

Gestão dos desportos

Uma aplicação de métodos ordinais à Fórmula 1

por João Mello, Luiz Gomes, Eliane Gomes e Maria Helena Mello

As atividades esportivas usam, nos regulamentos dos seus campeonatos, diversos métodos de ordenação multicritério e multidecisor. Na maioria dos casos, os organizadores não sabem que os estão usando e nem o fazem corretamente.

Variações do Método de Borda, votação de Borda e métodos lexicográficos estão entre os mais usados.

No caso do campeonato mundial de Fórmula 1, usa-se uma variação do Método de Borda. Este texto mostra que alguns dos problemas ocorridos nas últimas temporadas são uma decorrência desse método e da exacerbação das suas distorções. Sugere-se, ainda, o uso do Método de Condorcet como alternativa, mostrando-se as suas limitações e como contorná-las com o emprego do Método de Copeland. Faz-se uma aplicação aos resultados do campeonato de Fórmula 1 de 2002.

Palavras-chave: *Campeonatos de Fórmula 1, Ordenação Multicritério, Método de Borda, Método de Condorcet, Método de Copeland*

A moderna gestão dos desportos, do ponto de vista econômico e organizacional, é um campo do conhecimento que tem sido objeto de vários estudos e



pesquisas em anos recentes (Leeds e Allmen, 2002). Na gestão dos desportos, um problema classicamente encontrado, de natureza analiticamente complexa, consiste em obter-se o resultado de uma competição caracterizada como um campeonato, levando-se em conta critérios e/ou avaliadores simultâneos. Sob o enfoque analítico, este é essencialmente um problema de ordenação multicritério (Cook e Kress, 1992; Gomes *et al.*, 1997). Tal problema insere-se, por conseguinte, no Apoio Multicritério à Decisão, objeto de compêndios e de vários trabalhos científicos, inclusive em Portugal e no Brasil (Dias *et al.*, 1996; Gomes *et al.*, 2002).

Na realidade, um campeonato desportivo é um conjunto de vários jogos, ou provas, cujos resultados são agregados para estabelecer o resultado final da competição. Algumas vezes há uma agregação completa, em outras cada resultado indica quais são os próximos jogos. Em qualquer dos casos, se cada jogo for interpretado como um critério, ou um decisor, o resultado final do campeonato é um problema de multicritério, normalmente ordinal.

João Carlos Soares de Mello

Doutor em Ciências e Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.
E-mail: gmaicsm@vm.uff.br

Luiz Flávio Monteiro Gomes

Doutor em Filosofia e Professor Titular do Programa de Mestrado em Administração da Faculdade Ibmecc, Rio de Janeiro, Brasil.
E-mail: autran@ibmeccrj.com

Eliane Gonçalves Gomes

Doutora em Ciências e Pesquisadora do Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
E-mail: eggomes@pep.ufrj.br

Maria Helena Soares de Mello

Mestre em Engenharia e Professora Assistente do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.
E-mail: mhelenamello@netscape.net

Recebido em Abril de 2003 e aceite em Julho de 2003.

Algumas das situações polêmicas que ocorreram em várias corridas do Mundial de Fórmula 1, principalmente em 2002, são uma consequência direta das propriedades do uso do Método de Borda conjugado com o Método Lexicográfico e da variante adotada. Serão explicitadas as desvantagens do método, como elas poderiam ser reduzidas e quais as consequências do eventual uso do Método de Condorcet em substituição ao de Borda.

Da Revolução Francesa...

