



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ**  
**IFCE *CAMPUS* MARACANAÚ**  
**BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**JOÃO VICTOR DE FRANÇA LEITÃO**  
**JOÃO VITOR MOREIRA DUARTE**  
**FRANCISCO YURI CARVALHO DE OLIVEIRA**

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO JOGO DE**  
**XADREZ ONLINE**

**MARACANAÚ - CE**

**2023**

JOÃO VICTOR DE FRANÇA LEITÃO  
JOÃO VITOR MOREIRA DUARTE  
FRANCISCO YURI CARVALHO DE OLIVEIRA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO JOGO DE  
XADREZ ONLINE

Pré-projeto de pesquisa apresentado na cadeira de metodologia científica no curso de Bacharel em Ciencia da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Maracanaú.

**Linha de Pesquisa: Inteligencia Artificial e suas aplicações**

MARACANAÚ - CE

2023

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>Tema . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>Delimitação do Tema . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>Problema . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.4.1</b>	<b><i>Objetivo Geral . . . . .</i></b>	<b>2</b>
<b>1.4.2</b>	<b><i>Objetivos Específicos . . . . .</i></b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Relevância . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Teoria e Conceitos de Base . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Conceito de Inteligencia Artificial . . . . .</i></b>	<b>5</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Conceito do motor de xadrez . . . . .</i></b>	<b>6</b>
<b>3.1.3</b>	<b><i>Algoritmo de busca min-max . . . . .</i></b>	<b>7</b>
<b>3.1.4</b>	<b><i>Algoritmo alpha-beta pruning . . . . .</i></b>	<b>8</b>
<b>3.1.5</b>	<b><i>Funções com uso de redes neurais . . . . .</i></b>	<b>8</b>
<b>3.1.6</b>	<b><i>Estado da Arte . . . . .</i></b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>CRONOGRAMA . . . . .</b>	<b>10</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>11</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Tema: Inteligência Artificial

## 1.2 Delimitação do Tema: Uso de inteligência artificial no jogo de xadrez online

## 1.3 Problema

O problema que norteará esta pesquisa está ligado à investigação da atuação dos melhores algoritmos de Inteligência artificial nos motores de jogos de xadrez para computador, visando procurar as melhores jogadas dentro do jogo a partir da representação matemática do tabuleiro e suas peças.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 *Objetivo Geral*

Investigar e comparar os melhores algoritmos de inteligência artificial nos motores de jogos de xadrez para computador, classificando-os com diversos parâmetros, com o mais básico sendo a porcentagem de vitórias, assim revelando no que cada motor pode dedicar-se para sua melhoria.

### 1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Analisar a representação do tabuleiro e o valor das jogadas possíveis dentro do jogo
- Analisar as diferenças de implementação dos algoritmos de busca min-max, alpha-beta pruning e redes neurais nos motores de jogos de xadrez para computador.
- A partir dos dados coletados comparar os algoritmos e os motores de jogos de xadrez para computador.
- Criar parâmetros para classificação de motores de jogos de xadrez para computador com os dados de comparação.

## 2 JUSTIFICATIVA

A Inteligência Artificial (IA), foi escolhida como tema deste trabalho por sua grande importância atual e futura no desenvolvimento da humanidade, tendo aplicações claras em diversas áreas, como carros autônomos, assistentes digitais, algoritmos de reconhecimento de imagens, assim como qualquer projeto ou área que envolva a análise de uma grande base de dados.

Optamos por analisar um tópico simplificado dentro do tema de Inteligência Artificial, que é o uso da mesma em algoritmos utilizados em motores do jogo de xadrez para computador, com o intuito de investigar e comparar os algoritmos e motores para classificá-los, revelando quais os melhores entre eles em diferentes quesitos e o porquê de assim serem, deste modo apresentaremos em quais áreas cada motor e implementação de algoritmos podem empenhar-se para seu aperfeiçoamento.

