

Agregação ordinal de produtividades parciais: estudo de caso em agricultura familiar

Eliane Gonçalves Gomes [†]
João Carlos Correia Baptista Soares de Mello [‡]
João Alfredo de Carvalho Mangabeira ^{*}

[†] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
Brasil
eliane.gomes@embrapa.br

[‡] Universidade Federal Fluminense – Dep. de Engenharia de Produção
Brasil
jcsmello@pesquisador.cnpq.br
<http://www.uff.br/decisao>

^{*} Embrapa Monitoramento por Satélite
Brasil
manga@cnpem.embrapa.br

Abstract

Productivity is the most usual indicator to measure agricultural performance. In this paper, instead of using the usual TFP, econometric or DEA models, we propose a multicriteria approach (Copeland method) to evaluate land and labor productivity measurements jointly. We evaluated the performance evolution of a group of family farmers from Machadinho d'Oeste, State of Rondonia, Brazil. The study is centered in each farmer, in its individual characteristics, in order to verify the success and the evolution of each farmer.

Resumo

Medidas de produtividade são os indicadores mais usuais para medir desempenho em agricultura. Neste artigo, ao invés dos modelos usuais tipo TFP, econométricos ou DEA, propõe-se uma abordagem multicritério (método de Copeland) para a avaliação conjunta de medidas de produtividade da terra e do trabalho. A avaliação da evolução do desempenho foi feita para um grupo de agricultores familiares de Machadinho d'Oeste, Rondônia, Brasil. O estudo centrou-se em cada agricultor, com suas características individuais, de modo a acompanhar o sucesso e a evolução de cada agricultor.

Keywords: Productivity, multicriteria, Copeland method, family farmers

Title: Partial productivity ordinal aggregation: a case study with family farmers

1 Introdução

A avaliação do desempenho de unidades de produção agrícola é conduzida, em geral, por análises da produtividade. Medidas de produtividade referem-se genericamente à relação produto-insumo de um dado processo de transformação de uma unidade produtiva, organização ou região, e incorporam efeitos de mudança tecnológica e de eficiência (técnica, de escala e alocativa). Diferenças de produtividade decorrem de diferenças na tecnologia de produção, na eficiência do processo de produção e no ambiente no qual o processo produtivo ocorre (Sudit, 1995).

O crescimento da produtividade em agricultura tem sido objeto de intenso estudo, com atenção para as fontes de aumento da produtividade e as diferenças de produtividade entre países e regiões ao longo do tempo. Nesse contexto, citam-se os trabalhos de Hoffman e Jamas (1990), Bureau et al. (1995), Coelli (1996), Gasques e Conceição (1997), Toresan (1998), Bayarshihan e Coelli (2003), Avila e Evenson (2004), Gasques et al. (2004), Helfand e Levine (2004), Coelli e Rao (2005), Lissitsa e Odening (2005), Perobelli et al. (2005), Vicente (2005), entre outros. Esses trabalhos empregam, geralmente, medidas do tipo produtividade parcial e total dos fatores, abordagens econométrica ou de fronteiras de produção não paramétricas, como por exemplo, eficiência DEA-Malmquist (Färe et al., 1994).

Gasques e Conceição (1997) destacam que os indicadores de produtividade total dos fatores são mais indicados como medida do desempenho do crescimento da agricultura, já que as produtividades parciais, conforme discutido em Christensen (1975) e Ball et al. (1997), não capturam a interação dos diversos fatores envolvidos no processo produtivo.

Os indicadores de produtividade total dos fatores (TFP) são concebidos para incluir todos os insumos e produtos envolvidos no processo de produção. São medidos por índices como Fischer, Tornquist e Malmquist (Sudit, 1995). Geralmente são usados em séries temporais e requerem informações de preços, característica que limita suas aplicações em muitas situações (Toresan, 1998). Essa dependência dos preços tem ainda a desvantagem de incorporar ao modelo qualquer distorção temporária do mercado.

Abordagens econométricas estimam funções de produção “médias” e, segundo Lovell (1993), os modelos mais usados são os de máxima verossimilhança, mínimos quadrados ordinários corrigidos e mínimos quadrados ordinários deslocados. Pela dificuldade em considerar múltiplos produtos, expressam a produção, geralmente, por um índice agregado único, o que pode gerar problemas na escolha da ponderação.

As fronteiras de produção não paramétricas (tipo DEA, por exemplo) usam problemas de programação linear na construção de uma fronteira de produção empírica a partir de dados e para calcular uma medida de eficiência relativa (Cooper et al., 2004). No Brasil, estudos deste tipo foram feitos, por exemplo, por Toresan (1998), Pereira et al. (2002), Tupy e Yamaguchi (2002), Gomes e Mangabeira (2004), Gomes et al. (2005, 2009). Uma revisão da literatura sobre o uso de DEA em agricultura pode ser vista em Gomes (2008).

No setor agrícola, terra e trabalho são os fatores básicos de produção (Santos e Guerreiro, 2005) e o aumento da produtividade desses fatores promove crescimento econômico. Segundo Alves (2003), produtividade da terra e produtividade do trabalho são duas medidas de desempenho importantes na avaliação em agricultura, em especial, da agricultura familiar. A produtividade do trabalho é definida pela razão entre renda bruta e o número de trabalhadores. A produtividade da terra é dada pelo quociente entre renda bruta e área total. Alves (2003) destaca, entretanto, que não faz sentido estimar,

simultaneamente, a produtividade da terra e a do trabalho como definidas. Ressalta, porém, que é válido estimar a produtividade da terra e a área que cada trabalhador é capaz de cultivar, indicador que mede a capacidade do trabalhador em explorar a área de que dispõe.

