

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Awana Camargo

**ARQUITETURAS MÓVEIS: um estudo sobre a relação
entre a indústria aeronáutica e a construção civil**

Taubaté – SP

2018

Awana Camargo

ARQUITETURAS MÓVEIS: um estudo sobre a relação entre a indústria aeronáutica e a construção civil

Relatório Técnico de pesquisa realizada para a elaboração do Trabalho de Graduação, apresentado ao Departamento de Arquitetura da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do título de Arquiteta e Urbanista, sob orientação do Prof. Me. Flavio Brant Mourão e coorientação do Arquiteto Rodrigo Takashi Lourenço Kawasaki.

Taubaté – SP

2018

Dedico esta monografia à todos que contribuíram de alguma forma para a minha formação acadêmica. Aos meus professores maravilhosos, à minha família amada e ao Brad, pessoa com quem amo compartilhar a vida e que sempre me trouxe paz e motivação na correria de cada final de semestre.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus que me deu forças para concluir esta longa jornada!

Posteriormente, ao Arquiteto e Urbanista Rodrigo Takashi Lourenço Kawasaki que viabilizou esta monografia. Agradeço não só pela total disponibilidade, pela prontidão em me ajudar e por todo o conhecimento compartilhado como também pelo convívio, pelo apoio, pela compreensão e pela amizade.

Ao Prof. Me. Flavio Brant Mourão por ter aceitado ser orientador de um tema tão inovador no departamento.

À Profª Me. Anne Ketherine Zanetti Matarazzo por ter contribuído tanto para a minha formação, por sempre ter me amparado e por ter me incentivado a persistir nesse tema extremamente desafiador.

E ao Prof. Dr. Ademir Pereira dos Santos pelo auxílio na elaboração desta monografia.

“Acredito que as coisas podem ser feitas de
outra maneira e que vale a pena tentar.”

Zaha Hadid

RESUMO

Esta monografia identifica a interseção entre o universo da aeronáutica e o da arquitetura e fomenta a articulação entre as diversas áreas do conhecimento e seus respectivos profissionais, diante de um contexto global, no qual a integração do conhecimento faz-se necessária na busca por eficiência e sustentabilidade. A princípio, buscou-se a elaboração de um panorama geral sobre o conceito de arquitetura móvel. Em seguida, o conceito foi caracterizado e argumentado acerca da evolução da definição, constatando, assim, sua natureza dinâmica. Posteriormente, promoveu-se um estudo sobre a indústria aeronáutica, tendo as aeronaves como objeto de estudo, com o intuito de indicar inovações técnicas e a utilização de novos materiais, a fim de atestar a aplicabilidade destes na construção civil. Como resultado, obteve-se o embasamento teórico e a confirmação da hipótese de que a indústria aeronáutica é precursora da construção civil. Todo o processo teve a orientação técnica do Arquiteto Rodrigo Takashi Lourenço Kawasaki, designer sênior da Embraer S.A..

Palavras-chave: Arquitetura. Móvel. Aeronaves. Inovação. Técnica. Design.

ABSTRACT

This monography identifies the intersection between the universe of Aeronautics and Architecture and fosters the articulation between the different areas of knowledge and their respective professionals, facing a global context in which the integration of knowledge is necessary in the search for efficiency and sustainability. At first, it was intended to elaborate an overview of the concept of mobile architecture. Then, the concept was characterized and argued about the evolution of the definition, thus confirming its dynamic nature. Further, a study on the aeronautical industry was promoted, with the aircraft being object of study, with the intention of indicating technical innovations and the use of new materials in order to attest their applicability in the civil construction. As a result, it was obtained the theoretical basis and the confirmation of the hypothesis that the aeronautical industry is a precursor of the civil construction. The whole process had the technical guidance of the Architect Rodrigo Takashi Lourenço Kawasaki, senior designer of Embraer.

Keywords: Architecture. Mobile. Aircraft. Innovation. Technical. Design.

Awana Camargo

ARQUITETURAS MÓVEIS: um estudo sobre a relação entre a indústria aeronáutica e a construção civil

Relatório Técnico de pesquisa realizada para a elaboração do Trabalho de Graduação, apresentado ao Departamento de Arquitetura da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do título de Arquiteta e Urbanista, sob orientação do Prof. Me. Flavio Brant Mourão e coorientação do Arquiteto Rodrigo Takashi Lourenço Kawasaki.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____ UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: _____

Prof. _____ UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: _____

Arq. _____ CONVIDADO

Assinatura: _____

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama das categorias da aviação.....	7
Figura 2: Comparação dos modelos ERJ 135 e Legacy 600.....	12
Figura 3: Comparação de alcance (<i>range</i>) entre a família ERJ e Legacy	12
Figura 4: Croqui das mudanças do ERJ-135 para o Legacy 600	13
Figura 5: Vista superior, frontal e lateral do Legacy 600.....	13
Figura 6. Quadro de imagens: visita técnica à Embraer	15
Figura 7: Detalhes do Interior do Legacy 500	16
Figura 8: Configuração de Cabine e <i>Cross Section</i>	16
Figura 9: opções de materiais de acabamento	16
Figura 10: primeira ponte construída com impressora 3D	19
Figura 11: paredes da casa são impressas com concreto em menos de 24 horas	20
Figura 12: edifício mais alto do mundo feito através de impressão 3D.....	20
Figura 13: primeiro bairro do mundo totalmente impresso em 3D	21
Figura 14: testes feitos com o equipamento <i>Vulcan</i> em El Salvador	21
Figura 15: modelo de partição de cabine do Airbus A320, projetado a partir de algoritmos baseados em dois padrões de crescimento: molde de limo e ossos de mamífero.	22
Figura 16: aeronaves com elementos inspirados na natureza.....	23
Figura 17: pavilhão de Exposição sobre Design Generativo da Autodesk	24
Figura 18: estrutura do <i>Honeycomb</i>	26
Figura 19: tipos de <i>honeycomb</i> , de alumínio, fibra de aramida, aço inoxidável e termoplástico	27
Figura 20: amostra de <i>honeycomb</i> sem resina de ½ e ¼ de polegada de fibra de vidro	28
Figura 21: amostra de <i>honeycomb</i> sem resina de ½ polegada de fibra de carbono	28
Figura 22: comparativo das amostras de <i>honeycomb</i> (com e sem resina).....	28
Figura 23: <i>stone floor</i>	29

Figura 24: <i>stone floor</i> : corte realizado com máquina de corte de jato d'água.	29
Figura 25: amostras de <i>Stone floor</i> da indústria aeronáutica.....	30
Figura 26: vários métodos de corte de facetas que conferem diferentes efeitos de superfície ao <i>Wood Veneer</i> : corte de quarto, corte plano, corte rotativo são exemplos.....	31
Figura 27: <i>wood veneer</i>	32
Figura 28: amostra de <i>Wood Veneer</i> da indústria aeronáutica submetida ao teste de UV para avaliar o verniz	32
Figura 29: imagens do projeto da primeira ponte impressa em aço	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	2
1.1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	2
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	2
1.4 MÉTODO DE PESQUISA.....	2
2. ARQUITETURAS MÓVEIS.....	3
2.1 CONCEITO.....	3
2.2 CARACTERÍSTICAS.....	4
2.3 O ARQUITETO URBANISTA COMO DESIGNER DE ARQUITETURAS MÓVEIS.....	5
3. ARQUITETURAS MÓVEIS: AERONAVES.....	6
3.1 CONCEITOS	6
3.2 CATEGORIAS	6
4. EMBRAER (CASE).....	9
5. ESTUDO DE CASO.....	11
6. VISITA TÉCNICA.....	14

7. APLICABILIDADE DAS INOVAÇÕES DO SETOR AERONÁUTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	17
7.1 IMPRESSÕES 3D NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA.....	17
7.1.1 <i>Fused Deposition Modeling</i> (FDM).....	17
7.1.2 <i>PolyJet</i>	17
7.1.3 Manufatura aditiva (Sinterização).....	18
7.2 IMPRESSÃO 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	18
7.3 DESIGN GENERATIVO.....	22
7.4 ARQUITETURA PARAMÉTRICA.....	23
7.5 INTERNET DAS COISAS (IoT).....	24
7.6 INTERNET DAS COISAS (IoT) NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
7.7 ALÍVIO DE PESO.....	26
7.7.1 HONEYCOMB.....	26
7.7.1.1 Alumínio.....	27
7.7.1.2 Fibra de Aramida.....	27
7.7.1.3 Aço Inoxidável.....	27
7.7.1.4 Termoplástico.....	27
7.7.3 <i>WOOD VENEER</i>	31
7.7.4 SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAIS.....	33
7.7.5 A APLICABILIDADE DAS INOVAÇÕES TÉCNICAS DISCUTIDAS EM UM ÚNICO EXEMPLO.....	33
8. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

Esta monografia é resultado de um ano de pesquisa sobre o elo fascinante, dinâmico e desafiador entre o universo da arquitetura e da aeronáutica. Sua importância está em ir além de enxergar a relação superficial entre ambos, ou seja, os pontos em comum, como a busca pela eficiência, a evolução (dinamismo dos setores) e a busca pelo desenvolvimento sustentável, e reconhecer as aeronaves como arquiteturas móveis. Tendo em vista que as aeronaves são complexos arquitetônicos “desenvolvidos sob a óptica da arquitetura estática, dotados de mobilidade e alta tecnologia”. (TEIXEIRA, 2017, p. 17)

Partindo do pressuposto de que o setor aeronáutico dá subsídios para a construção civil e que ela faz uso das tecnologias e materiais desenvolvidos para e utilizados pela indústria aeronáutica. Objetiva-se a discussão sobre a melhor gestão do conhecimento, para que a indústria da construção civil possa usufruir da produção técnico-científica da indústria aeronáutica e vice-versa.

