

## ANÁLISE DE TIPOLOGIAS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO MODAIS DE PECUÁRIA DE CRIA PELO USO DO MÉTODO ORDINAL DE COPELAND

**Eliane Gonçalves Gomes<sup>1</sup>, João Carlos Correia Baptista Soares de Mello<sup>2</sup>,  
Urbano Gomes Abreu<sup>3</sup>, Thiago Bernardino de Carvalho<sup>4</sup>, Sérgio de Zen<sup>5</sup>**

Embrapa Sede – SGE<sup>1</sup>, Universidade Federal Fluminense – Departamento de Engenharia de  
Produção<sup>2</sup>, Embrapa Pantanal<sup>3</sup>, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada –  
CEPEA/ESALQ/USP<sup>4,5</sup>

[eliane.gomes@embrapa.br](mailto:eliane.gomes@embrapa.br)<sup>1</sup>, [jcsmello@pesquisador.cnpq.br](mailto:jcsmello@pesquisador.cnpq.br)<sup>2</sup>, [urbano.abreu@embrapa.br](mailto:urbano.abreu@embrapa.br)<sup>3</sup>,  
[tbcarval@cepea.org.br](mailto:tbcarval@cepea.org.br)<sup>4</sup>, [sergdzen@esalq.usp.br](mailto:sergdzen@esalq.usp.br)<sup>5</sup>

### Resumo

O estudo e a avaliação de sistemas de produção de gado de corte são importantes ferramentas para o incremento do desempenho deste setor. A pecuária de corte contempla diferentes etapas de produção (cria, recria e engorda). Neste artigo avaliou-se o desempenho de sistemas modais de cria que, no Brasil, ocorrem em regime predominantemente extensivo. Foram selecionados duas categorias de critérios, correspondentes a variáveis zootécnicas e de produção. Os sistemas modais de cria (alternativas) foram ordenados segundo o método multicritério ordinal de Copeland em relação a cada uma das categorias de critérios. Comparando-se o resultado das duas ordenações, as alternativas foram alocadas em classes, que podem ser vistas como tipologias de desempenho. Os sistemas de cria formaram cinco grupos: alto desempenho em critérios zootécnicos (ADCZ), médio desempenho em critérios zootécnicos (MDCZ), alto desempenho em critérios produtivos (ADCP), médio desempenho em critérios produtivos (MDCP), desempenho médio em ambos os critérios (DEMZP). Os resultados indicam que o Brasil apresenta grande variação nos sistemas de produção que são dedicados à fase de cria de gado de corte. Assim, os sistemas modais de produção em ecossistemas diferenciados devem apresentar políticas de desenvolvimento pecuário também diferenciadas.

**Palavras-chave:** bovino de corte, análise de multicritério, fazenda representativa.

### Abstract

The study and the evaluation of beef cattle production systems are important tools to improve the performance in the sector. The beef cattle productive chain comprises various stages (cow-calf, stocker/feeder cattle, and cattle finishing). In this paper we evaluate the performance of modal cow-calf systems, which in Brazil occur predominantly in extensive regime. Two types of criteria were selected corresponding to animal production and production variables. The alternatives were ordered by the Copeland ordinal multicriteria approach in relation to each set of criteria. Comparing the two rankings results, the alternatives were allocated into classes, which can be viewed as performance typologies. The cow-calf systems were placed into five clusters: high performance regarding animal production criteria (ADCZ), medium performance in animal production criteria (MDCZ), high performance in production variables (ADCP), medium performance regarding production variables (MDCP), and medium performance in both criteria (DEMZP). As Brazil has high variability in terms of cow-calf production systems, the production modal systems in differentiated ecosystems require differentiated policies for developing improved beef cattle activities.

**Key words:** beef cattle, multicriteria analysis, representative farms.

### 1. Introdução

O complexo de carne bovina vem se consolidando como um importante elemento na produção e no comércio internacional: o Brasil é atualmente o maior exportador e o segundo maior produtor mundial de carne bovina. Segundo Barros et al. (2011), a bovinocultura de corte é uma das principais atividades produtivas do agronegócio brasileiro. Os bovinos estão presentes em cerca de 2,6 milhões de estabelecimento no Brasil, segundo o último Censo Agropecuário, totalizando algo próximo a 171 milhões de cabeças de gado. Entende-se, dessa forma, que o estudo e a avaliação de sistemas de produção de gado de corte é um elemento importante para o incremento do desempenho deste setor. Outro aspecto que corrobora com este cenário reside no fato que 7% do PIB nacional e 30% do PIB agropecuário são representados pela cadeia produtiva da pecuária, que engloba o setor de insumos, a atividade em si (manejo), a indústria e a distribuição (CEPEA, 2012). As estimativas do PIB da cadeia da bovinocultura de corte e sua evolução entre os anos de 2001 a 2009 apontam para incremento percentual de cerca de 34% (Barros et al., 2011).

A estrutura central na cadeia produtiva da pecuária de corte é o sistema biológico de produção de bovinos, que engloba diferentes etapas da produção – cria, recria e engorda –, e combinações, em torno das quais se agrupam os produtores (Cardoso, 1994). No Brasil, a fase cria da pecuária de corte ocorre em regime predominantemente extensivo. Ao serem consideradas isoladamente as fases da pecuária de corte, em sistemas de produção considerados como representativos da média, pode-se concluir, após análises de benefício/custo, que a cria constitui-se na atividade de menor rentabilidade, além de ser aquela que apresenta o maior risco. A baixa rentabilidade pode estar relacionada ao ciclo biológico mais longo dos processos produtivos e ao fato de o rebanho de cria geralmente ocupar áreas com solos de pior qualidade e forragem, quando comparados com os ocupados pela recria e terminação (Christofari et al., 2008).

Em contrapartida, a fase de cria é a que sustenta toda a estrutura da cadeia produtiva da carne bovina (Euclides Filho, 2000). Segundo Barcellos et al. (2000), a cria representa segurança aos produtores, pois dá garantia de produção (pelo menos um bezerro por ano para o mercado) associada à flexibilidade do sistema

Christofari et al. (2008) avaliam que a produtividade do sistema de cria está intimamente associada ao tipo de genótipo utilizado no sistema e ao tipo de manejo adotado. A seleção genética tem efeito direto no tamanho e na musculabilidade do animal produzido. A obtenção de animais com maiores eficiências produtiva e reprodutiva tem sido objeto dos programas internacionais de melhoramento genético, cuja importância está na inserção ou melhoramento de características biológicas que afetam as receitas e os custos dos sistemas de produção (Jorge Júnior et al., 2007). Conforme afirmam Bitencourt et al. (2006), a consequência do processo de melhoramento genético é o incremento da eficiência econômica.