Este artigo tem como objetivo propor uma nova abordagem para a avaliação de desempenho em agricultura com bases em medidas de produtividade. Ao invés de usar modelos tipo TFP, econométricos ou DEA, é proposto o uso do método multicritério ordinal de Copeland para fazer a avaliação conjunta desses indicadores. Essa foi a abordagem escolhida por três razões: a) as informações sobre os preços não estavam disponíveis e, mesmo que estivessem, era desejada uma avaliação que não considerasse as eventuais distorções causadas por “bolhas” de mercado; b) não era desejado impor uma determinada função de produção para os dados, que sempre constitui uma arbitrariedade; c) não era de interesse gerar uma medida agregada/ponderada de desempenho (ou “eficiência”), mesmo que os pesos fossem atribuídos de forma mais benevolente a cada produtor, já que o objetivo é comparar os agricultores entre si, sem recorrer a índices.

O estudo centrou-se em cada agricultor, com suas características individualizadas. Esta abordagem, ao invés da opção pela avaliação de áreas geográficas, deve-se ao interesse em monitorar o sucesso e a evolução de cada agricultor. A avaliação da evolução do desempenho foi para um grupo de agricultores familiares de Machadinho d'Oeste, município de Rondônia, Brasil, que surgiu como projeto de assentamento rural na década de 80. Foram usadas apenas as culturas mais importantes na região, a saber, arroz, milho e café, em três períodos de tempo. Foram usadas como base para avaliação as produtividades da terra e do trabalho para cada cultura. Pode-se, assim, contribuir para a avaliação de projetos de assentamento, indicando quais os casos individuais melhor sucedidos e, em uma etapa posterior, tentar identificar as razões do sucesso para subsidiar novos projetos.

2 Estudo de Caso

2.1 Importância

Pesquisadores da Embrapa Monitoramento por Satélite, unidade de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), idealizaram há 20 anos um projeto de acompanhamento, por 100 anos, de um número significativo de pequenas propriedades rurais no Estado de Rondônia, área de colonização agrícola na Amazônia (Miranda, 2005).

A pesquisa teve início na região de Machadinho d'Oeste, no nordeste do Estado de Rondônia. Cerca de 450 pequenas propriedades rurais têm sido acompanhadas anualmente por imagens de satélite e a cada três anos por meio de levantamentos de campo (Miranda, 2005). O antigo projeto de colonização agrícola tornou-se um município, com diversas transformações urbanas e rurais.

O monitoramento pelos pesquisadores de uma amostra de produtores rurais produziu (e ainda produz) uma série de dados sobre propriedades familiares instaladas em floresta tropical úmida, capazes de gerar indicadores sobre sua sustentabilidade agrícola. Essas informações, segundo Miranda (2005), podem influenciar políticas públicas para a região, em termos de assistência, pesquisa, financiamento etc.

2.2 Caracterização

Machadinho d'Oeste é município de Rondônia, localizado entre Ariquemes e Jaru, entre as coordenadas geográficas 61°47' e 63°00' de longitude WGr e 9°19' e 10°00' de latitude S, distanciado a aproximadamente 400 km da capital Porto Velho (Figura 1).

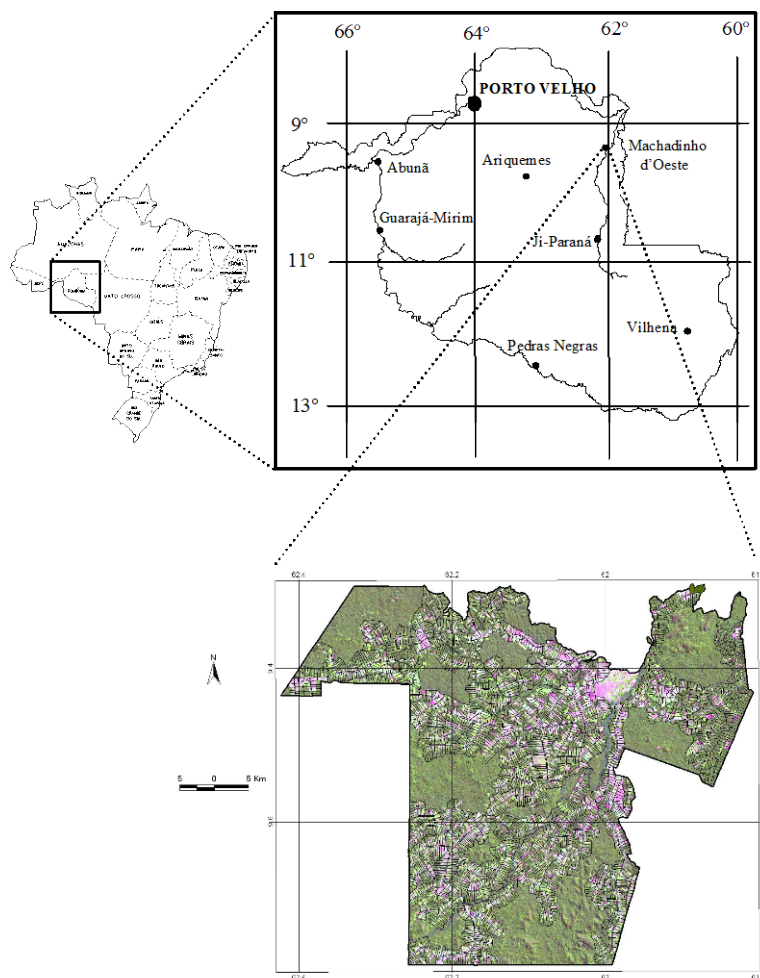


Figura 1: Localização de Machadinho d'Oeste (Miranda et al., 1997)

Ao ser instituído como município em 1988 (Machadinho d'Oeste, antes de ser município, era um projeto de assentamento rural – PA), seus limites foram ampliados e novas áreas foram incorporadas (4 outros projetos de colonização e 8 centros urbanos), em um total de 8.556 km².

