

Projeto Orientado em Computação II  
Teoria dos jogos na modelagem de jogos de basquete

Pedro Elias Valadares Castanheira  
pedro.cast@dcc.ufmg.br  
Orientador: Pedro Olmo Stancioli Vaz De Melo  
olmo@dcc.ufmg.br

Departamento de Ciência da Computação  
Universidade Federal de Minas Gerais

Dezembro de 2019

## Resumo

A Teoria dos Jogos é um campo que ganhou muito espaço devido a sua versatilidade, sendo usada principalmente na análise de sistemas econômicos e modelos de negócio. Este trabalho utiliza conceitos desse ramo matemático, como Estratégia, *Payoffs* e Equilíbrio de Nash, juntamente com dados extraídos das ligas profissionais de basquete (NBA) para modelar jogos desse esporte. O modelo foi utilizado em simulações e os resultados foram comparados com os jogos reais.

**Palavras-chave**— Teoria dos Jogos, basquete, Equilíbrio de Nash, simulação

## 1 Introdução

Teoria de Jogos é o nome dado ao campo que estuda a interação estratégica entre agentes lógicos em torno de um modelo matemático definido. Esses modelos originam-se de situações reais, das quais são extraídas as abstrações e essas são mapeadas, conferindo mais nitidez analítica aos problema em questão. Essa abstração faz com que um leque enorme de situações possam ser analisadas, como uma simples partida de "Pedra, Papel e Tesoura" ou até mesmo um modelo econômico complexo.

Neste projeto, pretende-se aplicar os conhecimentos de Teoria dos Jogos na análise de jogos de basquete, a fim de obter um modelo matemático que simule a dinâmica de partidas entre times profissionais.

Este trabalho é a continuação do projeto desenvolvido durante o POC1. Nessa primeira etapa, foi construído um modelo simples que tenta simular os jogos de basquete a partir de alguns parâmetros iniciais empíricos fornecidos manualmente, como por exemplo a tabela de *payoffs* e a taxa de conversão de arremessos livres. Esse simulador utiliza **Equilíbrio de Nash para Estratégias Mistas** para simular a forma como cada time está jogando lance a lance e, por fim, gera um gráfico que representa a pontuação dos times ao longo do jogo, como pode ser visto abaixo.

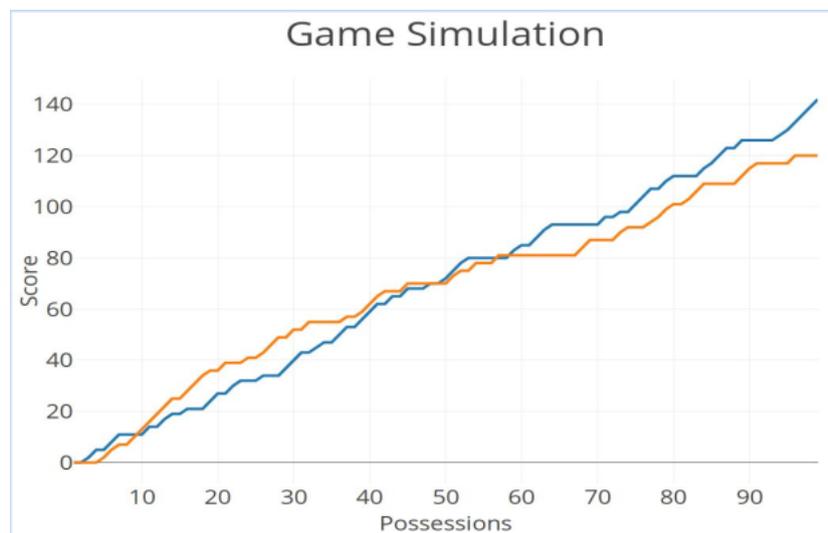


Figura 1 – Exemplo de matriz de *payoff*

A principal proposta desta etapa é enriquecer o modelo matemático a partir da utilização de dados reais, extraídos de jogos profissionais do esporte. Esses dados serão utilizados para gerar uma tabela de *payoffs*, que será então inserida como parâmetro do simulador em conjunto com as demais estatísticas extraídas dos dados, como uso de estratégias e porcentagens de acerto. Por fim,

será feita uma comparação entre os resultados das simulações e as curvas reais obtidas das ligas de basquete.

