

IMPACTOS DO BIOMIMETISMO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.

Sávio Fernando da Cunha

Resumo: O presente artigo, tem como fundamento fazer uma retomada histórica, para que possa mostrar as diversas evoluções que ocorreram no passar dos anos desde o advento da criação do automóvel, passando pelas revoluções industriais até a introdução do biomimetismo nos processos produtivos de veículos da indústria automobilística. Tendo como foco nos impactos causados pela aplicação destas técnicas nos processos de criação, construção, montagem e acabamento dos veículos, como também, mostrar os resultados gerados por essas pesquisas, para que se possa ter uma maior gama de novos estudos na área da biomimetica para solucionar futuros problemas que venham a surgir na indústria automobilística.

Palavras-chave: Resultados da Biomimetica; Inovação Industrial; Design; Aplicação de novas tecnologias

1. INTRODUÇÃO

O trabalho em questão tem como objetivo, tratar dos impactos do Biomimetismo ao ser introduzido no processo de produção da indústria automobilística, tendo em vista a série de problemas que podem vir a surgir por conta de diversas variáveis que ocorrem durante todo o processo de criação e produção de veículos.

O que é hoje conhecido como indústria automobilística é resultado de uma série de esforços de cientistas e engenheiros que buscavam meios de substituir a força animal por um sistema que fosse independente e conseguisse transportar materiais e pessoas com facilidade. Assim surgiram os protótipos dos primeiros carros. Então com a popularização do automóvel a demanda pela produção passou a ganhar números cada vez maiores e a construção que era feita quase que artesanalmente passou a ser feita em massa, e essa produção sofreu uma virada extraordinária depois da segunda revolução industrial, quando o modelo Fordista passou a dominar a produção mundial. [2-4]

Com o avanço da eletrônica e a chegada das máquinas industriais de produção, o processo foi bastante acelerado, assim difundindo a indústria automobilística como uma das mais influentes do planeta aumentando ainda mais sua importância econômica, a indústria automotiva é uma importante área da indústria mundial, sua importância é tão grande que vários setores dependem dele, no Brasil segundo dados do BNDES a indústria automotiva movimenta cerca de 20% do PIB industrial, e 5% do PIB bruto graças a ele setores como os componentes eletrônicos, o setor de aço, borracha, plásticos entre outros setores são movimentados todos os dias. [14]

Decorrente do grande dinamismo do setor automotivo, a busca por inovação é crescente, graças a isso as pessoas recorrem para outras vertentes de pesquisa e o biomimetismo é um recurso viável para encontrar essas soluções, já que a natureza se observa de maneira adequada pode mostrar saídas para as limitações criativas. Daí, o biomimetismo é tido como uma forma de garantir que essa busca por inovação seja alcançada.

Segundo a pesquisadora Janine M. Benyus o biomimetismo consiste na observação da natureza para aplicações práticas. Buscando inspiração em animais ou plantas que possuem características únicas e estratégias que podem ser aplicadas com o auxílio de técnicas de engenharia para criar saídas em diversas vertentes. Thompson et al realizou pesquisas relevantes onde mostrou que dispositivos biomiméticos podem obter um funcionamento semelhante aos órgãos de animais. Assim como componentes podem ser utilizados para reduzir a grande produção de rejeitos industriais que são uma característica da produção de automóveis. [5,7]

Portanto a necessidade de enfatizar o biomimetismo como uma saída mais que eficiente para sanar os problemas que são gerados todos os dias pelos pesquisadores que buscam novas formas de inovar e criar tecnologias para ajudar em questões estruturais, ambientais ou de montagem, deram a inspiração necessária para a produção desta pesquisa, através de uma extensa pesquisa bibliográfica que mostra que os estudos em biomimetica tem grande chance de ser a forma que os pesquisadores vão encontrar soluções para grande parte dos problemas da humanidade.