O PA Machadinho foi dimensionado inicialmente para um total de 3.000 famílias de colonos, das quais mais de 2.000 já haviam chegado em 1984. Nesse ano, esse PA já tinha infra-estrutura mínima para a colonização agrícola, como estradas, núcleos urbanos de apoio, projeto fundiária implantado, lotes demarcados etc.

Em 1986 foi definido um projeto de pesquisa para acompanhar os sistemas de produção agrícola praticados por pequenos agricultores desta região. Pesquisas de campo são feitas

a cada três anos, com aplicação de questionários, com cerca de 250 variáveis agrosocioeconômicas e ambientais, sobre uma amostra de propriedades.

O uso das terras é monitorado, a cada ano, por imagens de satélites e espacializado em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Verifica-se que, após a implementação do assentamento no início dos anos de 1980, a paisagem original tem sido transformada pelos colonos em um mosaico composto por remanescentes florestais, vegetação secundária, pastagens, culturas agrícolas e pequenas áreas urbanizadas. Em Batistella (2003) e Batistella et al. (2000, 2003) encontram-se estudos sobre as mudanças da paisagem e do uso e cobertura das terras em Machadinho d'Oeste.

Em 1986, primeiro ano da pesquisa, foi realizado um esforço de amostragem, que cobriu cerca de 15% dos lotes, em um total de 438 lotes válidos. Essa amostra aleatória e estratificada foi geocodificada em um SIG.

Os resultados do primeiro levantamento de dados *in loco* permitiram definir um perfil inicial dos agricultores recém chegados e de sua agricultura. Em 1989, um novo levantamento permitiu elaborar e espacializar em SIG o perfil da agricultura e dos agricultores. Em 1993, outra etapa foi realizada, aprofundando aspectos vinculados à economia e ao meio ambiente.

A pesquisa de campo de 1996 mostrou que, em 10 anos, houve mudanças profundas nas propriedades, tanto na estrutura como nos sistemas de produção (Miranda et al., 1997).

Em um novo levantamento de campo em 1999 foram entrevistados 438 agricultores, cujos sistemas de produção foram caracterizados. Caso a propriedade tivesse mudado de dono, o novo responsável era entrevistado e, dessa forma, foi elaborado um novo perfil dos agricultores e da agricultura (Miranda et al., 2002).

Em setembro e outubro de 2002, conforme apresentado em Mangabeira et al. (2005), um novo levantamento foi conduzido junto às propriedades estudadas em anos anteriores, para atualização das variáveis sobre os sistemas de produção praticados. Nessa ocasião, foram entrevistados 327 proprietários. As publicações referentes a esses 20 anos de pesquisa em Machadinho d'Oeste podem ser encontradas em Miranda (2005).

Na prospeção de campo foi usada uma ficha de levantamento da propriedade rural, com a finalidade de obter uma descrição, tão objetiva quanto possível, da realidade dos agricultores. Este questionário reúne cerca de 250 variáveis, sendo descritores de localização e situação das propriedades (12 variáveis), descritores socioeconômicos (83), descritores agrônômicos (30 variáveis para cada cultura e 14 para a pecuária).

O bem estar social rural deste grupo de agricultores foi avaliado por Gomes et al. (2008). Os autores propuseram um índice multicritério que considera aspectos relacionados às condições de habitação, saúde, trabalho e infra-estrutura. Os resultados indicaram uma tendência de crescimento médio do bem estar rural, no grupo avaliado.

3 Metodologia

O Apoio Multicritério à Decisão consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar a tomada de decisões, quando da presença de uma multiplicidade de critérios. Este processo pode ser decomposto em etapas (Gomes et al., 2004): 1) Identificar os decisores e seus objetivos; 2) Definir as alternativas; 3) Definir os critérios relevantes para o problema de decisão; 4) Avaliar alternativas em relação aos critérios; 5) Determinar importância relativa dos critérios; 6) Realizar a avaliação global de cada alternativa; 7) Conduzir a análise de sensibilidade; 8) Propor recomendações; 9) Implementar as ações.

As etapas 1, 2 e 3 constituem a Fase de Estruturação, que trata da formulação do problema e busca identificar, caracterizar e organizar os fatores considerados relevantes no processo de apoio à decisão. É uma fase interativa e dinâmica, pois fornece uma linguagem comum aos decisores, o que possibilita a aprendizagem e o debate. As etapas 4, 5, 6 e 7 compõem a Fase de Avaliação, que tem como objetivo a aplicação de métodos de análise multicritério para apoiar a modelagem das preferências e a sua agregação. A terceira fase, composta das etapas 8 e 9, é a Fase de Recomendação dos cursos de ação a serem seguidos.

Deve-se ainda atentar que uma família de critérios, ou seja, o conjunto de critérios usados em uma determinada situação de decisão, deve satisfazer três condições (“axiomas de Roy”) para ser uma família coerente de critérios (Roy e Bouyssou, 1993). Esses axiomas, em linguagem não matemática, são: Exaustividade (impõe a necessidade de descrever o problema levando em conta todos os aspectos relevantes); Coesão (obriga à correta análise de quais são os critérios de maximização e quais os de minimização); Não Redundância (obriga a excluir critérios que avaliem características já consideradas por outro critério).

