



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

THIAGO VIEIRA FERREIRA MARTINS

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ESTRUTURAL DA UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS
HONEYCOMB COMO ALTERNATIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

ARIQUEMES – RO

2021

THIAGO VIEIRA FERREIRA MARTINS

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ESTRUTURAL DA UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS
HONEYCOMB COMO ALTERNATIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia civil da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Ms. Silênia Priscila Lemes

ARIQUEMES - RO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M386 Martins, Thiago Vieira Ferreira

Avaliação da viabilidade estrutural da utilização de painéis honeycomb como alternativas na construção civil. / Thiago Vieira Ferreira Martins. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2021.

39 f. ; il.

Orientador: Prof. Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO, 2021.

1. Painéis honeycomb. 2. Materiais compósitos. 3. Reciclagem. 4. Viabilidade estrutural. 5. Construção Civil. I. Título. II. Lemes, Silênia Priscila da Silva.

CDD 624

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

THIAGO VIEIRA FERREIRA MARTINS

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ESTRUTURAL DA UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS
HONEYCOMB COMO ALTERNATIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia civil da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Ms. Silênia Priscila Lemes

Banca examinadora

Prof.^a Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes

Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Esp. João Victor da Silva Costa

Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof.^a Ms. Ana Carolina Silverio de Oliveira

Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

ARIQUEMES - RO

2021

DEDICATÓRIA

Dedico a minha família e a todos os professores que durante todos estes anos se esforçaram para me fazer um excelente cidadão e profissional, em especial o Esp. João Victor da Silva Costa e a coordenadora Ms. Silênia Priscila Lemes.

AGRADECIMENTOS

Agraço primeiramente a Deus.

Aos meus pais, irmã e cunhado que me ajudaram em toda a caminhada.

Agradeço grandemente a minha esposa que sempre me apoiou.

Ao meu prof. Orientador Ms. Silênia Priscila Lemes pelo comprometimento.

A vários amigos que me acompanharam nesta trajetória, em especial a Ana Clara que me alegrou em várias noites de viagem.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes”

RESUMO

A raça humana em toda a sua história vem utilizando os mais diversos materiais e formas de montagem, para que, com estes possam atingir os objetivos que são demandados a mesma, esta tem constantemente buscado por novas tecnologias que tornem os materiais utilizados mais eficientes, além disto existe a preocupação em utilizá-los de maneiras não poluentes, que agridam menos o meio ambiente e sejam recicláveis, para assim diminuir o grande impacto causado pela construção civil. Atualmente, um método construtivo muito promissor e que já revolucionou a indústria aeroespacial pode ser a solução para estas questões apresentadas, este é o painel honeycomb, afim de avaliar a viabilidade do uso deste na construção civil como um candidato a resolução do problema exposto, foram buscadas informações em diversas bases de dados nacionais e internacionais, estas foram compiladas nesta revisão de literatura integrativa. Buscou-se também apresentar estes painéis, suas formas construtivas e materiais utilizados, para assim evidenciar a praticabilidade econômica da utilização destes, assim como a possibilidade de reciclagem dos painéis com o intuito de diminuição do impacto ambiental causado por estruturas convencionais de concreto armado. Ao fim da pesquisa foi certificada a eficiência estrutural dos painéis em diversas situações, assim como a dificuldade do mesmo de apresentar viabilidade econômica, concluindo que o mesmo pode ser promissor, mas ainda precisa evoluir para que seja utilizável na construção civil.

Palavras-chave: Favo de mel. Materiais compósitos. Reciclagem.

ABSTRACT

The human race throughout its history has been using the most diverse materials and forms of assembly, so that, with these, it can achieve the goals that are demanded, it has constantly searched for new technologies that make the materials used more efficient, in addition to from this there is a concern to use them in non-polluting ways, which are less harmful to the environment and are recyclable, in order to reduce the great impact caused by civil construction today, a very promising construction method that has already revolutionized the aerospace industry may be the solution to these issues presented, this is the honeycomb panel, in order to assess the viability of using it in civil construction as a candidate for solving the problem exposed, information was sought in several national and international databases, these were compiled in this review of integrative literature. It was also sought to present these panels, their constructive forms and materials used, in order to demonstrate the economic feasibility of using them, as well as the possibility of recycling the panels in order to reduce the environmental impact caused by conventional reinforced concrete structures. At the end of the research, the structural efficiency of the panels in various situations was certified, as well as their difficulty in presenting economic viability, concluding that can be promising, but still needs to evolve so that it can be used in civil construction.

Keywords: Honeycomb. Composite materials. Recycling

Lista de Figuras

Figura 1– a) Estrutura sandwich	b) painel Honeycomb	18
Figura 2 - Estrutura asa de avião		19
Figura 3 a) Núcleo de aramida	b) Painel já coberto por pele compósita	21
Figura 4 - Painel com núcleo de papel reciclado.....		22
Figura 5 – Fabricação de grande painel honeycomb para ser utilizado como ponte.		23
Figura 6– Disposição dos materiais no painel		25
Figura 7– Configuração de ensaio das amostras		25
Figura 8 - Pinel honeycomb compósito		27

Lista de tabelas

Tabela 1 - Resistência do painel	23
Tabela 2 - Comparação de valores ponte honeycomb	23
Tabela 3– Resultados obtidos no ensaio painel de particle board sheets	24
Tabela 4– Resultados obtidos no ensaio painel de concreto	26
Tabela 5– Resultados obtidos no ensaio painel de alumínio, compósito e Noméx ...	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVOS PRIMÁRIO.....	14
2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	14
3. METODOLOGIA	15
4. REVISÃO DE LITERATURA	17
4.1 CONTEXTO HISTÓRICO	17
4.2 MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO DOS PAINÉIS E MATERIAIS UTILIZADOS	20
4.3 TESTES DE RESISTÊNCIA DOS PAINÉIS.....	23
4.4 ESTIMATIVA DE CUSTOS	28
4.5 POSSIBILIDADE DE RECICLAGEM DOS PAINÉIS	29
CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	32
ANEXOS	37

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que na construção civil são usados um número muito grande de diferentes materiais, cada um executando uma função específica, entretanto, com a constante evolução da tecnologia humana, eventualmente alguns materiais são substituídos por outros mais eficientes. Segundo Flaga (2000) nos séculos XIX e XX foram dominados os materiais básicos de construção e com o progresso foram desenvolvidos outros que podem ajudar a construção prosperar, esta evolução é extremamente a viabilização de construções cada vez mais impressionantes e antes impossíveis.

De todos os materiais criados pelo homem um dos mais notáveis é o concreto segundo Kaefer (1998), este trata-se de um material moldado para atingir determinada forma e posteriormente enrijecer-se para resistir aos esforços solicitados, encontrado em praticamente todas as construções, desde sua criação a mais de uma centena de anos, praticamente não sofreu alterações, e não pôde ser substituído por nenhum material tão versátil quanto o mesmo, obviamente isto não ocorreu por falta de tentativas, todos os anos novos materiais entram no mercado buscando competir com este colosso e infelizmente perdem a competição.

