obtém-se uma estrutura única, sem pontos de ligação [3]. Durante a análise dos documentos percebeu-se que os critérios do checklist não foram atendidos ou não eram aplicáveis a este sistema, sendo o único a não se enquadrar em nenhum critério. Portanto, a desconstrução não é uma opção viável para tal sistema.

A Figura 5 mostra a análise dos DATec's selecionados em relação ao projeto para desmonte: se a desconstrução é considerada na fase inicial de projeto (Figura 5 a) e se há previsão de uma sequência para desmonte (Figura 5 b). Projetar para o desmonte contribui para a redução dos danos ambientais, possibilitando a manutenção e separação de maneira fácil e segura, prolongando a vida útil dos materiais e permitindo seu reuso, gerando menos descartes e diminuindo a necessidade de produção de materiais. Considerar a desmontagem ainda na fase projetual permite buscar soluções para que se possa aproveitar melhor os materiais [13]. Alguns autores brasileiros usam a expressão Projeto para Desconstrução, que muitas vezes se refere ao projeto feito sem intenção de desmontar, mas pode ser adaptado para tal [11]. Projetar para desmonte também facilita tanto a montagem como a desmontagem, proporcionando a visualização da sequência para desconstrução, tornando o processo mais fácil e seguro, pois possibilita determinar quais materiais podem ser removidos primeiro, usando ferramentas e técnicas adequadas para que não danifique os materiais.

Segundo a análise dos DATec's, considera-se que quinze sistemas apresentam o projeto inicial para desmonte ou podem ser adaptados (Figura 5 a), enquanto quinze dos documentos também preveem a sequência para a desconstrução. Para chegar a esse resultado, foi considerado os métodos construtivos empregados em cada sistema e os materiais utilizados. Na Figura 5(a), apenas um DATec, de número 035-A, não atende a esse item, pois, como foi dito anteriormente, o sistema apresenta estrutura única. Na Figura 5(b), o critério relacionado a previsão de caminho para desmonte não foi considerado aplicável para o mesmo sistema, visto que este não pode ser desmontado.

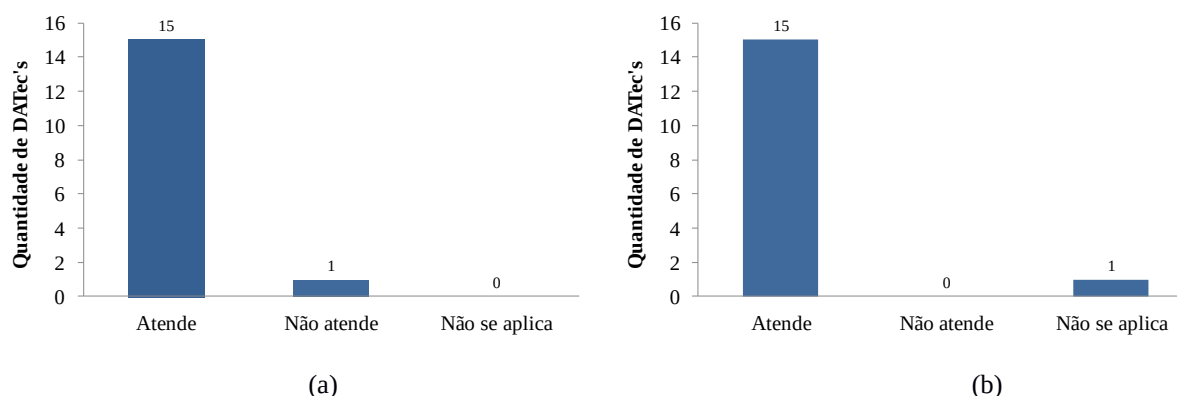


Figura 5. Projeto para desmonte: (a) desmontagem é considerada na fase inicial do projeto; (b) previsão de sequência para desmontagem do sistema. (Autoria própria)

Na Figura 6 foi avaliado o uso de sistemas modulares e de peças pré-moldadas ou pré-fabricadas. Os sistemas modulares são do tipo construção a seco, onde os módulos, compostos por estruturas pré-moldadas/pré-fabricadas, apresentam tamanhos e formas padronizados, feitos em fábricas e transportados ao local da obra prontos para montagem. De acordo com a NBR 9.062/2017, as estruturas pré-fabricadas são produzidas industrialmente, em instalações permanentes destinadas para este fim, com o processo de fabricação mais

³ Resina usada para proteção da madeira.

rigoroso, enquanto as peças pré-moldadas são conformadas previamente em moldes, fora ou no mesmo local da construção [15]. A produção dessas estruturas tem menos precisão técnica do que as pré-fabricadas. Esse tipo de sistema proporciona mais precisão, evitando desperdícios de recursos durante a fabricação das estruturas, traz agilidade à obra e a torna mais sustentável [16]. Dos documentos analisados, quase todos (15) fazem uso de sistemas modulares (Figura 6 a).