A forma de explicitar as estruturas de preferência do decisor varia de acordo com o método de análise multicritério escolhido. Os chamados métodos ordinais são considerados bastante intuitivos e pouco exigentes tanto em termos computacionais quanto em relação às informações necessárias por parte do decisor. Dele não são necessárias mais do que as pré-ordens relativas a cada critério (Barba-Romero e Pomerol, 1997). 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.

Para a escolha de qual método ordinal é importante conhecer as suas características. Em Arrow (1951) está descrito um conjunto de características que um método “perfeito” deveria ter, tendo demonstrado, em seguida, a impossibilidade da existência de tal método. Assim, deve-se escolher o método que mais se adapte à situação analisada.

Na literatura, os três métodos multicritério ordinais referenciados são os de Borda, Condorcet e Copeland, podendo aparecer variantes mais elaboradas dos métodos básicos. A grande vantagem da facilidade de uso e compreensão destes métodos é realçada por Kangas et al. (2006) e Laukkanen et al. (2004), que os aplicam a problemas de gestão florestal. Leskinen et al. (2004) advertem para o perigo de extrair mais informação do que se deve de resultados que combinam informações ordinal e cardinal. A seguir destacam-se as particularidades de cada método. Neste artigo foi usado o método de Copeland para avaliar o “desempenho produtivo” dos agricultores, conforme justificado em sua caracterização.

O método de Borda, que na essência é uma soma de postos, tem a grande vantagem da simplicidade e, por isso, algumas de suas variantes são usadas em competições desportivas (Kladroba, 2000; Soares e Mello et al., 2005b). No entanto, apesar de sua simplicidade e amplo uso de suas variações, o método de Borda não respeita um dos mais importantes axiomas de Arrow, 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.

Já 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. Este método, menos simples, tem a vantagem de 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. Esta situação, embora possa ser aproveitada em certos problemas (Soares de Mello et al., 2005a), impossibilita gerar uma ordenação das alternativas. Quando os ciclos de intransitividade não aparecem, o método de Condorcet deve ser preferido ao de Borda (Soares de Mello et al., 2004).

O método de Copeland usa a mesma matriz de adjacência que representa o grafo do método de Condorcet. A partir dela calcula-se a soma das vitórias menos as derrotas, em uma votação por maioria simples. As alternativas são então ordenadas pelo resultado dessa soma. O método de Copeland alia a vantagem de sempre fornecer uma ordenação total (ao contrário do 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. 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 de Condorcet) e, apesar de não eliminar, reduz bastante a influência de alternativas irrelevantes.

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.

O uso de métodos ordinais em agricultura pode ser visto, por exemplo, em Valladares et al. (2008). Os autores usaram os métodos multicritério ordinais de Borda, Condorcet e Copeland para ordenar, segundo o risco de subsidência (perda de massa e volume), perfis de solos com alto teor de carbono orgânico, coletados em diferentes pontos do Brasil.

4 Resultados

4.1 Modelagem

Para estruturar um problema multicritério devem-se definir as alternativas a avaliar, os critérios de decisão, além do método adequado ao estudo. Para o estudo da evolução, foram selecionados dados dos anos de 1996, 1999 e 2002.

As alternativas do modelo multicritério foram os lotes pesquisados em Miranda (2005). Entretanto, foram escolhidos apenas os lotes em que houve produção de arroz, milho e café (culturas de maior destaque na região) nos três anos (para que não fosse prejudicado na avaliação aquele produtor que não produziu determinada cultura em certo ano), e nos quais não houve mudança de proprietário (para minimizar efeitos de aumento ou redução de “desempenho produtivo” pela introdução de uma “racionalidade agrícola” diferente). Dos 306 lotes que produziram arroz, milho ou café em 1996, 313 em 1999 e 190 em 2002, apenas 9 produziram as três culturas em todos esses anos. Desses, 1 lote mudou de proprietário e, assim, o modelo multicritério foi estruturado com 8 alternativas, aqui nomeadas de A a H.

O lote do agricultor A tem 37 ha de área total, sem vestígios de mata natural. Esse agricultor mineiro está em Machadinho desde 1987 e não tem instrução. Participa de sindicato, recebe assistência técnica da Emater (Empresa de Assistência Técnica

Extensão Rural) e usa o Núcleo Urbano de Assistência Rural (NUAR). Possui o título definitivo da terra e não pensa em sair do lote. Das 6 pessoas da família, 5 são ativos agrícolas.

O produtor B é oriundo do Espírito Santo e chegou a Machadinho em 1982. Tem o primeiro grau completo. Sua família é composta de 6 pessoas, sendo dois ativos agrícolas. Usa o NUAR; não pensa em abandonar o lote, que tem área total de 46 ha; não tem empregados permanentes ou temporários, nem renda extra-agrícola. Indicou saúde, educação e energia elétrica como necessidades, e estradas e mão-de-obra como problemas.

O agricultor paranaense C tem 1º grau completo e está em Machadinho desde 1984. Foi o primeiro proprietário do lote (e possui o título definitivo da terra), que tem área total de 38 ha. Trabalham nesse lote 5 ativos da família, que tem 6 membros. Contrata empregados temporários e tem atividade extra-agrícola. Indicou saúde e mão-de-obra como problemas.

O lote do proprietário D, oriundo da Bahia e em Machadinho a partir de 1974, tem 36 ha de área total. Esse agricultor, que foi o primeiro proprietário do lote e não tem instrução, tem título definitivo da terra, não pensa em sair do lote e recebe assistência técnica da Emater. Destacou como saúde e educação necessidades, e dificuldades para comercialização e falta de equipamentos como problemas. Das 5 pessoas da família, 3 trabalham no lote.