## 2 Referencial Teórico

Devido à sua versatilidade, teoria dos jogos é bastante aplicada em esportes. Já existem trabalhos sobre futebol, futebol americano, beisebol e basquete. Em sua grande maioria, essas análises giram em torno de situações específicas dentro de cada esporte, como as descritas a seguir.

No futebol, por exemplo, é possível analisar uma situação de pênalti[1], na qual dois jogadores, o batero e o goleiro, se enfrentam. Nesse cenário, assume-se que cada um tem duas opções: o goleiro pode pular para direita ou para a esquerda, e o atacante pode chutar para a direita ou para esquerda do gol. Perceba que esse é o modelo mais simples, mas muitas variáveis podem entrar em cena para enriquecê-lo, como por exemplo a habilidade dos jogadores, o acréscimo das opções de altura e força do chute, o lado dominante do atacante, que o faria ter uma certa tendência a chutar em um dos lados, entre outros.

Na âmbito do basquete, um exemplo é a análise de um cenário em que um time está perdendo por 2 pontos e tem a posse de bola, com tempo suficiente para fazer uma única jogada antes do final do tempo normal de jogo[2]. Esse time possui duas escolhas: tentar fazer uma cesta de 2 pontos, empatando o jogo no tempo normal e forçando uma prorrogação; ou arriscar uma cesta mais difícil de 3 pontos e ganhar o jogo diretamente no tempo normal. Existem alguns pontos que devem ser levantados na escolha da estratégia, como as chances de sucesso de cada jogada e, caso seja escolhida a estratégia de empate, quais as chances de ganhar o jogo na prorrogação.

Esses trabalhos servirão como base para a criação do modelo do qual este documento trata.

## 3 Metodologia

Esta seção traz um apanhado de todas as atividades que foram desempenhadas ao longo do projeto, desde a coleta dos dados até os cálculos utilizados para gerar os resultados.

### 3.1 Coleta dos dados

Os dados utilizados nesse trabalho são referentes à 72ª temporada da *National Basketball Association* (NBA), que ocorreu nos anos de 2017-2018. Esses dados foram extraídos do site Basketball-Reference<sup>1</sup> em forma de tabelas, por meio de um *crawler*. Cada tabela representa um jogo, cada linha da tabela representa um evento, e as colunas estão organizadas da seguinte forma: tempo, time 1, pontos time 1, placar, pontos time 2, time 2. Os campos "time 1" e "time 2" são usados para explicar o que aconteceu. Entradas comuns nesses campos são "rebote pelo jogador X" ou "jogador Y acerta cesta de 3 pontos". Já os campos "pontos time 1" e "pontos time 2", são usados para explicitar quantos pontos cada time ganhou naquele evento em específico. Os outros campos são autoexplicativos. Foram analisados mais de 1300 jogos entre 30 times diferentes.

### 3.2 Categorização dos dados

Os dados foram categorizados em dois tipos de jogos: jogos dísparos (discrepância entre os times) e jogos parelhos (times semelhantes). Em jogos dísparos, espera-se que a pontuação de um time cresça mais rapidamente que a de outro, enquanto que em jogos parelhos a tendência é que as curvas de pontuação de cada time sejam parecidas. Essa separação foi feita levando em consideração a diferença de pontuação ao final do jogo. Utilizou-se um limiar de 20 pontos para determinar se um jogo foi equilibrado ou não, isto é, se a diferença final for igual ou inferior a 20 pontos, considerou-se o jogo como equilibrado. Caso contrário, o jogo foi categorizado como dísparo.

<sup>1</sup> <<http://www.basketball-reference.com>>

### 3.3 Identificação de Jogadores e Posições

O próximo passo foi identificar os jogadores de cada equipe e suas respectivas posições. Os dados coletados até então só possuem informações sobre os times e seus respectivos jogadores, deixando a desejar no que se trata da função desempenhada por cada um. Assim, foi necessário utilizar um banco de dados externo, chamado NBA Players Dataset<sup>2</sup>. Essa tabela contém informações mais detalhadas sobre os jogadores, mas não diz nada sobre em qual time eles jogavam.