Arruda e Sugai (1994) analisaram a regionalização da pecuária bovina no Brasil, tendo como base de dados o censo agropecuário de 1980. Em 44 grandes regiões de produção pecuária, os autores identificaram na época 18 regiões com fase predominante de cria e recria. Destacaram que, apesar da finalidade dos rebanhos de cria ser a mesma, as regiões diferenciaram-se muito em função dos sistemas de produção, do nível tecnológico, da qualidade e da produtividade dos recursos, e do tipo racial do rebanho bovino.

Cezar et al. (2005) descrevem os sistemas de produção de gado de corte no Brasil, traçando um panorama da evolução da pecuária de corte brasileira. Os autores apresentam a distribuição espacial dos sistemas de produção, os quais são alicerçados na utilização de pastagens. Quando praticados em pastagens nativas, estes sistemas dedicam-se quase exclusivamente à fase de cria. No entanto, sistemas mais intensivos têm-se tornado importantes nas regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Neste artigo propõe-se uma abordagem multicritério para avaliar o desempenho de sistemas modais de pecuária de cria no país. Sistemas modais de produção são aqueles encontrados com maior frequência em uma determinada região. O parâmetro norteador deste estudo é que os sistemas de cria representam a base para toda cadeia produtiva de gado de corte e

que a melhoria na gestão e nos processos nessa fase poderá refletir na maior eficiência nos índices produtivos de toda cadeia.

### 2. Estudo de Caso

Os dados usados neste artigo são oriundos do projeto Indicadores Pecuários, desenvolvido pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Os dados primários foram levantados por meio do sistema de painel, que permite a definição de propriedades representativas, conforme Plaxico e Tweeten (1963). O painel é um procedimento de obtenção de informações menos oneroso que o levantamento censitário ou amostral de unidades agrícolas. Além disso, proporciona maior agilidade e versatilidade na atualização dos dados, sem comprometer sua qualidade. Este método busca, através da experiência local dos produtores, caracterizar a propriedade que seja mais comumente encontrada na região. Em algumas áreas, a impossibilidade de determinar essa tipicidade faz com que mais de uma propriedade ou sistema de produção sejam estabelecidos.

Para estudos e obtenção de dados sobre unidades produtivas do meio rural, Plaxico e Tweeten (1963) afirmam que a definição de fazendas representativas é o ideal. Porém, algumas definições e suposições devem ser adotadas, as características devem ser constantemente revistas e os dados de produção revisados para refletir os avanços tecnológicos e as mudanças regionais dos sistemas de produção (Carvalho et al., 2008).

Em geral, a técnica consiste em uma reunião com um grupo formado por um ou mais pesquisadores, um técnico regional e cerca de oito pecuaristas, podendo variar de cinco a dez produtores. No caso em estudo, os painéis foram realizados com a presença dos produtores e da assistência técnica local. As reuniões foram marcadas com antecedência, utilizando-se, geralmente, os sindicatos rurais regionais como contatos. A metodologia usada está descrita em CEPEA (2010).

Os temas e os números, determinados previamente em entrevistas com os técnicos locais foram debatidos com os produtores rurais. Diferentes coeficientes técnicos (quantidade de insumos), preço e frequência de uso foram apresentados ao grupo, que discutiu e ajustou as informações. Ao final do debate toda a caracterização da propriedade típica da região obteve o aval dos produtores rurais. Com isso, os índices de produtividade, custos de implantação, custos fixos e variáveis, ou seja, todos os números resultantes tendem a ser próximos da realidade regional. Destaca-se que os índices e os custos declarados por cada participante não foram relacionados com as suas respectivas propriedades, mas com aquela declarada no início do painel como a que melhor representa o tamanho e o sistema de produção da maioria das propriedades locais (Carvalho et al., 2009). Cada unidade típica descrita nos painéis representa um sistema de produção modal de cria bovino.

Foram identificados, descritos e avaliados 21 sistemas de produção de gado de corte em sete estados do Brasil, os quais realizavam apenas a etapa de cria: Mato Grosso do Sul - MS (oito sistemas de produção), Goiás - GO (quatro), Rio Grande do Sul - RS (um), Minas Gerais - MG (quatro), Tocantins - TO (dois), São Paulo - SP (um) e Bahia - BA (um).

### 3. Métodos Multicritério Ordinais

O Apoio Multicritério à Decisão consiste em um conjunto de métodos e técnicas, formalizados a partir da década de 1970, para auxiliar ou apoiar a tomada de decisão em relação a um grupo de alternativas, quando da presença de critérios múltiplos. Alternativas e critérios devem possuir certas propriedades (Roy e Bouyssou, 1993): alternativas devem ser diferentes, exaustivas e excludentes entre si; critérios devem ser exaustivos, coerentes e não redundantes. Sobre a ação a ser tomada em relação às alternativas, objetivo de cada estudo, existem quatro

possibilidades principais, que em terminologia multicritério são chamadas de problemáticas (Roy, 2005):

- $P\alpha$  – problemática de seleção ou escolha: escolha da melhor alternativa entre todas as avaliadas;
- $P\beta$  – problemática de classificação ou divisão em classes: classificação das alternativas, agregando-as em classes;
- $P\gamma$  – problemática de ordenação: geração de uma ordenação para comparação das alternativas;
- $P\delta$  – problemática de descrição: corresponde à descrição de ações potenciais, de acordo com os critérios que influenciam as alternativas.