Na Figura 6(b) mostra que quinze sistemas recorrem a peças pré-moldadas/pré-fabricadas. As Figuras 7 e 8 mostram o uso de sistemas modulares com estruturas pré-moldadas/pré-fabricadas em dois dos documentos avaliados. Novamente, o sistema construtivo 035-A não atende aos critérios analisados, pois ele é executado no local da obra através de moldes.

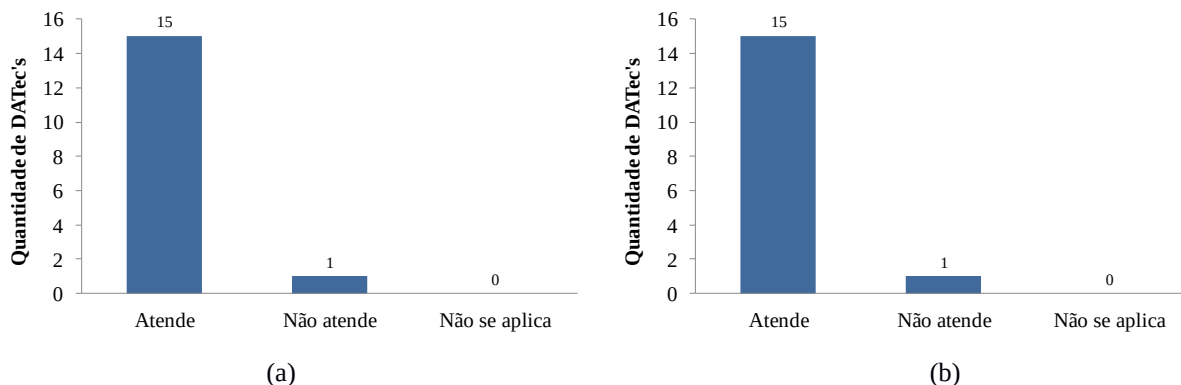


Figura 6. (a) Sistemas modulares; (b) uso de estruturas pré- moldadas ou pré-fabricadas. (Autoria própria)



Figura 7. Estrutura de concreto pré-moldado sendo posicionada para assentamento na fundação da construção. DATec 043. (BRASIL, 2022)



Figura 8. Movimentação para fixação de painel pré-fabricado de LSF no local de obra. DATec 041. (BRASIL, 2022)

Na Figura 9 foi avaliado se o sistema evita elementos de grandes dimensões compatíveis com a escala humana. Para Henriqson e Rocha (2007), usar peças de tamanho e peso que facilitam a armazenagem e transporte, além de possibilitar o manuseio por pessoas sem a necessidade do uso de máquinas, facilita e torna mais eficiente a montagem e desmontagem das edificações, com a utilização de ferramentas simples [17]. No sistema 035-A as paredes são conformadas por inteiro, não existindo partes para montar ou desmontar.

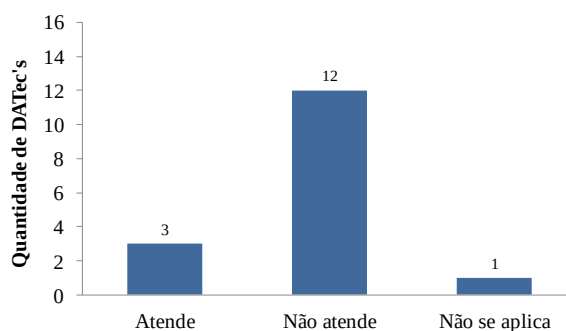


Figura 9. Sistema evita elementos de grandes dimensões. (Autoria própria)

