

Uso do papelão no design e arquitetura: sistematização do processo construtivo para uma produção mais sustentável

Use of cardboard in design and architecture: systematization of the construction process for a more sustainable production

Lucas Rosse Caldas, Mestre, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ

lrc@ambiental@gmail.com

Resumo

O presente artigo teve o objetivo de propor uma sistematização do processo construtivo com papelão, com base em uma visão do ciclo de vida dos produtos e foco em uma produção mais sustentável. Foi realizada pesquisa bibliográfica e documental em conjunto com uma avaliação em campo durante três semestres, entre os anos de 2017 a 2018, de uma disciplina de graduação de um curso de Arquitetura e Urbanismo. Foram propostos um fluxograma para a sistematização do processo construtivo com papelão e uma classificação de diferentes alternativas de processo para uma produção mais sustentável. A sistematização permitiu entender e classificar as principais formas de construir com papelão e definir quais as alternativas mais e menos sustentáveis. Ao final foram propostas diretrizes para projeto sustentável utilizando papelão e vantagens associadas. Essa pesquisa contribui para a difusão do uso do papelão na arquitetura e design.

Palavras-chave: Papelão; Processo construtivo; Produção sustentável

Abstract

The aim of this paper was to propose a systematization of the construction process with cardboard, based on the approach of the product life cycle and focus on a more sustainable production. A bibliographical and documentary research was carried out with an evaluation in the field during three semesters, from 2017 to 2018, of an undergraduate chair of an Architecture and Urbanism course. We proposes a flow chart for the systematization of the construction process with cardboard and a classification of different process alternatives for a more sustainable production. The systematization allowed to understand and classify the main forms to build with cardboard and to define which alternative is the more and less sustainable. At the end, guidelines were proposed for sustainable design using cardboard and associated advantages. This research contributes to the diffusion of the use of cardboard in architecture and design.

Keywords: Cardboard; Constructive process; Sustainable production

1. Introdução

O papelão para uso no design e arquitetura tem recebido atenção especial nos últimos anos. Esse material tem um grande potencial para a produção de projetos mais sustentáveis, tendo em vista que é um material abundante, de baixo custo, leve, capaz de ser reaproveitado e reciclado no seu fim de vida e com boas propriedades de resistência mecânica, dependendo do uso pretendido (CALDAS, 2018).

Dentre os principais tipos de embalagens geradas no Brasil, como plástico, papel/papelão e alumínio, observa-se que a maior parcela é representada por papel e papelão, com participação de 79% no ano de 2017 e com geração de 10.007 toneladas de resíduos. Embora 77% dessas embalagens conseguiram ser recuperadas, estima-se que cerca de 2316 toneladas/dia são ainda enviadas para aterros sanitários no Brasil (LCA Consultores, 2017). Nesta análise, observa-se que ainda uma grande parcela desse material precisa de um destino mais nobre, como o reaproveitamento para outros fins, como é o caso de produtos para design e arquitetura. Nesses dados não foram contabilizados os tubos de papelão gerados normalmente em copiadoras e papelarias, que também têm um número expressivo.

Na construção civil, inclusive no Brasil, já é comum o emprego de tubos de papelão como formas para pilares de concreto armado cilíndricos. Outros usos observados são como elementos de vedação e estrutura. O arquiteto japonês Shigeru Ban é famoso por empregar em seus projetos os tubos de papelão, com início a partir de 1980, utilizando em projetos comerciais e residenciais, como elementos de vedação, estrutura e mobiliário. O arquiteto justifica a escolha desse material como insumo básico de seus projetos pelo fato de ser um insumo de fácil obtenção, em grande parte das vezes obtida de forma reaproveitada, com um processo construtivo racional, rápido e com o potencial de ser utilizado tanto em projetos de alto e baixo padrão (SALADO, 2006). No entanto, para as embalagens de papelão, ainda não existe um destino muito difundido no setor da construção civil.

