

ETEC BENEDITO STORANI
EXTENSÃO EE PROF CYRO DE BARROS REZENDE

CURSO TÉCNICO EM QUALIDADE

Daiane Cristina dos Santos

Felipe José Fernandes

Giovanna do Nascimento Ribeiro

Julia Maria Fernandes da Conceição

Natalia de Oliveira da Silva

USO DO PAPELÃO ONDULADO PARA CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS PROVISÓRIAS

VALINHOS – SP

2023

Daiane Cristina dos Santos

Felipe José Fernandes

Giovanna do Nascimento Ribeiro

Julia Maria Fernandes da Conceição

Natalia de Oliveira da Silva

**USO DO PAPELÃO ONDULADO PARA CONSTRUÇÃO DE
ESTRUTURAS PROVISÓRIAS**

RESUMO

Neste trabalho será abordado brevemente a história do uso do papelão em construções na antiguidade, bem como na atualidade, quais as pessoas por trás de projetos grandiosos de arquitetura e estudos científicos relacionados ao uso do material em abrigos provisórios e em estruturas fixas. O intuito deste trabalho é ampliar e estudar os processos de qualidade presentes no reaproveitamento de tubetes de papelão descartados pelas empresas, para o uso em fundações provisórias. Abordando também algumas normas que são de referência para que tal siga todas as regras conforme as leis relacionadas à construção civil, bem como características do projeto baseado em modelos já existentes e aprovados no mercado.

Palavras-chave: Papelão, Tubetes, Construção Civil, Arquitetura, Normas, Abrigos, Construções provisórias

1.SITUAÇÃO-PROBLEMA

O setor da construção civil gera grande quantidade de resíduos da própria construção ou até mesmo demolição que acontece na obra, onde são conhecidos como RCDs. Os resíduos são reciclados ou reutilizados e quando não for mais possível usá-los, vão para aterros sanitários apropriados para seu recebimento. Quando esse descarte é feito de forma incorreta, a natureza sofre com degradação da qualidade ambiental, já que esse setor é considerado de grande importância no alcance da sustentabilidade.

Os resíduos da construção civil são separados por classe, como:

*Classe A (Resíduos reutilizáveis ou recicláveis) resíduos de componentes cerâmicos, como tijolos, telhas, blocos e etc)

* Classe B (resíduos recicláveis para outro destino): plástico, papel, vidro, gesso, madeiras, papelão

Classe C: resíduos nos quais ainda não foram especificados destinos sustentáveis dos materiais;

Classe D: classificados como resíduos perigosos como: Materiais que são prejudiciais à saúde, como tinta, óleos e solventes. Também se classifica em reformas de locais como clínicas radiológicas e outros locais no qual contenham amianto ou outros produtos que possam ser prejudicial à saúde.

Com isso em mente, foi possível pensar em maneiras de se utilizar alguns dos materiais citados para serem reutilizados de maneira a trazer benefícios à sociedade, principalmente usando tubetes de papelão.

Junto a isso, o clima do Brasil nos últimos tempos, vem mudando drasticamente, onde as chuvas sazonais se tornam mais fortes, aumentando as chances de desastres ambientais em diversas partes do país, onde alagamentos deixam várias pessoas desabrigadas. Com isso, a empresa CartonBest entra neste mercado de construção no ramo de estruturas provisórias de qualidade, sustentáveis e de baixo custo para os órgãos responsáveis, utilizando como principal produto o tubete de papelão, diminuindo os resíduos gerados nas construções, no caso, de abrigos temporários. Vale destacar que não servirá somente para tal aplicação, sendo possível ser montado stands provisórios em feiras de negócios, abrigos e estruturas para projetos e ações de mutirão de saúde, até mesmo pessoas que procuram incluir nos projetos de arquitetura da própria residência.

A CartonBest fará parcerias com ONGs para que possam ser viabilizadas obras de construção dos abrigos temporários para abrigar famílias vítimas de desastres naturais, que perderam suas casas ou estão impedidas de retornar às suas residências por tempo indeterminado.

Missão:

Nossa missão é criar soluções inovadoras e sustentáveis em estruturas temporárias, combinando tubetes de papelão e madeira para atender às necessidades de nossos clientes. Nosso compromisso é oferecer espaços temporários seguros, eficientes e ambientalmente conscientes para eventos, exposições e outras necessidades, contribuindo para um mundo mais sustentável.

Visão:

Ser a empresa referência na criação de estruturas temporárias de tubetes de papelão, reconhecida por nossa inovação, excelência em design, compromisso

com a sustentabilidade e excelência no atendimento ao cliente. Buscamos constantemente aprimorar nossos produtos e serviços, expandir nossa presença pelo país e ser uma referência no setor de construção temporária.

Valores:

Sustentabilidade: Comprometemo-nos a minimizar nosso impacto ambiental, promovendo práticas de construção eco conscientes e a utilização responsável de recursos naturais.

Inovação: Buscamos constantemente soluções criativas e inovadoras para atender às necessidades dos clientes, garantindo que nossas estruturas sejam seguras, funcionais e esteticamente atraentes.

Qualidade: Mantemos altos padrões de qualidade em todos os aspectos do nosso trabalho, desde a seleção de materiais até o design e a construção das estruturas temporárias.

Atendimento ao Cliente: Colocamos os interesses de nossos clientes em primeiro lugar, buscando superar suas expectativas e fornecendo um excelente atendimento em todas as etapas do projeto.

Desenvolvimento de Pessoas: Investimos no desenvolvimento de nossa equipe, promovendo um ambiente de trabalho seguro, inclusivo e colaborativo, que incentiva o crescimento pessoal e profissional.

Responsabilidade Social: Contribuímos para as comunidades em que atuamos, promovendo ações sociais e apoiando iniciativas que melhorem a qualidade de vida das pessoas.

2-METODOLOGIA

2.1- PESQUISA DE CAMPO

Foi feita uma pesquisa afim de coletar dados para que se pudesse realizar estudos com base nas respostas obtidas. Foi distribuído um formulário com perguntas para 140 pessoas, onde aproximadamente 85% delas gostariam de ficar ou se instalar nestes abrigos em caso das situações climáticas apresentadas.

Em uma situação de desastre natural (chuvas, enchentes, desmoronamentos de terra) onde ficasse desabrigado, você moraria em estruturas provisórias feitas com materiais sustentáveis como papelão, madeira até conseguir se estabilizar?
(Estruturas reforçadas)

14 respostas

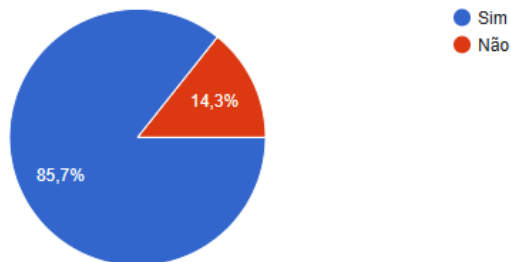


Figura 1 Gráfico

Também foi questionado, na opinião delas, quais itens que não podem faltar em abrigos temporários. Foi deixado espaço livre para respostas pessoais, nas quais, se destacaram os seguintes itens:

- Água
- Banheiro
- Comida
- Segurança

Em relação ao uso destes materiais na própria residência, foi feita a seguinte pergunta (figura 2), onde pode-se observar que, mais de 90% dos entrevistados fariam o uso destes materiais para incluir no projeto residencial.

Caso fosse construir uma casa para morar, ou alugar, consideraria a opção de acrescentar no projeto da residência estruturas feitas de material reciclado? (papelão, madeira, tecidos)

15 respostas

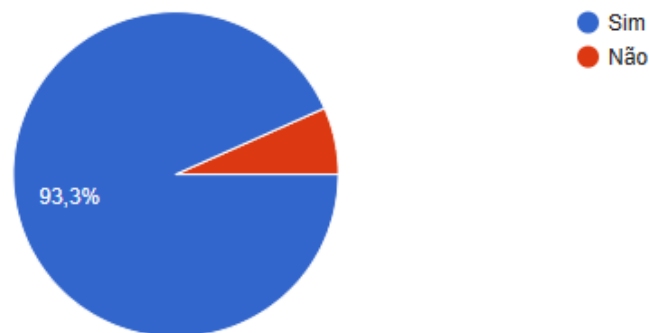


Figura 2 Gráfico

Além desta pesquisa, foram feitos protótipos utilizando *Corel Draw*, em escala proporcional a fim de se verificar a distribuição destes abrigos em locais diversos, para ter uma noção de qual seria a melhor proporção em medidas de tal construção temporária.

