

ÍNDICE DE MALMQUIST APLICADO NA AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE SOJA NA REGIÃO DE GUARAPUAVA

Aroldo Messias de Melo Júnior¹
E-mail: messias@unicentro.br
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava, PR - Brasil

Volmir Eugênio Wilhelm²
E-mail: volmirw@gmail.com
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, PR - Brasil

Recebido em março de 2006
Aprovado em setembro de 2006

Resumo: A atividade agrícola atualmente exige dos produtores índices cada vez maiores de produtividade, para que possam ser competitivos e permanecer na atividade. Neste trabalho, foram avaliados índices de produtividade relacionados a produtores de soja através do índice de Malmquist, no período de 2002 a 2004, analisando a influência dos diversos fatores nos níveis de produtividade. A metodologia é baseada na aplicação de DEA – *Data Envelopment Analysis*, uma abordagem matemática utilizada para calcular índices de eficiência técnica e produtividade. Os resultados apresentados demonstraram que o nível de produtividade da região de Guarapuava está acima do índice nacional para o setor.

Palavras-chave: Índice de Malmquist. Produtividade. Mercado de soja.

Abstract: Agricultural activity currently demands increasingly greater productivity rates from the producers, so that they can be competitive and remain active. This work has evaluated the productivity rates pertaining to soybean producers from 2002 through 2004 on the basis of the Malmquist's index. The influence of various factors upon the productivity rates was analyzed. The methodology is based on the application of DEA - *Data Envelopment Analysis*, a mathematical approach used to calculate rates of technical efficiency and of productivity. The presented results

¹ Mestre em Métodos Numéricos pela UFPR. Docente do Departamento de Administração da UNICENTRO.

² Doutor em Engenharia de Produção - UFSC. Coordenador do Curso de Engenharia de Produção da UFPR.

demonstrated that the level of productivity in the region of Guarapuava is above the national index for the sector.

Key words: Malmquist's index. Productivity. Soybean market.

INTRODUÇÃO

Apartir da Revolução Industrial, a agricultura no Brasil alcançou um estágio técnico e científico que possibilitou aumento de produtividade acentuada. Esse aumento foi necessário em decorrência de alguns fatores, como por exemplo: aumento da população em geral, com uma elevação do percentual da população urbana e conseqüente diminuição proporcional da população rural, responsável pela produção agrícola.

Aspectos ligados à produção agrícola influenciaram a modernização da base técnica, passando de um processo de produção de auto-consumo para uma produção voltada às demandas urbanas e industriais.

Nessa mudança, um dos produtos que se destacou como impulsionador e propulsor do desenvolvimento do Brasil foi a produção em larga escala da soja, que é um dos expoentes da agricultura mundial (SANTO, 2001, p. 23).

No Brasil, a área destinada ao plantio de soja teve uma expansão considerável nos últimos anos (SANTO, 2001, p. 30), motivado pela ocupação de terras no Mato Grosso (Sul e Norte) e regiões da Bahia e Maranhão. Para garantir o aumento da produtividade, foram desenvolvidas ações específicas voltadas a todas as fases da produção, tais como adubação, correção do solo, orientação do produtor e desenvolvimento de variedades adaptadas às mais diversas regiões do Brasil.

Até o início do século XX, a atividade econômica no Estado do Paraná encontrava-se restrita a menos de um terço da área total de produção, concentrando-se na região sul (SEAB, 2004). Migrantes vindos principalmente do Rio Grande do Sul introduziram a cultura da soja no Estado, na região do Sudoeste Paranaense, a qual ao lado do trigo tornou-se rapidamente um dos principais produtos da agricultura estadual. A expansão verificada na produção de grãos propiciou alcançar o patamar de 7 milhões de toneladas na safra 98/99 e 10 milhões de toneladas na safra 2003/2004 (HUBNER, 2004).

O Paraná se consolidou como o segundo produtor nacional da soja, com uma área de 3,9 milhões de hectares semeados em 2004. A região de

Guarapuava tem um papel de grande importância nesse processo, pois a produção de soja é um dos expoentes econômicos de maior importância para a região.