No Brasil, algumas pesquisas têm direcionado a atenção para o uso de papelão nesse setor. Salado (2006) avaliou os projetos e obras realizadas pelo arquiteto Shigeru Ban e caracterizou os tubos produzidos por uma indústria onde a pesquisa foi realizada. Franco et al. (2014) propuseram um mobiliário mais ecológico utilizando papelão ondulado. Caldas (2018) apresentou um fechamento vertical de papelão ondulado, produzido em ambiente acadêmico, por alunos de graduação, mostrando os aspectos desse projeto e do papelão ondulado para um design mais ecológico (*ecodesign*).

Apesar de existir pesquisas com o interesse de se utilizar papelão como material no design e arquitetura, percebe-se que ainda não existe uma forma sistematizada do processo construtivo, que facilite o processo de projeto e execução dos interessados, ainda mais que considere aspectos de sustentabilidade.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo a proposição de uma sistematização de um processo construtivo que utilize papelão como material principal. Foram apresentadas as principais formas de emprego do papelão como matéria prima para o desenvolvimento de produtos para o design de mobiliários, ambientes e arquitetura. Foi proposta uma tabela de classificação dos processos construtivos com base no grau de sustentabilidade e apresentação de diretrizes de projeto com papelão, com indicação dos aspectos positivos ambientais, econômicos e sociais, assim como, as dificuldades encontradas.

2. Método

‘ A pesquisa consistiu da integração de dois métodos, sendo o primeiro a revisão da literatura e o segundo a pesquisa quase-experimental. Para o primeiro caso foram revisadas pesquisas nacionais e internacionais, publicadas na forma de: dissertações, teses e artigos científicos publicados em anais de eventos e periódicos especializados.

Para o segundo, foi realizado o acompanhamento, durante três semestres (2017-2018), da disciplina de Processos Construtivos III do curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ). Na disciplina em questão foi avaliado o processo de projeto e execução de produtos e protótipos, desenvolvidos pelos alunos matriculados, sob orientação do professor responsável, no Canteiro Experimental da faculdade. Foram coletados registros fotográficos e informações dos produtos avaliados.

A disciplina envolve a proposição de um problema aos alunos, que são divididos em grupos de 7 a 9 integrantes. Eles devem elaborar um projeto de algum protótipo ou produto, executá-lo e produzir um vídeo mostrando o processo produtivo, evidenciando as principais dificuldades observadas e proposição de melhorias. Um dos requisitos é o uso de algum material reutilizado ou reciclado, o que fez surgir interesse pelo uso do papelão por alguns dos grupos.

Com base nesses dois métodos, foi definido um fluxograma de processo, envolvendo as principais etapas do que se denominou de "Processo Construtivo com Papelão". A partir dessa definição, é proposta uma estrutura de organização que dará suporte à representação do conjunto de informações importantes para o projeto e execução de produtos à base de papelão.

A definição do fluxograma de processo foi realizada com base nos princípios utilizados para o planejamento de processos, que faz parte da área de Engenharia de Manufatura ou Engenharia de Processos (CHANG, 1992; MEYERS; STEPHENS, 2005) e com base em uma visão que considere o ciclo de vida do produto (ABNT NBR ISO 14040:2009), desde a obtenção do material até seu descarte. Assim, foram definidas nesse fluxograma, as seguintes etapas: (1) definição do produto; (2) origem do material (papelão), (3) processamento (corte do papelão), (4) tratamento, (5) montagem (fixação das peças) e (6) fim de vida.

Para a avaliação quantitativa da origem do papelão (folha e tubos) foram utilizados os dados disponíveis nos trabalhos entregues pelos alunos ao final do semestre, na disciplina pesquisada. Os dados foram tabulados em planilha eletrônica Microsoft Excel e posteriormente apresentados na forma de gráficos.

3. Resultados e Discussão

Esta seção foi subdividida nos três itens apresentados a seguir.

3.1 Proposição de sistematização do processo construtivo com papelão

A sistematização proposta pelo autor do processo construtivo com papelão foi configurada conforme uma visão do ciclo de vida, como é apresentado na Figura 1.