Os sistemas que atendem ao item foram o “Sistema construtivo a seco Saint-Gobain – Light Steel Frame”, “Painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto” e “Sistema construtivo modular ‘Casas Fischer’ - painéis pré-fabricados de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido”. São sistemas que utilizam peças de tamanho e peso que permitem que o processo seja realizado manualmente por pessoas. Na Figura 10, que ilustra os painéis de perfis de LSF utilizados no sistema de número 014-C, as estruturas apresentam ter grandes dimensões, porém considerou-se que não há necessidade de máquinas para sua movimentação, podendo ser realizada pelos próprios trabalhadores. A Figura 11 ilustra os painéis de vedação de concreto pré-fabricado que possuem dimensões de (900x510x62)mm, podendo ser instalados manualmente [PBQPH]. Os demais sistemas que não se encaixam no critério são de painéis pré-moldados ou pré-fabricados de concreto (9), painéis de wood frame (3) e de steel frame (1), totalizando doze DATec’s. Os painéis de concreto estruturais ou não estruturais são estruturas de grandes dimensões e muito pesados, necessitando do uso de guindastes, gruas ou caminhões munck para movimentação dos módulos (Figura 12). Os painéis de madeira são produzidos em fábrica e transportados ao local de obra, com revestimento parcial ou completo e todas as instalações que nelas são embutidas. Dessa forma as estruturas se tornam pesadas demais e com grandes dimensões, como mostra a Figura 13. não sendo possível o transporte e instalação feitos por pessoas sem auxílio de máquinas. Da mesma forma o sistema de número 041, que apresenta quadros de grandes dimensões com perfis de LSF, também é montado em fábrica e transportado ao canteiro já com as placas de OSB fixadas para fechamento dos quadros, bem como as instalações elétricas e hidráulicas alocadas no interior dos painéis. Logo, as estruturas se tornam grandes e pesadas, precisando também de máquinas para serem transportadas e alocadas no local.



Figura 10. Montagem dos quadros estruturais de LSF. DATec 014 C. (BRASIL, 2022)



Figura 11. Assentamento dos painéis pré-fabricados de concreto. DATec 036-A. (BRASIL, 2022)



Figura 12. Içamento de painel pré-moldado de concreto para transporte ao local da obra. DATec 021-C. (BRASIL, 2022)



Figura 13. Posicionamento do painel de pré-fabricado de wood frame no local de montagem. DATec 040. (BRASIL, 2022)

Na Figura 14, são apresentados os DATec’s avaliados quanto ao uso de estruturas que resistem ao processo de montagem e desmontagem dos sistemas, sendo que, a Figura 14(a) apresenta os sistemas que fazem uso de conectores resistentes ao processo de construção e desmontagem sem perder suas características mecânicas, possibilitando o reuso dos mesmos, enquanto a Figura 14(b) está relacionada ao uso de materiais em geral que são duráveis e resistentes durante a execução da obra e a desconstrução, permitindo sua reutilização além de seu tempo de vida útil estimado. Os critérios de avaliação não se aplicam ao DATec de número 035-A tanto na Figura 14(a) como na Figura 14(b), pois, apesar de fazer uso de materiais resistentes, ele possui estrutura única e sem conexões, impossibilitando a remoção e reutilização de qualquer componente.

A Figura 14(a) mostra os sistemas que atendem aos critérios para desmonte (3), sendo os documentos de

número 014-C, 038-A e 041. A maior parte das conexões desses sistemas é feita por parafusos (Figura 15). As conexões aparafusadas são de fácil remoção, não causam grandes danos às estruturas e possibilitam a reutilização da estrutura em seu formato original. Os doze documentos que não atendem são wood frame e painéis de concreto. Os três sistemas do tipo light wood frame apresentam, em sua grande maioria, ligações feitas por pregos. Também são usados parafusos. A retirada de pregos, especialmente das estruturas de madeira, é mais difícil. Quando não é possível a remoção, é necessário cortar a peça, que ainda pode ser reusada ou reciclada, porém não na forma e tamanho inicial. Nos demais sistemas, constituídos de painéis pré-moldados/pré-fabricados de concreto, a ligação entre os componentes que conectam as partes é feita por meio de solda. As ligações soldadas, como a mostrada na Figura 16, não podem ser desmontadas, necessitando de corte, o que acaba por danificar os conectores. Usar métodos de encaixe ou conexões aparafusadas seria a melhor forma de conectar as partes dos sistemas, pois facilitam os processos de montagem e desmontagem sem danificar as peças [11]. As lacunas entre os painéis onde se localizam as conexões são preenchidas com materiais como o graute. O uso de argamassas menos resistentes facilita sua remoção pela utilização de ferramentas simples. Porém, mesmo com argamassas mais resistentes, existem atualmente diversas máquinas e métodos capazes de cortar esses materiais como o jato de água da alta pressão, uma técnica chamada de hidrodemolição [11].