Por sua vez, o Apoio Multicritério à Decisão surgiu formalmente como ramo da Pesquisa - ou Investigação - Operacional na década de 1970. No entanto, alguns métodos elementares já existiam desde a Revolução Francesa. Datam dessa época os métodos ordinais de Borda e Condorcet (Soares de Mello, 2002), que são considerados os precursores, respectivamente, das escolas americana e francesa do Apoio Multicritério à Decisão. Na sua origem, esses métodos eram, na verdade, multidecisores e aplicavam-se a problemas de julgamentos em tribunais. Hoje, o seu uso não é tão difundido. No entanto, algumas variantes do Método de Borda servem de base para regulamentos desportivos e também podem ser aplicados como auxílio na avaliação de fornecedores de uma empresa petrolífera (Rocha e Cavalcanti Netto, 2002). Já o Método de Condorcet acaba sendo implicitamente usado em alguns problemas que usam o ELECTRE I, quando todos os critérios têm o mesmo peso e não são consideradas discordâncias nem vetos (Soares de Mello *et al.*, 2004). Outro método elementar usado em desportes é o lexicográfico, principalmente na elaboração do quadro de medalhas dos Jogos Olímpicos (Gomes *et al.*, 2001; Lins *et al.*, 2003; Soares de Mello *et al.*, 2001).

O objetivo deste texto é mostrar que o regulamento do campeonato mundial de Fórmula 1 segue uma variante do Método de Borda conjugada com o Método Lexicográfico. Algumas das situações polêmicas que ocorreram em várias corridas, principalmente em 2002, são uma consequência direta das propriedades desse método e da variante adotada. Serão explicitadas as desvantagens do método, como elas poderiam ser reduzidas e

quais as consequências do eventual uso do Método de Condorcet em substituição ao de Borda. O campeonato de 2002 é analisado com o Método de Condorcet e mostra-se que surge um grande ciclo de intransitividade. Para contornar esse ciclo, será apresentado e aplicado o Método de Copeland.

... aos métodos multidecisor

Segundo Arrow (1951), também citado por Barba-Romero e Pomerol (1997), não existe escolha justa, ou seja, não existe método multicritério ou multidecisor "perfeito". Considera-se como justo um método de escolha multidecisor que obedeça aos axiomas de universalidade, da unanimidade, da independência em relação às alternativas irrelevantes, da transitividade e da totalidade. O Teorema de Arrow garante que, com exceção de métodos de ditador, nenhum método de escolha atende simultaneamente a esses axiomas.

São de especial interesse neste estudo os axiomas da independência em relação às alternativas irrelevantes, da transitividade e da universalidade. O primeiro afirma que a ordem de preferência entre as duas alternativas não deve depender das suas preferências em relação a uma terceira alternativa. O axioma da transitividade afirma que, se uma alternativa é preferível a uma segunda, e esta a uma terceira, então a primeira deve ser preferível à terceira - o fato de em resultados de jogos de futebol não se verificar esta propriedade, é o motivo da afirmação popular de que "futebol não tem lógica". Já o axioma da universalidade exige que o método funcione, respeitando todos os outros axiomas, para qualquer conjunto de preferências dos decisores. Assim, um método que respeite os axiomas em alguns casos particulares não respeita a universalidade.

Os Métodos de Borda e Condorcet

Para o uso do Método de Borda, cada decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências. À alternativa mais preferida atribui-se um ponto, à segunda dois pontos, e assim sucessivamente. No final, os pontos atribuídos pelos decisores a cada alternativa são somados e a alternativa que tiver obtido a menor pontuação será a escolhida (Dias *et al.*, 1996). Todas as alternativas são orde-

nadas por ordem decrescente de pontuação, o que garante o respeito ao axioma da totalidade. Em desportos, variações do Método de Borda são usadas com frequência, bastando para tal considerar cada competição como um decisor, e as suas preferências como a classificação final da competição. É normal fazer-se uma inversão do método, atribuindo maior número de pontos à alternativa mais preferida - concorrente vencedor da competição. Esta é uma modificação sem grande importância, mas outras, que geram algumas distorções, são também usadas e serão descritas adiante. Observe-se que um dos poucos exemplos de utilização do Método de Borda original é nas competições de iatismo disputadas nos Jogos Olímpicos.

