

AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO DOS TIMES DE 3 LIGAS EUROPEIAS DE FUTEBOL COM MODELOS DEA E CLUSTERS DINÂMICOS

Fernando do Valle Silva Andrade

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ
fernando_do_valle@hotmail.com

Gustavo Naciff de Andrade

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ
gnandrade@id.uff.br

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ
jccbsmello@id.uff.br

RESUMO

Este trabalho propõe um modelo para avaliar a eficiência de 57 clubes de futebol de 3 das principais ligas europeias (Espanha, Itália e Inglaterra) na temporada 2012/2013. A metodologia adotada para cálculo das eficiências é a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) orientada a *output*. O *input* considerado é o valor investido em contratações pelo clube e os *outputs* são o público nos jogos em casa e o desempenho do clube no campeonato nacional. O desempenho foi avaliado atribuindo-se julgamentos de valor às zonas de classificação nas ligas através do método multicritério MACBETH. O modelo inclui a clusterização dinâmica dos clubes de acordo com o respectivo nível de investimento e competitividade dos campeonatos nacionais. Com a clusterização a avaliação de eficiência considera apenas clubes com condições ambientais e estruturais semelhantes, assim os *benchmarks* encontrados são realmente modelos a serem seguidos pelos clubes não eficientes.

PALAVRAS CHAVE. Análise Envoltória de Dados, Clusters Dinâmicos, Futebol.

Área principal: DEA - Análise Envoltória de Dados, OA - Outras aplicações em PO, ADM - Apoio à Decisão Multicritério.

ABSTRACT

This paper proposes a model to evaluate efficiency of 57 football clubs of 3 major European leagues (Spain, Italy and England) in the 2012/2013 season. The methodology used is output-oriented Data Envelopment Analysis (DEA). The input is the club investment in hiring players and the outputs are the number of spectators in home games and the performance of the club in national league. The performance was evaluated by assigning judgments of value of the league classification zones, using the multi-criteria method MACBETH. The model includes the dynamic clustering of clubs according to their level of investment and competitiveness of the national leagues. The clustering process ensures that for evaluation it is considered only clubs with similar structural and environmental conditions, so the benchmarks are actually models of performance to not efficient clubs.

KEYWORDS. Data Envelopment Analysis. Dynamic Clustering. Football.

Main area: DEA - Data Envelopment Analysis, OA - Other applications in OR, ADM - Multicriteria Decision Support.

1. Introdução

Os investimentos em contratação de jogadores no futebol têm sido cada vez maiores principalmente no mercado europeu. Desde os anos 2000, principalmente a partir de 2003, com a compra do Chelsea FC pelo bilionário russo Roman Abramovich, as cifras envolvidas nas negociações individuais de jogadores têm batido recordes a cada temporada.

De acordo com KEA e CDES (2013), na temporada 2010/11 foram investidos mais de 3 bilhões de euros em 18.307 contratações de jogadores de futebol na Europa. Ainda de acordo com o referido relatório, entre os anos de 1995 e 2011 o número de transferências no mercado europeu triplicou, enquanto os valores totais gastos em transferências no ano de 2011 é 7,5 vezes maior do que em 1995. A Tabela 1 apresenta dados do mercado europeu para temporadas selecionadas.

Tabela 1 – Transferências de jogadores de futebol no mercado europeu

Temporada	Número de Transferências	Valor (em Euros)
1994-1995	5.735	€402.869.000
1999-2000	8.531	€1.704.603.000
2005-2006	15.952	€1.952.066.000
2010-2011	18.307	€3.002.198.000

Fonte: KEA e CDES (2013)

Seja pelo crescente nível de investimento no futebol ou pela paixão que este esporte desperta por todo o mundo, é cada vez mais importante a gestão eficiente dos clubes para transformar o investimento realizado em resultados dentro de campo e exposição na mídia (com todos os fatores envolvidos, neste caso, como bilheteria, potenciais patrocínios, cotas de TV e receitas de marketing).

No entanto, além dos indicadores financeiros tradicionais, o futebol possui variáveis difíceis de serem mensuradas e, por consequência, retornos não financeiros fundamentais para a avaliação de sucesso dos clubes. Por exemplo, um clube que possui receita com vendas de jogadores muito superior às despesas com contratações pode, apesar do lucro inicial, obter resultados muito ruins no médio e longo prazo, caso não obtenha bom desempenho dentro de campo.

Diante desse cenário, este trabalho busca avaliar a eficiência produtiva dos resultados obtidos dentro e fora de campo, com relação ao investimento realizado na contratação de jogadores dos 57 clubes de três das principais ligas europeias de futebol (Espanha, Itália e Inglaterra) na temporada 2012/2013, levando em consideração as principais variáveis que podem auxiliar na modelagem do futebol como um processo produtivo, e que como tal os clubes devem centrar-se no uso eficiente de seus recursos a fim de obter resultados financeiros e esportivos.

Como será mostrado mais adiante, a literatura de Pesquisa Operacional aplicada aos esportes e, em especial, ao futebol é bastante extensa. No entanto, este trabalho possui características distintas dos demais, como a utilização conjunta de variáveis econômicas, esportivas e de mídia, além de considerar como *output* de desempenho esportivo o juízo de valor da zona de classificação final do clube na sua respectiva liga (e não apenas variáveis como pontos ganhos e gols marcados). Outro ponto relevante é a utilização da técnica de clusters dinâmicos para lidar com a não homogeneidade dos clubes e assegurar a aplicabilidade de modelo DEA com retornos constantes de escala. Nesta abordagem, cada clube é analisado considerando um *cluster* que contempla apenas clubes com nível de investimento e competitividade da liga semelhantes entre si.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: seção 2 apresenta o referencial teórico com o detalhamento dos modelos e métodos utilizados, enquanto a seção 3 faz uma breve revisão da literatura de Pesquisa Operacional aplicada ao futebol. A seção 4 apresenta a modelagem e os resultados obtidos, enquanto a seção 5 apresenta as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

2.1 – Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*), é uma técnica não paramétrica que utiliza programação linear para avaliar a eficiência de processos produtivos a partir da comparação entre unidades (comumente denominadas *Decision Making Units – DMUs*) que desempenham o mesmo processo. Ou seja, as DMU's se caracterizam por desempenharem processos produtivos semelhantes, nos quais utilizam distintos níveis de insumos (*inputs*) para produzir diferentes quantidades de produtos (*outputs*). A análise DEA é sempre uma comparação entre o universo de unidades produtivas analisadas.

