MODELO DEA APLICADO AOS RESULTADOS DAS OLIMPÍADAS DE ATENAS 2004

Brenda Pereira Branco da Silva
Graduação de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, CEP: 24210-240, Niterói, RJ
brendabranco@yahoo.com

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
jcsmello@producao.uff.br

Resumo

Apesar dos Jogos Olímpicos modernos existirem há mais de 100 anos, ainda não há um método oficial de classificação dos países participantes. O método usado atualmente e aceito universalmente é o chamado lexicográfico. As duas maiores desvantagens deste método são sua supervalorização em relação à medalha de ouro e o fato de não considerar os diferentes esportes contemplados nas Olimpíadas. Este trabalho propõe um modelo de classificação que utiliza dois métodos para eliminar essas desvantagens: o método multicritério DEA (*Data Envelopment Analisys*) e uma soma ponderada usando a popularidade de cada esporte no mundo para determinar seus diferentes pesos. Neste artigo, o modelo proposto é aplicado aos resultados dos jogos olímpicos de Atenas, ocorridos em 2004, e são apresentados seus resultados e conclusões.

Palavras-chave: DEA, olimpíadas Atenas, esportes

Abstract

Although the modern Olympic Games exist for more than 100 years, there still isn’t an official ranking method for the participant countries. The often used method, wich is universally accepted, is called lexicographic.Its two main disadvantages are the fact that it overvalues the gold medal and disconsiders the different sports existent in the Olympics. This paper proposes a classification model that uses two methods to eliminate these disadvantages: the multicriteria method called DEA (Data Envelopment Analisys) and a weighed sum using each sport’s popularity around the globe in order to determinate its various weights. In this work, the proposed model is applied to the Olympic Games in Athens 2004 and its results and conclusions are presented.

Key-words: DEA, Athens Olympic Games, sports

1. INTRODUÇÃO

Em cerca de 2500 a.C., os gregos realizavam festivais esportivos em honra a Zeus no santuário de Olímpia - o que originou o termo olimpíada. O evento era tão importante que interrompia até as guerras. Os nomes dos vencedores das competições começam a ser registrados a partir de 776 a.C. Participavam apenas os cidadãos livres, disputando provas de atletismo, luta, boxe, corrida de cavalo e pentatlon. Os vencedores recebiam uma coroa de louros. Mais tarde, os atletas se profissionalizam e passam a receber prêmios em dinheiro.

As olimpíadas foram projetadas com o objetivo de promover a amizade entre os povos através de competições individuais. No entanto, as inúmeras prerrogativas cedidas aos vencedores pelas suas cidades-natais demonstravam claramente que a cidade sentia como se tivesse vencido também.

A versão moderna dos festivais esportivos gregos é realizada, pela primeira vez, em 1896, em Atenas, por iniciativa do francês Pierre de Fredy (1863-1937), o barão de Coubertin. Participam 285 atletas de 13 países, disputando provas de atletismo, ciclismo, esgrima, ginástica, halterofilismo, luta livre, natação e tênis. Os vencedores são premiados com medalha de ouro e ramo de oliveira. Adota-se o termo "olimpíadas", no plural, pois na competição cada modalidade é encarada como uma olimpíada em separado.

Essa nova versão tentou manter a intenção inicial da competição individual. Porém, esse intuito certamente falhou e as Olimpíadas serviram de palco para diversas manifestações políticas. Desde os primeiros jogos olímpicos modernos, tornou-se usual tocar o hino nacional do país ganhador.

Durante a Guerra Fria, o caráter nacionalista da competição se tornou ainda mais evidente, tornando-se uma verdadeira batalha entre o Ocidente e o Oriente. Mesmo antes disso, o Terceiro Reich tentou demonstrar sua supremacia de raça ariana através dos jogos de 1936. Nestes mesmos jogos, o chanceler alemão Adolf Hitler recusa-se a reconhecer as vitórias do atleta norte-americano negro Jesse Owens, ganhador de quatro medalhas de ouro.

Apesar disso, os resultados obtidos pelos alemães foram bastante aquém daqueles que Hitler almejava.

Até o fim da Guerra Fria ocorrem vários boicotes às Olimpíadas por motivos políticos. Os EUA, por exemplo, não participam dos Jogos de Moscou, em 1980, em protesto contra a invasão do Afeganistão. Os soviéticos, por sua vez, recusam-se a disputar as Olimpíadas de Los Angeles, em 1984, alegando problemas de segurança. Apenas em Barcelona (1992) a competição volta a contar com a maioria dos países.

As Olimpíadas de Atenas em 2004 tiveram um caráter especial por terem sido sediadas na cidade onde tudo começou, em 1896. Atenas abrigou mais de 11,000 atletas, o maior número até o momento, e o maior número de atletas mulheres da história. Representantes de 202 países competiram nos 37 esportes selecionados. Mais do que em qualquer outro evento esportivo. Quatro bilhões de espectadores ao redor do mundo assistiram aos jogos.

A partir daí, tem-se uma idéia da importância dos Jogos Olímpicos para o mundo. Decorre disso também a importância de se buscar um método menos injusto para se classificar os países participantes.