Assim como na construção civil, na aviação buscava-se um material que pudesse substituir as pesadas estruturas das fuselagens antes construídas de alumínio, isto porque o peso é o fator mais relevante a ser considerado para a melhor performance de um avião, nisto em 2004 a fabricante Boeing lançou o Boeing 787, de acordo com Gomes *et al* (2019) este é o primeiro avião comercial para passageiros construído em sua maioria com materiais compósitos em parte compartimentalizados em painéis Honeycomb principalmente nas asas que são um grande diferencial deste, segundo a própria Boeing este é responsável pelo lançamento melhor sucedido da empresa, com 873 pedidos chegando ao valor de \$ 180.000.000.000,00 (centro e oitenta bilhões de dólares).

Este sucesso chamou a atenção do mercado da construção civil, que rapidamente iniciou a procurar uma funcionalidade para estes painéis na área, também avaliando a viabilidade deste em relação ao concreto armado, visto que o mesmo desde sua produção é muito poluente, considerando que segundo Oss e Padovani (2008) a cada tonelada de clínquer produzido (matéria prima do cimento) cerca de 1 tonelada de CO₂ é liberado na atmosfera.

Neste trabalho foram reunidos os resultados desta procura, focando principalmente nos testes de resistência a flexão, o custo de utilização do mesmo e a possibilidade de reciclagem deste, para que fosse possível concluir se o mesmo pode ser uma opção frente ao concreto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS PRIMÁRIO

- Avaliar a viabilidade do uso de painéis Honeycomb de forma estrutural na construção civil.

2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Identificar a resistência e reação dos painéis aos esforços demandados;
- Explorar as variadas formas construtivas deste material;
- Avaliar a viabilidade econômica da utilização dos painéis Honeycomb na construção civil;
- Verificar a possibilidade de reciclagem dos painéis.

3. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos foi realizada uma revisão de literatura integrativa, esta trata-se de uma técnica que permite a avaliação de várias vertentes metodológicas e integração dos seus resultados de forma sistemática, a partir desta foi possível identificar as informações importantes para a resolução da questão base, sendo a mesma: “poderia a aplicação de painéis Honeycomb de forma estrutural ser viável para auxiliar na redução de materiais mais poluentes na construção civil?”. Foi dado foco as informações de resistência de flexão aos painéis, vislumbrando assim a utilização do mesmo substituindo lajes de concreto por exemplo.

Foram utilizadas como base de dados para obtenção de informações importantes a Scielo, ASTM, UND, UNESP, BNDS, REDE, UNB, ResearchGate, BMEP, ScienceDirect, NTRS (NASA), Wiley, e USP, dentre estas apenas a Scielo, UNB, REDE, BNDS, USP e UNESP forneceram conteúdos produzidos no Brasil, todas as restantes apresentaram apenas artigos de origens internacionais como norte americana, marroquina e chinesa, a média de conteúdos em português brasileiro é de 40% e em inglês 60%, compreendidos no intervalo de data de publicação dos últimos 25 anos.

Foi utilizado como critério de inclusão a correta definição do que se tratam os painéis, presença de testes de resistência com eficiência conhecida, escrita em língua portuguesa ou inglesa e apresentação de base sólida das informações, como critérios de exclusão foram definidos escrita em línguas diferentes das citadas anteriormente, documentos que apresentavam características que remetiam a propaganda de uma ou mais empresas levando a distorção dos informações expostas, apresentação de informações obtidas em bases não confiáveis e disponibilização de resultados determinados de maneira não científica ou indefinida. É importante ressaltar que procurou-se utilizar fontes o mais atualizado possível, optou-se por conteúdos antigos apenas quando as informações dos mesmos eram de suma importância para o trabalho.

Também foi realizada a obtenção de informações importantes disponibilizadas por empresas atuantes na área de confecção e utilização dos painéis Honeycomb, estas foram acessadas a partir de pesquisas nos portais online oficiais das

mesmas e mensagens via correio eletrônico, estas foram encontradas sediadas principalmente nos Estados Unidos da América e China.

4. REVISÃO DE LITERATURA

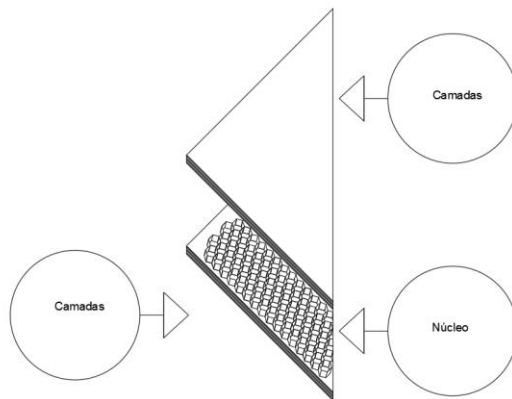
4.1 CONTEXTO HISTÓRICO

É um fato conhecido que o setembro de 1906 o inventor brasileiro Santos Dumont em sua máquina voadora 14-bis flutuava sob solo francês pela primeira vez, mas foi apenas em 23 de outubro do mesmo ano que esta façanha foi demonstrada diante de uma gigantesca multidão no Campo de Bagatell em Paris, este momento histórico foi registrado em fotos e vídeos que hoje estão disponíveis espalhados pela internet, inclusive na conta de Youtube da Secretaria de Comunicação Social da Presidência da República.

O 14-bis, também chamado de Oiseau de Proie (ave de rapina) foi descrito pelo jornal L'illustration no mesmo ano do primeiro voo, como composto por seis células de Pipas Hargrave, bambu e junco esticado de seda, unidos por um de seus lados e dispostos três por três, de modo a formar duas asas, estas informações estão disponibilizadas no banco de dados da L'illustration e podem ser acessadas por meio do site oficial deste; o uso destes materiais ocorriam porque era necessário que os modelos fossem leves, considerando a baixa potência dos motores da época, fazia com que os mesmos fossem muito limitados e estruturas frágeis. Com o início da primeira guerra isto precisou mudar, iniciou-se então o grande esforço para a fabricação de aeronaves de grande autonomia e robustez, ai entram os painéis sandwich, mas afinal, o que são estes?

Os painéis sandwich não são um material específico, pois, trata-se de uma forma de organização da matéria, configura-se então como uma estrutura independente de sua composição, segundo Bitzer (1997) este pode ser constituído de qualquer material fino e plano, isto porque o mesmo precisa ser linear e de pequena espessura para a melhor construção deste, segundo Sousa (2017) as chapas externas (comparáveis aos pães) são nomeadas camadas, enquanto o material interno (considerados como recheio) é chamado de núcleo assim como mostra a figura 1:

Figura 1– a) Estrutura sandwich



Fonte: Adaptado LU *et al* (2015)

b) painel Honeycomb



Fonte: Santos (2019)

Na figura 1 nota-se que no material o núcleo está organizado em hexágonos, quando os painéis são construídos nesta configuração eles são nomeados honeycomb que significa favo de mel, o mesmo recebeu este nome devido a semelhança da estrutura com o favo de mel construídos pelas abelhas na natureza, existem outras dezenas configurações do núcleo, estas continuam a serem painéis sanduiche, entretanto não são mais classificadas como honeycomb por não apresentar as características do mesmo, apesar de várias bibliografias causarem confusão ao citarem estes dois termos, é importante ressaltar esta separação, todo painel favo de mel é sanduiche entretanto isto não ocorre no caminho reverso como deixa claro Santos (2019) ao informar que o núcleo colmeia são relacionados aos honeycombs diferentemente dos núcleos de totalmente cheios (preenchidos com espuma por exemplo) denominados foams.