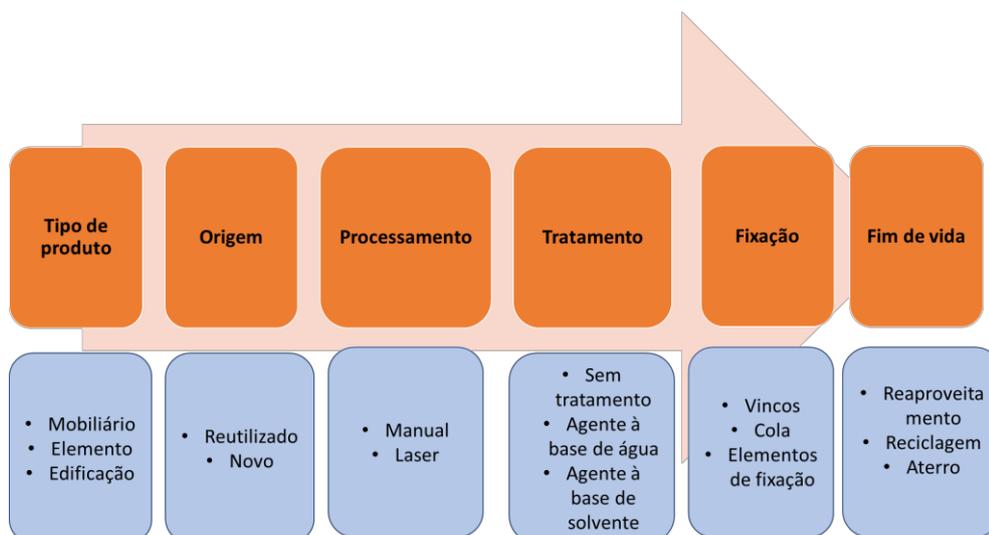


Figura 1: Fluxograma simplificado para a sistematização do processo construtivo com o uso de papelão no design e arquitetura. Fonte: elaborado pelo autor.

A partir dessa sistematização é possível elencar as diferentes opções para cada uma dessas etapas. A escolha de cada opção dependerá primeiramente do tipo de produto que se pretende produzir e das condições e recursos disponíveis. A sistematização é importante pois permite apresentar as opções existentes e entender quais as possíveis combinações entre elas, possibilitando uma maior organização do processo. O próximo passo é a classificação, que pode ser feita em relação à cada uma dessas etapas, e depois de entendido o processo é possível traçar procedimentos de projeto e execução para os produtos de papelão, com o foco de interesse, que no caso do presente artigo foi uma produção mais sustentável.

3.1.1 Produtos

Os produtos de papelão foram classificados em três grupos: (1) mobiliários, (2) elementos construtivos (fechamentos, coberturas, estruturas, coberturas, etc.); (3) edificações.

Alguns usos em uma escala maior, à nível da edificação são frequentemente vistos nos projetos do arquiteto japonês Shigeru Ban, como o *Nomadic Museum*, *Papertainer Museum*. Uma característica importante dos produtos dessa escala, é o uso de tubos estruturais de papelão, que se dá devido a algumas características importantes como boa resistência mecânica, durabilidade, e baixo custo quando comparado aos materiais convencionais, como concreto armado (SALADO, 2006). Na Figura 2 são apresentados alguns exemplos do uso de tubos de papelão para fins estruturais.



Figura 2: Uso de tubos de papelão na escala urbana. (A) Projeto Fazenda Pública 1 (*Public Farm 1*) – Nova York (2008), Amale Andraos e Dan Wood. (B) *Nomadic Museum*, Santa Mônica (2005), Shigeru Ban. Fonte: Achdaily (2018).

Ainda quando se pensa à nível da edificação, é frequente o uso do papelão para abrigos. Observa-se que a maior parte dos projetos tem optado pelo uso do papelão pelo fato de serem projetos de caráter temporário ou emergencial, sendo que muitos deles voltados para moradores de ruas ou pessoas desabrigadas (MICK; VERHEIJEN; VISSER, 2008). Outros projetos que fazem uso de papelão são pavilhões e domos, que também tendem a ser provisórios.