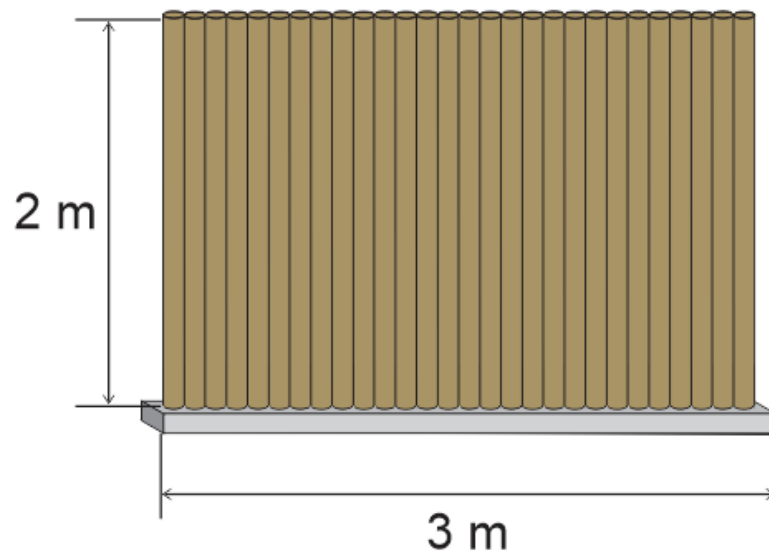
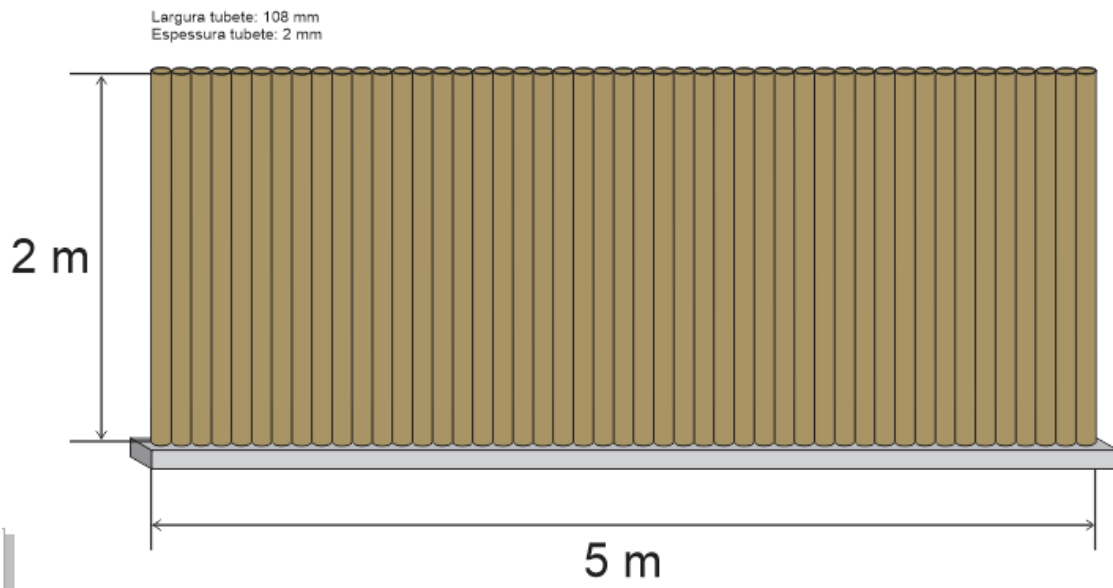


Figura 3 e 4: Parede estrutural

Comprimento madeira: 5,20 m
Altura madeira: 20 cm
Espessura madeira: 1,5 cm



Figura 5 e 6: Estrutura Base e Madeira superior

2.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Barros *apud* Ayan (2021), as culturas egípcia e japonesa foram as primeiras a utilizar o papel como material construtivo. Até o segundo século antes de Cristo (a.C.), os egípcios haviam desenvolvido o papiro, e por volta do século IX a.C., os japoneses o utilizavam como elemento para portas de correr e paredes deslizantes. Esse mesmo autor afirma que, no século XIX, na França, o papel começou a ser utilizado na produção de móveis e, posteriormente, no revestimento das paredes, servindo como elemento decorativo. Em 1856, o papel ondulado – papelão - foi utilizado por empresários britânicos na produção de chapéus, servindo como estrutura para o objeto. Os mesmos empresários obtiveram mais tarde, a patente para a utilização do papelão como embalagens de artigos frágeis. As novas utilizações levaram à criação da primeira máquina de ondulação contínua, em 1895.

Na área da arquitetura, conforme Salado e Sichieri (2006), a maior contribuição veio do arquiteto japonês Shigeru Ban. Ele começou a utilizar tubos de papelão em suas obras em 1986 para a mostra de Alvar Aalto, em Tóquio. No início, utilizava-os com tratamento contra o fogo e a água, e formava apenas divisórias internas.

De acordo com BARROS (op.cit), utilizando a mesma tecnologia, o referido arquiteto construiu abrigos emergenciais em alguns países, após desastres naturais, como o Japão, Turquia, China, África e Índia. Uma escola temporária também foi construída após um terremoto que ocorreu na cidade de Ya'na, Sichuan, na China, em abril de 2013. A cidade foi danificada e a edificação que servia como escola ficou inabitável. Então, o arquiteto projetou uma escola temporária, com capacidade para atender às crianças daquela região. As dimensões da base são de 6 por 21 metros, com estrutura composta por tubos de papelão, vínculos de madeira, cantoneiras metálicas e cabos de aço. O formato tubular do papelão tornou possível criar um vão livre no interior do edifício, sem

pilares. A construção foi realizada com a ajuda de voluntários, da população local e de estudantes do curso de arte e design de Kyoto, liderados pelo arquiteto Shigeru Ban.



(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018a, *online*)

Figura 7 – Escola temporária na China

Shigeru Ban bibliografia e conhecimento:

Shigeru Ban é um arquiteto japonês nascido em Cinco de Agosto de mil novecentos e cinquenta e sete (05-08-1957) muito conhecido pelo uso de materiais pouco usuais em suas obras. Estudou na Universidade de Tóquio e depois no instituto de arquitetura no Sul da Califórnia. Ele foi o vencedor do Prêmio Pritzker que tem como objetivo homenagear um ou mais arquitetos vivos **cujo** trabalho demonstra a combinação de qualidade pelas suas inovações na arquitetura. Ele se destacou, pois sua intenção não era apenas criar arquiteturas **belas e sofisticadas**, mas utilizar a arquitetura como

ferramenta para ajudar comunidades em situação de riscos. Shigeru criou residências econômicas, rápidas e sustentáveis para um público específico que eram eles, os refugiados e pessoas sem teto. O renomado arquiteto Shigeru Ban é referência na revolução do uso de papelão, de materiais baratos e reutilizados na arquitetura de construções provisórias e ecologicamente corretas, onde apresenta enorme influência no movimento arquitetônico pela criatividade de suas obras efêmeras e pioneiras para pessoas em zonas de conflito ou atingidas por desastres naturais. Ban, projetou e executou abrigos de emergência com estruturas feitas de tubos de papelão no lugar da parede e com a base de caixas de cervejas, que serviu de refúgio para os desabrigados do terremoto que ocorreu em Kope no ano de 1995.

Entre os prêmios que recebeu ao longo da carreira estão:

- 1995 – Prêmio de Design Mainichi;
- 1997 – Prêmio JIA (Japan Institute of Architects) de melhor jovem arquiteto do ano;
- 2000 – Prêmio Augustus Saint-Gaudens da Cooper Union;
- 2001 – Inovador do ano da revista Time;
- 2005 – Prêmio Memorial Arnold W. Brunner;
- 2012 – Prêmio KALMANI (Cidade do México);
- 2014- Prêmio Pritzker
- 2019 – Prêmio Yomiuri International Cooperation;

Em 2014 em meio a uma de suas premiações um dos jurados que avaliou o seu trabalho disse : “Shigeru Ban nos ensinou que independente da dureza das

circunstâncias ou a escassez de meios, o bom desenho, longe de ser um custo adicional, é um valor agregado que contribui aos problemas mais complexos com eficiência, poder de síntese e inclusive certo otimismo”.