Tradicionalmente, é publicada uma tabela contendo os países ordenados através do número de medalhas de ouro, prata e bronze que seus atletas ganharam. Este tipo de classificação é típica do método multicritério denominado lexicográfico (Pomerol e Barba-Romero, 2000) que, em função de sua ampla utilização e aceitação, tornou-se o método extra-oficial utilizado.

Este método possui uma grande desvantagem: sua valorização exacerbada em relação à medalha de ouro. Nesse método, compara-se, primeiramente, o número de medalhas de ouro que cada país obteve. Em caso de empate, analisa-se o número de medalhas de prata. Caso ocorra um novo empate, o desempate ocorre comparando-se o número de medalhas de bronze de cada país.

Usando um exemplo extremo para demonstrar o ponto negativo deste método, considera-se um país que tenha obtido 100 medalhas de bronze, zero de prata e zero de ouro. Esse país, no caso das Olimpíadas de Atenas 2004, usando o método lexicográfico, ficaria em 69º lugar.

Este método assume que o decisor tem a habilidade de ordenar cada critério de acordo com sua importância observada. Assim, o ranking depende do critério considerado como mais importante, independente dos outros critérios. Em caso de empate, o ranking segue o segundo critério mais importante e assim por diante. No caso das olimpíadas, o critério mais importante é o número de medalhas de ouro. O segundo mais importante refere-se ao número de medalhas de prata e o terceiro representa as medalhas de bronze.

Uma outra desvantagem desse método é que ele desconsidera as diferenças existentes entre os diversos esportes contemplados nos jogos olímpicos para elaborar sua classificação final.

Neste artigo, é proposto um modelo de classificação que combina um método DEA com restrições aos pesos a uma soma ponderada.

Primeiramente, através dos quadros de medalhas de cada esporte, obtém-se uma eficiência para cada país naquele determinado esporte. Em seguida, através do critério de popularidade de cada esporte ao redor do mundo, são estabelecidos índices para cada um desses esportes. Através de uma soma ponderada, multiplica-se o índice pela eficiência e, encontra-se o resultado final, que demonstra a colocação de cada país nas Olimpíadas.

Outros trabalhos já abordaram esse tema anteriormente. Soares de Mello et al. (2004) propõem um método que contempla os jogos de inverno de Salt Lake City, englobados nas Olimpíadas de Sydney, em 2000, utilizando DEA com restrição aos pesos e avaliação cruzada. Branco da Silva e Ribeiro (2005) comparam o uso do método lexicográfico com o método ingênuo e o método DEA aplicados aos resultados dos jogos olímpicos de Atenas 2004. O método ingênuo consiste em atribuir peso 3 para medalhas de ouro, 2 para de prata e 3 para de bronze, e é, na verdade, um método de Borda invertido, com truncamento na terceira posição.

Lins et al. (2003) fazem uso de uma variação do método DEA chamado *ganhos de soma zero* para analisar os resultados das olimpíadas de Sidney em 2000. Para encontrar a eficiência que representa a habilidade do país em ganhar medalhas em relação aos seus recursos disponíveis, o trabalho citado usa a população de cada país, seu PIB e o número de medalhas obtido.

2. DATA ENVELOPMENT ANALISYS (DEA)

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A análise envoltória de dados (Data Envelopment Analysis – DEA) é um método não paramétrico utilizado para medir o desempenho de um conjunto de unidades organizacionais, empresas ou mais genericamente, unidades tomadoras de decisão, denominadas DMU – Decision Making Units (Charnes et al., 1996; Dyson, 1997).

As unidades tomadoras de decisão caracterizam-se por desempenhar tarefas semelhantes, diferindo apenas na quantidade de insumos (inputs) e produtos (outputs) gerados.

Essa análise é comparativa entre as DMUs estudadas, o que significa que a eficiência de qualquer DMU poderá ser alterada, se do conjunto inicial for retirada ou incluída qualquer unidade.

A técnica de construção de fronteiras de produção e indicadores de eficiência produtiva relativa teve origem no trabalho de Farrel (1957) e foi generalizada por Charnes et al. (1978), no sentido de trabalhar com múltiplos insumos e múltiplos produtos.

A eficiência de cada DMU é determinada através da razão ponderada entre o conjunto de produtos gerados e o conjunto de insumos utilizados por cada uma. Os pesos são definidos através da solução do modelo DEA desenvolvido por Charnes et al. (1978) ou Banker et al. (1984), dependendo se a produção é caracterizada por retornos constantes de escala ou por retornos variáveis de escala, respectivamente. Em ambos os modelos, nenhuma restrição aos pesos é considerada, exceto ser estritamente positivo.

Essa completa liberdade para determinação dos pesos, em alguns casos, leva a estimativas inapropriadas de eficiência (Thanassoulis e Allen, 1998). Podem ser atribuídos pesos tão baixos para alguns inputs ou outputs, que seria o mesmo que ignorá-los. Alternativamente, podem ser atribuídos pesos muito altos para inputs ou outputs, favorecendo de forma enviesada algumas DMUs.