Os chamados métodos ordinais têm sua origem no século XVIII com aplicações à teoria da escolha social (*social choice theory*). Segundo Souza (2009), o grande impulso no estudo dos sistemas de votação no século XX trouxe uma forte contribuição aos métodos ordinais. A partir da década de 1980, os conceitos e teoremas surgidos no contexto da teoria da escolha social foram adaptados aos problemas do apoio multicritério à decisão (Bouyssou et al., 2010). Estes métodos são considerados bastante intuitivos e pouco exigentes tanto em termos computacionais quanto em relação às informações necessárias por parte do decisor. Deles não são necessários mais do que as pré-ordens relativas a cada critério. Para o uso dos métodos ordinais, o decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências ou, eventualmente, usar uma ordenação natural como, por exemplo, renda obtida. O resultado do método ordinal somente depende da pré-ordem atribuída pelo tomador de decisão a cada critério. Eventuais variações na função utilidade, mudanças de unidade de medida ou decorrentes de normalização não alteram o resultado final, desde que as pré-ordens não variem (Pomerol e Barba-Romero, 2000).

A grande vantagem da facilidade de uso e compreensão destes métodos por parte dos decisores é realçada por Laukkanen et al. (2005) e Kangas et al. (2006), que os aplicaram a problemas de gestão florestal e por Caillaux et al. (2011), que fazem uma aplicação à logística. Pomerol e Barba-Romero (2000) afirmam que estas duas características são importantes para a aceitação do método pelo usuário. Destacam ainda que as funções de utilidade são “frágeis” (exemplo, há possibilidade de alteração se forem perguntadas a um mesmo decisor em períodos e lugares diferentes) e que pré-ordens são mais robustas. Larichev et al. (1995) defendem que quando um decisor tem dificuldade em dar uma estimativa numérica precisa para os construtos é preferível conduzir a análise com julgamentos ordinais.

Na literatura os três métodos multicritério ordinais mais referenciados são os métodos de Borda, de Condorcet e de Copeland. Podem aparecer variantes mais elaboradas dos métodos básicos. Uma revisão de outros métodos ordinais encontra-se em Souza (2009).

Destacam-se brevemente, a seguir, as particularidades de cada método. Maiores detalhes podem ser vistos em Pomerol e Barba-Romero (2000). Casos de aplicação de métodos ordinais e agricultura e áreas correlatas podem ser vistos, por exemplo, em Bezerra et al. (2007), Gomes et al. (2007, 2009) e Valladares et al. (2008).

### 3.1. Procedimento de agregação de Borda

O método de Borda, que na essência é uma soma de *ranks*, tem a grande vantagem da simplicidade e, por isso, algumas de suas variantes são usadas em competições desportivas (Kladroba, 2000; Soares de Mello et al., 2005b; Chaves et al., 2010). Para o uso do método de Borda o decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências. A alternativa mais preferida recebe um ponto, a segunda dois pontos e assim sucessivamente. Os pontos atribuídos pelos decisores a cada alternativa são somados (pré-ordem agregada) e a alternativa que tiver obtido a menor pontuação é a escolhida (Dias et al., 1996). Todas as alternativas são ordenadas por ordem decrescente de pontuação (o que garante o respeito ao axioma da totalidade de Arrow). Cabe ressaltar que, conforme afirmam Pomerol e Barba-Romero (2000), a ordem crescente também pode ser usada, sendo a ordem decrescente empregada somente por razões de coerência.

Algumas propriedades deste método são a seguir destacadas (Bouyssou et al. 2010):

- Ordem Fraca (*Weak Order*): a relação de preferência global é sempre uma ordem fraca (ranking, possivelmente com empates);
- Exatidão (*Faithfulness*): se há apenas uma dimensão, a preferência global é idêntica à relação de preferência nesta única dimensão;
- Anulação (*Cancellation*): se para cada par de alternativas há o mesmo número de critérios em favor da primeira e em favor da segunda, então as alternativas estão empatadas (são indiferentes em pré-ordem);
- Neutralidade (*Neutrality*): o resultado da agregação depende apenas da posição das alternativas nas relações de preferência;
- Consistência (*Consistency*): ao considerar diversos perfis de critérios, as relações de preferência nos perfis individuais devem ser consistentes com a função de agregação global.

Segundo Bouyssou et al. (2010), o método de Borda é o único que gera uma função de agregação que satisfaz a estas cinco propriedades. Pomerol e Barba-Romero (2000) destacam ainda que este método gera uma verdadeira pré-ordem agregada, total e intransitiva, que é puramente ordinal e totalmente independente de utilidades atribuídas a cada critério. No entanto, apesar destas características, de sua simplicidade e do amplo uso de suas variações, o método de Borda não respeita um dos mais importantes axiomas de Arrow (Arrow e Raynaud, 1986): o da independência em relação às alternativas irrelevantes. Ou seja, a posição final de duas alternativas não é independente em relação às suas classificações em relação a alternativas irrelevantes. Tal fato pode gerar distorções, com destaque para a extrema dependência dos resultados em referência ao conjunto de avaliação escolhido e a possibilidade de manipulações pouco honestas.

### 3.2. Método de Condorcet

O método de Condorcet, considerado precursor da atual escola francesa de multicritério, trabalha com relações de superação. As alternativas são comparadas sempre duas a duas e constrói-se um grafo (Boaventura Neto, 2003) que expressa a relação entre elas. Através da representação da relação de preferência por um grafo, a determinação de alternativas dominantes e dominadas (quando existem) fica bastante facilitada. Quanto existe uma e só uma alternativa dominante, ela é a escolhida. Como exemplo, para o par de alternativas (A, B), caso o número de critérios em que A vence B é maior que o número de critérios em que B vence A, A é globalmente preferível a B. Caso estes números sejam iguais, A é indiferente a B.

Os axiomas do método de Condorcet são (Bouyssou et al., 2010):

- Anonimato (*Anonymity*): todos os critérios têm a mesma importância na análise. O método de Condorcet ponderado pode ser uma solução caso o decisor queira impor diferenças de importância entre os critérios e, neste caso, o método torna-se uma versão simplificada do ELECTRE (Soares de Mello et al., 2004);
- Plenitude (*Completeness*): a relação de preferência global é sempre completa, ou seja, nenhum par de alternativas é incomparável;
- Neutralidade (*Neutrality*): o resultado da agregação depende apenas da posição das alternativas nas relações de preferência, ou seja, não se deseja favorecer alternativas *a priori*;
- Capacidade de resposta positiva (*Positive Responsiveness*): Suponha que haja dois perfis iguais de critérios, exceto por um critério (P e P'). Se A é globalmente não pior que B no perfil P e se A é melhor que B em P', então A é globalmente melhor que B.
- Independência a alternativas irrelevantes (*Independence of Irrelevant Alternatives*): a preferência global entre A e B depende apenas de suas posições relativas em P, e não de outras alternativas.