Assim, foi preciso cruzar as informações dos dados coletados inicialmente com esse novo *dataset*. Mesmo depois desse processo, havia um número pequeno de jogadores sem a informação de posição, o que foi resolvido checando manualmente os registros da temporada no site de referência Basketball-Reference<sup>3</sup>. O resultado final foi uma coleção que continha os times, seus jogadores e as respectivas posições que cada um ocupou nessa temporada.

### 3.4 Estipulação de Formações

Com o elenco do time já identificado, a próxima tarefa foi estipular as formações. Foi escolhido que existiriam três tipos de formações: formação de garrafão (tipo 1), formação de 3 pontos (tipo 2) e formação de garrafão com foco em 3 pontos (tipo 3). Cada uma dessas formações é dependente da composição do time que está em quadra, podendo ser alterada com substituições de jogadores ao longo do jogo, que são bastante frequentes em jogos de basquete. Existem 5 posições que um jogador de basquete pode assumir, sendo elas o *Point Guard* (PG), o *Shooting Guard* (SG), o *Small Forward* (SF), o *Power Forward* (PF) e o *Center* (C). Em especial, foram levadas em conta as duas últimas posições mencionadas, os PFs e os Cs. Em português, essas posições são conhecidas como "postes" e são designadas a jogadores que, geralmente, são mais altos e mais fortes, jogando sempre bem próximos à cesta, dentro do garrafão. A presença ou não de jogadores que desempenham essa função é o fator determinante na caracterização da formação de um time.

Dessa forma, formações do tipo 1, que dão atenção especial para arremessos curtos, devem possuir pelo menos um C e um PF. Formações do tipo 2, por serem voltadas à longa distância, não devem possuir nem um C e nem um PF. Já as formações do tipo 3, por serem um pouco mais equilibradas, só podem possuir um C ou um PF. Vale ressaltar que a formação é indiferente para o ataque ou para defesa, isto é, se um time está atacando com uma formação do tipo 1, quer dizer a defesa dele também será do tipo 1, a não ser que ele faça alguma substituição que mude esse estado. Essas formações darão origem às opções de estratégias que serão utilizadas no modelo e no simulador.

### 3.5 Análise dos jogos

A próxima etapa é analisar os jogos, a fim de identificar as jogadas e o tipo de confronto ao qual elas pertencem. Nesse caso, confronto denomina uma ocorrência de tentativa de pontuação, ou seja, um arremesso de 3 pontos, por exemplo. O tipo do confronto é relativo às estratégias que os times estão usando no momento em que o confronto ocorreu. Desse modo, cada lance foi distribuído entre 9 tipos de confrontos, resultantes das combinações das 3 estratégias que o time atacante possui com as 3 estratégias que o time defensor pode optar.

Foram analisados todos os jogos da temporada, com exceção de alguns poucos que apresentavam problemas como substituições não listadas, o que quebrava o algoritmo de identificação de formações. Para cada jogo, o primeiro passo era identificar a formação inicial de um time. Essa informação era obtida a partir de uma leitura inicial, que verificava as primeiras aparições de jogadores em lances (tentativas de pontuação, assistências, rebotes, faltas, etc) e os registrava. Assim que fossem encontrados os 5 primeiros, estes são tidos como a formação inicial e a leitura do arquivo se reinicia. Esse processo é realizado não só no início do jogo, mas no início de cada um dos 4 períodos que consistem o tempo normal da partida de basquete. Isso foi feito porque a

<sup>2</sup> <[https://www.kaggle.com/drgilermo/nba-players-stats#player\\_data.csv](https://www.kaggle.com/drgilermo/nba-players-stats#player_data.csv)>

<sup>3</sup> <[https://www.basketball-reference.com/leagues/NBA\\_2018\\_totals.html](https://www.basketball-reference.com/leagues/NBA_2018_totals.html)>

formação do time pode ser alterada entre os períodos, alterações essas que não eram listadas nos dados extraídos.