2. DESENVOLVIMENTO

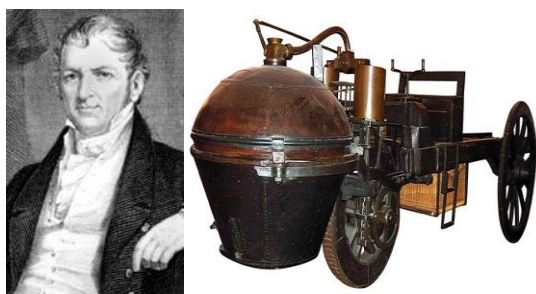
2.1 Histórico da indústria automobilística

Com a criação do primeiro automóvel em 1769, desencadeou-se uma série de eventos que resultaram na popularização dos carros que se evidencia no presente, porém, com a constante busca por modernização e inovação o ser humano se depara com problemas recorrentes em todas as suas criações, a escassez de recursos, e a falta de criatividade para continuar evoluindo, pois durante muito tempo usou-se de maneira exacerbada os recursos e chegamos em um ponto onde não é possível manter o mesmo padrão de consumo. Portanto as buscas contemporâneas mais recentes são redução do consumo e o aumento da eficiência dos veículos. Esses fatos serão aprofundados a seguir. [2,3]

O primeiro automóvel que se tem notícia nasceu em 1769 das mãos do inventor francês Nicolas-Joseph Cugnot (Figura 1), o veículo era um triciclo movido a vapor que era utilizado para puxar canhões, em 1770 ele criou um protótipo capaz de transportar até 4 pessoas.[1] Por volta dos anos de 1885-1886 o engenheiro alemão Karl Benz (Figura 2) que residia na cidade alemã de Mannheim e futuro proprietário da Benz & Co., desenvolveu e patenteou o primeiro carro movido a gasolina no mundo criando o carro que ele denominou *motorwagen* (carro motorizado) veículo que possuía apenas 3 pneus, sendo este o primeiro automóvel do tipo que se tem registro. Durante o ano de 1886 o também engenheiro alemão Gottlieb Daimler aprimorou a invenção de Benz criando o primeiro carro com 4 rodas e motor com combustão interna. [2]

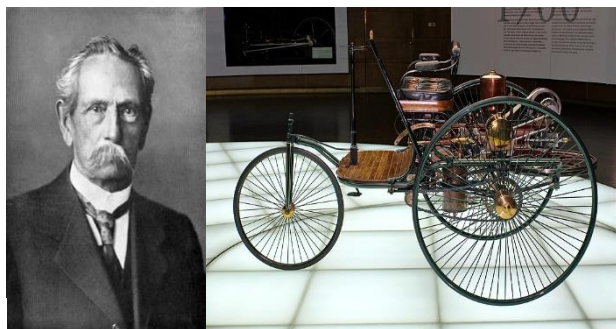
Porém, há uma teoria que contradiz que Benz foi o inventor do automóvel moderno, já que em 1870 o francês Siegfried Marcos criou seu próprio veículo que era basicamente utilizado para transportar materiais, ele reforça que não existem muitos dados a respeito do segundo protótipo de Marcos, mais moderno e que possuía vários itens que estão presentes nos automóveis hoje em dia, já que ele nunca patenteou nenhum de seus veículos. [3]

Figura 1 - Nicolas-Joseph Cugnot e seu veículo.



Adaptado pelo autor. Disponível em:
<https://historygarage.com/nicolas-joseph-cugnots-1769-steam-tractor/>

Figura 2 - Karl Benz e seu motorwagen.



Adaptado pelo autor. Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Karl_Benz

O impacto da revolução industrial com o novo modo de produção com petróleo e eletricidade como fontes de energia abriram espaço para novas máquinas e facilitaram o uso do aço como matéria prima para diversas áreas industriais. Na indústria automobilística uma pessoa fez a diferença ao introduzir sua ideia na forma de montagem dos carros, essa pessoa foi Henry Ford, que ao avaliar como demorada a produção de um carro de forma tradicional, então, desenvolveu um método com o intuito de agilizar a montagem. [4]

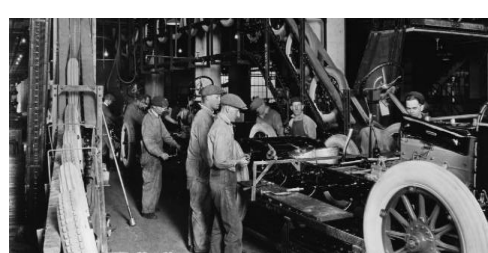
“Esse estilo de montagem criou um paradigma de regulação técnica e de trabalho reconhecido em todo o mundo industrial como modelo “fordista”. O Fordismo, por sua vez, tornou esses produtos mais acessíveis para a economia, pois reduziu o custo da produção e barateou os artigos produzidos. Sua principal característica era o uso de tecnologias envolvendo a metalurgia, a petroquímica, o motor a explosão e a eletricidade.” [4]