Além disso, o presente trabalho tem o propósito de apresentar e fomentar a atuação do arquiteto urbanista em funções e áreas não habituais. Levando em consideração sua predisposição em ter uma visão sistêmica e global, aliado à sua facilidade em lidar com cenários efêmeros, contando ainda com sua formação dinâmica e interdisciplinar.

Com o pressuposto de tirar proveito da sua capacidade de inovação e disposição para novos desafios, indo além das suas contribuições convencionais, e ainda remediar a saturação do mercado de trabalho, o presente trabalho de graduação intui mostrar não só a importância da interdisciplinaridade, da visão sistêmica e da atuação do arquiteto em outras áreas, mas também minuciar a interseção da indústria aeronáutica com a construção civil.

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a interseção da indústria aeronáutica com a construção civil, partindo do pressuposto de que o setor aeronáutico é precursor de inovações técnicas no setor da construção civil.

1.1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Estudar as inovações técnicas na aeronáutica que foram apropriadas pela construção e compreender as atuais tendências nesses setores.

1.2 JUSTIFICATIVA

Considerando a sustentabilidade como uma concepção, na qual, satisfazer as necessidades atuais sem comprometer o futuro é imprescindível, tanto nos aspectos econômicos e sociais quanto nos ambientais, faz-se necessário a adequação de todos os setores à nova política visando à qualidade de vida e a oferta equitativa de recursos. Objetivo que pode ser alcançado através da melhora na gestão, apropriação e produção do conhecimento.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O propósito do trabalho é identificar o que há de novo no setor aeronáutico, e a partir desses estudos, apontar o que já foi utilizado e que poderia ser incorporado em larga escala pela construção civil. Considerando que, quanto maior a procura, maior a concorrência, maior o envolvimento com pesquisas, mais rápida e efetiva a evolução e domínio das inovações técnicas, por consequência, mais disseminado seu uso. Ou seja, o custo está completamente relacionado à sua disseminação, não validando essa justificativa para o não uso.

1.4 MÉTODO DE PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva baseada em fontes secundárias, basicamente artigos e livros, para compreender a história da indústria aeronáutica, e, evolução da construção civil. Utilizou-se também fontes primárias, documentação técnica, e, visitas à indústria aeronáutica. Outro recurso foi a realização de entrevistas com profissionais que projetam interiores de aeronaves.

2. ARQUITETURAS MÓVEIS

A definição de Arquitetura Móvel é, segundo Marcelo Campos Teixeira, “todo ambiente desenvolvido sob a óptica da arquitetura estática, dotado de mobilidade e alta tecnologia, que acolha e acondicione confortavelmente os seres humanos que nele habitarão”. (TEIXEIRA, 2017, p. 17)

Isto é, um espaço humano caracterizado pela definição de abrigo, ou seja, um espaço que ofereça proteção ou refúgio contra a intempérie, exposição, dano físico, ataque, observação, perigo, etc. Considerando então, abrigo como um espaço confinado, seja ele qual for, uma sala, um apartamento, uma casa ou um ambiente móvel - como um *trailer* ou um *motor-home*, podemos dizer que passamos a maior parte da vida abrigados. Por isso, a precaução com a adequação e o aperfeiçoamento dos espaços internos são pertinentes e fazem-se primordiais à qualidade de vida dos usuários, com o intuito de integrar funcionalidade, praticidade, automação (técnicas), privacidade e conforto.

Neste cenário, com parâmetros predefinidos, os quais são estabelecidos pelas necessidades dos usuários, faz-se pertinente a questão dos espaços reduzidos (sem preterir o conforto), da segurança e do tempo, foco este central da mobilidade humana, a qual pode ser discutida por meio dos exemplos dos transportes.

À vista disso, evoluciona-se a concepção da indústria automobilística, ferroviária e aeroviária sobre a incumbência dos meios de transporte. A princípio, a função era a de deslocar os usuários, em seguida, passou a existir uma preocupação com a acomodação dos utilizadores, posteriormente, foi pretendido promover o deslocamento com mais conforto, por fim, objetivou-se proporcionar o bem-estar e a funcionalidade encontrados em residências e escritórios.

2.1 CONCEITO

O termo “arquitetura móvel” proveio da conceituação acerca da mobilidade dos espaços de Yona Friedman, arquiteto húngaro-francês nascido em 1923, em Budapeste, que, em seu primeiro manifesto, chamado “A Arquitetura Móvel”, associou sua proposta ideológica aos conceitos de mobilidade, redes, tecnologia,

movimento social e contemplou a reflexão sobre o papel do arquiteto como construtor. Para Friedman, a arquitetura transcende a arte de construir e engloba o manejar de um determinado espaço. (HELM, 2012)

Assim como, Vassão (2008) reforça que a arquitetura móvel tem influência da arquitetura *high-tech* e que é repercussão da industrialização e pré-fabricação aliada às ideias de cinesia, flexibilidade e transmutabilidade. Ou seja, arquitetura móvel é a evolução do conceito de arquitetura, que por sua vez é a evolução do conceito de abrigo.

2.2 CARACTERÍSTICAS

Na atualidade, é incumbência dos profissionais responsáveis por projetar e acompanhar o desenvolvimento de meios de transportes, ponderar tanto os aspectos objetivos como segurança, desempenho e custo, quanto os subjetivos – potencial para evocar emoções e identificação com o usuário – na produção do produto. Vale salientar que essa antítese não é pura, isto é, determinados aspectos podem ser objetivos e subjetivos concomitantemente. O conforto, por exemplo, não é estritamente objetivo.

É passível de medição por meio de parâmetros matemáticos com equipamentos especiais, como *pressure mapping*, uma manta conectada a um computador que mede a pressão que o assento faz no corpo do usuário. O resultado deste mapeamento de pressão (objetivo) com um questionário (subjetivo) fornece um valor que pode ser comparado entre os usuários, constatando o conforto.

Com ruído não é diferente, mede-se quantos decibéis tem-se em determinada condição de voo (objetivo), e um questionário (subjetivo) é aplicado a fim de se alcançar um valor tangível e inteligível para a engenharia trabalhar. Atentando-se ainda às particularidades dos meios de transportes, como despachabilidade, no que diz respeito ao tempo de permanência na manutenção, confinamento de espaço, usufruir ao máximo de estratégias arquitetônicas que amenizem a percepção de isolamento, aproveitamento máximo do espaço, tendo em vista que são espaços compactos e que exigem bastante criatividade de seus idealizadores para atingir o extremo da funcionalidade e do conforto, a substancialidade da multifuncionalidade do mobiliário, já que mais uma vez a questão do aproveitamento de espaço está em

pauta, a reutilização de água, posto que um reservatório de água assim como qualquer outro item de maior peso aumenta o consumo de combustível e afeta a estabilidade do transporte, além, é claro, de ocupar um grande espaço, o qual cada milímetro é precioso, peso, no que diz respeito à segurança da viagem e o desempenho do transporte.

2.3 O ARQUITETO URBANISTA COMO DESIGNER DE ARQUITETURAS MÓVEIS

Diante da predisposição do profissional de arquitetura e urbanismo em ter uma visão sistêmica e global, além da sua facilidade em lidar com cenários efêmeros, aliada à sua formação dinâmica e interdisciplinar, a indústria identificou o arquiteto como um profissional que entende o ambiente e seu funcionamento, além de suas contribuições convencionais, como priorizar sempre a qualidade de vida das pessoas que irão habitar ou frequentar o espaço por ele projetado.

Sua visão sistêmica e global inclui no processo de desenvolvimento do projeto diferentes escalas. No caso das aeronaves, sua formação urbanística promove vastas reflexões inevidentes, como a ponderação e quantificação em relação ao impacto à comunidade, como esse veículo afetará a cidade (se é muito ruidoso ou se é muito grande), se será necessária a adequação das pistas dos aeroportos já existentes, etc. Todo o impacto urbanístico, ambiental e social é e deve ser considerado antes de lançar um veículo no mercado. Assim, a formação em urbanismo e a maneira de pensar a cidade contribuem nas tomadas de decisão.

Além das questões e responsabilidades técnicas, relacionadas à criação, desenvolvimento e execução dos projetos, do modo mais seguro e sustentável possível, também é necessária uma qualidade estética singular e extraordinária, condizente com a exigência de seus futuros usufruidores.

Ademais, o arquiteto também é capaz de refletir a sua essência pioneira e apaixonada por desafios, com uma conduta comprometida em evoluir continuamente e superar expectativas para trazer as melhores soluções para os seus clientes.

3. ARQUITETURAS MÓVEIS: AERONAVES

O termo aeronave é utilizado para caracterizar qualquer máquina - e entende-se por máquina qualquer dispositivo que utiliza energia e trabalho para atingir um objetivo predeterminado - capaz de sustentar voo, e a grande maioria também é capaz de alçar voo por meios próprios. Tais como Planadores, Helicópteros, Aviões a pistão e turboélices, a jato e supersônicos.

3.1 CONCEITOS

As arquiteturas móveis, como são o caso das aeronaves, além de um complexo arquitetônico, são um sofisticado trabalho de engenharia, além de ser um ambiente altamente tecnológico e necessariamente humano.