A importância dos jogos de tabuleiro no tema é exposta por Luger (2013),

(...) os jogos de tabuleiro tem certas propriedades que os tornaram objetos de estudo ideais para esses trabalhos iniciais. A maioria dos jogos utiliza um conjunto bem definido de regras: isso faz com que seja fácil gerar o espaço de busca e libera o pesquisador de muitas das ambiguidades e complexidades inerentes a problemas menos estruturados. As configurações do tabuleiro usadas nesses jogos são facilmente representáveis em um computador, dispensando o formalismo complexo necessário para capturar as sutilezas semânticas de domínios de problemas mais complexos. (LUGER, 2013, p.17)

### 2.1 Relevância

A inteligência artificial pode ser definida como sistemas ou máquinas que procuram imitar o raciocínio humano visando realizar alguma atividade podendo aprimorar seu desempenho de forma interativa com base nas informações que coletam.

Com o constante aumento do seu uso na resolução de problemas dentro da sociedade, indo da construção de trajetos mais eficientes para os serviços que proporcionam mapas até traçar um perfil de consumidor a partir da navegação de um usuário dentro da internet, a inteligência artificial e seus algoritmos são grandes responsáveis em como o mundo funciona atualmente.

A implementação desses programas para a análise de dados tradicionais permite descrever problemas em que ações que já aconteceram identificam novas oportunidades e implementam estratégias baseadas nos dados para chegar em um resultado satisfatório.

Utilizando como referencial o jogo de xadrez online como exemplo, é possível exemplificar os algoritmos que fazem a base da inteligência artificial e mostrar como problemas

podem ser representados de forma que uma máquina chegue a soluções seguindo um raciocínio matemático.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão apresentados os fundamentos teóricos que servirão de base para sustentar o estudo sobre a inteligência artificial dentro da área de algoritmos e motores do jogo de xadrez online. Primeiramente, iremos compreender as teorias e conceitos de base para esta pesquisa, que proveram as informações necessárias para a análise e comparação em questão. Depois, falaremos sobre o estado da arte deste tema.

#### 3.1 Teoria e Conceitos de Base

Esta parte do projeto conterà as informações teóricas necessárias para compreensão do tema e sua problematização, assim veremos os conceitos de inteligência artificial, motor de xadrez, algoritmo de busca min-max, algoritmo *alpha-beta pruning* e as funções de avaliação de otimização do tabuleiro por meio de algoritmos genéticos.

##### 3.1.1 Conceito de Inteligencia Artificial

O conceito de inteligência artificial surgiu da ideia de reproduzir nas máquinas a capacidade humana de usar das informações disponíveis para resolver problemas e tomar decisões com base na razão e lógica, o que resultou em dar aos computadores a capacidade de automatizar processos ou pelo menos minimizar consideravelmente o envolvimento humano nós mesmos, e com o avanço cada vez maior da velocidade de processamento das máquinas, elas alcançaram a capacidade de analisar dados em taxas extremamente mais rápidas do que a humana.

Como dito por Hintze (2016),

Os tipos mais básicos de sistemas de IA são puramente reativos e não têm a capacidade de formar memórias nem de usar experiências passadas para informar as decisões atuais. Deep Blue, o supercomputador de xadrez da IBM, que derrotou o grande mestre internacional Garry Kasparov no final dos anos 1990, é o exemplo perfeito desse tipo de máquina. (HINTZE, 2016, tradução nossa.)

É importante diferenciar o tipo mais básico de inteligência artificial dos mais complexos, pois o pensamento mais comum quando falamos neste tema é a criação de máquinas semelhantes aos humanos que assim como nós possam pensar e agir por conta própria, possuindo a capacidade de aprender e até mesmo possuir sentimentos e consciência, mas tais feitos só podem ser alcançados utilizando-se de tecnologias de áreas como machine learning e redes neurais, que são ramos da inteligência artificial.