O uso deste método, painéis sanduiche, é bastante recente quando comparado a outros metodologias metalúrgicas, Bitzer (1997) cita como primeiro relato de uso estrutural deste foi em uma ponte ferroviária em 1845, desde então o mesmo permaneceu hibernado até o século XX, quando surgir a necessidade de estruturas leves e resistentes para compor navios e aviões, muito devido aos esforços das duas guerras mundiais, com isto surgiram as asas utilizando este conceito, porem ao invés de planas como na figura 1, estas eram forjadas em formas aerodinâmicas, com o núcleo distribuído em longarinas, conforme Figura 2.

Figura 2 - Estrutura asa de avião



Fonte: Rose (2019)

Esta configuração que é até hoje utilizada permite que seja construída uma grande estrutura como uma asa ou uma quilha (também chamada de casco nos navios) de maneira mais leve, além de permitir que o espaço vazio seja usado para armazenar combustível que alimenta os motores do veículo, isto é, no caso dos aviões, nos barcos o mesmo tem outras funções; Em um estudo pela NASA (National Aeronautics and Space Administration ou Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço), Richards e Thompson (1996) apontam que já nos anos sessenta, notaram-se os painéis sanduiche, desta vez já no conceito favo de mel, como um candidato para compor asas de aviões de alta velocidade, neste mesmo artigo testaram a capacidades destes painéis compostos por titânio quando impostos as altas temperaturas atingidas nos voos hipersônicos, ou seja, mais rápidos que o som, isto aponta a grande confiança e ambição que a agencia mostra para com este tipo de estrutura, Paik (1999) também cita este como um conceito estrutural promissor para construção de trens de alta velocidade e aviões.

Como pode-se perceber, os painéis Sandwich já estão muito bem estabelecidos no setor de transportes, com uma história de mais de um século na aviação em constante evolução, recentemente, com o maior domínio de materiais compósitos, foi possível construir estruturas ainda mais robustas e leves utilizando-se deste método,

pode-se apontar como exemplos desta evolução o avião Boeing 787 Dreamliner, constituído em grande parte (cerca de 50%) por esta tecnologia, que permite ao mesmo obter resistência, flexibilidade e leveza em partes que recebem maiores esforços aerodinâmicos como as asas, para uma melhor noção Lu e Wang (2010) citam que apesar de representar cerca de 50% do peso das asas, os painéis compósitos somam praticamente 80% do volume das mesmas. É a partir desta evolução que surge a chance de se empregar esta metodologia na construção civil, estes antes compostos basicamente por aço e alumínio hoje podem apresentar materiais mais baratos e acessíveis ao público.

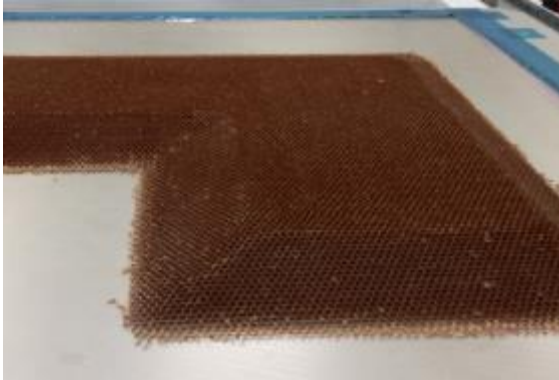
4.2 MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO DOS PAINÉIS E MATERIAIS UTILIZADOS

A roda! Não se sabe ao certo quando ocorreu a invenção desta, entretanto ainda não conseguimos encontrar algo que seja revolucionário ao ponto de aposentá-las, Killeen (2019) diz que a pessoa que chegou a este conceito incrível merece um Neolithic Nobel Prize. Entretanto é importante notar que ao longo da história a roda foi reinventada várias vezes, sendo empregadas em diversos fins com os mais variados materiais até chegar no que temos hoje; o ponto é que assim como a roda, os painéis Honeycomb são um formato e podem ser empregados em milhares de funções construídos com incontáveis matérias primas, sendo assim o dever da humanidade explorar as possibilidades destes.

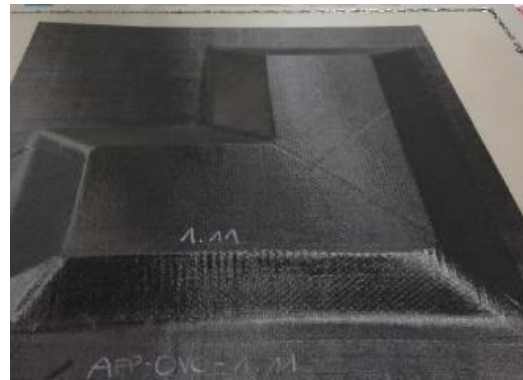
Várias empresas espalhadas pelo mundo estão realizando este processo, a Airbus por exemplo, fabricante europeia de aeronaves assim como a Boeing adotaram este conceito em seus aviões utilizando materiais compósitos de alta resistência, segundo Michalski e Krauze (2019) são usadas camadas de compósito de fibra de carbono ou fibra de vidro com resina epox (Figura 3-b) e núcleo de aramida (Figura 3-a), alumínio e outros materiais, para que todos estes materiais sejam unidos em uma única peça usam-se várias técnicas, entre as mais utilizadas está a Vacuum Infusion Process (VIP), em uma tradução livre o mesmo pode ser denominado Processo de Infusão a Vácuo, este segundo Spasojevic (2019) trata-se de um processo de que utiliza a pressão gerada por vácuo para inserir resina a seco em algum outro material, no caso da Airbus a resina usada é a epóxi, Stefan *et al* (2021)

cita esta técnica quando automatizada viável para a indústria aeroespacial para a construção da fuselagem de asas por exemplo.

Figura 3 a) Núcleo de aramida



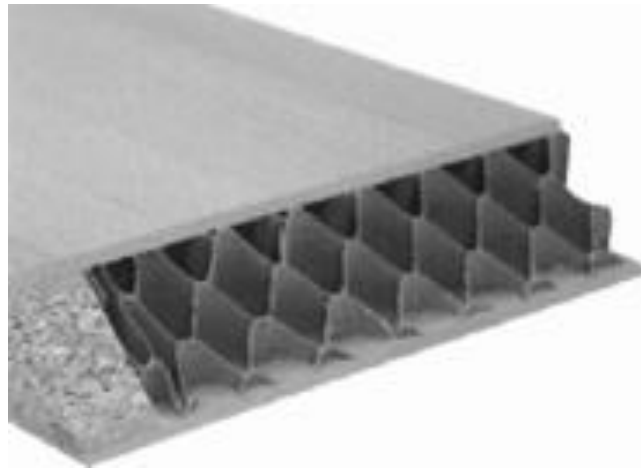
b) Painel já coberto por pele compósita



Fonte: Michalski e Krauze (2019)

Partindo deste princípio vários acadêmicos fizeram suas próprias versões dos painéis, buscando maior resistência com materiais mais baratos e de fácil fabricação, nesta linha Barboutis e Vassiliou (2005) apontaram os painéis Honeycomb como o mais promissor formato a ser constituído com papel, confeccionaram e expuseram painéis feitos com camadas de particle board sheets (um espécie de material derivado de madeira muito parecido com o Medium Density Fiberboard, mais conhecido como MDF) e núcleo de papel reciclado organizados em hexágonos por processo de expansão, o mesmo está exposto na Figura 4, o intuito inicial deste é ser utilizado para a composição de objetos simples como grandes lixeiras evitando assim a utilização de materiais não recicláveis ou nocivos ao meio ambiente, além disto, a utilização dos painéis possibilita produtos finais de grande resistência e baixo peso, estas duas características são muito importantes para várias outras utilizações, com isto torna-se possível vislumbrar vários usos para os painéis fabricados neste formato, para a confecção de móveis substituindo a madeira bruta por exemplo que já tem se tornada escassa em várias regiões, Bacha (2008) aponta que apesar do Brasil apresentar grande parte das florestas do mundo a escassez neste século tem elevado os preços deste material além da inflação.