A metodologia foi desenvolvida por Charnes et al. (1978), a partir do conceito de eficiência de Farrell (1957). A eficiência é então calculada como o quociente entre soma ponderada dos *outputs* e soma ponderada dos *inputs*, onde os pesos são dados por um problema de programação linear (PPL) de forma mais benevolente para cada DMU. Assim, a eficiência de cada unidade é calculada resolvendo um PPL próprio da unidade avaliada. Os PPLs associados ao problema no caso do retorno constante de escala com orientação a *input* podem ser descritos a seguir:

PRIMAL	DUAL
$Max\ Eff_k = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}$ <p>Sujeito a</p> $\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} \leq 0, \forall k$ $u_j, v_i \geq 0 \forall i, j$	$Min\ h_0$ <p>Sujeito a</p> $h_0 x_{j0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$ $-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$ $\lambda_k \geq 0, \quad \forall j$

Onde: Eff_k é a eficiência da DMU analisada; v_i, u_j são os pesos dos inputs e outputs com $i=1, \dots, r$ e $j=1, \dots, s$; y_{jk} e x_{ik} são os *inputs* i e *outputs* j da DMU k , com k variando de 1 até n ; x_{i0} e y_{j0} representam os *inputs* i e *outputs* j da DMU₀. Para o dual, h_0 é a eficiência e λ_k representa a k -ésima coordenada da DMU 0 em uma base formada pelas DMU's de referência.

Posteriormente em Banker et al. (1984) foi desenvolvido o modelo com retorno variável de escala. Para tanto torna-se a fronteira convexa através da imposição da restrição $\sum_k \lambda_k = 1$ no dual do problema, garantindo assim que as DMU's ineficientes sejam comparadas apenas às de porte ou nível de atividade semelhante.

2.2 – Método Macbeth

A abordagem multicritério MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation*), desenvolvida por Bana e Costa e Vansnick (1994), é uma ferramenta de apoio à decisão que permite mensurar a atratividade ou o valor de alternativas através da comparação não numérica par a par. Bana e Costa et al. (2013), apresentam detalhadamente o arcabouço conceitual do método, bem como a aplicação do mesmo e um levantamento de utilização do método no Brasil.

O método utiliza sete categorias qualitativas de atratividade para comparar opções. Dados dois parâmetros do modelo (que podem ser dois critérios ou duas alternativas), o decisor deve comparar as opções e informar se: é indiferente ou se a diferença é muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema.

Segundo Bana e Costa et al. (2012), para medir ordinalmente a atratividade das opções x de um conjunto finito X , é necessário associar a cada x um número real $v(x)$ tal que satisfaça as condições: de preferência estrita (eq. 1) e de indiferença (eq. 2).

$$\forall x, y \in X: xPy \Leftrightarrow v(x) > v(y) \tag{Eq. 1}$$

$$\forall x, y \in X: xIy \Leftrightarrow v(x) = v(y) \quad \text{Eq. 2}$$

Para evitar possíveis arbitrariedades típicas de agregação de ordenações feitas separadamente de cada critério (Teorema de Arrow), deve-se obter informações cardinais do decisor, de tal modo que também atenda à condição adicional (eq. 3).

$$\forall w, x, y, z \in X: xPy \wedge wPz \Leftrightarrow \frac{v(x) - v(y)}{v(w) - v(z)} \quad \text{Eq. 3}$$

Respeitando tais condições, é possível estabelecer uma escala numérica de intervalos ($v: X \rightarrow R: x \rightarrow v(x)$). Assim, a partir da matriz de julgamentos o MACBETH propõe uma pontuação para cada opção que forma a escala numérica do método. Seja a diferença as categorias que diferem a atratividade (C_k) com $k=0, \dots, 6$, no qual “nula” (C_0), “muito fraco” (C_1), “fraco” (C_2), “moderada” (C_3), “forte” (C_4), “muito forte” (C_5) e “extrema” (C_6). Além disso, se $v(a^+)$ e $v(a^-)$ são, respectivamente, a maior e a menor pontuação entre as opções, a escala MACBETH de base pode ser encontrada resolvendo o problema de programação linear a seguir:

$$\text{Min}[v(a^+), v(a^-)]$$

Sujeito a:

$$R1: v(a^-) = 0 \text{ (pontuação arbitrária)}$$

$$R2: \forall (a, b) \in C_0: v(a) - v(b) = 0.$$

$$R3: \forall (a, b) \in C_i \cup \dots \cup C_s \text{ com } i, s \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \text{ e } i \leq s: v(a) - v(b) \geq i$$

$$R4: \forall (a, b) \in C_i \cup \dots \cup C_s \text{ e } \forall (c, d) \in C_{i'} \cup \dots \cup C_{s'} \text{ com } i, s, i' \text{ e } s' \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}, i \leq s, i' \leq s', \text{ e } i > s' : [v(a) - v(b)] - [v(c) - v(d)] \geq i - s'$$

Elaborada a escala pré-cardinal acima, o decisor a observa e compara os intervalos obtidos, podendo ajustar a escala a partir de novas comparações desde que continue sendo respeitadas as restrições R2, R3 e R4 do Problema de Programação Linear (PPL) acima.