De acordo com Allende-Cid(2019),

Machine Learning é a área ideal para a automatização de processos, os quais podem ser "simples", como reconhecer padrões visuais, ou complexos, tais quais decisões de especialistas da área da saúde. Quando seres humanos lidam com problemas complexos, muitas vezes é impossível explicar o raciocínio que levou a tomar determinadas decisões. Por outro lado, é menos complexo realizarmos a coleta dos exemplos de decisões tomadas por seres humanos e usá-los como fonte para que o sistema aprenda a resolver o mesmo problema.(ALLENDE-CID, 2019, tradução dos editores, p.16.)

Fausett(1993) trata redes neurais como:

(...) um sistema de processamento de informações que possui certas características de desempenho em comum com as redes neurais biológicas. Redes neurais artificiais foram desenvolvidas como generalização de modelos matemáticos da cognição humana ou biologia neural (...) (FAUSETT, 1993, tradução nossa, p.3)

### **3.1.2 Conceito do motor de xadrez**

A primeira aplicação de um motor de xadrez foi criada entre os anos de 1950 a 1953 por Alan Turing juntamente com a ideia base de Claude Shannon, criando assim o primeiro algoritmo para o jogo de xadrez de computador, que pela falta de uma máquina adequada teve que ter cada movimento calculado manualmente por Turing via o algoritmo.

Santana (2014) define um motor de xadrez como:

(...) um programa de computador capaz de decidir um movimento em uma partida de xadrez. Tal programa recebe uma configuração de um tabuleiro, isto é, o conjunto de casas contendo a informação de qual peça está ocupando cada casa, analisa esta informação considerando somente os movimentos válidos e retorna um movimento que é o melhor possível de acordo com algum critério.(SANTANA, 2014, p.4.)

Os motores de xadrez em geral não possuem interface gráfica própria, eles apenas recebem comandos e devolvem o próximo movimento, assim para que haja interação com outros programas se faz necessário um protocolo de comunicação, a partir da padronização de comandos utilizados no protocolo, dois motores diferentes podem interagir com uma mesma interface sem conflitos.

É necessário que o motor faça a representação do tabuleiro do jogo, mantendo dados como a posição de todas as peças no tabuleiro, a regra de 50 movimentos, entre outros. Uma boa representação do tabuleiro torna o cálculo de movimentos e a avaliação do tabuleiro muito rápidas, de forma geral, existem três métodos diferentes para representar um tabuleiro: centrado nas casas, centrado nas peças e soluções híbridas. Bijl e Tiet (2021) ressaltam a importância



desta fase, pois qualquer algoritmo, esteja relacionado a pesquisa ou avaliação, tem como base a implementação da representação do tabuleiro.

### 3.1.3 Algoritmo de busca min-max

O algoritmo minimax é aplicado em jogos adversariais e de soma zero, jogos esses que possuem 2 jogadores e cada um joga por turnos, a vitória de um jogador implica na derrota do outro.

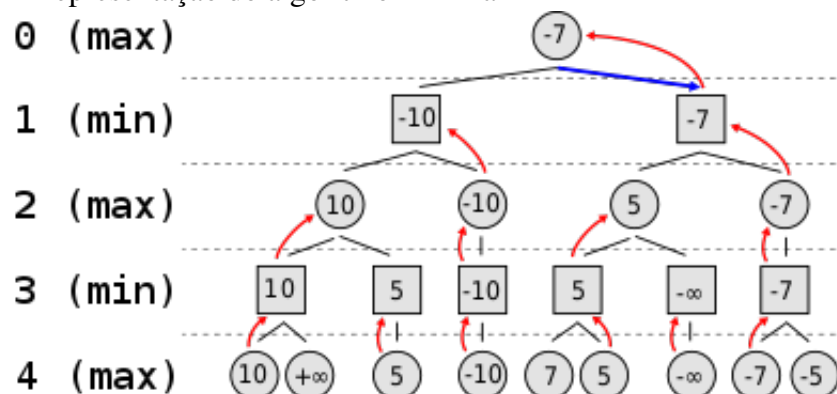
O minimax é um algoritmo de força bruta, isso significa que seu objetivo é enumerar todos os possíveis candidatos de uma solução e verificar se cada um satisfaz o problema, o algoritmo divide as possibilidades de ações em uma árvore de jogadas para conseguir a melhor jogada possível, essa árvore vai ser definida em etapas de minimização (min) e maximização (max), sendo cada uma destas etapas representadas por uma jogada do adversário ou da máquina respectivamente, cada nó representa uma configuração e cada aresta representa uma jogada que leva a uma determinada configuração.