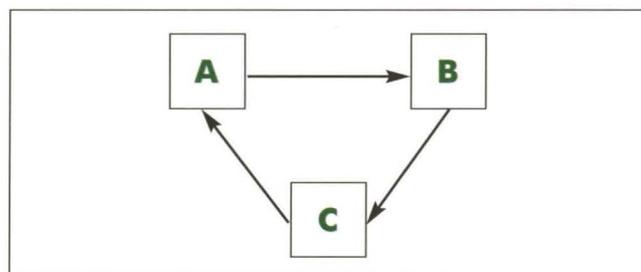
Apesar de sua simplicidade e amplo uso de suas variações, o Método de Borda não respeita um dos axiomas de Arrow: a classificação final de duas alternativas não é independente em relação às suas classificações em relação a alternativas irrelevantes. Tal fato pode gerar situações indesejáveis, como numa votação em que o último votante sabe as preferências dos anteriores e altera as suas preferências de modo a dar mais chances à sua alternativa preferida. Ou no caso de interesse deste estudo, estimular inversões anti-desportivas de posições numa competição para beneficiar um competidor.

No Método de Condorcet, também se exige que cada decisor ordene todas as alternativas de acordo com suas preferências. Mas, em vez de se atribuir uma pontuação a cada alternativa, o método estabelece relações de superação. Deve verificar-se, em cada par de alternativas, qual delas foi preferida pela maioria dos decisores. Nesse caso, diz-se que esta alternativa é preferível em relação à outra. Podem ser traçados grafos representativos destas relações de preferência, em que o arco (u,v) pertence ao grafo se - e somente se - o número de decisores que preferiram u a v é maior ou igual dos que preferiram v a u . Estes resultados são análogos aos que se obteriam com o Método ELECTRE I (Roy e Bouyssou, 1993), desde que não houvesse veto ou discordância, nem limiares de indiferença.

Através da representação da relação de preferência por um grafo, a determinação de alternativas dominantes e

dominadas, quando existem, fica bastante facilitada. Quando existe uma e só uma alternativa dominante, ela é a escolhida. O Método de Condorcet, considerado mais justo que o de Borda, tem a grande desvantagem de conduzir à situações de intransitividade, levando ao célebre "paradoxo de Condorcet". Este ocorre quando A é preferível a B , B é preferível a C , e C é preferível a A - situação conhecida como "Tripleta de Condorcet", ilustrada na Figura 1. Isto significa que o Método de Condorcet nem sempre induz uma pré-ordem no conjunto das alternativas. No entanto, existem situações em que não ocorrem ciclos de intransitividade, como por exemplo, em votações políticas em que os eleitores tenham uma coerência coletiva, ordenando as alternativas da mais à esquerda para a mais à direita, ou o contrário. Em situações análogas a esta, o Método de Condorcet deve ser preferido ao Método de Borda. Entretanto, vale lembrar que um método multidecisor deve respeitar o axioma da universalidade, e isto não acontece com o de Condorcet.

Figura 1
Tripleta de Condorcet



Em suma, a escolha entre os Métodos de Borda e Condorcet é uma escolha entre permitir situações de possível manipulação de resultados ou de dificuldades para obter um resultado final completo.

O Campeonato Mundial de Fórmula 1

Até 2002, o regulamento do Campeonato Mundial de Fórmula 1 determinava que o campeão da temporada era o piloto que somava maior número de pontos ao final das 17 corridas da temporada. Os outros pilotos tinham a classificação no campeonato determinada pelo total de pontos alcançados. Em cada corrida, apenas os seis primeiros colocados somavam pontos, sendo a pontuação de cada colocado apresentada na Tabela 1.

Tabela 1
Pontuação da Fórmula 1 até 2002

| Colocação | Pontuação |
|-------------|-----------|
| 1° Colocado | 10 pts |
| 2° Colocado | 6 pts |
| 3° Colocado | 4 pts |
| 4° Colocado | 3 pts |
| 5° Colocado | 2 pts |
| 6° Colocado | 1 pts |

Este regulamento é, na verdade, uma variação do Método de Borda. A diferença mais evidente em relação ao Método de Borda tradicional é que os primeiros colocados marcam mais pontos, enquanto no método original marcam menos. Esta se justifica pelo fato de nem todos os concorrentes terminarem, ou até participarem, de todas as corridas. Um piloto que não participasse não pontuaria, o que seria uma situação melhor que ser o primeiro colocado. É, portanto, uma alteração que permite melhorar a operacionalização do método, sem trazer nenhuma consequência nefasta.