Na Figura 14(b) avaliou-se que, dos documentos analisados, quinze apresentam uso de materiais duráveis e resistentes, todos em conformidade com as normas de desempenho. Apesar disso, alguns aspectos dificultam ou inviabilizam o desmonte. Os sistemas de perfis de aço apresentaram potencial para recuperação de todos ou maior parte dos materiais de forma segura. O revestimento das paredes de wood frame é executado com o uso de adesivos químicos e possuem muitas camadas. Dependendo do tipo de material utilizado para assentamento das camadas de revestimento, o desmonte se torna difícil ou inviável. Por isso, é preferível reutilizar os painéis em sua forma atual. Os sistemas de concreto pré-moldados/pré-fabricados dificultam a remoção das instalações elétricas e hidráulicas embutidas nos painéis, pois, por serem estruturas fechadas e maciças, é difícil localizar tais componentes, sendo necessário quebrar a estrutura com cuidado para não danificar as peças. Apesar de serem considerados resistentes, por serem materiais de baixo valor, sua recuperação não vale a pena. Nesses casos, a melhor opção é a desconstrução para reuso dos painéis juntamente com as instalações. Nas áreas molhadas e molháveis, onde são usados revestimentos cerâmicos, a desconstrução precisa ser feita com cautela. Os revestimentos cerâmicos são materiais frágeis, de difícil remoção, que precisam de cuidado tanto na remoção quanto no transporte. Para reaproveitar as peças em outras obras, é preciso projetar as novas edificações levando em consideração as características e dimensões das estruturas.

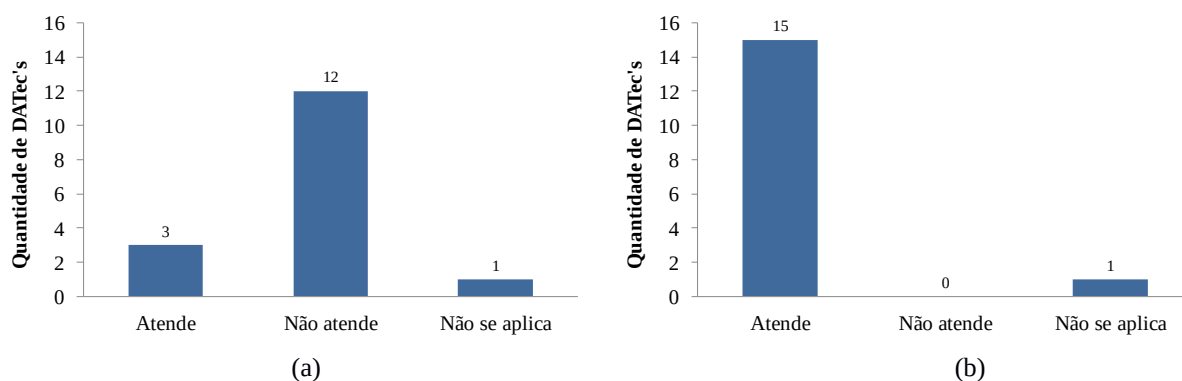


Figura 14. Estrutura resistente a montagem e desmontagem: (a) uso de conectores resistentes durante montagem e desmontagem do sistema; (b) uso de materiais duráveis e resistentes. (Autoria própria)



Figura 15. Suporte de ancoragem do quadro estrutural à base com uso de pino chumbador e parafusos. DATec 014 (BRASIL, 2022)



Figura 16. Barras de aço de ligação entre os painéis de concreto pré-moldado conectados por meio de solda. DATec 032-A. (BRASIL, 2022)

A Figura 17 mostra a proporção de sistemas construtivos que atendem a todos os itens, atendem parcialmente ou não atendem/não se aplicam a nenhum critério. Para determinar a possibilidade de desmonte dos sistemas, o ideal seria que atendam o máximo de itens da lista. Com a avaliação dos DATec's, percebeu-se que, apesar de que grande parte não atende a todos os critérios, quase todos os sistemas construtivos apresentam grande potencial de desmonte. Aos documentos que não atenderam a todos os critérios, podem ser feitos estudos de materiais e/ou métodos alternativos mais adequados que promovam a adaptação para a desconstrução, tornando possível o reuso ou reciclagem do máximo possível de componentes do sistema.