A agricultura paranaense vem se modernizando, incorporando tecnologias, aperfeiçoando os processos produtivos e oferecendo produtos de melhor qualidade.

A modernização tecnológica afetou diretamente a produtividade, já que ela constitui, também, um meio possível de avaliar o bem estar e os graus de crescimento e desenvolvimento econômico (GUERREIRO, 1996).

A produtividade sempre fez parte das preocupações básicas de qualquer sociedade; os ganhos de produtividade implicam, entre outras coisas, economizar recursos limitados na produção adicional de produto, compensar a elevação dos custos dos insumos e elevar a competitividade internacional da produção doméstica.

O governo do Paraná, através da Secretaria de Agricultura do Estado – SEAB, tem intensificado as atividades de disseminação e disponibilização de recursos das mais variadas formas, desde o pequeno até o grande produtor rural. Para que as adversidades (aumento de custos, recursos escassos) sejam minimizadas, através de programas como o Desenvolvimento Sustentável da Agricultura Familiar (PRONAF), direcionado ao pequeno produtor, ou programas de financiamento com taxas de juros acessíveis ao médio e grande produtor.

Além de promover essas mudanças em busca da melhoria da qualidade, da produtividade e da eficiência, o governo busca, também, avaliar a necessidade de melhoria no desempenho dos processos produtivos dos pequenos produtores para que se mantenham competitivos dentro desse novo contexto de mercado.

Diante disso, surgem novas preocupações, entre elas, aplicar a metodologia adequada de análise, de forma que técnicos e produtores tenham mais recursos nos processos de tomadas de decisão.

Quanto à avaliação da produtividade, um índice bastante difundido na literatura é o índice de produtividade de Malmquist. Ele foi sugerido inicialmente por Malmquist em 1953, num contexto de consumo, mas foi introduzido no contexto de produtividade por Caves em 1982, que o expressou em termos de funções distância.

Färe et al., em 1985, mostraram a relação entre a função distância sugerida por Caves e o índice de eficiência técnica sugerido por Farrell e a forma de calculá-lo através de DEA.

2. METODOLOGIA

Para avaliação de índices de produtividade são necessárias informações de níveis de consumo e de produção considerando diferentes períodos.

No desenvolvimento da pesquisa, os índices de produtividade são dados pelo índice de Malmquist, que é calculado com o auxílio de DEA- *Data Envelopment Analysis*, que é uma abordagem desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, baseada em programação matemática e utilizada para calcular índices de eficiência técnica de DMUs – *Decision Making Units*, organizações num mesmo ramo de atividade que consomem os mesmos insumos e produzem os mesmos produtos, não necessariamente em quantidades iguais.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram avaliados 19 produtores da soja da Região de Guarapuava, filiados a uma Cooperativa, tendo como instrumentos de avaliação de sua produtividade os seguintes fatores: produto: volume da soja produzido por hectare, e insumos: i) quantidade de adubo por hectare plantado; ii) quantidade de defensivo, em litros por hectare aplicado; iii) quantidade de sementes por hectare e iv) quantidade em hectare de área destinada ao plantio da soja.

Os dados referentes aos quatro insumos e um produto, relativos aos 19 produtores selecionados, foram obtidos através de pesquisa de campo junto aos produtores e informações fornecidas pelo Departamento de Assistência Técnica da Cooperativa a que são filiados.

3 ÍNDICE DE MALMQUIST

O índice de Malmquist tem muitas características desejáveis. Dentre elas, pode-se destacar a não necessidade de definição do comportamento da função (WILHELM, 2003), como minimização de custos ou maximização de receitas, o que é muito útil quando os objetivos dos produtores são diferentes, ou ainda, quando estes são desconhecidos.

Uma outra virtude é a possibilidade do desmembramento das mudanças de produtividade dentro de mudança no indicador de eficiência e mudança tecnológica, permitindo, dessa forma, conhecer a natureza da mudança de produtividade.

Existem basicamente dois tipos de indicadores de produtividade: fator parcial de produtividade (FPP) que indica o rendimento de um fator de cada vez, demonstrando apenas a relação entre a produção de um único

produto e a quantidade de um único insumo utilizado, como por exemplo, a produção de soja por hectare.