A seguir algumas obras humanitárias do arquiteto:

A fundação é constituída por caixas de cerveja que foram doadas e preenchidas por sacos de areia. As paredes são constituídas por tubos de papel com 4 mm de espessura e 106 mm de diâmetro, e para a cobertura foi adotada a solução e o material utilizado em barracas. O espaço de 1,8 m entre as casas é usado como área comum. Para o isolamento, uma fita de esponja à prova de água feita com adesivo é colocada entre os tubos de papel das paredes. O custo dos materiais para uma unidade de 52 m² está abaixo de US\$ 2000. As unidades são fáceis de desmontar e os materiais podem ser facilmente descartados ou reciclados.



Figura 8: Casas Paper Log (1995), Kobe, Japão

Esse centro comunitário foi construído pelos fiéis, já que ela foi destruída em um terremoto de Kobe, em 1955. Os materiais foram doados por empresas da região e a conclusão da obra foi feita em cinco semanas pelos 160 voluntários.



Figura 9: Igreja de papel (1995-2005, desmontada), **Kobe, Japão**

Esse projeto teve a colaboração entre as universidades japonesas e chinesas foi construída por uma estrutura em tubos de papel para sala de aulas temporárias na escola que foi atingida pelo terremoto de Sichuan em maio de 2008.



Figura 10: Escola Primária Temporária Hualin (2008), **Chengdu, China**

Muitas pessoas ficaram desabrigadas após o acontecimento do terremoto e *tsunami* no Japão e por isso passaram a se abrigar em instalações de evacuação, como por exemplo em ginásios. Viveram nessa situação por alguns meses antes das moradias temporárias serem implantadas. Devido ao espaço e local eles sofreram com a falta de privacidade por ser um local onde havia uma grande quantidade de famílias adversas juntas, mas naquele momento era o que pôde ser oferecido, já que o desastre natural fez com que muitas famílias perdessem seus lares.

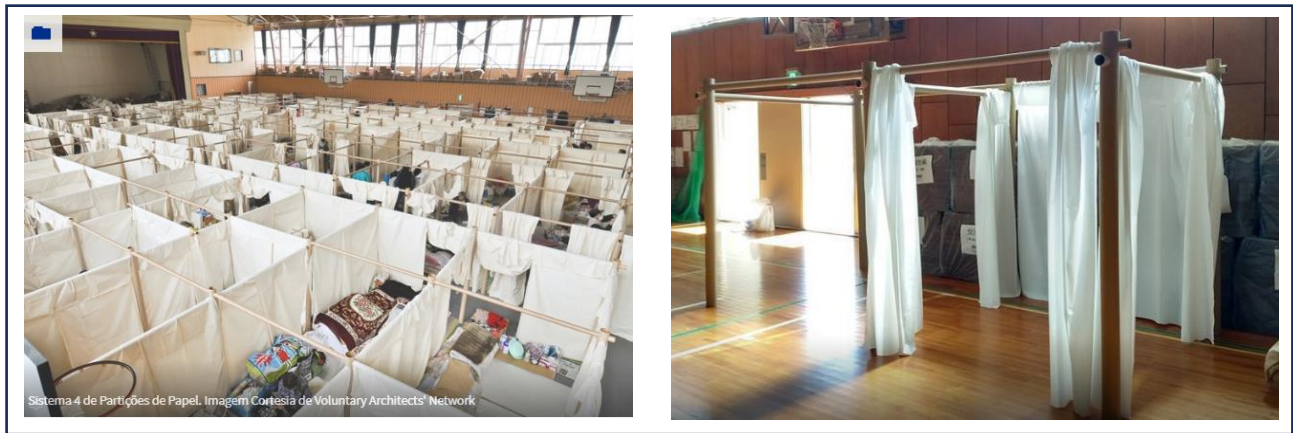


Figura 11: Sistema 4 de Partições de Papel (2011), **Japão**; Estrutura para o abrigo temporário feita em um ginásio

O terremoto de Christchurch aconteceu em fevereiro de 2011, infligiu um dano incapacitante na Catedral de Christchurch, que era o símbolo da cidade. Devido a esta situação, foi levantado uma catedral temporária. O material principal era tubos de papel.



Figura 12: Catedral Cardboard (2013), Christchurch, Nova Zelândia

3.APLICAÇÃO

Em busca de atender a NBR 15575-1 DE 09/2021 - Edificações habitacionais — Desempenho, que é a norma responsável por determinar requisitos de desempenho para edificações habitacionais construídas para uso permanente. Ela tem por finalidade listar uma série de fatores que carecem em função de garantir a melhor entrega das necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e de economia envolvidas do processo construtivo, são estabelecidos para os diferentes sistemas requisitos mínimos de desempenho. Entre eles estão os seguintes fundamentos:

- Segurança

- 1) Segurança Estrutural;
- 2) Segurança Contra o Fogo;
- 3) Segurança no Uso e Operação.

- Habitabilidade

- 1) Estanqueidade;
- 2) Desempenho Térmico;
- 3) Desempenho Acústico;
- 4) Desempenho Lumínico;
- 5) Saúde, Higiene e Qualidade do Ar;
- 6) Funcionalidade e Acessibilidade;
- 7) Conforto Tátil e Antropodinâmico.

- Sustentabilidade

- 1) Durabilidade;
- 2) Manutenibilidade;
- 3) Adequação Ambiental.
- 4) Nível de desempenho

Embora essa norma seja direcionada para aplicação em projetos e execução de construções habitacionais permanentes, foi constatado em estudos realizados pela Salado em sua tese de doutorado, de forma adaptada efeito das limitações da NBR 15575 referentes a não abrangência do uso de materiais não convencionais em construções, sendo subsequentes ao tempo e finalidade oferecidos por este presente trabalho.

Ensaio de Absorção - NBR 14257: Papel e cartão: Tubetes: determinação da umidade

Em busca de entender o processo de absorção da umidade feita pelos tubetes de papelão e garantir resultados eficientes para análise de estanqueidade dessa estruturas, **Salado** realizou por meio de ensaios técnicos efeitos do método por secagem em estufa conforme NBR 14257, usando de diferentes produtos impermeabilizantes das quais foi selecionado para teste A - Resina de Copolímero Acrílico aditivado, B - Resina de poliuretana a base de óleo de mamona, outras 2 resinas comuns acrílicas a base de água intituladas pela autora como resina C e D, e uma terceira resina chamada de E com duplo filtro solar de alta comercialização.

Em sua pesquisa a professora expressou os resultados dos testes feitos em um período de 10 dias com diferentes medidas de tubos por resina testada da seguinte forma:

ENSAIO DE ABSORÇÃO DE UMIDADE - NBR 14257			
RESINA	MEDIDAS DA AMOSTRA	DEMAOS	RESULTADO
A	Tubos de 82 mm de diâmetro interno, 110 mm de altura e 08 mm de espessura	1	Absorção de 13% de umidade
C	Tubos de 150 mm de diâmetro interno, 110 mm de altura e 04 mm de espessura	3	Absorção de 12% de umidade
D	Tubos de 150 mm de diâmetro interno, 110 mm de altura e 04 mm de espessura	3	Absorção de 20% de umidade
E	Tubos de 150 mm de diâmetro interno, 110 mm de altura e 04 mm de espessura	3	Absorção de 16% de umidade

O teste do item B foi removido do atual trabalho devido seus resultados em pesquisas terem sido inconclusivos e de baixa relevância. O material A teve apenas 1 demão já feita pelo próprio fabricante do tubo, na qual foi constatada que seu resultado foi satisfatório ao estudo, mas por se tratar de um produto de difícil acesso dentro do mercado, logo foi descartado da pesquisa.