A outra diferença é mais importante: enquanto no método original a diferença entre duas colocações é a mesma, já que se trata de um método ordinal, na Fórmula 1 a diferença entre o primeiro e segundo colocados é maior que entre o segundo e o terceiro, respectivamente 4 e 2 pontos. Daí até o sétimo lugar, a diferença é de apenas 1 ponto, e para as colocações piores que a sétima não há diferença nenhuma, já que nenhum concorrente marca pontos. A intenção é valorizar a vitória e não dar atenção às disputas pelos últimos lugares.

Esta diferença, pesem as suas boas intenções, acarreta severas distorções. A primeira, de ordem teórica, é que tenta tratar de forma cardinal um método ordinal. Com efeito, se os dois primeiros colocados chegarem com uma pequena diferença, mesmo assim terão uma diferença de pontuação maior que a existente entre dois outros quaisquer pilotos que, mesmo chegando com uma diferença grande, ocupem posições secundárias.

Uma segunda consequência é mais grave. Como a diferença de pontuação entre dois pilotos com classifi-

Um bom exemplo da fraqueza do método usado é este: um piloto que habitualmente fique entre os últimos, para obter uma classificação razoável no campeonato, precisa apenas de não abandonar uma corrida em que haja um número muito grande de desistências. Já um piloto mediano, com colocações entre 7° e 10°, se não der a sorte de permanecer na pista em alguma corrida com alto índice de abandono, acabará nem pontuando.

cações imediatas é diferente conforme a posição, a falta de independência em relação às alternativas irrelevantes é agravada. Isso ocorre tanto nos primeiros quanto nos últimos lugares. Em relação a estes, menos visados pelos meios de comunicação, pode ocorrer um piloto ficar sempre na frente de outro, em posições posteriores à sexta. No entanto, na última corrida a situação se inverte, só que o piloto habitualmente atrás fica numa posição pontuável, devido a vários abandonos entre os primeiros, por exemplo. Esse piloto acaba obtendo uma classificação melhor que o outro no campeonato, que o bateu em quase todas as corridas. Ou seja, um piloto que habitualmente fique entre os últimos, para obter uma classificação razoável no campeonato precisa apenas de não abandonar uma corrida em que haja um número muito grande de desistências. Já um piloto mediano, com colocações entre 7° e 10°, se não der a sorte de permanecer na pista em alguma corrida com alto índice de abandono, acabará nem pontuando.

Em relação aos primeiros lugares, já houve várias situações noticiadas. Se dois pilotos da mesma equipe ocuparem as duas primeiras posições, podem trocar de posição de forma a que um deles se beneficie da maior diferença de pontos atribuída ao primeiro colocado para melhorar a sua situação no campeonato. Essa situação foi amplamente noticiada em 2002 quando, no grande prêmio da Áustria, Rubens Barrichello cedeu o primeiro lugar a Michael Schumacher perto da linha de chegada. Essa manobra foi uma decorrência do regulamento: sem que a posição de Schumacher em relação ao seu principal rival (Juan Pablo Montoya) se modificasse, a sua vantagem no campeonato aumentou bastante graças à presença de Barrichello - que aqui era a alternativa irrelevante - entre os dois. Como

curiosidade, observe-se que, no final do campeonato, quando a disputa era pelo vice campeonato, foi usada a estratégia inversa diversas vezes. É evidente que, mesmo que fosse usado o Método de Borda original, a inversão traria benefícios à equipe Ferrari. Mas, sendo menor a diferença de pontos, também o benefício seria menor.