Com a formação inicial estabelecida, a análise recomeçava, dessa vez com foco em identificar os confrontos e vinculá-los a uma das 9 possibilidades. A cada lance, era computado se a tentativa foi de 2 ou 3 pontos e se foi um sucesso ou não. Também foram monitoradas as alterações que a composição do time sofria, que nem sempre mudam a estratégia utilizada. Vale lembrar que esses dados são relativos a cada uma das categorias de jogos, isto é, eles estão segregados em equilibrados ou dísparos. Depois da leitura de todos os jogos, o resultado era uma coleção de estatísticas, como quantidades de lances, total de tentativas de 2 ou 3 pontos e sucesso dessas tentativas. Essas informações foram utilizadas para calcular as seguintes informações:

- Chance de a tentativa ser de 2 ou 3 pontos
- Chance de sucesso dessa tentativa
- Pontuação esperada do confronto

O primeiro item é obtido ao dividir o número total de tentativas de um determinado tipo de lançamento pela soma dos dois tipos existentes (2 ou 3 pontos). O segundo item foi obtido dividindo-se a quantidade de tentativas bem sucedidas de pontuação sobre a quantidade total de tentativas, o que também foi separado pelos tipos. O último item, por sua vez, foi obtido ao dividir a pontuação total dos times pelo número de tentativas, seguindo o mesmo padrão dos itens anteriores.

Cada um desses valores foi calculado separadamente para cada combinação de estratégias, além de já serem separados entre o tipo de jogo que está sendo analisado (balanceado ou dísparo). O último item foi utilizado para a confecção da tabela de *payoffs*, que é um mecanismo da Teoria dos Jogos. Essa tabela é uma forma eficiente de visualizar os resultados esperados de cada combinação de estratégias, sendo muito comum no estudo de tomadas de decisão.

### 3.6 Simulações

Para simular os jogos, foi necessário simplificar a dinâmica que ocorre num jogo de basquete. Cada equipe será vista como um único jogador, e um jogo terá a duração de 100 posses para cada desafiante. Ao contrário dos jogos normais, os times vão sempre alternar a posse de bola, e cada uma dessas posses representará um confronto. Um confronto se inicia com ambos os jogadores escolhendo uma estratégia, seguindo um padrão que será discutido na próxima seção. A combinação dessas estratégias nos indicará um tipo de confronto, por exemplo Tipo 1 x Tipo 2. Em seguida, será escolhido um tipo de lançamento (2 ou 3 pontos), com base na frequência com que cada tipo aparece, dado o confronto em questão. Em seguida, verifica-se a probabilidade de essa tentativa ser um sucesso, ainda levando em consideração o tipo de confronto. Caso seja um sucesso, atribui-se os pontos devidos ao jogador que está com a posse nesse momento. Esse processo se repete alternadamente, até que ambos os jogadores tenham usado seu total de posses.

## 4 Resultados

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos utilizando os processos descritos na seção anterior.

### 4.1 Tabelas de *Payoff*

Os primeiros resultados importantes são as tabelas de *payoff*, que serão utilizadas posteriormente no cálculo do Equilíbrio de Nash. Como dito na seção anterior, essas tabelas representam os resultados esperados de cada confronto entre os tipos de estratégia e podem ser vistas logo abaixo. Cada célula representa a média de pontos obtida por confronto, em cada um dos cenários que ela representa, de acordo com o ponto de vista do jogador que escolhe a linha que será utilizada.

Na Figura 2, por exemplo, espera que o jogador atacante (representado pela cor azul), ao jogar a estratégia do Tipo 1 (linha 1) contra a estratégia do Tipo 3 (coluna 3) do jogador defensor, receba, em média, 1.04 pontos por confronto.

Figura 2 – Tabelas de *payoffs* de jogos Balanceados

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Tipo 1	1.05	1.02	1.04
Tipo 2	1.01	1.05	1.04
Tipo 3	1.04	1.05	1.03

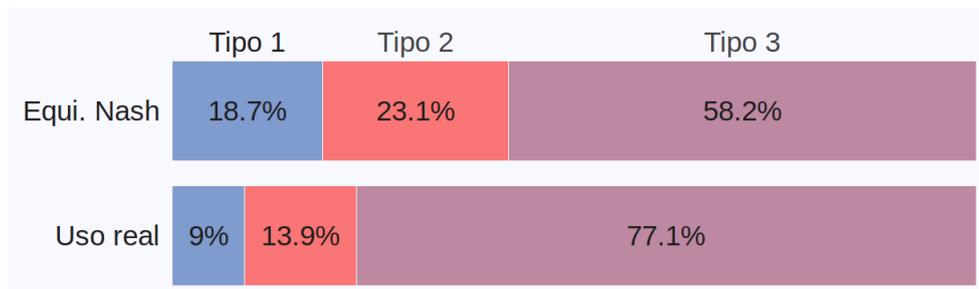
Figura 3 – Tabelas de *payoffs* de jogos Dísparos

