

## Robotics and biomimetics: technology combined with nature

### Robótica e biomimética: a tecnologia aliada à natureza

Ney Robinson Salvi dos Reis<sup>1</sup>, Lucia Helena Ramos de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

salvireis@gmail.com, lucia@estudiopv.com

Recebido: 4/12/2019

Aceito: 8/12/2019

Publicado: 13/12/2019

**Abstract:** *Robotics and biomimetics, fields of science and techniques, are increasingly interdisciplinary. Inspired by nature, by imitation or suggestion, various inventions thought and developed. Studying its principles, models and processes, problems are solved, another new look is cast on the established. To borrow its solution from nature, there are the mechanisms, the schedules - to generate materiality about what already been observed. Two robots developed from observations of the nature and mechanical development of their solutions. The robots GIRINO and Chico Mendes - both designed and developed to meet environmental demands. Nature lends and gets back, by science and technique, due care.*

**Keywords:** *Environmental robots. Bioinspired robots. Innovation and nature knowledge.*

**Resumo.** *A robótica e a biomimética, campos da ciência e das técnicas, cada vez mais se interdisciplinam. E inspiradas na natureza, por imitação ou sugestão, várias invenções são pensadas e desenvolvidas. Estudando seus princípios, modelos e processos, problemas são solucionados, outro novo olhar é lançado sobre o estabelecido. E para pegar emprestado da natureza sua solução, há os mecanismos, as programações - para gerar materialidade sobre o já observado. Dois robôs foram desenvolvidos a partir de observações da natureza e do desenvolvimento mecânico de suas soluções. Os robôs GIRINO e Chico Mendes – ambos criados e desenvolvidos para atender demandas ambientais. A natureza emprestando e recebendo de volta, pela ciência e pela técnica, o devido cuidado.*

**Palavras-chave:** *Robôs ambientais. Robôs bioinspirados. Inovação e conhecimento da natureza.*

## 1. Robótica

A robótica é um dos ramos da tecnologia - mais especificamente no domínio das engenharias (englobando mecânica, elétrica, eletrônica, automação, controle e computação)-, que lida preferencialmente com sistemas compostos por máquinas e partes mecânicas automáticas e controlados por dispositivos mecânicos e/ou circuitos integrados (micro-processadores), tornando sistemas mecânicos motorizados, controlados manual ou automaticamente por circuitos elétricos, por computadores ou tele operados. Esta tecnologia e suas disciplinas correlatas vem já há algum tempo sendo adotada como padrão de produção em unidades fabris com sucesso relativo e restrito aos conceitos: índices de produtividade e redução de custos. Por outro lado, a implantação de linhas de produção automatizadas tendo os robôs industriais como peças chave por muitas fábricas/indústrias traz também questões relevantes sobre desumanização da produção com a conseqüente redução de vagas no mercado de trabalho devido à substituição de mão-de-obra humana por máquinas. (REIS, 2010).

Na prática, um robô é um dispositivo autônomo ou semi-autônomo que realiza trabalhos de acordo com um controle humano, controle parcial com supervisão, ou de forma autônoma. Além de serem usados como redutor de custos pela indústria, entende-se que a grande vocação para os robôs fica por conta da realização de tarefas em locais inóspitos ou impróprios a presença do ser humano. Locais mal iluminados, ruidosos, alagados, poluídos ou contaminados quimicamente, ambientes radioativos, hiper ou hipobáricos; todos são candidatos a um planejamento especial contando com tais sistemas. Como os robôs especialistas que podem atuar desde uma missão em Marte ou para inspeção e desobstrução de galerias de esgoto. (REIS, 2010).

Com a evolução das tecnologias correlatas que compõe tal estudo, bem como a rápida miniaturização de componentes mecânicos e eletrônicos, várias outras aplicações também mereceram desenvolvimentos robóticos. Entre elas podemos citar: o tratamento de lixo tóxico, exploração subaquática e espacial, cirurgias pouco invasivas, mineração, busca, localização e resgate de pessoas em situações de sinistro e contingência. Os sistemas robóticos podem ser vistos também nos inúmeros parques temáticos e outros ramos da indústria do entretenimento, isto sem se considerar os atuais eletrodomésticos e robôs de companhia e auxílio a deficientes e pessoas enfermas e idosas. (REIS, 2010).

