



**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Ciências Aplicadas**



CAIO PIRES RIBEIRO

**ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO APLICADA NA
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM FUTEBOL**

**MULTICRITERIA DECISION ANALYSIS APPLIED IN SOCCER
PERFORMANCE ASSESSEMENT**

**LIMEIRA
2019**



**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Ciências Aplicadas**



CAIO PIRES RIBEIRO

**ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO APLICADA NA
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM FUTEBOL**

**MULTICRITERIA DECISION ANALYSIS APPLIED IN SOCCER
PERFORMANCE ASSESSEMENT**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura, na área de Pesquisa Operacional e Gestão de Processos.

Dissertation presented to the School of Applied Sciences of the University of Campinas in Partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Management in the area of Production and Manufacturing Engineering, in the area of Operacional Research and Processes Management.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Cristiano Torezzan

Este trabalho corresponde à versão final da dissertação defendida pelo aluno Caio Pires Ribeiro e orientado pelo Prof. Dr. Cristiano Torezzan

LIMEIRA

2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Renata Eleuterio da Silva - CRB 8/9281

R354a Ribeiro, Caio Pires, 1992-
Análise de decisão multicritério aplicada na avaliação de desempenho em futebol / Caio Pires Ribeiro. – Limeira, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Cristiano Torezzan.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Desempenho. 2. Futebol. 3. Processo decisório por critério múltiplo. 4. Programação linear. I. Torezzan, Cristiano, 1976-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Multicriteria decision analysis applied in soccer performance assesment

Palavras-chave em inglês:

Performance

Soccer

Multiple criteria decision making

Linear programming

Área de concentração: Pesquisa Operacional e Gestão de Processos

Titulação: Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura

Banca examinadora:

Cristiano Torezzan [Orientador]

Paulo Roberto Pereira Santiago

Leonardo Tomazeli Duarte

Data de defesa: 13-08-2019

Programa de Pós-Graduação: Engenharia de Produção e de Manufatura

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-0852-3792>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/7524680676441143>

Folha de Aprovação

Autor: Caio Pires Ribeiro

Título: Análise de Decisão Multicritério Aplicada na Avaliação de Desempenho em Futebol

Natureza: Dissertação

Área de Concentração: Mestrado em Engenharia de Produção e de Manufatura, na área de Pesquisa Operacional e Gestão de Processos

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA/Unicamp

Data da Defesa: Limeira-SP, 13 de agosto de 2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cristiano Torezzan (orientador)
Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA/Unicamp

Prof. Dr. Leonardo Tomazeli Duarte
Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA/Unicamp

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santigado
Universidade de São Paulo

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros da banca examinadora encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno(a).

AGRADECIMENTOS

Chego ao final de mais uma etapa de minha vida, realizo mais um sonho, mais um objetivo nesta longínqua jornada. Confesso que não consigo medir tamanha importância e felicidade de alcançar este desafio, e não poderia passar sem agradecer a Deus primeiramente, que me abençoou e iluminou meus caminhos, meus Pais, Maria da Graça Porto Pires e Paulo de Jesus Ribeiro, que sempre estiveram ao meu lado para todas minhas dificuldades em meus 26 anos de vida. Toda e qualquer decisão, conquista, felicidade e promoção, eles deram o apoio, suporte e amor que eu necessitava. Ainda lembro em relação a minha família, meu irmão Bruno Pires Ribeiro, minha cunhada Katali Mobilon e meu sobrinho Bernardo Mobilon Ribeiro, obrigado por ter me dado todo o suporte, carinho e amor que necessitei.

Aos meus amigos de maneira geral que me apoiaram durante esta jornada, fazendo com que eu crescesse profissionalmente e me auxiliaram no dia a dia nos estudos, trabalho e convivência. Dentre eles, destaco alguns como Marcos, Aurélio, Claudinho, Murilo, Guilherme, Bruno, Zé, Yamanaka, Rovariz, João, Tamashiro, Felipe, Caio, Douglas e Victor. Agradeço ainda especialmente ao Luis e Hudson companheiros que morei junto ao longo percurso.

Agradeço a meu amigo Filipe Bragil que foi muito importante ao longo do mestrado o qual trabalhamos juntos na pesquisa do capítulo 2 o qual ele tem grande contribuição, além da troca de experiências. Agradeço aos amigos Iago, Vitor, Matheus, Takahashi e Perdigão que estiveram ao meu lado durante todo o mestrado e que fazem parte do laboratório de Pesquisa Operacional.

Durante a trajetória estive com 5 professores que me deram total suporte, aprendizado, experiências, apoio e muita dedicação para que eu pudesse chegar a este momento em minha vida.

O primeiro é Cristiano Torezzan. Ele me auxiliou em todos os momentos que eu precisava, me dava apoio, me ensinava todos os conteúdos que eu tinha dificuldade, me fez pensar sobre a pesquisa e outros temas fora do mestrado, tão importante quanto o conteúdo presente nesta defesa. Espero que não tenha me decepcionado em algum momento durante esses anos. Obrigado novamente, Cristiano.

Agradeço também Rodrigo Leitão que em um momento foi meu coordenador durante meu emprego e graças a ele pude me dedicar cada vez mais ao meu trabalho e a minha pesquisa, me deu exemplo de como ser um ótimo líder e de extrair o máximo que podemos somente com o objetivo de alcançarmos nossos sonhos, muito obrigado Rodrigo.

Cito ainda os professores Alcides Scaglia, João Paulo Medina e Leonardo Duarte, que ao longo da graduação e do mestrado me auxiliaram em conteúdos, ideias e conversas.

E por fim, agradeço a todos que em algum momento me apoiaram e fizeram com que eu desse o próximo passo em busca do meu sonho e minhas metas.

RESUMO

Um problema típico em esportes consiste em escolher jogadores para a composição de equipes considerando critérios de natureza técnica, tática e financeira. Este trabalho tem como objetivo aplicar técnicas de análise multicritério de apoio à decisão e de programação linear, para propor um modelo para seleção de jogadores de futebol visando maximizar o desempenho da equipe com base em critérios analíticos. Para tanto, utiliza-se o método Promethee II para avaliação individual dos jogadores e obtenção de um indicador de utilidade por jogador que é considerado como entrada de um modelo de programação que visa a composição ótima de um plantel sujeito a restrições orçamentárias. Para validar a metodologia, utilizou-se os dados de todos prováveis jogadores escalados ao longo do Campeonato Brasileiro de Futebol – Série-A-2017, para composição de uma equipe para disputar o *Fantasy Game* Cartola FC. Para o estudo de caso, selecionou-se um conjunto de 11 jogadores e um treinador para cada rodada do Campeonato Brasileiro de Futebol - Série A 2017 e a equipe montada disputou o Cartola-FC, obtendo bom desempenho superior à média dos competidores do *Fantasy Game*. Em uma segunda etapa da pesquisa, utilizou-se um método híbrido AHP-PROMETHEE para a avaliação de desempenho de jogadores de categoria de base de um clube brasileiro, com o intuito de propor uma metodologia sistemática de apoio à decisão para auxiliar na gestão de atletas em formação. Os resultados obtidos nesta etapa foram validados com o clube avaliado e o método mostrou-se adequado ao objetivo, sendo credenciado para aplicações em situações reais.

Palavras-chave: Desempenho, Futebol, PROMETHEE, Programação Linear.

ABSTRACT

A typical problem in sports is to choose players for team composition based on technical, tactical and financial criteria. This work aims to apply techniques of multicriteria decision analysis combined with linear programming, to propose a model for selection of soccer players in order to maximize the team performance based on analytical criteria. For this purpose, the method Promethee II is used for player evaluation resulting in an indicator that is considered as input of a programming model that aims at the optimal composition of a squad, subject to budget constraints. To validate the methodology, we used data from all players scheduled throughout the Brazilian Football Championship – A – 2017 Series to compose a team to play the Fantasy Game Cartola FC. For the case study, a set of 11 player and one coach were selected for each round of the 2017 Brazilian Football Championship – Serie A and the assembled team played Cartola-FC, achieving a good performance above the average of Fantasy Game competitors. In a second stage of the research, an hybrid method, AHP-PROMETHEE, was used to evaluate the performance of Brazilian club youth players in order to propose a systematic decision support methodology to assist in the management of athletes. The results obtained in this stage were validated with the evaluated club and the method was adequate to the objective, being accredited for applications in real situations.

Palavras-chave: Performance, Soccer, PROMETHEE, Linear Programming.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------|--|
| AHP | Analytic Hierarchy Process |
| CBF | Confederação Brasileira de Futebol |
| ELECTRE | ELimination Et Choix Traduisant la REalité |
| GLPK | GNU Linear Programming Kit |
| MAUT | Multi-Attribute Utility Theory |
| NBA | National Basketball Association |
| NFL | National Football League |
| PROMETHEE | Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations |

Sumário

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1 - Introdução | 12 |
| 1 Contextualização | 12 |
| 1.1 Problema | 12 |
| 1.2 Objetivos | 13 |
| 1.3 Justificativa | 13 |
| 1.4 Estrutura de documento | 14 |
| CAPÍTULO 2 – Revisão da Literatura | 15 |
| 2 Referencial teórico | 15 |
| 2.1 O processo de decisão | 15 |
| 2.2 Métodos de multicritério de apoio à decisão | 18 |
| 2.2.1 O PROMETHEE | 18 |
| 2.2.2 O método AHP para definição dos pesos dos critérios | 22 |
| 2.3 Modelos de programação linear | 26 |
| Capítulo 3 – Estudo de caso 1 | 28 |
| 3. Estudo de caso: Avaliação e seleção de jogadores de futebol..... | 28 |
| 3.1 Análise multicritério para avaliação de jogadores | 29 |
| 3.2 Um modelo de programação linear para seleção de jogadores | 29 |
| 3.3 Implementações computacionais | 31 |
| 3.3.1 Fase 1: Obtenção de um índice de utilidade e ordenamento por posição. | 31 |
| 3.3.2 Fase 2: Modelo de programação linear para escolha de plantel. | 33 |
| 3.4 Uma aplicação no <i>Fantasy Game</i> Cartola FC | 34 |
| 3.4.1 Coleta de dados | 34 |
| 3.5 Apresentação e discussão dos resultados | 35 |
| 3.6 Conclusão do capítulo | 40 |
| CAPÍTULO 4 – Estudo de caso 2..... | 41 |
| 4 Estudo de caso: Avaliação de jogadores em categorias de base | 41 |
| 4.1 Contextualização do problema | 42 |
| 4.2 Problema | 42 |
| 4.3 Definição de critérios e pesos | 42 |
| 4.4 Implementação do método AHP | 47 |
| 4.5 Aplicação do método Promethee para ordenamento dos jogadores | 48 |
| 4.6 Resultados e discussões | 49 |
| 4.7 Considerações finais | 54 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 5 – Considerações finais e perspectivas futuras | 55 |
| 5 Considerações finais e perspectivas futuras | 55 |
| Referências | 57 |
| APÊNDICE A - Tabela dados brutos dos jogadores no 1º Semestre | 59 |
| APÊNDICE B - Tabela dados brutos dos jogadores no 2º Semestre | 59 |
| APÊNDICE C - Modelo de Programação Linear para seleção de jogadores ... | 60 |

CAPÍTULO 1 - Introdução

1 Contextualização

Problemas complexos de tomada de decisão são comuns em diversas áreas e exigem dos decisores estruturas capazes de orientar e validar as suas escolhas. No futebol esta questão não é diferente. Todos os clubes de futebol devem tomar diversas decisões referentes a avaliação e seleção de jogadores, considerando critérios e alternativas referentes a diversos aspectos relacionados ao jogador, como área técnica, tática, física, social, psicológica, educacional e social.

Um problema recorrente em esportes coletivos é a seleção de jogadores para a composição de equipes. Este problema envolve a análise de diferentes critérios, muitas vezes conflituosos, além de restrições como o orçamento disponível, limitação do número de jogadores no elenco e as alternativas disponíveis para contratação.

Neste trabalho propomos a utilização de métodos de pesquisa operacional para a avaliação de desempenho e seleção de jogadores em futebol.

1.1 Problema

O principal problema que será abordado nesta dissertação consiste em obter uma metodologia objetiva, com base em técnicas multicritério de apoio à decisão, que sirva de auxílio para gestores e comissões técnicas no âmbito da seleção de jogadores para composição de equipes de futebol.

O método desenvolvido neste trabalho pode ser aplicado tanto para composição de plantéis, quanto para escalação de jogadores em partidas ou funções individuais no jogo. Por exemplo, pode-se utilizar os métodos propostos neste trabalho para a seleção de um atleta responsável por cobrar faltas, bem como utilizá-los como apoio para a contratação de um ou mais jogadores.

1.2 Objetivos

Objetivo geral:

Propor uma metodologia com base em técnicas multicritério de apoio à decisão para auxiliar na avaliação e seleção de jogadores de futebol.

Objetivos específicos:

- Utilizar o método PROMETHEE para avaliação de jogadores considerando múltiplos critérios.
- Propor um modelo de programação linear para seleção de jogadores, com base em uma avaliação previamente estruturada.

1.3 Justificativa

Segundo (CARLING, 2001), a evolução do futebol e a necessidade de jogar em alto nível exigem que os treinadores e clubes busquem as melhores práticas existentes para o aumento de seu desempenho nas competições. Atualmente, existem diversos *softwares* especializados para coleta e análise de dados, que facilitam a apresentação de informações para o treinador, comissão técnica e clube em relação aos seus jogadores.

No entanto, apenas a disponibilidade de um grande conjunto de informações não necessariamente se converte em boas decisões, pois muitas vezes o treinador ou a comissão técnica não dispõe modelos estruturados para converter dados em decisões e nessas situações acaba-se subutilizando os dados disponíveis nas principais decisões práticas.

Este trabalho pretende atuar justamente nesta lacuna. A proposta visa estruturar uma metodologia, ao mesmo tempo objetiva e flexível, que possa ser utilizada na prática para o apoio em decisões que envolvem a avaliação de jogadores considerando critérios de naturezas diversas, por exemplo: características, técnicas, físicas, sociais, financeiras, entendendo que o futebol é um esporte extremamente complexo.

Segundo (SCAGLIA, 2011), o jogo de futebol tem como características ser imprevisível, sistêmico, ecológico, irredutível e coletivo, o qual requer habilidades abertas e uma alta capacidade de adaptação a novas situações, ou seja, exige inteligência para ser jogado, com isso as escolhas dos jogadores que terão a oportunidade de pôr em prática todas as adversidades que o jogo propõe, como

relata (LEITÃO, 2009) “Jogadores e equipes são, a todo tempo no jogo, submetidos a uma diversidade de situações-problema. Essas situações-problema exigem respostas rápidas que muitas vezes são o limiar entre o sucesso e o fracasso. Em outras palavras, durante o jogo, a inteligência é mobilizada individualmente e coletivamente em contextos, em sua maioria, de pressão temporal, serão cruciais para o objetivo final do jogo.”

Uma metodologia para tomada de decisões em futebol deve ser capaz de absorver e modelar as mais variadas características que esse esporte demanda.