Os sistemas avaliados que atenderem a todos os critérios (2), totalizando 13%, são o “Sistema construtivo a seco Saint-Gobain – Light Steel Frame” e “Sistema construtivo modular ‘Casas Fischer’ - painéis pré-fabricados de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido”. 81% dos documentos que atendem parcialmente aos itens da checklist são de concreto pré-moldado/pré-fabricado (8), steel frame (1) e wood frame (3). Os 6% representam o único documento que não se encaixa em nenhum aspecto da análise, sendo ele “Paredes moldadas no local de Concreto Reforçado com Fibra de Vidro – CRFV”. Para determinar se o desmonte do projeto é viável, é preciso avaliar se os componentes são de fácil remoção, quantas e quais partes podem ser separadas para reutilização, quais ferramentas são necessárias, o tempo para desconstrução e economia gerada. Esses são aspectos importantes que ajudam a definir se o desmonte da habitação é possível e se vale a pena.

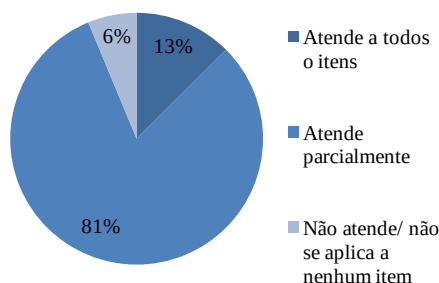


Figura 17. Sistemas construtivos que atendem, atendem parcialmente ou não atendem/não são aplicáveis.
(Autoria própria)

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como o objetivo a avaliação de sistemas construtivos inovadores desenvolvidos na esfera do PBPQ-H em relação a possibilidade de desmonte destes. Dessa forma, os DATec's foram analisados em relação aos sistemas construtivos segundo critérios relacionados ao desmonte. Assim, de acordo com os critérios analisados, as seguintes conclusões foram obtidas:

- Projeto para desmonte: considerou-se que quase todos os sistemas foram projetados para a desconstrução ou são passíveis de adaptação. Em relação a sequência para o desmonte dos sistemas, verificou-se que o percurso é o contrário do processo de construção.
- Sistema modular construtivo: novamente, quase todos são considerados modulares, por usarem peças pré-moldadas/pré-fabricadas de tamanhos e formas padrão.
- Evitar elementos de grandes dimensões: uma pequena parcela dos DATec's atendeu a este critério. A grande maioria, porém, possuem estruturas de tamanho e peso elevado, não sendo possível o manuseio por pessoas. Com relação a este critério, conclui-se que, para ser considerado de grandes dimensões, o tamanho das estruturas é relativo, uma vez que se considera importante a possibilidade de movimentação das estruturas dos sistemas por pessoas, sem necessidades de máquinas. Isso pôde ser observado no DATec 014-C. Apesar dos quadros estruturais de LSF do sistema citado terem dimensões de tamanho grandes, notou-se que estes podem ser movimentado pelos trabalhadores.
- Elementos pré-fabricados/pré-moldados: quinze sistemas usam peças pré-fabricadas/pré-moldadas.
- Resistência da estrutura a montagem e desmontagem: os materiais em geral utilizados foram considerados resistentes e duráveis, porém, devido à dificuldade de desmonte de algumas peças, observou-se ser mais vantajoso desmontar as estruturas inteiras ao invés de componentes individuais. As conexões se mostraram desafiadoras. Poucos sistemas usam ligações de fácil remoção. No entanto, a maior parte, sistemas de painéis de concreto e de perfis de madeira, utilizam soldas e pregos, respectivamente. Tais conexões são difíceis de remover.