Neste contexto a palavra de ordem é economia, que pode ser descrita como alívio de peso, e que ainda está ligada diretamente ao desempenho. A busca por motores de melhor rendimento é incessante. A grandeza utilizada para medir é o consumo específico de combustível - expressada em unidades de massa de combustível consumida por unidade de tempo e por unidade de empuxo do motor, - é em função do peso da aeronave, altitude e velocidade de voo. Novas técnicas estão sendo desenvolvidas para reduzir ainda mais o consumo específico de combustível e aumentar cada vez mais o alcance (*range*). (ALVES, 2018)

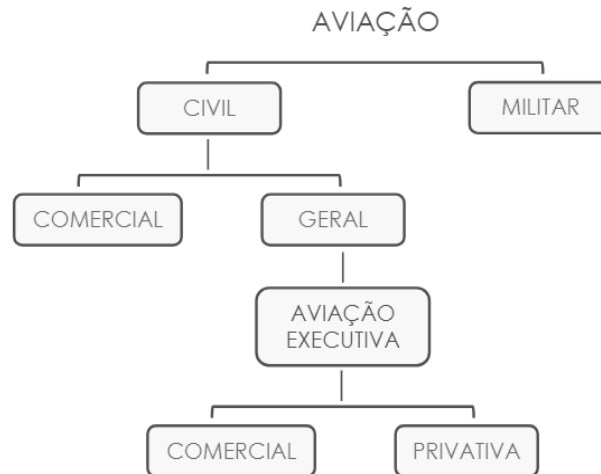
3.2 CATEGORIAS

A indústria aeronáutica é o setor industrial que abrange empresas governamentais ou privadas, cujas atividades são de pesquisa, desenvolvimento, fabricação, serviços e comercialização de aeronaves (aviões ou helicópteros) e seus componentes.

Os produtos deste setor caracterizam-se por um alto conteúdo técnico, bem como alto valor agregado.

A indústria aeronáutica faz parte de um setor industrial mais abrangente que é o da indústria aeroespacial, e é subdividida em categorias da aviação, conforme o diagrama a seguir:

Figura 1. Diagrama das categorias da aviação.



Fonte: diagrama elaborado pela autora.

- **Aviação Militar:** área da aviação que é usada para fins exclusivamente militares. Estão incluídos nesta categoria caças, helicópteros e outros aviões criados especialmente com intuito militar, bem como aviões e helicópteros fabricados para uso civil, mas que foram modificados para usos militares menores, como transporte de carga e soldados e treinamento de pilotos.
- **Aviação Civil:** é qualquer utilização não militar da aviação, e é subdividida em duas categorias:
 - **Transporte aéreo comercial:** que abrange todas as operações de transporte comercial de passageiros e de cargas; e
 - **Aviação geral:** que abrange todas as outras operações de voo, comerciais ou privadas. Nesta categoria, estão incluídas a aviação agrícola, a experimental, a desportiva, a executiva, o táxi aéreo, transporte de cargas externas, entre muitos outros exemplos.

- **Aviação Executiva:** segmento da aviação geral que implica na operação de uma aeronave para o serviço de transporte de até 19 passageiros. Podendo ser de uso privativo ou comercial.

A Aviação Executiva surgiu devido ao desenvolvimento econômico e em virtude da necessidade de vencer longas distâncias no menor tempo possível, objetivando atender pessoas e empresas que prezam por tempo e agilidade, diferenciando-se da Aviação Comercial em atributos como conforto, privacidade e, principalmente, rapidez. O último é um dos mais importantes benefícios, pois permite um retorno financeiro a quem utiliza esse serviço. Além de proporcionar o contato pessoal, o qual ainda é fundamental nas relações dos negócios, por exemplo, ainda assegura ganhos em função da produtividade por parte dos usuários. Deve-se levar em consideração ainda que os *Chief Executive Officers* (CEOs) e diretores de grandes corporações industriais ou financeiras têm, frequentemente, um valor de hora trabalhada superior ao custo horário de certas modalidades de uso de uma aeronave executiva.

É importante ressaltar que em países de dimensões continentais e com um *déficit* de infraestrutura como o Brasil e a China, a aviação executiva ocupa não somente um papel de meio de transporte rápido, seguro e eficaz, mas como também de ferramenta poderosa e necessária para o desenvolvimento das empresas e do próprio país.

4. EMBRAER (CASE)

“Em 19 de agosto de 1969 foi criada a Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A., companhia de capital misto e controle estatal que iria transformar ciência e tecnologia em engenharia e capacidade industrial.” (SONHO QUE DECOLA, 2018)

[...] Desde a década de 1930, a indústria aeronáutica mostrou-se um setor extremamente competitivo e fechado às firmas entrantes. Mesmo assim, pelas dificuldades econômicas impostas no período pós-guerra, muitos fabricantes surgiram após 1945. A partir dos anos 1980, as empresas passaram por um intenso processo de fusão e aquisição. O caso da Embraer é emblemático, principalmente por ser uma empresa de um país em desenvolvimento que logrou êxito na competição internacional. O acerto estratégico da Embraer ocorreu nas décadas de 1970 e 1980, e se afirmou após os anos 1990. Em mais de 40 anos de história, a Embraer conquistou o mercado internacional, passando pelos desafios de reestruturação produtiva, privatização e consolidação após a abertura econômica. (A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA EMBRAER, 2018)

O primeiro feito da fabricante brasileira foi “um clássico da aviação regional, o turboélice bimotor para transporte de passageiros Bandeirante, produzido em larga escala a partir da década de 1970 e aceito nos principais e mais competitivos mercados mundiais, incluindo Estados Unidos e Europa” (CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM FOCO, 2017).

Já “o EMB-121 Xingu bimotor de médio porte para uso executivo, com motorização turboélice e cabine pressurizada, com capacidade para transportar confortavelmente seis ou sete passageiros em viagens interestaduais”, desenvolvido e fabricado no Brasil a partir da década de 1970, teve como base o projeto de asa do Embraer EMB-110 Bandeirante. (CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM FOCO, 2017).

Tal estratégia é justificada levando em consideração que “para as empresas de alta tecnologia, como a Embraer, é essencial a introdução constante de novos produtos, adequados a nichos específicos do mercado”, incorporando as últimas conquistas tecnológicas. E a rapidez na conclusão dos projetos passa a ser um fator vital do sucesso. (A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA EMBRAER, 2018)

Neste sentido, assume grande importância a “integração entre a Embraer e os seus fornecedores (muitos deles internacionais) que mantêm “postos avançados” na própria fabricante e se transformam em autênticos parceiros nos riscos e nos resultados.” (CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM FOCO, 2017)

Assim, a fabricante brasileira ganhou notoriedade e conquistou seu lugar no mercado por meio de estratégias que promoviam a materialização do pensamento tático brasileiro tendo em foco a necessidade de desenvolver técnicas e produtos aeroespaciais ao invés de importar.

Desta forma, a história da Embraer passou a ser significativa não somente para o setor como também para a própria história do país. O conhecimento produzido pela empresa foi marcante para a nação, pois interferiu diretamente na economia e no desenvolvimento do país.

Por esta razão, o modelo de aeronave executiva escolhido para o estudo de caso é da fabricante brasileira.

5. ESTUDO DE CASO

A privatização da Embraer, em 1994, ocasionou forte transformação organizacional, por isso, buscou-se adotar uma série de medidas, desde a redução de custos operacionais (como a diminuição de pessoal e o aumento da produtividade) até a diversificação da produção com soluções customizadas, tal como a ampliação do portfólio para atender demandas específicas de mercado, porém, por meio de alternativas. Como, por exemplo, as economias de escopo geradas pelo uso da plataforma do ERJ 145 na fabricação dos modelos ERJ 135 e 140.

O ERJ 145 e as versões derivadas tinham boa aceitação e baixo custo de aquisição e manutenção, as vendas foram recuperadas e a Embraer voltou a obter lucros a partir de 1997, fazendo com que a companhia optasse por investir na próxima geração de jatos. A nova linha de aviões seria planejada para atender a demanda da aviação regional de rotas curtas e com elevado tráfego e movimentação de passageiros.

(FISHLOW; FILHO, 2017)

Seguindo essa linha estratégica, a Embraer tomou como base o ERJ-145, ou mais precisamente o seu derivado ERJ-135, menor e mais leve, também projetado para transporte regional de passageiros, para dar origem ao sofisticado Legacy 600, uma aeronave da aviação executiva. Ou seja, quando o Legacy 600 foi lançado no início da década de 2000, grande parte das peças e utilizadas na sua fabricação, a sua aerodinâmica e sua estrutura, os sistemas elétrico, hidráulico, mecânico e eletrônico, enfim, a maior parte dos conceitos empregados já tinham sido testados e aprovados na aviação regional, pelo ERJ-135. (CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM FOCO, 2017)

Isto significa que, quando nasceu, o Legacy 600 já era uma aeronave madura em vários aspectos, e o resultado foi um sucesso de vendas no mercado mundial, principalmente nos Estados Unidos e na Europa.