1.4 Estrutura de documento

Além desta introdução, este documento está estruturado da seguinte forma: no Capítulo 2 apresentamos um breve referencial teórico sobre os principais conceitos e métodos que serão utilizados ao longo do trabalho. No capítulo 3, apresentaremos o estudo de caso 1 que descrevemos a metodologia proposta para abordar o primeiro problema do trabalho, em seguida apresentamos um conjunto de resultados, obtidos com base em conjunto de dados de jogadores de futebol, sendo critérios técnicos através da performance de todos prováveis jogadores escalados ao longo do Campeonato Brasileiro de Futebol – Série-A-2017 com o grande objetivo de validar a metodologia para ser aplicada não somente neste tema específico e sim em outros temas associados ao futebol. No capítulo 4, apresentaremos o estudo de caso 2 que está estruturado com um método híbrido AHP-PROMETHEE para a avaliação de desempenho de jogadores de categoria de base de um clube brasileiro, com o intuito de propor uma metodologia sistemática de apoio à decisão para auxiliar na gestão de atletas em formação. No capítulo 5, apresentamos as perspectivas futuras e considerações finais. Finalmente no final do texto, temos apêndice com tabela dos dados brutos dos jogadores do estudo de caso 2 e o modelo de programação linear para seleção de jogadores no estudo de caso 1.

CAPÍTULO 2 – Revisão da Literatura

2 Referencial teórico

Este capítulo apresenta uma síntese das principais referências bibliográficas que serão utilizadas neste trabalho.

2.1 O processo de decisão

Problemas complexos de tomada de decisão são comuns em diversas áreas e demandam abstrações e raciocínios dedutivos, com o objetivo de orientar e validar as suas escolhas. Cotidianamente as pessoas enfrentam situações que lhes exigem algum tipo de decisão e utilizam as mais variadas heurísticas mentais para encontrar a forma mais conveniente de resolver os problemas.

(ALMEIDA; GOMES; GOMES, 2012) define decisão como “o processo de colher informações atribuir importância a elas, posteriormente buscar possíveis alternativas de solução e, depois, fazer a escolha entre alternativas”. (CAMPELLO DE SOUZA, 2002) afirma que uma boa decisão é uma consequência lógica daquilo que se quer, daquilo que se sabe e daquilo que se pode fazer, a saber, que:

- *O que se quer se refere às preferências que se têm pelas diversas consequências das decisões. Tais consequências podem ser incertas ou distribuídas ao longo do tempo.*
- *O que se sabe é o conhecimento em relação às grandezas envolvidas no processo e das relações entre elas; a informação advinda do processo de decisão; a percepção das circunstâncias e das leis que a afetam.*
- *O que se pode fazer são as alternativas disponíveis e possíveis de ação.*

Acrescentando a este tema, (CHIAVENATO, 2003) ressalta que toda decisão envolve seis elementos:

- 1) O tomador de decisão: é a pessoa que faz uma escolha ou opção entre várias alternativas futuras de ação.
- 2) Os objetivos: são o que o tomador de decisão pretende alcançar com suas ações.
- 3) As preferências: são os critérios que o tomador de decisão usa para fazer sua escolha.

4) A estratégia: é o curso de ação que o tomador de decisão escolhe para atingir seus objetivos dependendo dos recursos que pode dispor.

5) A situação: são os aspectos do ambiente que envolve o tomador de decisão, alguns deles fora do seu controle, conhecimento ou compreensão e que afetam sua escolha.

6) O resultado: é a consequência ou resultado de uma estratégia.

Um processo de decisão pode ser decomposto em sete etapas:

- Percepção da situação que envolve algum problema.
- Análise e definições do problema.
- Definição dos objetivos.
- Procura de alternativas de solução ou de cursos de ação.
- Escolha da alternativa mais adequada ao alcance dos objetivos.
- Avaliação e comparação das alternativas.
- Implementação da alternativa escolhida.

Atualmente, todos estes tipos de decisão são amplamente estudados pela ciência, e existem vários métodos para tratar de cada categoria do processo de decisão de problemática listada acima. De maneira geral, são construídos modelos simplificados das situações de decisão, e então estes modelos são resolvidos, a fim de encontrar escolhas satisfatórias para estas situações reais.

Com toda a evolução, métodos foram sendo introduzidos e pesquisados em diversas áreas ao longo da história. Notadamente, a partir do final da Segunda Guerra Mundial, com a experiência adquirida pelas tropas aliadas em relação à solução de problemas logísticos militares, um grande número de instituições de pesquisa dedicou-se à análise e à preparação de decisões, utilizando-se da Pesquisa Operacional. (GOMES; GONZÁLEZ; CARIGNANO, 2004).

Conforme (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015) a quantidade de critérios usados também pode ser determinante durante a escolha de um método adequado para lidar com o problema em questão. Além disso, caso seja desejável adotar critérios e subcritérios organizados hierarquicamente, este requisito também deve ser considerado. Portanto, verifica-se que é fundamental

alinhar a escolha de critérios e de técnicas multicritério durante a modelagem de um problema de decisão.

De acordo com (CHIAVENATO, 1999) a Pesquisa Operacional é “a aplicação de métodos, técnicas e instrumentos científicos a problemas que envolvem as operações de um sistema, de modo a proporcionar, aos que controlam o sistema, soluções ótimas para o problema”.

2.2 Métodos de multicritério de apoio à decisão

Dentro da área da pesquisa operacional, podemos identificar vários métodos desenvolvidos para a abordagem e tratamento de problemas com múltiplos critérios. A análise de decisão multicritério é uma área que reúne um conjunto importante de métodos e está em franca expansão. A metodologia desenvolvida nesta área tem como objetivo estruturar os problemas de decisão de forma a incorporar as preferências dos decisores e, ao mesmo tempo, auxiliá-los em questões complexas como avaliações qualitativas, critérios conflituosos e um grande volume de dados.

Na área de apoio a decisão multicritério, destacam-se dois grupos representativos de escolas citados na literatura (ALMEIDA; COSTA, 2003):

- Escola americana: destaca-se a teoria multiatributo (MAVT).
- Escola europeia: destacam-se os métodos de sobreclassificação, em especial os da família ELECTRE e família PROMETHEE.

Para nossa pesquisa, utilizaremos o método PROMETHEE como será detalhado abaixo.

2.2.1 O PROMETHEE

O ponto de partida do método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations) é dado por uma matriz, denominada *matriz de decisão*, que consiste na avaliação das alternativas com relação a um determinado número de critérios. No problema estudado nessa dissertação, as alternativas (A_i) usualmente representam os jogadores e os critérios (c_j) correspondem às características que se deseja analisar. Cada alternativa deve ser previamente avaliada em relação a cada um dos critérios, recebendo um valor $g_j(A_i)$, que corresponde à avaliação da alternativa A_i em relação ao critério j , conforme ilustrado na Tabela 1.

| Alternativas | Critérios | | | |
|--------------|------------|------------|----------|------------|
| | Critério 1 | Critério 2 | ... | Critério k |
| Jogador 1 | $g_1(A_1)$ | $g_2(A_1)$ | ... | $g_k(A_1)$ |
| Jogador 2 | $g_1(A_2)$ | $g_2(A_2)$ | ... | $g_k(A_2)$ |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| Jogador n | $g_1(A_n)$ | $g_2(A_n)$ | | $g_k(A_n)$ |

Tabela 1. Matriz de decisão, representa avaliação das alternativas em relação aos critérios.

Para cada um dos critérios deve-se atribuir um grau de importância, denominado *peso do critério*, que será denotado por um vetor $w = (w_1, w_2, \dots, w_k)$. O vetor de pesos deve ser normalizado de forma que $\sum_{j=1}^k w_j = 1$.

Em seguida, deve-se escolher uma função de preferência para cada um dos critérios. A função de preferência de um critério descreve a forma como a preferência do decisor muda com a diferença entre os níveis de desempenho de duas alternativas nesse critério. A Tabela 2 apresenta as funções sugeridas para os métodos da família PROMETHEE.

| | | |
|------------------------|--------------------------------|---|
| Tipo I: Usual | $g_j(a) - g_j(b) > 0$ | $P_j(a,b) = 1$ |
| | $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$ | $P_j(a,b) = 0$ |
| Tipo II: Formato U | $g_j(a) - g_j(b) > q$ | $P_j(a,b) = 1$ |
| | $g_j(a) - g_j(b) \leq q$ | $P_j(a,b) = 0$ |
| Tipo III: Formato V | $g_j(a) - g_j(b) > p$ | $P_j(a,b) = 1$ |
| | $g_j(a) - g_j(b) \leq p$ | $P_j(a,b) = [g_j(a) - g_j(b)]/p$ |
| | $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$ | $P_j(a,b) = 0$ |
| Tipo IV: Níveis | $ g_j(a) - g_j(b) > p$ | $P_j(a,b) = 1$ |
| | $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$ | $P_j(a,b) = 1/2$ |
| | $ g_j(a) - g_j(b) \leq q$ | $P_j(a,b) = 0$ |
| Tipo V: Linear | $ g_j(a) - g_j(b) > p$ | $P_j(a,b) = 1$ |
| | $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$ | $P_j(a,b) = [g_j(a) - g_j(b) - q]/(p - q)$ |
| | $ g_j(a) - g_j(b) \leq q$ | $P_j(a,b) = 0$ |
| Tipo VI: Gaussiana | $g_j(a) - g_j(b) > 0$ | A preferência aumenta de acordo com uma distribuição normal |
| | $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$ | |

Tabela 2. Funções de preferência sugeridas para os métodos PROMETHEE.

A função de preferência fornece a intensidade de preferência de uma alternativa a sobre outra b , com relação a um dado critério j , que é representada por $P_j(a, b)$. A intensidade de preferência deve ser calculada para cada par de alternativas, considerando todos os critérios.

Como exemplo, suponha que desejamos comparar dois jogadores, a e b , com relação a um critério j que representa o “percentual de passes certos”. Suponha que o $g_j(A_1) = 0,57$ e $g_j(A_2) = 0,53$, ou seja, o jogador A_1 acerta 57% dos passes e o jogador A_2 acerta 53% dos passes. Se o decisor escolher a função de preferência Tipo I - usual, como a diferença $g_j(A_1) - g_j(A_2) > 0$, o método computará uma “vantagem” de um ponto para jogador A_1 no critério correspondente. No entanto, se o decisor optar pela função de preferência Tipo II – U, poderá arbitrar limiar mínimo para diferenciar jogadores nesse critério. Por exemplo, se escolher $q = 0,05$, ou seja, um jogador só deve ter uma vantagem nesse critério caso supere outro pelo percentual mínimo de 5%, ambos jogadores seriam considerados tecnicamente empatados nesse critério e nenhum levaria vantagem.

A escolha das funções de preferência, bem como dos pesos, deve ser feita de maneira cuidadosa, em geral com o apoio de um analista de decisão. No entanto, para uma primeira análise, pode-se determinar um conjunto de pesos com base na experiência dos decisores e optar pela função usual de preferência para todos os critérios. Para este trabalho utilizaremos o método PROMETHEE II, com função de preferência usual, conforme detalhado abaixo.

Existem oito passos básicos para utilização do PROMETHEE II no contexto de tomada de decisão: organização dos dados, cálculo das distâncias, função de preferência, ponderação das funções, fluxo positivo, fluxo negativo, fluxo total e ordenação.

O primeiro passo consiste em organizar os dados, colocando-os na forma de matriz de decisão, de maneira a facilitar a aplicação do método. Na sequência, calculamos as distâncias D entre as avaliações de cada alternativa em relação a cada critério. A partir dela, encontraremos a função de preferência, que será uma função não-linear monótona e não-decrescente de valor mínimo igual a zero e valor máximo igual a um (GRECO; FIGUEIRA; EHRGOTT, 2016). A distância

entre as alternativas 1 e 2, por exemplo, para determinado critério será calculada da seguinte forma:

$$D_j (A_1, A_2) = g_j (A_1) - g_j (A_2) \quad (1)$$

Após calculadas as distâncias entre todos os pares de alternativas para todos os critérios, deve-se computar as vantagens de cada alternativa em relação às demais. Isso é feito através da ponderação das preferências P_j pelos pesos w_j , de acordo com a seguinte equação:

$$K (A_1, A_2) = w_1 P_1 (A_1, A_2) + w_2 P_2 (A_1, A_2) + \dots + w_n P_n (A_1, A_2) \quad (2)$$

O valor $K(A_i, A_j)$ é um número entre -1 e 1. Quando $K(A_i, A_j)$ é próximo de 1, significa que há uma preferência forte pela alternativa A_i em relação a alternativa A_j . Por outro lado, quando $K(A_i, A_j)$ é próximo de -1, significa que há uma forte preferência pela alternativa A_j em relação à alternativa A_i .

Finalmente, podemos calcular os fluxos positivos (FP) e negativos (FN) para uma dada alternativa 1 até a sua preferência sobre a alternativa n:

$$FP (A_i) = K (A_i, A_1) + K (A_i, A_2) + \dots + K (A_i, A_n) \quad (3)$$

$$FN (A_i) = K (A_i, A_1) + K (A_i, A_2) + \dots + K (A_i, A_n) \quad (4)$$

Um fluxo positivo alto indica que a alternativa i tem uma forte preferência em relação as demais alternativas. Já um fluxo negativo alto indica que várias alternativas têm preferência em relação à alternativa i . É possível, por fim, determinar uma medida de fluxo total (FT) que já faz parte do PROMETHEE II. A ordenação no PROMETHEE é feita com base no fluxo total, que é calculado da seguinte maneira:

$$FT (A_i) = FP (A_i) + FN (A_i) \quad (5)$$

Quanto maior o fluxo total de uma alternativa, melhor classificada ela será. Finalmente, as alternativas são ordenadas do maior fluxo total para o menor fluxo total. No caso de seleção de uma equipe, pode-se escolher os primeiros jogadores da lista ordenada.

Para as aplicações deste trabalho utilizaremos o software VISUAL PROMETHEE (B. Mareschal, 2011-2014.), que traz uma implementação do método descrito nessa sessão.

2.2.2 O método AHP para definição dos pesos dos critérios

O AHP (Método da Análise Hierárquica) se baseia no princípio de que, para a tomada de decisão, a experiência e o conhecimento dos tomadores de decisão são tão valiosos quanto os dados utilizados, permitindo avaliar em conjunto, critérios tangíveis como os financeiros, e critérios intangíveis como a preferências do tomador de decisão. O método AHP é uma ferramenta utilizada para facilitar a análise, compreensão e avaliação do problema de decisão, dividindo-o em níveis hierárquicos. (GOMES; GONZÁLEZ; CARIGNANO, 2004)

Na pesquisa de (OZCEYLAN, 2016), o AHP é utilizado na primeira etapa da pesquisa os critérios de cada jogador com base em sua posição na equipe é priorizada usando o AHP. Na segunda etapa, um modelo de Programação Linear é utilizado para determinar os melhores desempenhos utilizando-se os pesos dos critérios dos jogadores.

Conforme (VARGAS, 1990) as premissas da teoria do AHP são as seguintes:

- 1- Comparação recíproca – o tomador de decisão deve ser capaz de fazer comparações e declarar a força relativa de suas preferências. A intensidade destas preferências deve satisfazer a condição recíproca: Se A é X vezes mais preferido que B, então B é $1/X$ vezes preferível em relação A.
- 2- Homogeneidade – as preferências são representadas por meio de uma escala definida.

- 3- Independência –as preferências são definidas de forma independente das alternativas existentes para solução problema.
- 4- Expectativa – para os propósitos de tomar uma decisão, a estrutura hierárquica é considerada como sendo completa.