É interessante observar que, do mesmo modo que existem inúmeras definições a cerca da robótica podemos encontrar também vários registros sobre os “criadores” e os “pais” da tecnologia, ou mesmo quem foi o inventor/criador ou ainda o primeiro a utilizar os termos: robô e robótica. (PATA, 2006). O termo robô tem origem numa peça teatral intitulada *RUR* – “*Rossum's Universal Robots*” (Os robôs universais de Rossum) do dramaturgo Karel Čapek (1890-1938), a partir da palavra checa *robota*, que significa “trabalho forçado”. A peça, de 1921, conta a história de um cientista Rossum (e seu filho) que criam autômatos humanóides obedientes para que realizem todo o trabalho físico para o homem. Porém, os robôs rebelam-se contra seus criadores. (MARTINS, 1993).

O conceito de robô vem desde quando os mitos já falavam em mecanismos “vivos”. E no ocidente, na civilização grega, já eram citados modelos do que poderiam ser chamados de robôs, eram figuras de aparência humana ou animal, e imitavam seus movimentos

utilizando conjunto de cabos, jogos de roldanas, sistemas de pesos e contra pesos, e até sistemas de bombas pneumáticas e hidráulicas. Seriam autômatos, ou “os que agem por conta própria”. Heron de Alexandria, engenheiro, século I d.C., faz a descrição de vários desses autômatos. (AUTÔMATO, 2020).

E cientistas árabes, como Al-Jazari (séc. XIII), deram grande contribuição ao conceito de automatismo, concentrando suas pesquisas e projetos no objetivo de atribuir funções aos autômatos que fossem ao encontro das necessidades humanas. Ou seja, são autômatos humanóides complexos programáveis como descreve no seu "Livro do Conhecimento de Dispositivos Mecânicos Engenhosos", em 1206 (AUTÔMATO, 2020).

Leonardo Da Vinci (1452-1519), em um de seus esboços datado de 1485 (séc. XV) apresenta o que será designado como o primeiro robô da história, chamado de cavaleiro de Leonardo ou o robô de Leonardo. Muito provavelmente influenciado tanto pelas suas investigações em anatomia humana, mas também pela obra do arquiteto e engenheiro romano Marcos Marcos Vitruvius Polião (século I a.C.) - como mostra em seu trabalho símbolo do espírito renascentista - o Homem Vitruviano. Esses estudos permitiram a investigação dos movimentos anatômicos e a criação de articulações mecânicas, base para um robô antropomórfico. Em 1999, foi criado um robô destinado a diagnosticar e operar. Controlado por um médico e/ou um grupo de especialistas, foi projetado para fazer cirurgias com abordagem intrusiva mínima e à distância. É o robô Da Vinci, ou sistema cirúrgico Da Vinci, homenagem ao gênio renascentista. (MENZEL, 2000).

No século XVIII, o francês Jacques de Vaucanson (1709-1782), inventor e engenheiro, se destacou, criando vários autômatos, entre eles um pato digestor mecânico e tocadores de pandeiro e flauta, como relatado em seu livro O mecanismo do agitador automático, em 1738. Ele também criou o primeiro tear totalmente automatizado, que para tecer diferentes tramas utilizava cartões perfurados. Porém, o tear de Vaucanson não agradou os trabalhadores tecelões, levando a greves e distúrbios. A idéia era engenhosa e sólida, e funcionava, apesar de construção cara para a época. Mas tempos depois Joseph Marie Jacquard (1752-1834) redescobriu e aperfeiçoou o trabalho de Vaucanson: e um novo tear revolucionou toda a indústria têxtil mundial. (VAUCANSON, 2019).

No período da chamada revolução industrial, no século XVIII, as fábricas, antes manufaturas, terão, além de trabalhadores, as máquinas - agora capazes de realizar e reproduzir algumas tarefas, automaticamente. O tear mecânico de Jacquard e seus cartões inspiraram Charles Babbage (1792-1871) a criar o calculador analítico, que contará com a programação de Ada Lovelace (1815-1852), a primeira programadora da história. O cartão perfurado será utilizado pelo americano Herman Hollerith (1860-1929) na sua máquina elétrica de classificação mecânica. Criada em 1884, para calcular estatísticas demográficas, foi um incrível avanço para a época. Com tanto êxito, a Tabulating Machine Company foi vendida para a International Business Machines – a IBM. Aplicações lucrativas para a máquina Hollerith foram descobertas em diversos setores da indústria e em muitos países. Inclusive através da sua subsidiária, a Dehomag, para a Alemanha nazista. (VICENTE, 2005).

