

Robótica

J. A. M. Felipe de Souza

1. - Introdução aos robôs

Os componentes electrónicos.

Os robôs.

A definição de robô.

Os robôs na literatura.

A Robótica na literatura.

Os robôs no cinema.

A Robótica na realidade.

Cibernética.

Os manipuladores e os robôs móveis na indústria.



Robô da série de TV *"Perdidos no Espaço"* dos anos 60's.

Introdução aos robôs

Os componentes electrónicos.



Na primeira metade do século XX as válvulas electrónicas de vácuo que eram usadas nos aparelhos eléctricos e electrónicos desde *rádios*, *televisores*, *telefones*, até nos computadores electrónicos.

Fig. 1 - Uma *válvula electrónica* de vácuo.

Estas válvulas electrónicas de vácuo apresentavam grandes problemas:

- *aqueciam* em demasiado;
- *consumiam* muita energia;
- eram *lentas*;
- *queimavam* com frequência.

Na década de 1950 os transístores se tornaram comum e passaram a ser usados em tudo.

Os transístores eram pequenos e vieram substituir estas válvulas electrónicas de vácuo.

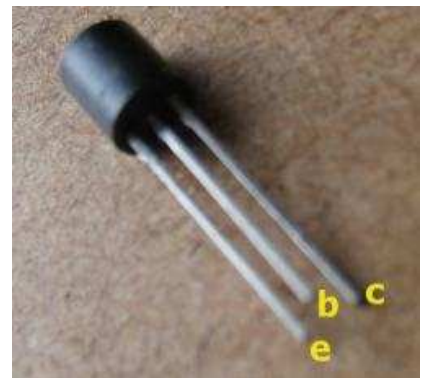


Fig. 2 - *Transístor*.

Entretanto os transístores não eram ainda suficientemente pequenos.

Havia um limite de quão pequeno se poderia fazer um transístor pois eles tinham que ser conectados com fios à outros componentes electrónicos do circuito.

Surgiram então os circuitos integrados em 1958.

Com os *circuitos integrados* o circuito todo fica num simples “*chip*”.

A velocidade e a eficiência dos computadores aumentaram drasticamente com a introdução dos *circuitos integrados*.

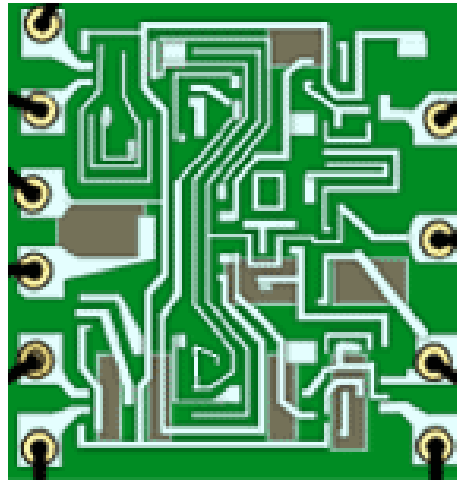


Fig. 3 - Um *circuito integrado* dos anos 70's.

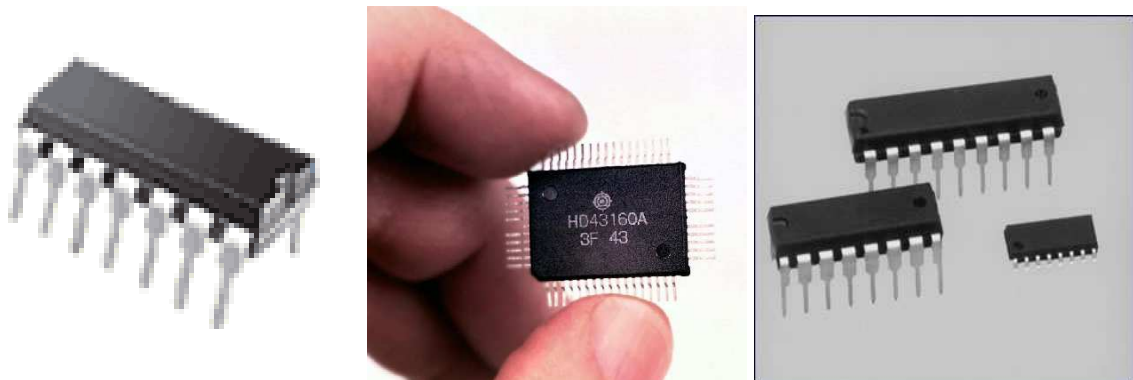


Fig. 4 - *Circuitos integrados* actuais.

Nesta época surgiu o termo "*software*".

Mas em 1970 a INTEL Corporation lançou no mercado um tipo novo de circuito integrado: o *microprocessador*.

Estes chips concentravam todos os componentes principais de um computador: a *CPU (Central Processing Unit)* ou *Unidade Central de Processamento*; a memória; e os controlos de entrada / saída (input / output).

A partir de então surgem os *microcomputadores* e empresas como a Microsoft, em 1975, a Digital Research Incorporation, em 1976 e a Apple em 1977.

Logo surgem outros *microcomputadores*, menores e mais baratos. Assim os usuários individuais também começaram a ter acesso à computadores.

Começa a era dos PC's.

O termo PC surgiu em 1981 com o IBM-PC (IBM *Personal Computer*).

E em 1984 a Apple introduziu o Macintosh.



Fig. 5 - Dois IBM-PC de 1981 (à esquerda) e dois Apple-Macintosh de 1984 (à direita).

A medida que estes *microcomputadores* se tornavam mais potentes, foi possível para eles ligarem-se em rede e isso veio por fim dar origem à *Internet*.

Mas os *microprocessadores*, foram ficando ainda mais avançados com as técnicas de miniaturização de circuitos.



Fig. 6 - Os *microprocessadores* Intel 386 e 486.

O *microprocessador*, ou simplesmente o “*processador*” é o responsável pelo “*pensamento*” do computador, determina a capacidade de processamento do computador e também o código de máquina que ele compreende (e, portanto, os programas que ele é capaz de executar).

Um “*processador*” é basicamente uma *CPU* num *chip*.

Microprocessadores não são usados apenas em computadores.

Eles invadiram muitas áreas em produtos do nosso dia a dia.

Equipamentos eléctrico/electrónicos modernos como: *câmaras digitais, máquinas fotocopiadoras, máquinas de lavar, forno microondas, telefones, etc.*, todos hoje têm *microprocessadores*.

Esses *processadores* continuaram a evoluir nos anos 90's com uma maior miniaturização ainda e a preços cada vez mais acessíveis.

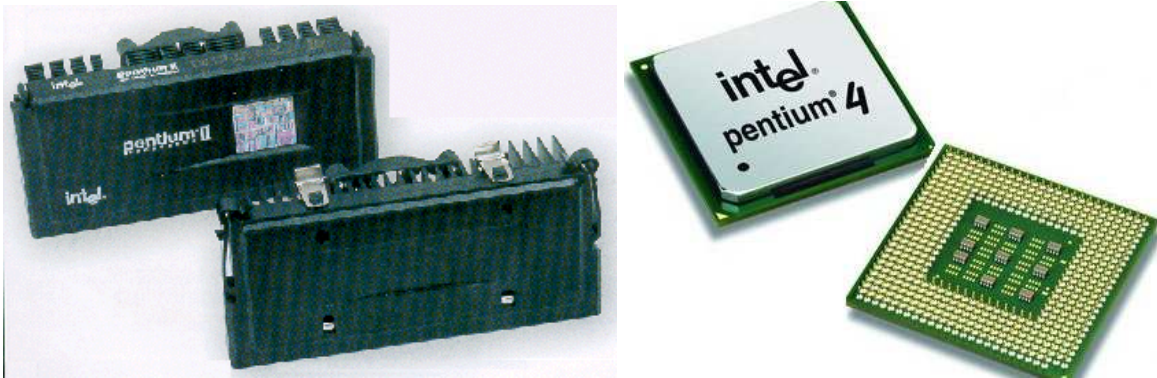


Fig. 7 - Os *processadores* Pentium II (à esquerda) e Pentium IV (à direita).

A redução dos custos de produção e do volume dos componentes permitiram a aplicação destes computadores nos chamados sistemas embutidos, que controlam

- *aeronaves*;
- *embarcações*;
- *automóveis*; e
- *robôs (industriais e não industriais)*.

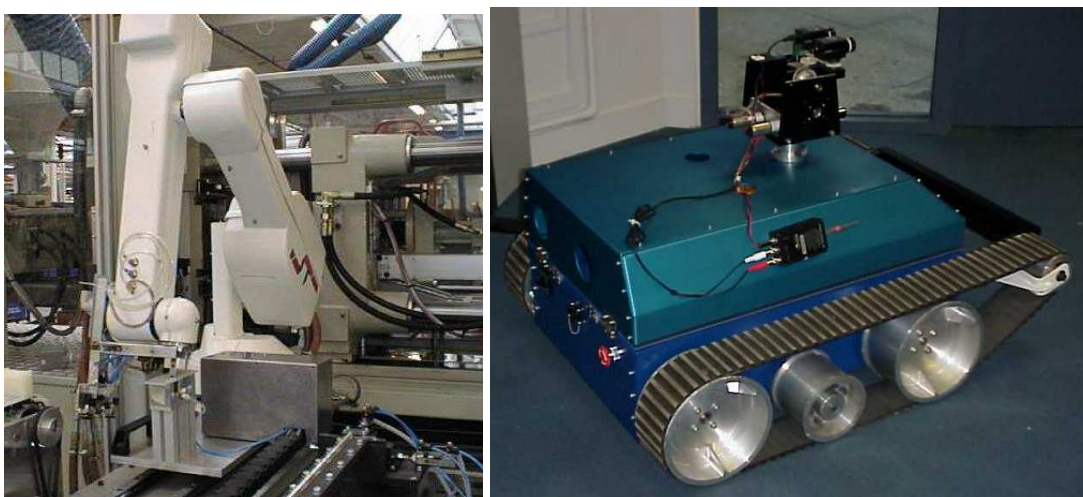


Fig. 8 - Um *robô industrial* (à esquerda) e um *robô móvel* (à direita).

Os robôs.

Através dos séculos o homem tem buscado novas formas de melhorar os seus processos produtivos.

A partir da segunda metade do século XX a tecnologia se desenvolveu e permitiu automatizar estes processos.

Surgiram conceitos como “*robô*” e “*inteligência artificial*”.

Mas levou cerca de 40 anos para os robôs estarem presentes em força nos processos industriais.



Fig. 9 - *Robôs* de hoje numa linha de produção.

Os primeiros robôs verdadeiros surgiram no final dos anos 50, início dos anos 60.

Eles vieram na sequência do desenvolvimento dos *transístores* e dos *circuitos integrados*.

Os *braços industriais* (ou *manipuladores robóticos*) modernos aumentaram sua capacidade e desempenho com o uso de *microprocessadores* e linguagens de programação mais avançadas à partir da década de 1980.

Estes avanços foram obtidos em parte graças aos grandes investimentos das empresas automobilísticas.



Fig. 10 - *Robôs* na linha de produção na indústria automóvel.

Há uma grande variedade de robôs e cada robô pode ter diferentes funções programadas.

Existem robôs:

- na **indústria**;
- de **uso doméstico**;
- de **ajuda médica**, em **hospitais**;
- para **trabalhos perigosos** ou em **zonas de risco** como:
 - para **desmontar bombas**;
 - entrarem em **locais radioactivos**;
 - salvar pessoas em **incêndios**, **terramotos** e outras **catástrofes**;
- para irem no **fundo do mar**;
- etc.

Os robôs são chamados “**humanóides**” quando têm características semelhantes às humanas.

Na Fig. 11 aparecem dois **robôs humanóides** japoneses, um que se movimenta com rolagamentos (à esquerda) e outro bípede (à direita).

No capítulo 4 voltaremos a falar nos “**robôs humanóides**”.

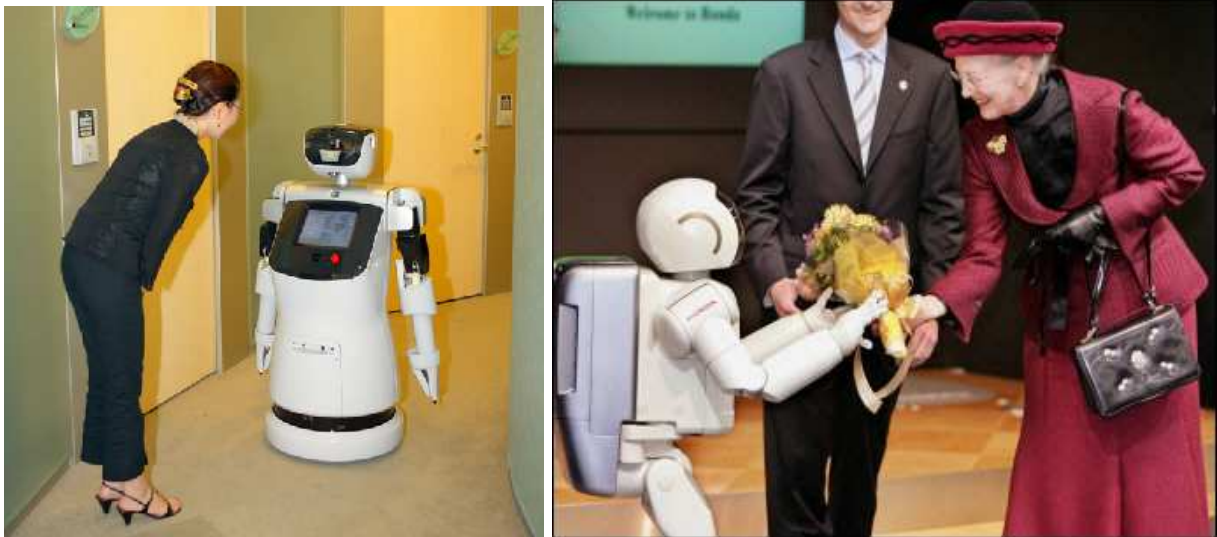


Fig. 11 - *Robôs humanóides*.

Por outro lado, os robôs são chamados de “andróides” quando que se assemelham com pessoas.

O feminino de “andróide” é “ginóide”, mas entretanto é muito pouco usado.

O termo “andróide” é frequentemente usado em referência a robots de ambos os “sexos”.



Fig. 12 - *Robôs andróides*: do filme Terminator 2, Arnold Schwarzenegger no papel de um *andróide* (à esquerda e à direita em cima) e do filme Terminator 3, T-X, a *robô girl*, isto é, a *garota robô* (à direita em baixo).

Os *robôs andróides* na verdade são uma criação da ficção científica e ainda estão muito longe de ser uma realidade.

A definição de robô.

O termo *robô* vem originalmente do idioma checo '*robota*', que significa "*trabalhos forçados*".

Ele foi criado por *Karel Capek* (1890-1938), escritor checo que escreveu um romance famoso em 1921 chamado

"R.U.R." ("Robôs Universais de Rossum").

Rossum projectou e construiu um exército de robôs que acabaram por se tornarem muito inteligentes e dominaram o mundo.

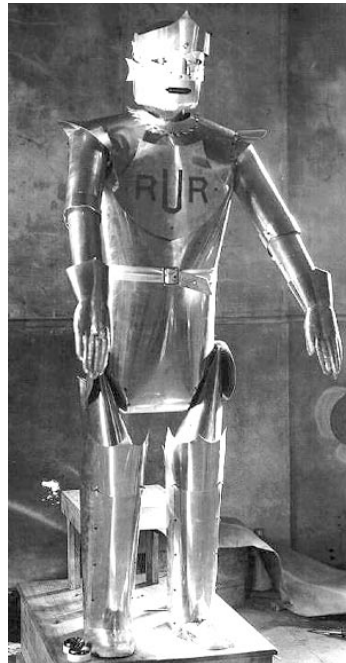


Fig. 13 - R.U.R., de *Karel Capek*, 1921. (Museu de Praga, República Checa).

Nesta obra *Capek* fala da desumanização do homem face a um meio tecnológico.

Além disso os *robôs* não eram de origem electro-mecânica como são os de hoje, mas criados através de meios químicos.

Mais tarde termo *robô* foi adoptado para significar um mecanismo automático que realiza trabalhos e movimentos humanos.

Os *robôs* podem ou não ter o aspecto semelhante ao de um homem.

Em geral não têm, ou têm apenas o aspecto de partes deste (como por exemplo a um *braço*).



Fig. 14 - Um *robô manipulador* (ou *braço robótico*).

Existem muitas formas de definir o termo “*robô*”.

A definição de *robô* segundo o R.I.A., 'Robôics Institute of America' (ou seja, Instituto Americano de Robótica) é:

Robô é um manipulador reprogramável e multi-funcional projectado para mover materiais, partes, ferramentas ou dispositivos especializados através de movimentos variáveis programados para desempenhar uma variedade de tarefas.

Obviamente esta é uma definição rígida e insípida.

De uma forma mais informal podemos dizer que:

Um robô é um dispositivo que permite realizar trabalhos mecânicos, normalmente associados a seres humanos, de uma maneira muito mais eficiente e sem a necessidade de pôr em risco a vida humana.

Mas temos que tomar cuidado pois uma definição muito simples do termo “*robô*” pode incluir coisas como uma *máquina de lavar*, um *sinal de trânsito* ou mesmo um *caixa automático de banco*.



Fig. 15 - Um máquina de lavar, um caixa automático de banco e um sinal de trânsito.

Outra definição de *robô*:

Um robô é uma máquina projectada para imitar algumas acções humanas. Não precisa se parecer com o ser humano, mas tem que executar as tarefas automaticamente.

No sentido figurativo a palavra robô também é usada com frequência:

Dizemos que uma pessoa que se comporta como '*robô*', ou seja,

- que *executa ordens sem pensar*, ou
- que *trabalha como uma máquina*.

Os Robôs na literatura.

Muito antes de **Karel Capek**, robôs já tinham aparecido na literatura.

Existe uma lenda grega de Cadmus que fez com que os dentes de um dragão virassem soldados. Assim quando o dragão abrisse a boca um exército de gladiadores saía de dentro dela.

Há também o mito de Pigmalião que deu vida a estátua de Galatea.

Na mitologia clássica o deus *Vulcan* ou *Hephaestus* criou servos mecânicos, alguns inteligentes, outros utilitários. Havia mesmo uma mesa com três pernas que se movimentava por sua conta.

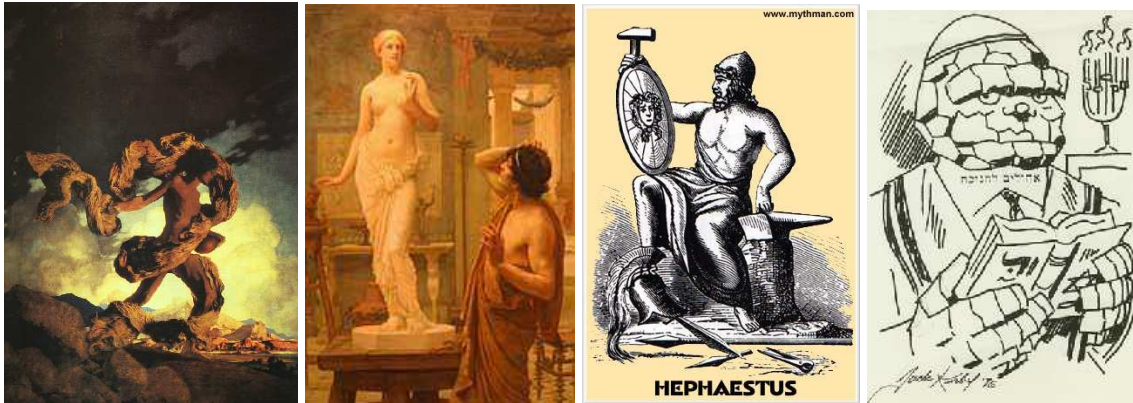


Fig. 16 - Figuras lendárias ou mitológicas. Da esquerda para direita: *Cadmus* e o seu dragão; *Pigmalião* e sua estátua *Galatea*; *Vulcan* ou *Hephaestus*; e *Golem*.

Há também uma lenda judaica que fala de *Golem*, uma estátua que ganha animação.

Um outro mito norueguês foi o gigante de pedra *Mökkurrkalfi* ou *Mistcalf* construído para ajudar *Hrungnir* no duelo com *Thor*, o Deus do Trovão.

As ideias mais antigas que podem ser relacionadas com robôs são de 350 A. C. pelo matemático grego *Archytas* de *Tarentum*. Ele criou uma ave mecânica com propulsão a vapor.



Fig. 17 - *Hrungnir* & *Thor* (à esquerda), o matemático grego *Archytas* de *Tarentum* (ao centro), sua ave mecânica (à direita).

Leonardo da Vinci (1452-1519) desenhou os detalhes de um cavaleiro mecânico. Estes desenhos ficaram perdidos por muitos anos e foram encontrados nos anos 1950's. O projecto era baseado na sua investigação anatômica que o levou a desenhar o famoso *Homem Vitruviano*.

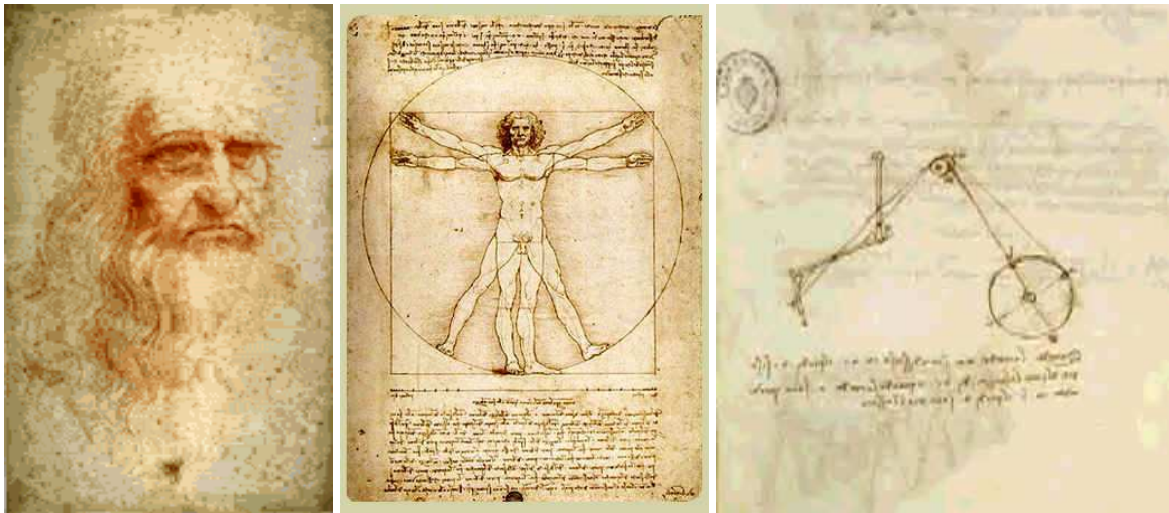


Fig. 18 - Leonardo da Vinci (à esquerda), seu *Homem Vitruviano* (ao centro) e desenhos do seu *robô* (à direita).

O *robô* de da Vinci consistia de dois sistemas independentes: pernas com três graus de liberdade, e braços com quatro graus de liberdade (ombro, cotovelo, pulso e mãos).

A energia para controlar os braços vinha do peito do *robô*, onde da Vinci projectou um controlador mecânico analógico programável.

As pernas recebiam energia através de cabos que eram conectados à locais chaves nos tornozelos, joelhos e quadris.

Mas este *robô* de da Vinci, embora uma ideia arrojada para época (século XV), não passou de desenhos que nunca saíram do papel.

O primeiro *robô* que foi construído e funcionou foi criado pelo francês Jacques Vaucanson (1709-1782), que fez um robô humanóide que tocava flauta, assim como um pato mecânico que dizem que comia e defecava.



Fig. 19 - Jacques Vaucanson (1709-1782), à direita; seu pato mecânico, ao centro; e seu robô tocador de flauta.

E. T. A. Hoffmann escreveu um conto em 1817 intitulado “*The Sandman*” onde aparece uma mulher que é uma *robô* boneca.

Mary Shelley escreveu em 1818 a famosa obra "*Frankenstein*", que ficou sendo considerada a primeira obra de ficção científica.

Luís Senarens escreveu em 1885 "*Electric man*" (*Homem Eléctrico*) poucos anos depois de Thomas Edison ter descoberto a luz eléctrica.

Entretanto, o romance de [Karel Capek](#), "*R.U.R.*", do qual já falamos acima, retratava *robôs* numa linha de produção fazendo mais robôs. Ou seja, trazia a possibilidade dos robôs virem a dominar a raça humana.

A Robótica na literatura.

O nome "*Robótica*" foi criado em 1941, também na literatura.

Numa obra do escritor russo-americano [Isaac Asimov](#) (1920-1992) intitulada "Runaround" o termo *Robótica* foi utilizado como sendo o estudo e o uso de *robôs*. Mais tarde o termo foi adoptado pela comunidade científica.

Este conto foi compilado mais tarde (em 1950) no livro "I, Robô" ("Eu, robô") e mais recentemente (2004) retratado no cinema.

Foi neste conto que [Asimov](#) fez a primeira apresentação explícita das suas *Leis da Robótica*.

[Asimov](#) foi um dos maiores autores da ficção científica e criou as suas leis da robótica como parte do universo futurista no qual ambientou muitos de seus livros.

O objectivo das leis, programadas no cérebro positrónico dos robôs, seria proteger os humanos de qualquer possível dano causado pelas máquinas inteligentes.



Fig. 20 - [Isaac Asimov](#) (1920-1992).

Leis da Robótica de Asimov

- 1). Um *robô* não pode fazer mal a um ser humano nem, por inação, permitir que algum mal lhe aconteça.
- 2). Um *robô* deve obedecer às ordens dos seres humanos, excepto quando estas contrariarem a primeira lei.
- 3). Um *robô* deve proteger sua integridade física, excepto quando isto contrariar a primeira ou a segunda lei.

Claro que as coisas não funcionam exactamente como planeado, e várias histórias de *Asimov* mostram resultados imprevistos da obediência dos *robôs* às *Leis da Robótica*.

Asimov via seus *robôs* como produto da mente de engenheiros de senso prático, que embutiriam normas de segurança nos circuitos das máquinas de forma a não permitir a existência do tradicional cliché da ficção científica da época, que era “o *robô* como uma ameaça aos humanos”.

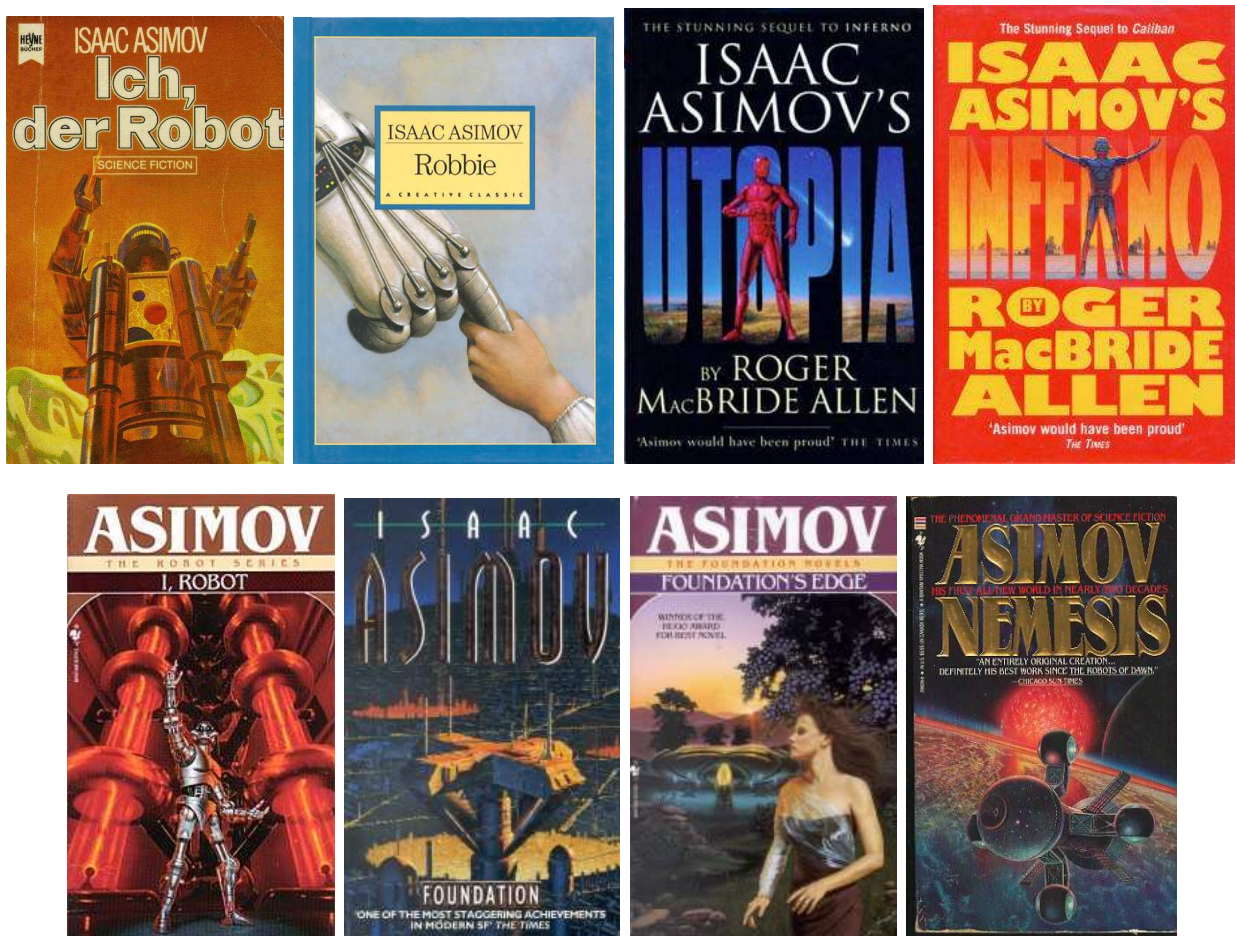


Fig. 21 - Alguns livros de ficção científica de *Isaac Asimov*.

Algumas vezes, os *robôs* viam-se em situações nas quais tornava-se difícil ou impossível seguir as três leis.

Em outras ocasiões, os *robôs* interpretavam de forma demasiadamente literal uma ordem e criavam conflitos lógicos.

Existem variantes e modificações para as *Leis da Robótica* de *Asimov*. Outros autores que também trabalharam no mesmo universo ficcional criado por *Asimov* introduziram suas próprias versões.

No conto “*Little Lost Robot*”, temos um *robô* programado somente com a primeira parte da primeira lei, ou seja, que não pode fazer mal a um ser humano mas pode, por inacção, permitir que algum mal lhe aconteça.

Em “*Robots and Empire*”, *Asimov* incluiu uma lei número zero, que amplia para a toda a espécie humana o que antes só se aplicava a indivíduos.

Lei #0 da Robótica de Asimov

0). um *robô* não pode fazer mal à humanidade nem, por inacção, permitir que algum mal lhe aconteça.

Em qualquer de suas formulações, as *Leis da Robótica* de *Asimov* são um excelente pretexto para discutir o tema da moralidade.

Mesmo seguindo literalmente um grupo de normas artificialmente criadas, o comportamento resultante poucas vezes é o esperado, e está sempre sujeito a interpretações conceptuais relativas.

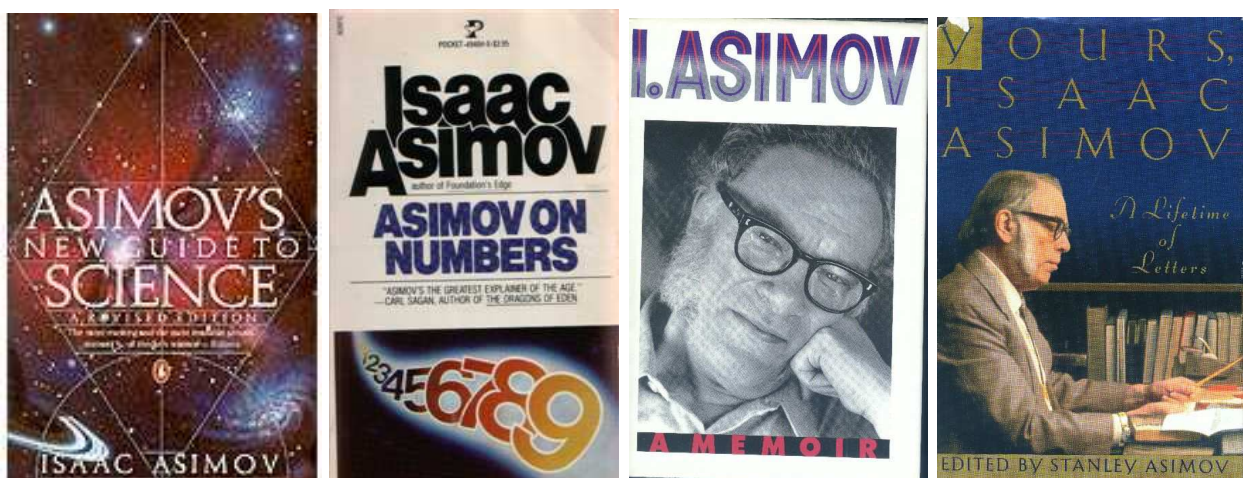


Fig. 22 - *Isaac Asimov* também escreveu guias e livros biográficos da ciência e de si próprio.

Outro dos grandes autores da ficção científica,

Sir Arthur C. Clarke (1917 - 2008)

que formulou suas leis não em trabalhos de ficção mas no ensaio “*Hazards of Prophecy: The Failure of Imagination*”, parte do livro “*Profiles of the Future*”.

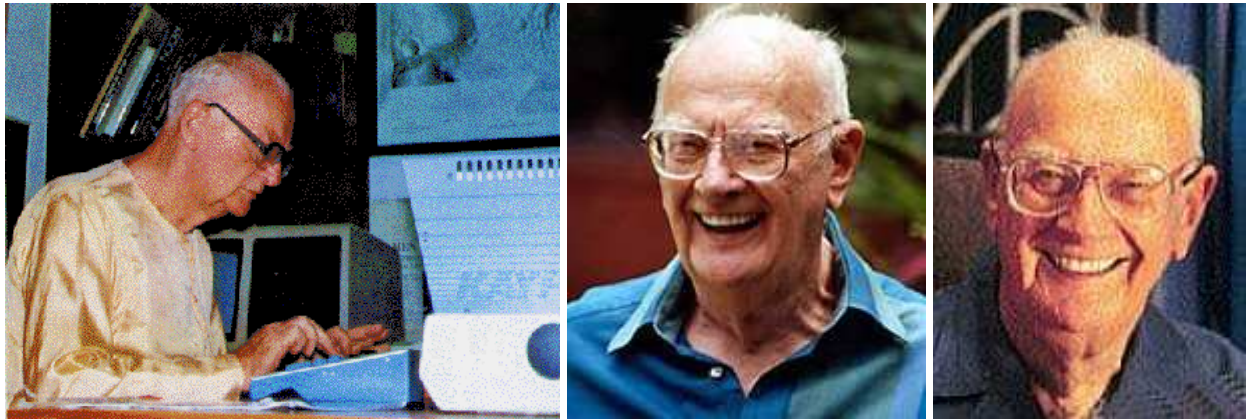


Fig. 23 - *Sir Arthur C. Clarke*.

Mas Clarke ficou famoso com a sua obra “*2001, a Space Odyssey*” (*2001, uma Odisseia no Espaço*), depois transformada em filme por Stanley Kubrick.

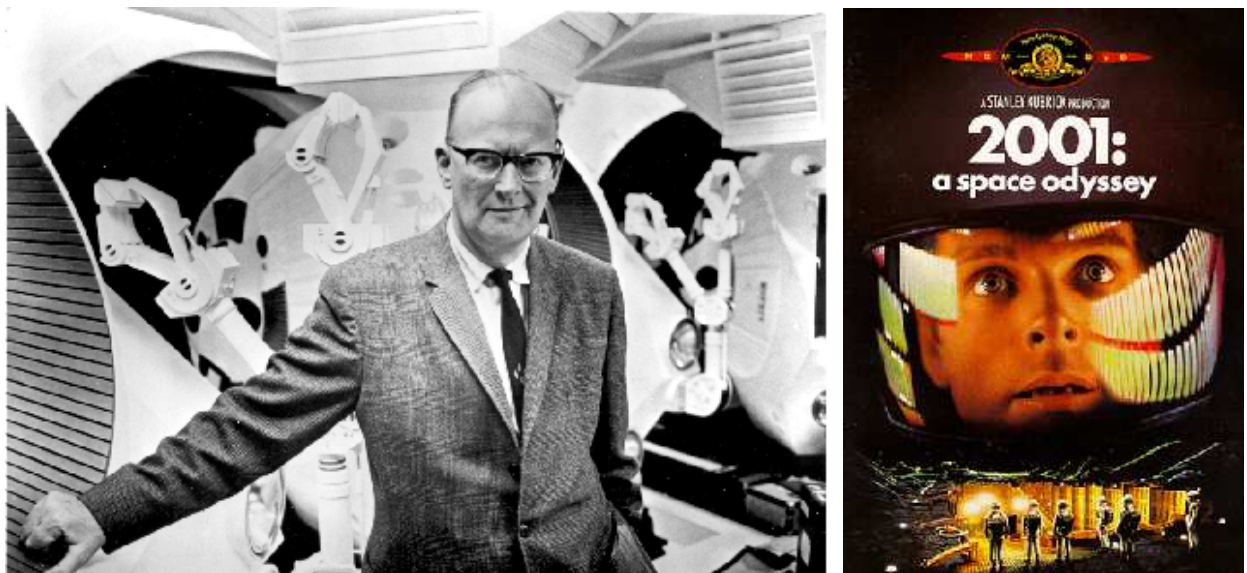


Fig. 24 - *Sir Arthur C. Clarke* (à esquerda) autor do livro “*2001, uma odisseia no espaço*” (à direita).

Neste livro havia o computador *robô HAL 9000* que era o carácter principal.

HAL era o cérebro da nave espacial *Discovery* e tem todos os sistemas mecânicos, sensoriais e de informação sob seu comando.

HAL significava: “*Heuristically programmed ALgorithmic computer*”, isto é, “*computador algorítmico heurísticamente programado*”.

“*Heurístico*” e “*Algorítmico*” são dois processos primários da inteligência.

HAL é um *robô inteligente* avançadíssimo mas para salvar a missão ele também foi capaz de matar membro da tripulação, ou seja, *astronautas*.

O leitor (*do livro*) ou espectador (*do filme*) fica na dúvida se o que o *HAL* fez era certo, errado, diabólico ou mal.

HAL tem feito astronautas, cientistas e filósofos pensarem.

É questionável se *HAL* foi ou não responsável pelas mortes dos astronautas.

Devemos criar máquinas inteligentes que podem um dia nos prejudicar?



Fig. 25 - Astronauta Bowman joga xadrez com o *computador robô HAL 9000*.



Fig. 26 - Astronauta Bowman aparece reflectido no 'olho' do *computador robô HAL 9000*.

Os robôs no cinema.

No cinema os *robôs* são muito comumente apresentados como *andróides*, parecidos com seres humanos, às vezes também chamados de “*cyborg*” (isto é, “*ciborgue*”).

Como já dissemos, os *robôs* actuais ainda estão muito longe disto.

O romance de Karel Capek, “*R.U.R.*” de 1921, do qual já falamos anteriormente, deu origem a um filme clássico chamado “*Metropolis*”, em 1927, ainda na era de filmes preto-e-branco.

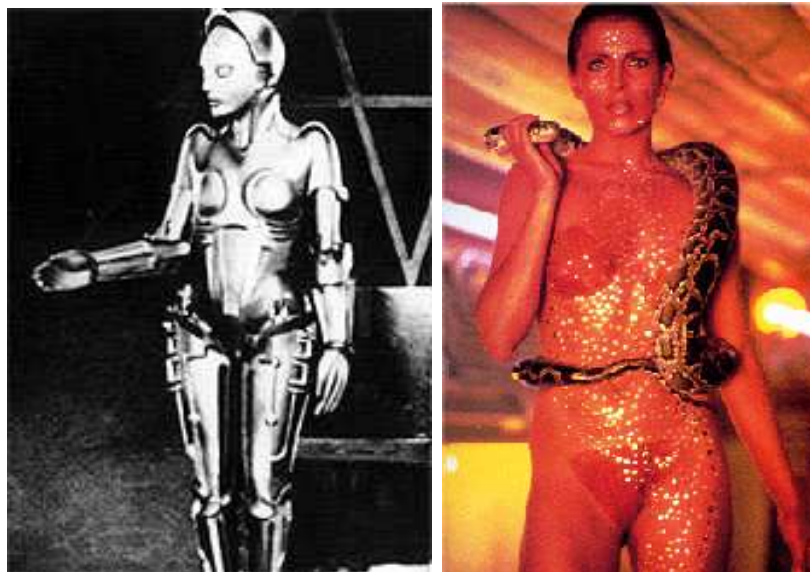


Fig. 27 - Uma *robô mulher* do filme *Metropolis* de 1927 (à esquerda) e a charmosa *andróide* Zhora do filme *Blade Runner* de 1982 (à direita).

Mais tarde, já na era dos filmes coloridos, outros dois filmes também foram inspirados por essa obra de Capek:

- “*Blade Runner*”, dirigido por Ridley Scott e com a participação de Harrison Ford em 1982. Neste filme os *andróides* eram chamados de “*replicants*”; e
- “*The Terminator*”, dirigido por James Cameron e com a participação Arnold Schwarzenegger em 1984.

Este último teve sequência em outros dois filmes, também com a participação Arnold Schwarzenegger:

- “*Terminator 2*” (1991) também dirigido por James Cameron.
- “*Terminator 3*” (2003) dirigido por Jonathan Mostow.

Mais recentemente vimos surgir filmes que já exploram a ideia de *robôs* dotados de *Inteligência Artificial* e interagindo com os humanos.

São exemplos disso:

- o filme “*A.I.*” produzido por Steven Spielberg em 2001; e
- o filme “*I, robot*” de 2004, dirigido por Alex Proya e com a participação de Will Smith, retratando a história escrita inicialmente em 1941 por Isaac Asimov sobre os seus robôs positrônicos.

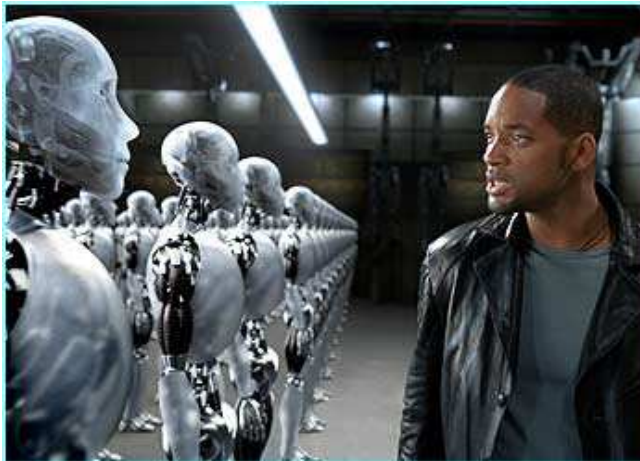


Fig. 28 - Os robôs do filme “*I, Robot*” (“Eu, robô”) de 2004.

Outros filmes famosos que também retratam robôs mas não originaram da literatura clássica foram:

- “*Star Wars*” de 1977,
- “*Robocop*” de 1987.

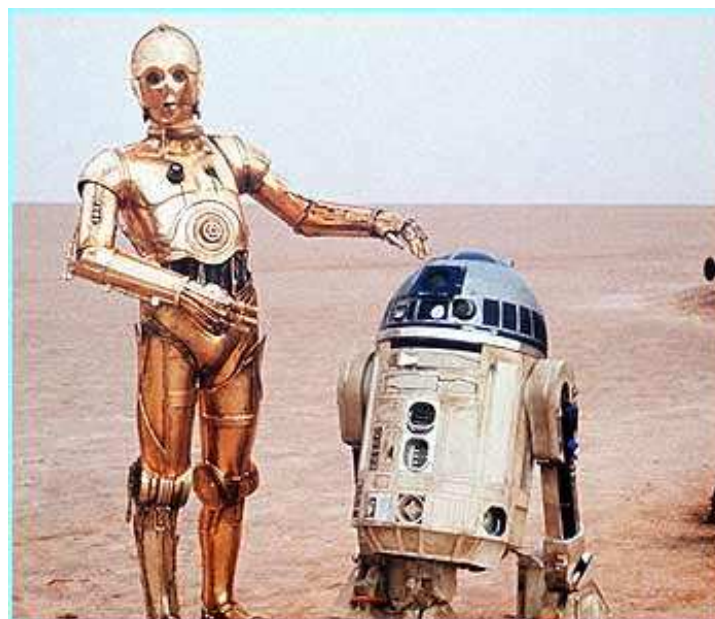


Fig. 29 - Os robôs C3PO e R2D2 do filme “*Star Wars*”, de 1977.

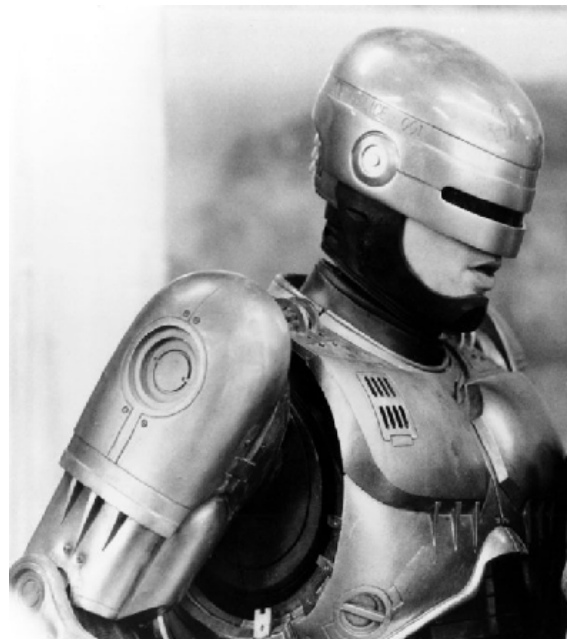
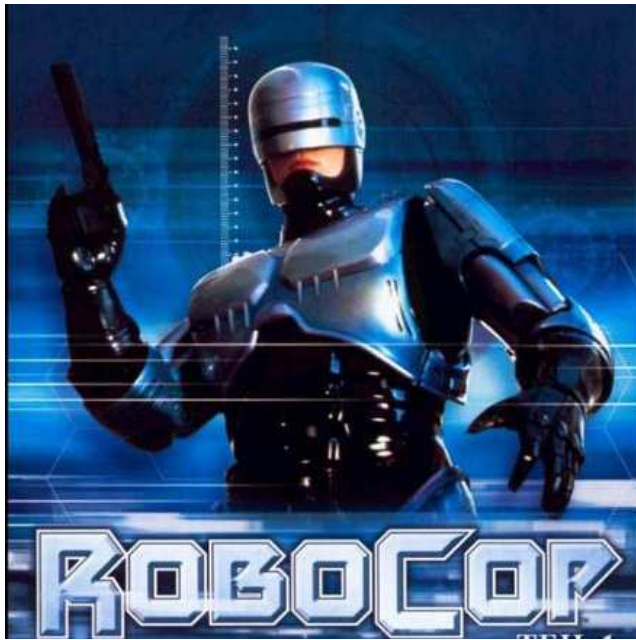


Fig. 30 - O *robô* do filme "Robocop", de 1987.

Várias séries de TV americanas retrataram *robôs* desde os anos 50's e 60's. "*Lost in Space*" (*Perdidos no Espaço*) foi uma dessas séries clássicas.

Esta série teve 83 episódios gravados entre 1965 e 1968 e conta a história da família Robinson que vai para o espaço com um *robô* na nave em busca de um lugar seguro para a humanidade no futuro.

Mas eles ficam perdidos no espaço e passam a série toda tentando voltar para casa, isto é, a Terra.



Fig. 31 - O *robô* da série de TV "*Lost in Space*" ("*Perdidos no Espaço*"), dos anos 60's.

A Robótica na realidade.

No final da década de 50 e princípio da década de 60 surgem os primeiros *robôs* industriais conhecidos como “*Unimates*” projectados por *George Devol* (1912 - 2011) e *Joseph F. Engelberger* (1925 -), ambos americanos.

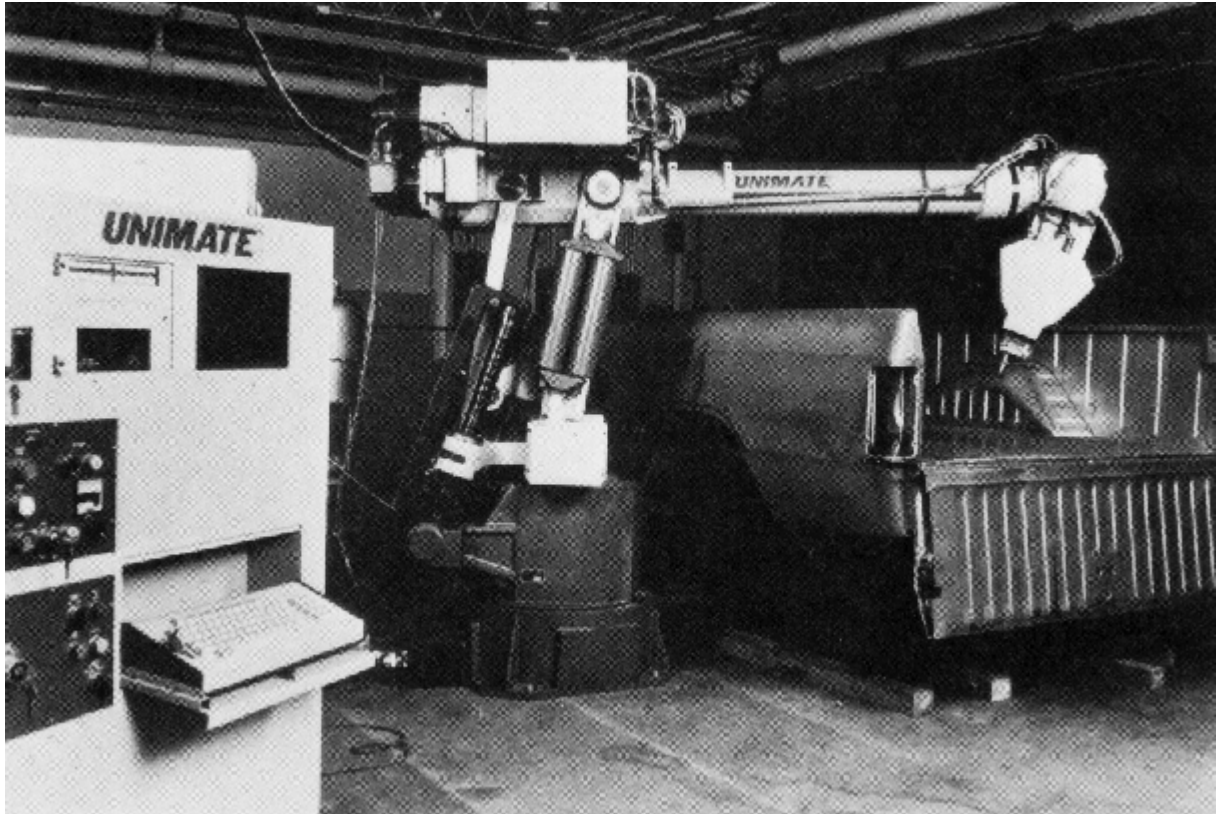


Fig. 32 - Um *robô* da *Unimate*.

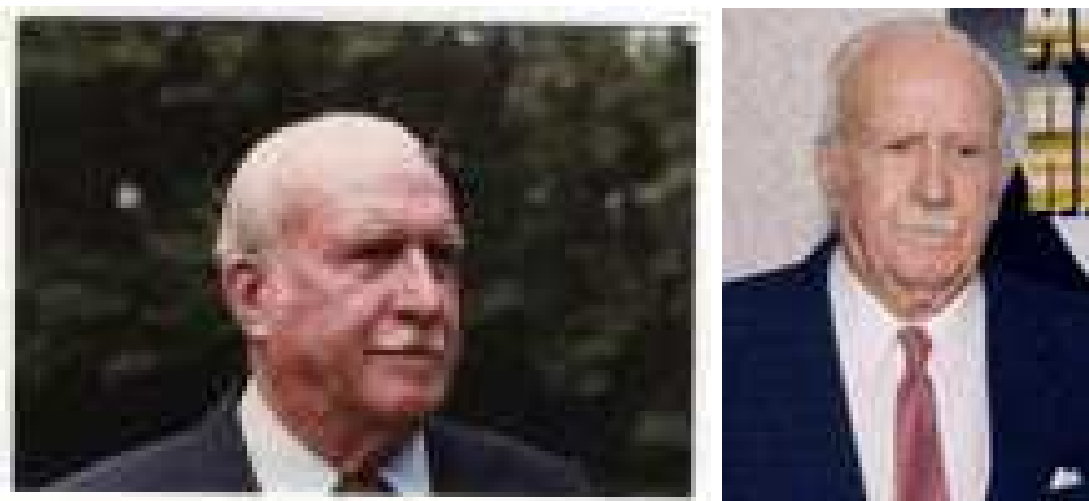


Fig. 33 - *George Devol*, um dos criadores dos primeiros robôs industriais.

George Devol recebeu em 1961 a patente do primeiro braço robótico programável operado digitalmente e, um pouco depois, *Joe Engelberger* criou a empresa Unimation Inc. e foi o primeiro a comercializar estas máquinas, e por isso ganhou o título de “*Pai da Robótica*”.



Fig. 34 - Joe Engelberger, considerado o “*Pai da Robótica*”.

A Unimation se tornou em Unimate. Era o início da construção de robôs industriais e da indústria da robótica moderna.

Cibernética.

Uma outra pessoa muito importante no surgimento dos *robôs* foi o cientista americano *Norbert Wiener* (1894-1964).

Wiener era um matemático e foi por muitos anos Professor de matemática e de engenharia do famoso M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) nos Estados Unidos.

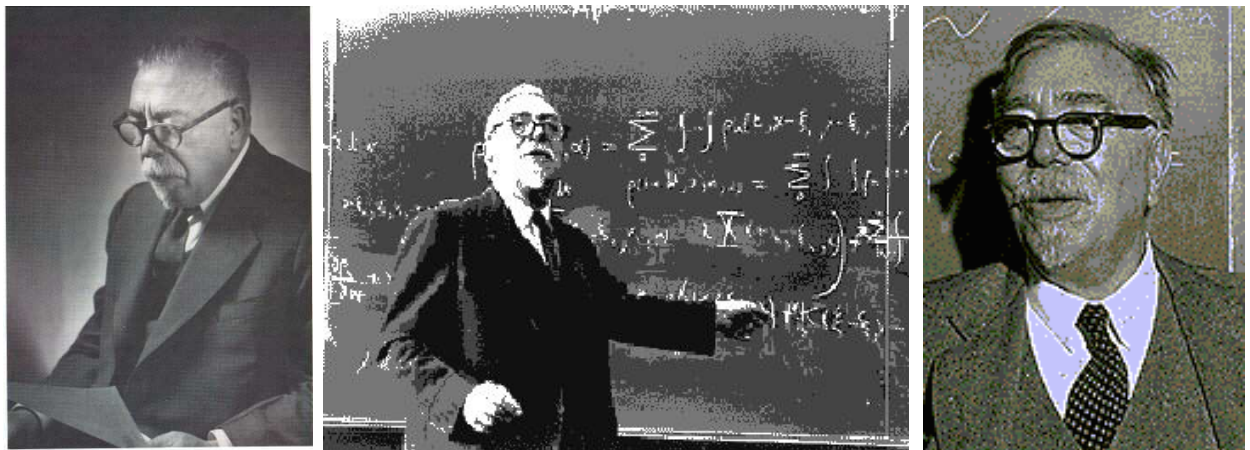


Fig. 35 - *Norbert Wiener* (1894-1964).

O *Prof. Wiener* criou em 1948 o termo “*cibernética*” (‘*cybernetics*’), bastante usado nos anos 60, derivado do termo grego ‘*kubernetes*’, que significa ‘aquele que pilota o barco’ ou ‘timoneiro’, aquele que corrige constantemente o rumo do navio para compensar as influências do vento e do movimento da água.

Cibernética era muito mais que “*Robótica*”.

Cibernética englobava também controle de sistemas, comunicações, programação e informática. Surgiu então o termo ‘bit’ (de ‘*binary digit*’, isto é, *dígito binário*).

O *Prof. Wiener* descreve uma nova maneira de ver o mundo, baseado na sua investigação sobre as formas que a informação é transmitida e processada.

Nos dias de hoje *cibernética* como ciência está praticamente esquecida. Entretanto ela deixou importantes resíduos para a cultura. Por exemplo: os termos “*ciborgue*” ou “*ciber-espaço*” são palavras emblemáticas oriundas da *cibernética*.

Os manipuladores e os robôs móveis na indústria.

Como já dissemos, os *robôs* actuais ainda estão muito longe de serem estes *andróides* retratados nas películas de cinema.

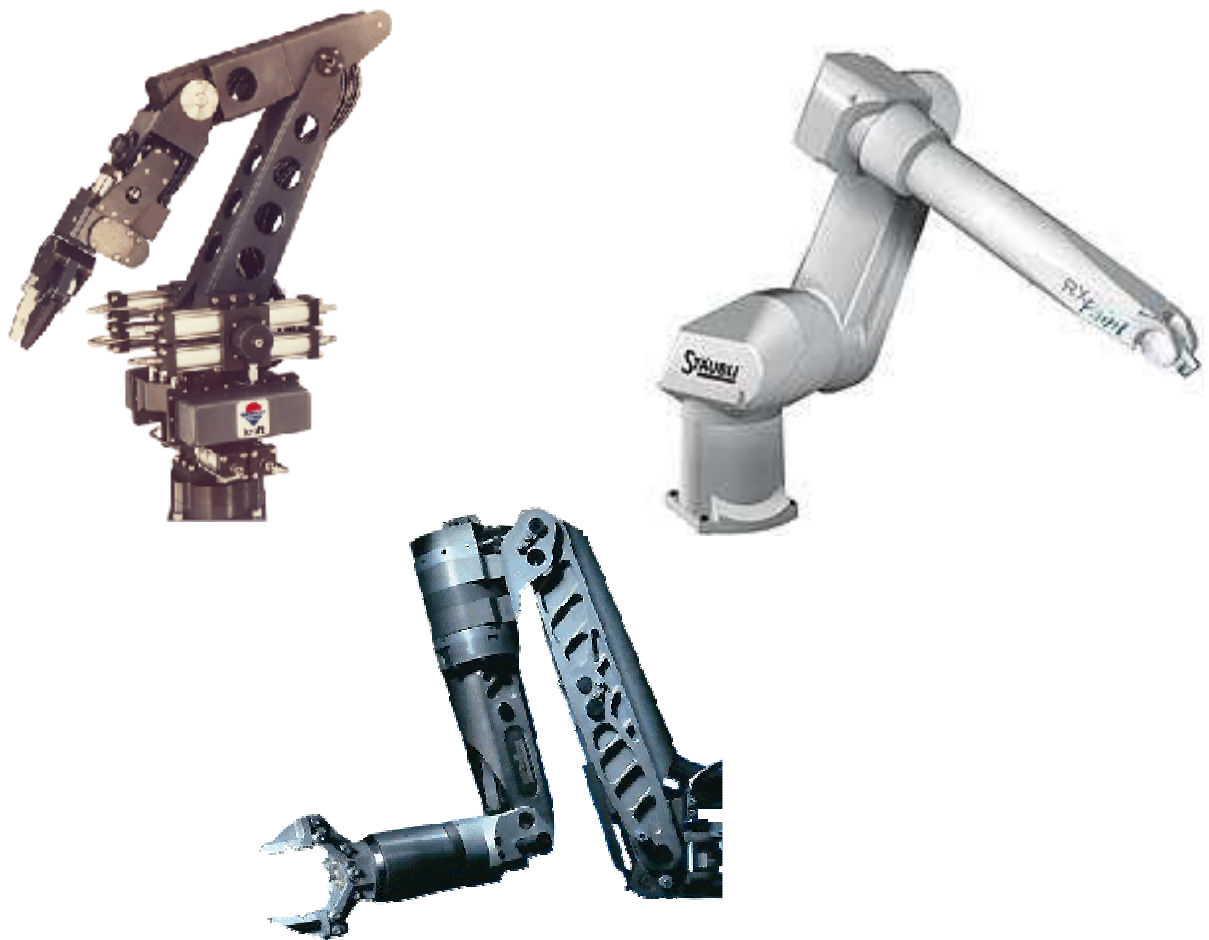


Fig. 36 - *Manipuladores* (com braços e mãos), *robôs* do tipo que é usado na indústria.

Apesar disto os *robôs* actuais são máquinas muito sofisticadas que realizam trabalhos produtivos especializados.

A grande maioria (cerca de 90%) dos *robôs* actuais é do tipo de *manipuladores* industriais, isto é, '*braços*' e '*mãos*' controlados por computador.

Esses *manipuladores* têm uma base fixa e portanto movem os seus braços e mãos mas não saem do seu lugar.

Metade dos *manipuladores* que existem no mundo é usada na indústria automóvel.

Mas nem todos os *robôs industriais* são fixos. Na indústria há também *robôs* que se movem.

Eles são usados no transporte e no armazenamento interno dos materiais dentro da fábrica.

Um tipo comum de *robô* móvel é o AGV (Automated Guided Vehicle), ou seja, veículo guiado automatizado, do qual falaremos no próximo capítulo, "*Robôs na indústria*".

E mesmo estes são difíceis de associar com a imagem tradicional de um *robô* do cinema.



Fig. 37 - Um *AGV, robô móvel* do tipo que é usado na indústria para o transporte e armazenamento de materiais internamente.

Em muitas indústrias a introdução de *robôs* revolucionou a forma laboral.

Com o *robô industrial*, um mesmo equipamento pode ter muitas funções e substituir vários equipamentos distintos.

Deixou de haver muitos trabalhos:

- pesados;
- desagradáveis,
- monótonos; e
- repetitivos;

com baixos salários e surgiram outros trabalhos como o

- de supervisão;
- de programação; ou
- de manutenção;

de *robôs* e outras máquinas.

Ou seja, tarefas que são mais bem remuneradas.



Fig. 38 - *Robôs* na indústria automóvel.

---XXX---