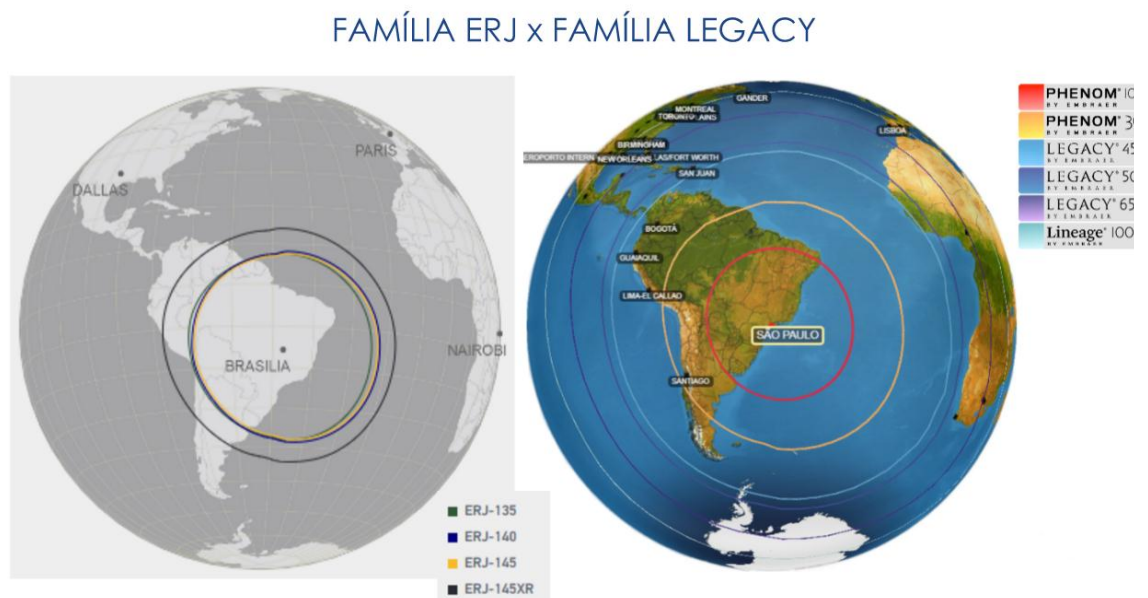
5.1 Comparações entre a Família ERJ e a Família Legacy

Figura 2: Comparação dos modelos ERJ 135 e Legacy 600



Fonte: <https://embraer.com/br/pt>

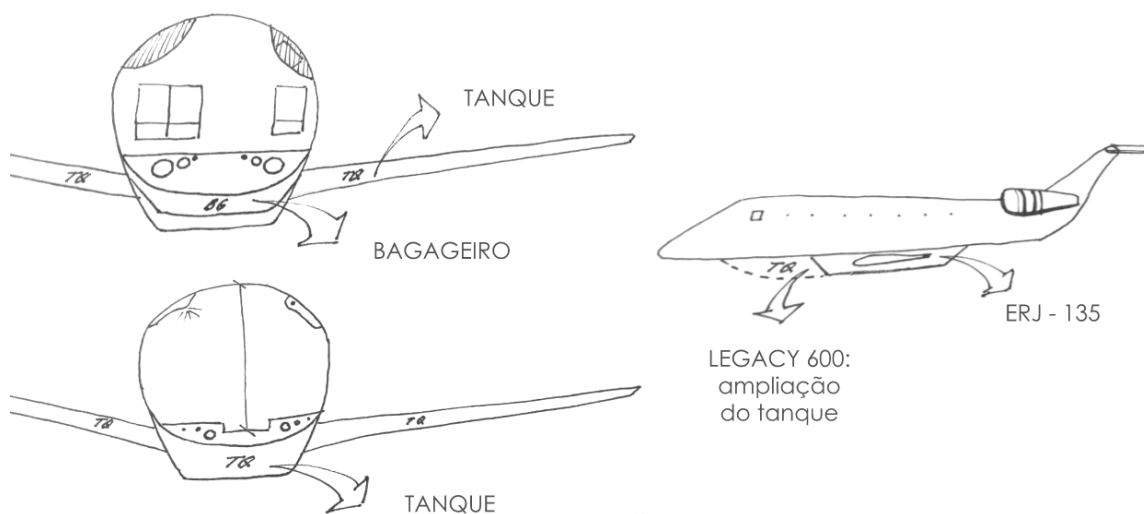
Figura 3: Comparação de alcance (*range*) entre a família ERJ e Legacy



Fonte: <http://pt.embraerexecutivejets.com/en-us/jets>

Figura 4: Croqui das mudanças do ERJ-135 para o Legacy 600

ERJ - 135 x LEGACY 600



Fonte: desenho elaborado pela autora

Figura 5: Vista superior, frontal e lateral do Legacy 600



Fonte: <http://pt.embraerexecutivejets.com/en-us/jets/legacy-650e/pages/design.aspx>

6. VISITA TÉCNICA

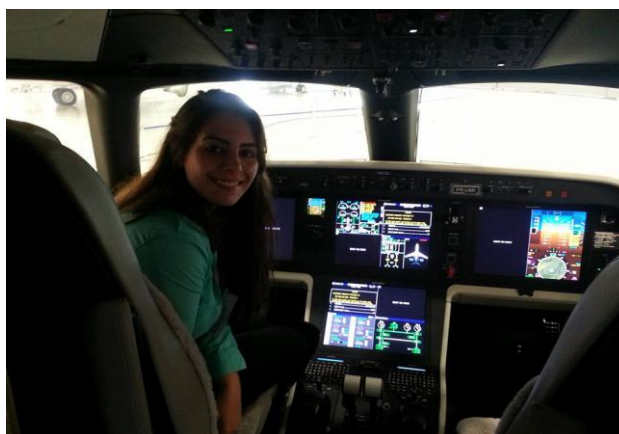
No dia 27 de outubro de 2017, o Prof. Me. Arq. Flávio Brant Mourão e eu, fizemos uma visita guiada pelo Arq. Takashi Kawasaki na empresa Embraer, unidade Faria Lima, em São José dos Campos-SP. Tivemos a oportunidade de conhecer o Centro Histórico Embraer e o Hangar, no qual se encontrava o objeto de estudo, a aeronave executiva Embraer da Família Legacy.

A visita teve duração de 3 horas, tempo utilizado de maneira prevalente na observação do interior - incluindo todo e qualquer detalhe - da aeronave. Na oportunidade, foi abordado por outro funcionário da fabricante brasileira - o Designer Erich Shibata - os materiais mais utilizados e a origem deles, além de questões como personalização de aeronaves e diferenciais da marca Embraer, como o conceito de *hidden technology*, na qual todos os comandos e entradas para dispositivos não ficam à mostra.

Ao entrar na aeronave, a primeira impressão foi de dimensões reduzidas quanto a minha expectativa, no entanto, não tenho parâmetro para avaliar esse quesito, já que desconheço outra cabine de jatos executivos. Em seguida, após um panorama geral, o primor e a sofisticação do cenário foram constatados. Posteriormente, o esplêndido conforto foi atestado quando me acomodei na robusta e ergonômica poltrona.

O primoroso acabamento e o requinte dos materiais impossivelmente passam despercebidos. E detalhes como 12 milímetros de carpete acetinado, por conter em sua composição seda, são o ápice do esplendor. No *cockpit*, o ambiente é tecnológico sem deixar a elegância e o design de lado, com a aviônica de última geração, de capacidades e funcionalidades superiores, incluindo ainda um sistema intuitivo com a opção de adaptação de telas conforme a preferência do piloto.

Figura 6. Quadro de imagens: visita técnica à Embraer



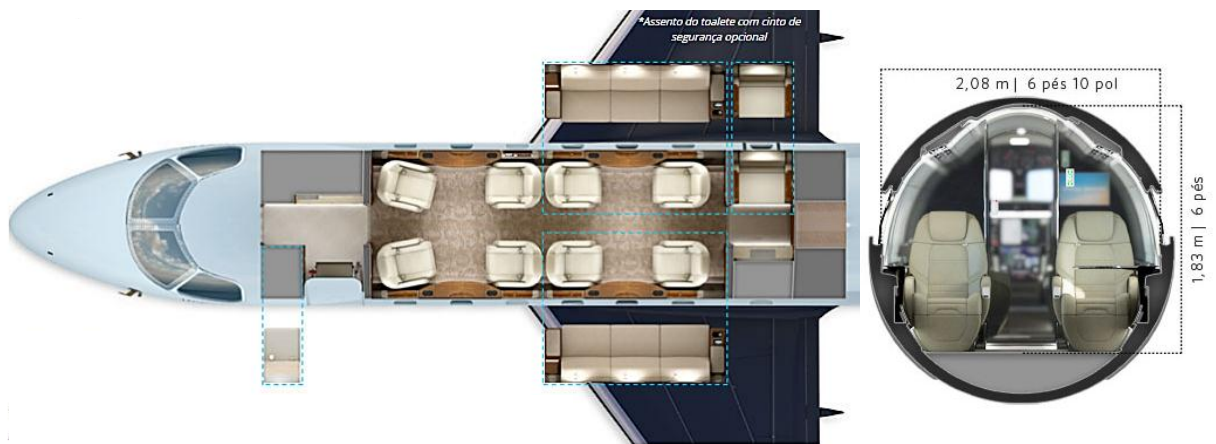
Fonte: fotos, Rodrigo Takashi Lourenço Kawasaki/Awana Camargo

Figura 7: Detalhes do Interior do Legacy 500



Fonte: <http://pt.embraerexecutivejets.com/en-us/jets/legacy-500/pages/design.aspx>

Figura 8: Configuração de Cabine e Cross Section



Fonte: <http://pt.embraerexecutivejets.com/en-us/jets/legacy-500/pages/design.aspx>

Figura 9: opções de materiais de acabamento



Fonte: <http://pt.embraerexecutivejets.com/en-us/jets/legacy-500/pages/design.aspx>

7. APLICABILIDADE DAS INOVAÇÕES DO SETOR AERONÁUTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

7.1 IMPRESSÕES 3D NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Os engenheiros aeroespaciais foram pioneiros na utilização da técnica de impressão tridimensional para prototipagem, ferramentaria e fabricação de componentes. No entanto, os profissionais de arquitetura e *design* do setor aeroespacial já adotaram há bom tempo a tecnologia *Fused Deposition Modeling* (FDM) em suas atividades de modelagem conceitual e prototipagem.

Para prototipagem de precisão que inclui materiais rígidos, do tipo borracha e transparentes, há também a opção de impressão 3D *PolyJet*. Para otimização de estruturas e redução de peso, há a impressão 3D em metais pelo método de manufatura aditiva metálica. Tais processos são capazes de gerar uma economia de 90% em matéria prima utilizada e produzir peças que pesam entre 30% e 55% a menos.