O segundo tipo de indicador é denominado de fator total de produtividade (FTP), que é um índice que indica o quanto de produto é possível produzir a partir dos diversos insumos utilizados.

Para ter uma idéia básica do significado de produtividade, suponhamos um ambiente em que há um único produto a partir do consumo de um único insumo em dois períodos distintos t e $t+1$. Assim, observa-se (x^t, y^t) no primeiro período e (x^{t+1}, y^{t+1}) no período seguinte. A medida FTP será dada por

$$FTP = \frac{y^{t+1} / x^{t+1}}{y^t / x^t} \quad (1)$$

que é a razão entre a produtividade no período $t+1$ e a produtividade no período t . A dificuldade para construir este tipo de índice se dá quando há mais de um insumo e mais de um produto, que é o caso mais geral.

Em termos de funções distância, o índice de produtividade FTP possui, então, a seguinte definição:

$$FTP = \frac{D_P^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_P^t(x^t, y^t)} \quad (2)$$

$D_P^t(\bullet)$ onde é a função distância relativa a tecnologia referência do período t .

Ou seja, considerando a tecnologia do período t , qual a distância da DMU até a fronteira de produção considerando os níveis de consumo e de produção no período t e considerando os níveis dos mesmos insumos e produtos no período $t+1$. Deste modo tem-se um índice de produtividade relativo ao período t .

O índice FTP, acima definido, geralmente denomina-se *índice produtividade de Malmquist* orientação produção considerando a tecnologia do período t como referência, ou seja,

$$M_P^t(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_P^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_P^t(x^t, y^t)} \quad (3)$$

Esse índice compara dados de uma única DMU coletados em dois diferentes períodos, t e $t+1$, considerando a mesma tecnologia de referência, que é a do período t .

Podem-se utilizar as versões de t e $t+1$ do índice de Malmquist para criar um tipo de índice “ideal”. Este tipo de índice é devido a Fisher (1922, *apud*, FÄRE, GROSSKOPF, 2000).

O índice ideal de Fisher é a média geométrica do índice de Paasche e o índice de Lapeyres que são o maior e o menor salto do verdadeiro índice. Utilizando esta média geométrica para estes saltos, pode-se obter uma aproximação mais fiel ao verdadeiro índice.

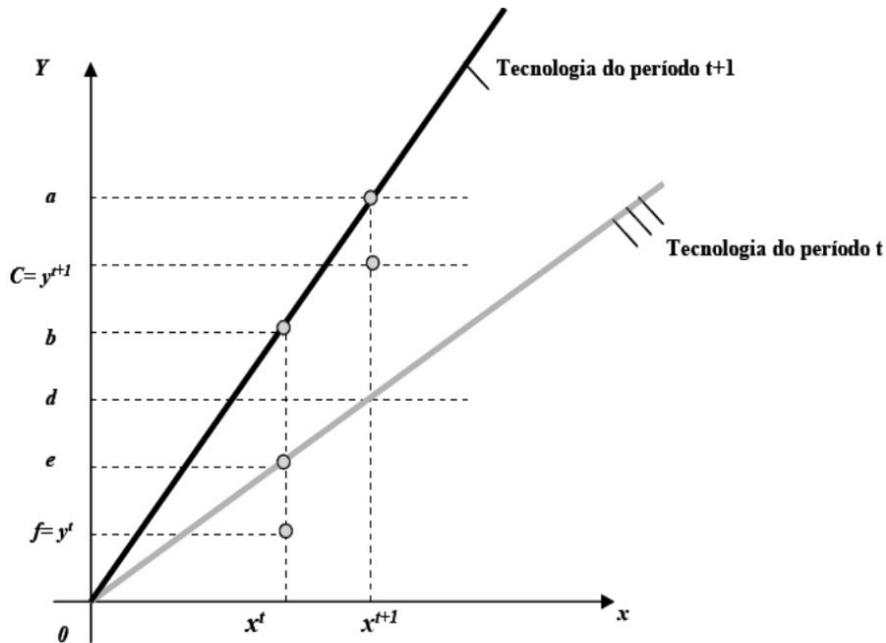
Utiliza-se a mesma idéia obtendo a média geométrica de t e $t+1$ dos índices Malmquist para definir o *índice de Produtividade de Malmquist Orientação Produção (Mp)* como

$$M_p(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left(\frac{D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_p^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

A forma do índice de Malmquist é ilustrado na figura (1). Existem duas diferentes fronteiras de melhor prática na figura, uma formada pelos dados do período t e outra pelos dados do período $t+1$.