O produtor mato-grossense E, que chegou a Machadinho d'Oeste em 1982, tem nível de instrução até o 1º grau completo e foi o primeiro proprietário do lote, com 52,5 ha de área total. A família é composta por 6 membros, dos quais 4 são ativos agrícolas; conta com empregados temporários. Apontou financiamento e recursos humanos como necessidades, e falta de documentação da posse da terra como problema. Usa NUAR e não deseja sair do lote.

O lote do agricultor F tem 38,4 ha de área total. Esse produtor, proveniente do Paraná, está em Machadinho desde 1983 e foi o 1º proprietário do lote. Participa de sindicato e de associação, e tem nível de instrução até 1º grau. Indicou educação, saúde, estradas e energia elétrica como problemas. Todos os 4 membros da família são ativos agrícolas e têm alguma atividade urbana fora do lote. Contrata empregados temporários.

O agricultor mineiro G, em Machadinho desde 1975, participa de sindicato e de associação. É proprietário do lote e tem nível de instrução até o 1º grau. O lote tem 45,6 ha de área total. Este produtor não pensa em deixar o lote. A família é composta por 6 membros, dos quais 2 dedicam-se exclusivamente à propriedade.

O produtor H possui um lote com 42,2 ha de área total, do qual foi o primeiro proprietário. É proveniente do estado do Espírito Santo e chegou em Machadinho em 1982. Participa de sindicato e de associação; não tem instrução. Apontou estradas e energia elétrica como necessidades, e dificuldades para comercialização como problema. Dos 7 membros da família, 3 são ativos agrícolas com dedicação total à propriedade.

Os critérios de avaliação, conforme já mencionado, são as produtividades da terra e do trabalho. De modo a obter resultados mais significativos, ao invés de usar as variáveis totais para cada lote, foram selecionadas apenas as culturas mais significativas na região. De acordo com pesquisadores que atuam há 20 anos na região, a única cultura perene de alguma expressão (tanto pelo número de propriedades, quanto pela duração dos cultivos e existência de dados) é o café; as demais não são passíveis de análise, já que são culturas que demoram a entrar em produção, as estimativas de colheita são irregulares etc. Para as culturas anuais, as de maior importância são arroz e milho, pois de modo geral, as

culturas anuais alteram-se bastante em Machadinho, seja pela oscilação dos preços, do clima ou pela opção de serem plantadas intercaladas entre as culturas perenes.

Este arranjo representa, segundo Mangabeira et al. (2005), o que a maioria dos lotes produzem em Machadinho d'Oeste: uma cultura de renda, que é o café, e uma ou duas culturas alimentares para autoconsumo e eventual venda de excedentes (para os cerealistas locais). A produção simultânea de diversas culturas mostra-se como uma dificuldade da produção local, em especial pela limitação da mão-de-obra.

A produtividade da terra foi medida por variáveis físicas e não econômicas, ou seja, pela razão entre produção (kg) e área plantada (ha). A produtividade do trabalho foi calculada pela razão entre área plantada (ha) e total de dias homem empregado (em Machadinho d'Oeste 1 ativo agrícola trabalha, em média, 300 dias no ano).

Em relação à produtividade do trabalho, segundo os dados da Emater local, o uso de mão-de-obra por cultura apresenta as distribuições apresentadas na Tabela 1. Essas relações foram usadas no cálculo da produtividade do trabalho ($\text{[área plantada da cultura } x / (\text{ativos} \times 300\% \text{ da cultura } x)]$), onde foram considerados como ativos pessoas da família entre 15 e 65 anos que trabalham na propriedade, empregados temporários e permanentes.

Tabela 1: Uso de mão de obra (dias homem/ha) por cultura

	Arroz	Milho	Cafê *
Total	19	15	67
Plantio	3	3	-
Capina	6	6	45
Desbrota	-	-	6
Manejo/controle fitossanitário	1	3	6
Colheita e/ou beneficiamento	9 **	3 ***	10

* em produção a partir do 3º ano; ** 6 dias homem/ha para corte e 3 para beneficiamento, em área desmatada e preparada para o plantio; *** colheita

Foram considerados para cada ano seis critérios: produtividade da terra para arroz, produtividade da terra para milho, produtividade da terra para café, produtividade do trabalho para arroz, produtividade do trabalho para milho, produtividade do trabalho para café.

Ainda na etapa de estruturação, deve-se escolher o método de análise. Pelas razões já mencionadas foi escolhido o método multicritério ordinal de Copeland. Deve-se ainda ressaltar que os dados usados foram oriundos dos questionários de campo, ou seja, da declaração dos agricultores sobre as questões a eles levantadas. Dessa forma, apesar de sempre ser feito um estudo sobre eventuais inconsistências nas informações coletadas, podem ainda persistir alguns desvios. O uso de métodos ordinais, pelo fato de não considerarem o quanto cada alternativa (aqui, agricultor) é melhor do que outra nos critérios considerados, mas apenas se uma alternativa é melhor ou pior que outra, minimizam o efeito de eventuais inconsistências nos dados. Este tipo de situação teria maior relevância se fosse escolhido algum método multicritério cardinal.

4.2 Discussão

Para estruturar um problema multicritério devem-se definir as alternativas a avaliar, os critérios de decisão, além do método adequado ao estudo. Para o estudo da evolução, foram selecionados dados dos anos de 1996, 1999 e 2002.

Após a estruturação do problema, procede-se à fase de avaliação, com o objetivo de aplicar os métodos de análise multicritério e obter resultados que sejam úteis à avaliação da evolução do “desempenho produtivo” de produtores agrícolas familiares.

A Figura 2 mostra as matrizes de adjacência, ao considerar os seis critérios estabelecidos, segundo o método multicritério ordinal de Copeland. A Tabela 2 resume as posições de cada alternativa em cada ano. Nesta tabela, quanto menor o número melhor o desempenho, e “global” refere-se à avaliação que considera conjuntamente os três anos.