Sobre a comparação entre os critérios para o nível de hierárquica, (GRANDZOL, 2005) cita que, através de comparações aos pares em cada nível da hierarquia baseadas na escala de prioridades do AHP, os participantes desenvolvem pesos relativos, chamados de prioridades, para diferenciar a importância dos critérios.

Para que seja possível a comparação com uma escala coerente e plausível entre as hipóteses, utiliza-se a tabela 3, que tem como escala de 1 a 9, onde 1 significa a indiferença de importância de um critério em relação ao outro, e 9 significando a extrema importância de um critério sobre o outro, podendo haver estágios intermediários entre esses níveis.

| Intensidade de importância | Definição | Explicação |
|--------------------------------------|---|--|
| 1 | Mesma importância | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo |
| 3 | Importância pequena de uma sobre a outra. | A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra. |
| 5 | Importância grande ou essencial | A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra. |
| 7 | importância muito grande ou demonstrada | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra, sua dominação de importância é demonstrada na prática. |
| 9 | Importância absoluta | A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza. |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermediários entre os valores adjacentes. | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições |
| Recíprocos dos valores acima de zero | Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i. | Uma designação razoável |
| Racionais | Razões resultantes da escala | Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz. |

Tabela 3. Comparações do AHP (SAATY, 1991)

Fonte: Elaborado pelo autor

Através desta análise será possível identificar qual é o elemento mais importante e o menos importante desta configuração, além de identificar os elementos intermediários, sempre sendo exemplificado com valores inteiros.

Abaixo podemos apresentar um exemplo do preenchimento da matriz de comparação par-a-par utilizada no método do AHP.

| MATRIZ A | | | | |
|-------------|-------|------------|------------|-------------|
| FUTEBOL | PASSE | CRUZAMENTO | LANÇAMENTO | ASSISTÊNCIA |
| PASSE | 1 | 5 | 6 | 7 |
| CRUZAMENTO | 1/5 | 1 | 4 | 6 |
| LANÇAMENTO | 1/6 | 1/4 | 1 | 4 |
| ASSISTÊNCIA | 1/7 | 1/6 | 1/4 | 1 |

Tabela 4. Exemplo matriz de comparação par-a-par do método AHP

Fonte: Elaborado pelo autor

As posições da diagonal serão sempre 1, afinal, um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Para preencher os outros elementos a matriz fora da diagonal, fazem-se os julgamentos par-a-par e determina-se intensidade de importância de acordo com a escala apresentada na Tabela 3.

No caso da matriz citada acima, pode verificar que todos os valores maiores que 1 eram superiores a seus conflitantes. Ou seja, A é 5 vezes mais importante que B e 6 vezes mais importante do que C.

Sendo assim é possível dizer que o avaliador acredita que o passe seja 5 vezes mais importante que o cruzamento, que o passe seja 6 vezes mais importante que o lançamento e que o passe seja 7 vezes mais importante que a assistência como exemplo.

Uma vez definida a matriz de comparação par-a-par deve-se calcular seu maior autovalor¹, denominado λ_{max} e o respectivo autovetor w , que deve ser normalizado, de forma que $||w|| = 1$. O autovetor w fornece os pesos dos critérios, ou seja, a ordem relativa das prioridades, enquanto o autovalor λ_{max} será responsável pela consistência da matriz de comparação.

Para (SAATY, 1991), uma matriz positiva recíproca de comparação par-a-par é consistente se o seu autovalor máximo for igual a n (dimensão da matriz). No entanto, nem sempre é possível obter um autovalor exatamente igual a n e admite-se uma margem de desvio de no máximo 10%, computada através do índice de consistência (IC), de acordo com a seguinte equação:

¹ Geralmente se utiliza um software de computador, como descrito na sessão a seguir.

$$IC = \text{Índice consistência} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

Se $IC \leq 0,1$, a matriz é considerada consistente e o vetor w pode ser considerado na análise. Caso contrário, deve-se refazer as comparações par-a-par para tentar eliminar alguma inconsistência.

Neste trabalho, para o cálculo de autovalor e do autovetor, utilizou-se o código implementado em linguagem Matlab descrito na Figura 1.

```
function [w,RC] = AHPpesos(A)
load('escala.mat')
[m,n] = size(A) %tamanho da matriz A
[v,p] = eig (A); %calcula autovalores
[lmax,pos_max] = max(max(p));
w= v(:,pos_max); % maior autovetor
w=w/sum(w); %normaliza autovalor
CI=(lmax-n)/(n-1);
RI=Escala(2,m)
RC=CI/RI;
```

Figura 1. Código do método AHP aplicado no MATLAB.

2.3 Modelos de programação linear

Em uma perspectiva onde existem restrições e cenários pré-definidos e deseja-se maximizar ou minimizar um determinado objetivo, surge a necessidade de entendimento de problemas de programação e sua modelagem.

Há dois tipos principal de variáveis que compõem um problema de programação. As variáveis que o decisor consegue controlar, denominadas variáveis de decisão, e as variáveis que o decisor não controla, que são denominadas de parâmetros. O problema consiste em determinar quais os melhores valores que devem ser atribuídos para as variáveis de decisão, respeitando um conjunto de restrições, de modo a atingir o valor máximo (ou mínimo) de um determinado objetivo.

Denomina-se função objetivo uma representação matemática do objetivo real do analista da situação. Para gerar os resultados, temos ainda o empecilho das restrições. As restrições são normas que apontam as possibilidades e impossibilidades da utilização de recurso ou atividade ligados ao modelo.

Para um modelo de programação linear, temos algumas características importante citadas abaixo:

- Função objetivo: Maximização ou minimização – deve ser uma função linear nas variáveis de decisão.
- Restrições: Expressas como equações lineares nas variáveis de decisão.
- Variáveis de decisão: Todas são não negativas;

Um modelo de programação linear pode ser escrito numa forma padrão, como:

$$\text{Maximizar: } F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Sujeito à:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i$$

$$x_j \geq 0$$

onde:

x_j representa a j -ésima variável de decisão;

c_j representa o custo da j -ésima variável de decisão na função objetivo;

Os modelos de programação linear são amplamente utilizados para modelar diversos problemas práticos e há vários programas de computadores que podem ser utilizados para a resolução eficiente desse tipo de problema. Neste trabalho, utilizaremos um modelo de programa linear para modelar o problema de escolher jogadores de modo a maximizar a utilidade de uma equipe. Esse problema será detalhado na próxima seção.

Capítulo 3 – Estudo de caso 1

3. Estudo de caso: Avaliação e seleção de jogadores de futebol

Considerando o problema de selecionar jogadores para a composição de uma equipe de futebol, o modelo proposto neste trabalho é dividido em duas fases. A primeira diz respeito à busca por um valor de utilidade individual por jogador, obtido através da análise de desempenho com base em critérios objetivos e subjetivos, como exemplo aspectos táticos, técnicos, físicos, psicológicos, sociais e culturais, onde é imputado um peso para cada critério, a fim de estabelecer um ordenamento para um conjunto de jogadores.

Na segunda etapa, será realizada uma seleção de jogadores em busca de maximizar a utilidade da equipe, definida como a soma das utilidades individuais dos jogadores, sujeito a restrições orçamentárias e obedecendo ao número máximo de jogadores por posição a serem contratados. Um esquema da metodologia proposta está ilustrado na Figura 2.

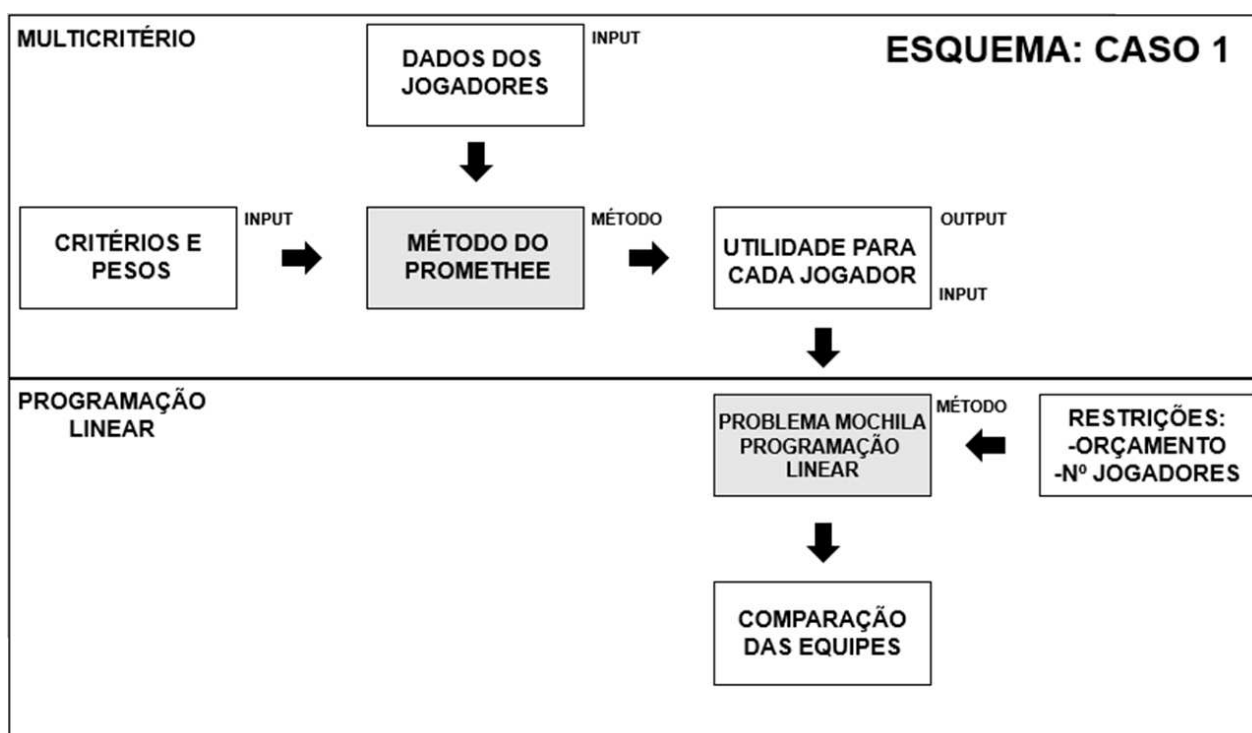


Figura 2. Metodologia Proposta.

3.1 Análise multicritério para avaliação de jogadores

Nesta etapa do estudo, foi utilizado o método do PROMETHEE II para a obtenção de um valor de utilidade para cada jogador, gerando assim um ordenamento final por posição que leva em conta opções táticas e técnicas para ponderar os pesos dos critérios.

Os dados coletados são organizados na forma de uma planilha, onde cada jogador é representado por uma linha e os critérios são apresentados na forma de colunas. Um exemplo é apresentado na Figura 3.

Os pesos de cada critério devem ser obtidos com o apoio de especialistas, tipicamente com o envolvimento da comissão técnica, e podem variar de acordo com cada posição. Por exemplo, o número de chutes a gol é mais importante para um atacante do que para um defensor.

Uma vez obtidos os dados e os pesos, utiliza-se o software Visual Promethee (B. Mareschal, 2011-2014.) para se chegar a um valor de utilidade por jogador e um ordenamento final por posição, conforme ilustrado na Figura 4.

Uma vez obtido o ordenamento dos jogadores para cada posição, propomos um modelo de programação linear para maximizar a utilidade da equipe, conforme descrito na próxima sessão.

3.2 Um modelo de programação linear para seleção de jogadores

A composição de uma equipe é um problema complexo, que envolve muitas variáveis e interesses conflituosos. Tipicamente, deseja-se obter o plantel mais qualificado possível, respeitando restrições financeiras, limites de jogadores por posição e total de jogadores na equipe.

Nesta seção, apresentamos um modelo de programação linear que busca maximizar a soma dos desempenhos (utilidades) individuais dos jogadores, respeitando os limites típicos de orçamento e número de jogadores.

As variáveis de decisão são do tipo binária (0 ou 1) e representam a decisão de contratar (1) ou não contratar (0) cada jogador. O modelo é descrito da seguinte forma:

$$\textbf{Maximizar: } U(x) = \sum_{i=1}^Y x_i \cdot u_i \quad (7)$$

Sujeito à:

$$\text{R1: Goleiro: } \sum_{i=1}^Y x_i g_i \geq N_{goleiro}$$

$$\text{R2: Zagueiro: } \sum_{i=1}^Y x_i \cdot z_i \geq N_{zagueiro}$$

$$\text{R3: Lateral: } \sum_{i=1}^Y x_i l_i \geq N_{lateral}$$

$$\text{R4: Meia } \sum_{i=1}^Y x_i m_i \geq N_{meia}$$

$$\text{R5: Atacante } \sum_{i=1}^Y x_i a_i \geq N_{atacante}$$

$$\text{R6: Treinador } \sum_{i=1}^Y x_i t_i \geq N_{treinador}$$

$$\text{R7: Elenco } \sum_{i=1}^Y x_i = N_{elenco}$$

$$\text{R8: Orçamento } \sum_{i=1}^Y x_i v_i \leq M_{orçamento}$$

Variáveis de decisão:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ é contratado} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}.$$

As restrições R1 até R6 referem-se ao número máximo de indivíduos selecionados por posição. Por exemplo, desejasse contratar 1 Goleiro e 2 Zagueiros, deve-se impor $N_{goleiro} = 1$ e $N_{zagueiro} = 2$, respectivamente. O mesmo deve ser feito para todas as demais posições.

A restrição R7 limita o número máximo de jogadores a serem contratados e a restrição R8 modela a restrição orçamentária.