Há ainda uma situação que afeta tanto as melhores equipes quanto as piores e intermediárias. É o caso de um piloto bem colocado ser desclassificado. Essa situação altera a relação de pontuação entre os primeiros e faz com que um piloto que não tenha inicialmente pontuado passe a pontuar. Isso pode alterar a classificação final de construtores, com possíveis reflexos financeiros.

Para evitar essa situação, já houve a ocorrência de um piloto ser desclassificado mas os que estavam em colocações posteriores não terem a sua situação alterada. Ou, uma situação ainda mais extrema, como a que ocorreu em 1997: após a última corrida, Michael Schumacher foi punido por reincidência de atitude não esportiva, pela forma como tentou impedir uma ultrapassagem de Jacques Villeneuve no Grande Prêmio da Espanha. Schumacher perdeu todos os pontos e o vice campeonato, mas foi mantida a sua classificação em todas as corridas. Caso tivesse sido desclassificado nas corridas da temporada, teriam ocorrido profundas modificações nos resultados do campeonato.

O regulamento previa ainda a possibilidade de empates na pontuação final, preconizando sucessivos critérios de desempate. Assim, o regulamento usa, na verdade, o Método Lexicográfico, sendo o critério mais importante - e, portanto, o primeiro a ser usado - a pontuação obtida com o Método de Borda modificado. Havendo duas alternativas ou mais com o mesmo número de pontos somados no final do campeonato, considera-se o maior número de vitórias de cada piloto para que haja o desempate. Permanecendo as alternativas empatadas, o segundo critério é o maior número de corridas em que cada piloto terminou uma corrida em segundo lugar, e assim sucessivamente.

Como uma eventual vitória depende da atuação de outros pilotos, o uso do número de vitórias como segundo critério no Método Lexicográfico agrava ainda mais a falta de independência em relação às alternativas irrelevantes.

Análise do campeonato de 2002

O campeonato de 2002 caracterizou-se pelo domínio absoluto da equipe Ferrari, com as equipes Williams e McLaren disputando as posições seguintes. Devido a essa regularidade de resultados, presta-se facilmente à análise por métodos ordinais. Essa classificação encerra as distorções já explanadas, oriunda da forma como os métodos ordinais foram usados.

Para obter uma classificação sem essas distorções, usa-se o Método de Condorcet. A Tabela 2 mostra a matriz de adjacência obtida para o grafo de Condorcet relativo ao Campeonato de Fórmula 1 de 2002. O número 1 significa que o piloto indicado na linha obteve mais vezes uma classificação melhor que o piloto cujas iniciais são indicadas na coluna. Para efeitos da construção dessa matriz, considera-se que entre os dois pilotos que abandonaram, aquele que completou mais voltas ficou melhor classificado. Para além disso, um piloto que abandonou superou aquele que não obteve tempos para se classificar para a largada e este foi melhor que aquele que nem participou dos treinos. Os espaços em branco equivalem a zeros. A ordem em que os pilotos aparecem na matriz equivale à sua classificação oficial no campeonato. Obtiveram-se as classificações finais de todas as corridas no sítio <http://www.insidef1.com>.

Para extrair uma ordenação da matriz, começa-se por fazer uma destilação descendente (Dias *et al.*, 1996). Para tal, observa-se se há algum piloto que supera todos os outros, ou seja, se existe alguma linha cujo único zero seja na diagonal principal. Retira-se esse piloto e repete-se o procedimento. Com essa destilação é possível fazer-se a ordenação de cinco pilotos, a saber: M. Schumacher, R. Barrichello, J. P. Montoya, D. Coulthard e R. Schumacher. Repare-se que, nessa ordenação, os pilotos nas cinco primeiras colocações são os mesmos da classificação oficial, embora com uma inversão nas quarta e quinta posições.