A análise dos sistemas mostrou que dos 16 DATec's avaliados, 15 se apresentam mais alinhados aos critérios para desmonte dos sistemas, somente um não foi considerado desmontável por não atender a nenhum item da lista. Os sistemas construtivos inovadores apresentam um conceito mais sustentável comparado à

construção convencional, com uso de materiais e métodos mais sustentáveis, tornando a obra mais eficiente. Isso garante rapidez na execução, produz menos resíduo e proporciona um canteiro de obra mais limpo, além de ter um custo-benefício mais vantajoso. Os sistemas construtivos desenvolvidos sob supervisão dos órgãos competentes do PBPQ-H avaliados neste projeto, mostraram grande potencial para o desmonte. Com isso, as estruturas removidas podem ser alocadas em outras obras, contribuindo para a sustentabilidade do setor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOUSA, Rafaela. “Urbanização”; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/urbanizacao.htm>. Acesso em 05 de maio de 2022.
- [2] AUTODOC. **PBQP-H: saiba como implementar**. 2019. Disponível em: <https://site.autodoc.com.br/conteudos/pbqp-h-saiba-como-implementar/>. Acesso em: 10 maio 2022.
- [3] BRASIL. **Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H**. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/>. Acesso em: 09 maio 2022.
- [4] AMANCIO, Rosa Carolina Abrahão et al. **O sistema brasileiro de avaliação técnica de produtos inovadores para a Construção Civil**. In: FABRICIO, Márcio Minto; ONO, Rosaria. Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: manutenção e percepção dos usuários. Porto Alegre: Antac, 2015. Cap. 2. p. 5-12.
- [5] AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley Moacyr. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011. 141 p.
- [6] CONSTRUÇÃO, Mobuss. **Principais impactos ambientais da construção civil e como evitá-los**. 2018. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/impactos-ambientais-da-construcao/>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- [7] HENDRIKS, Ch. F.; NIJKERK, A. A.; VAN KOPPEN, A. E.. **O Ciclo da Construção**. Brasil: Unb, 2007. 250 p.
- [8] HARRABIN, Roger. **Climate Change: MPs say building demolitions must be reduced**. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/science-environment-61580979>. Acesso em: 5 set. 2022.
- [9] HARRABIN, Roger. **Climate change: Construction companies told to stop knocking down buildings**. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/science-environment-58667328>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- [10] KIBERT, Charles J.; CHINI, Abdol R.; LANGUAGE, JENNIFER. Deconstruction as an essential component of sustainable construction. In: **Proceedings of the second Southern African conference on sustainable development in the built environment, Pretoria**. 2000. p. 1-5.
- [11] MATTARAIA, Letícia; MARTINS, Andreia; FABRICIO, Márcio Minto. Critérios para Avaliação do Potencial de Desmonte e Reciclagem de Materiais de Sistemas Construtivos Inovadores. In: KAZMIERCZAK, Claudio de Souza; FABRICIO, Márcio Minto. **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Materiais e Sustentabilidade**. São Carlos: Scienza, 2016. Cap. 11. p. 315-338.
- [12] MADEIRAS, Faidiga. **OS VILÕES QUE DESTROEM A MADEIRA**. Disponível em: <https://faidigamadeiras.com.br/dicas/os-viloes-que-destroem-a-madeira>. Acesso em: 20 set. 2022.
- [13] MATTARAIA, Letícia França. **Arquitetura e sustentabilidade: considerações sobre o desmonte das edificações**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [14] WEBSTER, Marc D.; COSTELLO, Daniel T. Designing structural systems for deconstruction: how to extend a new building's useful life and prevent it from going to waste when the end finally comes. In: **Greenbuild Conference, Atlanta, GA**. 2005. p. 14.
- [15] PRÉ-FABRICAR. **Qual a diferença entre pré-fabricados e pré-moldados?** Disponível em: <https://prefabricar.com.br/diferenca-entre-pre-fabricados-e-pre-moldados/>. Acesso em: 25 set. 2022.
- [16] TECNOFRAME. **Construção Modular: O que é, Vantagens, Preço**. 2020. Disponível em: <https://tecnoframe.com.br/construcao-modular-o-que-e-vantagens-preco/#:~:text=Na%20China%2C%20um%20pr%C3%A9dio%20de,que%20obras%20no%20sistema%20convencional..> Acesso em: 25 set. 2022.
- [17] HENRIQSON, Jonas Arend; ROCHA, Cecília Gravina da. Análise e descrição do processo de demolição de edificações. **Salão de Iniciação Científica (19.: 2007: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2007.**, 2007.