Caso seja desejado agregar perfis de ordens fracas em relações binárias, o método de Condorcet é o único que gera uma função de agregação que satisfaz a estas cinco propriedades (Bouyssou et al., 2010).

Este método, menos simples que o procedimento de Borda, tem como vantagem impedir distorções ao fazer com que a posição relativa de duas alternativas independa de suas posições relativas a qualquer outra. No entanto, pode conduzir ao chamado ‘paradoxo de Condorcet’, ou situação de intransitividade. Isso acontece quando a alternativa A supera a alternativa B, que supera a C, que por sua vez supera a alternativa A (Figura 1). Embora esta situação seja potencialmente problemática, há formas de lidar com ela (Slowinski et al., 2012) e até de aproveitá-la em certos problemas (Gehrlein, 1983; Soares de Mello et al., 2005a). Os ciclos de intransitividade são problemáticos porque impossibilitam que seja gerada uma ordenação das alternativas, ou seja, a relação binária não é uma pré-ordem. Quando os ciclos de intransitividade não aparecem, o método de Condorcet deve ser preferido ao de Borda (Pomerol e Barba-Romero, 2000; Soares de Mello et al., 2004).

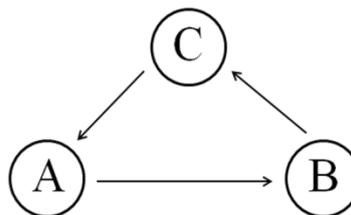


Figura 1: Tripla de Condorcet.

### 3.3. Método de Copeland

O método de Copeland (Copeland, 1951) usa a mesma matriz de adjacência que representa o grafo do método de Condorcet. A partir dela calcula-se a soma das vitórias menos a soma das derrotas, em uma votação por maioria simples. As alternativas são então ordenadas pelo resultado dessa soma. Em Henriot (1985), Saari e Merlin (1996) e Merlin e Saari (1997) encontram-se a caracterização e a base axiomática do procedimento de Copeland. Felsenthal (2010) examina diversos procedimentos de votação e afirma que o método de Copeland é um dos que apresenta características mais desejáveis para este tipo de abordagem.

O método de Copeland alia a vantagem de sempre fornecer uma ordenação total (ao contrário do método de Condorcet) ao fato de dar o mesmo resultado 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 ordenação das alternativas que não pertencem a nenhum ciclo de intransitividade. Ou seja, para estas alternativas o procedimento não é sensível à presença de ciclos e circuitos.

Em outras palavras: se o método de Condorcet não apresentar ciclos de intransitividade, o método de Copeland satisfaz o axioma da independência em relação às alternativas irrelevantes. Em qualquer caso, sempre fornece uma ordem total. Caso haja ciclos de intransitividade, o método de Copeland faz uma ordenação menos dependente das alternativas irrelevantes do que o método de Borda. Na combinação destas duas propriedades reside a grande vantagem do método de Copeland.

Apesar de computacionalmente mais exigente que Borda, quando há necessidade de estabelecer uma relação de pré-ordem, ou ordem *latus sensu*, este método fornece sempre uma resposta (ao contrário do método de Condorcet) e, apesar de não eliminar, reduz bastante a influência de alternativas irrelevantes (Gomes Junior et al., 2008).

O método de Copeland pode ser considerado um compromisso entre as filosofias opostas de Borda e Condorcet, reunindo, dentro do possível, as vantagens dos dois e, por isso, foi a abordagem escolhida neste artigo. Conforme destacado por Pomerol e Barba-Romero (2000), nenhum método ordinal tem todas as qualidades desejáveis, o que está em acordo com o teorema de Arrow, que afirma que não há função de agregação que atenda a todas as propriedades (ou

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

axiomas) desejáveis (Universalidade, Unanimidade ou Pareto, Independência a alternativas irrelevantes, Transitividade e Totalidade).

Em seguida exemplifica-se passo a passo a aplicação do método de Copeland, conforme Gomes et al. (2009). Sejam três decisores, D1, D2 e D3, que expressam suas preferências ordinais para cinco alternativas (a, b, c, d, e), como na Tabela 1. Verifica-se que a alternativa 'a' é preferida em relação à alternativa 'b' por um decisor, e preterida pelos demais. Ao construir a matriz de Condorcet, o elemento (a,b) terá o valor 0 e o (b,a) o valor 1. O restante da matriz é construída analogamente. As comparações são mostradas na Tabela 2 e a matriz de Condorcet na Tabela 3.

Tabela 1. Exemplo da aplicação do método de Condorcet.

D1	D2	D3
a	b	b
d	a	a
e	e	c
c	c	d
b	d	e

Tabela 2. Comparações par a par das alternativas.

a	1	X	b	2
a	3	X	c	0
a	3	X	d	0
a	3	X	e	0
b	2	X	c	1
b	2	X	d	1
b	2	X	e	1
c	2	X	d	1
c	1	X	e	2
d	2	X	e	1

Tabela 3. Matriz de Condorcet.

	a	b	c	d	e
a	-	0	1	1	1
b	1	-	1	1	1
c	0	0	-	1	0
d	0	0	0	-	1
e	0	0	1	0	-

Para obter a pontuação de Copeland para cada alternativa somam-se os valores da linha correspondente a essa alternativa (“vitórias”) e subtraem-se os valores da coluna (“derrotas”). Por exemplo, para a alternativa 'a' somam-se os valores da primeira linha (= 3) e diminuem-se os da primeira coluna (= 1), obtendo-se o resultado 2. Para este exemplo, a ordenação das alternativas é: b (= 4); a (= 2); c, d, e (= -2).

### 4. Modelagem

Para estruturar um problema multicritério devem-se definir as alternativas a avaliar, os critérios de decisão, além do método adequado ao estudo (Gomes et al., 2004). Pelas razões mencionadas na seção 3 foi escolhido o método multicritério ordinal de Copeland.

As alternativas do modelo multicritério foram os 21 sistemas modais de cria, conforme descrito na seção 2.

Os critérios aqui usados foram selecionados dentre as variáveis apuradas durante os painéis. A escolha foi feita por um pesquisador que participou de alguns destes eventos e que possui experiência em análise de sistemas de produção de bovinos de corte (Abreu et al., 2011).