O fim de uma aresta significa o fim de uma partida, nisso é aplicada uma avaliação para validar se aquele nó possui um resultado positivo ou negativo para a máquina, o nó em questão recebe um valor com base no seu resultado.

Após o fim de todas as arestas de um nó subimos para o nó antecessor a essa aresta em questão, se o nó em questão for um nó de min, ou seja, uma jogada do adversário, atribuímos ao nó o valor mínimo entre os valores de suas arestas, caso seja o max, uma jogada da máquina, atribuímos o valor máximo entre suas arestas.

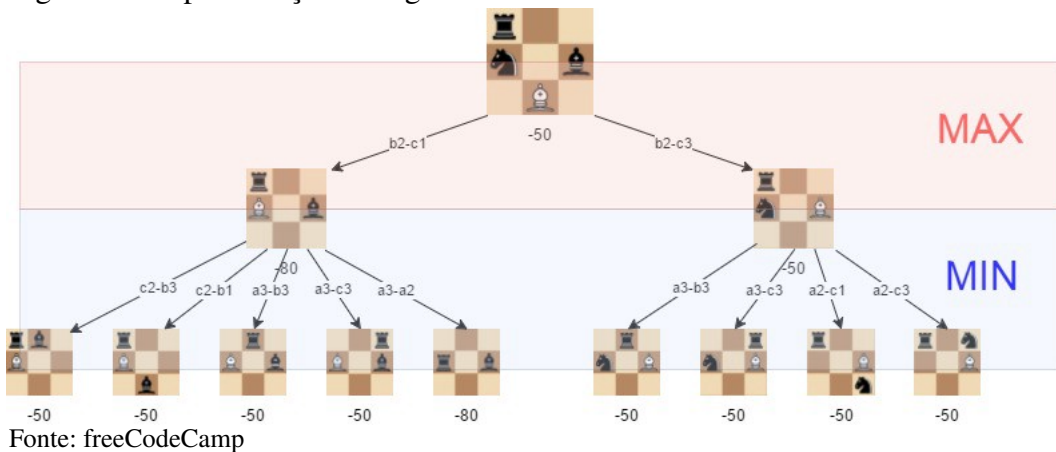
No fim de todas as arestas o algoritmo escolhe a aresta com o maior valor pois esta é a melhor alternativa para se seguir.

Figura 1 – Representação do algoritmo minimax



Fonte: Internet

Figura 2 – Representação do algoritmo minimax no xadrez



### 3.1.4 Algoritmo alpha-beta pruning

O alpha-beta pruning é um algoritmo de otimização do minimax onde excluimos as arestas que possuem um valor pior do que um valor encontrado anteriormente, isso é feito para economizar tempo de processamento da máquina.

O algoritmo funciona da seguinte forma, existem duas variáveis chamadas alpha e beta respectivamente, alpha é o maior valor que o maximizador pode garantir naquele nível da árvore ou abaixo e beta é o menor valor que o minimizador possui naquele nível da árvore ou abaixo.

no começo do funcionamento do algoritmo atribuímos ao alpha o valor de “-infinito” e ao beta o valor de “+infinito” pois a ideia é que o valor de alpha seja substituído por um valor maior que -infinito, ou seja, qualquer um, e que o valor de beta seja substituído por um menor, seguindo a mesma lógica.

seguimos então até o fim de uma aresta e avaliamos o valor de seu nó, voltamos então para o nível acima da árvore, caso seja uma jogada minimizadora, atribuímos o valor da aresta que acabamos de avaliar como o valor de beta, seguimos então para avaliar as outras arestas desse nó

### 3.1.5 Funções com uso de redes neurais

Redes neurais ou redes neurais artificiais é um dos tipos de machine learning que se inspira no cérebro humano imitando a forma como os nossos neurônios conversam entre si usando um algoritmo de aprendizagem que tem como objetivo modificar pesos sinápticos da rede de uma forma ordenada para alcançar uma solução esperada.