Com o passar do tempo o modelo de produção de Ford (Figura 3) se instaurou como a melhor forma de montagem na época, a grande quantidade de veículos montados e a redução de custo ajudou a popularizar o carro entre os consumidores comuns, transformando-se assim um bem bastante disputado.

Já na metade do século XX com a chegada da 2ª guerra mundial, os carros ganharam muita importância, já que foram utilizados durante todo o conflito. Porém, foi com o fim da guerra que as coisas tomaram um rumo diferente do que já era conhecido, pois, com o grande avanço tecnológico proporcionado pela segunda grande guerra que a eletrônica e as primeiras noções de automação ganharam notoriedade. [4]

As máquinas começaram a atuar nas fabricas, tomando o lugar do

Figura 3 - Modelo Fordista



Disponível em:
<https://admevolution.wordpress.com/2016/11/03/teoria-do-modelo-de-producao-fordista/>

homem e agilizando todo o processo, com o passar dos anos a tecnologia passou a integrar ainda mais o meio industrial. que a partir desse ponto se torna mais automatizado e preciso. A ampliação da escala de produção também tem os seus pontos negativos que foi a proporcional ampliação dos impactos ambientais e sociais que em decorrência dos movimentos ambientalista passa ser internalizada pelas montadoras.

Com as crescentes cobranças por processos menos agressivos ao ambiente as pesquisas voltadas para encontrar soluções que reduzam o impacto e sem prejudicar os veículos ou procurando melhorar o que já existe, se tornou frequente e mostra um resultado satisfatório, entre algumas das técnicas aplicadas uma se destaca é a Biomimetica que estuda a natureza para dar forma a inovações.

2.2 Biomimetismo

O termo biomimetismo foi criado no final da década de 1990 pela escritora Janine Benyus para descrever situações onde a inspiração da natureza gera saídas criativas e eficientes para problemas, que até então não tinham sido exploradas. A origem da palavra biomimetismo vem da junção das palavras gregas Bios = vida, e mimese = imitação, ou seja, “imitação da vida” (Benyus, 1997). Tendo como pilar 3 pontos principais para estabelecer a sua ideia é citado desta forma: [5]

“1. Natureza como modelo. Biomimetica é uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e então imita ou se inspira nesses designs e processos para resolver problemas humanos.

2. Natureza como medida. A biomimetica usa um padrão ecológico para julgar o “acerto” de nossas inovações. Após 3,8 bilhões de anos de evolução a natureza aprendeu: o que funciona. O que é apropriado. O que dura.

3. A natureza como mentora. A biomimetica é uma nova forma de ver e valorizar a natureza. Ela introduz uma era não baseada no que podemos extrair do mundo natural, mas no que podemos aprender com isso.” [5]

Assim, pode-se concluir que o biomimetismo se baseia nos ensinamentos que a natureza tem a oferecer depois de evoluir por cerca de 3,8 bilhões de anos, montando um sistema em equilíbrio. Esse equilíbrio se dá pelo fato de que a natureza utiliza somente o essencial com o gasto de energia limitada, e reciclando tudo o que for possível para se manter. [5]

A utilização das técnicas biomimeticas para aplicações em processos humanos se baseia em 3 pilares fundamentais que são:

- Emular é a técnica científica de pesquisa voltada para a replicação e aplicação de processos e sistemas naturais com o intuito de obter resultados com maior potencial regenerativo.
- Ethos é a filosofia que consiste na construção de modelos que entendam o funcionamento das formas de vida e trabalhem para continuar a dar condições para mantê-la.
- (Re) Conectar se trata do conceito que diz que o homem faz parte da natureza e precisa se reconectar para compreender o seu lugar nos sistemas naturais.