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

De um total de 21 índices sintéticos construídos por especialistas da área a partir das variáveis coletadas durante os painéis (taxas de mortalidade pré e pós-desmama; relação touro/vaca; intervalo entre partos; idade à primeira cria; crias produzidas por vaca; idade total da vaca; taxas de natalidades de múltíparas e de matrizes; taxas de descarte de matrizes e de touros; taxa de desfrute; idade de abate; taxa de lotação das pastagens; ganho médio de peso de bezerros e de bezerras; ganho médio de peso de novilhas e de novilhos; ganho médio de peso de garrotes, de boi magro e de boi gordo) foram escolhidas, com base na experiência desse pesquisador, cinco variáveis candidatas a compor o modelo, agrupadas em duas categorias:

- Critérios zootécnicos: intervalo entre partos (IEP); taxa de natalidade de matrizes (TNMZ); taxa de natalidade de múltíparas (TNMP).
- Critérios produtivos: número de bezerros comercializados (BEZ); número de vacas de descarte (VDESC).

A Tabela 4 traz os valores de cada um destes critérios. Os critérios produtivos foram normalizados pelo número de reprodutores para eliminar distorções em relação à escala. As distorções ocorreriam pelo fato de os critérios zootécnicos serem índices (que independem da escala) e os critérios produtivos serem valores absolutos (dependentes da escala). A escolha da normalização pelo número de reprodutores justifica-se pelo fato de que os reprodutores são a principal categoria adquirida de fora do sistema de produção de cria e que infere na utilização eficiente do rebanho.

Individualmente, avalia-se que o IEP constitui a característica mais importante na avaliação da eficiência reprodutiva do rebanho cria. A duração ideal é de 12 meses, ou seja, um bezerro/vaca/ano. A TNMZ é o número total de bezerros nascidos em determinado ano pecuário dividido pelo número de fêmeas (novilhas e vacas) em reprodução naquele ano. TNMP é o número total de bezerros nascidos em determinado ano pecuário dividido pelo número de fêmeas com mais de uma parição (vacas múltíparas).

Tabela 4. Alternativas, critérios zootécnicos e critérios produtivos.

Sistemas modais de cria		IEP	TNMP	TNMZ	BEZ/REP	VDESC/REP
Municípios	Código					
Alvorada	A	14	85,7	80,4	11,88	2,42
Amambai	B	14	85,7	77,3	9,77	2,73
Aquidauana	C	20	60,0	64,4	7,77	2,33
Bonito	D	15,5	77,4	68,2	11,89	5,37
Brasilândia	E	15	80,0	66,9	9,48	5,82
Camapuã	F	18	66,7	62,8	7,04	3,57
Carlos Chagas	G	15	80,0	68,4	15,30	8,24
Catalão	H	16	75,0	69,1	10,20	5,29
Corumbá	I	24	50,0	55,9	6,64	2,91
Itamarajú	J	18	66,7	60,8	10,75	4,40
Lavras do Sul	K	16	75,0	66,0	11,47	5,93
Montes Claros	L	17	70,6	63,1	9,17	5,47
Niquelândia	M	16	75,0	75,4	9,25	4,76
Paraíso do Tocantins	N	16	75,0	71,9	10,62	3,02
Porangatu	O	18	66,7	66,4	9,49	4,75
Ribas do Rio Pardo	P	15	80,0	69,5	9,32	4,56
Rio Verde	Q	16	75,0	69,9	8,46	3,54
São Gabriel do Oeste	R	18	66,7	64,8	8,70	3,66
Tupã	S	16	75,0	67,5	8,89	5,80
Uberaba	T	15	80,0	67,7	13,51	7,37
Uberlândia	U	15	80,0	68,8	10,14	5,07

IEP – intervalo entre partos; TNMP – taxa de natalidade de múltíparas; TNMZ – taxa de natalidade de matrizes; BEZ/REP – número de bezerros comercializados/número de reprodutores; VDESC/REP – número de vacas descartadas/número de reprodutores.

Em sistemas de cria, as principais categorias do rebanho que são comercializadas são os bezerros e as vacas de descarte. Nos sistemas de produção de bezerros com menores índices reprodutivos, a importância da renda da categoria de descarte, principalmente vacas, é proporcionalmente maior que a do bezerro. Na medida em que a eficiência reprodutiva das fêmeas aumenta, especialmente a taxa de natalidade, a renda da venda de bezerros passa a ser proporcionalmente mais importante (Abreu et al., 2003). Quanto maior o número de bezerros e de vacas de descarte vendidos por reprodutor, melhor o desempenho produtivo do sistema.

As duas taxas de natalidade têm definição similar. A diferença entre elas é que na TNMZ consideram-se não somente as múltiparas, mas também as novilhas e as primíparas. Como estes critérios poderiam ser considerados como redundantes, situação que violaria um dos axiomas de Roy quanto à família de critérios (Roy e Bouyssou, 1993), decidiu-se por um estudo preliminar para selecionar qual das duas taxas deveria compor o modelo. O método de Borda foi escolhido para este estudo preliminar. Foram estudados dois conjuntos de dados. Em ambos, os critérios produtivos foram BEZ e VDESC. No primeiro, os critérios zootécnicos foram IEP e TNMP. No segundo, IEP e TNMZ. Após a execução do método de Borda para cada classe de critérios, foi feito um estudo sobre a correlação de *ranks* (correlação não paramétrica de Spearman), sendo a estimativa encontrada (0,73) altamente significativa ( $p < 0,01$ ). Decidiu-se, assim, pelo critério TNMZ. A decisão foi tomada levando em conta que, em teoria, os critérios produtivos são explicados pelos critérios zootécnicos. Assim, o conjunto de critérios que maximizou a relação entre a agregação de critérios produtivos e a agregação de critérios zootécnicos foi o escolhido.

**5. Resultados**

De posse das variáveis a compor cada categoria de critérios (zootécnicos – IEP e TNMZ; produtivos – BEZ/REP e VDESC/REP) foi rodado um algoritmo do método de Copeland para cada categoria, resolvendo-se duas  $P\gamma$ . Em seguida, com as ordenações de cada alternativa em cada categoria, foi verificada a diferença de posição de cada alternativa em relação aos dois grupos de critérios. Essa diferença foi responsável pela identificação de cinco tipologias de sistemas modais de cria: alto desempenho em critérios zootécnicos (ADCZ), médio desempenho em critérios zootécnico (MDCZ), alto desempenho em critérios produtivos (ADCP), médio desempenho em critérios produtivos (MDCP), desempenho médio em ambos os critérios (DEMZP). Foi assim resolvida uma  $P\beta$ .