Haykin define redes neurais e suas semelhanças com o cérebro humano da seguinte forma:

Uma rede neural é um processador maciçamente paralelamente distribuído constituído de unidade de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torna-lo disponível para uso. Ela se assemelha ao cérebro humano em dois aspectos:

1. O conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem.
2. Forças de conexão de neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizados para armazenar o conhecimento adquirido. (HAYKIN, 2007)

### **3.1.6 Estado da Arte**

Existem vários trabalhos envolvendo a criação de motores de xadrez e descrição de seus algoritmos, iremos aqui citar alguns dos quais tomamos como base para este projeto.

Santana (2014) apresenta teorias e algoritmos relacionados ao xadrez para computador e mostra possíveis implementações para um motor de xadrez, no final ele analisa a implementação dentro do motor de xadrez de código aberto Pulse.

Abreu et al. (2006) também apresenta teorias e implementações de algoritmos, mas este descreve técnicas mais avançadas, como: Tabelas de transposição, extensões e reduções de busca, livro de aberturas e banco de dados finais. Além disso, este trabalho faz a análise resumida de um motor de xadrez de propriedade dos autores chamado ICE.

Block et al. (2008) apresenta a teoria matemática e lógica para implementar aprendizado por reforço por meio de um método chamado Diferença Temporal (DT), o qual otimiza as funções de avaliação e seus coeficientes, e tem a capacidade de aumentar sua própria compreensão do xadrez após cada partida.

Bijl e Tiet (2021) nos expõem uma visão mais atual quanto ao uso de alguns algoritmos em motores de xadrez. Eles fazem a comparação de diferentes técnicas tanto no fator de velocidade quanto no de qualidade de movimentos.

Como pode ser visto, existem vários trabalhos explicando diferentes tipos de implementação dos algoritmos para motores de xadrez, mas não muitos fazem a comparação entre eles e suas implementações nestes, assim buscamos ampliar a visão neste tema, mostrando caminhos no qual os algoritmos podem ser melhorados.

#### 4 CRONOGRAMA

	2022	2023
<b>Atividades</b>	<b>2022.2</b>	<b>2023.1</b>
Créditos a serem cursados		
Levantamento bibliográfico e revisão da literatura		
Qualificação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I		
Criação de sistemas de testes para avaliar os algoritmos e motores do jogo de xadrez online		
Redação da dissertação		
Análise dos resultados obtidos pelos testes realizados sobre os algoritmos e motores do jogo de xadrez online		
Qualificação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II		
Defesa da dissertação		

## REFERÊNCIAS

- ALLENDE-CID, H. Machine learning: Catalisador da ciência. **Revista da Sociedade Brasileira de Computação**, v. 39, n. 1, 2019.
- FAUSETT, V. L. **Fundamentals of Neural Networks**: Architectures, algorithms and applications. 1. ed. Upper Saddle River: Pearson, 1993.
- HAYKIN, S. **Redes Neurais**: Princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed Editora S.A, 2007.
- HINTZE, A. **The Conversation**: Understanding the four types of AI, from reactive robots to self-aware beings. 2016. <<https://theconversation.com/understanding-the-four-types-of-ai-from-reactive-robots-to-self-aware-beings-67616>>. Acessado em: 21 de jun de 2022.
- LUGER, G. F. **Inteligência Artificial**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- SANTANA, H. V. M. D. **Anatomia de um Motor de Xadrez**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.