Estão incluídos na figura dados de cada período para uma DMU, indicados por (x^t, y^t) e (x^{t+1}, y^{t+1}) .

FIGURA 1. ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE DE MALMQUIST ORIENTAÇÃO-PRODUÇÃO



O índice de Malmquist para a DMU na figura (1) é igual a:

$$M_P(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \sqrt{\frac{0c/0d, oc/oa}{0f/0e, of/ob}} \quad (5)$$

Pode-se reescrever esta expressão também como:

$$M_P(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{0c/0a}{0f/0e} \sqrt{\frac{0a/0d}{0b/0e}} \quad (6)$$

onde a expressão fora do radical mede a mudança de eficiência entre os períodos t e $t+1$: $(0c/0a)$ é a eficiência técnica de (x^{t+1}, y^{t+1}) relativo ao período $t+1$ e $(0f/0e)$ é a eficiência técnica de (x^t, y^t) relativo ao período t . Este termo é chamado de componente da *mudança de eficiência* da mudança de produtividade.

Em geral a *mudança de eficiência* é definida como:

$$EFFCH = \frac{D_P^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_P^t(x^t, y^t)} \quad (7)$$

A raiz quadrada do segundo termo captura movimentos na fronteira das melhores práticas entre t e $t+1$: $(0a/0d)$ medindo o movimento vertical de x^{t+1} e $(0b/0e)$ captura o movimento vertical avaliado em x^t . A média (geométrica) desses dois movimentos é denominada de *mudança da tecnologia*. Em geral, define-se a *mudança da tecnologia* como:

$$TECH = \sqrt{\frac{D_P^t(x^{t+1}, y^{t+1})D_P^t(x^t, y^t)}{D_P^t(x^{t+1}, y^{t+1})D_P^{t+1}(x^t, y^t)}} \quad (8)$$

O produto de $EFFCH$ por $TECH$ é igual a $M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})$. Melhoria na produtividade é sempre demonstrada para valores de M maiores que um, e considera-se o declínio na produtividade quando ocorre valores menores que um.

As mesmas interpretações aplicam-se para os componentes da mudança de produtividade, $EFFCH$ por $TECH$. Observa-se que a melhoria na produtividade pode ser acompanhada pela deterioração em um dos componentes medidos, e vice-versa.

O processo de cálculo das funções distância, como já mencionado acima, envolve o cálculo do índice de eficiência técnica orientação produção considerando retornos constantes de escala. Sejam os períodos t e $t+1$.

4 AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE – ESTUDO DE CASO

Neste estudo de caso, utilizou-se a aplicação do modelo DEA através do cálculo do Índice de Malmquist, buscando avaliar a produtividade de 19 produtores da soja.

4.1 Identificação das DMUs

A utilização de um modelo DEA exige que a escolha das DMUs considere a homogeneidade. As DMUs utilizadas são os produtores da soja selecionados para a pesquisa. Estes produtores realizam as mesmas tarefas, utilizando os mesmos insumos que resultam no mesmo produto, diferenciando-se apenas em relação à intensidade ou magnitude da produção, atendendo a exigência de homogeneidade..

Inicialmente, foram considerados como prováveis DMUs a serem utilizadas para a pesquisa todos os produtores atendidos pelo departamento técnico de uma cooperativa na região de Guarapuava. Realizadas as análises das informações necessárias, observou-se que alguns produtores não possuíam condições adequadas com relação ao conjunto de fatores (insumos e produtos) exigidos, alguns por problemas de gestão administrativa, outros por questões técnicas de atendimento. Assim, 19 produtores foram selecionados.

Após coletadas as informações destes produtores junto à cooperativa, observou-se existir homogeneidade em suas atividades. Todos os produtores selecionados possuem as informações necessárias no período de 2002 a 2004, referentes às quantidades dos insumos e produtos.