Algumas considerações referentes ao problema da flexibilidade na atribuição dos pesos são mencionadas em Angulo-Meza (2000):

- A flexibilidade nos pesos permite que as DMUs possam ter objetivos individuais e circunstâncias particulares, o que não condiz com o fato delas serem homogêneas na produção de mesmos outputs, utilizando mesmos inputs, variando apenas na quantidade de ambos;
- Em algumas situações, dispõe-se de informações significativas com respeito à importância dos insumos e dos produtos e sobre a relação entre as variáveis;
- Os especialistas, com freqüência, tem percepção a priori sobre DMUs eficientes e ineficientes.

Diversas soluções vêm sendo desenvolvidas para minimizar os problemas de inconsistências, conseguindo de alguma forma, incorporar julgamentos de valor dos especialistas ao Modelo DEA, são elas: imposição de restrições diretas aos pesos; definições de regiões de segurança; restrições aos inputs e outputs virtuais e simulação de restrições por DMUs Artificiais.

Em algumas situações onde há valores de outputs indesejáveis, faz-se necessária uma intervenção, uma vez que uma DMU com output indesejável não pode ser considerada eficiente, situação esta que pode ocorrer devido à flexibilidade na determinação dos pesos inerente à modelagem DEA. No entanto, incluir apenas uma restrição para que essa DMU não seja eficiente não é suficientemente forte para gerar uma ordenação adequada entre as DMUs. É preciso considerar algo mais restritivo, por exemplo: nenhuma DMU com output indesejável pode ter eficiência superior a qualquer outra DMU com output aceitável. Gonçalves (2003) apresenta o procedimento para incorporar a estrutura de preferências do decisor no que diz respeito a outputs indesejáveis.

2.2. METODOLOGIA DEA

A implementação da metodologia DEA estabelece três fases principais (Golany e Roll, 1989):

Definição e seleção das DMUs a serem analisadas;

- Seleção das variáveis (inputs e outputs) relevantes e apropriadas para estabelecer a eficiência das DMUs selecionadas e
- Aplicação dos modelos DEA.

2.3. MODELOS DEA CLÁSSICOS

2.3.1. Modelo CCR

O modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978), desenvolvido inicialmente com orientação a input, trabalha com retornos constantes de escala, isto é, qualquer variação nos insumos (inputs) resulta em uma variação proporcional nos produtos (outputs). As equações do modelo dos multiplicadores, com orientação a input, transformado em programação linear (PPL), é apresentado abaixo em (1).

$$Max\ \ Eff_0 = \sum_{j=1}^{s} u_j y_{j0}$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^{r} v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{s} u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^{r} v_i x_{ik} \le 0, \quad k = 1,\dots,n$$

$$u_j \text{ e } v_i \ge 0 \quad \forall\, j,i \tag{1}$$

onde: u_j, v_i - pesos de *outputs* (y) e *inputs* (x) respectivamente

2.3.2. Modelo BCC

O modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), pressupõe que as unidades avaliadas apresentem retornos variáveis de escala. Nesse modelo, o axioma da proporcionalidade entre os *inputs* e os *outputs* é substituído pelo axioma da convexidade. O modelo dos multiplicadores, com orientação a *input*, é apresentado abaixo em (2).

$$
\begin{aligned}
& Max\ Eff_0 = \sum_j u_j y_{j0} - u_* \\
& \textit{sujeito a} \\
& \sum_i v_i x_{i0} = 1, \\
& -\sum_i v_i x_{ik} + \sum_j u_j y_{jk} - u_* \le 0,\ \forall k \\
& u_j \ge 0,\ v_i \ge 0,\ \forall j, i \\
& u_* \in \Re
\end{aligned}
\tag{2}
$$

A figura 1 mostra a fronteira DEA BCC para um modelo bidimensional (1 *input* e 1 *output*). As DMUs A, B e C são eficientes, apenas a DMU D é ineficiente.

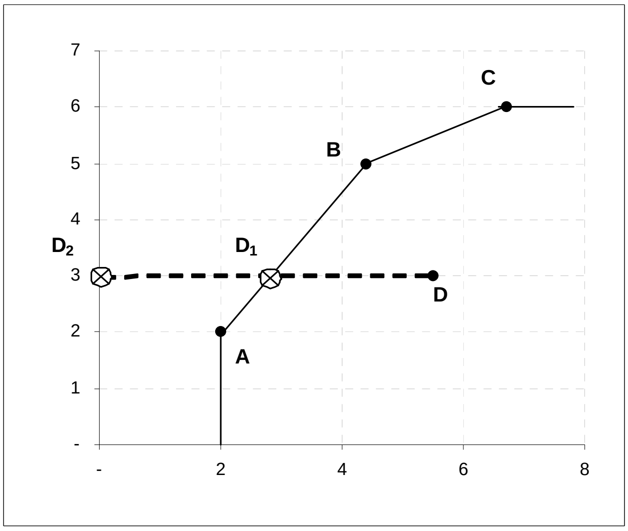

Figura 1 – Representação da fronteira BCC

A eficiência da DMU D é dada por $\dfrac{\overline{D_2 D_1}}{\overline{D_2 D}}$. Cabe ressaltar que o índice de eficiência não se altera se a todos os *outputs* for adicionado um mesmo valor positivo, isto é, for feita uma translação no eixo Y. Isto pode ser verificado na figura 2 que apresenta as mesmas DMUs da figura 1 acrescidas de uma unidade em seus *outputs*. Observe que $\overline{D_2 D_1}$ e $\overline{D_2 D}$ não se alteram sendo assim, não há alteração no índice de eficiência.

