

O QUE SIGNIFICAM AS MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE DA AGRICULTURA?¹

*Eliseu Alves*²

Resumo: Discutem-se as medidas de produtividade mais usadas na agricultura brasileira, salientando-se que todas elas visam indicar quanto de recurso é poupado. Enfatizam conceitos, limitações e propriedades, sem aprofundar demasiadamente a discussão teórica, alguns resultados e não se analisam os aplicativos. As medidas de produtividades são classificadas em otimizadas, quando provenientes de algum procedimento de otimização, e não otimizadas, como a produtividade da terra, do trabalho e produtividade total dos fatores. Relaciona-se a produtividade da terra com a produtividade total dos fatores (ptf), e mostra-se que elas dizem a mesma coisa tão somente numa agricultura primitiva, aquela que só usa trabalho e terra. Sendo assim, a produtividade da terra somente se correlaciona com a rentabilidade do estabelecimento numa condição que não está presente na agricultura brasileira, a não ser em regiões muito atrasadas. Um ponto importante é que o desenvolvimento de nossa agricultura se caracteriza pelo uso de tecnologias com grande poder de poupar terra.

Palavras-chave: Produtividade da Terra, do Trabalho e Produtividade Total dos Fatores. Eficiência Técnica. Preço e Custo. Fronteira de Produção.

1. Introdução

As diversas medidas de produtividade procuram captar quão eficiente é a agricultura. Algumas delas são otimizadas no sentido de diminuir a quantidade de insumos para uma dada produção, referindo-se ao máximo de redução possível. Quando é fixada a quantia de insumos, refere-se ao máximo de produção que é possível obter. Ou ainda, a renda líquida observada é comparada com a máxima possível, dada a tecnologia e restrições de insumos.

A preocupação de otimizar não é parte do outro grupo de medidas. Mas,

¹ Recebido em: 24/09/2010; Aceito em: 29/11/2010.

² Eliseu Alves é assessor do Diretor Presidente e pesquisador da Embrapa.

elas indicam economia de recursos (não necessariamente o máximo possível). Quando se dobra a produtividade da terra, produz-se a mesma coisa na metade da área que foi anteriormente utilizada. Se a produtividade do trabalho no conceito de área que cada trabalhador cultiva for dobrada, significa que a metade do número de pessoas pode agora fazer a mesma coisa. Fixados os insumos, quando se dobra a produtividade total dos fatores, a metade dos insumos usados produz a mesma coisa.

Estas questões são discutidas no trabalho, assim como são apresentados alguns dados recentes. De forma simplificada, é apresentado o conceito de eficiência que fundamenta as medidas otimizadas.

2. Medidas de produtividades otimizadas

2.1. Eficiência

Tem-se um conjunto de produção, Y ; um elemento deste (y) é um vetor de componentes negativos (os insumos) e positivos (os produtos). Mas, em ambos os casos, pode haver componentes nulas. Os axiomas que descrevem Y , como um conjunto de produção, são:

- a) Y é conjunto fechado, ou seja, qualquer elemento pode ser aproximado por uma sequência de elementos de Y ;
- b) $0 \in Y$. Ou seja, é possível não produzir nada;
- c) Existe um elemento de Y com algum insumo não nulo e produto não nulo, indicando que alguma coisa pode ser produzida;
- d) Nenhum vetor de componentes positivos ou nulos, exceto o vetor o , pertence a Y . Ou seja, para produzir produtos são consumidos insumos;
- e) y e $-y$ não pertencem a Y . Isto é, se y foi produzido, não é possível reverter o processo;

f) Se $y \in Y$ $z \geq y$ então $z \in Y$. Não custa nada dispor de algum excedente;

g) O conjunto Y é convexo.

2.2. Ponto Eficiente

O elemento y_0 de Y é um ponto eficiente se não existir, em Y , y tal que $y \geq y_0$. Isto significa que não existe nenhum outro vetor que produza mais de algum produto com a mesma quantidade de insumos ou menos; ou, que use menos insumos para produzir os mesmos produtos. Note-se que não se afirma a existência de um ponto eficiente. Caso ele exista, terá que satisfazer as exigências da definição. Lembra-se que $y \geq y_0$ significa que pelo menos uma componente de y é maior do que a correspondente componente de y_0 .