A principal vantagem de se utilizar papelão para confecção de projetos temporários é o fato de ser um material leve, normalmente de rápida execução e montagem e baixo custo. Embora a vida útil seja menor que outros materiais, se esse papelão for obtido de forma reaproveitada, há uma vantagem mais acentuada. A vida útil pode ser prolongada com o uso de produtos específicos para o tratamento do próprio papelão, ou utilização de estratégias de proteção como beirais ou bases. A indicação para usos internos também é um item muito importante para aumento da vida útil.



Figura 3: Diferentes produtos de papelão. (A) Exemplo de mobiliário. (B) Exemplo de elemento como fechamento vertical. (C) Exemplo de uma cobertura. Fonte: acervo do autor.

3.1.2 Origem do papelão

Na Figura 4 são apresentados os resultados sobre a origem dos tipos de papelão utilizados durante a atividade do canteiro experimental da disciplina avaliada.

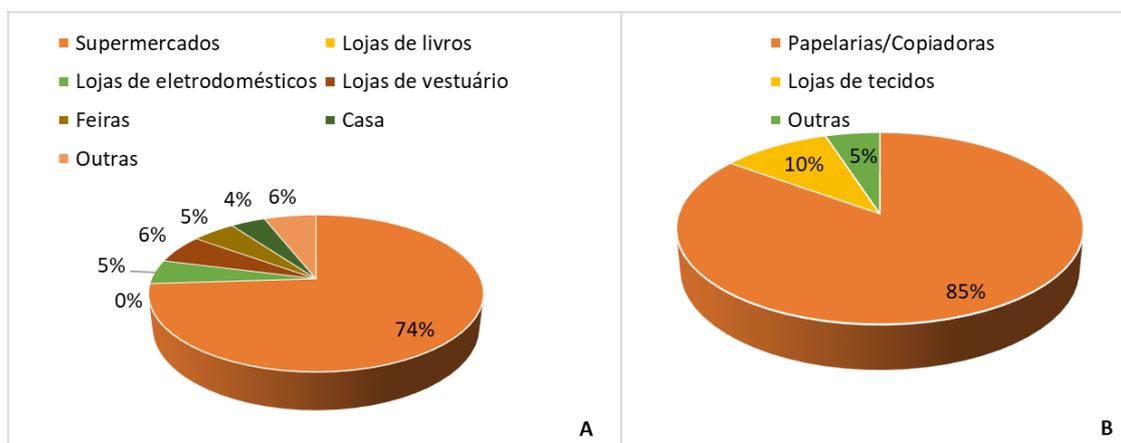


Figura 4: Origem do papelão utilizado na disciplina de Processos Construtivos. (A) Papelão ondulado. (B) Tubos de papelão. Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com os grupos pesquisados, a maior disponibilidade de folhas de papelão em qualidade adequada está em supermercados. Para as folhas de papelão ondulada a maior dificuldade foi compatibilizar a gramatura de folhas de diferentes origens, que para alguns casos é possível e outros não. Essa dificuldade também já foi apontada por Caldas (2017).

Para os tubos de papelão, a maioria utilizou tubos reutilizados provenientes de papelarias e copiadoras. Como a parte experimental foi realizada na universidade e existem muitas papelarias na universidade era de se esperar que a maior parte desses tubos fossem adquiridos nesses lugares. A maior dificuldade do uso desses tubos foi encontrar o diâmetro necessário, sendo que em alguns casos, o projeto original teve que ser adaptado aos tubos que eram mais fáceis de serem encontrados, por exemplo o de 40 mm de diâmetro.

Dessa forma, é possível concluir que quando se há interesse de se reutilizar papelão, sejam na forma de folhas ou tubos, é necessário atentar para dois itens importantes: a disponibilidade e as dimensões disponíveis. Sendo que dependendo da escala do produto a ser produzido é mais interessante pensar em um projeto compatível com o material mais fácil de ser encontrado, do que o processo contrário. Portanto, o projetista, deve fazer uma avaliação prévia dos lugares mais prováveis de se encontrar esses materiais, e, de preferência próximo ao local onde o produto será produzido ou construído. Desta forma, nota-se que conhecer a origem do papelão a ser utilizado é um item fundamental para o sucesso do projeto com esse material.