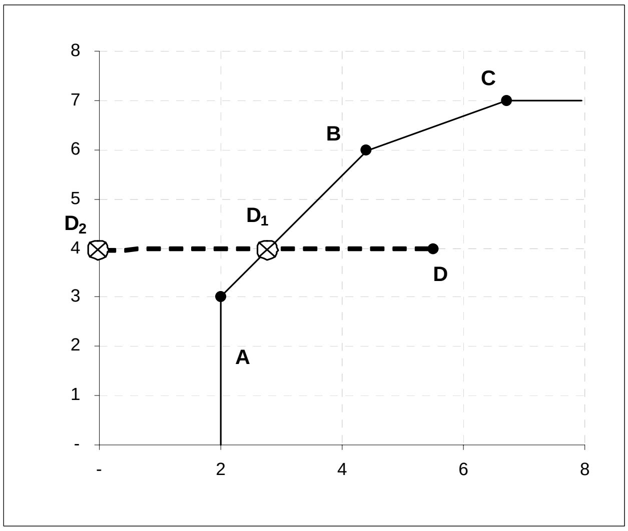

Figura 2 – Fronteira BCC após translação de eixos

2.3.3. Restrições aos Pesos

A incorporação de julgamento de valor através de restrições aos pesos pode ser dividida em três grupos de métodos (Lins, Angulo-Meza, 2000): restrições diretas nos pesos; regiões de segurança e restrição nos inputs e outputs virtuais.

O enfoque de restrições diretas nos pesos, desenvolvido por Dyson e Thanassoulis (1988) e generalizado por Roll, Cook e Golany (1991), propõe o estabelecimento de limites numéricos aos multiplicadores, com o objetivo de não superestimar ou ignorar *inputs* ou *outputs* na análise. Esse tipo de restrição pode levar à inviabilidade do PPL, uma vez que, estabelecer um limite superior ao peso de um *input*, implica em um limite inferior no *input* virtual total do resto das variáveis, e por sua vez isso tem implicações para os valores que podem tomar os inputs restantes.

O método de Regiões de Segurança (*Assurance Region* – AR), desenvolvido por Thompson et al. (1990), limita a variação dos pesos a uma determinada região. As restrições da abordagem por AR são de dois tipos: Tipo I (ou método *Cone Ratio*) e Tipo II.

Para o Tipo I, é incorporada à análise a ordenação relativa ou valores relativos de *inputs* e *outputs*, as equações que representam as restrições estão apresentadas em (3) e (4).

$$k_i v_i + k_{i+1} v_{i+1} \leq v_{i+2} \qquad (3)$$

$$\alpha_i \leq \frac{v_i}{v_{i+1}} \leq \beta_i \qquad (4)$$

A região de segurança Tipo II, apresentada por Thompson et al. (1990) compreende restrições que relacionam os pesos de *inputs* e *outputs*, conforme (5).

$$\gamma_i v_i \geq u_j \qquad (5)$$

Outra forma de restringir a liberdade dos pesos é baseada no fato de que a contribuição de um *input* à DMU é $v_i x_i$. Assim, um critério de seleção pode ser o de incluir apenas os *inputs* e *outputs* que contribuem de "maneira significativa" aos custos totais e benefícios relevantes a uma DMU. Ao invés de restringir os valores dos pesos, são definidas restrições à proporção do output virtual total da DMU*j*, utilizado pelo output r, ou seja, a “importância relacionada “ ao output r pela DMU*j*, ao intervalo $[\phi_r, \varphi_r]$, com ϕ_r e φ_r sendo determinados pelo especialista (Wong e Beasley, 1990). A restrição no output r é apresentada em (6).

$$\phi_r \leq \frac{u_r y_{rj}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}} \leq \varphi_r, \qquad (6)$$

onde $\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}$ representa o output virtual total da DMU*j*.

3. MODELO PROPOSTO

Conforme citado no item 1, o modelo proposto neste trabalho faz uso de dois métodos: o método DEA e uma soma ponderada.

O objetivo do método DEA proposto é classificar os países de acordo com seu desempenho em cada esporte nas olimpíadas de Atenas 2004. Neste caso, tem-se um modelo DEA para cada esporte (37 esportes). As DMU’s são definidas como sendo os países que ganharam pelo menos uma medalha em cada esporte. Ao fazer-se um cálculo separado para cada esporte, é feita uma reavaliação da importância das medalhas. De fato, uma medalha conquistada num esporte que distribua poucos prêmios (por exemplo, futebol), passa a ser mais valiosa que uma num esporte com ampla premiação (como, por exemplo, a ginástica olímpica).

Como tem-se três tipos de medalhas (ouro, prata e bronze), tem-se 3 outputs para cada DMU, que correspondem exatamente ao número de medalhas obtido por um país em cada esporte.