7.1.1 *Fused Deposition Modeling* (FDM)

A FDM trabalha com termoplásticos de alto desempenho por meio de camada após camada. A tecnologia FDM produz, com primor, geometrias complexas e componentes funcionais, incluindo articulações, fixações, medidores de teste, protótipos, peças de aeronaves de uso final em baixo volume, acessórios de fabricação e gabaritos e fixações.

7.1.2 *PolyJet*

A tecnologia *PolyJet* é um processo de impressão 3D que jateia e cura finas camadas de fotopolímero líquido com energia UV. Ela é capaz de imprimir em camadas de 16 microns e em vários níveis de dureza e cores para produzir peças multimateriais. A *PolyJet* é uma opção excelente para criar modelos e protótipos realistas em alta resolução, moldes de injeção de curta duração e padrões mestres para moldagem de uretano.

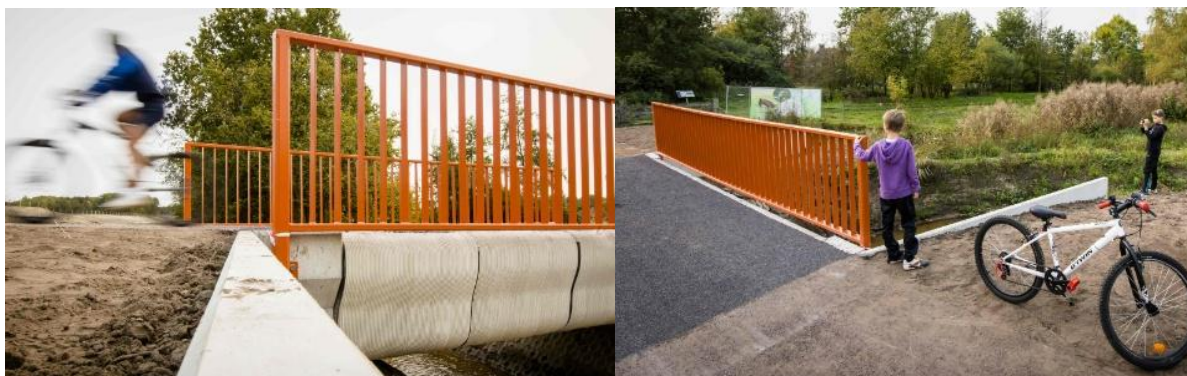
7.1.3 Manufatura aditiva (Sinterização)

A sinterização a laser direta em metal (DMLS) funde metal e ligas metálicas (aço e titânio) em pó, usando um laser de alta potência para produzir peças metálicas robustas. A tecnologia DMLS produz peças metálicas prontas mais leves e mais resistentes, incluindo ferramentas e peças. A Airbus já utiliza essa tecnologia que, além de reduzir os custos de fabricação em 80%, diminui o tempo em 70% e ainda há a diminuição de custos de operação da aeronave. A empresa francesa, que é uma das maiores produtoras de aeronaves do mundo, também deu entrada em 2016 no processo de patente que envolve produzir uma fuselagem aeronáutica, integralmente impressa, pelo processo de SLS, para produzir um corpo capaz de suportar muito mais estresse, sem ter pontos de acúmulo de pressão. O processo basicamente utiliza uma estrutura de casca para referência, e então o laser irá fazer a sinterização de um material em pó que estará depositado sobre esse corpo, provavelmente Aço, Silicone, Silício, Ferro, Alumínio, Chumbo, e muitos outros materiais, fazendo todo o corpo da aeronave uma só estrutura de material compósito.

7.2 IMPRESSÃO 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na Holanda, em outubro de 2017, foi inaugurada a primeira ponte de concreto do mundo construída por uma impressora 3D. O trabalho de impressão da ponte, que tem cerca de 800 camadas e é feita de concreto protendido e reforçado, levou cerca de três meses de acordo com a Universidade Tecnológica de Eindhoven. A Instituição ainda declarou em seu site que "uma das vantagens de se imprimir uma ponte é que se necessita muito menos concreto se comparado à técnica convencional, pois a impressora deposita o concreto apenas onde é necessário". (UOL, 2017).

Figura 10: primeira ponte construída com impressora 3D



Fonte: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/afp/2017/10/18/holanda-inaugura-primeira-ponte-construida-com-impressora-3d>

Nos Estados Unidos, pesquisadores da Universidade do Sul da Califórnia, desenvolveram a tecnologia “*Contour Crafting*”, na qual a impressora tridimensional se movimenta em uma estrutura de trilhos e é capaz de construir casas em menos de 24 horas utilizando argamassa. Na Itália, impressoras 3D já produzem casas populares utilizando lama e fibras como material base.

A empresa chinesa *WinSun* foi pioneira na construção tridimensional, tendo o primeiro prédio do mundo com peças elaboradas em uma impressora 3D, sendo que já tinha realizado anteriormente a façanha de imprimir dez casas em menos de 24 horas, reutilizando material excedente de outras obras.

Já a empresa norte-americana *Apis Color* desenvolveu uma máquina de impressão 3D que contém um braço robótico e é capaz de imprimir uma casa de 38m² por menos de 10 mil dólares (valor cuja maior parte é consumida por portas e janelas: itens que não são impressos) e com durabilidade superior a meio século.

Mais recentemente, a *ICON* (uma construtora de Austin, Texas) e a *New Story*, (organização sem fins lucrativos com foco na habitação), criaram uma impressora 3D capaz de construir casas pré-fabricadas com um custo de apenas 4 mil dólares. O equipamento, chamado de *Vulcan*, é capaz de "imprimir" uma casa em blocos de cimento com 60 metros quadrados entre 12 e 24 horas. Com a intenção de popularizar esta inovadora ferramenta, a empresa construirá em El Salvador o primeiro bairro do mundo totalmente impresso em 3D.

As empresas optaram por instalar o equipamento El Salvador porque acreditam que nova técnica poderá contribuir muito mais em uma região onde o déficit habitacional é um verdadeiro problema social.

Ainda que para este primeiro momento a preocupação seja apenas construir casas populares de até 75 metros quadrados, a impressora pode ser configurada de distintas maneiras, com uma teórica área ilimitada de impressão.

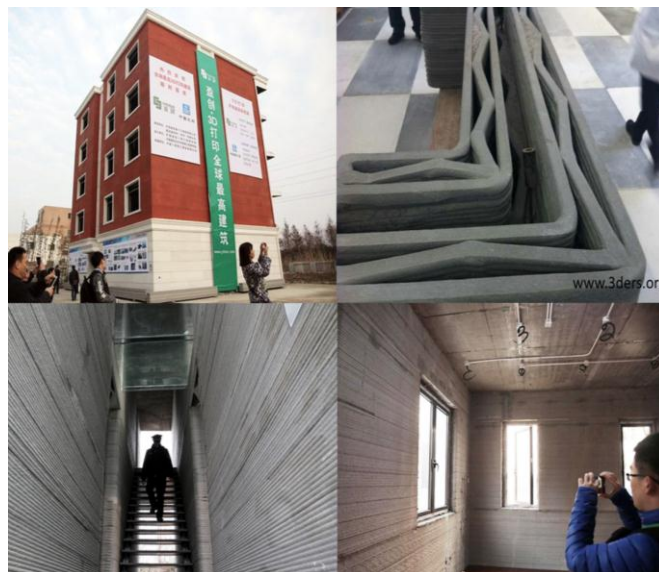
Esta tecnologia e sua constante evolução é uma realidade. Estima-se que, em poucos anos, já exista a produção em larga escala de casas utilizando impressoras tridimensionais.

Figura 11: paredes da casa são impressas com concreto em menos de 24 horas



Fonte: <https://www.rockarama.com.br/impressora-3d-da-apis-cor-constroi-casa-em-24-horas/>

Figura 12: edifício mais alto do mundo feito através de impressão 3D



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/761272/companhia-chinesa-constroi-o-edificio-mais-alto-do-mundo-feito-atraves-de-impressao-3d>

Figura 13: primeiro bairro do mundo totalmente impresso em 3D



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/891137/o-primeiro-bairro-completamente-impresso-em-3d-sera-construido-para-acolher-familias-carentes-em-el-salvador?ad_medium=gallery

Figura 14: testes feitos com o equipamento *Vulcan* em El Salvador



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/891137/o-primeiro-bairro-completamente-impresso-em-3d-sera-construido-para-acolher-familias-carentes-em-el-salvador?ad_medium=gallery

7.3 DESIGN GENERATIVO

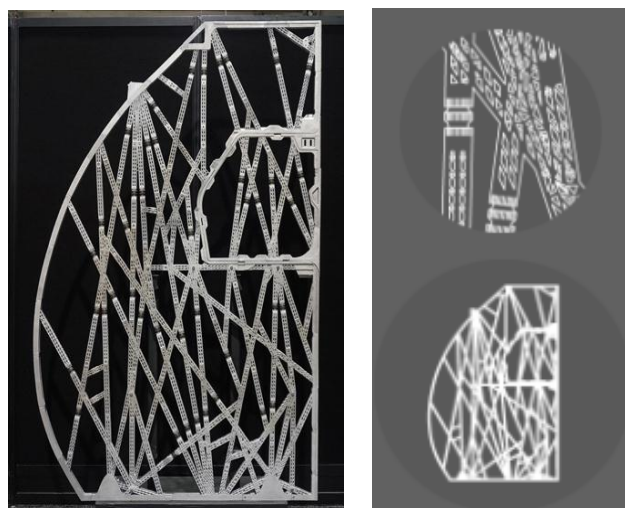
O design generativo é uma tecnologia que imita a abordagem evolutiva da natureza ao design. Ele começa com seus objetivos de design e, em seguida, explora todas as permutações possíveis de uma solução para encontrar a melhor opção. Usando a computação em nuvem, o software de design generativo passa rapidamente por milhões de opções de design, testando configurações e aprendendo com cada interação o que funciona e o que não funciona.