No entanto, todas essas invenções ainda não eram robôs. Os primeiros “robôs” mecânicos, serão criados entre 1925 e 1930. O mais famoso entre esse será Elektro, de 1937, e

construído pela empresa Westinghouse Electric Corporation - era tele-operado e apresentado em feiras, exposições e eventos. A criação de robôs só foi realmente possível com a invenção do computador. O que aconteceu em 1937, com os engenheiros americanos Howard Aiken (1900-1973) – que se inspirando em Babbage, projetou o Mark I, um computador eletromecânico, para a IBM; e George Stibitz (1904-1995) – o modelo K, primeiro computador digital elétrico e com operação remota, para o Bell Lab; e quase simultaneamente, em 1938, pelo engenheiro alemão Konrad Zuse (1910–1995) - criou e construiu o Z1, computador eletromecânico e digital, a primeira máquina binária programável do mundo, o sistema de entrada e de saída de dados usava cartões perfurados. (ROBÔ, 2019).

Em 1948, o neurofisiologista e roboticista Willian Grey Walter constrói um dos primeiros robôs autônomos, as tartarugas Elmer, Elsie e Cora, com circuitos analógicos – contrariando cientistas como Alan Turing (1912-1954) e John Von Neumann (1903-1957), que defendiam o uso da computação digital. Com suas máquinas e experimentos, Grey Walter inspirou gerações, e suas tartarugas serviram de protótipo para toda uma família de animais eletrônicos construídos por amadores de rádio, organizações científicas estudantis, círculos de jovens técnicos, laboratórios científicos, em vários países. Como o “Teseu cibernético”, um rato criado por Claude Shannon (1916-2001, o “pai do bit”, em 1948. (KONDRATOV, 1976).

Mas o primeiro robô comercial automático e de uso industrial será criado, em 1954, pela Unimation, empresa do inventor George Devol (1912-2011) e do empreendedor e inovador Joe Engleberger (1925-2015). O Unimate, um braço robótico industrial fixo, patenteado em 1961, foi instalado em uma fábrica de automóveis da General Motors, em Nova Jersey. (MENZEL, 2000). A partir de então, foram muitos os esforços e recursos colocados a disposição de tal promissora tecnologia: a robótica.

O termo robótica foi cunhado pela primeira vez pelo cientista e escritor Isaac Asimov (1920-1992), num conto de ficção científica com o título de *"Runaround"*, escrito em 1941 e publicado em 1942. Na trama, o termo referia-se ao estudo e utilização de robôs, e parte da diversidade de disciplinas e objetos envolvendo uma nova forma de atuação no mundo. O livro era “Eu, Robô”, onde serão apresentadas as Três Leis da Robótica como parâmetros de comportamento relacionando humanos/robôs: 1ª lei: um robô não pode fazer mal a um ser humano e nem, por inação, permitir que algum mal lhe aconteça; 2ª lei: um robô deve obedecer às ordens dos seres humanos, exceto quando estas contrariarem a primeira lei; 3ª lei: um robô deve proteger a sua integridade física, desde que com isto não contrarie as duas primeiras leis. Mais tarde foi introduzida uma "lei zero": “um robô não pode fazer mal a humanidade e nem, por inação, permitir que ela sofra algum mal”. (ASIMOV, 1972). Desse modo, o bem da humanidade é primordial ao dos indivíduos e um robô não pode ter poder de escolha, exceto que seja para salvar vidas humanas e que com isto não contrarie as duas primeiras leis. (REIS, 2010).

Em 1950, primeira metade do século XX, quando a obra foi escrita por Asimov, poucas preocupações e ações humanas consideravam a manutenção do ambiente, e o planeta era encarado como uma fonte de recursos infinitos. Diante das importantes mudanças causadas a partir da industrialização e do recente movimento surgido na sociedade para reverter as consequências nefastas de tal comportamento, estamos num outro momento. Por isso, uma

licença poética: a proposta de atualização da primeira lei, para que passe a ser assim formulada: 1ª lei: Um robô não pode fazer mal a um ser humano, tão pouco ao ambiente em que ira atuar, e nem, por inação, permitir que algum mal lhes aconteça. (REIS, 2010).

