

# TDE 2 — Minimax vs Poda Alfa-Beta (Jogo da Velha 5x5, 4 em linha)

Profundidade: 3 | Jogos: 6

## Introdução

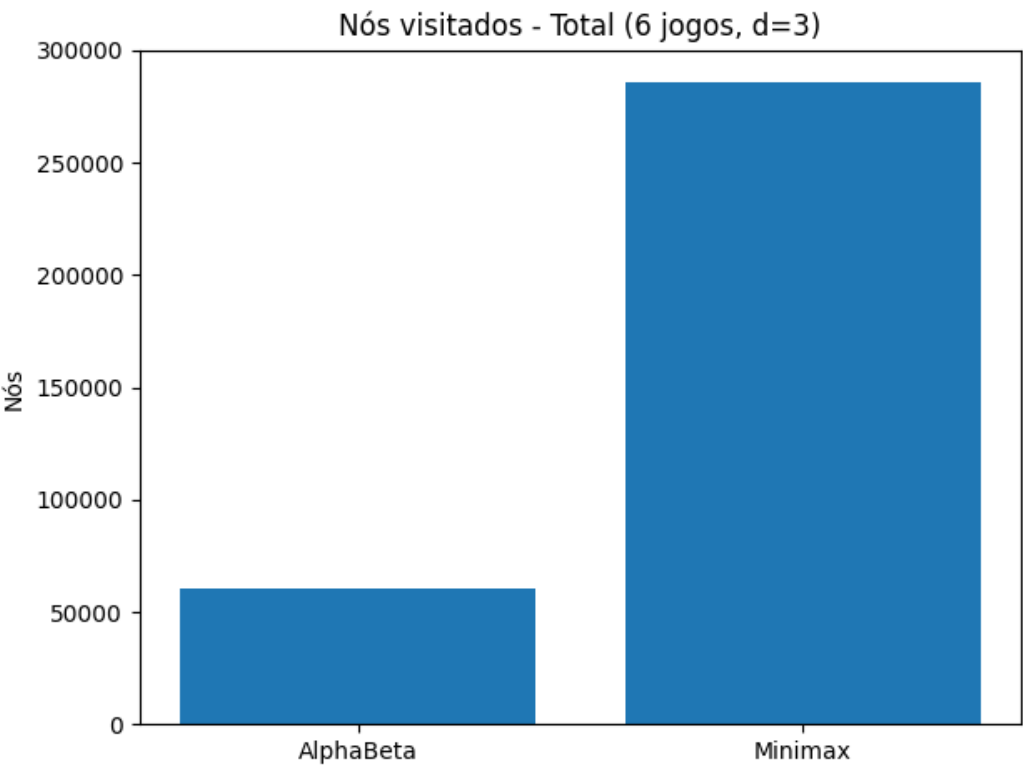
Comparação entre Minimax e Poda Alfa-Beta em jogo da velha 5x5 (4 em linha).