Nenhum input é considerado já que o objetivo é ordenar os países somente pelos seus resultados. No entanto, isso leva a inconsistências matemáticas (Lovell e Pastor, 1999). Visando evitar tais inconsistências e mantendo a idéia de considerar somente os resultados, considerou-se que a existência de cada DMU era seu próprio input. Em outras palavras, assumiu-se uma unidade constante como sendo o input para todas as DMUs em um contexto similar ao usado por Soares de Mello et al. (2000). Uma proposta alternativa considerando os recursos disponíveis de cada país para ganhar medalhas é apresentado por Lins et al (2003), bem como por Millioni e Avellar (2004).

Devido à existência de um único input constante, usa-se o modelo DEA de retornos constantes de escala (DEA CCR) (Charnes et al., 1978). Entretanto, é importante notar que a escolha entre os modelos BCC e CCR é, neste caso, indiferente, já que Lovell e Pastor (1999) provaram que, para modelos, com input constante, os modelos BCC e CCR são equivalentes.

Sabe-se que, obviamente, as medalhas conquistadas não possuem o mesmo nível de importância. Este fator força a incorporação de restrições aos pesos no modelo DEA proposto.

Com o intuito de modelar tais restrições, pode-se usar o fato de que a medalha de ouro é, certamente, mais importante do que a de prata e que esta é mais importante do que a de bronze.

No entanto, a diferença de importância entre esses tipos de medalhas não é equivalente.

Em oposição aos ideais do Barão de Coubertin, a vitória é o principal objetivo dos competidores. Portanto, a diferença entre as medalhas de ouro e de prata é maior do que aquela existente entre as medalhas de prata e de bronze.

O modelo DEA com essas considerações e simplificações em função do input constante unitário é expresso em (7).

$$\text{Max } Eff_0 = \sum_{j=1}^{3} x_j \, y_{jo}$$

sujeito a

$$\sum_{j=1}^{3} x_j \, y_{jk} <= 1, \text{ onde } k = 1, \ldots, n \text{ e } n = \text{número de países que ganharam medalhas em cada esporte}$$

$$x1 >= x2$$
$$x2 >= x3$$
$$x1 - 2x2 + x3 >= 0$$
$$x_j >= 0 \,,\ \forall\, j \tag{7}$$

Repare-se que este é um modelo orientado a inputs e que, devido ao fato do input ser unitário, o modelo orientado a outputs poderia ser considerado mais adequado. No entanto, como o modelo é CCR, as duas orientações dão o mesmo resultado, e o modelo dos multiplicadores orientado a inputs tem uma interpretação mais intuitiva.

Como são 37 esportes, aplica-se um modelo como o apresentado acima para cada esporte.

No modelo, apresentado em (7), *Effo* corresponde à eficiência de cada país naquele determinado esporte, x1 representa o peso para medalhas de ouro, x2 para medalhas de prata e x3 para medalhas de bronze.

Um exemplo de quadro de medalhas utilizado encontra-se abaixo, na figura 3:

Archery		Men				Women				Total				
Rank	NOC	Gold	Silver	Bronze	Total	Gold	Silver	Bronze	Total	Gold	Silver	Bronze	Total	Rank by Total
1	KOR	1	0	0	1	2	1	0	3	3	1	0	4	1
2	ITA	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3
3	TPE	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	2	2
4	CHN	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	3
4	JPN	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3
6	AUS	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3
6	GBR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	3
6	UKR	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3
Total		2	2	2	6	2	2	2	6	4	4	4	12	

FIGURA 3 – QUADRO DE MEDALHAS DO ESPORTE *ARCHERY*

Para efetuar os cálculos, considerou-se apenas a parte realçada de verde, que representa o número total de medalhas conquistadas por cada país em *Archery*. Não considerou-se a distinção entre homens e mulheres.

Através deste modelo, foi possível descobrir as eficiências de cada país em cada esporte.

A segunda tarefa era a de, a partir desses dados, chegar a um resultado final que estabelecesse a classificação de cada país nas olimpíadas. Foi então que surgiu a idéia de se usar o critério de popularidade de cada esporte no globo, uma vez que, assim, seria possível estabelecer pesos maiores para esportes mais populares.

Para tanto, foi feita uma pesquisa e descobriu-se o número de países que participaram em cada esporte. Quanto mais países participaram de um esporte, mais popular é o mesmo ao redor do mundo.

Em seguida, esses dados foram normalizados, dividindo cada número pelo maior deles, que foi 196, correspondente ao número de países que participaram do esporte *athletics*.

Obteve-se, dessa forma, o peso relativo de cada um.

O próximo passo consistiu, então, em multiplicar as eficiências obtidas através do método DEA pelo índice de popularidade de cada esporte, formando assim uma soma ponderada.

Esta soma ponderada nos permitiu finalmente ordenar os países e estabelecer um novo ranking para as Olimpíadas de Atenas 2004.