3.1.3 Processamento do papelão

Como o papelão é um material fácil de ser cortado esse processo pode ser realizado manualmente ou de forma mecanizada. Essa escolha se dará devido aos materiais disponíveis, custos, tipo de acabamento necessário, entre outros. Por exemplo, foi verificado que produtos que necessitam de cortes precisos, principalmente para um melhor encaixe dos vincos, o emprego de máquinas de corte a laser torna-se imprescindível. Enquanto que projetos orientados para comunidades e voltados para a integração dos envolvidos o corte manual acaba se tornando obrigatório no processo.

Para os tubos de papelão foi observado que após o corte manual com a serra (Figura 5A), há uma necessidade de lixamento da ponta do tubo para melhorar o acabamento estético. Provavelmente, se o processo fosse feito via laser, essa etapa não seria necessária.

Com uma tendência da difusão do BIM e fabricação digital no setor da construção civil e design, é de se esperar que parte desse processo manual seja substituído por um processo automatizado, dependendo do produto a ser desenvolvido.

Parte importante de produtos de papelão já é realizado por cortes a laser, devido a própria característica do material, que é fácil de ser cortado. Em muitos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Design, esse processo já está integrado para a confecção de maquetes dos alunos. Na Figura 5 são apresentadas as principais formas de cortar papelão avaliadas no estudo.



Figura 5: Processo de corte do papelão. (A) Corte com serra. (B) Corte com estilete. (C) Corte a laser.
 Fonte: acervo do autor.

3.1.4 Fixação do papelão

A fixação do papelão é um item importante, pois está diretamente ligada à estabilidade do produto. Pensando na sustentabilidade, é interessante que o material utilizado na fixação seja o menos poluente possível e que permita a desmontagem do produto, podendo assim reaproveitar o material desmontado.

Para o papelão, o modo mais simples e mais sustentável de fixação seria por meio de vincos, pois não é preciso nenhum um material adicional e possibilita a retirada das peças (CALDAS, 2018). Quando essa alternativa não é possível de ser realizada, podem ser pensados em elementos de fixação metálicos, plásticos ou até mesmo vegetais, como por exemplos cordas de sisal ou barbante. A cola também pode ser utilizada e caso seja necessário ligar um tubo com uma folha também é possível fixar por meio de encaixes. Na Figura 6 são apresentadas algumas formas de fixação do papelão.

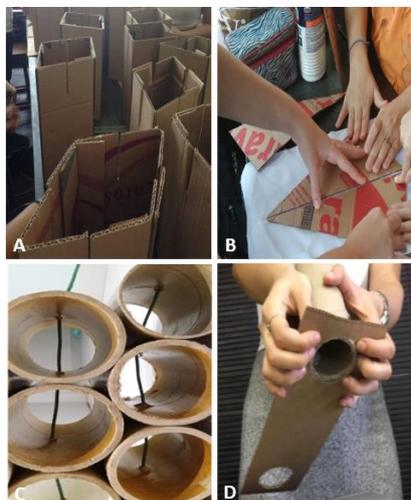


Figura 6: Processo de fixação do papelão. (A) Vincos. (B) Utilização de cola. (C) Utilização de cordas. (D) Fixação entre tubo e folha. Fonte: acervo do autor.

3.1.5 Tratamento do papelão

O tipo de tratamento do papelão está diretamente relacionado ao uso pretendido do produto. Tendo em vista que o papelão, por suas características, é um material pouco durável e que não pode ter contato com a água ou fogo, é interessante passar alguma proteção, na forma de cola, verniz ou tinta.

Para isso, uma informação importante é o período que o produto será utilizado. Por exemplo, se o objetivo é produzir um material que irá durar algumas semanas, não é muito vantajoso consumir recursos para tratamentos.