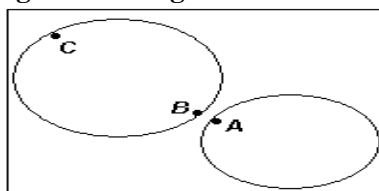
2.3 – Clusters Dinâmicos

O modelo DEA CCR pressupõe retornos constantes de escala, ou seja, as unidades produtivas analisadas no modelo devem estar submetidas a condições e grandezas semelhantes de operação. Já o modelo DEA BCC incorpora a suposição de retornos variáveis de escala e é comumente utilizado para contornar a comparação de DMUs com escalas de operação muito diferentes. No entanto, o modelo é alvo de críticas como o conceito das DMUs eficientes por *default* (Soares de Mello et al., 2005) e pelo fato de suas restrições não garantirem as propriedades desejadas para uma eficiência em situações como a Avaliação Cruzada (Soares de Mello et al., 2013) ou projeções não radiais (Gomes Junior et al., 2013).

Sendo assim, para evitar o uso do DEA BCC, mas ainda assim garantir a condição de homogeneidade necessária no modelo DEA CCR, o estudo propõe a utilização da técnica de *clusters* dinâmicos em uma abordagem híbrida introduzida por Bana e Costa (2002), Po et al. (2009) e Appa et al. (2010).

O conceito original dos *clusters* fixos é representado por grupos estáticos heterogêneos entre si e homogêneos internamente. No entanto, é possível que uma unidade (B) localizada na extremidade de um grupo seja mais próxima a uma unidade (A) localizada na extremidade de outro grupo do que de outra unidade (C) de seu mesmo cluster, conforme Figura 1.

Figura 1 – Diagrama cluster fixo



Tal fato é muito significativo quando falamos do cálculo de medidas de eficiência, já que a aplicação de DEA dentro de um *cluster* fixo pode excluir unidades produtivas semelhantes a uma unidade interna ao *cluster*. Além disso, *clusters* fixos podem ser pequenos demais para a aplicação de abordagens DEA clássicas, além de exigirem técnicas adicionais para comparação de DMUs de *clusters* distintos, como a utilizada por Gomes et al. (2012).

Os trabalhos de Bana e Costa (2002), Po et al. (2009) e Appa et al. (2010) demonstram as vantagens do uso de retornos constantes de escala associados à criação de *clusters* dinâmicos, propondo a formação de um grupo de DMUs similares para cada DMU avaliada. Com isso, cada DMU é comparada apenas dentro de grupos homogêneos, não sendo comparada a unidades que possuam condições ambientais significativamente diferentes.

A abordagem consiste na criação de n *clusters* dinâmicos (igual ao número total de DMUs), definindo um ou mais critérios de similaridade que construa a vizinhança de cada DMU em análise. Além disso, para permitir a comparação indireta de unidades que não estejam no mesmo grupo, é importante garantir que as DMUs possam pertencer a mais de um *cluster* ao mesmo tempo para evitar a formação de conjuntos disjuntos. No caso deste estudo, foi verificado que é possível alcançar qualquer DMU partindo de qualquer outra DMU em qualquer *cluster* (conceito de grafo conexo).

Por fim, para a criação de *clusters* dinâmicos é preciso determinar o tamanho dos grupos, podendo ocorrer de pelo menos duas formas: fixando um número mínimo de DMUs em cada *cluster* ou fixando a distância máxima à DMU central em análise. Neste trabalho foi utilizada a primeira opção, de modo a garantir um número suficiente de DMUs para aplicação do modelo DEA. É importante ressaltar ainda que embora seja calculada a eficiência de todas as DMUs do *cluster*, somente a eficiência da DMU central em análise será considerada em cada grupo.

3. PO no Futebol

A Pesquisa Operacional têm sido extensamente utilizada para avaliações esportivas, especialmente em futebol. A maior parte dos trabalhos avalia o desempenho das equipes com base em variáveis de atividades desenvolvidas dentro de campo. Tiedemann et al. (2011) estudaram os jogadores da primeira divisão Alemã, utilizando uma abordagem de meta-fronteira não-côncava (*nonconcave metafrontier*) baseada em DEA. O modelo revelou uma relação positiva entre a eficiência média dos jogadores dos clubes e sua classificação final na temporada.

Haas (2003) e García-Sánchez (2007) também utilizaram DEA para análises em futebol. Haas (2003) aplicou DEA para medir a eficiência produtiva dos clubes da Premier League Inglesa, enquanto García-Sánchez (2007) aplicou um modelo DEA de três estágios para avaliar a Liga Espanhola de Futebol, relacionando ataque e defesa com o número de gols marcados em um primeiro momento (eficácia operacional), depois relacionando a eficácia operacional com o número de pontos ganhos (eficiência operacional) e, por fim, relacionando a eficiência operacional com o público total de cada clube no campeonato (eficiência social).

Papahristodoulou (2013) avaliou a eficiência dos 42 maiores artilheiros que disputaram a *UEFA Champions League* por um período de 6 anos, através de modelos DEA orientados a *input* e a *output*. Já Santos et al. (2011) utilizaram métodos de seleção de variáveis para definir quais ações em campo são mais relevantes para três modelos DEA aplicados ao Campeonato Brasileiro de Futebol, que avaliam o desempenho das equipes em diferentes objetivos (defesa, ligação e ataque).

Brandão et al. (2013) propuseram avanços na teoria de DEA com fronteira suavizada, aplicando o modelo proposto para avaliar a performance das seleções nacionais na Eurocopa de 2012, considerando variáveis de favoritismo e expectativa de mercado como entradas do modelo. Como *output* de desempenho, o referido estudo utilizou valores obtidos por meio do método multicritério MACBETH baseados na etapa da competição alcançada por cada equipe, de modo semelhante ao utilizado no presente artigo.

Em Cortez et al. (2010) é avaliada a eficiência dos 20 times de futebol que mais

investiram em jogadores na temporada 2008/2009, considerando os resultados obtidos dentro dos campeonatos nacionais e, em um segundo momento, na *UEFA Champions League*. A proposta do trabalho é semelhante ao do presente artigo, mas com importantes diferenças, como na definição dos outputs, já que Cortez et al. (2010) consideraram variáveis de cunho técnico como número de gols marcados, número de gols sofridos e pontos ganhos, enquanto este artigo propõe variáveis de cunho estrutural como o total de público na temporada (representando a exposição do clube na mídia) e uma medida de desempenho calculada por multicritério baseada na zona de classificação da tabela final. Além disso, o presente artigo utiliza a técnica de clusterização dinâmica para avaliar as DMUs de forma homogênea, comparando clubes e definindo *benchmarks* sob condições estruturais semelhantes.