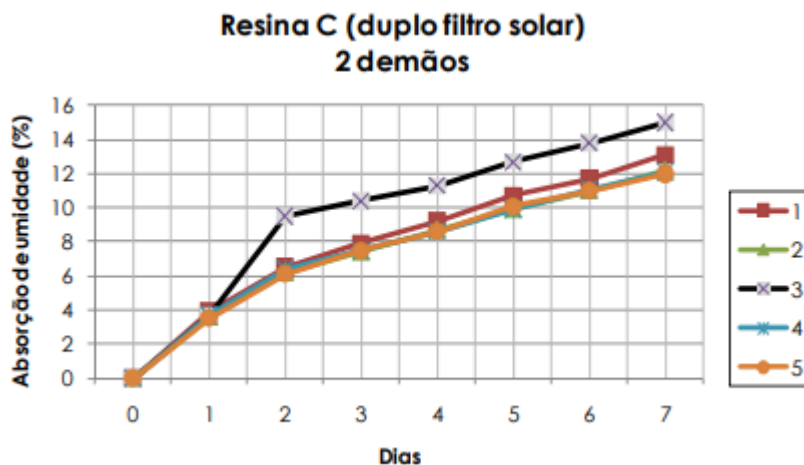
Ao final dos testes Salado constatou que em meio as 3 demãos de resina que efetuou sob cada amostra, não houve diferença significativa entre a segunda e terceira demão, sendo necessário apenas duas aplicações de resina para que os tubos atinjam a impermeabilidade (amostra C, D e E). Salado destacou “As amostras revestidas com a resina D não apresentaram eficiente necessária para

uso real, com absorção de umidade de 25%.” Sendo de maior utilidade as resinas C e E com resultados convenientes.

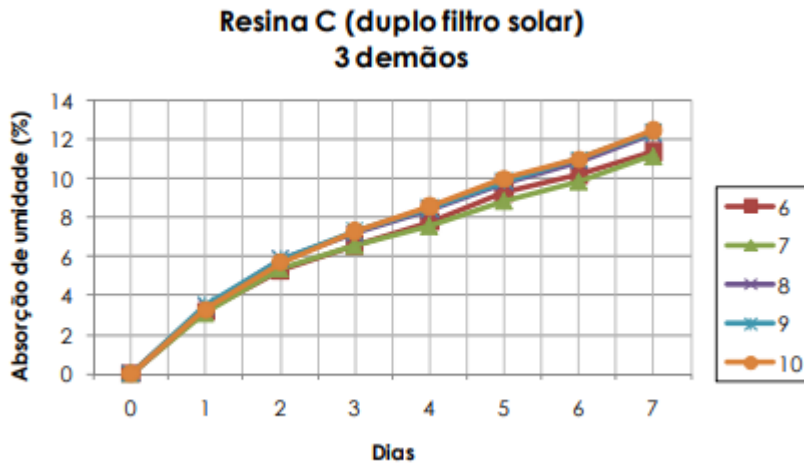
Resultado do ensaio de absorção de umidade com a resina C.

Absorção de Umidade (%) - Resina C											
CPs	2 demãos					3 demãos					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Dias	1	4,0	3,6	3,7	3,7	3,5	3,2	3,1	3,4	3,5	3,3
	2	6,5	6,2	9,5	6,4	6,1	5,3	5,4	5,9	5,9	5,7
	3	7,9	7,4	10,4	7,5	7,5	6,6	6,6	7,2	7,3	7,3
	4	9,2	8,7	11,3	8,6	8,6	7,8	7,6	8,4	8,5	8,6
	5	10,7	9,9	12,7	9,9	10,1	9,3	8,9	9,8	9,9	10,0
	6	11,7	11,0	13,8	11,1	11,0	10,2	9,9	10,9	11,0	11,0
	7	13,1	12,2	15,0	12,1	12,0	11,4	11,2	12,3	12,4	12,5
média	12,4					12,0					

Resultado do ensaio de absorção de umidade com a resina C – 2 demãos.



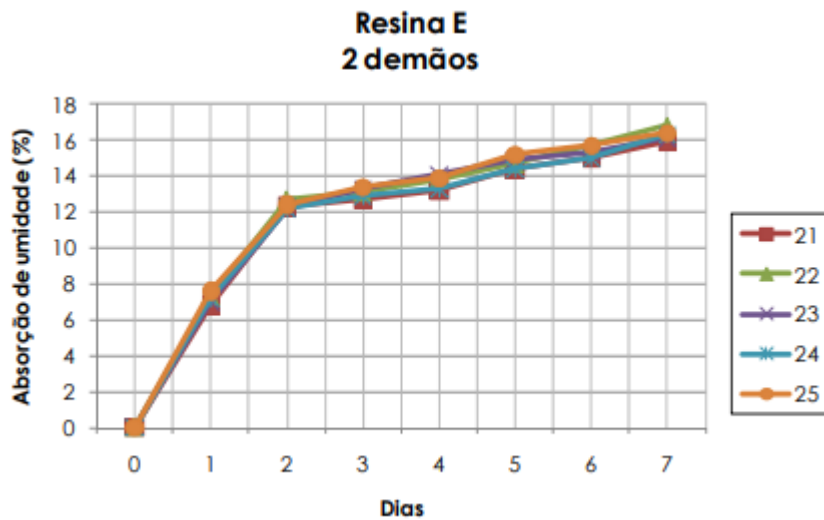
Resultado do ensaio de absorção de umidade com a resina C – 3 demãos.



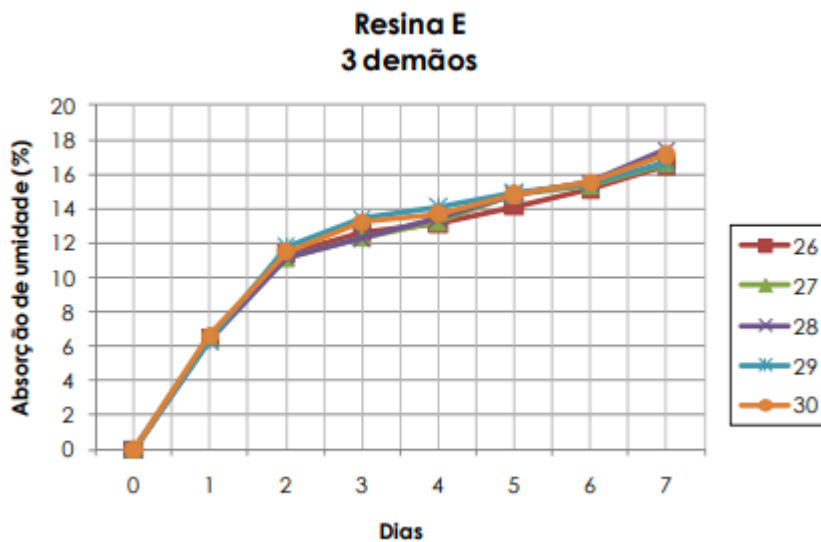
Resultado do ensaio de absorção de umidade com a resina E.

Absorção de Umidade (%) - Resina E											
CPs	2 demãos					3 demãos					
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Dias	1	6,8	7,3	7,0	7,2	7,6	6,5	6,5	6,3	6,3	6,6
	2	12,3	12,7	12,2	12,2	12,4	11,4	11,1	11,2	11,8	11,5
	3	12,7	13,1	13,3	12,9	13,4	12,6	12,3	12,3	13,4	13,2
	4	13,2	13,8	14,1	13,3	13,9	13,1	13,2	13,4	14,1	13,7
	5	14,4	14,7	14,9	14,4	15,2	14,1	14,8	14,8	14,9	14,8
	6	15,0	15,7	15,3	15,0	15,7	15,1	15,3	15,5	15,4	15,5
	7	15,9	16,8	16,1	16,3	16,4	16,5	16,6	17,4	16,7	17,1
média	16,3					16,7					

Resultado do ensaio de absorção de umidade com a resina E – 2 demãos.



Resultado do ensaio de absorção de umidade com a resina E – 3 demãos.