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Utilizando-se o método DEA, obteve-se uma grande matriz, com os 37 esportes e os 75 países (DMU's) que continha as eficiências de cada país em determinado esporte. Como essa matriz é muito grande, apenas parte dela encontra-se representada na figura 4, abaixo:

Esporte / País	Archery	Athletics	Badminton	Baseball	Basketball	Beach volleyball	Boxing	Canoe/kayak flatwater
ARG	0	0	0	0	1	0	0	0
AUS	0,250	0,12	0	1	0,500007	0	0	0,285717
AUT	0	0	0	0	0	0	0	0
AZE	0	0	0	0	0	0	0,250003	0
BAH	0	0,125	0	0	0	0	0	0
BEL	0	0	0	0	0	0	0	0
BLR	0	0,125	0	0	0	0	0,250003	0,14286
BRA	0	0,08	0	0	0	1	0	0
BUL	0	0	0	0	0	0	0,125003	0
CAN	0	0	0	0	0	0	0	0,428572
CHI	0	0	0	0	0	0	0	0
CHN	0,250	0,25	1	0	0	0	0,125003	0,25
CMR	0	0,125	0	0	0	0	0	0
COL	0	0	0	0	0	0	0	0
CRO	0	0	0	0	0	0	0	0
CUB	0	0,25	0	1	0	0	1	0,14286
CZE	0	0,125	0	0	0	0	0	0
DEN	0	0,16	0,200004	0	0	0	0	0
DOM	0	0,125	0	0	0	0	0	0
EGY							0,375	

FIGURA 4 – PARTE DA MATRIZ PAÍSES X ESPORTE, COM AS EFICIÊNCIAS ENCONTRADAS

Uma informação que vale ressaltar foi o fato de alguns esportes gerarem empates entre os países. Esses esportes foram *baseball, cycling mountain bike, football, handball, modern pentathlon, softball, syncronized swimming e water polo.*

Ao analisar as matrizes com os resultados de medalhas conquistadas em cada um desses esportes, percebeu-se que todas elas tratavam-se de matrizes-identidade ou variações muito próximas das mesmas, que podem ser observadas na figura 5:

Matriz resultado dos esportes que tiveram todas as suas DMUs como eficientes

Baseball

Ouro	Prata	Bronze
1	0	0
0	1	0
0	0	1

Cycling Mountain Bike

Ouro	Prata	Bronze
1	0	0
1	0	0
0	1	0
0	1	0
0	0	1
0	0	1

Football

Ouro	Prata	Bronze
1	0	0
1	0	0
0	1	0
0	1	0
0	0	1
0	0	1

Handball

Ouro	Prata	Bronze
1	0	0
1	0	0
0	1	0
0	1	0
0	0	1
0	0	1

Modern Penthatlon

Ouro	Prata	Bronze
1	0	0
1	0	0
0	1	0
0	1	0
0	0	1
0	0	1

Softball

Ouro	Prata	Bronze
1	0	0
0	1	0
0	0	1

Syncronized Swimming

Ouro	Prata	Bronze
2	0	0
0	2	0
0	0	2

Water Polo

Ouro	Prata	Bronze
1	0	0
1	0	0
0	1	0
0	1	0
0	0	1
0	0	1

FIGURA 5 – QUADROS DE MEDALHAS DE ESPORTES QUE SE ASSEMELHAM A MATRIZES-IDENTIDADE

No caso da legítima matriz-identidade o que ocorreu nesses esportes foi que um país obteve apenas uma medalha de ouro, outro país obteve apenas uma medalha de bronze e um terceiro apenas uma medalha de bronze.

Sendo assim, o modelo acaba atribuindo pesos grandes para o tipo de medalha em que o país se saiu bem e o resultado são todas as DMUs eficientes. Ou seja, um país só com 1 medalha de ouro teve a mesma eficiência que um só com uma medalha de bronze. Este é um caso em que as restrições aos pesos não são suficientes para expressar as preferências do decisor (Gonçalves et al, 2004). Estudos posteriores, possivelmente com o uso de DMUs não observadas, deverão ser feitos para resolver este problema. Mas, como o problema ocorreu em poucos esportes, sua implicação no ranking final não é muito significativa.

Conforme explicado no item anterior, obteve-se a quantidade de países participantes em cada esporte. Esta tabela encontra-se disponível na figura 6.

País	Nº de países participantes	País	Nº de países participantes
Archery	43	Hockey	14
Athletics	196	Judo	94
Badminton	32	Modern Penthathlon	26
Baseball	32	Rowing	55
Basketball	18	Sainling	61
Beach volleyball	24	Shooting	106
Boxing	72	Softball	8
Canoe/kayak flatwater	45	Swimming	154
Canoe/kayak slalom racing	22	Sync swimming	24
Cycling mountain bike	34	Table tennis	50
Cycling road	49	Taekwondo	60
Cycling track	39	Tennis	53
Diving	30	Triathlon	33
Equestrian	68	Volleyball	19
Fencing	42	Water polo	13
Football	22	Weightlifting	79
Gymnastics Artistic	42	Wrestling	99
Gymnastics Rythmic	21		
Trampoline	19		
Handball	16		

FIGURA 6 – TABELA DE NÚMERO DE PAÍSES PARTICIPANTES EM CADA ESPORTE (ATENAS 2004)

O esporte mais popular é o *athletics* com 196 países participando, de um total de 202. O esporte menos popular é o *softball* com apenas 8 países participantes.