Assim, após compreender o funcionamento destes pilares é que se possa utilizar a biomimética com todo o seu potencial, pois, a partir do momento em que o homem se reconecta com a natureza, e passa a compreender melhor o conceito do ethos e passa a emular com maior precisão as estratégias biológicas para melhorar suas criações. [6]

Existem diversas formas de aplicar a biomimética nas áreas industriais. Essas aplicações se destacam nas áreas de design onde se dá a maior quantidade de produtos biomiméticos, como também no setor de tecnologia com uma série de produtos inovadores. No ramo do design, os produtos biomiméticos podem ser mostrados desde uma completa alteração da estrutura para ter as características do animal ou planta que serviu de inspiração, ou, o desenvolvimento de um material que replique alguma característica específica.

Na área de tecnologia existem tentativas de integrar a biomimetica e a ferramentas tecnológicas para aplicações diversas, assim como, a tentativa de melhorar os sistemas de sensores para veículos autônomos de forma que os mesmos adquiram um funcionamento semelhante ao olho humano. As ideias por trás dessas tentativas são a de criar materiais poli funcionais com a inspiração biomimetica aliado a uma serie de sistemas de processamento e atuadores. Ao se conseguir obter sucesso essas pesquisas os cientistas esperam criar o que eles chamam de “materiais inteligentes”. [7]

“Um algoritmo de tomada de decisão para seleção de materiais e as capacidades tecnológicas são ingredientes essenciais para a síntese de diferentes classes de materiais. No nível mais sofisticado, esses materiais são geralmente denominados 'materiais inteligentes', porque eles normalmente apresentam uma combinação de sensores, atuadores e processadores, o que lhes permitirá responder de forma inteligente e autônoma para mudar dinamicamente condições ambientais, capitalizando sobre funções inovadoras.” [7]

2.3 Impactos do biomimetismo na indústria automobilística

Considerando-se que o biomimetismo se baseia na observação da natureza como inspiração para desenvolvimento de processos e produtos de maneira mais sustentável, inovadora e eficiente. [5] Algumas montadoras utilizaram técnicas de biomimetica para criar carros que gerasse um menor impacto ambiental, mas, que tivessem um desempenho superior.

Essa proposta vem ganhando cada vez mais espaço na indústria automobilística, já que com o aumento do interesse pela preservação ambiental devido ao grande número de resíduos gerados pelas indústrias que causam um dano muito grande no meio ambiente. A geração de resíduos produzidos pela indústria automobilística e de

plásticos no Brasil, que é o sexto maior produtor de veículos e um dos mais significantes produtores de plástico no mundo tendo em vista que a produção de carros leva cerca de 15% de plásticos na composição gerando uma produção de 13 mil toneladas ao ano. [8] Com toda essa geração utilizar a biomimetica como mentora para tentar solucionar o problema é uma saída muito interessante observando o modo que as lagartixas se prendem a parede, através das pequenas cerdas em suas patas (Figura 4), pesquisadores buscam formas de replicar esse conceito para aumentar a reciclabilidade das peças aumentando a economia e reduzindo o desperdício de materiais que seriam descartados brevemente. [8,9]

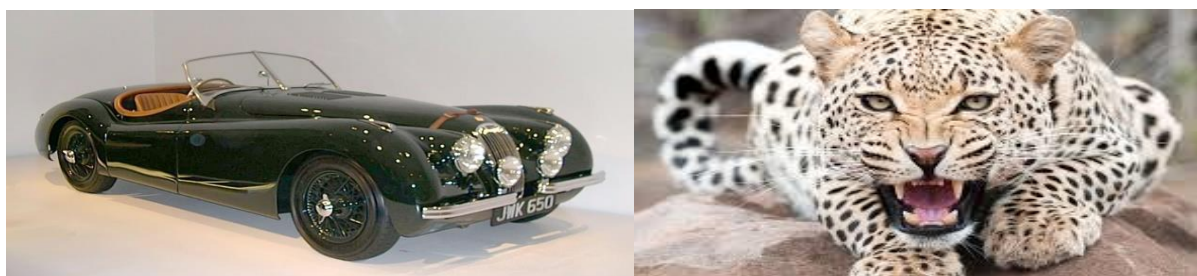
2.3.1 Impacto no design dos carros

A palavra Design possui uma associação direta com a ideia de estética. Porém o design, transcende as questões puramente estéticas e quando associado ao uso das técnicas biomiméticas é possível a obtenção de resultados práticos de desempenho como, por exemplo, melhorias aerodinâmicas, redução do consumo, maior resistência, etc. Porém, o design pode trazer múltiplos benefícios, com o uso adequado das técnicas biomiméticas é possível conseguir resultados muito interessantes para a indústria automotiva, tais como, aerodinâmica, consumo, resistência e etc.