Figura 4 - Painel com núcleo de papel reciclado



Fonte: Barboutis e Vassiliou (2005)

Foram encontrados também estudos que optaram pela utilização de materiais mais sofisticados para a composição dos painéis, como por exemplo o FRP (Fiber-reinforced plastic), traduzido como plástico reforçado com fibra de vidro, Sharma *et al* (2018) apresentaram como um método de produção simples e efetivo para este o hand lay-up, este trata-se de um trabalho manual onde camadas de “tecidos” feitos de fibra são saturadas por resina e colocados manualmente no molde para que possam se adequar ao formato em que serão utilizadas, visualmente é um processo bem semelhante ao Vacuum Infusion Process citado anteriormente, onde a maior diferença encontra-se na não utilização da câmara de vácuo no hand lay-up. Este material já é bastante utilizado na engenharia civil, sendo inclusive utilizado na construção de superestruturas, isto pode ser visto por exemplo quando Alampalli *et al* (2000) concluiu que o material pode ser viável para substituir o concreto em pequenas pontes. O mais promissor estudo encontrado procurando colocar a prova a viabilidade de painéis honeycomb compostos inteiramente por Fiber-reinforced plastic (Figura 5) foi realizado por Davalos *et al* (2001) que atestaram a eficiência e viabilidade econômica da utilização dos painéis em pontes de avenidas por meio de testes e quantificação dos valores de confecção das mesmas quando comparada a métodos tradicionais, na Tabela 1 estão apresentados os valores de resistências atingidas pelos painéis ainda antes das testagens de “Proof Testing”, este trata-se de um teste de carga em loco com a ponte já pronta para atestar a resistência da mesma antes da liberação do tráfego, neste caso o resultado foi positivo. Na Tabela 2 apresentam-se os resultados

financeiros encontrados pelos autores e a comparação com os valores de métodos tradicionais estimados pelo governo de Nova York.

Tabela 1 - Resistência do painel

DESCRIÇÃO	CARGA DE RUPTURA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA MÁXIMA A TRAÇÃO (MPA)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPA)
TABULEIRO DA PONTE	23,62	257,8	18,25

Fonte: Adaptado Alampalli *et al* (2000)

Tabela 2 - Comparação de valores ponte honeycomb

PONTE HONEYCOMB		PONTE TRADICIONAL	
DESCRIÇÃO	VALOR	DESCRIÇÃO	VALOR
PROJETO E FABRICAÇÃO	\$ 116.000,00	PROJETOS E CONSTRUÇÃO	\$ 672.000,00
CONSTRUÇÃO	\$ 279.000,00		
TESTE	\$ 5.000,00		
TOTAL	\$ 400.000,00	TOTAL	\$ 672.000,00

Fonte: Adaptado Alampalli *et al* (2000)

Figura 5 – Fabricação de grande painel honeycomb para ser utilizado como ponte



Fonte: Alampalli *et al* (2000)

4.3 TESTES DE RESISTÊNCIA DOS PAINÉIS

Como já informado anteriormente, honeycomb trata-se de um método construtivo, logo, apenas um teste de resistência não irá abranger de maneira eficiente

as características dos painéis, a final, é plausível se imaginar que a resistência de um painel constituído por madeira e papelão seja menor do que a mesma em um construído em alumínio, devido a isto, serão apresentados vários resultados de testes executados com materiais diferentes, para que assim seja possível avaliar o desempenho da maneira mais completa, é importante ressaltar que o melhor resultado não é necessariamente aquele que apresente maior resistência dentre os diferentes painéis, mas sim aquele que além de robusto se adapte a viabilidade de fabricação, disponibilidade de materiais e custo de cada situação, como também, a possibilidade de reciclagem do mesmo, a final, são estes fatores dentre outros que determinam a utilização ou não de um material em uma construção.

Os primeiros resultados aqui apresentados foram extraídos de um painel já citado anteriormente, este trata-se do constituído por camadas de particle board sheets e núcleo de papel, não é esperado que este seja utilizado de forma estrutural na construção civil, mas é importante entender a dinâmica deste para possível utilização em outras tarefas na área. Na tabela 1 estão expostos os valores encontrados pelos autores, que não só testaram a resistência do painel, mas também do material usado nas camadas separadamente para que pudesse existir um parâmetro de comparação; os materiais foram testados supostos aos esforços e foram obtidos resultado quanto ao módulo de ruptura, módulo de elasticidade e resistência de absorção impactos:

Tabela 3– Resultados obtidos no ensaio painel de particle board sheets

DESCRIÇÃO DO PAINEL	Resistência a flexão		Resistência a flexão por impacto (kJ/mm ²)
	Módulo de ruptura (N/mm ²)	Módulo de elasticidade (N/mm ²)	
HONEYCOMB 8+36+8 mm	0,92	505	4,79
Particleboard 16 mm	14,62	2730	2,3
Particleboard 8 mm	15,27	2741	1,2
Particleboard 2 x 8 mm	14,31	2680	2,66

Fonte: Adaptado BARBOUTS, VASSILIOU (2010)

Os resultados acima apontam que as camadas de particle board sheets separadamente obtiveram melhor resultado no quesito módulo de ruptura chegando a ser 93% melhor e módulo de elasticidade chegando a 81%, o que pode ser causado pela baixa resistência do papel que compõe o núcleo, em contrapartida, a absorção a

impactos aumentou consideravelmente no painel com a presença do núcleo chegando a praticamente dobrar o valor (44% de melhora), isto mostra que apesar da baixa resistência do papel o mesmo ainda é eficiente na distribuição dos esforços. Com estes resultados o material torna-se inviável para utilização até mesmo para a composição de móveis por não atingir os mínimos necessários (BARBOUTS, VASSILIOU 2010).

Partindo dos materiais mais leves diretamente para os mais robustos, aqui serão apresentados os resultados obtidos realizado por Essaadaoui e Fqih em 2020 foi utilizado um painel honeycomb para incrementar a resistência do concreto, para isto foi confeccionado um bloco de 40 centímetros de comprimento, 10 centímetros de altura e 10 centímetros de largura, este foi dividido em cinco partes, desposta da seguinte forma:

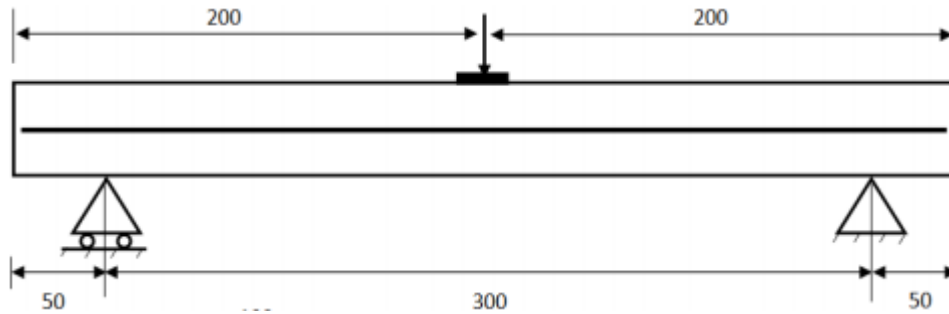
Figura 6– Disposição dos materiais no painel