Por fim, vale citar ainda o trabalho de Halkos e Tzeremes (2013), que utilizaram um modelo DEA com *bootstrap* duplo em duas fases para analisar como a performance dos 25 maiores clubes europeus é influenciada pelos seus respectivos valores e níveis de endividamento.

4. Modelagem e Resultados

4.1 Definição das Variáveis

O estudo propõe a utilização da modelagem DEA, realizada com o conjunto de três variáveis, sendo um *input* e dois *outputs* e orientação a *output*, assumindo como premissa que o objetivo dos clubes é crescer no cenário europeu de futebol, e não apenas economizar nas despesas, mantendo seu nível atual de força e competitividade.

O *input* utilizado é o valor gasto por cada um dos 57 clubes em contratações de jogadores na temporada 2012/2013, obtido da base de dados de Transfer Markt (2014). Três clubes espanhóis (Málaga, Rayo Vallecano e Real Valladolid) não gastaram com contratação de jogadores nessa temporada, pois contrataram apenas jogadores por empréstimo ou sem clube – *free transfers*. Sendo assim, foram desconsiderados da análise sem prejuízo ao restante do estudo.

O primeiro *output* é o público total nos jogos em casa na temporada 2012/2013 obtido por cada um dos 57 clubes analisados. Esta variável pretende representar o potencial midiático dos clubes. Isto é, dado os investimentos feitos pelo clube na temporada, quanto isso foi capaz de empolgar seus torcedores ao ponto de leva-los ao estádio? O alto volume de público é um dos principais objetivos dos clubes, já que representa, diretamente, receitas com bilheteria e apoio ao time nos jogos em casa, além de, indiretamente, exposição na mídia e potencial de receitas com patrocínio, cotas de TV, receitas com marketing, etc.

O segundo *output* é o resultado obtido na Primeira Divisão da Liga Nacional de cada clube. Esta variável pretende representar as conquistas do clube dentro de campo, que é o principal objetivo de qualquer equipe de futebol profissional. Diversos trabalhos utilizam diferentes variáveis para modelar os resultados dos clubes dentro de campo, como visto no tópico anterior. Boa parte deles utiliza o total de pontos ganhos pelos clubes no campeonato, já que este é o primeiro critério de classificação das equipes.

No entanto, o estudo optou pela utilização do método multicritério MACBETH (Bana e Costa e Vansnick, 1994) para atribuir julgamentos de valor a cada uma das zonas da tabela de classificação das ligas. Isto se deve ao fato de que os clubes buscam, na verdade, se qualificar para as zonas mais altas, independente de quantos pontos sejam necessários para isso. Um fato que ilustra bem essa afirmação e que é comum no futebol é o clube campeão por antecipação começar a perder pontos nas rodadas finais, já que seu objetivo foi alcançado e não é mais necessário tanto esforço para acumular mais pontos. Essa modelagem possui entendimento semelhante ao utilizado nos trabalhos de Brandão et al. (2013), Soares de Mello et al. (2008), Soares de Mello et al. (2009) e Soares de Mello et al. (2012)

O software M-MACBETH ajuda o decisor a comparar diferentes alternativas em termos de atratividade, fornecendo valores cardinais calculados com base em julgamentos qualitativos de comparação. Para isso, as tabelas de classificação foram divididas em 5 zonas a serem comparadas entre si: Campeão, Classificados para a UEFA Champions League, Classificados para a UEFA Europa League, Zona Intermediária de Classificação e Rebaixados para a Segunda Divisão.

Ambas as variáveis buscam refletir, em última instância, a capacidade do clube de gerar retorno sobre seu investimento, mas não com o valor das receitas obtidas na própria temporada e sim com fatores estruturais que levam o clube a um nível mais alto de competitividade e força e que resultam em um retorno economicamente sustentável no médio e longo prazo.

4.2 Modelagem dos Clusters Dinâmicos

O modelo DEA CCR proposto acima é aplicado para cada um dos 57 *clusters* dinâmicos avaliados. Dentro de cada *cluster*, será registrado apenas o valor da eficiência do elemento chave do grupo, ou seja, da DMU utilizada para a formação do respectivo *cluster*. Isso ocorre porque as demais DMUs terão, cada uma, seu próprio conjunto de análise de acordo com outras DMUs mais próximas.

A utilização dos clusters dinâmicos é importante neste estudo pois o conjunto de clubes analisados possui características não homogêneas, decorrentes de dois fatores principais: a análise conjunta de três ligas diferentes e as diferenças significativas de tamanho e poder de investimento dos clubes. Ou seja, existem clubes que podem estar submetidos ao mesmo nível de competitividade (mesma liga), mas possuem horizontes muito diferentes em termos de objetivos e poder aquisitivo. Além disso, é possível termos clubes com poder aquisitivo e objetivos semelhantes, mas estarem em ligas com diferentes níveis de competitividade.

A construção dos *clusters* dinâmicos depende de uma (ou mais) variável de agrupamento, que irá comparar a proximidade das condições ambientais que cada par de clubes estão submetidos. No caso deste estudo, duas variáveis são importantes para modelar tais condições ambientais, de modo que um conjunto de DMUs possa ser considerado homogêneo: o nível de investimento em contratações que cada equipe pôde utilizar na temporada e a competitividade do campeonato que cada equipe disputa. Isto é, equipes que disputam o mesmo campeonato (ou campeonatos com dificuldades equivalentes) e que gastaram valores semelhantes em contratações estão submetidas a condições ambientais e estruturais muito próximas.