Além das restrições acima, o modelo requer um conjunto de parâmetros para indicar a posição de cada jogador. Estes parâmetros permitem que se use uma lista geral de todos os atletas e técnicos disponíveis para contratação, sem que haja confusão entre as posições. Tais parâmetros podem ser ajustados para representar características específicas, como por exemplo, meia de marcação. Neste trabalho utilizamos parâmetros que representam as principais posições por faixa de campo.

$$\text{Parâmetro: } G_i = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ é goleiro} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$\text{Parâmetro: } Z_i = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ é zagueiro} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$\text{Parâmetro: } L_i = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ é lateral} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$\text{Parâmetro: } M_i = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ é meia} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$\text{Parâmetro: } A_i = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ é atacante} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$\text{Parâmetro: } T_i = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ é técnico} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

3.3 Implementações computacionais

3.3.1 Fase 1: Obtenção de um índice de utilidade e ordenamento por posição.

Para a obtenção de um índice de utilidade por jogador e posteriormente ordenamento por posição, utilizou-se o software Visual Promethee. O modelo implementado no software é apresentado na Figura 3 e o exemplo do ordenamento final por posição, no caso específico de goleiros, na figura 4. A coluna Phi denota o fluxo total FT e as colunas Phi+ e Phi- denotam os fluxos positivos (FP) e negativos (FN), respectivamente.

| Scenario1 | Roubada de ... | Gol | Assistência | Sem sofrer gol | Falta sofrida | Finalização F... | Finalização D... | Finalização T... | Defesa difícil | Defesa penalti | Gols contra | Vermeijo | Amarelo | Penalti Perdido |
|-------------------|----------------|----------|-------------|----------------|---------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|-------------|----------|----------|-----------------|
| Unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit | unit |
| Cluster/Group | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ |
| Preferences | | | | | | | | | | | | | | |
| Min/Max | max | max | max | max | max | max | max | min | max | max | min | min | min | min |
| Weight | 0,02 | 0,11 | 0,07 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,04 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,03 | 0,05 |
| Preference Fn. | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual | Usual |
| Thresholds | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute | absolute |
| - Q: Indifference | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a |
| - P: Preference | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a |
| - S: Gaussian | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Statistics | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Maximum | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 2,14 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 |
| Average | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,11 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 |
| Standard Dev. | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,61 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| Evaluations | | | | | | | | | | | | | | |
| Kleiver | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Victor | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,62 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 |
| Weverton | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| Douglas Friedrich | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,57 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 |
| Jean | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 1,89 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 |
| Gatito Fernández | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,19 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 |
| Jandrei | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,11 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 |
| Cássio | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,03 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 |

Figura 3. Visualização do Software Visual PROMETHEE – Matriz com alternativas, critérios e pesos.

| Rank | action | Phi | Phi+ | Phi- |
|------|-------------------|---------|--------|--------|
| 1 | Vanderlei | 0,2632 | 0,3084 | 0,0452 |
| 2 | Gatito Fernández | 0,2138 | 0,2796 | 0,0658 |
| 3 | Victor | 0,1111 | 0,2356 | 0,1245 |
| 4 | Jandrei | 0,0973 | 0,2146 | 0,1173 |
| 5 | Cássio | 0,0634 | 0,2116 | 0,1482 |
| 6 | Martín Silva | 0,0345 | 0,1659 | 0,1314 |
| 7 | Fernando Miguel | 0,0329 | 0,1879 | 0,1550 |
| 8 | Weverton | 0,0311 | 0,1831 | 0,1519 |
| 9 | Wilson | 0,0228 | 0,1832 | 0,1604 |
| 10 | Fernando Prass | 0,0014 | 0,1759 | 0,1745 |
| 11 | Magrão | -0,0230 | 0,1518 | 0,1748 |
| 12 | Douglas Friedrich | -0,0357 | 0,1516 | 0,1872 |
| 13 | Sidão | -0,0406 | 0,1362 | 0,1767 |
| 14 | Jean | -0,0626 | 0,1530 | 0,2156 |
| 15 | Kleiver | -0,0715 | 0,1223 | 0,1938 |
| 16 | Aranha | -0,0779 | 0,1233 | 0,2013 |
| 17 | Rafael | -0,1267 | 0,0906 | 0,2173 |
| 18 | César | -0,1435 | 0,0801 | 0,2236 |
| 18 | Bruno Grassi | -0,1435 | 0,0801 | 0,2236 |
| 20 | Diego Cavalieri | -0,1465 | 0,0846 | 0,2312 |

Figura 4. Ordenamento final referência a posição de goleiros com valor de unidade.

Este ordenamento deve ser feito de forma separada para cada uma das posições, visto que o conjunto de jogadores mudam em cada caso. Após obtidas os índices de utilidade de cada atleta, de acordo com cada posição, pode-se construir um único banco de dados do elenco disponível para contratação, observando-se os parâmetros descritos na Seção 3.2.

3.3.2 Fase 2: Modelo de programação linear para escolha de plantel.

Para a resolução do modelo de programação linear descrito na seção 3.2, utilizou-se o software GLPK (Andrew Makhorin, Department for Applied Informatics, Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia). Um software livre destinado a resolver programação linear de médio porte. O modelo implementado em GLPK é apresentado na Figura 5.

```
/*PESQUISA MESTRADO 32º RODADA*/

set jogadores:= {1..223}; #número de jogadores

/*Parâmetros - dados dos jogadores*/

param u{i in jogadores}; #utilidade dos jogadores
param v{i in jogadores}; #valor dos jogadores
param g{i in jogadores}; #goleiros
param z{i in jogadores}; #zagueiros
param l{i in jogadores}; #lateralais
param m{i in jogadores}; #meias
param a{i in jogadores}; #atacantes
param t{i in jogadores}; #treinadores

/*variáveis*/

var Y{i in jogadores}, binary;

/*função objetivo*/

maximize utilidademax: sum{i in jogadores}Y[i]*u[i];

/*restrições*/

s.t. goleiro:sum{i in jogadores}Y[i]*g[i]=1;
s.t. zagueiro:sum{i in jogadores}Y[i]*z[i]=2;
s.t. meia:sum{i in jogadores}Y[i]*m[i]=3;
s.t. lateral:sum{i in jogadores}Y[i]*l[i]=2;
s.t. atacante:sum{i in jogadores}Y[i]*a[i]=3;
s.t. treinador:sum{i in jogadores}Y[i]*t[i]=1;
s.t. preco:sum{i in jogadores}Y[i]*v[i]<=132.35;
s.t. totaldejogadores:sum{i in jogadores}Y[i]=12;
```

Figura 5. Implementação em GLPK do modelo descrito na seção 3.2

3.4 Uma aplicação no *Fantasy Game Cartola FC*

3.4.1 Coleta de dados

Para exemplificar e validar a metodologia proposta neste estudo, utilizou-se dados reais de jogadores do Campeonato Brasileiro de 2017 disponíveis no *Fantasy Game Cartola FC*.

O *Cartola FC*, lançado no ano de 2005, é uma iniciativa do grupo Globosat. A disputa do Cartola FC é realizada utilizando todos os jogadores inscritos oficialmente no Campeonato Brasileiro Série A, como acontece nos moldes dos *Fantasy Games* da NFL (Liga Norte-americana de Futebol americano) e da NBA (Liga Norte-americana de Basquete). Todos os dados utilizados pelo *Fantasy Game* são baseados em *scouts* oficial da CBF (Confederação Brasileira de Futebol), confederação que organiza o Campeonato Brasileiro.

Utilizando-se da base de dados do *Fantasy Game* serão coletados todos os dados dos jogadores de todos os times do Campeonato Brasileiro Série A 2017. Isto implica na análise de, em média, 203 jogadores por rodada, considerando os 24 critérios definidos no jogo. Para cada rodada, os dados jogadores serão atualizados, bem como os respectivos valores obtidos por cada jogador na rodada específica com base no peso dos critérios.

Avaliamos ainda 6 novos critérios definidos como extracampo que podem afetar em uma tomada de decisão de um jogador para a disputa de uma partida. Esses critérios tiveram pesos avaliados com base na importância de cada critério do *Fantasy Game*. Todos os critérios utilizados na Parte 1 da metodologia estão descritos na Tabela 5.

O peso de cada critério foi atribuído advindo dos valores reais utilizados no *Fantasy Game*, onde todos os pesos dos critérios possuem a mesma importância independentemente da posição. Temos ainda alguns critérios que são exclusivos para algumas posições, onde “defesa difícil”, “defesa pênalti” e “gol sofrido” são atribuídos para goleiros e “jogo sem sofrer gol” para zagueiros, laterais e goleiros. Observamos que determinar os critérios com a mesma importância independentemente da posição é uma simplificação feita para este caso e que deve ser melhorado na prática. Os pesos atribuídos (w_a) estão representados na 3ª coluna da Tabela. A quarta coluna representa os pesos (w_i) que serão utilizados como entrada do método PROMETHEE II. Os pesos

normalizados são obtidos dividindo-se cada peso atribuído pela soma de todos os pesos atribuídos, $w_i = \frac{w_a}{\sum_{i=1}^n w_a}$.

| Critérios | Descrição | Peso Atribuído w_a | Peso Normalizado w_i |
|-----------|---------------------------|----------------------|------------------------|
| C1 | Gol | 8 | 0,1093 |
| C2 | Defesa penalti* | 7 | 0,0956 |
| C3 | Gol contra | 6 | 0,0820 |
| C4 | Assistência | 5 | 0,0683 |
| C5 | Jogo sem sofrer gols** | 5 | 0,0683 |
| C6 | Vermelho | 5 | 0,0683 |
| C7 | Mando de campo*** | 4 | 0,0546 |
| C8 | Jogador reserva*** | 4 | 0,0546 |
| C9 | Finalização Trave | 3,5 | 0,0478 |
| C10 | Penalti Perdido | 3,5 | 0,0478 |
| C11 | Defesa Difícil* | 3 | 0,0410 |
| C12 | Classificação*** | 3 | 0,0410 |
| C13 | Clássicos*** | 3 | 0,0410 |
| C14 | Amarelo | 2 | 0,0273 |
| C15 | Gol sofrido* | 2 | 0,0273 |
| C16 | Defesa jogando fora*** | 2 | 0,0273 |
| C17 | Ataque jogando em casa*** | 2 | 0,0273 |
| C18 | Roubada de bola | 1,7 | 0,0232 |
| C19 | Finalização Defendida | 1 | 0,0137 |
| C20 | Finalização Fora | 0,7 | 0,0096 |
| C21 | Falta Sofrida | 0,5 | 0,0068 |
| C22 | Impedimento | 0,5 | 0,0068 |
| C23 | Falta cometida | 0,5 | 0,0068 |
| C24 | Passe errado | 0,3 | 0,0041 |

Tabela 5. Tabela com pesos reais e normalizados dos critérios.

Fonte: <http://globoesporte.globo.com/cartola-fc/noticia/2015/07/entenda-pontuacoes-do-cartola-fc-e-defina-como-escalar-sua-equipe.html>

Na tabela acima os critérios que contenha 1 asterisco (*) tem como definição ser exclusivo para a posição de goleiros, os critérios que contenha 2 asteriscos (**) tem como definição ser exclusivo para posição de goleiros e defensores e os critérios que contenha 3 asteriscos (***) tem como definição critérios que foram acrescentados como extracampo já exemplificado neste capítulo.

3.5 Apresentação e discussão dos resultados

As fases 1 e 2 exemplificadas no Capítulo 3 foram aplicadas para cada rodada do campeonato brasileiro. Para cada rodada, um time foi montado, levando em conta uma restrição de orçamento e a configuração tática da equipe foi exposta no 1-4-3-3, ou seja 1 goleiro, 2 zagueiros, 2 laterais, 3 meias e 3

atacantes com o acréscimo do treinador. O conjunto foi inteiramente escolhido pelo algoritmo proposto, sem intervenção posterior. Toda intervenção foi a priori, com identificação de critérios, pesos e dados dos jogadores. Todos os jogadores selecionados pelo método de programação foram colocados para competir com os demais participantes do *Fantasy Game*. Ao término de cada rodada, cada jogador recebeu uma pontuação de acordo com os critérios, sendo assim, o conjunto de jogadores de futebol teria uma pontuação final e posteriormente era comparado com a pontuação dos competidores do *Fantasy Game*.

A Figura 6 apresenta uma comparação da pontuação do conjunto de jogadores de futebol escolhidos pelo método proposto com a média geral dos competidores do *Fantasy Game*.

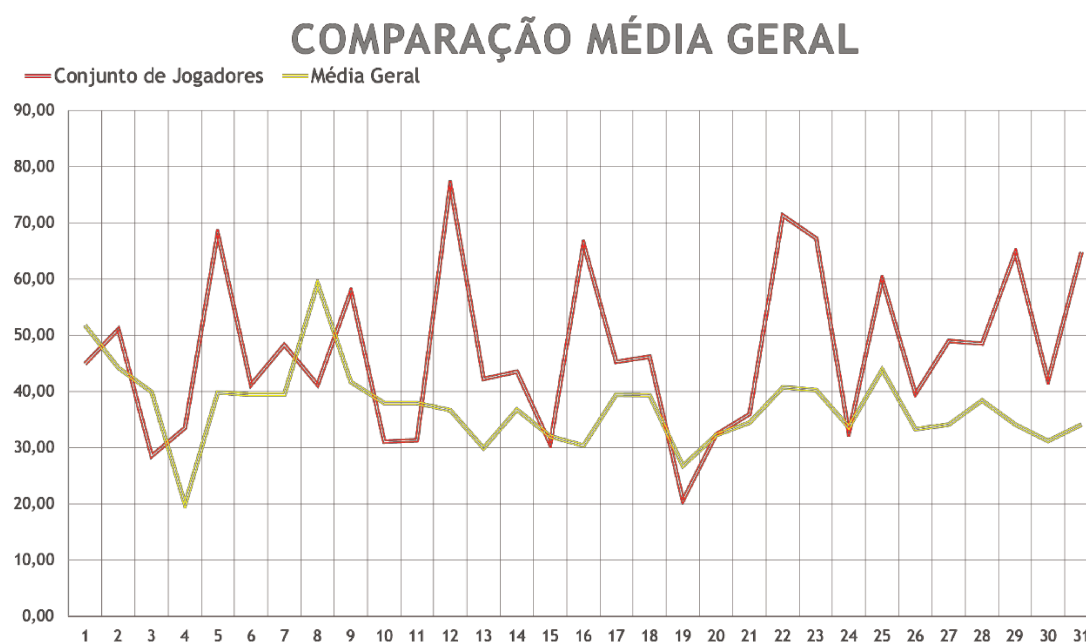


Figura 6. Comparação média de pontuação.

Nesta comparação foi possível identificar que em 74,2% das rodadas, a pontuação média do conjunto de jogadores de futebol foi superior à pontuação média dos competidores do *Fantasy Game*, ou seja, com a utilização do método foi possível escolher o melhor conjunto de jogadores de futebol em quase 75% das vezes. Sendo que as maiores diferenças de pontuação foram nas rodadas 19 e 23 com diferença de 40,26 e 35,90 respectivamente em comparação do conjunto de jogadores de futebol com a média geral dos competidores do

Fantasy Game. Em contraproposta, as maiores diferenças da média geral em comparação com o conjunto de jogadores de futebol foram nas rodadas 8 e 15 com 11,44 e 18,11 respectivamente.

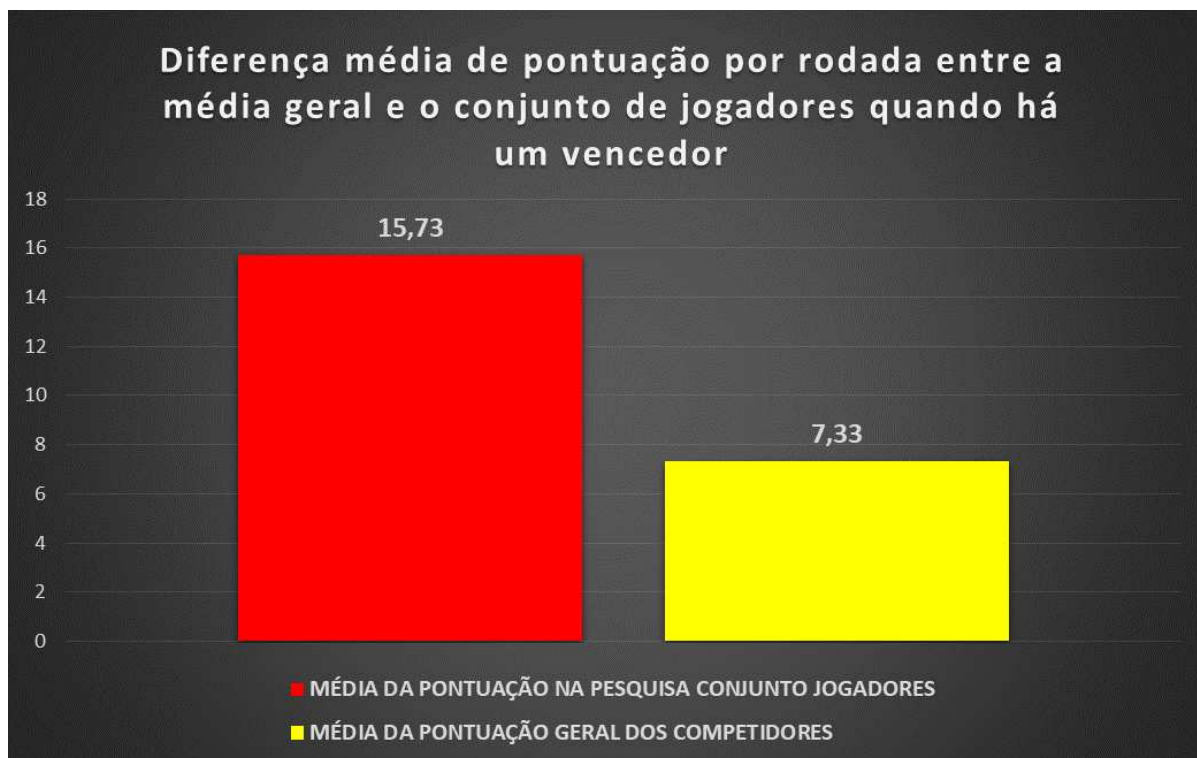


Figura 7. Diferença média de pontuação por rodada.