Já em estudos feitos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em função de analisar o comportamento do papelão em efeito da umidade e a real necessidade da impermeabilização, foi selecionado os seguintes corpos para prova:

- Resina acrílica impermeabilizante multiuso a base de água (M, HYDRONORTH)
- Termolina leitosa (M, ACRILEX)
- Tinta acrílica a base de água (M, CORAL)
- Tinta esmalte a base de água (M, SUVINIL)
- Verniz acrílico a base de água (M, ACRILEX)
- Verniz marítimo a base de água (M, SPARLACK)

Os critérios levados em consideração para seleção dos itens listados a cima foi disponibilidade no mercado e formulação a base de água, seguindo o propósito de sustentabilidade e diminuição do uso de substancia toxicas. Conforme ABNT 14102:2002 Papel e cartão – Tubetes – Condicionamento das amostras, o teste iniciou-se com a aplicação de duas demãos dos recobrimentos sobre 5 tubos sem descrição de suas medidas, onde foram direcionados e secos em estufa. Esse processo de analise durou o período de 3 dias.

Em menção aos resultados observados pela autora da pesquisa é citado “Após a comprovação de que os tubos de papelão são um material higroscópico, reconheceu-se que o melhor material à base de água para seu recobrimento e impermeabilização é o verniz marítimo aplicado em três demãos.

Os corpos de prova revestidos com este material tiveram um aumento de massa de apenas 6% após 20 minutos de imersão, e criou-se uma barreira protetora de 80µm de espessura, reconhecida através de microscopia eletrônica de varredura. Em sequência está o recobrimento com verniz acrílico em três demãos, cujo resultado de 17,15% de aumento na massa dos corpos de prova após os 20 minutos de imersão também foi considerado satisfatório.”

O modelo seria aplicado da mesma maneira de modelos internacionais já aprovados e consagrados utilizando os tubetes de papelão conforme especificações pré-estabelecidas, e que possuem resistência a água, ventanias,

calor, e outras intempéries sem, no entanto, esquecer que se trata de uma estrutura provisória que necessita de manutenção.

Os tubetes são feitos com várias camadas de papel Kraft, onde, no modelo oferecido, serão dispostos verticalmente, construindo a parede, para que possam suportar maior pressão de flambagem, deixando a estrutura mais resistente. Os modelos de abrigos, a princípio serão padrão para que se tenha melhor eficiência na hora da montagem, também tornando a mão de obra simples, onde, qualquer pessoa com mínima capacidade consiga erguer a estrutura.

Uma tecnologia desenvolvida pela Unicamp trouxe novas possibilidades do uso de papelão, destacando a sua utilização para construções. A opção pelo papelão tem em si questões ambientais. Gerusa de Cássia Salado, professora doutora da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) desde 2015 em nível de graduação e Pós graduação da FT/ Unicamp, orientou a aluna Nathalia Dias no desenvolvimento de um projeto para a utilização dos tubos de papelão na construções de estruturas que podem ser aplicadas nas construções de moradias, escolas, hospitais ou estabelecimentos no geral.

Observando os projetos do arquiteto Shigeru Ban, que já projetou diversas construções com os tubos papelão, Nathalia percebeu que o arquiteto variava as ligações e matérias para conectores conforme a construção, com isso ela teve a ideia de desenvolver um sistema que facilitasse tanto no ponto de vista da produção tecnológica, quanto do ponto de vista da montagem.

Elas desenvolveram um dispositivo que conecta os tubos de papelão na vertical e na horizontal, formando uma estrutura semelhante à uma gaiola. A escolha do papelão se deu por questões ambientais, para diminuir a quantidade de lixo nos aterros sanitários, e como o papelão seria feito de papel descartado, Gerusa diz que se houver uma demolição, os restos da construção também poderão ser reciclados para formarem novos produtos. Além da sustentabilidade, foi pensado também no barateamento das construções, pois as estruturas seriam pré-fabricadas, o que fariam elas serem construídas muito mais rápido pois os

trabalhadores só precisariam conectar as peças. Outra vantagem, é que como os tubos são vazados, seria possível passar as instalações elétricas e hidráulicas por dentro deles.

Apesar do papelão parecer frágil, foi comprovado em testes laboratoriais que se dimensionado em forma tubular, possui a resistência equivalente ao tronco de uma árvore, resistindo aos principais esforços solicitantes e impactos comuns, além disso, o sistema construtivo também suporta os elementos de mobiliário, como armários e prateleiras. Para que tenha uma durabilidade maior, as pesquisadoras explicam que, como o papelão deriva da celulose, ele necessita de uma proteção contra a umidade e é necessário que fiquem elevados do solo, para evitar absorção de umidade do solo.

Entre as aplicações do novo sistema construtivo, destacam-se hospitais de campanha, escolas itinerantes e abrigos para trabalhadores da construção civil ou famílias desabrigadas após desastres, como enchentes de deslizamentos

SALADO afirma que a ideia é pegar um material que provém de reciclagem para diminuir o volume de lixo nos aterros sanitários, porque não faz sentido derrubar uma árvore para fazer papel de primeira linha, já que um dos materiais que mais descartamos é o papel. Afirma ainda que como o papelão seria feito de papel descartado, se um dia tiver uma demolição, os restos da construção também podem ser reciclados e formar novos produtos.

“essa estrutura com papelão que desenvolvemos pode ser utilizada para construir uma residência, um hospital, um estabelecimento comercial. Você faz uma estrutura que parece uma gaiola de passarinho e ao invés de ser utilizado o aço, é feito o sistema com tubos de papelão que são

preparados a partir de nossa invenção para a fixação dos painéis de vedação”

Tudo foi pensado em virtude da sustentabilidade, a praticidade e com intenção de baratear as construções, já que os trabalhadores vão precisar conectar as peças como se estivessem brincando de blocos de montar. Os tubos de papelão são vazados e por esse motivo é possível passar as instalações elétricas e hidráulicas por dentro deles e assim não ficam expostos, atendendo assim todas as necessidades que uma estrutura precisa. Toda a pesquisa foi desenvolvida e estudada com o apoio da Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela engenheira civil e mestranda da Faculdade de Tecnologia (FT) da Unicamp Nathália Schimidt Dias, com a orientação e cuidado da professora Gerusa de Cássia Salado que é especialista na área de tecnologia das construções.

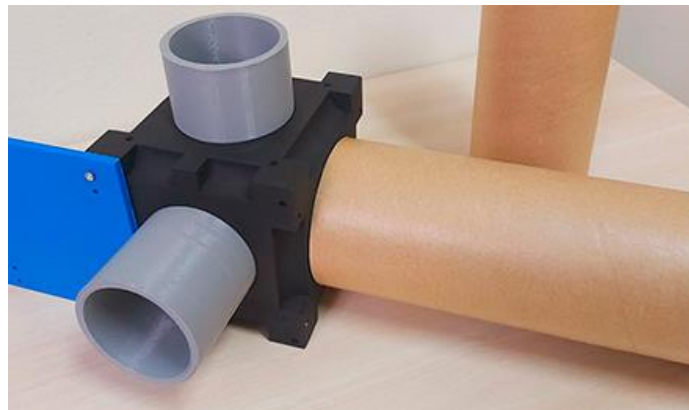
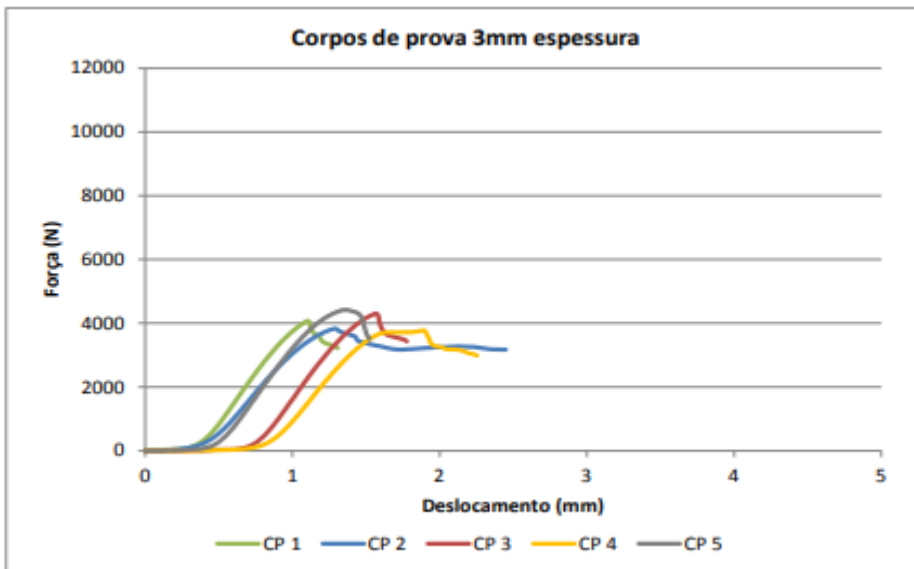


Figura: Conector que interliga os tubos que, em conjunto, formam a estrutura das paredes.