É importante ressaltar que mesmo que o papelão seja tratado, não é recomendado que ele fique em contato direto com a água, por exemplo, uso exterior. Para casos com risco de incêndio ou sem as condições mínimas necessárias, o uso do papelão não é recomendado.

Se o produto for um mobiliário ou algum elemento, fica fácil o seu transporte para o armazenamento em local abrigado, quando não for utilizado.

Além da durabilidade o tratamento pode ter o objetivo de melhorar a aparência do produto. Conclui-se que para a escolha da necessidade de tratamento seja pensado em quatro aspectos principais: (1) local onde o produto será utilizado, (2) frequência de uso do produto e (3) período que se pretende utilizar o produto, (4) custos envolvidos. Na Figura 7 são apresentados tubos de papelão, sendo um tratado e outro não, com cola PVA.

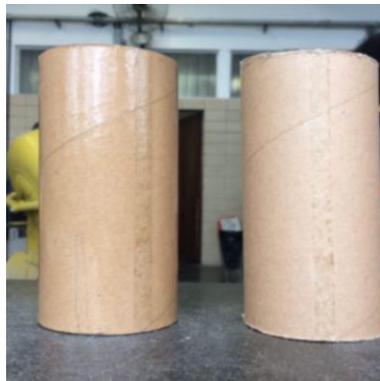


Figura 7: Tubo de papelão com tratamento com cola PVA (esquerda) e sem tratamento (direita). Fonte: acervo do autor.

3.1.6 Destinação final

O tipo de descarte final do produto de papelão terá uma influência direta de sua composição e tipo de tratamento realizado. Por exemplo, produtos em que o papelão é o único material utilizado, como por exemplo, o fechamento com módulos montados em vincos, pode ser reaproveitado (caso seja possível) ou reciclado para a produção de novos papelões ou até mesmo outros materiais, como chapas ou painéis, como é demonstrado por Asdrubali et al. (2016).

Um dos fatores críticos para o reaproveitamento ou reciclagem do papelão é a água, que degrada o material. No processo de reciclagem primeiramente o papelão é separado de outros resíduos e destinado ao local específico de reciclagem, que passa por um tipo de trituração e as fibras geradas são misturadas com água, produzindo uma material homogêneo. Esse

material é centrifugado e as impurezas são retiradas. O material restante recebe um tratamento químico que faz ele perder a cor e deixa ele mais rígido e finalmente é prensado para poder ser utilizado como nova embalagem ou papel (RAZERA; JAREK, 2014).

Quando o material recebe algum tratamento superficial, como cola, tinta ou verniz, que contenha alguma substância tóxica em sua composição, esse material dificilmente conseguirá ser reciclado e aproveitado para outro produto. Normalmente é incinerado, sendo indicado um incinerador capaz de reter esses poluentes ou enviado para aterro de resíduos classe I (perigosos).

3.2 Classificação dos processos construtivos com base no grau de sustentabilidade

Com base na sistematização do processo construtivo realizado no item anterior, na Figura 8 é apresentada uma tabela que tem o intuito de sistematizar e classificar o grau de sustentabilidade de diferentes processos construtivos utilizando papelão, apresentando como os produtos avaliados neste estudo se enquadraram nessa classificação.



Origem	Corte	Tratamento	Fixação	Opções
Reutilizado	Manual	Sem tratamento	Vincos	1
			Cola	2
			Elementos de fixação	3
		Tratamento com agentes à base de água	Vincos	4
			Cola	5
			Elementos de fixação	6
		Tratamento com agentes à base de solvente	Vincos	7
			Cola	8
			Elementos de fixação	9
				Vincos
⋮				
Novo	Laser	Sem tratamento	Elementos de fixação	27
			Vincos	28
			Cola	29
		Tratamento com agentes à base de água	Elementos de fixação	30
			Vincos	31
			Cola	32
		Tratamento com agentes à base de solvente	Elementos de fixação	33
			Vincos	34
			Cola	35
				Elementos de fixação

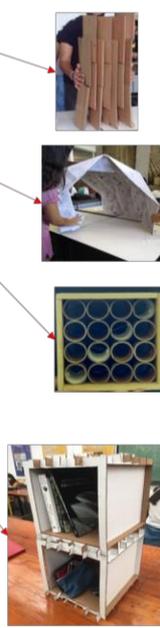


Figura 8: Proposição de tabela de classificação de processos produtivos com papelão para uma produção mais sustentável. Fonte: elaborado pelo autor.