Na Figura 7 é possível visualizar a diferença média de pontuação por rodada entre a média geral e o conjunto de jogadores quando há um vencedor, ou seja, quando o conjunto de jogadores possui uma maior pontuação na rodada em comparação com a média geral, esse valor médio é de 15,73 pontos a mais que o outro e quando o inverso acontece a média de pontos é 7,33 a mais.

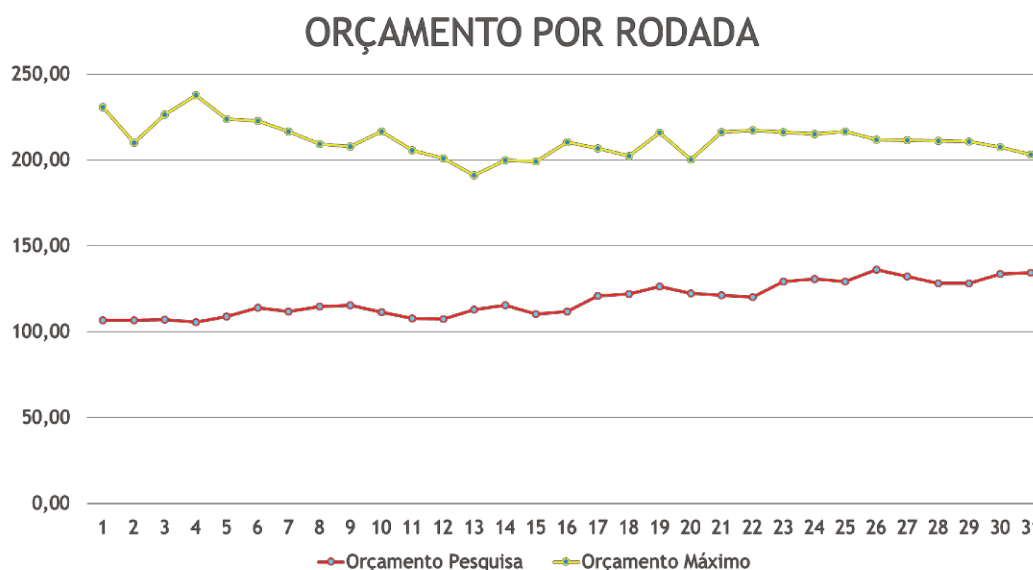


Figura 8. Orçamento por rodada para escolha do conjunto de jogadores de futebol.

Foi calculado ainda a média de pontos conquistado pelo conjunto de jogadores de futebol e o conjunto sem a restrição orçamentaria, ou seja, ao decorrer da pesquisa uma das restrições se baseava no orçamento, tendo um limite orçamentário para escolher o conjunto de jogadores. A ideia deste gráfico é detalhar que caso essa restrição não estivesse presente, poderia-se escolher um conjunto de jogadores com os melhores desempenho, mas maiores custos. Com isso, o gráfico representa qual seria o orçamento para a escolha do conjunto de jogadores sem essa restrição orçamentária e com a restrição orçamentária da pesquisa.

Na Figura 9 o intuito é demonstrar a média de pontos conquistados para cada valor unitário gasto na restrição de orçamento, ou seja, para cada unidade de valor, a média de pontos conquistados pelo conjunto de jogadores escolhido pelo *Fantasy Game* foi de 0,41 em comparação com o orçamento máximo citado no parágrafo acima com uma média de 0,31 pontos para cada unidade valor.

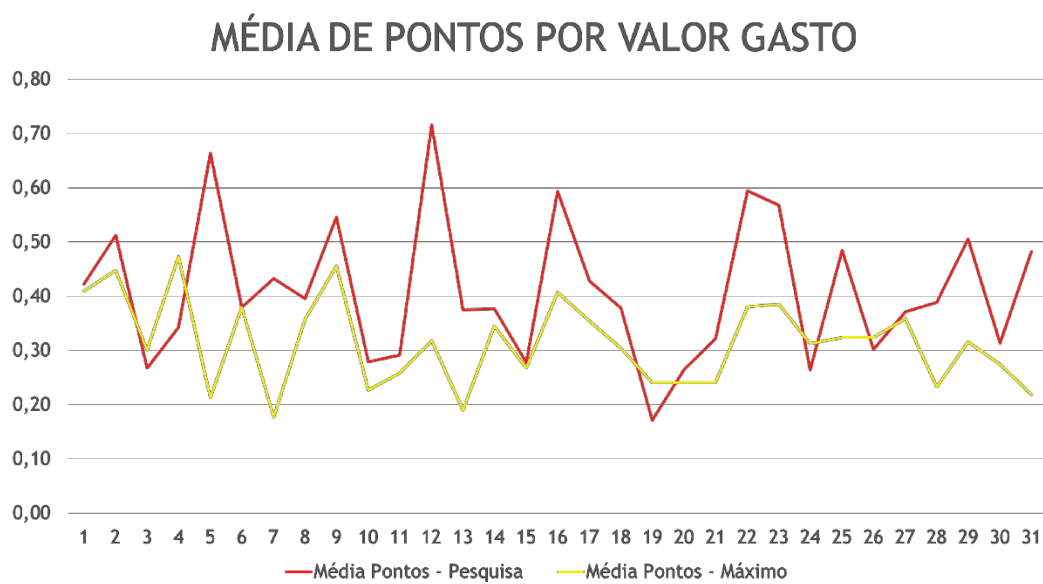


Figura 9. Média de pontos por unidade de valor de orçamento por rodada.

3.6 Conclusão do capítulo

Neste capítulo apresentamos uma metodologia para auxiliar na avaliação e seleção de jogadores de futebol, com base em análise multicritério. A proposta foi testada na prática utilizando dados reais do *Fantasy Cartola FC* durante a temporada de 2017. Foi possível observar que, em aproximadamente 75% das rodadas analisadas, a equipe escalada pela metodologia da pesquisa foi superior à média geral do conjunto de competidores do *Cartola FC*. Diversos ajustes podem ser feitos para melhorar a seleção das equipes, desde da inclusão de novos critérios até no ajuste mais fino dos pesos e das escalações táticas da equipe. Vale ressaltar ainda que os critérios selecionados foram advindos de um conjunto de dados já determinados pelo Fantasy Cartola.

Portanto, após a análise dos experimentos conduzidos ao longo de 24 rodadas do campeonato brasileiro, entendemos que a metodologia proposta se mostrou adequada para ser utilizada na prática e, em função de sua versatilidade, pode ser ajustada de acordo com o interesse do clube e da comissão técnica, facilitando o processo de entendimento dos dados e tomada de decisão.

CAPÍTULO 4 – Estudo de caso 2

4 Estudo de caso: Avaliação de jogadores em categorias de base

Em uma segunda etapa da pesquisa, utilizou-se um método híbrido AHP-PROMETHEE para a avaliação de desempenho de jogadores de categoria de base de um clube brasileiro, com o intuito de propor uma metodologia sistemática de apoio à decisão para auxiliar na gestão de atletas em formação.

O trabalho é dividido em duas fases. A primeira diz respeito à busca pelos critérios de avaliação para os jogadores, como exemplo aspectos táticos, técnicos, físicos, psicológicos, sociais e culturais, de acordo com as preferências do clube que serão gerados os pesos dos critérios através do método AHP. Na segunda etapa da pesquisa, será realizada um ordenamento dos jogadores por posição com os dados obtidos dos jogadores nos jogos disputados por eles e sendo aplicado no método PROMETHEE para o ordenamento.

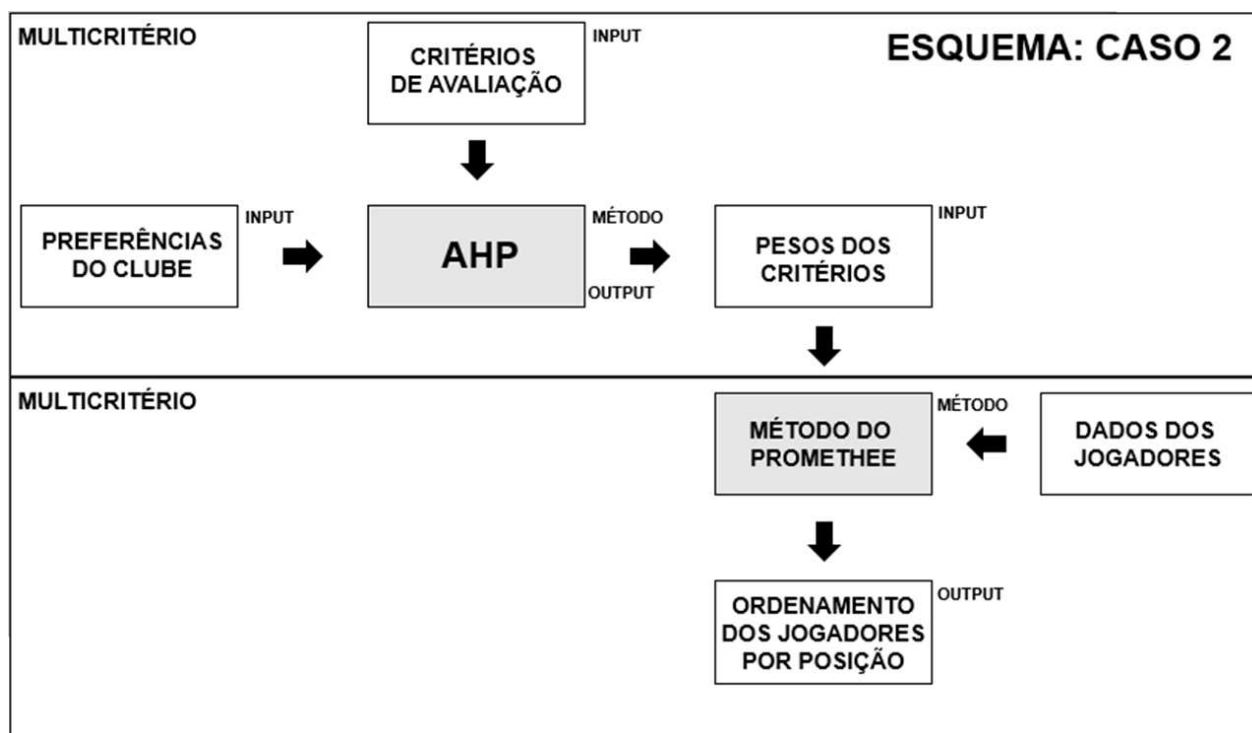


Figura 10. Metodologia Proposta.

4.1 Contextualização do problema

A detecção de um talento no esporte, de uma forma geral, nos aspectos técnicos e teórico é uma questão amplamente relevante no planejamento de todas as modalidades esportivas. No caso do futebol esta ação não é diferente.

No entanto, o desenvolvimento e aperfeiçoamento do talento também é base para discussões ao longo do processo de formação em um sportista. Muitas vezes se analisa o desempenho de um atleta de forma superficial e sem um padrão conceitual, e possíveis erros de análise e treinamento podem ser determinantes no destino de um atleta.

Neste ponto surge uma dúvida, quais são os critérios que o clube utiliza para o desenvolvimento de um atleta ao longo de sua categoria de base, quais critérios a se analisar e quais os potenciais para se evoluir e quais a serem corrigidos. Sendo assim, um método adequado com critérios e dados pré-definidos para que os responsáveis tomem suas decisões ao longo do processo de formação do atleta.

4.2 Problema

O principal problema que será abordado neste capítulo consiste em obter uma metodologia objetiva, com base em análise multicritério, que sirva de apoio para gestores e comissões técnicas no âmbito de avaliação e desenvolvimento no desempenho de jogadores de futebol de categorias de base.

A metodologia desenvolvida neste capítulo pode ser aplicada tanto para avaliação de desempenho em diferentes períodos de treinamento, quanto para comparação de desempenho entre jogadores em um período competitivo. Por exemplo, pode-se utilizar o método proposto neste capítulo para avaliar qual atleta poderá trocar de categoria no futebol de base em comparação com outros jogadores de acordo com os critérios propostos pelo clube.

4.3 Definição de critérios e pesos

Para o desenvolvimento deste capítulo foram avaliados jogadores de futebol com idade de 15 anos, que compõem a categoria de base de um clube de futebol profissional que disputa o Campeonato Paulista. Os dados foram coletados no ano de 2017 e fornecidos pelo clube de forma anônima, ou seja, sem a

possibilidade de identificar o nome dos jogadores, que serão simplesmente denominados Jogador 1, Jogador 2, etc.

Os critérios considerados neste trabalho foram definidos, de forma ad hoc, pelos responsáveis técnicos no clube de modo a refletir o perfil de atleta e objetivos de formação do clube. Todos os jogadores analisados eram avaliados através dos critérios técnicos por meio de jogos oficiais realizados ao longo do ano.

Ao todo, foram coletados dados de 26 critérios, subdivididos em 5 grupos, de acordo com suas características parâmetros estabelecidos pelo clube. A Figura 11 ilustra os 5 grupos e os respectivos critérios.