O processo permite aos designers gerar novas opções, além do que um ser humano sozinho pode criar, para chegar ao design mais efetivo. A partição biônica da Airbus precisava atender a parâmetros rigorosos de peso, estresse e deslocamento em caso de acidente com a força de 16g.

Para encontrar a melhor maneira de atender a esses requisitos de design e otimizar o esqueleto estrutural, a equipe programou o software de design generativo com algoritmos baseados em dois padrões de crescimento encontrados na natureza: molde de limo e ossos de mamífero.

O design resultante é uma estrutura em rede que parece aleatória, mas é otimizada para ser forte e leve, e para usar a menor quantidade de material a ser construído.

Figura 15: modelo de partição de cabine do Airbus A320, projetado a partir de algoritmos baseados em dois padrões de crescimento: molde de limo e ossos de mamífero.



Fonte: <http://blogs.autodesk.com/por-dentro-da-autodesk-brasil/2016/07/18/voce-sabe-o-que-e-design-generativo>

7.4 ARQUITETURA PARAMÉTRICA

A revolução da Ciência do Design teve início com as teorias de Richard Buckminster, tendo como base os conceitos de sinergia e “maximização dinâmica” (elaborado por ele), suas invenções eram todas construídas com o propósito de fazer cada vez mais com cada vez menos, objetivando máxima eficiência.

O Incomparável designer, engenheiro e arquiteto, ficou conhecido mundialmente como inventor do Domo Geodésico:

[...] Estruturas extremamente leves, no entanto, bastante resistentes devido a sua capacidade de distribuir por toda a estrutura as tensões aplicadas em um ponto. Como os domos geodésicos possuem um formato esférico, esta construção possui uma razão volume por superfície elevada, o que resulta num menor consumo de matérias e diminui a troca de calor com o ambiente, resultando em economia com gastos de climatização. (XAVIER, 2010)

As concepções teóricas de semiótica, busca pela forma (*form-finding*) e biomimética, também foram precursoras da arquitetura paramétrica. A busca pela eficiência e funcionalidade tendo a natureza como inspiração é o elo entre elas.

Figura 16: aeronaves com elementos inspirados na natureza



Fonte: <https://airway.uol.com.br/airbus-a380-tem-elementos-inspirados-na-natureza>

Porém, o Design Generativo além de ter o mesmo objetivo, é uma revolução com enfoque diferente aos paradigmas até então existentes. Algoritmos interpretam dados climáticos, esforços estruturais das formas modeladas, geometrias, comportamento dos usuários, entre muitas outras informações e apropriações de maneira direta nas várias etapas do projeto.

Ou seja, os *softwares* deixaram de ser uma ferramenta/método e passaram a ser coautores do projeto. “Destaca-se o programa CATIA, um *software* desenvolvido pela indústria aeronáutica que foi adaptado pela *Gehry Technologies* para ser usado na construção civil.” (FIOCCA, 2018)

Figura 17: pavilhão de Exposição sobre Design Generativo da Autodesk



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/866810/pavilhao-de-design-generativo-da-autodesk-reproduz-processos-de-fabricacao-com-pedra-e-tecidos>

7.5 INTERNET DAS COISAS (IoT)

Tecnologia que possibilita aos gestores de manutenção antecipar com rapidez e efetividade fatores como desgaste de componentes, eventos, coleta de horas trabalhadas, itens produzidos, movimentação de itens, entre outras diversas informações úteis.

No setor aeronáutico, este recurso opera efetivamente no processo de manutenção, o qual interfere diretamente no índice de despachabilidade. Este que é um indicador usado por fabricantes de aeronaves e empresas de transporte aéreo regular para avaliar a confiabilidade e produtividade de aeronaves, ou seja, nos dias atuais é natural que aeronaves bem projetadas, fabricadas dentro de padrões rígidos de controle de qualidade e que apresentam no dia a dia de trabalho índices de cerca

de 98% ou mais, consigam se firmar no competitivo mercado de transporte aéreo regular de passageiros, pois as companhias aéreas precisam de aviões confiáveis para transportar com segurança seus passageiros. O *Legacy*, por exemplo, é um ERJ-135 adaptado para transporte executivo, com algumas modificações no projeto, e toda a experiência adquirida pela Embraer no transporte aéreo regular de passageiros, nos 30 anos anteriores ao lançamento do *Legacy*, está presente nesse jato executivo.

7.6 INTERNET DAS COISAS (IoT) NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conceito *Smart Grid*

Smart grids, ou “redes inteligentes”, são os “sistemas de distribuição e de transmissão de energia elétrica que foram dotados de recursos de Tecnologia da Informação (TI) e possuem elevado grau de automação”, de forma a ampliar substancialmente a sua eficiência operacional. (CPFL ENERGIA, 2018)

“Graças ao alto nível de técnica agregada, as *smart grids* conseguem responder às várias demandas da sociedade moderna, tanto no que se refere às necessidades energéticas, quanto em relação ao desenvolvimento sustentável.” (CPFL ENERGIA, 2018)

Estas permitem a conexão de pequenos sistemas de geração fotovoltaicos (placas que aproveitam a luz solar) e eólicos (movidos pela força do vento) em consumidores de baixa tensão (clientes residenciais e comerciais), além de possibilitar um perfeito funcionamento desses sistemas em sintonia com todo o sistema elétrico. Dessa forma, no futuro, será possível expandir a geração de energia de forma descentralizada (sem a necessidade de construção de grandes e dispendiosos projetos de geração), e de forma pulverizada (permitindo ao consumidor final ser um microgerador de energia).

Na prática, significa que a casa fará a gestão, além de ser a fonte de energia. Janelas inteligentes irão absorver a energia solar e armazená-la. O mesmo, estimam os pesquisadores, acontecerá com os pisos cimentícios, cerâmicos, em porcelanato ou em madeira. “Eles terão a capacidade de, com a energia acumulada, regular o desempenho térmico”, avalia Hugo Fuks. Os

mesmos materiais também poderão fazer a gestão do desempenho acústico. “Tudo que tem processador pode ter comportamento e, portanto, controlado pela Internet das Coisas”, define o diretor do departamento de informática da PUC-Rio.

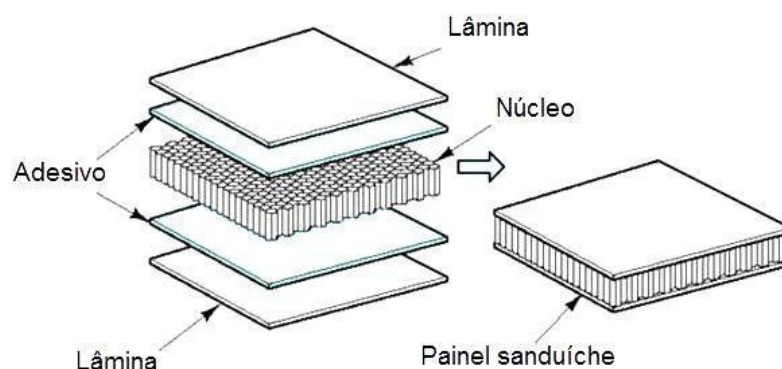
7.7 ALÍVIO DE PESO

Sempre houve um grande esforço por parte da indústria aeronáutica para melhorar o desempenho das aeronaves. Considerando que tal objetivo pode ser alcançado com o alívio de peso, variável vinculada ao peso próprio da aeronave e sua a carga e que afeta diretamente o alcance (*range*), pormenores como a espessura do carpete, o banho metálico em louças, a quantidade e o tipo de tinta utilizada na pintura do jato, entre tantos outros, fazem a total e completa diferença.

7.7.1 HONEYCOMB

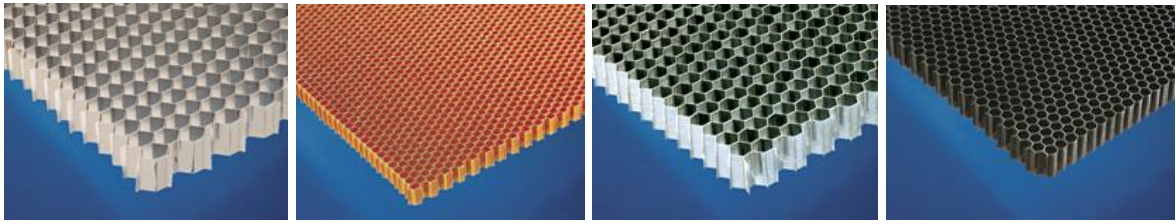
Os núcleos *honeycomb* de alto desempenho são estruturas que tem a geometria parecida com as dos favos de mel e podem ser fabricados em diversos materiais, cada um oferecendo desempenho e propriedades únicas. De aplicações aeroespaciais até aplicações comerciais, permitem a minimização da quantidade de material, diminuindo o peso e o custo de fabricação, porém, mantendo relativa resistência à compressão, segundo Plascore (2018).

Figura 18: estrutura do *Honeycomb*



Fonte: <http://fabricacaodecompositos.blogspot.com/2012/06/paineis-sanduiche.html>

Figura 19: tipos de *honeycomb*, de alumínio, fibra de aramida, aço inoxidável e termoplástico



Fonte: <https://www.plascore.com/honeycomb/honeycomb-cores/>

Breve descrição dos tipos de *honeycomb*, de acordo com os materiais:

7.7.1.1 Alumínio

“O *honeycomb* de alumínio é um material de núcleo leve que oferece força excelente e resistência à corrosão para aplicações industriais, de arquitetura e de transporte.”