Tendo como exemplos para fortalecer o que foi dito anteriormente podemos citar duas montadoras de enorme prestígio internacional que tem em sua história veículos com inspiração em animais, são essas a Jaguar e a Mercedes-Benz com seus veículos XK120 e o Bionic respectivamente.

Antes mesmo do termo biomimetica ser disseminado por Benyus, a Jaguar em 1948 criou seu carro com inspiração na Onça pintada ou Jaguar (*Panthera onca*) que nomeia a marca, segundo a própria, a ideia era que a carroceria do veículo fosse semelhante ao posicionamento adotado pelos felinos quando se preparam para atacar, ela ainda frisa que devido a seu design aliado ao seu motor de grande potência o XK120 foi considerado o carro mais rápido do planeta chegando à marca de 193 Km/h em testes realizados.[11]

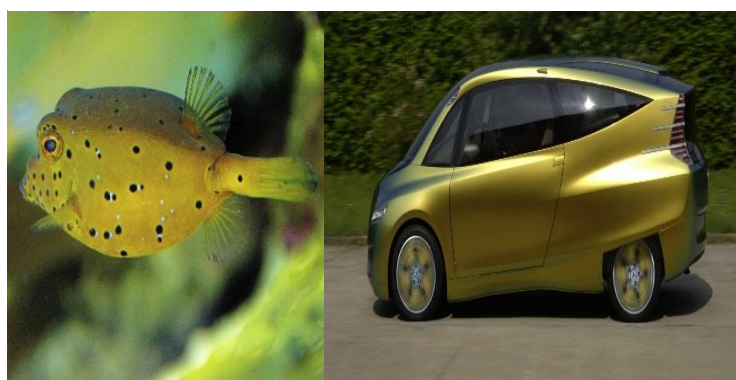
Figura 5 Jaguar XK120 com seus traços inspirados na Panthera onca.



Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Jaguar_XK120

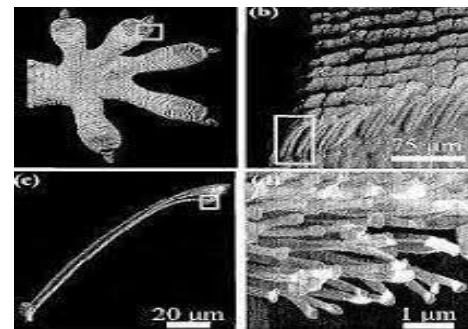
Já o caso da Mercedes-Benz que foi bem mais além da simples parte estética da coisa e aprofundaram ainda mais estudos do âmbito da biomimetica para desenvolver o Bionic Car (Figura 6), que se mostrou extremamente econômico teve desempenhos extraordinários em testes aerodinâmicos e ótima resistência. Ao compreender a ideia de criar um carro conceito que revolucionasse a forma como as pessoas iriam enxergar o mundo dos carros, então os pesquisadores voltaram os olhos para os animais que possuem as melhores habilidades aerodinâmicas do planeta, os animais aquáticos, e durante as pesquisas ele encontraram o peixe cofre, e passaram a observar suas características afim de aprender com ele. [10]

Figura 6 - Peixe Cofre (Ostraciidae) ao lado do Carro Biônico da Mercedes-Benz



Disponível em: <https://www.mercedes-benz-media.co.uk/en-gb/releases/223>

Figura 4 - Visão microscópica da pata de uma lagartixa.



Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/fis01038/trabalhos/Por%20que%20a%20lagartixa%20nao%20se%20desprende%20da%20parede.pdf>

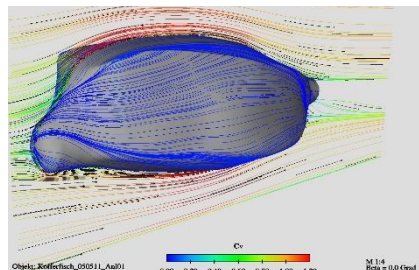
Em princípio os pesquisadores tentaram reconstituir o formato externo do peixe cofre em uma maquete de proporção 1:4 (Figura 7), depois de construir a maquete introduziram-na em um túnel de vento para averiguar suas capacidades aerodinâmicas (Figura 8). Após vários procedimentos constataram um valor muito próximo de 0,06 Cd considerado ideal pelos pesquisadores no modelo exato do peixe cofre, o valor obtido os testes foi de 0,095 Cd com um modelo de argila o que é extremamente interessante para o meio da engenharia mecânica. Posteriormente com o teste realizado com a versão de tamanho real do veículo com algumas alterações necessárias para construção de forma que atendessem as normas de segurança o valor ficou em torno de 0,19 Cd um número extremamente satisfatório para os padrões atuais. Outro ponto que foi analisado pelos pesquisadores foi a rigidez encontrada no Peixe cofre, gerada pela sua estrutura óssea com várias placas hexagonais que dão uma extrema capacidade de nado e rigidez que ajuda a absorver possíveis golpes que ele venha a sofrer, então com o auxílio de cálculos e modelagem foi possível criar a estrutura biomimética para o Bionic Car (Figura 9) proporcionando uma redução no peso e um aumento de 40% na resistência do veículo.[10]

Figura 7



Maquete reduzida do carro biônico usada para testes aerodinâmicos. Disponível em: <https://www.mercedes-benz-media.co.uk/en-gb/releases/223>

Figura 8



Teste de aerodinâmica do carro Biônico. Disponível em: <https://www.mercedes-benz-media.co.uk/en-gb/releases/223>

Figura9

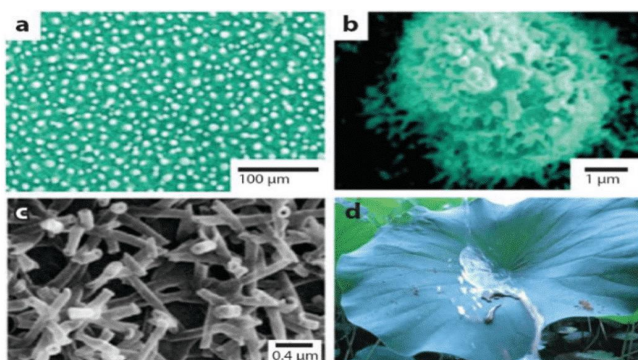


Modelo da estrutura inspirada no esqueleto do Peixe-cofre. Disponível em: <https://www.mercedes-benz-media.co.uk/en-gb/releases/223>

2.3.2 Impacto na construção, montagem e acabamento dos veículos

Estudos voltados para a área de materiais biomiméticos não param de aparecer, com o intuito de reduzir a geração de resíduos, diminuir o impacto de rejeitos industriais, além de desenvolver novas tecnologias para aprimoramento dos sistemas que conhecemos hoje. Trazendo para o setor automotivo podemos encontrar exemplos de tecnologias que tentam trazer uma nova visão para a área, entre elas podemos citar as tintas hidrofóbicas inspiradas nas folhas de plantas com superfície hidrofóbica, estruturas feitas de papel reciclado com formato de favos de mel para auxiliar na absorção de colisões em veículos e reduzir o processo de vibração nos mesmos e sensores anticollisões inspirados em crustáceos.

Figura 10 - Ampliação eletrônica da folha de lotus e suas estruturas.