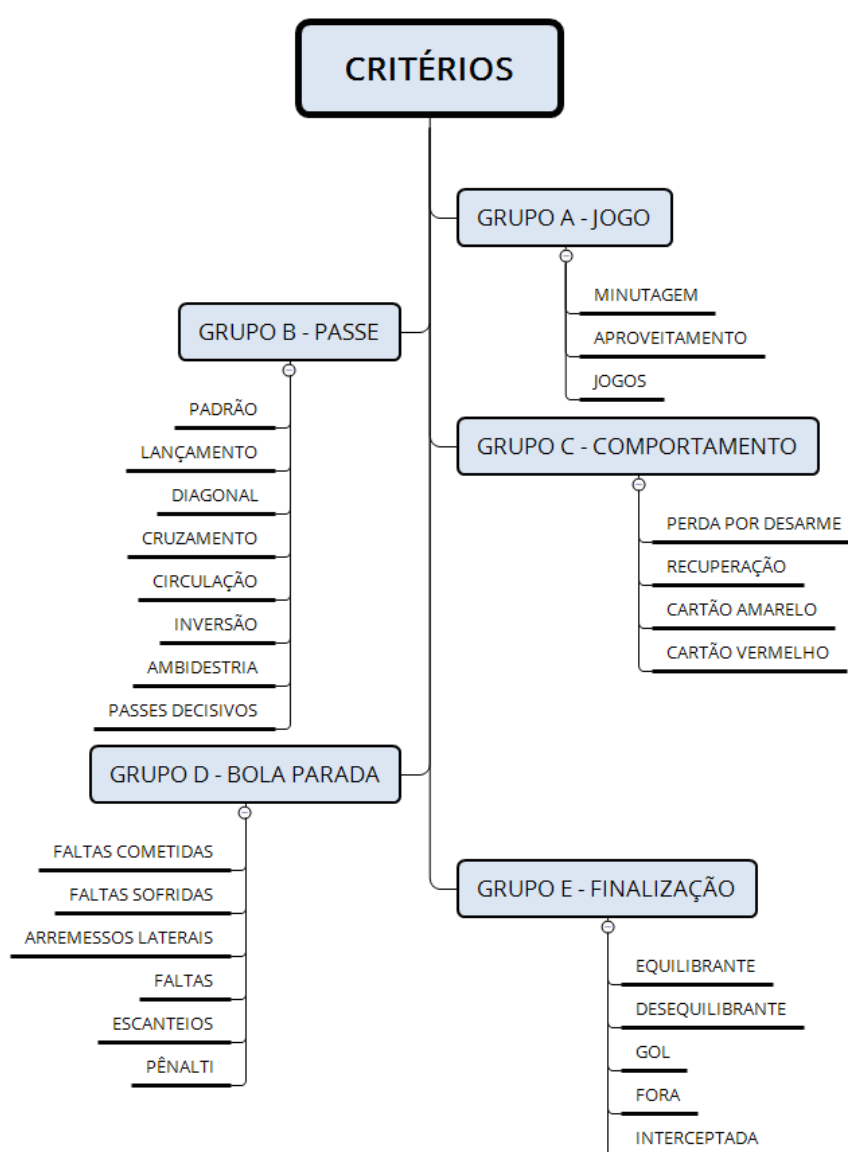


Figura 11. Estrutura da Dissertação

Fonte: Elaborado pelo autor

Cada critério foi previamente discutido e definido de maneira conceitual, para que todas as coletas fossem realizadas de forma padronizada, de acordo com as seguintes definições:

Critério A:

- Minutagem: soma do tempo, em minutos, que o jogador esteve em campo em jogos oficiais.
- Aproveitamento: Soma dos pontos que a equipe obteve quando o jogador esteve em campo, sendo vitória 3 pontos, empates 1 ponto e derrota 0 pontos.

Jogos: número de jogos oficiais em que o atleta participou, seja como titular OU entrando ao longo do jogo.

Critério B:

- Padrão: Número de passes certos de curta e longa distância no chão, ou passes aéreos de curta distância em direção frontal (frente) ou na diagonal (exceto passes para frente de curta distância, sem pressão adversária no executor ou receptor do passe);
- Lançamento: Número de passes certos de longa distância no alto, cuja, direção seja paralela as linhas laterais do campo;
- Diagonal: Número de passes longo certos no alto, cuja direção seja diagonal a posição inicial onde o passe foi executado;
- Cruzamento: Número de passes certos que acontecem na última parte do campo ofensivo, na região lateral externa a grande área da baliza a se atacar, em direção ao interior de grande área, extremidade oposta da grande área ou baliza adversária;
- Circulação: Número de passes certos para trás (com exceção de passe para o último homem antes da baliza a ser defendida), ou na horizontal, ou para frente de curta distância sem pressão adversária no executor ou receptor do passe;

- Inversão: Número de passes longo certos na horizontal ou diagonal para trás onde a bola é passada de um corredor lateral ao corredor lateral oposto;
- Ambidestria: Número de passes certos realizado com a perna não dominante, ou seja, perna que o jogador tenha a preferência para um passe ou finalização;
- Passes decisivos: Número de passes certos antes de uma finalização;

Critério C:

- Perda por desarme: Número de ações que são responsáveis por ceder a posse de bola ao adversário, a não ser uma finalização defendida, na trave ou para fora, onde um jogador é desarmado pelo adversário, causando a perda da bola.
- Recuperação: Número de ações que faça a posse de bola não ser mais da equipe adversária e passe a ser da equipe do jogador responsável por tal ação, ou ações que recuperem a posse da bola quando está em um momento neutro, ou seja, ninguém está com a posse de bola;
- Cartão amarelo: Número de ações que o jogador receber o cartão amarelo em um jogo oficial;
- Cartão vermelho: Número de ações que o jogador receber o cartão vermelho em um jogo oficial;

Critério D:

- Faltas cometidas: Número de ações que o jogador realizar sobre o adversário e o árbitro assinalar falta contrária à sua equipe;
- Faltas sofridas: Número de ações que o jogador adversário realizar sobre o jogador da equipe em análise e o árbitro assinalar falta a favor;
- Arremessos laterais: Número de ações de arremessos laterais que mantem a posse de bola da equipe;
- Faltas: Número total de faltas a favor cobradas em situações que pode gerar finalização ou diretamente ao gol;

- Escanteios: Número total de escanteios cobrados que atingem o objetivo de alcançar um companheiro de equipe que domina ou finalize a jogada;
- Pênalti: Número total de pênaltis cobrados que o gol foi validado;

Critério E: Finalização: Número total de chute, cabeceios ou desvios da bola, independente da maneira que acontecer, em direção ao gol adversário, sendo dividido em 5 categorias:

- Gol: Número total de finalizações que acabou em um (1) tento para a equipe do jogador que realizou a finalização;
- Interceptada: Número total de tentativas de finalização em direção ao gol adversário em que a bola não chega ao gol adversário, sendo desviada ou bloqueada no meio do caminho por um jogador adversário ou até por um companheiro de equipe;
- Fora: Número total de finalizações em que a bola foi para fora do campo de jogo, gerando tiro de meta para o adversário;
- Equilibrante: Número total de finalizações que foi no gol, mas foi facilmente defendida pelo goleiro, não gerando nenhum desequilíbrio para a equipe adversária;
- Desequilibrante: Número total de finalizações que foi no gol, mas causou desequilíbrio para a equipe adversária, gerando dificuldade ao goleiro; Finalização na trave é considerada desequilibrante;

Com base nesta perspectiva, foram coletados dados dos 26 critérios citados acima nos 2 semestres do ano. Ao todo foram coletados dados de 16 jogadores divididos em 3 posições, sendo 6 defensores, 5 meias e 5 atacantes.

O próximo passo após a definição dos critérios consiste na elicitación de seus pesos, ou seja, da importância relativa atribuída a cada critério. Neste trabalho, os pesos dos critérios foram definidos através da participação de cinco membros da comissão técnica do clube com apoio do método AHP, conforme descrito na próxima sessão.

4.4 Implementação do método AHP

Para a obtenção dos pesos dos critérios utilizados neste trabalho foram ouvidos 5 membros da comissão técnica de forma independente, resultando em 5 matrizes de comparação par-a-par e, portanto, em 5 vetores de pesos. O peso final utilizado no trabalho foi a média aritmética dos pesos dos 5 avaliadores com o peso estabelecido que os 5 grupos tivessem a mesma importância, ou seja, o mesmo peso, conforme apresentado na Tabela 6 com peso individual do critério no grupo e o peso final com a divisão igual entre os pesos no grupo. A avaliação foi realizada separadamente pelos grupos A, B, C, D e E.

| Pesos | Critério | Avaliador 1 | Avaliador 2 | Avaliador 3 | Avaliador 4 | Avaliador 5 | Pesos por Grupo | Pesos Finais |
|---------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|
| GRUPO A | Minutagem | 0,443 | 0,614 | 0,443 | 0,455 | 0,577 | 0,507 | 0,101 |
| | Jogos | 0,169 | 0,268 | 0,169 | 0,455 | 0,342 | 0,281 | 0,056 |
| | Aproveitamento | 0,387 | 0,117 | 0,387 | 0,091 | 0,081 | 0,213 | 0,043 |
| GRUPO B | Padrão | 0,161 | 0,031 | 0,073 | 0,045 | 0,150 | 0,092 | 0,018 |
| | Lançamento | 0,072 | 0,077 | 0,053 | 0,057 | 0,045 | 0,061 | 0,012 |
| | Diagonal | 0,072 | 0,069 | 0,123 | 0,083 | 0,072 | 0,084 | 0,017 |
| | Cruzamento | 0,110 | 0,108 | 0,047 | 0,122 | 0,114 | 0,100 | 0,020 |
| | Circulação | 0,048 | 0,037 | 0,119 | 0,038 | 0,026 | 0,054 | 0,011 |
| | Inversão | 0,048 | 0,072 | 0,136 | 0,038 | 0,020 | 0,063 | 0,013 |
| | Ambidestria | 0,223 | 0,222 | 0,165 | 0,396 | 0,239 | 0,249 | 0,050 |
| GRUPO C | Passes Decisivos | 0,265 | 0,383 | 0,285 | 0,220 | 0,335 | 0,298 | 0,060 |
| | Perda Desarme | 0,390 | 0,147 | 0,175 | 0,187 | 0,199 | 0,219 | 0,044 |
| | Recuperação | 0,390 | 0,239 | 0,175 | 0,609 | 0,599 | 0,402 | 0,080 |
| | Cartão Amarelo | 0,068 | 0,065 | 0,241 | 0,133 | 0,067 | 0,115 | 0,023 |
| | Cartão Vermelho | 0,152 | 0,549 | 0,409 | 0,071 | 0,135 | 0,263 | 0,053 |
| GRUPO D | Faltas Cometidas | 0,045 | 0,042 | 0,282 | 0,049 | 0,379 | 0,160 | 0,032 |
| | Faltas Sofridas | 0,067 | 0,078 | 0,193 | 0,094 | 0,301 | 0,147 | 0,029 |
| | Arremessos Laterais | 0,238 | 0,030 | 0,106 | 0,045 | 0,043 | 0,093 | 0,019 |
| | Faltas | 0,112 | 0,396 | 0,156 | 0,197 | 0,103 | 0,193 | 0,039 |
| | Escanteio | 0,203 | 0,184 | 0,156 | 0,197 | 0,070 | 0,162 | 0,032 |
| | Pênalti | 0,335 | 0,269 | 0,106 | 0,419 | 0,103 | 0,246 | 0,049 |
| GRUPO E | Interceptada | 0,033 | 0,036 | 0,103 | 0,034 | 0,051 | 0,051 | 0,010 |
| | Fora | 0,048 | 0,036 | 0,194 | 0,045 | 0,030 | 0,071 | 0,014 |
| | Gol | 0,612 | 0,582 | 0,234 | 0,516 | 0,489 | 0,487 | 0,097 |
| | Desequilibrante | 0,205 | 0,250 | 0,234 | 0,267 | 0,280 | 0,247 | 0,049 |
| | Equilibrante | 0,102 | 0,096 | 0,234 | 0,138 | 0,150 | 0,144 | 0,029 |

Tabela 6. Pesos gerados através da aplicação do método AHP.

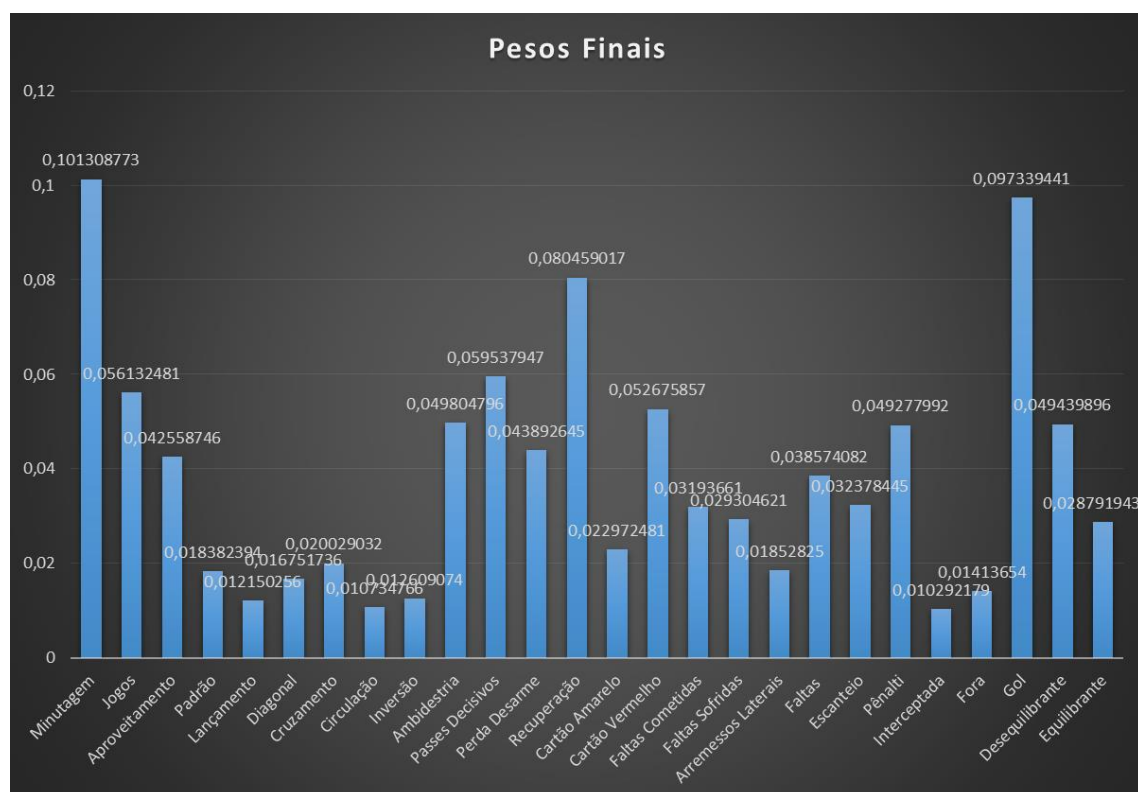


Figura 12. Peso final dos critérios no formato de gráfico

A razão de consistência (RC) foi computada para cada avaliador em cada critério de forma independente. Os resultados estão apresentados na Figura 7 e mostram que todos os dados são consistentes, ou seja, $RC < 0,1$.

| RC | Avaliador 1 | Avaliador 2 | Avaliador 3 | Avaliador 4 | Avaliador 5 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Critério A | 0,015771299 | 0,015771299 | 0,063373729 | 0 | 0,025054971 |
| Critério B | 0,046650693 | 0,051602712 | 0,032503313 | 0,090432312 | 0,06826772 |
| Critério C | 0,016108689 | 0,057222556 | 0,030101209 | 0,07972579 | 0,047373389 |
| Critério D | 0,051520745 | 0,067040364 | 0,046722986 | 0,047854323 | 0,04255214 |
| Critério E | 0,0788 | 0,033654072 | 0,094090208 | 0,058752281 | 0,076058673 |

Tabela 7. Valor finais da Razão de Consistência (RC)

4.5 Aplicação do método Promethee para ordenamento dos jogadores

Para obter o ordenamento dos jogadores utilizou-se o método Promethee, já apresentado na seção 2.2. Este ordenamento deve ser feito de forma separada para cada uma das posições, visto que o conjunto de jogadores mudam em cada caso. Após obtidos os índices de utilidade de cada atleta, de acordo com cada posição, pode-se construir um ordenamento geral dos jogadores utilizando-se os

dados de utilidade do Promethee e posteriormente um valor de normalizado para que o valor seja visualizado entre 0-10, facilitando assim a análise e visualização do dado.