A primeira variável de clusterização possui os mesmos valores do *input* do modelo DEA utilizado. Já a segunda variável, que mede a força das ligas, foi extraída a partir do *Country Coefficient Ranking* da UEFA (UEFA.com, 2014), que é o índice medido com base no desempenho dos clubes de cada país nas últimas cinco temporadas da UEFA Champions League e UEFA Europa League. O *ranking* é utilizado atualmente para determinar o número de vagas alocadas para cada país nas próximas competições de clube da UEFA. Sendo assim, pode ser considerado como um bom balizador do nível de competitividade das ligas locais.

Ambas as variáveis consideradas serão utilizadas de forma normalizada (entre 0 e 1). A primeira, valor gasto com transferências, foi normalizada pelo maior e pelo menor valor existente. Já a segunda, coeficiente da UEFA, foi normalizada pelo maior e pelo menor valor possível (100.000 e 0, respectivamente).

Dada a existência de duas variáveis para modelar as condições ambientais às quais os clubes estão submetidos, torna-se necessária a definição de uma métrica para calcular a distância entre cada par de clubes. Como é importante que nenhuma das duas variáveis seja muito distante entre dois clubes dentro de um mesmo *cluster*, ou seja, uma variável muito próxima não pode compensar outra variável que esteja distante, a métrica escolhida para este trabalho foi a Distância de Tchebycheff. A Distância de Tchebycheff assume como valor a maior dentre duas (ou mais) diferenças entre variáveis. Isto é, se comparamos o clube A com o clube B e consideramos as variáveis X e Y, a Distância de Tchebycheff é igual a $\max(|X_A - X_B|; |Y_A - Y_B|)$.

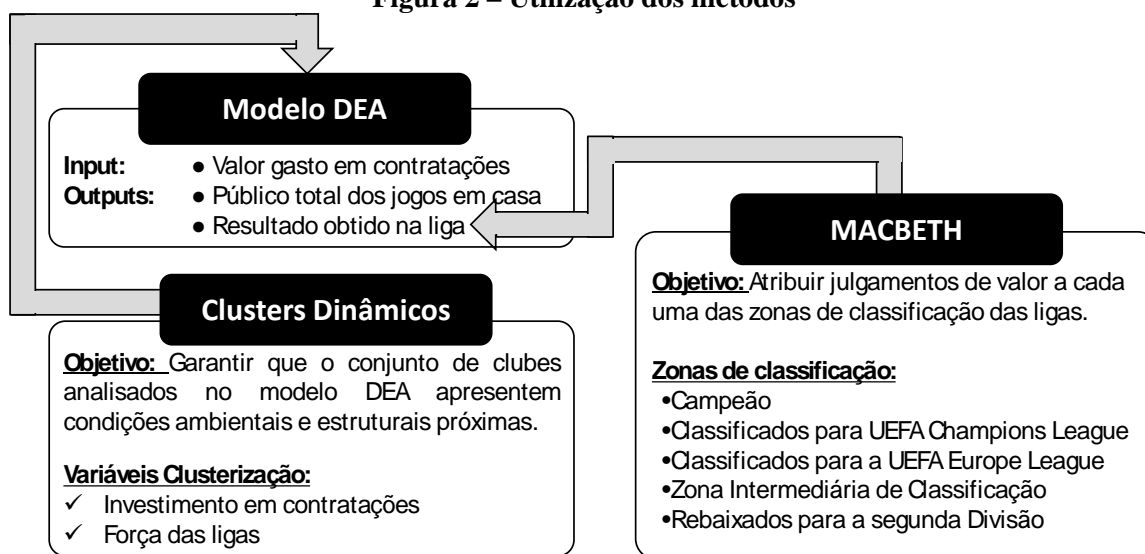
Dentre as diversas maneiras de determinar o tamanho dos clusters, a escolhida neste trabalho foi fixar o número mínimo de DMUs como sendo três vezes o número de variáveis do modelo DEA, obtendo o tamanho mínimo de nove DMUs por cluster. Com isso, a regra empírica de Banker et al. (1989) é atendida e *clusters* pequenos são evitados sem, no entanto, comprometer a proximidade entre DMUs do mesmo cluster. Em caso de empate na vaga da nona DMU, todas as DMUs empatadas serão consideradas na composição do cluster.

A temporada de referência de todos os dados foi a de 2012/2013, uma vez que são os dados mais recentes de uma temporada concluída até o momento da conclusão deste trabalho. O

software utilizado para aplicação do modelo DEA-CCR a cada um dos 57 clusters foi o SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão (Angulo-Meza et al., 2005).

Por fim, como são utilizados vários métodos desenvolveu-se o quadro a seguir para ilustrar a utilização dos mesmos em cada fase de resolução do problema.

Figura 2 – Utilização dos métodos



4.2 Resultados e Análises

A Tabela 2 apresenta o número de DMUs no cluster e a eficiência de cada equipe calculada dentro de seus respectivos clusters.