7.7.1.2 Fibra de Aramida

“O *honeycomb* de fibra de aramida é fabricado a partir de papel DuPont Nomex® ou Kevlar® (ou equivalente) e pode ser revestido com uma resina fenólica resistente ao calor para aplicações aeroespaciais e de corridas de alto desempenho.”

7.7.1.3 Aço Inoxidável

“O *honeycomb* de aço inoxidável é usado para painéis de marcenaria, divisórias, pisos e portas de trem ou qualquer área onde o *honeycomb* seja submetido a ambientes hostis. Variedade disponível de células e tamanhos das folhas.”

7.7.1.4 Termoplástico

“O *honeycomb* de policarbonato e polipropileno com uma estrutura de célula exclusiva e de excelente resistência à corrosão que tornam estes núcleos ideais para painéis sanduíches, partes moldadas, túneis de vento, grelhas e fluxo direcional.”

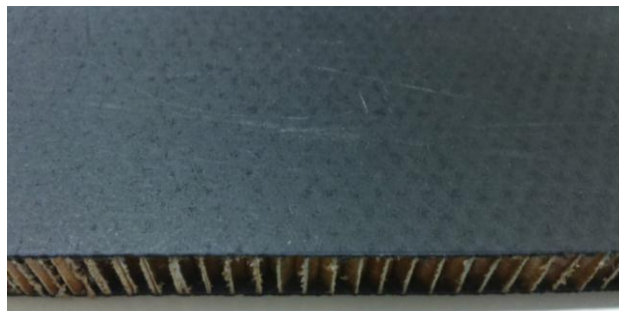
Exemplos de *honeycomb* da indústria aeronáutica

Figura 20: amostra de *honeycomb* sem resina de $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ de polegada de fibra de vidro



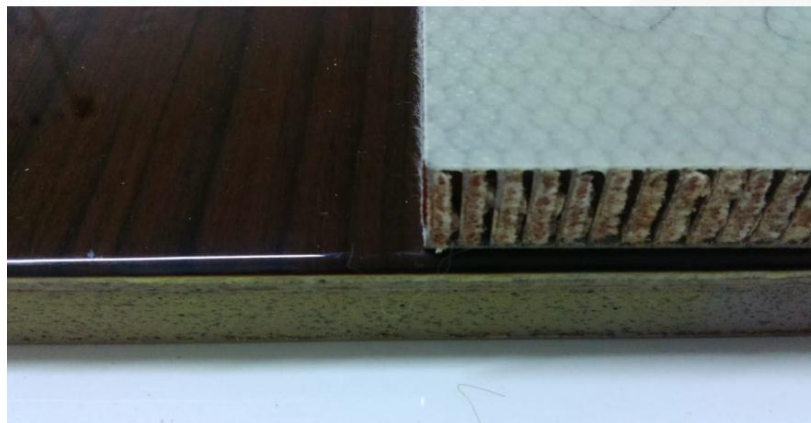
Fonte: foto, Awana Camargo

Figura 21: amostra de *honeycomb* sem resina de $\frac{1}{2}$ polegada de fibra de carbono



Fonte: foto, Awana Camargo

Figura 22: comparativo das amostras de *honeycomb* (com e sem resina)



Fonte: foto, Awana Camargo

7.7.2 STONE FLOOR

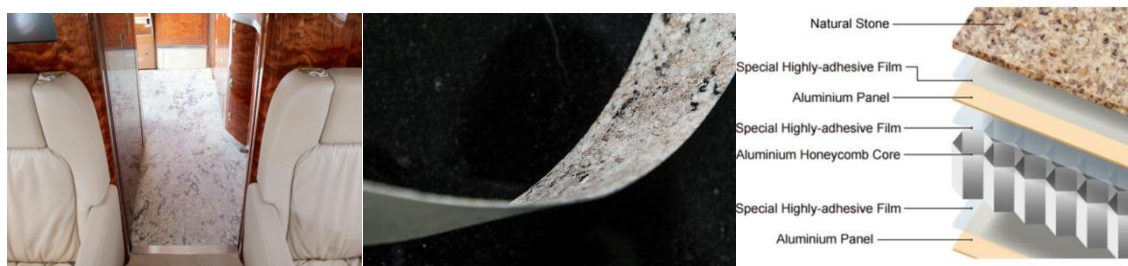
Ao combinar a técnica aeroespacial do *Honeycomb* de alumínio com a beleza atemporal do granito natural, mármore e calcário, este pode ser usado de maneira ampla com vasta variedade de aplicações. Plascore (2018)

Resistentes e duráveis, oferecem fantástica resistência ao impacto e resistência à flexão. Estes podem resistir até 60 vezes mais impacto do que o granito sólido de 3 centímetros de espessura.

Podem ser aplicados, além das aeronaves, em:

- Interiores de trens, iates e navios;
- Paredes exteriores e interiores de aeroportos e estações ferroviárias para melhor isolamento térmico e acústico, devido à boa resistência ao impacto e à prova de radiação;
- Paredes e pisos de grandes módulos que exigem alto desempenho técnico, em interiores temporários, como exposições e showrooms, ou em paredes e pisos em elevadores.

Figura 23: *stone floor*



Fonte: google imagens

Figura 24: *stone floor*: corte realizado com máquina de corte de jato d'água

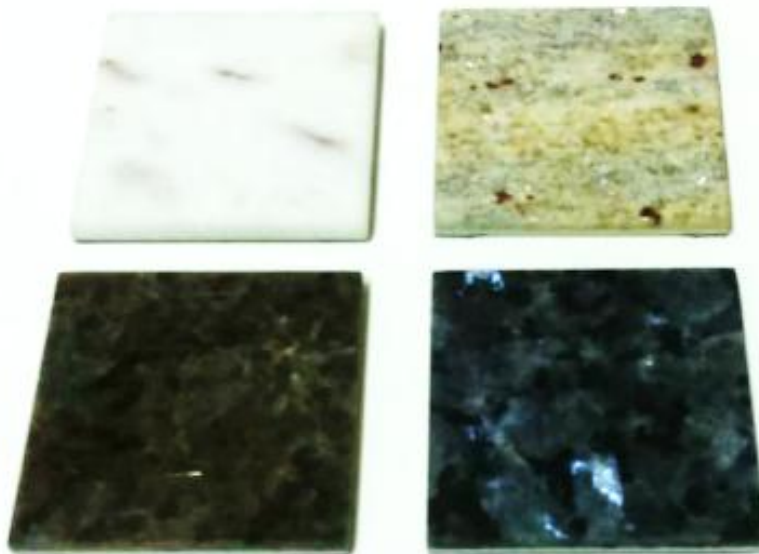


Fonte: google imagens

Comparação de peso:

- *Stone floor* de 2,5 mm ~ 15 kg/m²
- Mármore de 2 cm pesa ~ 60 Kg/m²
- Granito de 2 cm pesa ~ 70 Kg/m²
- *Silestone* de 2 cm pesa ~ 50 Kg/m²

Figura 25: amostras de *Stone floor* da indústria aeronáutica



Fonte: foto, Awana Camargo

7.7.3 WOOD VENEER

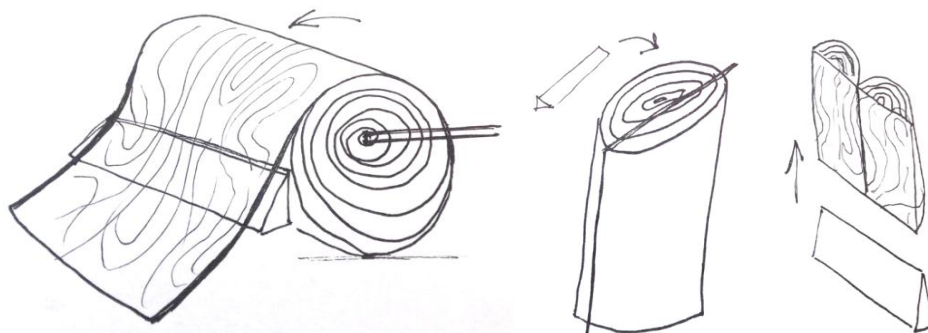
A madeira é um material natural, orgânico, sólido e com composição complexa, onde dominam as fibras celulósicas e hemicelulósicas ligadas pela lignina, e outros 10% adicionais de outros materiais.

A variação na composição e no volume de cada componente modifica as características da madeira, tornando-a leve ou pesada, rígida ou flexível, macia ou dura.

O *Wood Veneer* é uma lâmina de madeira extremamente fina, com espessura de 0,50 milímetros em média. Utilizada para atender aos padrões de qualidade atuais, no qual o material deve estar livre de defeitos, uniformemente coloridos e uniformemente texturizados.

Assim, os fabricantes de aeronaves, automotivos e marinhos, optam pelo o *Wood Veneer* (lâminas de madeira), pois além de tornar seus interiores únicos, elegantes, sofisticados e visualmente impressionantes, agregando muito valor ao produto, ainda diminuem peso e custo.

Figura 26: vários métodos de corte de facetas que conferem diferentes efeitos de superfície ao *Wood Veneer*: corte de quarto, corte plano, corte rotativo são exemplos



Fonte: esboço elaborado pela autora

Comparação de peso:

- *Wood Veneer* de 1,25 mm: 990 g/m²
- Madeiras de dureza média de 150 mm: (CANELA, CEREJEIRA, EUCALIPTO, FREIJÓ, IMBUÍIA, LOURO, PEROBA DO CAMPO, PAU MARFIM E VINHÁTICO): de 9 a 11 kg/m².