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	0	1	1	1	1	1	1
B	1	-	1	1	0	1	1	1
C	0	0	-	1	1	1	1	1
D	0	0	0	-	0	0	0	1
E	1	1	1	1	-	1	1	1
F	1	1	1	1	1	-	1	1
G	1	1	0	1	0	0	-	1
H	0	0	0	0	0	0	1	-

(a)

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	0	1	1	1	1	1	1
B	1	-	1	1	0	1	1	1
C	0	0	-	1	1	1	1	1
D	0	0	0	-	0	0	0	1
E	1	1	1	1	-	1	1	1
F	1	1	1	1	1	-	1	1
G	1	1	0	1	0	0	-	1
H	0	0	0	0	0	0	1	-

(b)

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	1	1	1	1	1	1	1
B	1	-	1	1	1	1	1	1
C	1	0	-	1	1	1	1	1
D	0	0	0	-	1	1	1	1
E	0	0	0	1	-	0	1	1
F	0	1	0	1	1	-	1	1
G	0	1	0	1	1	0	-	1
H	0	1	0	0	1	1	0	-

(c)

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	1	0	0	1	0	0	0
B	1	-	1	1	1	1	1	1
C	1	1	-	0	1	0	0	0
D	1	0	1	-	1	0	1	0
E	0	0	1	0	-	0	0	0
F	1	1	1	1	1	-	1	1
G	1	0	1	1	1	1	-	0
H	1	1	1	1	1	1	1	-

(d)

Figura 2: Matriz de adjacência do método de Copeland para os anos de 1996 (a), 1999 (b), 2002 (c) e para a avaliação global (d)

Tabela 2: Posições relativas de cada produtor rural, segundo o método de Copeland

Produtor	1996	1999	2002	Global
A	4	1	7	3-4
B	2-3	3	3	1-2
C	5	2	6	3-4
D	7	5-6	5	6
E	1	7-8	8	8
F	2-3	4	2	1-2
G	6	5-6	4	5
H	8	7-8	1	7

Note-se na Figura 2 e na Tabela 2 que, em alguns casos, houve empates, que são de dois tipos. Um, é o empate em um único critério. Nesse caso admite-se que a alternativa A supera a B e vice versa. Como quando da execução do algoritmo do método, coloca-se a unidade tanto na linha quanto na coluna da matriz de comparação de desempenhos construída, o resultado líquido é nulo. Por outro lado, acontece de algumas alternativas terem o mesmo resultado final (casos apresentados na Tabela 2). Nessa situação, elas têm a mesma avaliação e não há desempate possível ao usar estritamente o método de Copeland. É defensável que, caso sejam apenas duas, o desempate seja feito pela comparação direta entre elas. Essa abordagem seria uma mistura dos métodos de Copeland e Condorcet, e não foi aqui adotada.

Ao analisar-se a evolução do “desempenho produtivo” desse grupo de agricultores observa-se que os produtores com melhor colocação final foram B e F. O primeiro apresentou desempenho quase constante ao longo dos anos, o que fez com que resultasse no melhor desempenho global. O produtor F teve evolução intermediária e desempenho global elevado. Estes agricultores chegaram a Machadinho no início da década de 1980, em data anterior à implantação do assentamento. Ambos possuíam o mesmo nível de escolaridade e tinham membros da família como ativos agrícolas. Em 2002, ambos eram proprietários do lote e moravam em casas de madeira. Entretanto, a infra-estrutura do lote do agricultor F era superior à do agricultor B, já que aquele possuía energia elétrica, aguada, silo e poço. Não praticaram pecuária neste intervalo de tempo. Entre 1996 e 2002, o agricultor B manteve a área plantada de café e aumentou as de arroz e milho, estratégia diferente da usada pelo agricultor F, o qual aumentou a área plantada de café e manteve as de arroz e milho. No período considerado, o produtor F reduziu a área com mata e aumentou bastante a área cultivada (cerca de 79% e 73%, respectivamente), fato não ocorrido com o agricultor B.

As práticas agrícolas executadas pelos produtores B e F deveriam ser analisadas por órgãos de assistência técnica e de pesquisa, pois podem servir de base para os demais agricultores. Poderiam, por exemplo, servir de referência na identificação e na solução de problemas pontuais, já que estes agricultores conseguiram manter níveis de produtividade de intermediário a alto, ao longo do período de tempo em estudo.

Os produtores E e H, que apresentaram os piores desempenhos globais, são “extremos opostos”, já que o primeiro teve a melhor colocação do grupo em 1996 e a pior em 2002, e o agricultor H apresentou o pior desempenho do grupo em 1996 e o melhor em 2002. Assim como os produtores B e F, os agricultores E e H chegaram à região no início da década de 1980, com baixo ou nenhum grau de escolaridade. Em ambos os lotes, os membros da família atuam como ativos agrícolas. Nenhum dos dois agricultores tinha o título definitivo da terra em 2002, mas moravam em casas de madeira, tinham energia elétrica e poço. A infra-estrutura do lote do agricultor H contava ainda com curral, aguada e silo. Não praticaram pecuária neste intervalo de tempo. Entre 1996 e 2002, o agricultor E manteve a área plantada de arroz e milho e reduziu a de café. Já o produtor H, reduziu a de arroz e café e aumentou a área plantada de milho. No período de tempo considerado, em ambos os lotes, aumentou a área cultivada total e foi reduzida a área com mata (cerca 41% neste caso para o produtor H).

