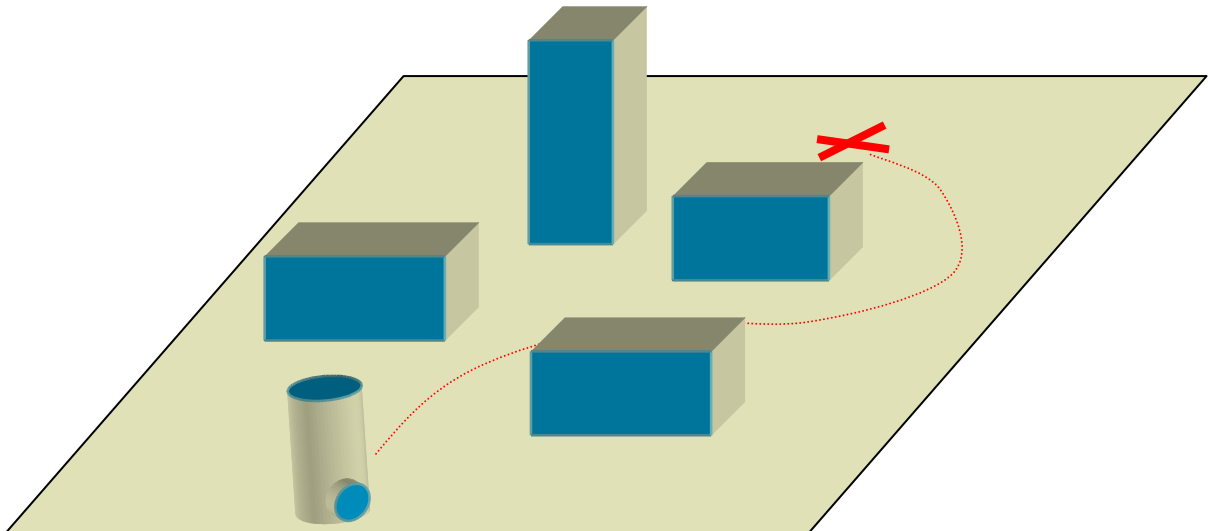


## PLANEJAMENTO DE CAMINHOS

- **O Problema do Carregador de Piano:**
- Como levar um piano no interior de um edifício, através de corredores povoados de obstáculos, até a sua localização final dentro do prédio?
  - Piano = corpo rígido móvel.
  - Obstáculos = corpos rígidos fixos.
  - Localização = posição e orientação = configuração.
- O Problema é formulado em **Espaço de Trabalho**.



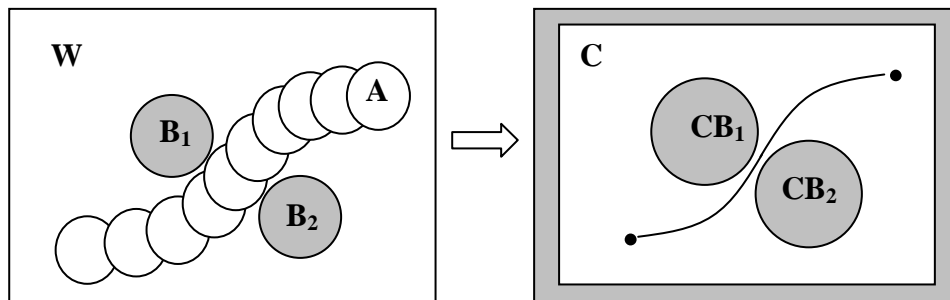
## ESPAÇO DE TRABALHO

- **Robô A:** corpo rígido que pode movimentar-se dentro de um Espaço de Trabalho.
- **Espaço de Trabalho W:** é o espaço físico no qual o robô se movimenta.
- **Obstáculo no Espaço de Trabalho B:** região conexa de **W** na qual é impossível posicionar qualquer ponto do Robô.

- Problema: Planejamento em Espaço de Trabalho requer teste de colisão dos infinitos pontos que compõem o robô com os infinitos pontos que compõem os obstáculos.

### **Planejamento de Caminhos - Solução:**

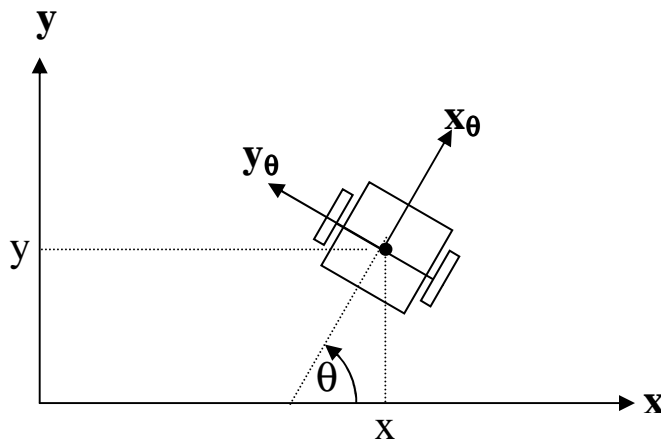
- Movimento de um robô A no Espaço de Trabalho **W** povoado de obstáculos  $B_i$ 's.  $\Rightarrow$
- Movimento de um ponto no Espaço de Configuração **C** povoado de C-obstáculos  $CB_i$ 's.