Camada de concreto
Camada de fibra de vidro
Núcleo honeycomb
Camada de fibra de vidro
Camada de concreto

Fonte: Adaptado ESSAADAUI, FQIH (2020)

Desta forma tornou-se assim um painel com camadas de concreto, este no caso tratava-se de um concreto Portland de 45 Mpa; para termo de comparação foram realizados três testes, o primeiro considerado como o de referência apresentava as mesmas dimensões, entretanto não apresentava a estrutura de painel, já o segundo contava com o núcleo e as camadas de fibra de vidro medindo 3,22 milímetros de altura, enquanto o terceiro apresentava esta estrutura com 5.76 milímetros de altura, o espaço ocupado pelo núcleo e camadas de fibra foram descontados da altura do concreto para que todas as amostras apresentassem 10 centímetros de altura. Todas as amostras foram apoiadas para o ensaio como mostra a figura 7, quando expostas aos esforços e apresentaram os resultados na tabela 2:

Figura 7– Configuração de ensaio das amostras



Fonte: ESSAADAUI, FQIH (2020)

Tabela 4– Resultados obtidos no ensaio painel de concreto

Nome do corpo de ensaio	Resistência a flexão (Mpa)	Resistência a Compressão (Mpa)	Módulo de Young (Módulo de elasticidade) (Mpa)
S-Ref	25	5,2	30020
S-HCt1	46,11	7,89	32495
S-HCt12	59,68	8,37	33198

Fonte: Adaptado ESSAADAUI, FQIH (2020)

Nota-se que a adição da estrutura honeycomp no bloco de concreto aumentou a resistência do mesmo em todas as vertentes testadas, apresentando resultados de resistência a flexão maiores que o dobro do bloco de referência no caso mais pronunciado (bloco HCt2 com resistência de 59.68 Mpa comparado com o de referência “S-ref” com apenas 25 Mpa) , isto mostra mais uma vez a incrível capacidade da estrutura em distribuir e absorver os esforços sofridos (ESSAADAUI, FQIH 2020).

Por fim, partindo para os painéis com o núcleo do alumínio, estes que são os mais comuns e mais abundantes no mercado, já tem sua produção bem estabelecida e pode ser facilmente comprado pela internet de várias empresas, Lu *et al* (2015) afirmam este sucesso destes painéis para a utilização em aviões, navios e pontes, a adoção certa do alumínio para a confecção destes painéis é bastante óbvia quando se percebe que este apresenta uma grande resistência além de leveza quando comparado a outros materiais, não é por acaso que este

vem sendo empregado na fuselagem das aeronaves desde os primórdios da aviação.

Para a execução do teste de carga realizado por Lu *et al* que aqui serão apresentados os resultados, foram executados teste com três diferentes painéis, o primeiro foi construído utilizando fibra de carbono e resina epóxi por compressão (Figura 8), o segundo trata-se de painel tradicional de alumínio já citado e o último é composto por Nomex (material com resistência contrafogo constituído de meta-aramida, o mesmo foi patenteado e é comercializado pela DuPont desde os anos 60), os resultados encontrados estão expostos na tabela 3:

Figura 8 - Painel honeycomb compósito



Tabela 5– Resultados obtidos no ensaio painel de alumínio, compósito e Nomex

	Painel honeycom compósito	Painel honeycomb de alumínio	Painel honeycomb de Nomex
Densidade (kg/m ³)	260	21-166	48-80
Resistência a flexão (N/mm ²)	2,86*10 ⁸	1*10 ⁸	3,6*10 ⁷

Fonte: Adaptado LU *et al* (2015)

Pode-se notar a partir destes resultados a grande resistência apresentadas pelos painéis ainda mantendo a baixa densidade, o honeycomb de material compósito por exemplo alcançou valores superiores ao encontrados pelo concreto anteriormente exposto, entretanto com um peso muito menor, chegando a ter densidade de apenas pouco mais de 10% da média apresentada pelo concreto usualmente utilizado na construção civil, mostrando mais uma vez a grande vantagem deste, grande resistência com baixo peso.

4.4 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Para a determinação da viabilidade do uso de qualquer item na construção civil, um fator se torna extremamente importante, sendo muitas vezes determinante para o emprego ou não de certas tecnologias, este é o custo, isto ficou tão evidente que vários engenheiros passaram a dedicar as suas carreiras na confecção de orçamentos para a determinação do custo das obras e empreendimentos, com o passar dos anos este se mostrou cada vez mais necessário, para Santos *et al* (2012) este tem como objetivo além de analisar a viabilidade da obra, aumentar a certeza nas decisões a serem tomadas.

Atualmente o orçamento já é um item praticamente obrigatório na engenharia civil, sendo inclusive comumente encontrado nas grades curriculares das instituições que lecionam este curso, a final segundo Cardoso (2020) no Brasil existe pelo menos cinco mil obras paradas sendo grande parte delas devido a erros na planilha orçamentária.

Nota-se a partir do que já foi exposto anteriormente, a grande variedade de materiais de podem ser compostos os painéis honeycomb, além das mais variadas formas construtivas, neste cenário é muito complicado estimar um valor mesmo que médio para a utilização destes em algum empreendimento sem maiores detalhes do que este seria, a resistência necessária, dentre outros detalhes. Além disto, existe uma grande dificuldade na cotação do custos destes painéis, pois estes encontram-se em um mercado muito fechado e cercado por segredos industriais, tornando assim quase impossível de ser acessado pelo cidadão comum; entendendo que sem uma mínima estimativa dos valores não seria possível entregar este estudo de forma completa, foi realizada uma longa e complexa consulta com mais de quinze empresas de cinco países diferentes, dentre estes os Estados Unidos da América e China (onde foram encontradas a maioria), entre estas estão a Bolliya, Plascore, Arrow Dragon Metal Products e Diprifiber Composites.

Dentre todas, foram adquiridos dados dos painéis de apenas uma empresa pois foi a única que aceitou expor informações mesmo sem o fornecimento de um CNPJ, esta encontra-se sediada na província de Guangdong (antiga Cantão) na China, a mesma foi estabelecida em 2015 e é referência na produção de painéis honeycomb em alumínio, além de confeccionar painéis com diferentes camadas externas para a utilização, em fachadas por exemplo.

Por meio de correio eletrônico esta empresa enviou o catálogo com as informações técnicas relativas a tamanho, resistência e peso dos painéis, foi também disponibilizado o valor por metro quadrado deste, todas estes dados estão detalhadas no anexo 1 e 2, aqui será explorado apenas o custo, e este é de USD 58,80 (cinquenta e oito dólares e oitenta centavos) por metro quadrado, isto é R\$ 331,86 (trezentos e trinta e um reais e oitenta e seis centavos) por metro quadrado, esta conversão foi realizada por meio do conversor de moedas disponibilizado no site do Banco Central do Brasil no dia nove de abril de dois mil e vinte e um, a discrepância entre os valores ocorre pela alta do dólar enfrentada no período atual, no dia da conversão cada dólar equivalia a R\$ 5,64 (cinco reais e cinquenta e quatro centavos), os dados de conversão estão disponibilizados no anexo 3.