Teorema: *Se y_0 é um ponto eficiente, então existe um vetor de preços, com pelo menos uma componente não nula, portanto, $y \geq y_0$, tal que para todo y de Y $p^* y_0 \geq p^* y$.*

Isto significa que quando y_0 é eficiente, há um vetor de preços que maximiza a renda líquida, pois as componentes do vetor de preço que correspondem às quantidades de produtos de y_0 vão multiplicá-las. A soma é a receita. A mesma coisa ocorrerá com os componentes negativos de y_0 e soma é o custo total. A renda líquida é o resultado final de $p^* y_0$. Pela desigualdade, a renda líquida no ponto eficiente, tendo-se em conta o respectivo vetor preço, não é superada por nenhum outro vetor de Y . Por isto, é máxima.

O teorema não diz que o resultado valha para qualquer vetor preço, mas para aquele específico de y_0 . Também, não afirma que vetor preço seja único, basta multiplicar suas componentes por um número positivo. Admitindo-se que Y é limitado e, portanto, compacto, demonstra-se a existência da renda líquida máxima para qualquer $p \geq 0$. Ainda, que ponto de renda líquida máxima é eficiente.

Dado um ponto y_0 eficiente, existe uma reta que tangencia a fronteira de Y neste ponto; se existirem pontos eficientes em Y eles se localizam na sua fronteira. Esta reta está formalizada em (1), quando se designam os produtos por y 's e os insumos por x 's. Quando se aumenta R , a reta é deslocada para cima; ao atingir o ponto de tangência nenhum deslocamento é mais possível. Dessa maneira, o R correspondente é máximo, ou seja, a renda líquida é máxima. A existência de $p \geq 0$ é demonstrada usando-se os axiomas enunciados e o teorema de separação de conjunto convexo. Demonstra-se, também, a existência da renda líquida máxima, sem uso de derivadas.

$$\sum p_i y_i - \sum \pi_i x_i = R \quad (1)$$

Se for eliminado o axioma g , obtém-se a proposição menos significativa: se existir vetor de preços $p > 0$ tal que $p * y_0 \geq p * y$, para todo y de Y , então y_0 é um ponto eficiente. Caso exista o vetor $p > 0$, satisfazendo a desigualdade indicada, então o y_0 é eficiente, Contudo, não se prova sua existência.

Podem-se fixar os insumos em Y e determinar as combinações de produtos possíveis de serem produzidos. Tem-se, assim, a fronteira de produção. Como os insumos são fixos, o ponto máximo de renda líquida ocorre no ponto em que se maximiza a receita $\sum p_i * y_i$. Na ilustração, y_1 e y_2 são

produtos e o ponto de tangência ocorre em h. Denomina-se a curva ahmb de isoquanta, a reta que passa por h de isoreceita, porque nela o valor da receita é o mesmo.

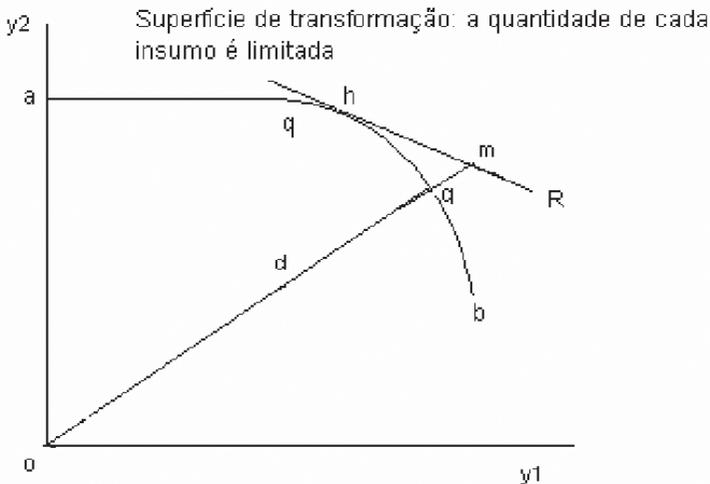


Ilustração 1 superfície de transformação

Nos exercícios usuais, quando se maximiza a renda líquida, o vetor de preço é fixo e positivo e obedece-se $p^* y_0 \geq p^* y: y \in Y$. Logo, o ponto de máximo é um ponto eficiente.