Tabela 2 – Eficiências DEA-CCR intra-cluster e quantidade de DMUs por cluster

Clube	Liga	DMUs no Cluster	Eff no Cluster
CA Osasuna	ESP	9	100,0%
Dep. de La Coruña	ESP	9	100,0%
FC Barcelona	ESP	9	100,0%
Real Sociedad	ESP	9	100,0%
Juventus FC	ITA	9	100,0%
SS Lazio	ITA	9	100,0%
SSC Napoli	ITA	9	100,0%
RCD Espanyol	ESP	9	98,3%
Real Madrid	ESP	9	94,2%
AC Milan	ITA	13	93,7%
Atl. de Madrid	ESP	9	92,8%
Man. United	ENG	9	92,1%
Sevilla FC	ESP	9	89,4%
Manchester City	ENG	12	84,4%
Levante UD	ESP	9	81,5%
Valencia CF	ESP	9	77,3%
Udinese Calcio	ITA	9	72,0%
Newcastle United	ENG	9	71,6%
Everton FC	ENG	9	69,8%
AS Roma	ITA	9	69,3%
West Ham United	ENG	9	65,0%
UC Sampdoria	ITA	9	64,7%
Atalanta BC	ITA	9	63,8%
Genoa CFC	ITA	9	58,8%
Liverpool FC	ENG	9	58,4%
Torino FC	ITA	9	52,3%
Arsenal FC	ENG	9	52,2%
Stoke City	ENG	9	50,2%
Sunderland AFC	ENG	9	48,8%
AC Fiorentina	ITA	9	47,5%
Chelsea FC	ENG	9	45,1%
Real Zaragoza	ESP	9	44,3%
Tottenham H.	ENG	9	43,4%
Athletic Club	ESP	9	40,6%
Granada CF	ESP	9	40,6%
Real Betis B.	ESP	9	38,4%
Southampton FC	ENG	9	34,2%
Parma FC	ITA	9	33,7%
D. Pescara 1936	ITA	9	31,4%
Celta de Vigo	ESP	9	28,5%
Fulham FC	ENG	12	25,5%
Norwich City	ENG	10	24,1%
Chievo Verona	ITA	9	23,1%
Getafe CF	ESP	9	22,4%
Reading FC	ENG	11	22,1%
Wigan Athletic	ENG	12	18,4%
Calcio Catania	ITA	9	17,0%
Q. Park Rangers	ENG	9	16,3%
W. Bromwich A.	ENG	17	14,8%
Bologna FC 1909	ITA	9	14,6%

Aston Villa	ENG	9	58,0%	RCD Mallorca	ESP	9	13,5%
Inter Milan	ITA	9	56,5%	Cagliari Calcio	ITA	9	12,5%
US Palermo	ITA	9	56,0%	AC Siena	ITA	9	4,5%
Swansea City	ENG	9	54,1%				

Observa-se de imediato que não há clubes ingleses eficientes em seus respectivos clusters. Os grandes clubes ingleses como Manchester United, Manchester City, Chelsea, Liverpool e Tottenham, que tendem a brigar no topo da tabela e enchem seus estádios, possuem em comum os mesmos clubes eficientes em seus clusters: Arsenal e Juventus. O Arsenal conseguiu uma classificação para a *Champions League* e obteve o quarto melhor público entre todos os clubes (segundo melhor entre os ingleses) investindo pelo menos 10 milhões de libras a menos que seus adversários. Já a Juventus conquistou o título italiano e manteve média de público compatível com seus rivais europeus, apesar de ter gasto mais de 60 milhões de libras (quinta maior valor entre todos os clubes).

No entanto, enquanto a Juventus conseguiu alcançar 100% de eficiência em seu próprio cluster, o Arsenal não conseguiu ser eficiente na sua faixa de investimento. Isto porque o Barcelona foi considerado no cluster da equipe londrina, apresentando 16 milhões de libras a menos de investimento, mais público (segundo maior valor entre todos os clubes) e sendo campeão da Liga Espanhola.

O Barcelona também foi motivo para o Real Madrid não ter alcançado a eficiência em seu cluster. Assim como aconteceu dentro de campo na Liga Espanhola, o Real Madrid apresentou excelentes números comparados aos demais clubes. No entanto, precisou gastar um pouco mais que o Barcelona (em torno de 440 mil libras a mais) para conseguir apenas a segunda colocação no campeonato e menos torcida no Santiago Bernabéu do que no Camp Nou.

Destaca-se ainda o bom desempenho das equipes espanholas, que investiram menos que a média das demais ligas (3,1 vezes menos que as equipes italianas e 4,5 menos que as equipes inglesas) e alcançaram o segundo melhor público na temporada (média de 5,3 mil torcedores por jogo a menos que a Liga Inglesa e 7,6 mil a mais que a Liga Italiana), além da liga possuir mais vagas em torneios europeus (5 contra 4 de Itália e Inglaterra). A Tabela 3 apresenta os valores médios de investimento e público por liga analisada.

Tabela 3 – Investimento e público médio por liga

Liga	Investimento médio (em milhões de libras)	Média de Público	Média de Eficiência dos clubes
Inglaterra	34,1	35.921	47,4%
Espanha	7,7	30.582	68,3%
Itália	23,7	22.992	53,6%

Além de Juventus e Barcelona, já citados anteriormente, outros 5 clubes foram considerados eficientes dentro de seus respectivos clusters. Osasuna e Lazio podem ser considerados *benchmarks* para clubes de baixo investimento, já que ambos não foram rebaixados mesmo com baixíssimo investimento (Osasuna foi o clube que menos investiu e o Lazio o quinto). Dentro de seu cluster, o Osasuna só teve desempenho na liga pior que o Real Sociedad e, apesar de não estar entre os clubes com mais público, não fica tão abaixo dos seus rivais diretos. Já o Lazio dentro de seu cluster conseguiu o maior público e o menor investimento em contratações, além de não haver nenhum outro clube com desempenho superior na sua respectiva liga.

Também considerado eficiente, o Real Sociedad conseguiu classificação para a *Champions League* gastando pouco mais de 3 milhões de libras (foi o menor investimento realizado dentre todos os clubes classificados para competições europeias). Além disso, dentro do cluster manteve média de público compatível com seus rivais. No entanto, ainda haveria margem para crescimento de público, já que a ocupação média do estádio foi de 74,6% e não obteve nenhum "sold out" (partida da liga com ingressos esgotados). Pode ser considerado um excelente *benchmark* para clubes de menor investimento no que diz respeito a resultado dentro de campo.