## 2. Biomimética: a natureza como inspiração

Estudar, utilizar, imitar e adaptar aspectos da natureza tem sido um processo que sempre há guiado a humanidade na busca de informações e conhecimentos. (ARRUDA et al., 2019).

Biomimética é a ciência que estuda os modelos, padrões e processos da natureza, imitando-os e inspirando-se neles. Inaugura com isso uma nova relação da ciência com a natureza: baseada não no que pode ser extraído dela ou mesmo estudado sobre ela, mas o que pode ser aprendido com ela. E tendo a natureza como modelo, medida e mentora, adquirir esse conhecimento para resolver problemas humanos. A designação desta nova ciência provém da combinação das palavras gregas *bios*, que significa vida e *mimesis* que significa imitação. A biomimética é a imitação da vida (BENYUS, 1997).

Para citar um exemplo prático, a invenção do robô Chico Mendes (REIS, 2010). Alguns insetos conseguem caminhar sobre a superfície da água, que se comporta como uma película tensa e elástica, apenas deformada nos pontos onde se apóiam as patas do inseto. Essa propriedade dos líquidos, chamada tensão superficial, é devida às forças de atração que as moléculas internas do líquido exercem junto às da superfície. As moléculas situadas no interior de um líquido são atraídas em todas as direções pelas moléculas vizinhas e, por isso, a resultante das forças que atuam sobre cada molécula é praticamente nula. (TENSÃO SUPERFICIAL, 2019).

No início da pesquisa, pela falta de referências, trabalhou-se com um grau bastante alto de empirismo, porém com a certeza de que seria possível estabelecer cooperação entre assuntos relativos à robótica e a biologia como complementares a fim de conseguir os resultados esperados. Destacadas algumas das espécies, a busca seria por descobrir particularidades funcionais e arquitetônicas interessantes do ponto de vista mecânico, como é o caso de alguns insetos caseiros donos de grande desempenho de locomoção e robustez mecânica (REIS, 2010).

Mesmo encontrada uma boa arquitetura, sua replicação para um dispositivo mecânico de locomoção não seria trivial e muito menos imediata. O tamanho do desafio era conhecido. Por exemplo, o número de juntas e partes móveis apresentadas por um determinado ser vivo necessitou muito tempo para que fosse desenvolvido pela natureza. A evolução é contínua, porém o que se busca é capturar –como numa fotografia– o momento atual do desenvolvimento e usar este estágio como exemplo para desenvolver um sucedâneo mecânico.

Para absorver e materializar mecânica e funcionalmente tal conceito é necessário que se lance mão de outros conhecimentos e soluções para o que a robótica ou mecatrônica podem ajudar, além de soluções e mecanismos clássicos de comprovada eficiência. Muitas vezes, por conta de características construtivas e funcionais (tamanho, força, ângulos e

deslocamentos envolvidos) e das tecnologias e equipamentos disponíveis, esta replicação se faz impossível (REIS, 2010).

### **3. Biomimética e robótica ambiental**

A Robótica tem um grande potencial como ferramenta multi e transdisciplinar, religando as fronteiras anteriormente estabelecidas entre várias disciplinas. Porém, não por maldade, algumas pessoas associam robôs a brinquedos imitando seres humanos, com nariz e olhos piscando e emitindo voz estranha. Outras tantas, talvez por causa dos filmes recheados de efeitos especiais, os consideram como algo futurista e a serviço de povos alienígenas sem sentimentos e ligados à destruição. Na maioria das vezes, a indústria também contribuiu para esta desinformação, uma vez que considera como uma estratégia de marketing a ênfase na busca em “recriar” o homem, via a construção de humanoides (REIS, 2010).

Mesmo com os avanços científicos e tecnológicos ainda cabe a questão: O que vem a ser a robótica, e como utilizar seu domínio de conhecimento? Existem inúmeras filosofias de trabalho que exploram soluções bem simples que, à luz das definições mais tradicionais, não poderiam ainda ser consideradas um robô. No entanto, algumas definições mais recentes podem nos levar a dizer que um liquidificador é um robô: um robô utilitário (REIS, 2010).