Para posições abaixo de R. Schumacher, a destilação não pode continuar já que, entre os pilotos restantes, não há nenhum que seja dominante. Faz-se então o procedimento inverso, uma destilação ascendente. Os últimos colocados são, então, partindo do pior: A. Davidson, E. Bernoldi, A. Yoong, H. H. Frentzen, A. McNish, P. de la Rosa, M. Webber e O. Panis. Acima de O. Panis, a destilação não pode con-

tinuar já que não há nenhum piloto dominado. Destes pilotos, M. Webber, O. Panis e H. H. Frentzen obtiveram pontos na classificação oficial, ficando, portanto, entre os dezoito primeiros. Foram grandes beneficiários das distorções do Método de Borda, agravadas pelas mudanças na sua aplicação.

Após a retirada dos pilotos ordenados pelas duas destilações, sobram ainda dez pilotos. Entre eles, deve haver ciclos de intransitividade. Resta verificar se existem vários ciclos, com algum deles dominando os outros. Uma análise

das relações entre os pilotos restantes mostra um grafo fortemente conexo (Boaventura Netto, 2002), ou seja, um grafo onde, qualquer que seja o par de pilotos, existe um caminho - formado por um ou mais arcos - ligando os vértices representativos dos dois pilotos. Os pilotos restantes formam, assim, um grande ciclo de intransitividade, não sendo possível estabelecer uma ordenação com o Método de Condorcet.

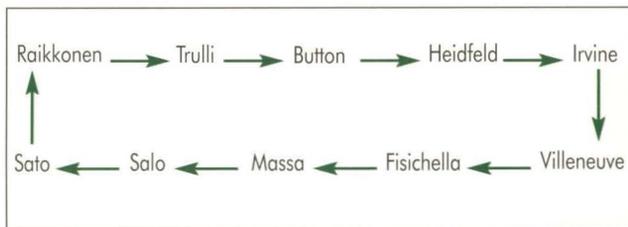
Existem algumas propriedades interessantes desse grafo. Em primeiro lugar, é um grafo não planar, na verdade uma

Tabela 2
Matriz de adjacência do grafo de Condorcet para o Campeonato de 2002

| | MS | RB | JPM | RS | DC | KR | JB | JT | EI | NH | GF | FM | JV | OP | MW | MSA | HHF | TS | PLR | AY | AM | EB | AD |
|----------------|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| M. Schumacher | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R. Barrichello | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| J. P. Montoya | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R. Schumacher | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| D. Coulthard | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| K. Raikkonen | | | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| J. Button | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| J. Trulli | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| E. Irvine | | | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N. Heidfeld | | | | | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| G. Fisichella | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| F. Massa | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| J. Villeneuve | | | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| O. Panis | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| M. Webber | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| M. Salo | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| H. H. Frentzen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 |
| T. Sato | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| P. De La Rosa | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A. Yoong | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| A. McNish | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 |
| E. Bernoldi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| A. Davidson | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

clique anti-simétrica de grau 10. Possui, portanto, 45 arcos, o que torna problemático extrair informações relevantes de sua representação topológica. A Figura 2 mostra parcialmente a representação topológica do grafo, na qual, para efeitos de clareza, são mostrados apenas 10 dos 45 arcos, suficientes para visualizar um ciclo de intransitividade maximal. Em segundo lugar, tem baixa conectividade no vértice - é possível extrair-se apenas dois vértices e, dos oito pilotos restantes, pelo menos um ser dominante ou dominado. Ou seja, as classificações extremamente irregulares de um pequeno número de concorrentes provocou uma intransitividade entre dez pilotos!

Figura 2
Representação de um ciclo de intransitividade maximal



Para ordenar esses dez pilotos, e assim obter-se uma classificação final do campeonato, é necessário o uso de outro método. Em alguns casos, é possível usar-se relaxações das condições de Condorcet (Rodríguez e Pérez, 2003). No entanto, a escolha da maioria qualificada para rejeição introduz um elemento de subjetividade indesejado. Uma alternativa é empregar-se o Método de Copeland (Barba-Romero e Pomerol, 1997). Esse método consiste em contar-se em relação a quantas alternativas cada uma é preferível, ou seja, somar-se os elementos de cada linha da matriz de adjacência. As alternativas são, então, ordenadas pelo resultado dessa soma. O Método de Copeland alia a vantagem de fornecer uma ordenação total ao fato de dar o mesmo resultado aplicando o Método de Condorcet quando este não apresenta nenhum ciclo de intransitividade. Quando esses ciclos existem, o Método de Copeland permite fazer a ordenação e mantém a classificação das alternativas (pilotos) que não pertencem a nenhum ciclo de intransitividade.