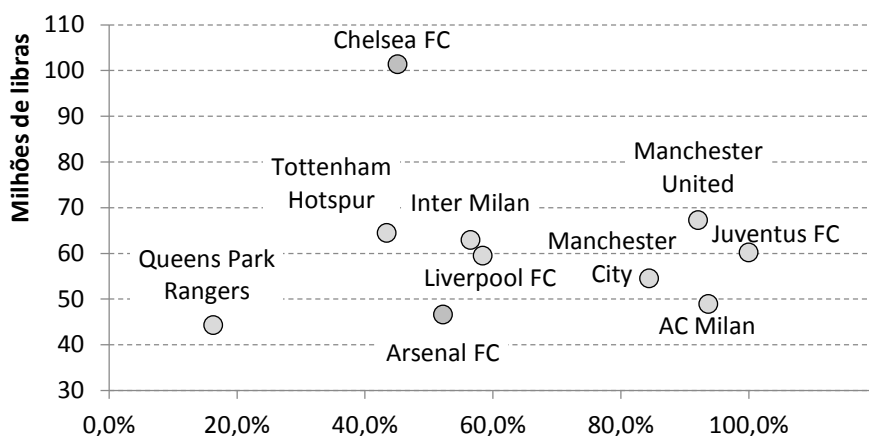
Já o Napoli (também eficiente), apesar de ser o segundo clube que mais gastou dentro de seu cluster, foi o único a conseguir vaga na *Champions League* e obteve maior público (mais

de 260 mil pessoas a mais que o segundo maior público). Foi o terceiro clube que menos gastou entre todos os classificados para a *Champions League* e pode ser considerado um ótimo *benchmark* para os clubes de médio porte e emergentes. Adicionalmente, no entanto, possui baixa ocupação média de seu estádio, com taxa 65,8% na temporada.

Por fim, o Deportivo de La Coruña também foi considerado eficiente apesar de ter sido rebaixado. Isso se deve ao fato de, dentro de seu cluster, ter tido a terceira melhor média de público e ser o quarto que menos investiu. Conseguiu aliar bons resultados em duas variáveis simultaneamente e atribuiu peso zero ao *output* de performance. Apesar de ser considerado eficiente, deve ser evitado como *benchmark* devido ao seu fraco desempenho.

Dos 10 clubes que mais investiram, 7 conseguiram classificação para competições europeias. A eficiência destes clubes dado o nível de investimento é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Investimento e eficiência de clubes selecionados



Da amostra de clubes que mais investiram, apenas o Milan obteve menos de 94% de ocupação média do estádio (em média a equipe ocupou 54,4% dos 81277 lugares, sem obter nenhum “*sold out*” na temporada). Este dado mostra que, dado o desempenho na liga alcançado, o clube deveria procurar levar mais público ao seu estádio, utilizando melhor sua capacidade.

A Juventus possui um estádio considerado de médio porte para os padrões dos grandes clubes europeus (41.000 lugares) e obteve taxa de ocupação de 94,4% com 10 “*sold out*” nos 19 jogos da temporada. O *Juventus Stadium* foi inaugurado em 2011 no lugar do antigo *Stadio Delle Alpi*, que tinha capacidade para 69041 lugares. A eficiência de 100% observada, juntamente com o título italiano e a taxa de ocupação do estádio bem ajustada à média de público da equipe mostram que a Juventus possui um excelente sistema de gestão, contratando jogadores consistentes e regulares para compor o elenco, além de tomarem uma decisão acertada ao construir um novo estádio com capacidade mais ajustada à média de público e com um amplo complexo comercial que inclui *shopping*, estacionamento, museu do clube, hotel, restaurantes, cinemas 3D e parque de diversão para crianças. Na temporada 2013/2014 a equipe lidera novamente o Campeonato Italiano com folga. Além disso, contratou na atual temporada o argentino Carlos Tévez por 7,9 milhões de libras e o espanhol Fernando Llorente sem custos para compor o ataque titular da equipe. Juntos, os atacantes possuem 29 gols na temporada.

Dos 7 clubes que mais investiram em contratações e conquistaram vagas em competições europeias, 5 são ingleses e todos possuem mais de 98% de ocupação média. Destes, Manchester United e Arsenal possuem estádios grandes (75.811 e 60.355 lugares, respectivamente), sendo o do Arsenal recém reformado. Tottenham, Chelsea e Manchester City possuem estádios de médio porte (36.240, 41.837 e 47.805 lugares, respectivamente) e altas taxas de ocupação, indicando um possível gargalo para o crescimento dos clubes. O Tottenham possui projetos para construção de um novo estádio mais moderno e com maior capacidade para comportar sua torcida, que possui a terceira maior média de público de todos os tempos do futebol inglês. Já o Manchester City possui estádio recém inaugurado e pode, se continuar crescendo no cenário europeu, ter em seu novo estádio um gargalo para suas ambições.

Por fim, o Queens Park Rangers investiu mais de 44 milhões de libras e teve resultados desastrosos, terminando a temporada em último lugar e sendo rebaixado, além de obter o pior público da Liga Inglesa. As caras contratações de jogadores como Christopher Samba, Esteban Granero e Stéphanie Mbia se mostraram ineficazes, com os jogadores atuando bem abaixo do esperado.

5. Conclusões

A Análise Envoltória de Dados mais um vez mostrou-se uma boa ferramenta para análise de eficiência aplicada a esportes. Além disso, a aplicação do modelo aliada à utilização de clusters dinâmicos permitiu a análise dentro de grupos mais homogêneos.

O modelo de *clusters* dinâmicos com duas variáveis de agrupamento e métrica definida pela Distância de Tchebycheff também mostrou-se válida, permitindo o fortalecimento da modelagem do ambiente no qual os clubes estão submetidos.

Com relação aos resultados obtidos, percebe-se um desempenho melhor dos clubes espanhóis, que fizeram investimentos menores para alcançar seus resultados, mantendo o público em bom nível. O futebol inglês aparece como a liga de maiores investimentos e público, mas muitas vezes gastando mais do que seria recomendável para uma operação eficiente. Já a Liga Italiana apresenta clubes como Juventus, Lazio, Napoli e Milan com boa eficiência em suas operações, mas também conta com clubes com pouca capacidade de atrair público aos estádios e que precisam gastar muito para contar com jogadores que não são os mais bem classificados do mercado.

Como sugestão para trabalhos futuros, a comparação do modelo CCR de clusters dinâmicos com os resultados do modelo BCC é válida, além de análises do desempenho dos clubes no cenário europeu e em diferentes temporadas.