Para a confecção dessa tabela foi necessário ter em mente o processo construtivo desde a obtenção do papelão, seu processamento (considerado o corte), tratamento e tipo de fixação durante a montagem, a partir da sistematização proposta.

O produto mais sustentável seria aquele que tem a origem de papelão reutilizado, o corte manual, sem nenhum tipo de tratamento (para uso interno) e fixação com vincos. Nessa configuração o papelão seria o único material a ser utilizado e não há necessidade de equipamentos e gastos energéticos. Por outro lado, o produto menos sustentável seria aquele que utiliza papelão não reutilizado, corte realizado com algum equipamento, com algum tipo de tratamento e fixação com algum outro material (cola, cordas, pregas, etc.).

Para estudos futuros, esse grau de sustentabilidade pode ser mensurado nos três aspectos da sustentabilidade: (1) Indicadores Ambientais, como consumo de energia e de água, emissões de CO_{2e}, com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV); (2)

Econômicos, como custo do processo; e (3) Sociais: apropriação da tecnologia por moradores de comunidades, riscos de acidentes, entre outros (CARVALHO; SPOSTO, 2012). Ao final pode se chegar a um indicador global de sustentabilidade, a fim de facilitar a tomada de decisão a partir de uma forma mais objetiva e numérica, de forma similar as propostas de Carvalho e Sposto (2012) e Caldas e Carvalho (2017), que propuseram indicadores globais para projetos de edificações e especificação de sistemas construtivos, respectivamente.

3.3 Diretrizes para projeto sustentável utilizando papelão e vantagens associadas

Com base na sistematização do processo construtivo e classificação apresentados foram propostas algumas diretrizes para um projeto sustentável utilizando papelão, apresentando também as vantagens ambientais, econômicas e sociais e algumas das dificuldades existentes, conforme consta no Quadro 1.

Quadro 1: Diretrizes para projeto sustentável com papelão. Fonte: Elaborado pelo autor.

Aspectos	Origem	Processamento	Tratamento	Fixação	Fim de vida
Recomendação	Utilizar papelão reutilizado	Corte manual	Sem tratamento. Quando tratar utilizar materiais sem solventes ou sem toxidade	Vincos	(1) Reutilizar (2) Reciclar
Vantagens ambientais	Aproveitamento de papelão que seria descartado e evita o consumo de novo material	Não consome energia elétrica	Não há impactos ambientais para a produção dos materiais utilizados no tratamento	Possibilita a desmontagem e reaproveitamento do papelão para outros usos. Não há impactos ambientais para a produção dos elementos utilizados no tratamento	Substitui a produção de um novo material. Aumenta a vida útil de aterros sanitários.
Vantagens econômicas	Não há custos para aquisição	Não tem custos com energia elétrica	Não existe custos com materiais de tratamento, que podem encarecer o projeto	Não existe custos com elementos de fixação, que podem encarecer o projeto	No caso de reutilização normalmente não tem custos e na reciclagem pode ser menos custoso que outros materiais.
Vantagens Sociais	Valorizar trabalho de catadores de papelão	Pode ser realizado em qualquer lugar pelos próprios usuários do produto	Normalmente os produtos utilizados para tratamentos contem produtos tóxicos ao ser humano, como	O próprio usuário pode fazer o controle do processo produtivo	Valorizar trabalho de catadores de papelão.