No Brasil é muito comum a utilização de lajes pré-moldadas, estas apresentam um valor médio de construção de R\$ 150,00 por metro quadrado, a composição 101963 (Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para piso, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento+capa) = (8 + 4)) da SINAPI (11/2020) por exemplo apresenta R\$ 137,02 por metro quadrado, logo, considerando apenas o valor como determinante, esta tem muita vantagem em relação aos painéis de alumínio, isto se torna ainda mais discrepante quando o mesmo é comparado em outras utilizações como por exemplo divisão de ambientes, onde este competiria contra paredes drywall por exemplo, é compreensível que os painéis apresentem grande desvantagem neste quesito, a final, honeycomb de alumínio não foi feito para competir neste mercado, e apesar de atender muito bem a parte estrutural assim como isolamento térmico e acústico, o mesmo não é capaz de competir na grande maioria dos casos devido ao seu elevado custo.

4.5 POSSIBILIDADE DE RECICLAGEM DOS PAINÉIS

Os RSU (Resíduos sólidos urbanos) já são um problema conhecido do poder público, Andrade e Ferreira (2011) apontam a suma importância não negligenciável da gestão destes. Sabe-se que a construção civil é a área responsável por grande parte dos resíduos gerados, Nagalli (2014) aponta que em 2012 esta chegou a ser responsável por 55% dos Resíduos sólidos urbanos dos municípios brasileiros totalizando mais de trinta e cinco milhões de toneladas, este dado torna-se ainda mais

preocupante com a noção que apenas uma pequena parte destes são reciclados, a maioria será apenas depositado em um aterro sem maiores preocupações, isto ocorre por vários motivos, um dos principais deles é a dificuldade e alto custo da reciclagem alguns materiais como concreto e cerâmica, presentes em praticamente todas as obras, em alguns casos estes são reutilizados de maneira não estrutural após trituração, mas isto não resolve o problema totalmente.

Neste contexto os painéis de honeycomb podem apresentar uma ligeira vantagem, assim como também fazer parte do problema, tudo depende de qual material compõe o mesmo, no caso do alumínio por exemplo, já existe tecnologias baratas e relativamente acessíveis para o mesmo, ao ponto de até um mercado bem fundamentado da compra e venda deste ter se desenvolvido, este, que atende desde grandes indústrias até os “catadores” de latas vazias nas ruas, segundo Figueiredo (2009) o material mais reciclado no Brasil é o alumínio recuperado em latas. Entretanto, no caso dos painéis compostos por ligas compósitas de fibra de carbono por exemplo, passam a ser problemáticos e de alto custo para a reciclagem e reutilização, a partir disto percebe-se que é necessário o estudo de cada caso, isto é muito similar ao que ocorre com a roda citada anteriormente, nos carros e caminhões, as calotas feitas de alumínio tem alto valor da venda para reciclagem e outras utilizações, diferentemente do pneu, que apesar de apresentar o mesmo formato circular não tem o mesmo valor e acaba muitas vezes sendo queimado ilegalmente para a destruição do material.

CONCLUSÃO

A partir do conhecimento reunido na confecção deste trabalho foi percebida a gigantesca área de estudo relativamente inexplorada pela engenharia brasileira, esta é, a adoção de painéis honeycomb na engenharia civil ou em outras áreas próximas a esta, prova disto, é a grande maioria de estudos de base para este serem de origem estrangeira, apontando não só um atraso intelectual deste país, como também retrocesso industrial. Isto faz com que a conclusão da questão trazida por este trabalho (a viabilidade do uso de painéis honeycomb de forma estrutural da construção civil) seja dividida entre viável para os países mais desenvolvidos com maior cultura industrial e inviável para o Brasil e outros países emergentes, é importante ressaltar

que a produção nacional deste produto seria ideal para a viabilidade deste, visto que a importação torna-se inviável frente aos vertiginosa e ascendente curva do valor do dólar na última década impulsionada pela pandemia que ocorre desde 2020.

Assim como esperado, os painéis atingiram a resistência necessária para a aplicação na área quando compostos por diversos materiais, entretanto, percebeu-se a complexidade do estudo de uma forma construtiva que não apresenta um material único e padrão em sua composição, isto abre milhares de possibilidades para as mais diversas situações em todos os pontos aqui abordados (resistência, método de fabricação, viabilidade econômica e reciclagem), o que não é necessariamente ruim, um grande número de variantes de um mesmo recurso oferece também uma gama de soluções. Este cenário é promissor e animador para a realização de novos estudos direcionados a resolução de demandas específicas separadamente, mais uma vez citando o caso da roda, está no início apresentava muito potencial, porém, este só pôde ser aproveitado pelo esforço de todos aqueles que desenvolveram materiais e métodos para a utilização desta em várias funções da maneira eficiente que conhecemos hoje.

Os painéis honeycomb foram escolhidos para a elaboração desta atividade pela conhecida excelente relação peso/resistência (suporte de grandes esforços apresentando pequena massa quando comparada a outros materiais estruturais) que estes apresentam, felizmente observou-se a partir dos estudos que esta característica pode auxiliar na diminuição de uso de concreto e ferragem nas construções, devido a diminuição do peso próprio da estrutura quando se beneficia da utilização destes. Por fim é evidenciado que os painéis honeycomb ainda tem muito a oferecer a humanidade e sem dúvidas atuando também na construção civil, entende-se que este trabalho foi mais um pequeno passo para a evolução desta forma construtiva e é esperado que o mesmo possa influenciar no surgimento de mais estudos que busquem aperfeiçoar e adotar novas funções aos painéis.

REFERÊNCIAS

ALAMPALLI, Sreenivas et al. Design, fabrication, construction, and Testing of an frp superstructure. **New York State Department of Transportation**, Albany, dez. 2000. Disponível em: http://developerresourcegroup.com/assets/NYDOT_Design__Fab__Cons____testing_of_FRP_Superstructure.pdf. Acesso em: 28 mar. 2021.

ANDRADE, Rafael; FERREIRA, João. A gestão de resíduos sólidos urbanos no brasil frente às questões da globalização. **Revista Eletrônica do Prodemá**. v. 6, n.1. Fortaleza (CE). mar. 2011. Disponível em: [file:///C:/Users/Romano/Downloads/118-1-258-1-10-20110331%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Romano/Downloads/118-1-258-1-10-20110331%20(1).pdf) Acesso em: 13 mar. 2021.

BARBOUTIS, Ioannis; VASSILIOUS, Vassilios. Strength properties of lightweight paper honeycomb panels for the furniture. **Aristotle University of Thessaloniki**. out. 2005. Disponível em: http://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AWINET/dc17b8da-09e8-41b6-97c3-c82924dade4e/UploadedImages/Resource_Library/2010_lightweight_honeycomb_furniture_panel_study.pdf. Acesso em: 21 mar. 2021.

BACHA, Carlos. Análise da evolução do reflorestamento no brasil. **Rev. de Economia Agrícola**. v. 55, n. 2, p. 5-24, São Paulo. jul/dez. 2008. Disponível em http://ciflorestas.com.br/arquivos/doc_analise_brasil_5987.pdf. Acesso em: 27 mar. 2021.