Os jogadores foram avaliados considerando 3 cenários distintos. No Cenário 1 considerou-se os dados brutos, contendo os números totais de cada jogador para todos os critérios. No Cenário 2 calculou-se a média de cada critério, dividindo-se o número absoluto pelo total de partidas disputada pelo jogador. Finalmente, no Cenário 3, utilizou-se de uma avaliação dos responsáveis técnicos do clube que se verificou quais critérios seriam coerentes que fossem avaliados por média ou por números totais para que se chegasse a um ordenamento dos jogadores. Esta avaliação foi realizada com base no objetivo que o clube propõe para a avaliação dos jogadores sendo analisado um novo cenário de ordenamento.

Na Figura 8 podemos identificar os critérios que foram utilizados a média dos dados e quais critérios foram utilizados números totais dos dados no Cenário 3.

| Cenário 3 - Média e Números Totais | |
|---|-----------------------------------|
| Crítérios - Média | Crítérios - Números Totais |
| Minutagem | Jogos |
| Perda desarme | Aproveitamento |
| Recuperação | Padrão |
| Cartão Amarelo | Lançamento |
| Cartão Vermelho | Diagonal |
| Faltas Cometidas | Cruzamento |
| Faltas Sofridas | Circulação |
| Interceptada | Inversão |
| Fora | Ambidestria |
| Gol | Passes Decisivos |
| Equilibrante | Arremessos Laterais |
| Desequilibrante | Faltas |
| | Escanteio |
| | Pênalti |

Tabela 8. Divisão dos critérios no Cenário 3

4.6 Resultados e discussões

Após as fases de aplicação dos métodos AHP e Promethee, foram ordenados os 16 jogadores analisados e divididos em 2 semestres no ano. As

Tabelas 9 a 11 apresentam o ordenamento dos defensores, meias e atacantes separadamente com o dado de utilidade fornecido pelo método Promethee, considerando: número total dos dados, média dos dados e a mesclagem de dados totais e média com uma nota de 0-10. A Tabela 12 é representada pelo ordenamento dos jogadores sem a divisão por posição.

Posteriormente as tabelas 13 a 15 apresentam o ordenamento dos defensores, meias e atacantes com dados do 2º semestre e a tabela 16 com o ordenamento dos jogadores sem a divisão por posição do 2º semestre.

| Ranking - Defensores | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Cenário 1 - Número Total | | Cenário 2 - Média | | Cenário 3 - Média e Número Total | |
| Jogador 5 | 6,369873031 | Jogador 5 | 6,418042025 | Jogador 5 | 6,727214601 |
| Jogador 1 | 5,97876997 | Jogador 1 | 6,000322492 | Jogador 1 | 6,258880628 |
| Jogador 4 | 5,975959625 | Jogador 2 | 5,753913842 | Jogador 2 | 5,578810525 |
| Jogador 2 | 5,315740537 | Jogador 4 | 4,672105313 | Jogador 4 | 5,312467057 |
| Jogador 3 | 3,319731405 | Jogador 6 | 3,608878237 | Jogador 3 | 3,319731405 |
| Jogador 6 | 3,039925432 | Jogador 3 | 3,546738091 | Jogador 6 | 2,802895783 |

Tabela 9. Ordenamento dos defensores nos 3 cenários

No caso dos defensores, os jogadores mais bem colocados no ordenamento foram atletas que conseguiram através dos dados brutos melhores números no que se refere a minutagem e recuperação de posse de bola, critérios que através da avaliação do método AHP tiveram pesos elevados para a avaliação.

| Ranking - Meias | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Cenário 1 - Número Total | | Cenário 2 - Média | | Cenário 3 - Média e Número Total | |
| Jogador 9 | 7,862518244 | Jogador 9 | 6,600691664 | Jogador 9 | 7,171609875 |
| Jogador 8 | 5,89086889 | Jogador 8 | 5,518328568 | Jogador 8 | 5,78428177 |
| Jogador 11 | 4,342364626 | Jogador 11 | 4,631524843 | Jogador 11 | 4,559296892 |
| Jogador 7 | 3,559923884 | Jogador 7 | 4,558420844 | Jogador 7 | 4,148724706 |
| Jogador 10 | 3,344324356 | Jogador 10 | 3,691034082 | Jogador 10 | 3,336086757 |

Tabela 10. Ordenamento dos meias nos 3 cenários

| Ranking - Atacantes | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Cenário 1 - Número Total | | Cenário 2 - Média | | Cenário 3 - Média e Número Total | |
| Jogador 16 | 6,946371881 | Jogador 16 | 6,410228364 | Jogador 16 | 6,567720557 |
| Jogador 13 | 6,117524134 | Jogador 15 | 5,306371245 | Jogador 13 | 5,40250882 |
| Jogador 15 | 5,473238336 | Jogador 13 | 5,160857904 | Jogador 15 | 5,352327231 |
| Jogador 14 | 4,408428557 | Jogador 14 | 4,893890104 | Jogador 14 | 4,64961189 |
| Jogador 12 | 2,054437092 | Jogador 12 | 3,228652382 | Jogador 12 | 3,027831502 |

Tabela 11. Ordenamento dos atacantes nos 3 cenários

O jogador de melhor colocação na meia foi superior nos 3 cenários com mais de 1 pontos de diferença, entre os critérios que ele levou vantagem, destaque minutagem e passes decisivos em crescimento com um bom número de gols marcados, o maior no que diz respeito aos meias. Em relação aos atacantes, o melhor colocado também obteve uma minutagem alta e um bom número de finalização. Seu número de gols também foi satisfatório, sendo vice artilheiro do semestre.

| Ranking Geral | | | | | | | | |
|--------------------------|----------|-----------|-------------------|----------|-----------|----------------------------------|----------|-----------|
| Cenário 1 - Número Total | | | Cenário 2 - Média | | | Cenário 3 - Média e Número Total | | |
| Jogador 9 | Meia | 7,4458262 | Jogador 9 | Meia | 6,5525028 | Jogador 9 | Meia | 6,9831843 |
| Jogador 16 | Atacante | 6,3333791 | Jogador 8 | Meia | 5,8227537 | Jogador 16 | Atacante | 6,0815618 |
| Jogador 8 | Meia | 6,0603071 | Jogador 2 | Defensor | 5,815151 | Jogador 8 | Meia | 5,9782445 |
| Jogador 5 | Defensor | 5,9303174 | Jogador 5 | Defensor | 5,7330509 | Jogador 5 | Defensor | 5,9578733 |
| Jogador 13 | Atacante | 5,9022443 | Jogador 16 | Atacante | 5,6915795 | Jogador 1 | Defensor | 5,7387729 |
| Jogador 4 | Defensor | 5,8109993 | Jogador 1 | Defensor | 5,5848091 | Jogador 2 | Defensor | 5,5509427 |
| Jogador 1 | Defensor | 5,6598538 | Jogador 13 | Atacante | 5,0392419 | Jogador 4 | Defensor | 5,4685301 |
| Jogador 2 | Defensor | 5,2473458 | Jogador 4 | Defensor | 5,0050044 | Jogador 13 | Atacante | 5,3783531 |
| Jogador 15 | Atacante | 5,1685647 | Jogador 11 | Meia | 4,935087 | Jogador 15 | Atacante | 4,8878695 |
| Jogador 14 | Atacante | 4,8269523 | Jogador 7 | Meia | 4,9112828 | Jogador 11 | Meia | 4,7589945 |
| Jogador 11 | Meia | 4,6685188 | Jogador 15 | Atacante | 4,6671166 | Jogador 14 | Atacante | 4,7057818 |
| Jogador 7 | Meia | 3,9665186 | Jogador 14 | Atacante | 4,6395902 | Jogador 7 | Meia | 4,5514804 |
| Jogador 10 | Meia | 3,8349352 | Jogador 6 | Defensor | 4,3107924 | Jogador 10 | Meia | 3,9424882 |
| Jogador 3 | Defensor | 3,27546 | Jogador 10 | Meia | 4,251318 | Jogador 6 | Defensor | 3,555123 |
| Jogador 6 | Defensor | 3,1369241 | Jogador 3 | Defensor | 3,705189 | Jogador 3 | Defensor | 3,4095584 |
| Jogador 12 | Atacante | 2,7318533 | Jogador 12 | Atacante | 3,3355306 | Jogador 12 | Atacante | 3,0512413 |

Tabela 12. Ordenamento final nos 3 cenários

Neste quarto caso, podemos identificar ainda dados dos jogadores independentemente da posição, ordenamos de maneira geral identificando

apenas a pontuação. Podemos notar que temos o ordenamento novamente de dados brutos, dados na média e integração dos 2 dados (brutos e média) já citado anteriormente.

Verificamos que nos 3 ordenamentos o jogador 9 esteve na 1ª colocação, sendo que este jogador obteve umas das melhores pontuações entre 3 dos 4 melhores critérios ordenamento no requisito peso que foram: Minutagem, Gol e passes decisivos. O jogador 12 ficou na última colocação do ordenamento muito pelo número baixo de partidas disputadas e minutagem, trazendo um número baixo de dados.

Abaixo será demonstrado os resultados dos dados do 2º semestre do ano.

| Ranking - Defensores | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Cenário 1 - Número Total | | Cenário 2 - Média | | Cenário 3 - Média e Número Total | |
| Jogador 2 | 7,284626202 | Jogador 2 | 6,513374099 | Jogador 2 | 7,070261372 |
| Jogador 1 | 6,468091135 | Jogador 1 | 6,033956468 | Jogador 1 | 6,318321281 |
| Jogador 5 | 5,048129538 | Jogador 6 | 5,765867902 | Jogador 6 | 5,706772838 |
| Jogador 6 | 4,541375593 | Jogador 5 | 4,666519239 | Jogador 5 | 4,662137482 |
| Jogador 4 | 3,735832986 | Jogador 3 | 3,996811248 | Jogador 3 | 3,153286185 |
| Jogador 3 | 2,921944545 | Jogador 4 | 3,023471043 | Jogador 4 | 3,089220842 |

Tabela 13. Ordenamento dos defensores nos 3 cenários

No caso dos defensores do 2º semestre, podemos notar através da tabela 13 que o jogador número 2 conseguiu liderar os ordenamentos com o jogador número 1 mantendo-se em segundo lugar, mantendo o nível de regularidade. O jogador 2 obteve ao longo do 2º semestre um alto número de assistência e alto número de minutagem, critérios que foi avaliado com um peso alto.

| Ranking - Meias | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Cenário 1 - Número Total | | Cenário 2 - Média | | Cenário 3 - Média e Número Total | |
| Jogador 8 | 6,532676191 | Jogador 9 | 6,642123666 | Jogador 8 | 6,467870257 |
| Jogador 9 | 5,455539401 | Jogador 8 | 5,743451154 | Jogador 9 | 5,601824109 |
| Jogador 7 | 5,418045456 | Jogador 7 | 5,188168788 | Jogador 7 | 5,453354635 |
| Jogador 10 | 4,914378345 | Jogador 10 | 4,089663377 | Jogador 10 | 4,579627638 |
| Jogador 11 | 2,679360607 | Jogador 11 | 3,336593014 | Jogador 11 | 2,897323362 |

Tabela 14. Ordenamento dos meias nos 3 cenários

| Ranking - Atacantes | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Cenário 1 - Número Total | | Cenário 2 - Média | | Cenário 3 - Média e Número Total | |
| Jogador 15 | 6,359157235 | Jogador 15 | 5,84088926 | Jogador 15 | 6,199951771 |
| Jogador 14 | 6,234725849 | Jogador 13 | 5,679352377 | Jogador 13 | 5,869192832 |
| Jogador 13 | 5,966059221 | Jogador 14 | 4,895105934 | Jogador 14 | 5,782393764 |
| Jogador 16 | 3,722210762 | Jogador 16 | 4,409833654 | Jogador 16 | 4,028319615 |
| Jogador 12 | 2,717846933 | Jogador 12 | 4,174818775 | Jogador 12 | 3,120142018 |

Tabela 15. Ordenamento dos atacantes nos 3 cenários

Na posição de meia, o jogador 8 liderou em 2 cenários, com uma evolução sobre o jogador 9 nos critérios de minutagem, recuperação da posse de bola e passes decisivos em comparação com o 1º semestre.

Nota-se na tabela 16 que o jogador de mesmo número obteve uma queda de rendimento em sua nota muito em função da baixa minutagem e número de finalizações, ocasionando um baixo número de gols.

| Ranking Geral | | | | | | | | |
|--------------------------|----------|-----------|-------------------|----------|-----------|----------------------------------|----------|-----------|
| Cenário 1 - Número Total | | | Cenário 2 - Média | | | Cenário 3 - Média e Número Total | | |
| Jogador 2 | Meia | 7,0213125 | Jogador 9 | Meia | 6,6066486 | Jogador 2 | Meia | 6,9032151 |
| Jogador 8 | Atacante | 6,6516162 | Jogador 2 | Meia | 6,3390026 | Jogador 8 | Atacante | 6,309658 |
| Jogador 1 | Meia | 6,2444267 | Jogador 6 | Defensor | 5,8898912 | Jogador 1 | Meia | 6,1725689 |
| Jogador 15 | Defensor | 5,8608882 | Jogador 1 | Defensor | 5,7588914 | Jogador 9 | Defensor | 5,9443843 |
| Jogador 9 | Atacante | 5,6662819 | Jogador 8 | Atacante | 5,6652341 | Jogador 6 | Defensor | 5,5484097 |
| Jogador 14 | Defensor | 5,6280361 | Jogador 7 | Defensor | 5,227689 | Jogador 7 | Defensor | 5,4838455 |
| Jogador 13 | Defensor | 5,614258 | Jogador 5 | Atacante | 5,072189 | Jogador 15 | Defensor | 5,2695795 |
| Jogador 10 | Defensor | 5,4243732 | Jogador 13 | Defensor | 5,0044158 | Jogador 13 | Atacante | 5,1490855 |
| Jogador 7 | Atacante | 5,3765736 | Jogador 15 | Meia | 4,9762167 | Jogador 5 | Atacante | 5,0691557 |
| Jogador 5 | Atacante | 5,0864055 | Jogador 10 | Meia | 4,6687271 | Jogador 10 | Meia | 4,9957527 |
| Jogador 16 | Meia | 4,2029609 | Jogador 14 | Atacante | 4,5596775 | Jogador 14 | Atacante | 4,9527473 |
| Jogador 6 | Meia | 4,1104086 | Jogador 3 | Atacante | 4,5515631 | Jogador 16 | Meia | 3,9029909 |
| Jogador 4 | Meia | 3,6633226 | Jogador 11 | Defensor | 4,0517386 | Jogador 11 | Meia | 3,8834229 |
| Jogador 11 | Defensor | 3,5176268 | Jogador 16 | Meia | 4,0354183 | Jogador 4 | Defensor | 3,7333039 |
| Jogador 12 | Defensor | 3,2173885 | Jogador 4 | Defensor | 3,8115234 | Jogador 3 | Defensor | 3,598352 |
| Jogador 3 | Atacante | 2,7141208 | Jogador 12 | Atacante | 3,7811737 | Jogador 12 | Atacante | 3,0835281 |

Tabela 16. Ordenamento final nos 3 cenários

Em comparação dos 3 cenários aplicados é possível notar que somente no Cenário 2 o jogador 9 lidera, nos outros dois cenários o jogador 2 está em primeiro lugar. Ainda sobre o Cenário 2, o jogador 9 lidera mesmo com número

baixo de minutagem, em compensação com alto número de gol, ambos critérios com peso alto. O jogador número 8, segundo colocado nos Cenários 1 e 3, mesmo obtendo um número de minutagem e assistência alto, fica atrás em alguns critérios prioritários como recuperação da posse de bola e perda por desarme.