4.2 Identificação das variáveis do modelo

As variáveis do modelo são representadas pelos insumos e produtos que melhor representam os produtores, entendendo-se como insumos todos os recursos utilizados pelo produtor para gerar os produtos: estes, por sua vez, são representados pelos bens ou serviços obtidos pelo produtor.

A identificação e escolha das variáveis são consideradas como a fase mais importante e crucial para implementação da metodologia, pois ela representa o grupo de produtores, e caso sua escolha seja inadequada ou inapropriada pode gerar resultados não condizentes com a realidade.

De acordo com as técnicas determinadas pelo modelo DEA na escolha das variáveis, dois modos são os mais adequados. O primeiro utiliza a opinião do interessado ou especialista, levando em consideração: o quanto essa

variável detém uma informação necessária, não incluída em outra variável; se seus dados são confiáveis e seguros; se ela está relacionada ou contribuindo para os objetivos da aplicação: finalmente, se a variável explica a eficiência dos produtores. O segundo modo utiliza uma análise de correlação.

Para selecionar as variáveis neste trabalho considerou-se a opinião dos técnicos e especialistas ligados à atividade, pois eles têm noções mais adequadas das variáveis que realmente influenciam e determinam a melhor forma para avaliar os níveis de eficiência técnica e de produtividade dos produtores.

As variáveis utilizadas no modelo são as seguintes:

- Insumos:

- Adubo - Ad. (sacas de 50 kg): quantidade utilizada por hectare, na semeadura da soja;

- Defensivos – D. (litros): quantidade de defensivos utilizados na pré e pós-semeadura;

- Sementes – S. (sacas de 50 kg): quantidade de semente utilizada na semeadura, não considerando, neste caso, qualidade e tecnologia do produto;

- Área – A. (hectares): área da propriedade utilizada para a semeadura de soja.

- Produto:

- Soja (sacas de 50 kg): esta variável reflete o volume de produção obtido com a utilização dos insumos, numa relação direta de quantidade, sem, porém, especificar outras variáveis que possam afetar o desempenho produtivo.

Considerando 5 variáveis (4 insumos e 1 produto) e 19 produtores, a análise tem um bom poder discriminatório, uma vez que é desejável que o número de DMUs seja pelo menos três vezes o número de fatores de produção. Desse modo, o modelo DEA classifica consideravelmente bem as DMUs em eficientes e não eficientes.

A tabela 1 contém as quantidades dos insumos e dos produtos dos 19 produtores obtidos através do preenchimento de um questionário e informações coletadas junto à Cooperativa.

4.3 Identificação do modelo

Após a seleção das variáveis utilizadas no modelo, a próxima etapa é a definição do modelo DEA a ser utilizado. Para a aplicação do modelo, a escolha depende dos dados disponíveis e da sensibilidade do decisor, o

qual deve ser capaz de escolher aquela que traduza a realidade dos dados em termos de insumos e produtos.

$$\begin{aligned} (D_P^t(x^t, y^t))^{-1} &= \max \theta + \varepsilon \left(\sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^n e_i \right) \\ \text{s.a: } \theta y_{ok}^t - \sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^t + s_k &= 0, \quad k = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^j \lambda_j x_{ji}^t + e_i &= x_{oi}^t, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \lambda_j, s_k, e_i &\geq 0, \quad \forall j, k, i, \theta \text{ livre} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (D_P^t(x^{t+1}, y^{t+1}))^{-1} &= \max \theta + \varepsilon \left(\sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^n e_i \right) \\ \text{s.a: } \theta y_{ok}^{t+1} - \sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^t + s_k &= 0, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (9) \\ \sum_{j=1}^j \lambda_j x_{ji}^t + e_i &= x_{oi}^{t+1}, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \lambda_j, s_k, e_i &\geq 0, \quad \forall j, k, i, \theta \text{ livre} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (D_P^{t+1}(x^t, y^t))^{-1} &= \max \theta + \varepsilon \left(\sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^n e_i \right) \\ \text{s.a: } \theta y_{ok}^t - \sum_{j=1}^j \lambda_j y_{jk}^{t+1} + s_k &= 0, \quad k = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^j \lambda_j x_{ji}^{t+1} + e_i &= x_{oi}^t, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \lambda_j, s_k, e_i &\geq 0, \quad \forall j, k, i, \theta \text{ livre} \end{aligned}$$

O modelo utilizado para a avaliação da produtividade foi o índice de Malmquist.