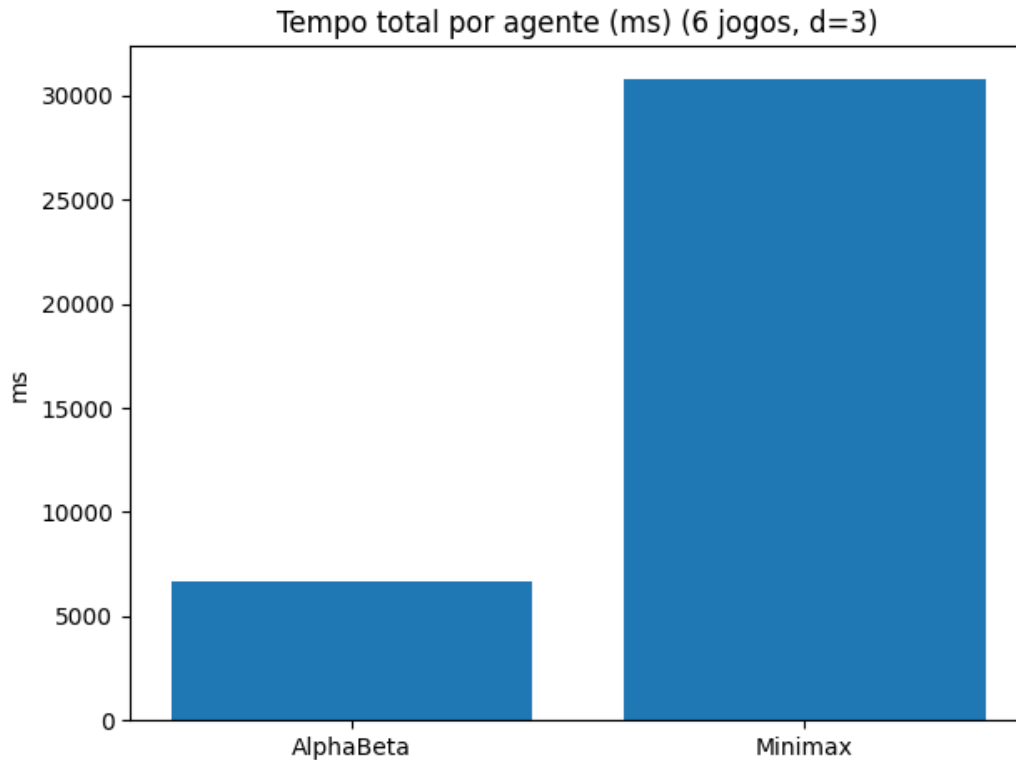
## Algoritmos

- Minimax: busca exaustiva com utilidade em terminais.
- Poda Alfa-Beta: elimina ramos inúteis mantendo resultado ótimo.

## Resultados

Métrica	AlphaBeta	Minimax
Nós visitados (total)	60801.0	285750.0
Tempo total (ms)	6667.269945144653	30822.890758514404





## Análise Crítica

A comparação entre os dois algoritmos evidencia claramente que a poda Alfa-Beta não apenas reduz o número de nós visitados, mas também influencia diretamente o tempo de execução. Enquanto o Minimax puro explora todos os ramos possíveis até a profundidade estabelecida, o Alfa-Beta elimina antecipadamente regiões da árvore que não poderiam alterar a decisão final. Isso faz com que, na prática, o Alfa-Beta apresente desempenho significativamente superior em cenários com profundidade de busca intermediária, como o jogo da velha 5x5 com quatro em linha.

Apesar do ganho em eficiência, é importante notar que a poda Alfa-Beta não altera a complexidade assintótica do problema, que continua exponencial em função da profundidade e do fator de ramificação. Assim, conforme a profundidade aumenta, o crescimento do espaço de busca ainda impõe um limite prático. Neste sentido, técnicas complementares como ordenação de jogadas (move ordering), armazenamento de estados repetidos em tabelas de transposição e funções de avaliação mais sofisticadas tornam-se indispensáveis para garantir a viabilidade computacional em jogos mais complexos.

Outro aspecto crítico é a qualidade da heurística empregada. Uma heurística simples, baseada apenas em contagem de sequências, pode ser suficiente para capturar vantagens táticas básicas, mas não é capaz de compreender nuances estratégicas mais profundas. Isso significa que, mesmo com a poda, a qualidade das decisões pode ser limitada pela simplicidade da função de avaliação. Logo, em experimentos futuros, seria recomendável investigar heurísticas mais expressivas que incorporem noções de bloqueio, potencial de expansão e até aprendizado automático a partir de dados de partidas simuladas.

Finalmente, deve-se considerar que os experimentos aqui relatados foram conduzidos em condições controladas, com número limitado de jogos e profundidade fixa. Em ambientes competitivos ou de maior escala, a robustez do algoritmo frente a diferentes estilos de oponente e condições de tempo real seria um aspecto relevante para análise. Assim, embora os resultados

confirmem as vantagens conhecidas da poda Alfa-Beta, eles também apontam para a necessidade de um ecossistema mais completo de técnicas para explorar todo o potencial da busca adversária.

## **Conclusão**

No contexto do jogo da velha 5x5 com condição de vitória em quatro peças, a implementação da poda Alfa-Beta demonstrou-se claramente superior ao Minimax puro em termos de eficiência. A redução drástica no número de nós visitados e a consequente diminuição do tempo de execução confirmam o papel essencial da poda em problemas de busca combinatória.

Entretanto, a análise mais aprofundada revela que tais ganhos, embora expressivos, não são suficientes por si só para lidar com a explosão combinatória em jogos mais complexos. A integração com técnicas de otimização adicionais, aliada ao desenvolvimento de heurísticas mais inteligentes, aponta como caminho natural para trabalhos futuros.

Portanto, este estudo não apenas reforça o valor da poda Alfa-Beta como técnica fundamental, mas também ressalta que a construção de agentes de jogo realmente competitivos exige uma combinação de abordagens – desde algoritmos de busca até funções de avaliação e estratégias de pré-processamento. Assim, este trabalho pode ser visto como uma base sólida para experimentos posteriores mais sofisticados em jogos de maior complexidade.