Foi feita pesquisa de compressão axial (teste de suma importância para determinar a capacidade de carga que o tubete pode suportar antes de se deformar ou colapsar) realizada por estudantes de arquitetura da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), que posicionaram cinco tubos de papelão com as seguintes espessuras: 3, 4, 5, e 6,5mm sob uma placa de pressão, com 100mm de comprimento, totalizando 20CPs.

Através dos resultados, geraram-se gráficos e tabelas, onde são apresentados os valores de máxima força e tensão de cada um dos corpos em prova. Em todos, os gráficos padronizou-se o valor máximo de força em 12000N, para que fosse possível comparar as curvas geradas.

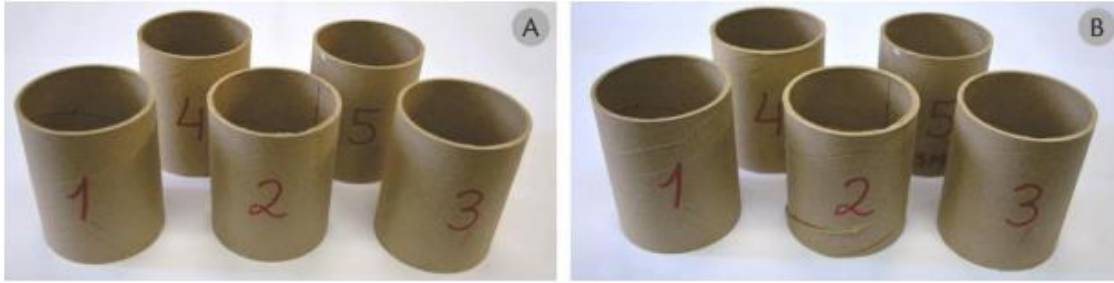
No gráfico a seguir é possível observar que o comportamento apresentado pelo grupo dos tubos de 03mm de espessura foi semelhante: a máxima força apresentada ficou próxima a faixa dos 4000N, e o deslocamento máximo foi cerca de 2,5mm, gerando um resultado de pouco amassamento.



Através da leitura de dados da tabela abaixo, podemos concluir que a carga média suportada pelos tubos de espessura de parede de 3mm é 415,66 kgf, um resultado satisfatório considerando a pouca espessura e leveza.

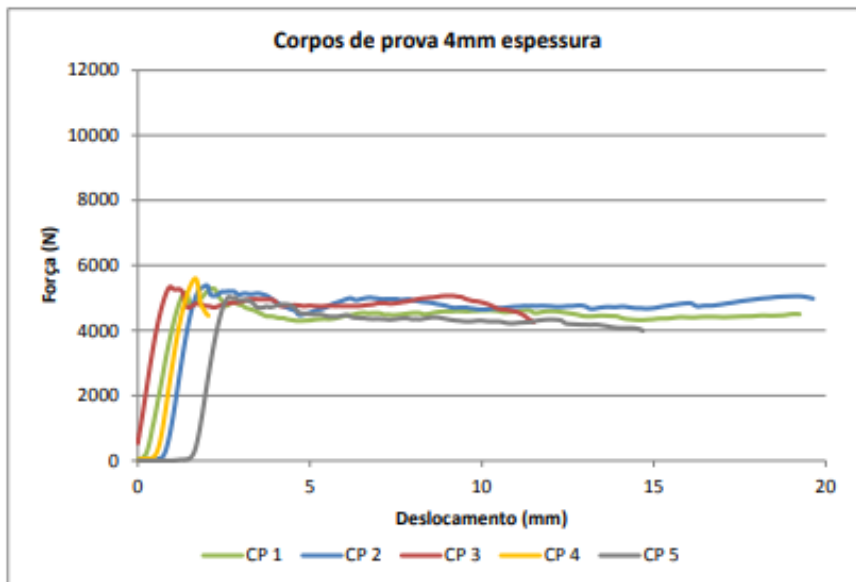
Corpo de prova	1	2	3	4	5	Média
Massa (g)	45,19	44,34	44,89	47,07	45,09	45,31
Máxima força (N)	4078,9	3829,3	4302,3	3770,2	4400,8	4076,3
Máxima carga (kgf)	415,93	390,47	438,71	384,45	448,75	415,66
Máximo deslocamento (mm)	1,30	2,45	1,78	2,25	1,52	1,86

Nas imagens a seguir é possível compararmos a aparência dos corpos de prova antes (figura A) e após (figura B) os testes de compressão axial. Podemos perceber algumas ondulações no sentido de enrolamento das faixas de kraft, sem amassamentos salientes.



O segundo teste foi realizado com os corpos de prova de 04mm de espessura de parede. Como o gráfico logo abaixo mostra, os corpos também tiveram um comportamento parecido, com pouca variação na força máxima suportada, que ficou na faixa dos 5000N.

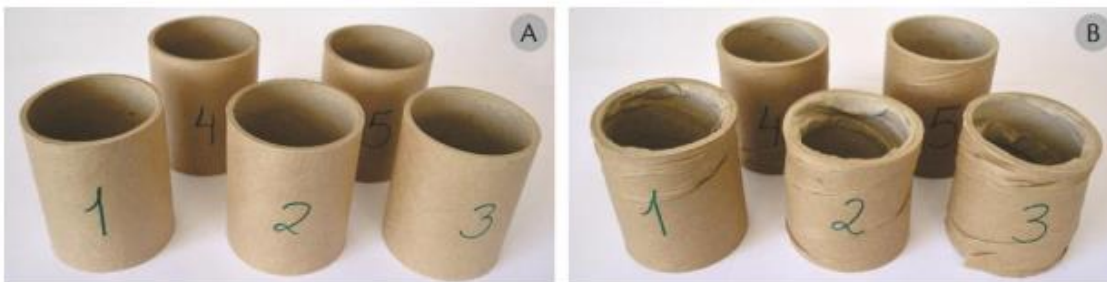
O deslocamento nesse grupo ficou mais perceptível, com exceção da prova de número 04, que rompeu com 2mm de compressão, os demais corpos deformaram entre 10 e 20mm.



A tabela a seguir exibe os dados de máxima, força, carga e deslocamento apresentados pelo corpos de 04mm de espessura. A média carga máxima que esses corpos suportaram foi 550,33 kgf, 137,67 kgf a mais do que a média das cargas máximas dos corpos de carga de 03mm.

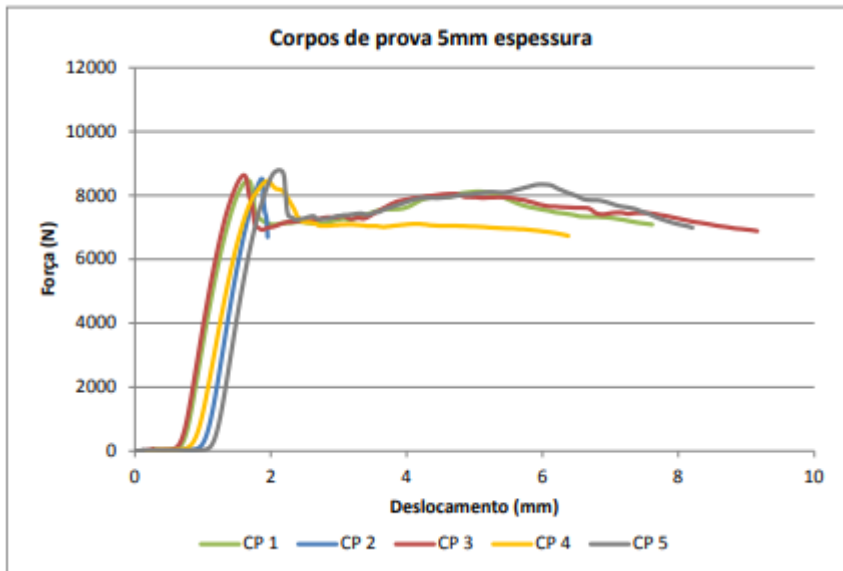
Corpo de prova	1	2	3	4	5	Média
Massa (g)	66,25	66,30	66,48	66,68	66,59	66,46
Máxima força (N)	5287,5	5386	5340,1	5596,2	5024,8	5396,92
Máxima carga (kgf)	539,17	549,21	544,53	570,65	512,38	550,33
Máximo deslocamento (mm)	19,24	19,63	11,51	2,05	14,68	13,42

Nesses tubos é possível observar que os danos foram maiores que os testes nos corpos anteriores, podemos notar que houve maiores ondulações, aumento na espessura da borda e relevos na parte interna e externa dos tubos.



