

Inteligência Artificial

Jogos com adversários

1

Jogos: considerações gerais

- **Aplicações atrativas para métodos IA desde o início.**
 - Formulação simples do problema (ações bem definidas)
 - Ambiente totalmente observável (geralmente);
 - Abstração (representação simplificada de problemas reais);
 - Sinônimo de "inteligência";
 - Primeiro algoritmo para xadrez foi proposto por Claude Shannon na década de 50.
- **Porém desafiador:**
 - Tamanho + limitação de tempo (35^{100} nós para xadrez);
 - Incerteza devido ao outro jogador;
 - Problema "contingencial": agente deve agir antes de completar a busca

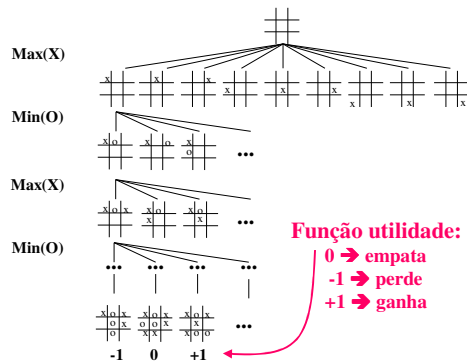
2

Formulando e resolvendo o problema

- 2 jogadores, revezam o lance, são adversários
- **Formulação**
 - **Estado inicial:** posições do tabuleiro + de quem é a vez
 - **Estado final:** posições em que o jogo acaba
 - **Operadores:** jogadas legais
 - **Função de utilidade:** valor numérico do resultado (pontuação)
- **Busca: algoritmo minimax**
 - **Idéia:** maximizar a utilidade (ganho) supondo que o adversário vai tentar minimizá-la.
 - Minimax faz **busca cega em profundidade**.
 - O agente é MAX e o adversário é MIN.

3

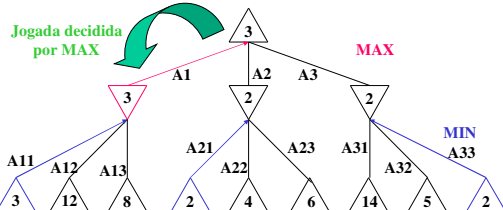
Jogo da velha (min-max)



4

Minimax

- **Passos:**
 - Gera a árvore **inteira** até os estados terminais (ganha, perde ou empata).
 - Aplica a **função de utilidade** nas folhas.
 - Propaga os valores dessa função subindo a árvore através do minimax.
 - Determinar qual a ação que será escolhida por MAX.



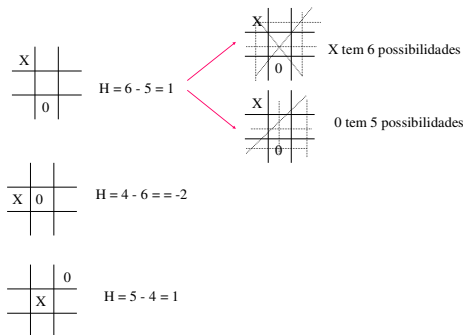
5

Críticas

- **Problemas**
 - Tempo gasto para determinar a decisão ótima é totalmente impraticável (ir até as folhas), porém o algoritmo serve como base para outros métodos mais realísticos.
 - Complexidade: $O(b^m)$ – idem Busca em Profundidade.
- **Para melhorar**
 - 1) Limitar a profundidade da busca e substituir função de utilidade por função de avaliação (heurística);
 - 2) Podar a árvore onde a busca seria irrelevante: poda alfa-beta

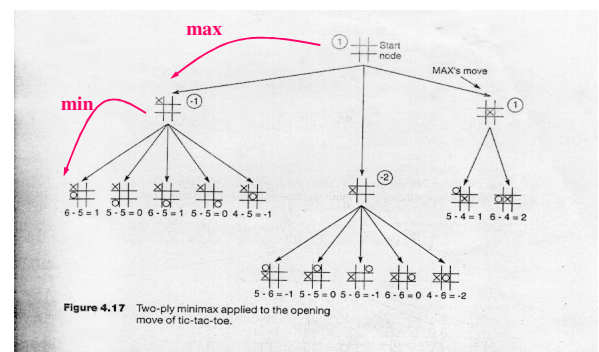
6

Função heurística para o jogo da velha



7

Uso da Função de Avaliação



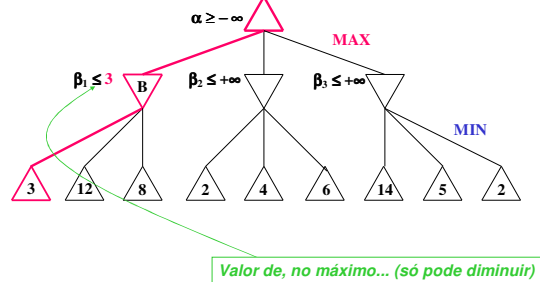
Poda Alpha-Beta

- Objetivo:** não expandir desnecessariamente nós durante o minimax.
- Idéia:** não vale a pena piorar, se já achou algo melhor.
- Mantém 2 parâmetros:**
 - α – melhor valor (no caminho) para MAX
 - β – melhor valor (no caminho) para MIN
- Teste de expansão:**
 - α não pode diminuir (não pode ser menor que um ancestral)
 - β não pode aumentar (não pode ser maior que um ancestral)