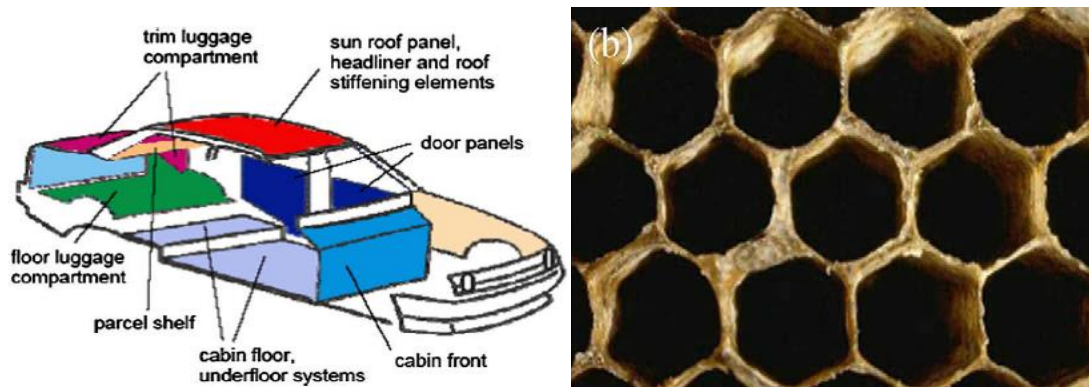
Disponível em: <https://www.meetyoucarbide.com/pt/from-nature-to-bionics-the-past-and-present-of-superhydrophobic-materials/>

Os esforços voltados para a redução do uso de agentes químicos pesados em processos de limpeza, levaram os pesquisadores a procurar soluções viáveis para sanar essa necessidade. Foi daí que ao se observar a folha de Lotus (*Nelumbo nucifera*) (Figura 10) que estava sempre limpa por mais que tudo a sua volta estivesse sujo intrigou os Drs. Barthlott e Neinhuis da Universidade de Bonn na Alemanha. [5,13] Ao se estudar mais a fundo notou-se que as folhas dessa planta possuíam uma série de microestruturas capazes de repelir as gotículas de água associada ao processo de produção de um certo tipo de cera epicuticular com propriedades hidrofóbicas. [13] Ao descobrir essa capacidade, os estudos foram voltados para a criação de uma tinta capaz de repelir a sujeira de modo a reduzir os processos de lavagem de veículos, assim reduzindo o desperdício de água e o uso de agentes nocivos a natureza.

Outros pontos que podem ser explorados pelas pesquisas biomiméticas, é a segurança e o conforto dos carros, que cada vez mais é uma cobrança dos consumidores de automóveis. Devido a essa necessidade foram iniciados estudos para que essas exigências sejam atendidas. Uma das partes mais visadas para se obter melhorias são os componentes internos responsáveis pela complementação da estrutura dos veículos onde os mesmos funcionam como redutores de ruídos proveniente do funcionamento do motor e vibrações causadas pelo movimento nas

estradas, como também, funcionam como amortecedores de impactos em caso de acidentes. As pesquisas foram feitas com as estruturas de sanduiche (comumente utilizadas hoje em dia) e estruturas em formato de favo de mel para que fossem comparadas as propriedades mecânicas em testes. Borsellino e Di Bella fizeram seus experimentos com papel reciclado devido ao peso leve e a sua grande capacidade de amortecimento e alta resistência. [12] Os testes de tração e flexão mostraram resultados aceitáveis, porém, comparado a alguns materiais utilizados hoje ainda tendem a ser inferiores, além das deficiências do papel quando falamos de contato com fogo e líquidos. Com tudo, ainda há margem para estudos nas ciências dos materiais para aperfeiçoamento desses métodos.

Figura 11 – Estruturas internas e modelo biomimético de papel reciclado inspirada no favo de mel.



Adaptado de: BORSELLINO, C. DI BELA, G. 2009

Outro ponto que pode ter bastante ênfase são mecanismos para evitar colisões, algo que gera enormes prejuízos todos os anos no mundo, e foi pensando nisso que a neurobióloga Clare Rind da Universidade de Newcastle, pensou em estudar o mecanismo natural que as lagostas possuem para que elas evitem colisões enquanto se movimentam [13], seus estudos na área fizeram a montadora Volvo, pensar em utilizar essa capacidade para criar sensores capazes de evitar os acidentes de trânsito, tudo isso se baseia em um sistema capaz de detectar possíveis objetos que possam colidir com o veículo e assim com a ajuda de um sistema interligado gerar uma tática evasiva eficaz.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no que já foi abordado, podemos ver que a indústria automobilística tem uma importância muito grande para a sociedade, pois, movimenta a economia dos países em que está situada, gerando emprego e satisfazendo as necessidades dos seus consumidores. Toda essa importância vem acompanhada dos problemas que a mesma causa para realizar suas atividades esses constantes problemas que aparecem podem ser resolvidos com estudos específicos nas mais variadas áreas.