Em seguida foram feitos os testes com os tubos de 05mm de espessura de parede. O ponto máximo foi semelhante em todo o grupo, em uma média de 8500N. O único corpo que ficou fora do padrão foi o CP 2, que apresentou uma ruptura de 1,95mm.

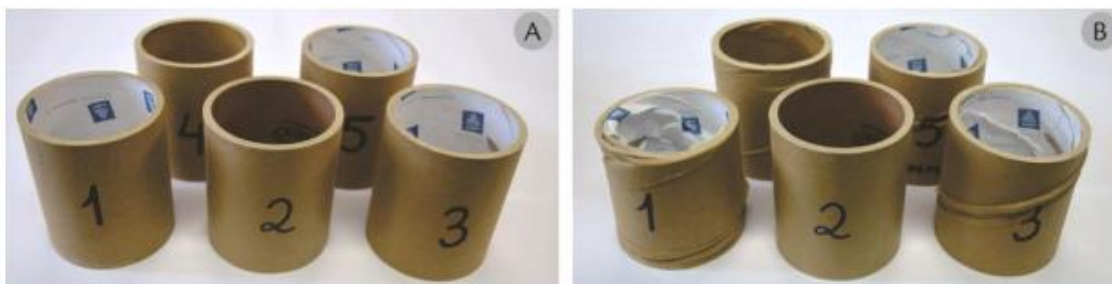
Como é possível observar no gráfico houve uma perda e ganho de resistência, após o tubo ter alguns milímetros de deformação o gráfico volta a aumentar a resistência.



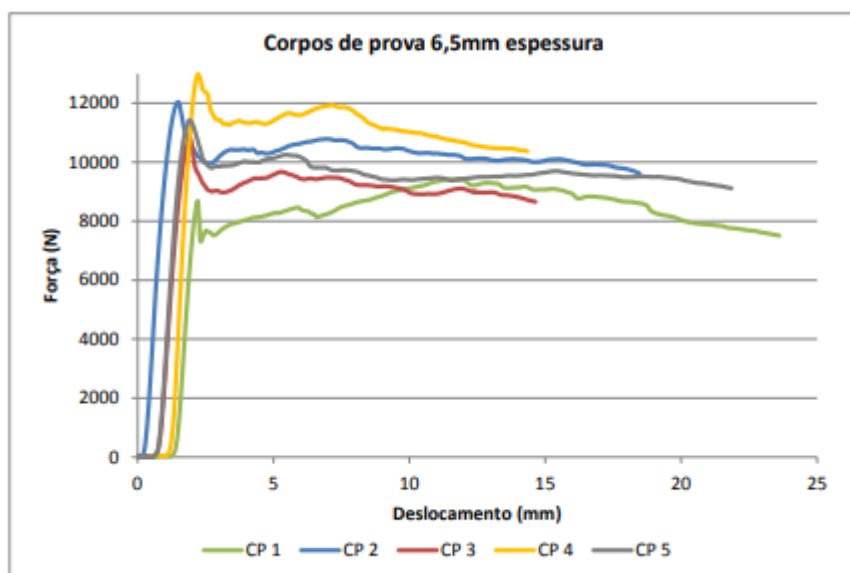
A tabela nos mostra que a máxima carga média suportada foi 323,6kgf a mais que os tubos de 04mm de espessura e 458,24kgf a máxima carga média suportada pelos tubos de 03mm de espessura.

Corpo de prova	1	2	3	4	5	Média
Massa (g)	88,63	85,13	88,92	91,24	89,23	88,63
Máxima força (N)	8460	8525,7	8630,8	8446,9	8788,4	8570,36
Máxima carga (kgf)	862,67	869,37	880,09	861,34	896,16	873,93
Máximo deslocamento (mm)	7,62	1,95	9,16	6,38	8,21	6,66

Podemos analisar que o CP 2 não teve as mesmas deformações que os demais corpos de prova, que nitidamente tiveram ondulações na parte externa e interna e aumento na espessura da parede.



O último grupo de prova, foi o de 6,5mm de espessura de parede. Nesse ensaio é possível observar que os resultados foram mais heterogêneos de máxima força com os valores variando entre 9432,1N e 12979N, porém com semelhança em relação ao deslocamento. Assim como o grupo de 05mm, este também teve uma sequência de perda e ganho de resistência.



A média força máxima suportada foi 11109,66N, ultrapassando uma tonelada de carga. Comparando esses resultados com os demais corpos de prova, houve um acréscimo de 717,21kgf em relação aos tubos de 3mm de espessura, 582,4kgf a

mais do que os corpos de prova de 4mm e 258,94 superior ao grupo de 5mm de espessura

Corpo de prova	1	2	3	4	5	Média
Massa (g)	122,05	122,44	112,89	124,42	123,01	120,96
Máxima força (N)	9432,1	12040	9675,2	12979	11422	11109,66
Máxima carga (kgf)	961,80	1227,73	986,59	1323,49	1164,72	1132,87
Máximo deslocamento (mm)	23,61	18,48	14,64	14,35	21,85	18,58

Com essa pesquisa, chegou-se a conclusão que uma lista de fatores podem influenciar na resistência de tubos de papelão, entre elas: espessura da parede; existência de falhas entre as emendas de papel Kraft e a qualidade e a gramatura do papel.

Resistência e Durabilidade

O papelão, apesar de parecer ser um material frágil e com pouca durabilidade quando é dimensionado da forma tubular, possui a resistência equivalente a um tronco de árvore podendo segurar até uma tonelada. A forma cilíndrica dele é como uma remodelagem da tora da árvore. Essa resistência foi comprovada em testes de laboratório; as pesquisadoras contam que a inspiração para a criação dessa inovação para o uso de papelão, veio do arquiteto japonês Shigeru Ban, que é conhecido por utilizar o papelão em seus sistemas construtivos. Contudo Gerusa buscou focar na área de construção da industrialização, diferente do Japonês Shigeru Ban, que utilizava como forma artesanal, e por isso em suas construções fazia o uso de tiras de tecidos, aço e madeira. Em meio as pesquisas, Nathália também observou que o arquiteto variava as ligações e matérias para conectores conforme a construção. “Acabamos notando que para cada construção ele utilizava um método e material diferentes. Então vimos que

haveria a possibilidade de desenvolvermos um sistema que fosse mais fácil, tanto do ponto de vista da produção da tecnologia, quanto do ponto de vista da montagem”, explicou Nathália.

Para alimentar o ciclo natural da reciclagem do papelão que não foi contaminado dentro do processo em que foi utilizado, os tubetes são confeccionados para que seja feita sua reaplicação na cadeia produtiva que, naturalmente iniciasse da saída extração da matéria prima, desenvolvimento e produção do produto, com a distribuição e assim servindo ao uso direto ou indireto, que por fim segue caminhando para a logística reversa, unindo-se ao processo de reciclagem que pode ser feito por diversas vezes, gerando produtos idênticos ou novos elementos. Este trabalho explora as possibilidades do uso dos tubetes para construção de estruturas provisórias como stands de vendas, tendas destinadas a ações na área de saúde, chalés com uso de curto período e abrigos em casos de emergência.

Os tubos de papelão são usados em vários segmentos industriais, seja para embalagem secundária de produtos ou para enrolamento de plásticos, tecidos, adesivos. Dentre os segmentos que utilizam este tipo de tubete estão as indústrias de papéis, indústrias de materiais escolares, gráficas de jornais e revistas e outros. Estes por sua vez são produzidos em diâmetros, espessuras e comprimento diferentes, pensados diretamente a indústria que será explorado.