Quando a economia não opera em um ponto eficiente, há desperdícios. Por esta razão, foram desenvolvidas muitas técnicas e respectivas medidas de produtividade para captar o que ocorre no mundo real. Para uma apresentação exaustiva das medidas de produtividade baseadas em envoltória de dados, com apresentação de software especialista para planilha eletrônica, ver Ferreira e Gomes (2009).

2.3. Orientação para Insumos

Na ilustração 2, o nível de produção é fixado em 100. Verifica-se que combinações dos dois insumos, x_1 , x_2 , produzem as 100 unidades de produto. A isoquanta é fronteira, pois abaixo dela não se pode produzir as 100 unidades; acima, pelo axioma f , é possível a produção das 100 unidades. Quando acima dela, produz-se de forma ineficiente.

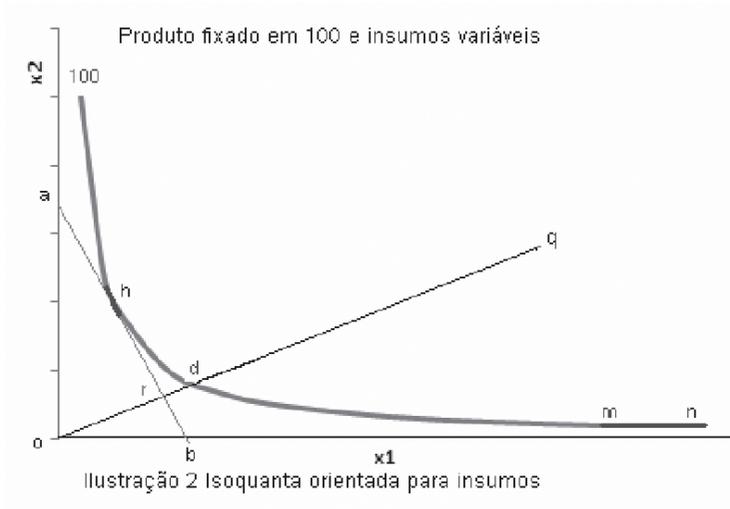
A primeira tentação é admitir que todos os pontos localizados na isoquanta são eficientes. Mas, isso não é verdadeiro. Os pontos à direita de m não são eficientes (por exemplo, n). Entre m e n , pode-se reduzir a quantidade do insumo x_1 , mantendo-se x_2 constante, e ainda produzir y . No caso de dois insumos, se y_0 for eficiente, quando se diminui um insumo é imperativo aumentar o outro.

Todos os pontos acima da isoquanta são ineficientes, pois é possível reduzir os dois insumos e ainda produzir y . Uma técnica é escolher um raio que comece na origem e siga até o ponto em questão (o ponto q e o raio oq , por exemplo). Qualquer ponto abaixo de q e no raio consome menos dos dois insumos. Ao longo deste raio pode-se reduzir o consumo até atingir o limite de redução em d , abaixo do qual não se produzem as 100 unidades. Neste caso, otimizar significa obter a redução máxima dos dois insumos, ao longo do raio indicado, e ainda produzir as 100 unidades.

Imagine-se localizado no ponto o . Ao longo do raio oq , define-se eficiência técnica (et) como sendo o comprimento do segmento od dividido por oq . Começando-se no ponto o , od é o mínimo que se deve aumentar x_1 e x_2 , ao longo do raio oq , para obterem-se as 100 unidades. O valor obtido é o

ponto d , de comprimento od . Logo, $et = \frac{od}{oq}$. Note que a isoquanta

expressa a **tecnologia** que produz 100 unidades, com o mínimo de insumos possíveis, em cada um de seus pontos.



Mas, o custo mínimo ocorre no ponto h, quando a linha de isocusto tangencia a isoquanta. Nesta linha, o custo é constante. Pode-se imaginar que o produtor, percebendo sua ineficiência em q, mova-se até d, onde obtém a melhor eficiência técnica. Depois descobre que não minimiza custo. Aí se move para h. Então, pergunta-se: no raio oq, em que ponto se obtém o mesmo custo de h? Claro está que é em r. Neste ponto, a combinação de insumos, que se refere a ele, custa o mesmo valor daquela que se refere a h.