A Tabela 5 mostra as matrizes de Condorcet (matrizes de comparações pareadas) que geram os *ranks* de Copeland para os critérios zootécnicos (a) e de produção (b).

Tabela 5: Matriz de comparações pareadas para as famílias de critérios zootécnicos (a) e produtivos (b).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
A	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	1	-	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
E	0	0	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
F	0	0	1	0	0	-	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
H	0	0	1	1	1	1	1	-	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	1	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	-	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
L	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	-	0	0	1	0	0	1	0	0	0
M	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1
N	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-	1	1	1	1	1	1	1
O	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	-	0	0	1	0	0	0
P	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1
Q	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	-	1	1	1	1
R	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	-	0	0	0
S	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	-	0	0
T	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	-	1
U	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	-

(a)

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
A	-	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
B	1	-	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
C	0	0	-	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	1	1	1	-	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
E	1	1	1	1	-	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
F	1	1	1	0	0	-	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
G	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H	1	1	1	0	1	1	0	-	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
I	1	1	1	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	1	1	1	0	1	1	0	1	1	-	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
K	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
L	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	-	1	1	1	1	1	1	1	0	1
M	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	-	1	1	1	1	1	1	0	0
N	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	-	1	1	1	1	1	0	1
O	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	-	1	1	1	1	0	0
P	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	-	1	1	1	0	0
Q	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	-	0	0	0	0
R	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	-	0	0	0
S	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	-	0	1
T	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1
U	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-

(b)

Na Tabela 6 mostram-se os *ranks* em cada uma destas famílias de critérios. As tipologias são apresentadas na Tabela 7.

A correlação não paramétrica de Spearman para o grupo dos 21 sistemas modais de cria foi estimada em 0,14, não significativo ( $p > 0,01$ ), ou seja, não há tendência de sistemas de melhor *rank* nos critérios zootécnicos também serem bem classificados no *rank* produtivo.

Observa-se que nos sistemas modais do grupo ADCZ, composto pelos municípios A, B, M, P e Q, há grande contraste entre os *ranks* zootécnicos e produtivos. As diferenças são mais de 10 posições e a correlação não paramétrica de Spearman para este grupo foi estimada em -0,29. Apesar de não significativa ( $p > 0,01$ ), há tendência de sistemas com melhores índices zootécnicos em não possuir bons índices produtivos devido ao valor negativo da correlação. Provavelmente são rebanhos menores, onde os índices zootécnicos são maiores, mas os índices produtivos são médios. As médias de IEP e da TNMZ foram 15 meses e 74%, respectivamente.

Os municípios que apresentaram melhor eficiência nos índices produtivos foram D, G, H, S e T, que formaram o grupo ADCP. As médias de BEZ/REP e de VDESC/REP foram, respectivamente, 12 bezerros por reprodutor e 6 vacas de descarte por reprodutor, indicando uso eficiente dos touros. A correlação não paramétrica de Spearman entre a classificação nos índices zootécnicos e produtivos foi estimada 0,95, altamente significativo ( $p > 0,01$ ). Neste caso os municípios tenderam a possuir resultados eficientes tanto nos índices zootécnicos como nos produtivos, ao contrário do grupo ADCZ. Isto provavelmente ocorreu devido tanto ao uso mais eficiente dos reprodutores no rebanho, quanto de melhores tecnologias de manejo reprodutivo.

Os grupos MDCZ e MDCP são compostos por sistemas modais nos quais os índices zootécnicos e produtivos são médios. As médias dos valores de IEP e TNMZ para MDCZ e MDCP foram, respectivamente, 15 e 17 meses, 71 e 65%. Em relação aos índices produtivos, as médias de BEZ/REP e de VDESC/REP foram 10 bezerros para ambos os grupos, 4 e 5 vacas de descarte para MDCZ e MDCP, respectivamente. De maneira geral são sistemas que não alcançaram o equilíbrio entre os dois aspectos. A causa provável é a baixa adoção e a falta de ajuste de tecnologias, ou fatores limitantes de ordem ambiental como, por exemplo, região com solos de baixa qualidade.

Os municípios C, F, I, O e R foram classificados como desempenho médio tanto nos índices zootécnicos como nos produtivos. Os municípios C e I são localizados no Pantanal onde, em função das peculiaridades do bioma, os rebanhos e as propriedades são grandes, mas com índices zootécnicos menos eficientes (Abreu et al., 2010). Por outro lado, os sistemas modais dos municípios F, O e R possuem rebanhos com índices médios, mas propriedades e rebanhos pequenos. Os índices médios foram 20 meses para IEP, 63% TNMZ, 8 BEZ/REP e 3

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

VDESC/REP. Tais resultados caracterizam sistemas, de maneira geral, com desempenho inferior aos observados nos outros municípios. A estimativa de 0,90 da correlação não paramétrica de Spearman, altamente significativa ( $p < 0,01$ ) indicou que os municípios apresentam índices menores, tanto zootécnicos como produtivos, o que direciona para a necessidade de incorporar tecnologias zootécnicas e de gestão para melhorar os índices como um todo.

Tabela 6. *Ranks* de Copeland para as famílias de critérios zootécnicos e produtivos.

Sistemas modais de cria		Rank	
		Zootécnicos	Produtivos
Municípios	Código	IEP e TNMZ	BEZ e VDESC
Alvorada	A	1	21
Amambai	B	2	14
Aquidauana	C	19	20
Bonito	D	10	3
Brasilândia	E	1	5
Camapuã	F	18	18
Carlos Chagas	G	7	1
Catalão	H	12	6
Corumbá	I	21	19
Itamarajú	J	19	9
Lavras do Sul	K	14	3
Montes Claros	L	16	6
Niquelândia	M	3	13
Paraíso do Tocantins	N	5	9
Porangatu	O	14	12
Ribas do Rio Pardo	P	3	14
Rio Verde	Q	7	16
São Gabriel do Oeste	R	17	16
Tupã	S	13	6
Uberaba	T	7	2
Uberlândia	U	5	9

Tabela 7: Tipologias dos sistemas modais, segundo desempenhos nos critérios zootécnicos e produtivos.