BILTZER, Tom. **Honeycomb technologi**: Materials, design, manufacturing, applications and testing. Hexel Corporation. 1° ed. Dublin, CA. USA. 1997. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=oBNSdDN84hIC&oi=fnd&pg=PR8&dq=Honeycomb+technology:+Materials,+design,+manufacturing,+applications+and+testing&ots=7fo1sJplqg&sig=tO4_83U-7uafemQZieJsbZrzp8g#v=onepage&q=Honeycomb%20technology%3A%20Materials%2C%20design%2C%20manufacturing%2C%20applications%20and%20testing&f=false. Acesso em: 20 out. 2020.

CARDOSO, Roberto. **Orçamento de obras em foco**. Oficina de Textos. 4° ed. São Paulo, (SP). 2020. Disponível em:

http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/degustacao/orcamento-de-obras-em-foco-4ed_deg.pdf. Acesso em: 21 abr. 2021.

Davalos, Julio et, al. Modeling and characterization of fiber-reinforced plastic honeycomb sandwich panels for highway bridge applications.. **Composite Structures** Vol 52, ed. 3–4, Mai/Jun 2001, pag. 441-452. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263822301000344>. Acesso em: 28 mar. 2021.

ESSAADAOU, K *et al.* Experimental investigation on reinforced concrete beams by honeycomb sandwich panel structures: mechanical properties study. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ed 948. Dez 2018. Marrocos. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/948/1/012027/pdf> Acesso em: 28 mar. 2021.

FEDERAL, Caixa Econômica. SINAPI – Índice da Construção Civil. Brasil, Governo Federal. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx/asp/enthist.asp>. Acesso em: 10 abr. 2021.

FIGUEREDO, Fonseca. A contribuição da reciclagem de latas de alumínio para o meio ambiente brasileiro. **Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales** Ed 127. 1 dez 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Fonseca-Figueiredo-2/publication/40437865_A_contribuicao_da_reciclagem_de_latas_de_aluminio_para_o_meio_ambiente_brasileiro/links/5870fb0c08ae8fce491eda0e/A-contribuicao-da-reciclagem-de-latas-de-aluminio-para-o-meio-ambiente-brasileiro.pdf. Acesso em: 07 jun. 2021.

FLAGA, Kazimierz. Advances in materials applied in civil engineering. **Journal of Materials Processing Technology**. Vol 106, ed. 1–3, out 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924013600006117>. Acesso em: 27 out. 2020.

GIERAS, Jacek. Electrical Ignition of Fuel-Air Mixture in Aircraft Fuel Tanks. **ResearchGate**. Jun 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Construction-of-wing-box-of-a-commercial-aircraft-1-center-spar-2-front-spar-3_fig1_244989196. Acesso em: 11 jun 2021.

GOMES, Sergio; *et al.* A disputa comercial no setor aeronáutico: eua/boeing versus ue/airbus na organização mundial do comércio. **BNDES**. Rio de Janeiro. vol 25, n. 49, pag 29-79, mar. 2019. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/17002/3/PRArt_Disputa%20comercial%20no%20setor%20aeron%c3%a1utico_compl_BD.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.

KAEFER, Luís. A evolução do concreto armado. **Universidade Estadual Paulista**. São Paulo. Dez. 1998. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/HistoriadoConcreto.pdf> Acesso em: 27 out. 2020.

KILLEEN, Peter. Inventing the wheel. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**. Jun. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jeab.529>. Acesso em: 15 mar. 2021.

LU, Benjamin; WANG, Nancy. The Boeing 787 Dreamliner: Designing an Aircraft for the Future. University of Pennsylvania. 2010. Disponível em: <https://www.jyi.org/2010-august/2010/8/6/the-boeing-787-dreamliner-designing-an-aircraft-for-the-future>. Acesso em: 11 nov. 2020.

LU, Chun *et al.* Stress distribution on composite honeycomb sandwich structure suffered from bending load. **Procedia Engineering**. vol 99. Pag 405 – 412. 2015. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705814036686?token=2DD94EA4356496CA253E38F0893AF615913B601F95AF9345747F61FE952499160D9EA6CBBB9B7F78EBAC8E644A22D1F7>. Acesso em: 29 mar. 2021.

MICHALSKI, Mateusz; KRAUZE, Wojciech. Influence of honeycomb core stabilization on composite sandwich structure geometry. **Institute of Aviation, Center for Composite Technologiesal**. Warsaw. 2019. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.2478/tar-2019-0013>. Acesso em: 21 mar. 2021.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. Oficina de Textos. São Paulo (SP). 2014. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ebcWDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=res%C3%ADduos+constru%C3%A7%C3%A3o+civil&ots=EVo_wVjRoa&si

g=5OGT_2kQLSS6cPDlrH1Gjn6a00Q&redir_esc=y#v=onepage&q=res%C3%ADduo s%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil&f=false. Acesso em: 13 abr. 2021.

OSS, Hendrik; PADOVANI, Amy. Cement Manufacture and the Environment: Part I: Chemistry and Technology. **Journal Of Industrial Ecology**. Vol. 6. fev. 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1162/108819802320971650> Acesso em: 25 abr. 2021.

PAIK, Jeom *et al.* The strength characteristics of aluminum honeycomb sandwich panels. **Thin-Walled Structures**. Vol 35, ed. 3, nov. 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263823199000269>. Acesso em: 11 nov. 2020.

RICHARDS, Lance; THOMPSON, Randolph. Titanium honeycomp panel testing. **National Aeronautics and Space Administration**. Edwards CA. Out. 1996. Disponível em <https://ntrs.nasa.gov/citations/19970002982>. Acesso em: 09 nov. 2020.

ROSE, Bryan. Read this before you restore a Piper J3 cub. 2019. Disponível em <https://fattirecowboys.com/read-this-before-you-restore-a-piper-j3-cub/>. Acesso em 27 ago. 2021.

SANTOS, Ana *et al.* **Orçamento na construção civil como instrumento para participação em processo licitatório**. 2012. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium. Lins (SP). Dez. 2012. Disponível em: <http://www.unisalesiano.edu.br/biblioteca/monografias/54851.pdf>. Acesso em 10 de abr. 2021.

SANTOS, Bruno. **Modelagem de núcleos em colmeia na análise mecânica de painéis-sanduiche**. 2019. Projeto de graduação. Universidade de Brasília. Brasília. Jul. 2019. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24837/1/2019_BrunoPereiraSantos_tcc.pdf. Acesso em: 21 mar. 2021.

SHARMA, Devesh *et al.* Fabrication and characterization of glass fiber/sic reinforced polymer composite. **International Journal of Applied Engineering Research**. Out. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328389669_Fabrication_and_characterization_of_Glass_FiberSiC_Reinforced_Polymer_composite. Acesso em: 28 mar. 2021.

SOUSA, Kleverson. **Modelagem de painéis sandwich Honeycomb utilizando o método de Ondas e elementos finitos**. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília. Ago. 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/30986/1/2017_KleversonCarvalhodeSousa.pdf. Acesso em: 09 nov. 2020.

SPASOJEVIC, Pavle. Thermal and rheological properties of unsaturated polyester resins-based composites. **Unsaturated Polyester Resins**. 2019. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/vacuum-infusion#:~:text=The%20vacuum%20infusion%20process%20\(VIP,placed%20over%20the%20dry%20reinforcement](https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/vacuum-infusion#:~:text=The%20vacuum%20infusion%20process%20(VIP,placed%20over%20the%20dry%20reinforcement). Acesso em: 26 mar. 2021.