TABELA 1.

	ADUBO			DEFENSIVOS			SEMENTE			ÁREA			PRODUÇÃO		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
D-001	80	80	75	78	180	155	40	60	67	36	53	60	50	48	58
D-002	250	220	265	300	300	253	55	82	55	50	75	50	40	45	38
D-003	180	175	200	230	350	552	40	40	45	25	37	33	39	52	45
D-004	300	435	500	286	187	257	100	80	110	90	72	100	44	47	40
D-005	125	120	153	87	92	153	25	25	55	50	50	50	40	41	38
D-006	350	110	265	327	273	320	38	90	72	82	82	82	41	39	40
D-007	180	188	192	180	203	140	48	51	39	44	46	35	51	52	43
D-008	164	224	250	165	252	283	80	79	99	41	41	41	43	48	43
D-009	415	390	430	348	298	402	72	80	120	65	72	111	40	49	32
D-010	407	210	190	1371	1281	2871	75	85	75	73	73	73	44	33	38
D-011	1160	1000	1566	650	680	570	320	295	310	180	180	205	50	45	40
D-012	200	250	280	220	260	300	60	65	85	70	70	113	35	38	35
D-013	300	276	408	250	211	360	40	82	90	45	45	70	42	61	52
D-014	290	300	319	310	300	384	63	65	80	52	51	65	39	52	45
D-015	320	560	600	890	976	567	220	220	220	100	100	180	46	55	58
D-016	250	150	246	290	336	247	62	60	55	36	48	48	34	35	30
D-017	450	600	605	364	460	465	159	114	150	50	50	36	42	45	28
D-018	1330	1250	1400	1250	1000	1300	180	293	270	145	145	145	43	45	43
D-019	250	239	250	248	238	260	55	55	60	38	36	52	45	52	40

5 ANÁLISE DO ÍNDICE DE MALMQUIST

O índice de Malmquist avalia os índices de produtividade em diferentes períodos de tempo, decompondo-os em sub-índices que refletem a variação da eficiência técnica e mudanças tecnológicas.

Essa decomposição do índice de Malmquist contribui para uma análise das alterações nos índices de produtividade, pois permite identificar se um aumento é fruto do progresso tecnológico ou da melhoria na eficiência técnica, ou ainda, dos dois simultaneamente.

Antes de detalhar os resultados, é importante salientar que a produção do setor agropecuário é sensível a fatores externos, como o clima, oscilações da economia mundial (preço, demanda de mercado, produção). Como consequência deste fato, a análise também fica sujeita à influência desses fatores, podendo gerar resultados adversos.

A tabela 2 contém os índices de Malmquist para os diferentes períodos analisados, considerando os índices de produtividade, variações de eficiência técnica e mudanças de tecnologia, das 19 DMUs.

TABELA 2.

	Períodos de 2002 e 2003			Períodos de 2003 e 2004			Períodos de 2002 e 2004		
	M _p	EFFCHc	TECH	M _p	EFFCHc	TECH	M _p	EFFCHc	TECH
D-001	0,76	1,00	0,76	1,22	1,00	1,22	0,85	1,00	0,85
D-002	0,83	1,00	0,82	1,09	1,08	1,01	0,94	1,09	0,87
D-003	0,98	1,00	0,98	0,89	1,00	0,89	0,87	1,00	0,87
D-004	1,37	1,93	0,71	0,62	0,62	1,00	0,87	1,19	0,73
D-005	1,00	1,00	1,00	0,61	0,73	0,84	0,52	0,73	0,72
D-006	0,87	0,88	0,99	0,94	0,92	1,02	0,59	0,80	0,73
D-007	0,96	1,18	0,81	1,04	1,00	1,04	1,01	1,18	0,85
D-008	1,01	1,19	0,85	0,87	0,96	0,90	0,93	1,14	0,82
D-009	1,14	1,34	0,85	0,46	0,44	1,05	0,5	0,59	0,85
D-010	0,79	0,88	0,91	1,25	1,31	0,96	0,93	1,15	0,81
D-011	0,89	1,08	0,82	0,93	0,92	1,00	0,76	1,00	0,76
D-012	1,01	1,19	0,85	0,7	0,79	0,88	0,69	0,94	0,74
D-013	1,20	1,26	0,96	0,57	0,60	0,94	0,64	0,75	0,84
D-014	1,34	1,48	0,91	0,70	0,74	0,95	0,94	1,09	0,86
D-015	1,05	1,20	0,88	0,76	0,78	0,98	0,72	0,93	0,78
D-016	0,90	1,02	0,88	0,8	0,81	0,98	0,71	0,83	0,85
D-017	1,06	1,12	0,94	0,85	0,94	0,9	0,89	1,06	0,84
D-018	1,01	1,04	0,97	0,95	1,08	0,88	0,96	1,12	0,86
D-019	1,20	1,26	0,95	0,60	0,64	0,93	0,69	0,81	0,85