DEMZP		ADCZ		ADCP	
Aquidauana	C	Alvorada	A	Bonito	D
Camapuã	F	Amambai	B	Carlos Chagas	G
Corumbá	I	Niquelândia	M	Catalão	H
Porangatu	O	Ribas do Rio Pardo	P	Tupã	S
São Gabriel do Oeste	R	Rio Verde	Q	Uberaba	T
		MDCZ		MDCP	
		Brasilândia	E	Itamarajú	J
		Paraíso do Tocantins	N	Lavras do Sul	K
		Uberlândia	U	Montes Claros	L

ADCZ – alto desempenho em critérios zootécnicos; MDCZ – médio desempenho em critérios zootécnicos; ADCP – alto desempenho em critérios produtivos; MDCP – médio desempenho em critérios produtivos; DEMZP – desempenho médio em ambos os critérios.

### 6. Conclusões

Neste artigo propôs-se o método ordinal de Copeland para avaliar o desempenho de sistemas modais de cria, segundo critérios zootécnicos e de produção. Cabe ressaltar que a escolha das variáveis foi feita com base na experiência de um pesquisador, participante de alguns dos painéis, com formação técnica na área e especialista em sistemas de produção de bovinos de corte.

A comparação dos resultados da posição relativa das alternativas nessas categorias possibilitou sua alocação em classes ou tipologias de desempenho. O método multicritério ordinal de Copeland foi o escolhido por não necessitar de julgamentos de valor sobre a importância de critérios e/ou alternativas. Além disso, dentre os métodos ordinais é o que representa um compromisso entre as filosofias opostas de outros métodos ordinais, quais sejam, Borda e Condorcet, e reúne as vantagens dos outros métodos.

Os resultados indicam que o Brasil apresenta grande variação nos sistemas de produção que são dedicados à fase de cria de gado de corte. Apesar de a amostra de sistemas não ser tão variada (foram analisados apenas sistemas de produção de sete estados do Brasil) foram identificados cinco grupos, segundo o desempenho nos critérios zootécnicos e produtivos (alto, baixo ou médio). Isto sugere que sistemas modais de produção em ecossistemas diferenciados devem apresentar políticas de desenvolvimento pecuário também diferenciadas. Devem considerar as tecnologias possíveis de serem implantadas em cada situação e ter como objetivo balancear os aspectos zootécnicos e produtivos da atividade. A sustentabilidade de toda estrutura produtiva da cadeia de pecuária de corte depende deste ajuste para manter o mercado com oferta de animais para recria e engorda.

### Agradecimentos

À Embrapa (Macroprograma 1), ao CNPq e à Faperj, pelo apoio financeiro.

### Referências Bibliográficas

ABREU, U.G.P.; CARVALHO, T.B. & ZEN S. (2011). Tipologia de sistemas de produção em pecuária de corte no Brasil. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 48., Belém. Anais.

ABREU, U.G.P.; CEZAR, I.M. & TORRES, R.A. (2003). Análise bioeconômica da introdução de período de monta em sistemas de produção de rebanhos de cria na região do Brasil Central. Revista Brasileira de Zootecnia, 3, 1198-1206.

ABREU, U.G.P.; MCMANUS, C. & SANTOS, S.A. (2010). Cattle ranching, conservation and transhumance in the Brazilian Pantanal. Pastoralism - Research, Policy and Practice, 1, 99-114.

ARROW, K.J. & RAYNAUD, H. (1986). Social choice and multicriterion decision-making. London: The MIT Press. 138p.

ARRUDA, Z.J. DE & SUGAI, Y. (1994). Regionalização da pecuária bovina no Brasil. Campo Grande: EMBRAPA-CNPq. 144p.

BARCELLOS, J.O.J.; OSPINA, H.; PRATES, E.R.; LÓPEZ, J.; MÜHLBACH, P.R.F. (2000). Ganadería de cría en ambientes sub-tropicales: sub-trópico argentino y centro-sur brasileño. Revista Argentina de Producción Animal, v.sn, n.ocasional, p.1-13.

BARROS, G.S.C.; FACHINELLO, A.L.; SILVA, A.F. (2011). Desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas do algodão, cana de açúcar, soja, pecuária de corte e leite no Brasil.

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Piracicaba: CEPEA. Disponível em [http://www.cepea.esalq.usp.br/pibpec/PIB\\_Cadeias\\_relatorio2009\\_10.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pibpec/PIB_Cadeias_relatorio2009_10.pdf). Acesso em 14 maio 2012.

BEZERRA NETO, F.; GOMES, E.G. & OLIVEIRA, A. M. (2007). Produtividade biológica em sistemas consorciados de cenoura e alface avaliada através de indicadores agroeconômicos e métodos multicritério. *Horticultura Brasileira*, 25, 193-198.

BITTENCOURT, T.C.C.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F. (2006). Objetivos de seleção para sistemas de produção de gado de corte em pasto: ponderadores econômicos. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58 (2), 196-204.

BOAVENTURA NETO, P.O. (2003). *Grafos: teoria, modelos, algoritmos*. 3a ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher. 328p.

BOUYSSOU, D.; MARCHANT, T.; PIRLOT, M.; TSOUKIAS, A. & VINCKE, P. (2010). *Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria: stepping stones for the analyst*. New York: Springer. 438p.

CAILLAUX, M.A.; SANT'ANNA, A.P.; ANGULO MEZA, L. & SOARES DE MELLO, J.C.C.B. (2011). Container logistics in Mercosur: choice of a transshipment port using the ordinal Copeland method, data envelopment analysis and probabilistic composition. *Maritime Economics and Logistics*, 13 (4), 355-370.

CARDOSO, E.G. (1994). *A cadeia produtiva da pecuária bovina de corte*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. 17p.

CARVALHO, T. B. DE; ZEN, S, DE & FERREIRA, P.C. (2008) Caracterização da atividade pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. In: *Reunião da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 46., 2008. Rio Branco. Anais.