6. Referências

- Angulo Meza, L., Biondi Neto, L., Soares de Mello, J. C. C. B. e Gomes, E. G.** (2005), ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD Sistema Integrado de Apoio à Decisão): A software package for Data Envelopment Analysis model, *Pesquisa Operacional*, 25(3), 493-503.
- Appa, G., Bana e Costa, C. A., Chagas, M. P., Ferreira, F. C. e Soares, J. O.** (2010). DEA in x-factor evaluation for the brazilian electricity distribution industry. *In Working Paper LSEOR 12-121: London School of Economics*, U.K., 44.
- Bana e Costa, C. A., Angulo-Meza, L. e Oliveira, M. D.** (2013), O método MACBETH e aplicação no Brasil, *Engevista*, 15(1), 3-27.
- Bana e Costa, C. A., Corte, J. M. e Vansnick, J. C.** (2012), MACBETH, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11(2), 359-387.
- Bana e Costa, C. A., Ferreira, F. C., Chagas, M. P. e Appa, G.** (2002). Metodologia de análise de desempenho operacional de concessionárias de distribuição de energia elétrica - relatório final. Rio de Janeiro: Fundação Padre Manuel França, PUC.
- Bana e Costa, C. A. e Vansnick, J. C.** (1994), MACBETH: an interactive path towards the construction of cardinal value functions, *International Transactions in Operational Research*, 1(4), 489-500.
- Banker, R. D., Charnes, A. e Cooper, W. W.** (1984), Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Swarts, J. e Thomas, D.** (1989), An introduction to Data Envelopment Analysis with some models and their uses, *Research in Governmental and Non-Profit Accounting*, 5, 125-163.
- Brandão, L. C., Andrade, F. V. S., Soares de Mello, J. C. C. B.** (2013), 2012 UEFA Euro efficiency evaluation based on market expectations, *Proceeding of 4th International Conference on Mathematics in Sport*, 32-37.
- Charnes, A., Cooper, W. W. e Rhodes, E.** (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Cortez, L. C. S., Bottino, D. B., Paschoalino, F. F. e Soares de Mello, J. C. C. B.** (2010), Estudo da eficiência dos times de futebol que mais investiram em jogadores para temporada

2008-2009, *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, n. 10(2), Universidade Federal Fluminense, (www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume102010/RelPesq_V10_2010_02.pdf) 2010.

Farrel, M. L. (1957), The measurement of productive efficiency, *Journal of Royal Statistical Society Serie A*, 120(3), 253-281.

García-Sánchez, I. M. (2007), Efficiency and effectiveness of Spanish football teams: a three-stage-DEA approach, *Central European Journal of Operations Research*, 15(1), 21-45.

Gomes Junior, S. F., Soares de Mello, J. C. C. B. e Angulo Meza, L. (2013), DEA nonradial efficiency based on vector properties, *International Transactions in Operational Research*, 20(3), 341-364.

Gomes, E. G., Soares de Mello, J. C. C. B. e Freitas, A. C. R. (2012), Efficiency measures for a non-homogeneous group of family farmers, *Pesquisa Operacional*, 32(3), 561-574.

Haas, D. J. (2003), Productive Efficiency of English Football Teams – A Data Envelopment Analysis Approach, *Managerial and Decision Economics*, 24(5), 403-410.

Halkos, G. E. e Tzeremes, N. G. (2013), A two-stage double bootstrap DEA: the case of the top 25 European football clubs' efficiency levels, *Managerial and Decision Economics*, 34(2), 108-115.

KEA, CDES. (2013). “Study on the economic and legal aspects of transfers of players.” Acesso: mar. 2014, Disponível: < <http://ec.europa.eu/sport/library/documents/cons-study-transfers-final-rpt.pdf> >

Papahristodoulou, C. (2013), Evaluating the performance of UEFA Champions League scorers, *26th European Conference on Operational Research (Euro 2013)*.

Po, R. W., Guh, Y. Y. e Yang, M. S. (2009), A new clustering approach using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 199 (1), 276-284.

Santos, C. A. F., Angulo Meza, L. e Soares de Mello, J. C. C. B. (2011), DEA para avaliação da eficiência dentro de campo das equipes participantes do Campeonato Brasileiro de 2011, *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, n. 11(12), Universidade Federal Fluminense, (www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume112011/RelPesq_V11_2011_12.pdf) 2011.

Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo Meza, L. e Branco da Silva, B. P. (2009), A ranking for the Olympic Games with unitary input DEA models, *IMA Journal of Management Mathematics*, 20(2), 201-211.

Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo Meza, L. e Lacerda, F. G. (2012), A DEA model with a non discretionary variable for Olympic evaluation, *Pesquisa Operacional*, 32(1), 21-29.

Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo Meza, L., Gomes, E. G. e Biondi Neto, L. (2005), Curso de análise de envoltória de dados, *XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO 2005)*.

Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo Meza, L., Silveira, J. Q. e Gomes, E. G. (2013), About negative efficiencies in cross evaluation bcc input oriented models, *European Journal of Operational Research*, 229(3), 732-737.

Soares de Mello, J. C. C. B., Gomes, E. G., Angulo Meza, L. e Biondi Neto, L. (2008), Cross evaluation using weight restrictions in unitary input DEA models: Theoretical aspects and application to Olympic Games ranking, *WSEAS Transactions on Systems*, 7(1), 31-39.

Tiedemann, T., Francksen, T. e Latacz-Lohmann, U. (2011), Assessing the performance of German Bundesliga football players: a non-parametric metafrontier approach, *Central European Journal of Operations Research*, 19(4), 571-587.

Transfer Markt. (2014). “The Football Portal for the Premier League and Transfer Rumour Forum.” Acesso: jan. 2014, Disponível: <www.transfermarkt.co.uk>.

UEFA.com. (2014). “Member associations – UEFA rankings – Country coefficients.” Acesso: jan. 2014, Disponível: <www.uefa.com/memberassociations/uefarankings/country/index.html>.