Figura 27: *wood veneer*



Fonte: google imagens

Figura 28: amostra de *Wood Veneer* da indústria aeronáutica submetida ao teste de UV para avaliar o verniz



Fonte: fotos, Awana Camargo

7.7.4 SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAIS

Existe uma grande preocupação na indústria aeroespacial na escolha de materiais, o que faz com que haja sempre novas pesquisas associadas a esse assunto. Os aviões são basicamente construídos de titânio, aço e alumínio, porém há avanços tecnológicos que procuram substituir estes metais por materiais à base de polímeros e fibra de carbono que garantem ser mais leves e possuírem grande resistência à corrosão e à deformação interna, força mecânica, propriedades antichamas e propriedades de liberação de fumaça. Outra característica importante é a facilidade na fabricação e redução dos custos operacionais das aeronaves. (MOREIRA; VASCONCELOS, 2014)

Em virtude dos benefícios da utilização dos novos materiais, tal prática foi disseminada.

Após décadas de uso restrito em alguns setores da indústria, como na área de mísseis, foguetes e aeronaves de geometrias complexas, os compósitos poliméricos estruturais, também denominados avançados, têm ampliado a sua utilização em diferentes setores da indústria moderna, com um crescimento de uso de 5 % ao ano. Atualmente, a utilização de estruturas de alto desempenho e com baixo peso tem sido feita nas indústrias automotiva, esportiva, de construção civil, entre outras. (MOREIRA; VASCONCELOS, 2014)

7.7.5 A APLICABILIDADE DAS INOVAÇÕES TÉCNICAS DISCUTIDAS EM UM ÚNICO EXEMPLO

Amsterdã já tem mais de 1.200 pontes ao longo de seus canais, com algumas datadas do século 17, mas a cidade está prestes a adicionar mais uma em correspondência com sua crescente indústria de impressão 3D.

De aço, com curvas complexas e 12 metros de extensão, a ponte foi construída pelo sofisticado robô de impressão 3D da MX3D. Sua instalação está prevista para o final de 2018 no canal Oudezijds Achterburgwal, em Amsterdã.

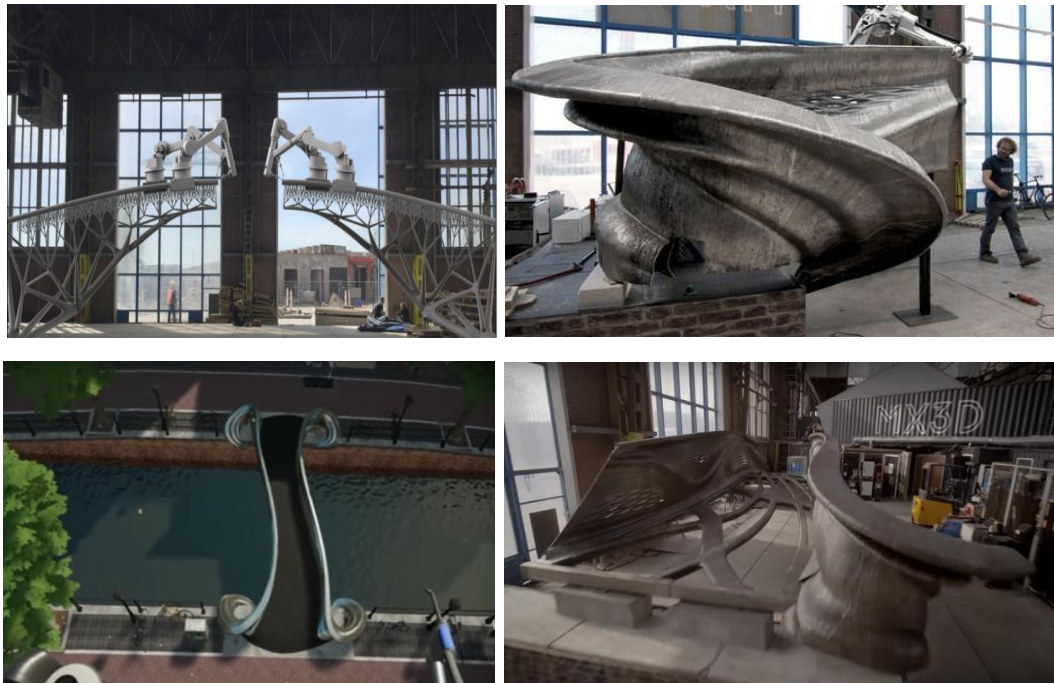
A ponte também servirá como um "laboratório vivo", seu desempenho será monitorado e analisado pelo MX3D e uma equipe de pesquisadores do Instituto Alan Turing. "Uma rede integrada de sensores será instalada na ponte para medir dados estruturais, como deslocamento, deformação e vibração, bem como fatores ambientais, como temperatura e qualidade do ar." Todos esses dados serão inseridos em um modelo 3D da ponte continuamente atualizado, o que permitirá que

os projetistas aprendam com seu desempenho e refinam seus projetos para novas implantações. (MX3D, 2018)

“Essa abordagem multidisciplinar com o auxílio da tecnologia que será responsável por capturar os dados da ponte também marcará uma mudança na forma como as pontes são projetadas, construídas e gerenciadas, gerando informações valiosas para a próxima geração de pontes e outras estruturas públicas importantes”, relata o professor Mark Girolami, líder do programa.

Esta ponte atestará, finalmente, a consolidação da impressão 3D e sua permanência no mundo dos objetos funcionais e materiais sustentáveis em grande escala, permitindo liberdade de forma sem precedentes. "O simbolismo da ponte é uma metáfora bonita para conectar a tecnologia à antiga cidade, de uma maneira a trazer o melhor dos dois mundos", disse Joris Laarman, o projetista da ponte. (LYNCH, 2017).

Figura 29: imagens do projeto da primeira ponte impressa em aço



Fonte: <https://www.archdaily.com/883476/work-is-underway-on-the-worlds-first-3d-printed-metal-bridge>

8. CONCLUSÃO

A partir dos exemplos citados e das análises realizadas, podemos comprovar que o setor aeronáutico é precursor da construção civil. Assim, se as tendências no setor aeronáutico forem acompanhadas, o desenvolvimento da indústria da construção civil acontecerá de maneira mais rápida e efetiva, já que, há um longo caminho entre a descoberta de determinada inovação técnica e o seu emprego/produção em larga escala. É importante ainda salientar que a soma de esforços dos dois setores na produção de conhecimento e desenvolvimento técnico será benéfica para ambos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Cláudio Jorge Pinto. **AERONAVES E COMPRIMENTO DE PISTAS**. 2018. Disponível em: <<http://www2.ita.br/~claudioj/aeron.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

INCORPORATED, Plascore. **Núcleos Honeycomb**. Disponível em: <<https://www.plascore.com/pt-pt/ofrecimiento-de-productos-a-nivel-mundial/nucleos-honeycomb/>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM FOCO, Blog. **EMBRAER EMB-110 BANDEIRANTE**. Disponível em: <<http://cienciatecnologiafoco.blogspot.com/2015/09/embraer-emb-110-bandeirante.html>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

VASSÃO, Caio Adorno. **Arquitetura Livre: Complexidade, Metadesign e Ciência Nômade**. 2008. Tese (Doutorado)- FAUUSP, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://caiovassao.com.br/contentreferral/2014/10/TESE_Arquitetura_Livre_Caio_Vassao.pdf>. Acesso em: 07 out. 2017.

HELM, Joanna. **Arte e Arquitetura: Yona Friedman**. 2012. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-41015/arte-e-arquitetura-yona-friedman>>. Acesso em: 17 out. 2017.

FISHLOW, Albert; FILHO, José Eustáquio Ribeiro Vieira. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília: Ipea, 2017. 230 p. v. um. Disponível em: <http://file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/Agricultura%20e%20ind%C3%BAstria%20no%20Brasil_inova%C3%A7%C3%A3o%20e%20competitividade.pdf>. Acesso em: 28 out. 2017.

MOREIRA, Amanda; VASCONCELOS, Mayara. **Polímeros na Indústria Aeroespacial**. 2014. 5 p. 01 (01)- UDESC, UDESC, Joinville, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v10n2/3106.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2017.
PACHECO, Adriano. **A impressão 3D no mercado da construção civil**. 2018. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/impressao-3d-mercado-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

LYNCH, Patrick. **Work is Underway on The World's First 3D-Printed Metal Bridge**. 2017. Disponível em: < <https://www.archdaily.com/883476/work-is-underway-on-the-worlds-first-3d-printed-metal-bridge> >. Acesso em: 23 mar. 2018.

SANTA CATARINA, Jornal. **Holanda inaugura primeira ponte construída com impressora 3D.** 2017. Disponível em: <<http://jornaldesantacatarina.clicrbs.com.br/sc/mundo/noticia/2017/10/holanda-inaugura-primeira-ponte-construida-com-impressora-3d-9952046.html>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

SONHO QUE DECOLA. Disponível em <http://institutoembraer.org.br/centrohistoricoembraer/trajetoriaembraer>. Acessado em 21/06/2018.

TEIXEIRA, Marcelo Campos. **Arquiteturas móveis: estudo sobre o interior das aeronaves executivas.** São Paulo: SENAC, 2017.

XAVIER, Leonardo. **Richard Buckminster Fuller.** 2010. Disponível em: <<https://papodehomem.com.br/richard-buckminster-fuller-homens-que-voce-deveria-conhecer-7/>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

FIOCCA, Stefano. **Obra de Frank Gehry: Aspectos Tecnológicos do projeto.** Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=1835&numeroEdicao=20>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

ZEVI, Bruno. **A linguagem moderna da arquitetura: Guia ao código anticlássico.** Lisboa: Edições 70, 1997. 43-49 p.