Os motivos para a queda acentuada de desempenho do produtor E, bem como da forte recuperação do produtor H poderiam servir para que outros produtores possam evitar erros (caso E) ou agir de forma semelhante (caso H), no sentido do incremento da produtividade.

5 Conclusões

Este artigo traz uma abordagem alternativa à existente na literatura para avaliar o desempenho de produtores agrícolas com base em medidas de produtividade.

Foram usadas a produtividade da terra e do trabalho para cada uma das três culturas de maior destaque em Machadinho d'Oeste (RO), para três períodos de tempo. Na análise de evolução do desempenho dos agricultores foi usado o método multicritério ordinal de Copeland, em oposição ao usualmente feito, com emprego de métodos tipo TFP, DEA etc.

Em relação aos agricultores estudados observou-se que:

- O produtor B teve desempenho bom e praticamente constante ao longo dos três anos estudados, e pode ser considerado como aquele produtor “padrão”, cuja evolução fez com que apresentasse o melhor desempenho global. Similarmente, o produtor F teve uma evolução intermediária, com desempenho global elevado.
- Os produtores A e C apresentaram comportamentos semelhantes, com avaliação global intermediária, desempenho crescente entre 1996 e 1999 e decrescente entre 1999 e 2002. Já o produtor E, que teve a melhor avaliação do grupo em 1996, teve as piores em 1999 e 2002. Os motivos para esta queda de produtividade devem ser investigados, já que estes produtores mostraram-se capazes de apresentar bom desempenho em algum momento de seus ciclos de produção.
- Os produtores D, G e H apresentaram comportamento ascendente em seus desempenhos, apesar de estarem em posições baixas. Estes são produtores que, com o auxílio de assistência técnica, podem elevar o seu desempenho. Especial destaque deve ser dado ao produtor H, que teve o melhor desempenho do grupo em 2002.

Ao identificar os melhores e piores desempenhos em cada período e de modo global, a abordagem aqui proposta permite comparar a evolução do desempenho dos produtores e identificar em que momento o desempenho de um certo agricultor foi superior ou inferior ao dos demais. A localização de “excelências” pode auxiliar a atuação de órgãos de assistência técnica e de pesquisa, por exemplo, pela orientação individual com base na prática dos demais produtores.

6 Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro. À Embrapa Monitoramento por Satélite, pelo uso dos dados.

7 Referências

- Alves, E. (2003) Medidas de produtividade: dilemas da agricultura familiar. *Revista de Economia e Agronegócio*, Vol. 1, No 3, pp. 421-439.
- Arrow, K.J. (1951) *Social choice and individual values*. John Wiley & Sons, New York.
- Avila, A.F.D. and Evenson, R. (2004) Total factor productivity and technological capital. In: Evenson, R.E. and Prabhu, P. (eds.) *Handbook of Agricultural Economics: Agricultural Development: Farmers, Farm Production and Farm Markets*. Rome.
- Ball, V.E., Bureau, J.C., Nehring, R. and Somwaru, A. (1997) Agricultural productivity revisited. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 79, No. 4, pp. 1045-1063.
- Barba-Romero, S. and Pomerol, J.C. (1997) *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos e utilización práctica*. Colección de Economía. Universidad de Alcalá. 420p.

- Batistella, M. (2003) Landscape change and land-use/land-cover dynamics in Rondônia, Brazilian Amazon. Thesis (Ph.D. dissertation). Indiana University, Bloomington, Indiana, 399p.
- Batistella, M., Brondizio, E.S. and Moran, E.F. (2000) Comparative analysis of landscape fragmentation in Rondônia, Brazilian Amazon. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 33, pp. 148-155.
- Batistella, M., Robeson, S. and MORAN, E.F. (2003) Settlement design, forest fragmentation, and landscape change in Rondônia, Amazônia. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 69, No. 7, pp. 805-812.
- Bayarsaihan, T. and Coelli, T.J. (2003) Productivity growth in pre-1990 Mongolian agriculture: spiralling disaster or emerging success? *Agricultural Economics*, Vol. 28, No. 2, pp. 121-137.
- Boaventura Neto, P.O. (2003) *Grafos: teoria, modelos, algoritmos*. 3a ed. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 328 p.
- Bureau, J.C., Färe, R. and Grosskopf, S. (1995) A comparison of three nonparametric measures of productivity growth in European and United-States agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 46, No. 3, pp. 309-326.
- Christensen, L.R. (1975) Concepts and measurement of agricultural productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 57, No. 5, pp. 910-915.
- Coelli, T.J. (1996) Measurement of total factor productivity growth and biases in technological change in Western Australian agriculture. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 11, No. 1, pp. 77-91.
- Coelli, T.J. and Rao, D.S.P. (2005) Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000. *Agricultural Economics*, Vol. 32, suppl. 1, pp. 115-134.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. and Zhu, J. (2004) *Handbook on data envelopment analysis*. Kluwer Academic Publishers, Boston. 608p.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. and Zhang, Z. (1994) Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 66-83.
- Gasques, J.G. and Conceição, J.C.P.R. (1997) Crescimento e produtividade da agricultura brasileira. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 21 p. (Texto para Discussão, 502).
- Gasques, J.G.; Bastos, E.T.; Bacchi, M.P.R.; Conceição, J.C.P.R. (2004) Condicionantes da produtividade da agricultura brasileira. *Revista de Política Agrícola*, Ano 13, No. 3, pp. 763-790.
- Gomes, E.G. (2008) Uso de modelos DEA em agricultura: revisão da literatura. *Engevista*, Vol. 10, No. 1, pp. 27-51.
- Gomes, E.G. and Mangabeira, J.A.C. (2004) Uso de análise de envoltória de dados em agricultura: o caso de Holambra. *Engevista*, Vol. 6, No. 1, pp. 19-27.
- Gomes, E.G., Mangabeira, J.A.C. and Soares de Mello, J.C.C.B. (2005) Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 43, No. 4, pp. 607-631.
- Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B. and Mangabeira, J.A.C. (2008) Índice multicritério de bem estar social rural em um município da região amazônica. *Pesquisa Operacional*, Vol. 28, No. 1, pp. 141-160.
- Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B., Souza, G.S., Angulo Meza, L. and Mangabeira, J.A.C. (2009). Efficiency and sustainability assessment for a group of farmers in the Brazilian Amazon. *Annals of Operations Research* (forthcoming) doi: 10.1007/s10479-008-0390-6.
- Gomes, L.F.A.M., Gonzalez-Araya, M.C. and Carignano, C. (2004) *Tomada de decisões em cenários complexos*. Pioneira Thompson Learning, Rio de Janeiro. 168p.
- Helfand, S.M. and Levine, E.S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics*, Vol. 31, No. 2-3, pp. 241-249.