Após a normalização desses dados, foi possível calcular a soma ponderada entre as eficiências e os pesos de cada esporte e, finalmente, obteve-se o seguinte ranking para as Olimpíadas de Atenas 2004 (figura 7).

Sigla	País	Índice	Colocação	Sigla	País	Índice	Colocação
USA	Estados Unidos	4,670491	1	CRO	Croácia	0,32037	39
RUS	Rússia	4,190153	2	UZB	Uzbequistão	0,302297	40
CHN	China	3,188186	3	ETH	Etiópia	0,28	41
GER	Alemanha	2,507389	4	KEN	Quênia	0,28	42
AUS	Austrália	2,161367	5	CHI	Chile	0,270408	43
ITA	Itália	1,870452	6	LTU	Lituânia	0,257653	44
FRA	França	1,833645	7	JAM	Jamaica	0,25	45
JPN	Japão	1,808591	8	MAR	Marrocos	0,25	46
GBR	Grã-Bretanha	1,779655	9	SVK	Eslováquia	0,247087	47
KOR	Coréia do Sul	1,533166	10	LAT	Letônia	0,244467	48
CUB	Cuba	1,431782	11	GEO	Geórgia	0,244049	49
UKR	Ucrânia	1,357687	12	PRK	Coréia do Norte	0,240863	50
NED	Holanda	1,343964	13	RSA	África do Sul	0,234339	51
ESP	Espanha	1,06158	14	SLO	Eslovênia	0,220361	52
GRE	Grécia	0,940693	15	MEX	México	0,215172	53
BRA	Brasil	0,910078	16	ISR	Israel	0,203572	54
HUN	Hungria	0,898997	17	EST	Estônia	0,198114	55
BLR	Bielo-Rússia	0,727744	18	IRL	Irlanda	0,173469	56
ROM	Romênia	0,726293	19	NGR	Nigéria	0,16	57
CAN	Canadá	0,630629	20	INA	Indonésia	0,148343	58
SWE	Suécia	0,614545	21	UAE	Emirados Árabes Unidos	0,135204	59
NOR	Noruega	0,613218	22	VEM	Venezuela	0,126915	60
BUL	Bulgária	0,59924	23	BAH	Bahamas	0,125	61
TUR	Turquia	0,55582	24	CMR	Camarões	0,125	62
CZE	República Tcheca	0,535633	25	DOM	República Dominicana	0,125	63
DEN	Dinamarca	0,534833	26	SCG	S;ervia e Montenegro	0,120409	64
AUT	Áustria	0,513268	27	PAR	Paraguai	0,112245	65
POL	Polônia	0,459205	28	POR	Portugal	0,110615	66
ARG	Argentina	0,420242	29	FIN	Finlândia	0,104594	67
THA	Tailândia	0,415818	30	ZIM	Zimbábue	0,084184	68
TPE	Taiwan	0,415817	31	ERI	Eritréia	0,08	69
SUI	Suíça	0,405615	32	IND	Índia	0,054083	70
IRI	Irã	0,385205	33	COL	Colômbia	0,050383	71
KAZ	Casaquistão	0,379671	34	MGL	Mongólia	0,04796	72
BEL	Bélgica	0,349832	35	SYR	Síria	0,045919	73
EGY	Egito	0,340562	36	HKG	Hong Kong	0,042518	74
NZL	Nova Zelândia	0,334501	37	TRI	Trinidad e Tobago	0,028062	75
AZE	Azerbaijão	0,326278	38				

FIGURA 7 – RANKING PARA OLIMPÍADAS ATENAS 2004 ELABORADO A PARTIR DO MODELO PROPOSTO NO ARTIGO

Abaixo, segue o quadro de medalhas tradicional, formulado pelo método lexicográfico e divulgado pela mídia (figura 8):

Ranking olímpico tradicional	
1º EUA	39º Chile
2º China	40º Cazaquistão
3º Rússia	41º Quênia
4º Austrália	42º República Tcheca
5º Japão	43º África do Sul
6º Alemanha	44º Croácia
7º França	45º Lituânia
8º Itália	46º Egito
9º Coréia do Sul	46º Suíça
10º Reino Unido	48º Indonésia
11º Cuba	49º Zimbábue
12º Ucrânia	50º Azerbaijão
13º Hungria	51º Bélgica
14º Romênia	52º Bahamas
15º Grécia	52º Israel
16º Noruega	54º Camarões
17º Holanda	54º Emirados Árabes
18º Brasil	54º Irlanda
19º Suécia	54º República Dominicana
20º Espanha	58º Coréia do Norte
21º Canadá	59º Letônia
22º Turquia	60º México
23º Polônia	61º Portugal
24º Nova Zelândia	62º Finlândia
25º Tailândia	62º Sérvia e Montenegro
26º Belarus	64º Eslovênia
27º Áustria	65º Estônia
28º Etiópia	66º Hong Kong
29º Eslováquia	66º Índia
29º Irã	66º Paraguai
31º Taiwan	69º Nigéria
32º Geórgia	69º Venezuela
33º Bulgária	71º Colômbia
34º Jamaica	71º Eritréia
34º Uzbequistão	71º Mongólia
36º Marrocos	71º Síria
37º Dinamarca	71º Trinidad e Tobago
38º Argentina	

FIGURA 8 – RANKING TRADICIONAL (MÉTODO LEXICOGRÁFICO) – OLIMPÍADAS ATENAS 2004

Percebe-se que as maiores diferenças encontram-se no meio da tabela.