Desta tabela extraímos as seguintes análises:

No período de 2002/2003, por exemplo, os produtores D-001 e D-010 apresentaram resultados abaixo da unidade, ou seja, a produtividade em 2003 foi menor que a de 2002. Segundo os produtores, este decréscimo na produtividade de 2002 para 2003 deve-se essencialmente a questões climáticas, pois, considerando a utilização de insumos e equipamentos, os produtores da região de um modo geral têm as mesmas práticas.

No período 2003/2004 estes produtores (D-001 e D-010) tiveram uma recuperação na sua produtividade, que segundo a análise e informação do técnico da cooperativa e dos próprios produtores, foi uma das safras em que apesar dos demais produtores sofrerem com os problemas de chuva e doenças da soja que influenciaram sensivelmente os níveis de produtividade, os seus resultados não foram afetados.

Considerando o período 2002/2003, observou-se que os produtores D-004 e D-014 obtiveram resultados bem acima do índice 1, e, segundo informações do produtores, isso foi motivado por uma conjugação adequada de fatores, tais como: aplicação de calcáreo para correção do solo, orientado pelas análises de solo solicitadas pelo técnico da cooperativa; aplicação de adubo e defensivos nas épocas certas com controle efetivo de quantidade aplicada e, principalmente, pela quantidade ideal de chuva durante todo o processo de desenvolvimento da planta.

Para o período de 2003/2004, esses produtores apresentaram uma queda acentuada na produtividade, em parte, influenciado por atitudes

relacionadas à utilização de novas sementes, não utilização de adubação e problemas climáticos, conforme citados anteriormente.

O produtor D-004 identificou, igualmente, que uma das razões que contribuiu para o menor rendimento na produtividade, foi o fato de ele ter mudado uma parte da área de plantio para um pedaço de terra de sua propriedade até então utilizado para pastagem, sendo este, portanto, não preparado adequadamente para o plantio da soja. Por isso, não apresentou um rendimento compatível com o resto da área.

Com relação ao período 2002/2003, observou-se que o produtor D-009 obteve um índice de produtividade ligeiramente maior que 1, com uma influência bastante acentuada das condições climáticas, pois nessa região o volume de chuva foi regular e suficiente para manter os níveis de desenvolvimento da planta em índices satisfatórios.

O que determinou a análise desse produtor foi a expressiva queda na produtividade no período 2003/2004 e que, segundo informações da cooperativa, foi relacionada aos índices pluviométricos nos períodos determinados. De acordo com as declarações do produtor, não houve nenhuma mudança na parte de tecnologia (considerando sementes, maquinários e aplicação de produtos diferenciados), que pudesse explicar diferenças de resultado tão significativas.

Em relação à mudança de eficiência técnica, alterações também significativas ocorreram no período de 2003/2004, onde 70% dos produtores tiveram redução nos índices, ficando abaixo da unidade.

Desses produtores, destacam-se D-004 e D-009 cujos resultados foram 68% inferiores ao período anterior, e o produtor D-014 teve um resultado 50% inferior, sendo que o mesmo considera apenas influências da quantidade de chuvas no período, pois as ações efetuadas na propriedade não tiveram nenhuma modificação em relação aos anos anteriores. Segundo informações dos produtores, esta redução no índice de produtividade foi influenciada por variáveis incontroláveis (leia-se alterações climáticas), apesar de todos os esforços desenvolvidos por ambos na atividade.