Apresenta-se na Tabela 3 a classificação obtida pelo Método de Copeland, comparada com a classificação oficial. Nessa tabela, não foram considerados os critérios de desempate.

Conclusões

Ao longo deste texto mostrou-se que, devido à analogia formal entre o Campeonato Mundial de Fórmula 1 e um processo de escolha multidecisor, não existe um regulamento que possa ser considerado justo. No entanto, o regulamento vigente até 2002 agrava os defeitos do Método de Borda, no qual ele se baseia. O Método de Condorcet permite contornar as distorções do método da variante do Método de Borda usada, mas nem sempre fornece uma ordenação completa devido à existência dos ciclos de intransitividade.

Tabela 3
Resultados finais de 2002 (oficial e Copeland)

| Classificação de Copeland | Piloto | Pontos de Copeland | Classificação oficial |
|---------------------------|----------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | M. Schumacher | 22 | 1 |
| 2 | R. Barrichello | 21 | 2 |
| 3 | J. P. Montoya | 20 | 3 |
| 4 | D. Coulthard | 19 | 5 |
| 5 | R. Schumacher | 18 | 4 |
| 6 | N. Heidfeld | 16 | 10 |
| 7 | J. Button | 15 | 7 |
| 7 | J. Trulli | 15 | 8 |
| 9 | E. Irvine | 14 | 9 |
| 10 | J. Villeneuve | 12 | 12 |
| 10 | M. Salo | 12 | 16 |
| 12 | K. Raikkonen | 11 | 6 |
| 13 | G. Fisichella | 10 | 10 |
| 13 | F. Massa | 10 | 12 |
| 13 | T. Sato | 10 | 18 |
| 16 | O. Panis | 7 | 14 |
| 17 | M. Webber | 6 | 15 |
| 18 | P. De La Rosa | 5 | - |
| 19 | A. McNish | 4 | - |
| 20 | H. H. Frentzen | 3 | 17 |
| 21 | A. Yoong | 2 | - |
| 22 | E. Bernoldi | 1 | - |
| 23 | A. Davidson | 0 | - |

sitividade. Além disso, é um método por demais técnico para ser entendido pelo público.

Usando-se os resultados do campeonato de 2002, mostrou-se que é possível contornar o ciclo de intransitividade com o uso do Método de Copeland. Esse método fornece o mesmo resultado do de Condorcet na ausência de intransitividades e é mais fácil de ser explicado ao público. Quando surgem ciclos intransitivos, a solução que ele fornece é menos sensível às alternativas irrelevantes que o Método de Borda.

A comparação do resultado oficial, e o obtido pelo Método de Copeland, mostra resultados muito semelhantes nas primeiras posições, com maiores discordâncias nas posições inferiores. É um resultado natural, já que a variante do Método de Borda usada apenas pontua os primeiros seis entre mais de vinte concorrentes. As maiores diferenças de classificação ocorreram com os pilotos Raikkonen e Heidfeld. O primeiro obteve várias colocações muito baixas com algumas poucas muito boas. Como a classificação oficial não faz distinção entre qualquer posição depois da 6ª, Raikkonen acabou obtendo oficialmente uma pontuação razoável. Como o Método de Copeland leva em conta todos os resultados, essa abordagem piora a situação final do piloto.