As maiores diferenças de colocações encontram-se apresentadas na figura 9.

Maiores melhoras			
País	**Ranking proposto**	**Ranking tradicional**	**Delta**
República Tcheca	25	42	17
Bélgica	35	51	16

Maiores pioras			
País	**Ranking proposto**	**Ranking tradicional**	**Delta**
Zimbábue	68	49	-19
Coréia do Norte	50	32	-18

FIGURA 9 – QUADRO DAS DIFERENÇAS ENTRE O MÉTODO PROPOSTO E O MÉTODO TRADICIONAL

Ao comparar-se o ranking proposto no presente artigo e o ranking tradicional, constata-se que o país que mais melhorou foi a República Tcheca, que saiu da 42ª colocação e foi para a 25ª, subindo 17 posições. E o país que mais piorou foi o Zimbábue, que saiu da 49ª posição e foi para a 68ª, caindo 19 posições.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, que vem apoiando o desenvolvimento desse trabalho através dos processos 502885/2004-1 e 501653/2003-1.

Agradeço também a Patricia Eckert, do departamento de *Information Management - Documentation* do COI (Comitê Olímpico Internacional), pela fundamental contribuição através do material fornecido.

6. BIBLIOGRAFIA

[1] Allen, R.; Athassopoulos, A.; Dyson, R.G. & Thanassoulis, E. (1997). Weight restrictions and value judgements in DEA: evolution, development and future directions. Annals of Operations Research, 73, 13-34.

[2] Banker, R. D., Charnes, S. A. e Cooper, W. (1984). Some models for Estimating Technical and scale inefficiencies in DEA., Management Science, 30.

[3] Branco da Silva, B.P.; Ribeiro, P.G.; Comparação do quadro de medalhas olímpico utilizando métodos de multicritério DEA. Ano 2004, anais XXXVI SBPO.

[4] Charnes, A. et. al. Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications. Norvell: Kluwer Academic Press, 2 ed. 1996.

[5] Charnes, A., Cooper, W,W, & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research, 2, 429-444.

[6] Charnes, A., Cooper, W.W. (1962). Programming with linear fractional functionals. Nava Res. Logist. Quart., 9, 181-185.

[7] Dyson, R.G.; Thanassoulis, E. Reducing weight flexibility in data envelopment analisys. Journal of the Operational Research Society, v.39, n.6, p.563 –576, 1988.

[8] Lins, M.P.; Gomes, Eliane G.; Soares de Mello, J.C.C.B; Soares de Mello, A.J.R. (2003). Olympic ranking based on a zero sum gains DEA model. European Journal of Operational Research 148.

[9] Lins, M. P. E. & Angulo-Meza, L. (2000). Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão. Editora da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

[10] Farrel, M.J. (1957). The Measure of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A, CXX, Part 3, pp.253-290.

[11] Gonçalves, D.A. et al. (2004). When a value judgement using the technique of unobserved DMUs can be changed by weight restrictions. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção, ano 2004, volume 4.

[12] Lovell, C.A.K. & Pastor, J.T. (1999). Radial DEA models without inputs or without outputs, European Journal of Operational Research, 118 (1), 46-51.

[13] Millioni, A.Z., Avellar, J.V.G. (2004). Hyperbolic frontier DEA model based on a constant sum of outputs. 12º Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa y Sistemas, La Habana, Cuba.

[14] Pomerol J.C. & Barba-Romero S. (2000). Multicriterion Decision in Management: Principles And Practice. Kluwer Academic Publishers, Boston.

[15] Roll, Y., Golany, B. (1991). Controlling factor weights in DEA, IIE Transactions, 23 (1), pp.2-9.

[16] Soares de Mello J.C.C.B., Gomes, E.G., Estellita Lins, M.P. & Vieira, L.A.M. (2000). Mapeamento da Interiorização da Universidade Federal Fluminense, Fazendo Uso Integrado de Sistemas de Informação Geográfica, Análise de Envoltória de Dados e Análise Multicritério Anais do GISBrasil 2000, Salvador, Brazil.

[17] Soares de Mello, J.C.C.B; Gomes, Eliane G.; Meza, L.A.; Biondi Neto, L.; Coelho, P.H.G. (2004) A modified cross evaluation DEA model for DMU ranking: an olympic case study. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção, ano 2004, volume 4.

[18] Thanassoulis, E. e Allen, R. (1998). Simulating Weights Restrictions in Data Envelopment Analysis by Means of Unobserved DMUs. Management Science, v.44.

[19] Thompson, R.G., Langemeier, L.N., Lee, C.H., Lee, E., Thrall, R.M. (1990). The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. Journal of Econometrics, 46, pp.93-108.

[20] Wong, Y.H.B.; Beasley, J.E. Restricting weight flexibility in DEA. Journal of the Operational Research Society, v.41, p.829 –835, 1990.