Percebendo isso o biomimetismo aparece como uma opção muito interessante para solucionar as indigências da indústria. Por mais que já existam diversos estudos sobre a biomimetica, podemos ver que ainda estamos em estado embrionário, e que a natureza ainda pode nos dar diversas saídas, basta que consigamos observar todo o potencial que ela possui após milhões de anos de evolução. Sendo assim, podemos definir a biomimetica como o futuro das pesquisas, já que a natureza sempre continua de pé mesmo quando submetida a diversas dificuldades, sempre arrumando uma solução adequada independente dos fatores causadores.

Portanto, sabendo que a evolução sempre vem acompanhada de novos desafios faz-se necessário continuar a realizar estudos no campo da biomimetica, para que possamos superar quaisquer obstáculos que possam surgir sempre gerando um menor impacto ambiental e obtendo uma maior eficiência.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRITANNICA. **Nicolas-Joseph Cugnot**. 2020. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Nicolas-Joseph-Cugnot/additional-info#history>>. Acesso em 15 de setembro de 2021.
- [2] RAMOS, Jefferson Evandro Machado. **História do Automóvel**. Sua Pesquisa, 2020. Disponível em: <<https://www.suapesquisa.com/cienciastecnologia/carrosantigos/>>. Acesso em: 21 de julho de 2021
- [3] FELDMAN, Boris. **Primeiro carro do mundo gerou a mentira do século**. Autopapo, 2018. Disponível em: <<https://autopapo.uol.com.br/noticia/daimler-benz-mentira-seculo/>>. Acesso em: 27 de julho de 2021.
- [4] MENDONÇA, Camila. **SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL**. Educa + Brasil, 2018. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/historia/segunda-revolucao-industrial>>. Acesso em: 29 de julho de 2021.

2021.

- [5] BENYUS, Janine M. **Biomimicry: Innovation Inspired by Nature**. New York: Harper Perennial, 1998
- [6] BIOMIMICRY INSTITUTE. **Biomimicry Institute: O que é a biomimetica?**. © 2021. Compreendendo a Biomimetica. Disponível em < <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2021
- [7] THOMPSON, B. S., GANDHI, M. V., KASIVISWANATHAN. S. **An introduction to smart materials and structures**. Vol. 13. Butterworth-Heinemann Ltd, 1 FEBRUARY 1992
- [8] Orth, Cíntia Madureira, Baldin, Nelma e Zanotelli, Cladir Teresinha. **A geração de resíduos sólidos em um processo produtivo de uma indústria automobilística: uma contribuição para a redução**. Gestão & Produção [online]. 2014, v. 21, n. 2 [Acessado 15 Junho 2021] , pp. 447-460. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-530X707>>. Pub. 10 Jul 2014. ISSN 1806-9649.
- [9] BIOMIMICRY INSTITUTE. **Olhando para a lagartixa em busca de respostas: a Ford tem parceria com o Biomimicry Institute**.2015. Disponível em: < <https://biomimicry.org/looking-gecko-answers-ford-partners-biomimicry-institute> >. Acesso em: 05 de outubro de 2021.
- [10] MERCEDES-BENZ. **The Mercedes-Benz Bionic Car as a Concept Vehicle**. 2005. Disponível em: < <https://www.mercedes-benz-media.co.uk/en-gb/releases/223>> . Acesso em: 07 de outubro de 2021.
- [11] JAGUAR. **Conheça a biomimética, um conceito que ajuda na inovação**. (s.d). Disponível em:< <https://www.jaguarbrasil.com.br/news/biomimetica-o-conceito-que-ajuda-a-Jaguar-a-inovar.html>>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.
- [12] BORSELLINO, C. DI BELA, G. **Cellular structures reinforced with paper for automotive application**. Messina, Italia. Universidade da Messina, 2009.
- [13] FAVRET, Eduardo Alfredo. **Biomimética, tecnología inspirada en la naturaleza**. Instituto de Suelos, 2016.
- [14] DAUDT, Gabriel, WILLKOX, Luiz Daniel. **Industria Automotiva: Agendas Setoriais para o desenvolvimento**. BNDES, 2018, P. 183-208. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167_industria_automotiva_compl_P.pdf>. Acesso em: 13 de novembro de 2021