Na tabela 16 é possível nota que nos 3 cenários os jogadores 2, 8 e 9 tiveram nos 2 primeiros lugares. Em comparação com o 1º semestre, vemos que os jogadores 8 e 9 se mantiveram nas primeiras colocações muito em função do alto número de assistência, gol, finalização e bom aproveitamento com a equipe. O jogador 2 com um número maior de minutagem e jogos melhorou seus dados e pode evoluir no ordenamento dos jogadores.

4.7 Considerações finais

Neste capítulo propusemos uma metodologia híbrida AHP-Promethee com base em análise multicritério para a avaliação de desempenho de jogadores de categoria de base de um clube brasileiro. O objetivo é propor uma metodologia sistemática de apoio à decisão para auxiliar na gestão de atletas em formação. Os resultados foram satisfatórios para validar o método, porém vários ajustes podem ser feitos para melhorar a avaliação do desempenho dos jogadores, desde a inclusão de novos critérios até no ajuste mais fino dos pesos (podendo ser aplicado por mais integrantes na tomada de decisão).

Todo processo ainda poderá ser realizado por um período maior que 2 semestres, como descrito neste trabalho, com isso, a tomada de decisão poderá ter uma base maior de dados, podendo auxiliar em uma decisão cada vez mais criteriosa e próximo de um bom resultado final.

Após a análise dos dados dos jogadores com dados coletados ao longo do ano sendo ele estudado com dados brutos ou média por exemplo, entendemos que a metodologia proposta se mostrou adequada para ser utilizada na prática e, em função da sua versatilidade, pode ser ajustada de acordo com o interesse do clube e comissão técnica, facilitando o processo de entendimento dos dados e tomada de decisão.

CAPÍTULO 5 – Considerações finais e perspectivas futuras

5 Considerações finais e perspectivas futuras

O presente estudo teve como objetivo a implementação de determinados modelos matemáticos em cenários do futebol, a primeira parte teve como objetivo aplicar técnicas de análise multicritério e de programação linear, para propor um modelo para seleção de jogadores de futebol visando maximizar o desempenho da equipe com base em critérios analíticos. Para tanto, foi utilizado o método Promethee II para avaliação individual dos jogadores e obtenção de um indicador de utilidade por jogador que é considerado como entrada de um modelo de programação que visa a composição ótima de um plantel sujeito a restrições orçamentárias.

Este método pode ser adequado a outras questões na avaliação de jogadores de futebol, assim como foi proposto no trabalho, a seleção de jogadores de futebol de acordo com seu desempenho, é possível ainda aplicar esta prática em contratações de jogadores, seleção para disputa de competições, escolha dos jogadores para ações individuais no jogo como cobrança de pênalti, faltas e escanteios. É evidente que critérios e pesos teriam que ser adaptados ao objetivo proposto com alinhamento dos gestores e comissões técnicas.

Na segunda parte, foi utilizado o método híbrido AHP-PROMETHEE para a avaliação de desempenho de jogadores de categoria de base de um clube brasileiro, com o intuito de propor uma metodologia sistemática de apoio à decisão para auxiliar na gestão de atletas em formação.

Foi possível concluir que a aplicação cuidadosa dos métodos pode auxiliar na tomada de decisões alinhadas aos objetivos da comissão técnica e do clube. Pode-se verificar que os métodos propostos conseguem explorar diferentes dados que os clubes podem produzir ao longo do processo de formação de seus jogadores na categoria de base, aplicar restrições plausíveis que o cenário do futebol permite e ainda otimizar os resultados podendo facilitar a tomada de decisão.

Neste segundo cenário, o método é adaptável a diferentes situações que o esporte pode proporcionar. Além de avaliar o desempenho dos jogadores de base, é possível avaliar os jogadores profissionais, analisando ainda em dois

cenários diferentes, como por exemplo em campeonatos, semestres e anos distintos, bem como uma avaliação do desempenho dos jogadores por posição em cenários que a equipe pudesse atuar como mandando ou visitante, com vantagem ou desvantagem no placar e jogos decisivos por exemplo. Sendo assim, o método dentro do objetivo proposto é ainda amplo e pode trazer benefícios.

O ponto importante da pesquisa foi a possibilidade de evolução em um cenário de formação esportiva de jogadores de futebol em categorias de base podendo trazer benefícios a esse atleta e a instituição que ele pertence. Podemos comentar ainda que a tomada de decisão em seleção de jogadores com um amplo cenário de restrição, passível da realidade do dia a dia dos clubes de futebol, pode trazer um facilitador nas escolhas e evolução competitiva.

Mesmo que a aplicação da pesquisa operacional seja inicial no futebol, é uma fonte promissora e que necessita de mais estudos e aplicação de outros métodos em busca de uma otimização nos resultados.

Referências

ALMEIDA, A. D.; COSTA, A. Aplicações com métodos multicritério de apoio à decisão. **Recife: Editora Universitária**, 2003.

ALMEIDA, A. T. D.; GOMES, C. F. S.; GOMES, L. Tomada de Decisão Gerencial-Enfoque Multicritério. Atlas 2012.

CAMPELLO DE SOUZA, F. M. **Decisões Racionais em Situações de Incerteza. 1 edn. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco**. ISBN-85-7315-178-1. 2002.

CARLING, C. Choosing a computerised match analysis system. **Insight**, 4, n. 3, p. 30-31, 2001.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração: edição compacta. Rio de Janeiro: Editora Campus**. ISBN 85-352-0426-1. 1999.

CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração. Rio de Janeiro 2003.

GOMES, L. F. A. M.; GONZÁLEZ, M. C. A.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. Thomson, 2004. 8522103542.

GRANDZOL, J. R. Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process. IR Applications. Volume 6. **Association for Institutional Research (NJ1)**, 2005.

GRECO, S.; FIGUEIRA, J.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis**. Springer, 2016. 1493930931.

LEITÃO, R. **O jogo de futebol: investigação de sua estrutura, de seus modelos e da inteligência de jogo, do ponto de vista da complexidade. 2009. 230f.** 2009. -, Tese (Doutorado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009..[Links].

LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Gestão e Produção, São Carlos**, 22, n. 1, p. 17-34, 2015.

OZCEYLAN, E. A mathematical model using AHP priorities for soccer player selection: a case study. **South African Journal of Industrial Engineering**, 27, n. 2, p. 190-205, 2016.

SAATY, T. L. Método de análise hierárquica. **São Paulo: Makron**, 1991.

SCAGLIA, A. J. **O futebol e as brincadeiras de bola: a família dos jogos de bola com os pés**. 2011. 8576552965.

VARGAS, L. G. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. **European journal of operational research**, 48, n. 1, p. 2-8, 1990.

APÊNDICE A - Tabela dados brutos dos jogadores no 1º Semestre

| DADOS BRUTOS - 1º SEMESTRE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Critérios | Jogador 1 Defensor | Jogador 2 Defensor | Jogador 3 Defensor | Jogador 4 Defensor | Jogador 5 Defensor | Jogador 6 Defensor | Jogador 7 Meia | Jogador 8 Meia | Jogador 9 Meia | Jogador 10 Meia | Jogador 11 Meia | Jogador 12 Atacante | Jogador 13 Atacante | Jogador 14 Atacante | Jogador 15 Atacante | Jogador 16 Atacante |
| Minutagem | 748 | 557 | 113 | 753 | 799 | 269 | 383 | 762 | 649 | 391 | 260 | 15 | 627 | 440 | 551 | 657 |
| Jogos | 12 | 9 | 6 | 13 | 12 | 5 | 7 | 12 | 13 | 8 | 9 | 2 | 13 | 10 | 12 | 13 |
| Aproveitamento | 27 | 21 | 10 | 28 | 25 | 16 | 15 | 25 | 28 | 19 | 21 | 3 | 31 | 19 | 25 | 28 |
| Padrão | 93 | 76 | 26 | 116 | 163 | 53 | 91 | 128 | 94 | 43 | 37 | 1 | 33 | 32 | 36 | 29 |
| Lançamento | 3 | 1 | 0 | 9 | 15 | 2 | 1 | 3 | 5 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Diagonal | 2 | 1 | 0 | 3 | 9 | 2 | 2 | 7 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Cruzamento | 2 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 23 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 17 | 4 |
| Circulação | 96 | 44 | 20 | 102 | 116 | 16 | 98 | 84 | 95 | 38 | 20 | 0 | 52 | 21 | 17 | 25 |
| Inversão | 0 | 4 | 0 | 4 | 2 | 0 | 3 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Ambidestria | 25 | 16 | 7 | 23 | 71 | 5 | 25 | 25 | 29 | 18 | 5 | 0 | 8 | 32 | 14 | 13 |
| Passes Decisivos | 2 | 9 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 8 | 19 | 2 | 1 | 0 | 6 | 5 | 15 | 7 |
| Perda Desarme | 27 | 24 | 2 | 7 | 4 | 2 | 11 | 40 | 21 | 12 | 11 | 3 | 35 | 25 | 72 | 53 |
| Recuperação | 104 | 71 | 22 | 98 | 103 | 30 | 77 | 88 | 52 | 42 | 49 | 1 | 29 | 20 | 28 | 22 |
| Cartão Amarelo | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 | 1 |
| Cartão Vermelho | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| Faltas Cometidas | 8 | 8 | 1 | 6 | 8 | 2 | 8 | 10 | 8 | 8 | 8 | 1 | 6 | 12 | 29 | 13 |
| Faltas Sofridas | 7 | 8 | 2 | 6 | 3 | 0 | 5 | 10 | 6 | 12 | 14 | 1 | 9 | 10 | 23 | 27 |
| Arremessos Laterais | 109 | 80 | 12 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 5 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Faltas | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Escanteio | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Pênalti | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Interceptada | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 | 1 | 0 | 0 | 5 | 2 | 2 | 3 |
| Fora | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 6 | 0 | 3 | 5 | 0 | 4 | 0 | 10 | 13 | 9 | 4 |
| Gol | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 4 |
| Desequilibrante | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 3 | 0 | 5 | 6 | 1 | 6 |
| Equilibrante | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5 | 5 | 4 |

APÊNDICE B - Tabela dados brutos dos jogadores no 2º Semestre

| DADOS BRUTOS - 2º SEMESTRE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Critérios | Jogador 1 Defensor | Jogador 2 Defensor | Jogador 3 Defensor | Jogador 4 Defensor | Jogador 5 Defensor | Jogador 6 Defensor | Jogador 7 Meia | Jogador 8 Meia | Jogador 9 Meia | Jogador 10 Meia | Jogador 11 Meia | Jogador 12 Atacante | Jogador 13 Atacante | Jogador 14 Atacante | Jogador 15 Atacante | Jogador 16 Atacante |
| Minutagem | 923 | 907 | 45 | 269 | 679 | 204 | 635 | 831 | 224 | 525 | 279 | 60 | 645 | 415 | 360 | 341 |
| Jogos | 13 | 13 | 1 | 7 | 10 | 3 | 10 | 13 | 6 | 12 | 6 | 2 | 11 | 12 | 11 | 9 |
| Aproveitamento | 19 | 19 | 3 | 10 | 18 | 4 | 12 | 19 | 11 | 16 | 8 | 6 | 17 | 18 | 16 | 16 |
| Padrão | 96 | 53 | 4 | 25 | 44 | 29 | 64 | 50 | 28 | 54 | 22 | 1 | 32 | 25 | 7 | 15 |
| Lançamento | 4 | 5 | 0 | 2 | 19 | 5 | 2 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Diagonal | 1 | 6 | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Cruzamento | 2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 6 | 0 | 2 | 3 | 3 | 1 | 9 | 5 |
| Circulação | 75 | 29 | 2 | 28 | 42 | 23 | 55 | 50 | 34 | 62 | 20 | 2 | 47 | 23 | 4 | 17 |
| Inversão | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 |
| Ambidestria | 38 | 11 | 1 | 10 | 37 | 11 | 18 | 19 | 13 | 27 | 3 | 1 | 10 | 15 | 7 | 3 |
| Passes Decisivos | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 5 | 1 | 2 | 0 | 3 | 2 | 4 | 6 |
| Perda Desarme | 3 | 13 | 1 | 4 | 5 | 0 | 8 | 27 | 7 | 15 | 12 | 3 | 31 | 32 | 29 | 34 |
| Recuperação | 93 | 95 | 5 | 26 | 39 | 26 | 70 | 63 | 24 | 41 | 19 | 4 | 36 | 20 | 25 | 12 |
| Cartão Amarelo | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Cartão Vermelho | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Faltas Cometidas | 5 | 12 | 0 | 4 | 3 | 2 | 8 | 15 | 3 | 6 | 10 | 2 | 4 | 15 | 21 | 6 |
| Faltas Sofridas | 3 | 10 | 0 | 1 | 6 | 0 | 6 | 11 | 6 | 8 | 1 | 5 | 7 | 13 | 12 | 12 |
| Arremessos Laterais | 21 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 20 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Faltas | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Escanteio | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| Pênalti | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Interceptada | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| Fora | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 4 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 4 | 2 | 3 |
| Gol | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| Desequilibrante | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| Equilibrante | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |

APÊNDICE C - Modelo de Programação Linear para seleção de jogadores

set jogadores:= {1.. }; #número de jogadores

/*Parâmetros - dados dos jogadores*/

param u{i in jogadores}; #utilidade dos jogadores

param v{i in jogadores}; #valor dos jogadores

param g{i in jogadores}; #goleiros

param z{i in jogadores}; #zagueiros

param l{i in jogadores}; #lateralais

param m{i in jogadores}; #meias

param a{i in jogadores}; #atacantes

param t{i in jogadores}; #treinadores

/*variáveis*/

var Y{i in jogadores}, binary;

/*função objetivo*/

maximize utilidademax: sum{i in jogadores}Y[i]*u[i];

/*restrições*/

s.t. goleiro:sum{i in jogadores}Y[i]*g[i]=1;

s.t. zagueiro:sum{i in jogadores}Y[i]*z[i]=2;

s.t. meia:sum{i in jogadores}Y[i]*m[i]=3;

s.t. lateral:sum{i in jogadores}Y[i]*l[i]=2;

s.t. atacante:sum{i in jogadores}Y[i]*a[i]=3;

s.t. treinador:sum{i in jogadores}Y[i]*t[i]=1;

s.t. preco:sum{i in jogadores}Y[i]*v[i]<=132.35;

s.t. totaldejogadores:sum{i in jogadores}Y[i]=12;

solve;

data;

param u:= #utilidade dos jogadores

param v:= #valor dos jogadores

param g:=

param z:=

param l:=

param m:=

param a:=

param t:=

end;