Aspectos	Origem	Processamento	Tratamento	Fixação	Fim de vida
			compostos orgânicos voláteis, além do odor forte que pode gerar dor de cabeça, náuseas e etc.		
Dificuldades	Disponibilidade de locais de obtenção da quantidade, qualidade e tipo de papelão necessário	Acabamento e cortes mais precisos, baixa produtividade	Pode ter problema de durabilidade	Não funciona para diferentes materiais. Pode afetar a estabilidade do produto.	Como a durabilidade do papelão não é muito elevada, dificilmente ele conseguirá ser reutilizado. Nesse caso, a reciclagem para confecção de outros produtos ou queima para gerar energia deve ser pensado. Pode ser um processo economicamente inviável.

4. Conclusões

Esta pesquisa traz como principal contribuição a proposição de uma sistematização de um processo construtivo que utilize papelão como material básico para a confecção de produtos para arquitetura e design de ambientes, abordando diferentes tipos de combinações de processos e produtos.

A sistematização facilita a difusão desse material nas áreas de design e arquitetura e consequentemente tem potencial de trazer melhorias durante o processo de projeto e execução, diminuindo as perdas no processo e possibilitando a confecção de produtos mais duráveis, e, por consequência melhorando o potencial de sustentabilidade desse material.

Foi proposta uma tabela classificatória do grau de sustentabilidade de diferentes produtos de papelão, que pode auxiliar à tomada de decisão e orientar projetistas durante a escolha de um processo mais sustentável. Ao final foram apresentadas algumas diretrizes de projeto qualitativas que para futuros estudos podem ser convertidos em dados e análises quantitativas.

Referências

ASDRUBALI, F.; PISELLO, A. L. ALESSANDRO, F. D.; BIANCHI, F.; FABIANI, C.; CORNICCHIA, M.; ROTILI, A. Experimental and numerical characterization of innovative cardboard based panels: Thermal and acoustic performance analysis and life cycle assessment. *Building and Environment*, v. 95, p. 145-159. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5985. Embalagem de papelão ondulado – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.]

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

CALDAS, Lucas Rosse. Papelão e Ecodesign: Desenvolvimento de um Fechamento Vertical. *MIX Sustentável*, v. 4, n. 1, p. 49-56, abr. 2018. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2018.v4.n1.49-56>.

CALDAS, Lucas Rosse; CARVALHO, Michele Tereza Marques. Avaliação do desempenho de vedações verticais utilizando o Processo de Análise Hierárquica na tomada de decisão. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 9, n. 2, P. 109-121, jun. 2018.

CARVALHO, Michele T. M.; SPOSTO, Rosa M. Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. *Ambiente Construído*, v. 12, n. 1, p. 207-22, jan. 2012. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212011000200012>

CERQUEIRA, V.; RODRIGUEZ, L.; LAUREANO, J. V.; VILLOPOUCA, L. Desenvolvimento De produtos sustentáveis, a partir Das relações entre Design universal e ecodesign. *Mix Sustentável*, v. 3, p. 121. 131.

CHANG, T. C. Manufacturing process planning. In: SALVENDY, G. (Ed.). *Handbook of industrial engineering*. 2nd ed. New York: Wiley, 1992. p. 587- 611.

FRANCO, A.; SALES, R. B. C.; MOHALLEM, N. D. S. Design para mobiliário ecoeficiente utilizando papelão ondulado. *Anais...11º P&D Design*, Gramado, RS, Outubro, 2014.

LCA CONSULTORES. Relatório técnico acordo setorial de embalagens em geral. CEMPRE, 2017.

MEYERS, F. E.; STEPHENS, M. P. *Manufacturing facilities design and material handling*. 3rd ed. Columbus: Pearson Prentice Hall, 2005. 509 p.

MICK, E.; VERHEIJEN, F.; VISSER, R. *Cardboard in Architecture*. IOS PRESS, 2008. 167p.

RAZERA, D. L.; JAREK, J. M. Design e inovação no aproveitamento sustentável de resíduos em empresa de papelão: reaproveitamento de aparas com melhor valor agregado. *Anais...11º P&D Design*, Gramado, RS, Outubro, 2014.

SALADO, G. C. *Construindo com tubos de papelão: Um estudo da tecnologia desenvolvida por Shigeru Ban*. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2006. 186p.