CARVALHO, T. B. DE; ZEN, S, DE & TAVARES É.C.N. (2009) Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. In: *Reunião da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 47., 2009. Porto Alegre. Anais.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA -CEPEA (2010). Metodologia do índice de preços dos insumos utilizados na produção pecuária brasileira. 2010. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/boi/metodologiacna.pdf>>. Acesso em: 24 março 2010..

CEPEA CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (2012). *PIB Agro CEPEA-USP/CNA*. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em 14 maio 2012.

CEZAR, I.M.; QUEIROZ, H.P.; THIAGO, L.R.L.S.; CASSALES, F.L.G.; COSTA, F.P. (2005). *Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 40 p. (Documentos, 151).

CHAVES, M.C.C.; GOMES JUNIOR, S.F. & PEREIRA, E.R.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. (2010). Método multicritério ELCTRE II na avaliação de pilotos no campeonato de Fórmula 1. *Produção*, 20, 102-113.

CHRISTOFARI, L.F.; BARCELLOS, J.O.J.; COSTA, E.C.; OAIGEN, R.P.; BRACCINI NETO, J.; GRECELLÉ, R.A. (2008). Tendências na comercialização de bezerros relacionadas às características genéticas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37 (1), 171-176.

COPELAND, A.H. (1951). A reasonable social welfare function. In: *Seminar on Applications of Mathematics to Social Sciences*. Michigan: University of Michigan.

DIAS, L.M.C.; ALMEIDA, L.M.A.T. & CLÍMACO, J.C.N. (1996). *Apoio Multicritério à Decisão*. Coimbra: Universidade de Coimbra. 175p.

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

EUCLIDES FILHO, K. (2000). Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo–ambiente–mercado. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte.

FELSENTHAL, D.S. (2010). Review of paradoxes afflicting various voting procedures where one out of  $m$  candidates ( $m \geq 2$ ) must be elected. In: *Assessing Alternative Voting Procedures*. London: London School of Economics and Political Science. Disponível em: <http://eprints.lse.ac.uk/27685/>. Acesso em: 17 maio 2012.

GEHRLEIN, W.V. (1983). Condorcet's paradox. *Theory and Decision*, 15, 161-197.

GOMES JUNIOR, S.F.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. & SOARES DE MELLO, M.H.C. (2008). Utilização do método de Copeland para avaliação dos pólos regionais do CEDERJ. *Rio's International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management*, 2, 87-98.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. & MANGABEIRA, J.A.C. (2007). Agregação ordinal de produtividades parciais: estudo de caso em agricultura familiar. *Investigação Operacional*, 27, 199-213.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. & MANGABEIRA, J.A.C. (2009). Avaliação de desempenho de agricultores familiares com o método multicritério de Copeland. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 1, 159-168.

GOMES, L.F.A.M.; GONZÁLEZ-ARAYA, M.C. & CARIGNANO, C. (2004). Tomada de Decisão em Cenários Complexos: Introdução aos Métodos Discretos do Apoio Multicritério à Decisão. São Paulo: Pioneira Thompson Learning. 168p.

HENRIET, D. (1985). The Copeland choice function: an axiomatic characterization. *Social Choice and Welfare*, 2 (1), 49-63.

JORGE JÚNIOR, J.; CARDOSO, V.L.; ALBUQUERQUE, L.G. (2007). Objetivos de seleção e valores econômicos em sistemas de produção de gado de corte no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1549-1558.

KANGAS, A.; LAUKKANEN, S. & KANGAS, J. (2006). Social choice theory and its applications in sustainable forest management-a review. *Forest Policy and Economics*, 9, 77-92.

KLADROBA, A. (2000). Das Aggregations Problem bei der Erstellung von Rankings: Einige Anmerkungen am Beispiel der Formel 1 Weltmeisterschaft 1998. *Jahrbucher für Nationalökonomie und Statistik*, 220, 302-314.

LARICHEV, O.I.; OLSON, D.L., MOSHKOVICH, H.M. & MECHITOV, A.J. (1995). Numerical vs cardinal measurements in multiattribute decision making: how exact is enough? *Organization Behavior and Human Decision Processes*, 64 (1), 9-21.

LAUKKANEN, S.; PALANDER, T. & KANGAS, J. (2005). Applying voting theory in participatory decision support for sustainable timber harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 1511-1524.

MERLIN, V.R. & SAARI, D.G. (1997). Copeland method II: manipulation, monotonicity, and paradoxes. *Journal of Economic Theory*, 72, 148-172.

PLAXICO, J.S. & TWEETEN, L.G. (1963). Representative farms for policy and projection research. *Journal of Farm Economics*, 45, 1458-1465.

POMEROL, J.C. & BARBA-ROMERO, S. (2000). *Multicriterion decision in management: Principles and practice*. Boston: Kluwer Academic. 395p.

ROY, B. & BOUYSSOU, D. (1993). *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Paris: Economica. 695p.

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

- ROY, B. (2005). Paradigms and Challenges. In: Figueira, J.; Greco, S. & Ehrgott, M. (eds.) Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. New York: Springer Science, p. 3-18.
- SAARI, D.G. & MERLIN, V.R. (1996). The Copeland method I: relationships and the dictionary. *Economic Theory*, 8 (1), 51-76.
- SLOWINSKI, R.; GRECO, S. & MATARAZZO, B. (2012). Rough set and rule-based multicriteria decision aiding. *Pesquisa. Operacional*, 32, 213-269.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; GOMES, L.F.A.M.; BIONDI NETO, L. & ANGULO MEZA, L. (2005a). Avaliação do tamanho de aeroportos portugueses com relações multicritério de superação. *Pesquisa Operacional*, 25, 313-330.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, L.F.A.M.; GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, M.H.C. (2005b). Use of ordinal multi-criteria methods in the analysis of the Formula 1 World Championship. *Cadernos EBAPE.BR*, 3 (2).
- SOARES DE MELLO, M.H.C.; QUINTELLA, H.L.M.M.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. (2004). Avaliação do desempenho de alunos considerando classificações obtidas e opiniões dos docentes. *Investigação Operacional*, 24, 187-196.
- SOUZA, P.C.F. (2009). Seleção de construtora como parceira para empreendimento de energia elétrica: utilização dos métodos ordinais do apoio multicritério à decisão. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração). IBMEC: Rio de Janeiro. 109p.
- VALLADARES, G.S.; GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A. G ; BENITES, V. M. (2008). Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 285-296.