A análise da mudança de tecnologia apresenta resultados diferenciados, neste caso. Os produtores D-001, D-004, D-009 obtiveram resultados acima da unidade, influenciados por algumas mudanças efetuadas, tais como: um melhor controle na adubação; aplicação de adubo foliar e utilização de variedades diferentes de sementes. Estas mudanças visava a melhores rendimentos de produtividade.

6 CONCLUSÕES

A utilização do índice de Malmquist demonstrou ser eficiente na determinação dos índices de produtividade de produtores da soja. Além de proporcionar meios adequados para determinar as melhores formas de avaliar a condução das atividades, oferece uma eficiente comparação entre diversos períodos de tempo, considerando mudanças de eficiência técnica e mudanças de tecnologia.

Dessa forma, podem-se identificar as melhores práticas e desenvolver ações concretas no sentido de melhorá-las ou modificá-las, buscando atingir os índices mais adequados à necessidade da organização.

Dentre os fatores considerados mais importantes na determinação dos resultados de produtividade na atividade de produção da soja, destacou-se o clima (índices pluviométricos, épocas das chuvas e estiagem).

Essa variável foi identificada como a maior responsável, tanto pelos crescimentos de produtividade, como pelos decréscimos observados nos produtores selecionados no trabalho.

Com a realização deste trabalho, foi possível observar que os produtores da soja na região de Guarapuava têm um índice de produtividade que se iguala aos melhores índices de outras regiões do Brasil, do Paraná e dos municípios mais evoluídos na produção da soja.

COMPARATIVO DAS PRODUTIVIDADES DOS PRINCIPAIS MUNICÍPIOS DO PARANÁ EM 2004

MUNICÍPIO	PRODUÇÃO (k/ha)
PARANÁ	2533
BRASIL	2339
Guarapuava	2800
Quedas do Iguaçu	2900
Wenceslau Braz	3000
Corbélia	3100
Kalore	3200
Ponta Grossa	3300
Marilândia do Sul	3360
Mauá da Serra	3600

Com relação à tecnologia empregada nas propriedades, todos os produtores procuraram se atualizar, renovando seus equipamentos, no intuito de obterem melhores rendimentos e, na medida da necessidade, utilizar

variedades de sementes adaptadas à região de Guarapuava e defensivos com tecnologias adequadas ao controle de pragas na lavoura.

Considerando que o objetivo do trabalho era identificar os produtores eficientes e não eficientes, os níveis de produtividade alcançados em relação às demais regiões e avaliar os fatores que influenciam positiva ou negativamente a produção da soja na região, conclui-se que a ferramenta DEA e o índice de Malmquist têm todas as condições de serem utilizados, proporcionando resultados mais seguros e com melhores referências para se desenvolverem ações que permitam minimizar o reflexo desses fatores nos resultados obtidos.

7 REFERÊNCIAS

COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., TONE, K. (2000). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. Norwell, MA: Kluwer Academic Press.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S., LOVELL, C.A.K. (1994): *Production Frontiers*. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.

FARREL, M.J. (1957). *The measurement of production efficiency*. Journal of The Royal Statistical Society, Series A.

GUERREIRO, E. (1996). *Produtividade do trabalho e da terra na agropecuária paranaense*.

HUBNER, O. Fonte: otmar@pr.gov.br. Artigo enviado por e-mail em 17 de julho de 2004.

MIYASAKA, S. (1981). *A soja no Brasil*. Atlas; São Paulo.

Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 34, n. 1 e 2, jan./jun.

SANTO, B.R.E. (2001). *Caminhos da agricultura brasileira*. Evoluir: São Paulo.

SEAB. Disponível em: <<http://www.celepar.br/seab/aspectos/soja.html>>.

WILHELM, V. E. *DEA – Apostila dirigida ao curso de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, no Departamento de Matemática da Universidade Federal do Paraná na disciplina de Data Envelopment Analysis, 2003*.