- Hoffmann, R. and Jamas, A.L. (1990) A produtividade da terra e do trabalho na agricultura de 332 microrregiões do Brasil. *Anais do Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. 28., Florianópolis.
- Kangas, A., Laukkanen, S. and Kangas, J. (2006) Social choice theory and its applications in sustainable forest management-a review. *Forest Policy and Economics*, Vol. 9 No.1, pp. 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*, Vol. 220, No. 3, pp. 302-314.
- Laukkanen, S., Palander, T. and Kangas, J. (2004) Applying voting theory in participatory decision support for sustainable timber harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 34, No. 7, pp. 1511-1524.
- Leskinen, P., Kangas, A.S. and Kangas, J. (2004) Rank-based modelling of preferences in multi-criteria decision making. *European Journal of Operational Research*, Vol. 158, No. 3, pp. 721-733.
- Lissitsa, A. and Odening, M. (2005) Efficiency and total factor productivity in Ukrainian agriculture in transition. *Agricultural Economics*, Vol. 32, No. 3, pp. 311-325.
- Lovell, C.A.K. (1993) Production frontiers and productive efficiency. In: Fried, A.H., Lovell, C.A.K. and Schmidt, S.S. (eds.) *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. Oxford University Press, New York. pp. 3-67.
- Mangabeira, J.A.C., Miranda, E.E. and Gomes, E.G. (2005) Perfil agrossocioeconômico dos produtores rurais de Machadinho d'Oeste (RO), em 2002. *Embrapa Monitoramento por Satélite*, Campinas. 114 p. (Documentos, 38).
- Miranda, E.E. (org.) (2005) *Sustentabilidade Agrícola na Amazônia: 20 anos de monitoramento da agricultura em Machadinho d'Oeste-RO*. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas. 1 CD-Rom.
- Miranda, E.E., Mangabeira, J.A.C., Batistella, M. and Dorado, A.J. (2002) Diagnóstico agroecológico e socioeconômico dos produtos rurais de Machadinho d'Oeste (RO), em 1999. *Embrapa Monitoramento por Satélite*, Campinas. 88 p. (Documentos, 18).
- Miranda, E.E., Mangabeira, J.A.C., Mattos, C. and Dorado, A.J. (1997) Perfil agroecológico e socioeconômico de pequenos produtores rurais: o caso de Machadinho d'Oeste, Rondônia. *Ecoforça/Embrapa-NMA*, Campinas. 117p.
- Pereira, M.F., Silveira, J.S.T., Lanzer, E.A. and Samohyl, R.W. (2002) Productivity growth and technological progress in the Brazilian agricultural sector. *Pesquisa Operacional*, Vol. 22, No. 2, pp. 133-146.
- Perobelli, F.S., Almeida, E.S. and Alvim, M.I.S.A. (2005) Análise espacial da produtividade do setor agrícola brasileiro: 1991-2003. *Anais do Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. 43., Ribeirão Preto.
- Roy, B. and Bouyssou, D. (1993) *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Ed. Economica, Paris. 696 p.
- Santos, M.J. and Guerreiro, E. (2005) Produtividade do trabalho e da terra na agropecuária paranaense. *Publicatio UEPG*, Vol. 13, No. 2, pp. 59-78.
- Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Gomes, L.F.A.M., Biondi Neto, L. and Angulo Meza, L. (2005a) Avaliação do tamanho de aeroportos portugueses com relações multicritério de superação. *Pesquisa Operacional*, Vol. 25, No. 3, pp. 313-330.
- Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, L.F.A.M., Gomes, E.G. and 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*, Vol. 3, No. 2.
- Soares de Mello, M.H.C., Quintella, H.L.M.M. and Soares de Mello, J.C.C.B. (2004) Avaliação do desempenho de alunos considerando classificações obtidas e opiniões dos docentes. *Investigação Operacional*, Vol. 24, No. 2, pp. 187-196.
- Sudit, F.E. (1995) Productivity measurement in industrial operations. *European Journal of Operational Research*, Vol. 85, pp. 435-453.

Toresan, L. (1998) Sustentabilidade e desempenho produtivo na agricultura: uma abordagem multidimensional aplicada a empresas agrícolas. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Tupy, O. and Yamaguchi, L.C.T. (2002) Identificando benchmarks na produção de leite. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 40, No. 1, pp. 81-96.

Valladares, G.S., Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B., Pereira, M.G., Anjos, L.H.C., Ebeling, A.G. and 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*, Vol. 32, No. 1, pp. 285-296.

Vicente, J.R. (2005) Comparações de produtividade agrícola entre as unidades da federação, 1970-95. *Anais do Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. 43., Ribeirão Preto.