9

Poda Alpha-Beta: exemplo – I

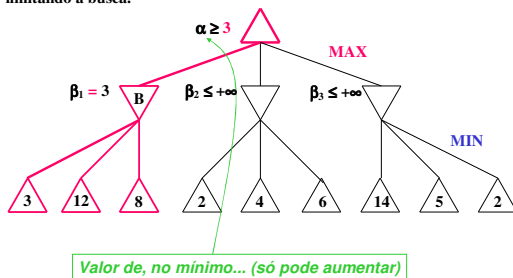
Início: expande até 1ª. Folha e aplica função utilidade, atualizando o máximo valor que B pode ter (já que é um nó de MIN). Precisa continuar procurando para ver se B ainda é reduzido.



10

Poda Alpha-Beta: exemplo – II

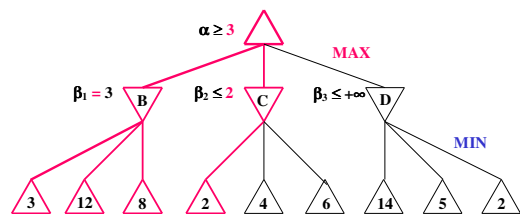
Continua expansão de B: folha com 12 > 3 (B não muda seu máximo), depois folha com 8 > 3 (B não muda seu máximo). B não tem mais filhos, portanto $\beta_1 = 3$ e α do pai pode ser iniciado. Continua expansão, com α limitando a busca.



11

Poda Alpha-Beta: exemplo – III

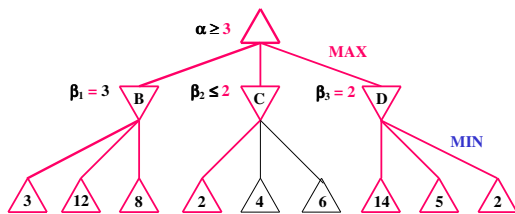
Expandir C: folha com 2, atualiza $\beta_2 \leq 2$. Como $2 < \alpha$ do nó pai, C não precisa mais ser expandido. Deve-se verificar se $\beta_1 > 3$ para mudar α . Justificativa: se novo filho tiver valor MAIOR que 2, como β_2 não pode aumentar, nada será mudado; se novo filho tiver valor MENOR que 2, β_2 reduzirá mas não afetará α , que só pode aumentar e já está com valor 3.



12

Poda Alpha-Beta: exemplo – IV

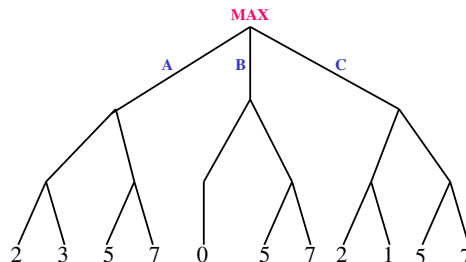
Expande D: folha com 14, atualiza $\beta_3 \leq 14$ e como $14 > \alpha$ e β_3 ainda pode diminuir, continua a expansão de D. Folha com 5, reduz β_3 e como $5 > \alpha$ e β_3 ainda pode diminuir, continua a expansão de D. Última folha tem 2: define valor de $\beta_3 = 2$ e verifica se atualiza α ; como $\alpha > 2$, ele não muda e a busca termina, com escolha da jogada B.



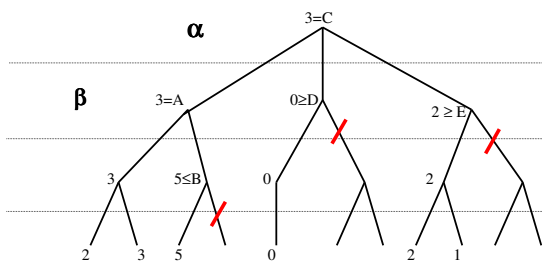
13

Exercício

Decidir a jogada de MAX (A, B ou C) considerando as utilidades fornecidas nas folhas. Adotando a poda alfa-beta, indicar quais arestas/subárvores serão podadas.



14



A tem $\beta=3$; B será podado por β , já que $5 > 3$
D é podado por α , já que $0 < 3$
E é podado por α , já que $2 < 3$
C é 3.

15