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Tipo 1	1.04	1.02	1.08
Tipo 2	0.99	1.02	1.01
Tipo 3	1	1.08	1.05

## 4.2 Equilíbrio de Nash para Estratégias Mistas

Utilizando um outro conceito da Teoria dos Jogos, o Equilíbrio de Nash para Estratégias Mistas, criou-se um sistema para que os jogadores pudessem escolher qual estratégia usar. O cálculo desse equilíbrio acontece a partir de uma tabela de *payoff*, com objetivo de fornecer probabilidades para o uso de cada estratégia que maximizem os resultados finais obtidos. Dessa forma, isso indicará qual é proporção do uso das estratégias que um jogador deve seguir para maximizar os pontos ganhos a cada rodada. O resultado dessa etapa pode ser observado abaixo, juntamente com a frequência com que as estratégias foram efetivamente usadas nos jogos reais da NBA.

Figura 4 – Frequência de utilização de estratégias



É possível notar que há uma semelhança entre as duas frequências. O Equilíbrio de Nash sugere que se deve jogar a estratégia do tipo 3 preferencialmente, seguida pela estratégia do tipo 2 e por último a estratégia do tipo 1. Esse padrão se repete no que realmente acontece dentro das quadras (dadas as devidas proporções), o que é interessante verificar, pois espera-se que um time profissional tente sempre maximizar os pontos ganhos por jogo, assim como o equilíbrio o faz.

## 4.3 Simulações

Todos as informações descritas neste documento foram adquiridas a fim de criar o modelo que vai tentar simular os jogos de basquete profissionais. Seguindo os passos descritos na seção 3.6, foram feitas algumas simulações de jogos, comparando-os com exemplos reais de jogos da NBA. Abaixo estão alguns exemplos, tanto para jogos balanceados como para jogos dísparos.

Figura 5 – Comparação de Simulação x Jogo Real em jogos disputados

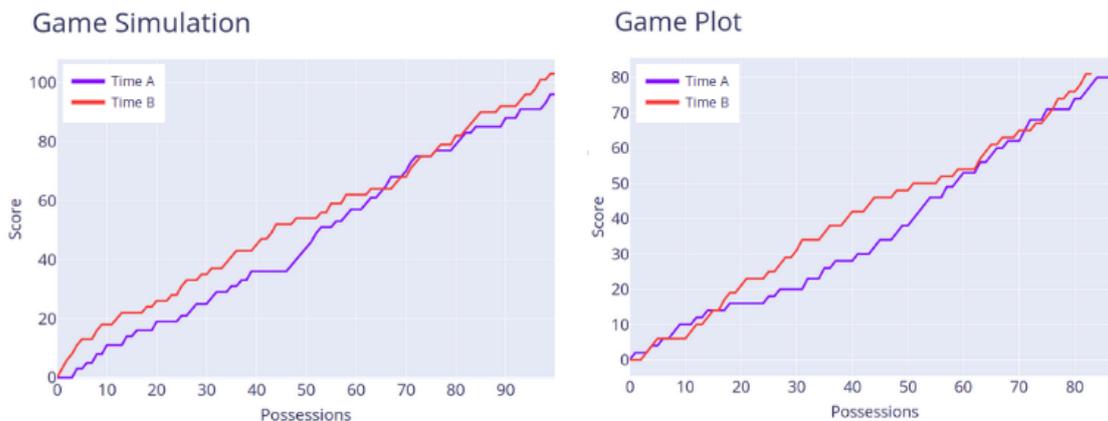
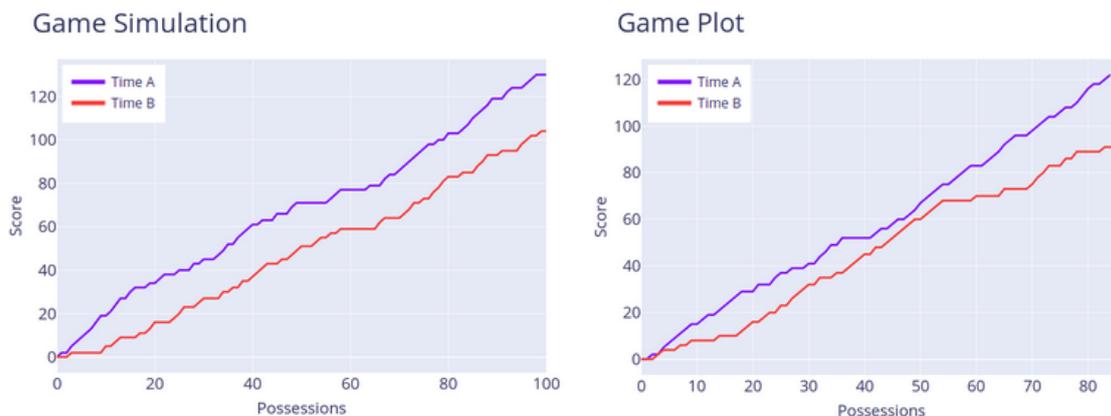