Com Nick Heidfeld ocorreu o oposto: obteve várias classificações perto da 6ª, que não pontuam, e umas poucas classificações pontuando pouco. Essa regularidade foi penalizada na classificação oficial e reconhecida no Método de Copeland. Note-se que essa análise mostra o acerto da reclamação de Peter Sauber - dono da equipe pela qual Heidfeld corria - sobre a injustiça que estava ocorrendo com a sua equipe, por não serem considerados os resultados além do sexto. Aliás, embora oficialmente não aceitasse a reclamação, a FIA (Federation Internationale de l'Automobile) mudou o esquema de pontuação para 2003. Neste novo sistema, são atribuídos pontos a oito pilotos, e as diferenças entre as primeiras posições e as demais é menor. Diminui-se, assim, as distorções já mencionadas e o campeonato de 2003 deverá ter um resultado mais próximo do que seria obtido pelo

Método de Copeland. Mais do que a inócua proibição de "jogo de equipe", esta mudança, embora ainda não seja a ideal, deve dar uma contribuição para afastar atitudes não desportivas. ■

Referências bibliográficas

- ARROW, K. J. (1951), **Social Choice and Individual Values**, Nova Iorque, Wiley.
- BARBA-ROMERO, S. e POMEROL, J. C. (1997), «Decisiones Multicriterio», *Fundamentos Teóricos e Utilización Práctica*, Madrid, Universidad de Alcalá.
- BOAVENTURA NETTO, P. O. (2002), **Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos**, 2ª edição, São Paulo, Edgard Blücher.
- COOK, W. D. e KRESS, M. (1992), **Ordinal Information & Preference Structures Decision Models and Applications**, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- DIAS, L. M. C.; ALMEIDA, L. M. A. T. e CLÍMACO, J. C. N. (1996), **Apoio Multicritério à Decisão**, Coimbra, Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. e ALMEIDA, A. T. de (2002), **Tomada de Decisão Gerencial Enfoque Multicritério**, Rio de Janeiro, Atlas.
- GOMES, L. F. A. M.; MURY, A. R. e GOMES, C. F. S. (1997), «Multicriteria Ranking with Ordinal Data», *Systems Analysis Modelling Simulation*, vol. 27, pp. 139-145.
- GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. e LINS, M. P. E. (2001), «Uso de Análise de Envolvimento de Dados e Auxílio Multicritério à Decisão na Análise de Dados das Olimpíadas 2000», *Anais do XXI ENEGEP*, Salvador.
- LEEDS, M. A. e ALLMEN, P. von (2001), **The Economics of Sports**, Nova Iorque, Addison-Wesley.
- LINS, M. P. E.; GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. e SOARES DE MELLO, A. J. R. (2003), «Olympic Ranking Based on a Zero Sum Gains DEA Model», *European Journal of Operational Research*, 148(2), pp. 85-95.
- ROCHA, R. B. e CAVALCANTI NETTO, M. A. (2002), «A Data Envelopment Analysis Model for Rank Ordering Suppliers in the Oil Industry», *Pesquisa Operacional*, 22(2), pp. 123-132.
- RODRIGUEZ, C. M. C. e PÉREZ, J. A. M. (2003), «Relaxation of the Condorcet and Simpson Conditions in Voting Location», *European Journal of Operational Research*, 145(3), pp. 673-683.
- ROY, B. e BOUYSSOU, D. (1993), **Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas**, Paris, Economica.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; LINS, M. P. E. e SOARES DE MELLO, A. J. R. (2001), «Uso da Pesquisa Operacional em Esportes: O Caso das Olimpíadas», *Boletim da SOBRAPO*, 19, pp. 5-6.
- SOARES DE MELLO, M. H. C. (2002), **Avaliação de Desempenho nas Engenharias: Estudo de Caso UFF**, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Niterói, Universidade Federal Fluminense.
- SOARES DE MELLO, M. H. C.; QUINTELLA, H. L. M. M. e SOARES DE MELLO, J. C. C. B. (2004), «Avaliação do Desempenho de Alunos Considerando Classificações Obtidas e Opiniões dos Docentes», *Investigação Operacional* 24 (no prelo).