Na busca do atendimento aos princípios norteadores qual seja a junção da robótica com a biomimética para propor algo que lide com tais cenários de modo mais eficiente e sustentável, verifica-se uma convergência com a Associação de Automação e Robótica Australiana (ARAA) que diz não existir definição padrão para robô. A associação, no entanto, sugere 3 (três) características essenciais para um robô: 1. possuir alguma forma de mobilidade; 2. ser programável para realizar tarefas diversas; 3. operar automaticamente após ser programado. No entanto, por questões de segurança e confiabilidade, acrescentaremos uma quarta característica fundamental: ser tele-operado (REIS, 2010).

#### **3.1. O robô G.I.R.I.N.O.**

O robô G.I.R.I.N.O. (Gabarito Interno Robotizado de Incidência Normal ao Oleoduto) é um robô desenvolvido pelo Laboratório de Robótica da área de Tecnologia Submarina do Centro de Pesquisa da Petrobrás, que visa procurar vias menos arriscadas no processo de inspeção interna de dutos, cujos movimentos de deslocamento são gerados por energia hidráulica. (PANTA, 2005).

Capaz de caminhar pelo interior de dutos sem auxílio de diferencial de pressão, usando meios de propulsão próprios, o robô GIRINO atua de modo tele-operado. Criado e desenvolvido para atuar em intervenções para reparo e tratamento de malha de dutos, prioritariamente para aplicação na indústria de petróleo e gás, pode ser utilizado em outras aplicações de mesma natureza em dutos. A motivação veio de um caso crítico de entupimento em um oleoduto ocorrido na bacia de Campos, em 1997. A inspiração veio da natureza, a partir da observação de girinos – ou melhor, na facilidade com que se deslocavam nas poças de água. Para entender melhor o movimentos dos anuros:

À medida que vão crescendo, os anuros adotam diferentes meios de locomoção. Antes de desenvolver os quatro membros definitivos da etapa adulta, a larva vive em áreas com água parada, como lagos e charcos, ou em água corrente, como riachos. Nestes meios os girinos usam uma cauda para tomar impulso dentro da água. Na passagem da vida aquática à vida terrestre, o crescimento das extremidades dá um movimento peculiar a estes animais. Primeiro, seu corpo alongado se estende na direção de translação, se apoiando nas patas traseiras. Nesta posição os membros anteriores se fixam na superfície, enquanto os posteriores ficam livres. A seguir o organismo se retrai assumindo o aspecto inicial, porém em uma posição diferente. Esta simples sucessão de movimentos apontou o nascimento de uma tecnologia em pleno desenvolvimento: o Gabarito Interno Robótico de Incidência Normal ao Oleoduto - GIRINO. (PANTA, 2005)

### 3.2. O robô ambiental híbrido Chico Mendes

O robô Chico Mendes é um novo conceito de veículo híbrido, tele-operado. Desenvolvido prioritariamente para atender as demandas de pesquisa e monitoramento socioambientais na Amazônia, também pode ser considerado como uma alternativa de locomoção para a região amazônica. Versátil, pouco invasivo, reconhece e se adapta aos diferentes tipos de cenários e obstáculos ao longo de seus trajetos e missões – características fundamentais para mobilidade e acessibilidade na região. Suas rodas foram inspiradas em alguns insetos flutuadores, elas se adaptam e “vencem” os mais diferentes tipos de solo. O robô interage e se locomove sobre diferentes composições de substratos (água, graminha flutuante, macrófitas, galhos e troncos de árvores, lixo sobrenadante, areia, lama, pedras e regiões de solo compactado). É independente das condições de sazonalidades, isto é, variações marcantes no nível das águas provocadas pelos períodos de cheia, vazante, seca e enchente. (REIS, 2010).

Sua criação e desenvolvimento foram provocados pela dificuldade de acesso às margens dos rios e igarapés na região amazônica, nas áreas de várzeas alagadas, nas épocas sazonais da região, enfrentadas pelas equipes de pesquisadores socioambientais do projeto Cognitus/Piatam/Petrobras. E a maior parte do seu desenvolvimento teve a natureza como inspiração.

O robô ambiental híbrido “é a robótica evolucionária que está em curso [...], constituindo-se numa nova cultura baseada nas tecnologias da interface homem-máquina que irão monitorar em tempo real os ecossistemas complexos”, como o sistema amazônico (CARRIL, 2007).