Figura 6 – Comparação de Simulação x Jogo Real em jogos disparos



Percebe-se que as curvas das simulações conseguem reproduzir o comportamento das curvas dos jogos reais, em ambos os casos. Na Figura 5, a área entre as linhas dos times é pequena, e as linhas muitas vezes se cruzam, indicando que o jogo está empatado, cenário esse que é comum em jogos disputados. Já na figura 6, percebe-se uma clara dominância de um time sobre o outro, o que pode ser constatado pela grande área que divide as curvas, e principalmente a distância delas ao término do jogo. É importante notar também que, nas curvas de jogos reais as posses nem sempre são iguais para os dois times, o que faz com que uma curva termine antes da outra, como podemos verificar mais claramente na Figura 5.

## 5 Conclusões

O modelo criado consegue simular jogos de forma satisfatória, levando em conta as comparações das curvas obtidas. A adição dos parâmetros extraídos a partir das análises dos jogos serviu como meio de dar um pouco mais de credibilidade e fidelidade ao modelo, o que é refletido mais perceptivelmente na frequência da utilização de estratégias.

Ainda há o que melhorar no modelo, já que são feitas algumas simplificações para tornar mais viáveis as simulações e as análises. Um exemplo disso são os lances livres, que são arremessos de bola parada, geralmente precedidos por irregularidades (faltas). Os roubos de bola constituem um outro aspecto que também não foi levado em conta. Como dito anteriormente, os jogadores sempre alternam a posse e concluem o arremesso, o que não é sempre verdade num jogo real.

Para trabalhos futuros, espera-se incluir esses pontos no simulador, a fim de deixá-lo ainda mais preciso e fiel. Também seria interessante criar times fictícios, gerados a partir de um time

específico ou de um grupo de times que joga de forma semelhante. Dessa forma, seria possível estudar a influência dessas peculiaridades nos jogos. Dependendo dos resultados, seria possível obter não só um simulador de jogos, mas um simulador de temporadas inteiras do esporte.

## 6 Referências Bibliográficas

- [1] Spaniel, W. (2014). The Game Theory of Soccer Penalty Kicks. [online] William Spaniel. Available at: <<https://williamspaniel.com/2014/06/12/the-game-theory-of-soccer-penalty-kicks/>> [Accessed 2 Jul. 2019].
- [2] Ruminski, S. (2012). Game theory applied to basketball by Shawn Ruminski. [online] Mindyourdecisions.com. Available at: <<https://mindyourdecisions.com/blog/2012/06/19/game-theory-applied-to-basketball-by-shawn-ruminski/>> [Accessed 2 Jul. 2019].
- [3] ALIPRANTIS, Charalambos D.; CHAKRABARTI, Subir K. Games And Decision Making. [S. l.]: Oxford University Press, 1999. E-book.
- [4] SHOHAN, Yoav; LEYTON-BROWN, Kevin. Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations. [S. l.]: Cambridge University Press, 2009. E-book <<http://www.masfoundations.org/>>
- [5] OSBORNE, Martin J.; RUBINSTEIN, Ariel. A Course in Game Theory. London, England: The MIT Press, 2012. E-book.