## ESPAÇO DE CONFIGURAÇÃO

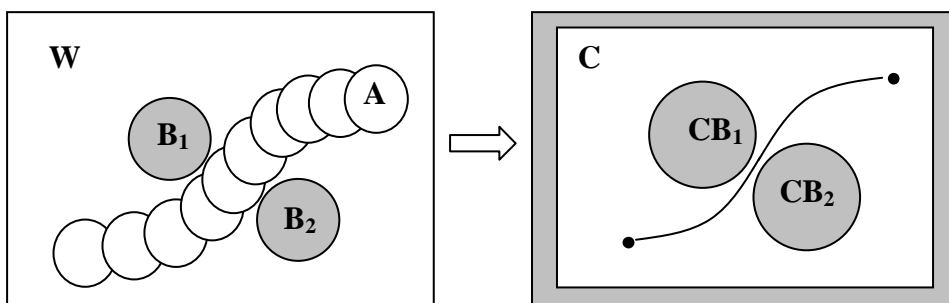
- Configuração  $q$ :

- Especificação da Posição e Orientação do robô.
- Exemplo:  $q = [x \ y \ \theta]^T$ .



- Espaço de Configuração  $C$ : é o conjunto de todas as possíveis configurações do robô.
- Espaço de Configuração Livre  $C_L$ : é o conjunto de todas as possíveis configurações em que o robô não colide com os obstáculos  $B_i$ 's.
- Obstáculo em Espaço de Configuração  $CB$ :
  - Um obstáculo  $B$  no espaço de trabalho  $W$  pode ser representado de forma equivalente por um C-obstáculo  $CB$  no espaço de configuração  $C$ .
  - C-Obstáculo é o conjunto de todas as configurações em que o robô se superpõe parcial ou totalmente ao obstáculo.

$\Rightarrow$  Solução para o problema de planejamento: Mapear  $W \Rightarrow C$



- **Métodos de Planejamento:**
  
- **Métodos Combinacionais (1980's):** baseados na construção de estruturas no espaço de configuração **C** que capturam completamente as informações para efetuar o planejamento.
  
- **Métodos baseados em Amostragem (1990's):** usam algoritmos de detecção de colisão para explorar o espaço de configuração **C** e buscar incrementalmente uma solução, ao invés de caracterizar completamente a estrutura do espaço livre.
  
- **Mapa de Rotas:**
  - Extração da conectividade do Espaço de Configuração Livre na forma de uma rede de curvas (Mapa de Rotas).
  - Construção de um grafo de conectividade do Mapa de Rotas.
  - Busca de um caminho no grafo de conectividade.
  
- **Decomposição em Células Convexas:**
  - Decomposição do Espaço de Configuração Livre em células convexas.
    - Decomposição Exata: a união das células é exatamente igual ao Espaço de Configuração Livre.
    - Decomposição Aproximada: a união das células é uma aproximação conservadora do Espaço de Configuração Livre.
  - Construção de um grafo de conectividade de acordo com as relações de adjacência entre as células.
  - Busca de um canal no grafo de conectividade.
  - Extração de um caminho a partir do canal.

- **Campo de Potencial:**

- Robô considerado como uma partícula imersa em um campo de potencial artificial.
- Obstáculos = potencial repulsivo; Alvo = potencial atrativo.
- Planejamento de caminho realizado incrementalmente, seguindo a direção de força artificial induzida na direção do negativo do gradiente da função de potencial.

- **Rapidly-exploring Random Trees (RRTs):**

- Sondagem e exploração agressiva do espaço de configuração, expandindo a busca incrementalmente a partir da configuração inicial.
- O território explorado é demarcado por uma árvore com raiz na configuração inicial.
- A cada iteração, a árvore é expandida adicionando novas configurações escolhidas aleatoriamente no espaço de configuração e tentando conectá-las ao ponto mais próximo da árvore por uma aresta contida no espaço livre. Continua-se até achar a configuração final.

- **Mapa de Rotas Probabilístico:**

- Seleciona-se aleatoriamente um conjunto grande de configurações aleatórias no espaço livre e são consideradas vértices do mapa de rotas.
- Arestas do mapa de rotas são construídas tentando conectar cada vértice a um conjunto de vizinhos próximos.
- Se é possível construir um mapa de rotas que preserva acessibilidade e conectividade do espaço livre, pode ser utilizado para busca de pares ( $q_{ini}$ ,  $q_{fin}$ ) múltiplos.