## 4. Conclusões

No mundo moderno, sempre que a sociedade se defronta com situações onde o ambiente pode ser classificado como hostil à presença do ser humano, são desenvolvidos artefatos com o intuito de aumentar a capacidade adaptativa do homem a este cenário. Historicamente, isso se dá em um processo de tentativa e erro cercado de toda espécie de dificuldades. Consideradas até então como “de ponta”, as tecnologias estudadas dentro das disciplinas da Robótica tem sido desenvolvidas para situações em ambientes estruturados cujas características principais são: presença de poucos ou quase nenhum desníveis ou acidentes topográficos, disponibilidade de sensores [ou rede deles] estrategicamente

instalados, guias/marcações preestabelecidas, referências firmes e limites facilmente identificados, etc.

Tais tecnologias podem e devem somar-se aos estudos e conhecimentos já conseguidos no campo da Biomimética e, juntas, formar uma nova família de desenvolvimentos onde as especificações e diretrizes primeiras dialoguem com as necessidades locais. A busca em emprestar da natureza algumas características que já deram certo é um enorme passo. O desafio fica por conta da transposição de tais dotes para um artefato industrial como no desenvolvimento de um robô.

Com a massiva miniaturização dos componentes mecânicos, elétricos, eletrônicos, de controle e supervisão, sistemas de visão e transmissão de dados, a utilização da robótica como parte de solução pode ampliar significativamente o repertório de soluções a serem desenvolvidas. Pode ainda promover a integração entre diferentes áreas do conhecimento na busca de soluções para problemáticas e onde profissionais de outras disciplinas possam interagir de modo complementar, para benefício de todos.

## **Financiamento**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## **Referências**

ARRUDA, A.; LAILA, T.; ROBERTO, A.; LIBRELOTTO, L.; FERROLI, P. Organizadores. **Tópicos em design: Biomimética, sustentabilidade e novos materiais**. Curitiba, PR : Insight, 2019.

ASIMOV, I. **Eu, Robô**. Trad. de Luiz Horácio da Matta. 9ª Edição. Expressão Cultural: Rio de Janeiro, 1972.

AUTÔMATO. In: **Wikipédia: a enciclopédia livre**. Wikimedia, 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Autômato>> Acesso em: 10 Fev 2020.

BENYUS, J.M. **Biomimética: inovação inspirada pela natureza**. Trad. de Milton Chaves de Almeida. Pensamento-Cultrix: São Paulo, 1997.

CARRIL, C. **Cultura tecnológica sustentável: estudo de caso do Projeto Cognitus**. São Paulo : Editora Anhembi Morumbi. 2007.

KONDRATOV, A. **Introdução à cibernética**. Trad. Rui de Nazaré. Presença/Martins Fontes : Portugal/Brasil, 1976.

MARTINS, A. **O que é robótica**. Brasiliense : São Paulo, 1993.

MENZEL, P.; D'ALUISIO, F. **Robô Sapiens: evolution of the new species.** Massachusetts Institute of Technology - MIT Press : Cambridge, 2000.

PANTA, P.E.G. **Monitoração de Robô de Inspeção Interna de Oleodutos – GIRINO.** Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, 2005.

PATA, A. S. O.; Et all. **TFC em Sistemas Tecnológicos: Robô Ambiental Híbrido,** Dezembro 2006. Universidade Católica Portuguesa, Porto.

TENSÃO SUPERFICIAL. In: **Wikipédia: a enciclopédia livre.** Wikimedia, 2019. Disponível em <[https://pt.wikipedia.org/wiki/tensão\\_superficial](https://pt.wikipedia.org/wiki/tensão_superficial)>. Acesso em: 10 Fev 2020.

ROBÔ. In: **Wikipédia: a enciclopédia livre.** Wikimedia, 2020. Disponível; <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Robô>>. Acesso em; 10 Fev 2020.

VAUCANSON. In: History-computer: Dreamers. History Computer, 2019. Disponível em <<https://history-computer.com/Dreamers/Vaucanson.html>>. Acesso em: 10 Fev 2020..

VICENTE, K. **Homens e máquinas.** Tradução de Maria Inês Duque Estrada. Ediouro : Rio de Janeiro, 2003.