Processo da Qualidade na separação dos resíduos.

Muitas empresas que utilizam de tubos de papelão em seus processos, acabam por fim produzindo quantidades de resíduos do material por meses consecutivamente, que podem ser vendidos em site destinados a venda de resíduos industriais ou materiais descartados para reciclagem. Ou são coletados por trabalhadores do ramo de reciclagem que acabam vendendo o material para a reciclagem inicial.

Em busca de garantir que a qualidade dos tubetes destinados para construção de estruturas provisórias, da qual descartados dos ramos industriais onde não há mais o reaproveitamento desse material, foi desenvolvido processos de análise da aparência e integridade do material, medição das dimensões com uso de paquímetro universal e testes de flambagem por amostras separadas. Respeitando a norma a ABNT NBR 14484:2000 – Papel e cartão – Tubetes – Medição das dimensões, o recebimento dos resíduos envolve respectivamente:

a) análise da aparência e integridade do material

A segregação do material danificado ou com comprometimento de sua integridade por meio da análise visual. É necessário que a análise feita seja detalhadamente, de forma que todo produto recebido seja inspecionado. O material que apresentar amassados, rachaduras, manchas e ou cortes será descartado, e será destinado a reciclagem inicial.

b) medição das dimensões

Diâmetro Interno (\emptyset_i): Para medir o diâmetro interno do tubete, você deve usar um paquímetro ou outro dispositivo de medição de precisão. Coloque as pontas do paquímetro nas extremidades internas opostas do tubete e registre a medida.

Diâmetro Externo (\emptyset_e): O diâmetro externo é medido da mesma forma que o diâmetro interno, mas você medirá a parte externa do tubete, registrando essa medida.

Espessura da Parede (e): A espessura da parede do tubete é obtida medindo a distância entre o diâmetro externo e o diâmetro interno. Em outras palavras, é a diferença entre \emptyset_e e \emptyset_i .

Comprimento (L): Para medir o comprimento do tubete, coloque-o em uma superfície plana e use uma régua ou trena para medir a distância entre as extremidades do tubete.

Desenvolvimento célula teste – residencia emergencial

Os tubetes de papelão são armazenados em um local seco, arejado e sombreado, sobre uma chapa de madeirite compensada.



Figuras 1 e 2 – Tubos de papelão armazenados.

Estes tubetes possuirão as medidas exatas e padronizadas para as construções, porém algumas peças precisarão serem cortadas para se fazerem os vãos da porta e da janela. Também será preciso furar todos os elementos construtivos para possibilitar a passagem das barras roscadas.

Para unirmos os elementos e proporcionarmos resistência, optamos por transpassar barras roscadas com 8mm de diâmetros, com arruelas e porcas, em diferentes alturas.



Figuras 3 e 4– Painéis de vedação prontos e furação nas laterais.

Para moldarmos as bases de concreto serão confeccionadas formas, as retilíneas que serão responsáveis por travar os painéis dispostos na mesma direção e as de formatos em “L”, que possuirão a função de travar painéis adjacentes à 90°.



Figuras 4 e 5 – Formas para a moldagem das peças de ligação Retilínea e “L”.



Figuras 6 e 7 – Moldagem de peça de ligação Retilínea.



Figuras 8 e 9 – Moldagem de peça de ligação “L”.

Para facilitar o trabalho das pessoas envolvidas e por ser uma construção pequena, optamos por erguer e fixar a cobertura sobre os painéis de vedação vertical. A estrutura da cobertura foi desenvolvida em madeira de eucalipto e telhas de fibras vegetais recicladas.



Figuras 10 e 11 – Preparo da cobertura.

A construção só será iniciada quando todos os seus elementos construtivos estiverem prontos: painéis de vedação vertical, peças de ligação e cobertura.

Primeiramente fixamos as peças de ligação em uma base de concreto, parafusando-as com parabolts.



Figuras 12 e 13 – Colocação peças de ligação inferiores.

Para mantermos os tubos de papelão elevados e vedarmos as frestas existentes entre estes e as peças de ligação, ao redor de cada relevo das peças de ligação em concreto, colocamos massa de calafetação e um anel de borracha de alta densidade com o mesmo diâmetro.



Figura 14 – calafetação

A seguir, então, fixaremos os painéis de vedação vertical e as peças de ligação superiores.



Figuras 15 e 16 – Fixação dos painéis de vedação e das peças de ligação superiores.

A cobertura, que já estará previamente produzida, será instalada por partes sobre as peças de ligação superiores. Esta será a única etapa da construção da célula-teste que será necessário a mão-de-obra de mais pessoas para transportar e erguer os seus componentes, por sua estrutura ser composta por peças grandes e pesadas. E em seguida serão fixadas as peças de ligação superiores na estrutura da cobertura.



Figuras 17 e 18 – Finalização da cobertura.



Figuras 19 e 20 – Célula - teste inalizada.



Figura 21 e 22 – Espaço comum entre as residências emergenciais. Fontes: Miyake, 2009, p.127 e GG Portfólio, 1997, p.46.



Figura 23 – Interior de uma residência emergencial. Fonte: GG Portfolio, 1997, p.49.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há diversos benefícios na utilização de tubos de papelão estrutural no sistema de construção temporária, além de seu manuseio e transporte ser de fácil aplicação, também segue o princípio de sustentabilidade. Pelo processo de instalação se dar através de encaixes e vínculos, fica mais fácil a desmontagem e remontagem, em caso houver necessidade de remanejamento. É um material leve e, portanto, não exige fundações muito robustas, fazendo com que diminua o tempo da construção e seu custo. O formato tubular oferece a possibilidade de embutir os sistemas de hidráulica e elétrica, além de otimizar a resistência térmica e acústica. E, por questões de segurança, como se trata de um pré-fabricado, é possível torná-lo impermeável e resistente à altas temperaturas.

Lembrando sempre de seguir todas as normas estabelecidas pela regulamentação Brasileira de Construção Civil.

REFERÊNCIAS

AGENCIA PAPOCA; SUSTENTABILIDADE, SENSIBILIDADE E EXCENTRICIDADE: CONHEÇA A VIDA E OBRA DE SHIGERU BAN; Disponível em: <https://laart.art.br/blog/shigeru-ban/>; Acessado em: 25/10/2023

ARCH DAILY: Os projetos humanitários de Shigeru Ban; Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/01-185116/projetos-humanitarios-de-shigeru-ban?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev ; Acessado em: 27/10/2023

BARROS; Gabriela Santos Pereira Lopes de. BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO. Acessado em <https://eventos.congresso.me/engmatcon/resumos/10985.pdf?version=original> em Acesso em: 20/10/2023 19h55min

PICCOLI, Mariana. REUTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO: ESTUDO DE PARÂMETROS TÉCNICOS VISANDO APLICAÇÃO NO DESIGN DE PRODUTOS. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96466/000916024.pdf>; Acessado em: 27/10/2023

SALADO, Gerusa de Cássia; SICHIERI, Edvaldo Paulo. A arquitetura em tubos de papelão de Shigeru Ban. AE Ensaios. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 1, n. 2, p. 1-16, out. 2006. Acesso em: 20/10/2023 20h15min

SALADO, Gerusa de Cássia. Pesquisadoras desenvolvem dispositivo que permite a construção de casas com tubos de papelão. Entrevista concedida a Rebecca Crepaldi. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2023/08/16/pesquisadoras->

desenvolvem-dispositivo-que-permite-construcao-de-casas-com-tubos

Acesso em 20/10/2023

SALADO, Gerusa de Cássia. Painel de vedação vertical de tubos de papelão: estudo, proposta e análise de desempenho. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-22052013-084606/publico/Tese_Gerusa.pdf. Acessado em:

VERTOWN Gestão de Resíduos. O setor da construção civil é responsável pela geração de uma grande quantidade de resíduos, também chamados de RCDs. Disponível em: <https://www.vertown.com/blog/residuos-da-construcao-civil-construindo-valores-de-sustentabilidade/>. Acessado em: 30/10/2023