STEFAN, Adriana. *et al.* Manufacturing process, mechanical behavior and modeling of composites structures sandwich panel. **National Institute for Aerospace Research**. Mar. 2021. Disponível em: https://bulletin.incas.ro/files/stefan_pelin-g_petre_pelin-c-e_marin__vol_13_iss_1.pdf. Acesso em: 26 mar. de 2021.

ANEXOS

1 - Informações dos painéis honeycomb de alumínio disponibilizadas pela empresa

5.1. Building market: EN 13501-1 建筑市场	A2-s2,d0
5.2. Railway market: UNE 2372-27 UF P 92-501-NF F 16-101 铁路市场	M1 M1-F1
5.3. Ship-building: international maritime organization 船用市场: 国际海事组织	FTPC Part 5 surface flammability FTPC Part2 smoke density and to xicity IMO-RESOLUTION A653 DNV LLOYD'S REGISTER

10mm 铝蜂窝板技术参数 Technical data of 10mm thickness:

Technical data aluminum honeycomb sheet 10mm		
Dimensional specifications		
1.12. Total thickness(mm) 总厚度	10	
1.13. Metal thickness (mm) 金属面板厚度	1.0	
1.14. Metal thickness (mm) 金属背板厚度	0.7	
1.15. Weight(kg/m2) 重量 (kg/平方)	5.62	
1.16. Standard width(mm) 标准尺寸宽度	1000-1250-1500-2000	
1.17. Minimum/maximum length(mm) 最小/最大长度	2000/9000	
1.18. Thickness(mm) 总厚度公差	±0.2	
1.19. Width tolerance(mm) 总厚度公差	-0+0.2	
1.20. Length tolerance(mm) 总长度公差	-0+0.6	
1.21. Core 复合芯材的类型	Aluminum honeycomb 铝蜂窝芯	
1.22. Cell size(in)(mm) 芯材常用孔径	a)1/4"-6.35mm 直径为 6.35mm	b)3/8"-9.53mm 直径为 9.53mm

Mechanical specifications		
2.1. Moment of inertia(I) (cm4/m) DIN53293 惯性力矩	3.86	
2.2. Rigidity(EJ) (KN cm ³ /m) DIN 53293 硬度参数	27.017	
2.3. Section modulus(W) (cm ³ /m) DIN 53293 截面模量参数	6.86	
2.4. Acoustic reduction(R _w)(dB) EN ISO717-1 消声参数	20	
2.5. Acoustic insulation(R _a)(dBA) EN ISO717-1 隔音参数	20.2	
2.6. Thermal resistance(R _t)(w/mk) UNE 92-202-89:1989 热阻参数	0.014	
2.7. Thermal conductivity(λ)(w/mk) UNE 92-202-89:1989 导热系数	0.632	
2.8. Metal thermal expansion(mm/m) 金属热膨胀参数	2.3 Δ100°C	
2.9. Temperature stability(°C)(*) 温度温度性	-40/+80	
(*)All processing jobs must be done at temperatures above 10°C 以上测试在室温 10 度以上进行所得		

Aluminum sheets specifications 铝板技术参数		
3.1. Aluminum alloy UNE EN573-3 铝合金材质	5005	
3.2. Ultimate tensile strength(N/mm ²) 极限抗拉强度	130<Rm<165	
3.3. Elasticity limit(N/mm ²) UNE EN 485-2 弹性极限范围	90<Rp0.2<155	
3.4. Yield strength(A) (%) 屈服强度	>7	
3.5. Modulus of elasticity (E) (N/mm ²) 弹性模量	70	
Aluminum core specifications 铝蜂窝芯参数		
4.1. Aluminum alloy 铝合金材质	3003	
4.2. Compressive strength (MPa) 抗压强度	a) 2.20	b)2.00
4.3. Core density(kg/m ³) 蜂窝芯密度	a)56	b)54
4.4. Anticorrosive pretreatment 防腐蚀	Yes	
Fire classification 防火等级		
5.1. Building market: EN 13501-1 建筑市场	A2-s2,d0	
5.2. Railway market: UNE 2372-27 UF P 92-501-NF F 16-101 铁路市场	M1 M1-F1	
5.3. Ship-building: international maritime organization 船用市场: 国际海事组织	FTPC Part 5 surface flammability FTPC Part2 smoke density and to xicity IMO-RESOLUTION A653 DNV LLOYD'S REGISTER	

PAINT Performance

Paint Supplier: PPG industries; Beckers coatings

Warranty: up to 10 years

Propertes 属性	Test Standards 标准	Classification 级别
Coating Thickness 涂层厚度	ISO2360	Min.26um
Gloss 60° 光泽	ASTM D523	25-35
Gloss 80° 光泽	ASTM D523	<10
Pencil Hardness 铅笔硬度	ASTM D3363	F-2H
Flexibility T-Bend 折弯弹性	ASTM D4145	0.2T-Bend
Adhesion 粘附性	ASTM D3359	0 loss
Reverse Impact 扭曲力	ASTM D2794	No cracking
Acid Resistance 酸抗性	ASTM D1308	No effect
Acid Rain Test 酸雨测试	Kesternich SO2 DIN50018	15 cycles min.
Alkali Resistance 碱抗性	10%,25% NaOH,1Hr	No color Change
Salt Spray Resistance 耐盐雾性	ASTM B117	Pass 4000hrs
Humidity Resistance 防潮性能	ASTM 714	Pass 4000hrs
Exterior Exposure 外墙曝光	ASTM D 2244	Max.5fade

Fonte: Adaptado (2021)

2 - Valor do painel disponibilizado pela empresa

Quotation List									
									Date:2021-04-08
									Contract No: AC21040801
NO.	Product	Size Details(mm)			Description Details	MOQ		FOB Guangzhou Price(USD/m ²)	Amount (USD)
		Length	Width	Thickness		PCS	SQM(m ²)		
1	Aluminum honeycomb panel	2440	1220	10	1, Both side thickness: 0.7 mm+ 0.7mm; 2, Honeycomb core size: cell size-8.47mm, THK0.04mm; 3, Surface: Mill finish (No color) on both sides. 4, Edge type: Open.	9	26,7912	58,8	\$1.575,32
Total									\$1.575,32

REMARKS:

Terms: FOB Guangzhou price

Delivery Time: 7 working days after 30% payment.

Packing: Package with plywood case

Payment: 30% deposit by T/T in advance, 70% balance by T/T before shipment

Valid period of the offer : 30days.

Fonte: Adaptado (2021)

3 – Cotação do dólar em relação ao real

Conversor de Moedas

Data da cotação 09/04/2021

Valor 58,80 Converter de Dólar dos Estados Unidos (USD) Para Real (BRL)

Resultado da conversão

Conversão de: Dólar dos Estados Unidos/USD (220)
Valor a converter: 58,80

Para: Real/BRL (790)
Resultado da conversão: 331,8613

Data cotação utilizada: 09/04/2021

Taxa:
1 Dólar dos Estados Unidos/USD (220) = 5,6439 Real/BRL (790)
1 Real/BRL (790) = 0,1771824 Dólar dos Estados Unidos/USD (220)

Fonte: Banco Central do Brasil (2021)



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Thiago Vieira Ferreira Martins

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 09.09.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **1,93%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 

Suspeitas confirmadas: **1,21%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 

Texto analisado: **96,6%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.7.1
quinta-feira, 9 de setembro de 2021 11:10

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **THIAGO VIEIRA FERREIRA MARTINS**, n. de matrícula **26886**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 1,93%, devendo o aluno fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente