



PMR2560 – Robótica Efetadores e Atuadores

Eduardo L. L. Cabral

elcabral@usp.br

Objetivos

- Efetadores:
 - Tipos principais;
 - Exemplos.
- Atuadores:
 - Requisitos;
 - Tipos principais:
 - Elétricos;
 - Hidráulicos;
 - Pneumáticos.
 - Comparação entre os tipos de atuadores.



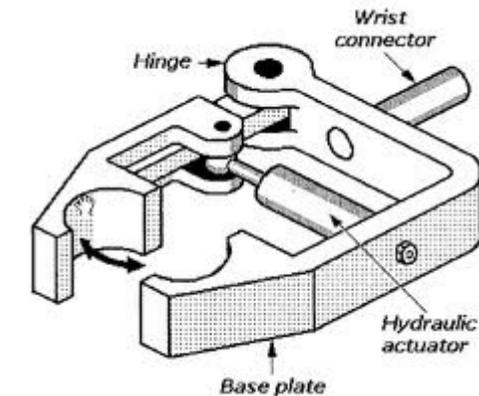
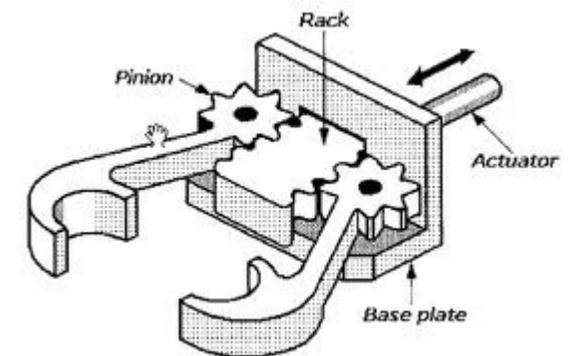
Efetadores

- Definição:
 - Componente que promove a interação entre a extremidade terminal do manipulador e o objeto a ser trabalhado;
 - Nome genérico utilizado para denominar a ferramenta que o robô utiliza para realizar a tarefa para qual foi designado;
 - O efetuator é fixado ao último ligamento do robô, tornando-se parte integrante desse ligamento.
- Tipos de efetutores:
 - Ferramenta:
 - Porta-eletrodo;
 - Pistola de aspersão;
 - Pistola de pintura;
 - Ferramenta de solda;
 - Maçarico;
 - etc.
 - Garra ⇒ função segurar objetos.



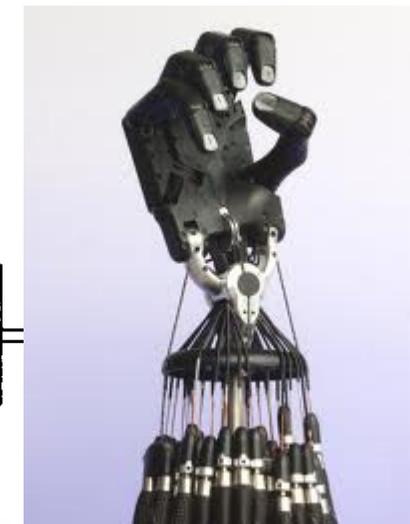
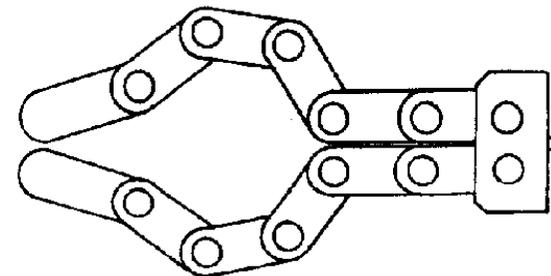
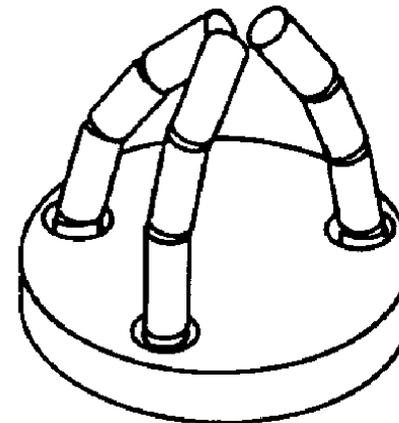
Tipos de garras

- Garras de dedos rígidos:
 - É o tipo mais comum;
 - Tem grande variedade de forma \Rightarrow diferenciados pelo tamanho e/ou movimento dos dedos;
 - Dedos com movimento paralelo ou de rotação;
 - Desvantagem \Rightarrow limitação da abertura dos dedos, não serve para grandes objetos.



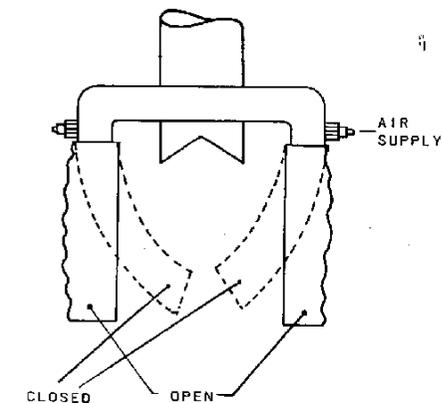
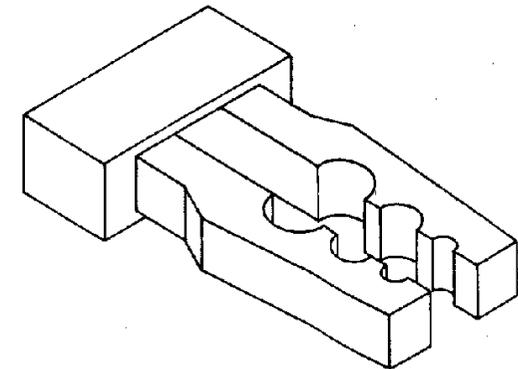
Tipos de garras

- Garras com dedos articulados:
 - Projetadas para agarrar objetos de diferentes tamanhos e formas;
 - Os dedos são articulados e formado por diversos vínculos;
 - Sua destreza em segurar objetos de formas irregulares e tamanhos diferentes se deve ao grande número de vínculo;
 - Podem ter dois ou mais dedos;
 - Os vínculos são movimentados por pares de cabos, onde um cabo flexiona a articulação e o outro a estende.



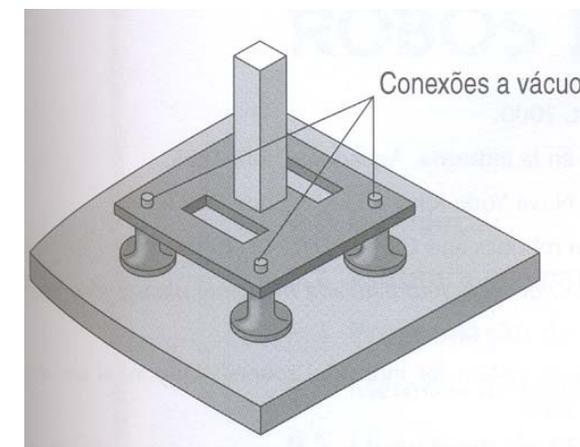
Tipos de garras

- Garra para objetos cilíndricos:
 - Consiste de dois dedos com vários semicírculos chanfrados;
 - Permite segurar objetos cilíndricos de vários diâmetros diferentes.
- Garra para objetos frágeis:
 - Exercem força controlada durante a operação de segurar algum objeto;
 - Não causam dano ao objeto;
 - Formada por dedos flexíveis \Rightarrow dedos se curvam de forma a agarrar um objeto frágil;
 - Podem ter controle ativo da pressão de contato com o objeto \Rightarrow mas para isso exige sensor de pressão.

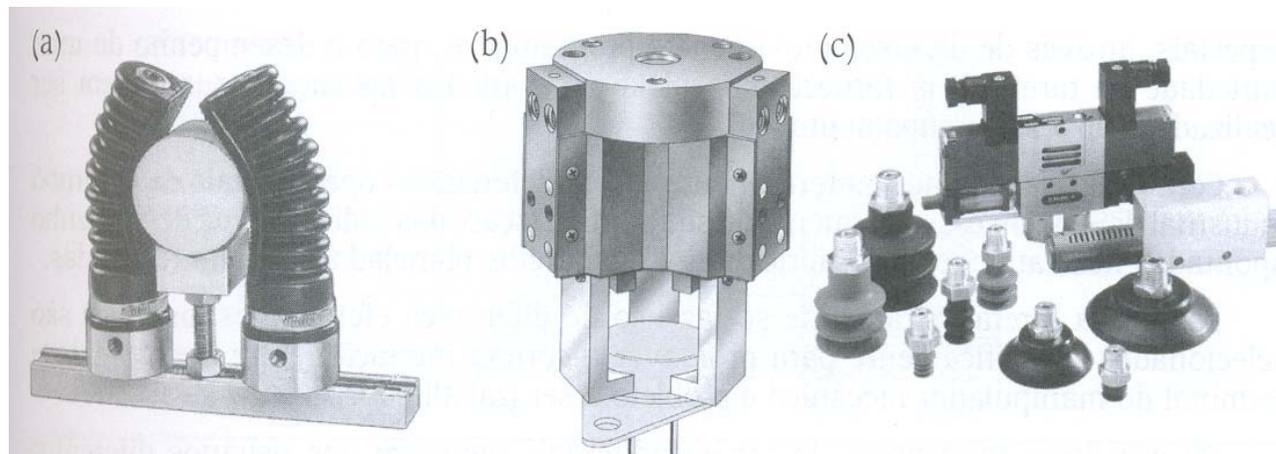
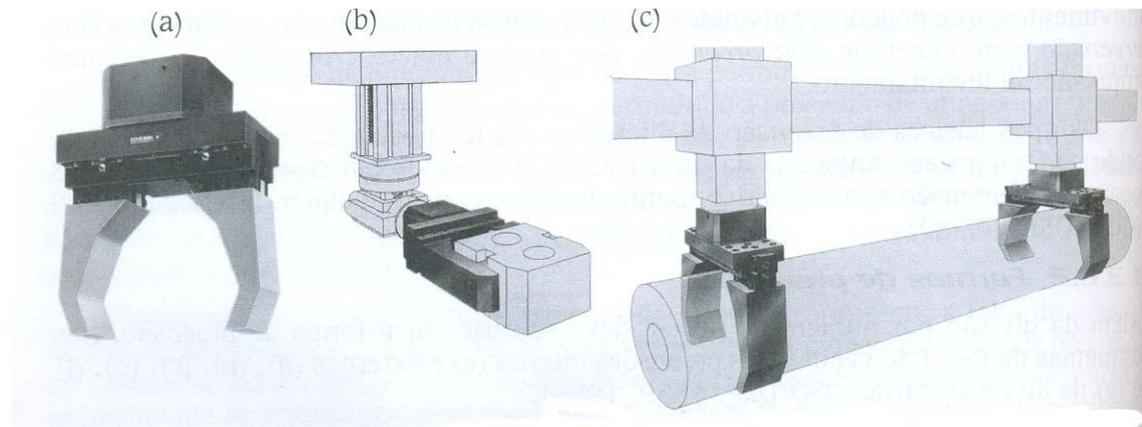


Tipos de garras

- Garras a vácuo:
 - Garras a vácuo são projetados para prender uma superfície lisa pela ação do vácuo;
 - Possuem ventosas de sucção conectadas a uma bomba de ar comprimido;
 - Sevem para superfícies tipo chapas metálicas e caixas de papelão;
 - Para reduzir o risco de mal funcionamento devido a perda de vácuo é comum usar mais do que uma ventosa de sucção.
- Garras eletromagnéticas:
 - São utilizadas para segurar objetos que podem ser magnetizados (aço e níquel) através de um campo magnético;
- São muito eficientes:
 - Podem segurar objetos de vários tamanhos;
 - Não necessitam de grande precisão no posicionamento da garra.



Tipos de garras



Efetadores

- Desenvolvimento e fabricação de efetadores é um estágio importante na instalação de robôs na indústria:
 - Robôs são vendidos sem efetador;
 - Os efetadores são definidos e projetados pela equipe de engenharia que instala o robô;
 - Estágio crítico da instalação \Rightarrow requer alto nível de conhecimento, experiência e criatividade.



Efetadores

- Adaptador automático de ferramenta:
 - Dispositivo para troca rápida de ferramenta pelo robô;
 - Surgiu da necessidade do robô realizar diferentes procedimentos para executar uma tarefa;
 - Restrições:
 - Adaptador deve estar fixo ao braço do robô e deve ter conexões elétrica, mecânica ou pneumática quando necessário;
 - Adiciona peso na extremidade do braço do robô;
 - Aumenta o custo do robô;
 - Tempo gasto na troca das garras.



Atuadores

- Requisitos desejados:
 - Alta capacidade de carga (estática e dinâmica) \Rightarrow procura-se alta relação capacidade de carga/peso;
 - Alta rigidez \Rightarrow procura-se alta relação rigidez/peso (dedução de aumento da rigidez com a redução);
 - Baixa inércia \Rightarrow procura-se baixa relação inércia/capacidade de carga;
 - Alta qualidade de movimento (baixa vibração e baixa flutuação de velocidade);
 - Adequação à limitações físicas (baixo peso, volume compacto etc);
 - Pequena limitação de movimento;
 - Facilidade de controle;
 - Velocidade e aceleração adequadas;
 - Características especiais (a prova de explosão, a prova de água etc);
 - Baixo custo.



Tipos de atuadores

- Elétrico:
 - Utilizado na forma de acionamento indireto da articulação;
 - Mais comum é o uso de motores rotativos.
- Pneumático:
 - Motores e pistões;
 - Na robótica é usado na forma de pistão;
 - Utilizado na forma de acionamento direto da articulação.
- Hidráulico:
 - Motores e pistões;
 - Na robótica é usado na forma de pistão;
 - Utilizado na forma de acionamento direto da articulação.



Comparação dos atuadores

Tipo	Capacidade de carga	Rigidez (sem transmissão)	Inércia	Tamanho (Peso-Volume)	Qualidade de movimento
Elétrico	Pequena/Média	Baixa	Alta	Alto	Alto
Pneumático	Média	Baixa	Baixa	Médio	Baixo
Hidráulico	Alta	Alta	Baixa	Baixo	Médio



Comparação dos atuadores

Característica	Hidráulico	Pneumático	Elétrico
Relação carga/peso	Altíssima	Alta	Baixa (sem transmissão)
Relação rigidez/peso	Altíssima	Média	Baixíssima (sem transmissão)
Relação inércia/carga	Baixíssima	Baixa	Alta



Comparação dos atuadores

Tipo	Limitação de movimento	Repetibilidade	Velocidade	Facilidade de Controle	Custo
Elétrico	Sem limitação	Média/Alta (limitada pela transmissão)	Alta	Alta	Médio
Pneumático	Alta limitação (pistão)	Baixa	Alta	Média com uso de válvulas proporcionais	Baixo
Hidráulico	Alta limitação (pistão)	Alta	Média	Boa com uso de servo-válvulas	Alto



Utilização dos atuadores

- Hidráulicos:
 - Quando carga é muito alta;
 - Alta rigidez, alta capacidade de carga, baixa inércia e baixo peso;
 - Grande limitação de movimento;
 - Perigosos;
 - Custo muito alto.
- Pneumáticos:
 - Quando não se exige repetibilidade;
 - Dificuldade de controle e baixa qualidade de movimento;
 - Grande limitação de movimento;
 - Baixo custo;
 - Barulhentos.
- Elétricos:
 - Quando é necessário repetibilidade;
 - Fácil de ser controlado e boa qualidade de movimento;
 - Sem limitação de movimento;
 - Limpos e silenciosos;
 - Baixíssima rigidez e capacidade de carga \Rightarrow exige uso de redutor;
 - Alto peso e alta inércia.



Exercícios

- 1) Dada uma peça com formato de paralelepípedo e de massa 10 kg, deseja-se pegar essa peça com uma garra. A garra tem dois dedos e o movimento deles é paralelo. Qual deve ser a força mínima de aperto dos dedos da garra para que a peça não caia ao ser levantada pelo robô?
Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $\mu = 0,2$ (coeficiente de atrito entre a peça e os dedos da garra).
- 2) Que tipo de atuador você utilizaria nos casos abaixo (elétrico, hidráulico ou pneumático)? Justifique.
 - a) Impressora jato de tinta com 600 pontos por polegada de resolução e 10 páginas por minuto.
 - b) Prensa para forjamento automática, capacidade de carga de 500 MN e potência de 500 kW
 - c) Torno CNC didático com velocidade de posicionamento rápido de 2,5 m/min, e rotação do eixo árvore de 4000 rpm, potência de 500 W e repetibilidade de 50 μm .
 - d) Torno CNC industrial com velocidade de posicionamento rápido de 25 m/min, e rotação do eixo árvore de 10000 rpm, potência de 15 kW e repetibilidade de 5 μm .
 - e) Garra de dupla ação com dois dedos, com força de preensão de 500 N.
 - f) Sistema para fechamento de garrafas, com resolução de 0,1 mm.