Pode-se definir uma medida para eficiência custo da seguinte forma:

$$ec = \frac{or}{od}, e 0 < ec \leq 1. ec = 1 \text{ se somente se o ponto observado coincidir}$$

com h, ou seja, se o produtor estiver minimizando o custo. Como ele fixou a produção em 100 unidades, em h a renda líquida também é maximizada.

Admita o produtor operando em d, no máximo da eficiência técnica. Ao observar a linha ab, ele descobre que há um gasto demasiado para produzir

as 100 unidades e resolve cortar custos. Quanto? A resposta é a eficiência preço, assim denominada por causa da linha isocusto ab , e é dada por

$$ep = \frac{or}{od}.$$

Logo:

$$ec = \frac{or}{oq} = \left(\frac{or}{od}\right) * \left(\frac{od}{oq}\right) = ep * et = \text{eficiência preço vezes eficiência técnica}$$

Um ponto importante pode ter ficado esquecido: a existência da isoquanta. É possível obtê-la estimando-se a função de produção. Esse é um método paramétrico, pois envolve a estimativa de parâmetros e hipóteses sobre a forma da função de produção. Alternativamente, também paramétrica, pode-se recorrer à estimativa da função custo. Uma abordagem alternativa aos métodos paramétricos é a DEA. Este método gera, a partir das observações, a isoquanta ou a fronteira de possibilidades de produção, sem estimá-la. Nada supõe sobre a função de produção, a não ser que ela exista e que é possível construí-la. Usa programação linear para obter as componentes aludidas acima e outras mais.

Na maioria das vezes, usa-se a DEA para fazer comparações entre produtores. Não é justo comparar um produtor pequeno com um grande. O critério está na quantidade de insumos usados. O grupo de produtores, que são comparáveis com o produtor A, compõem-se daqueles que, para cada insumo, usam a mesma quantidade ou menos e produzem o mesmo volume ou mais. Há vários programas de computador que decompõem a eficiência custo em componentes. O relatório indica as medidas de eficiência para cada produtor do estudo, obedecendo-se o critério de comparação. O método pode ser aplicado às séries temporais. Para mais detalhes, ver Ferreira e Gomes (2009).

As pesquisas mostram ser grande a proporção de produtores que têm índices menores que 1. Poder-se-ia dizer que isto desmente a hipótese

de Schultz de que os produtores agrícolas sejam eficientes. Mas, não é assim. Implicitamente, Schultz admite um mundo sem mudança tecnológica. E a DEA admite ser a mesma a tecnologia para os produtores que participaram do exercício. Se fosse verdadeira a hipótese implícita de Schultz também verdadeira seria a hipótese da constância de tecnologia da DEA. Não sendo verdadeira esta hipótese, as ineficiências encontradas pela DEA não correspondem somente a erros de escolhas dos produtores.

2.4. Orientação Produto (nível fixo dos insumos)

A ilustração 1, acima, que versa sobre a fronteira de possibilidades de produção é usada. No caso, a isoquanta é côncava, com a concavidade voltada para o eixo y_1 . Acima do isoquanta não se pode produzir nenhuma combinação de y_1, y_2 . Na isoquanta e abaixo dela, é possível produzir combinações dos dois produtos y_1, y_2 . Quando abaixo da isoquanta, todo ponto é ineficiente. Na isoquanta, como ela foi desenhada, nem todos os pontos são eficientes. Os pontos do segmento aq não são eficientes, porque nele não é verdade que somente se reduz um produto aumentando-se o outro e vice-versa.

O ponto d é ineficiente. Movimenta-se dele até atingir a fronteira em q . Mede-se a distância a percorrer por oq/od ($(oq/od)*od=oq$). Assim, eficiência técnica orientada para receita corresponde a $etr=oq/od$. Uma vez em q descobre-se que não se maximiza receita bruta, portanto, a renda líquida. Move-se para o ponto m , no qual a receita bruta é a mesma do ponto h . A medida de distância a percorrer é dada por $om/oq=epr$ (eficiência preço voltada para receita). A eficiência receita é dada por $om/od=er$. Logo,

$$er = \frac{om}{od} = \left(\frac{oq}{od}\right) * \left(\frac{om}{oq}\right) = etr * epr$$

Existe vasta literatura sobre aplicações da DEA. Nela se comparam agricultores, entre si, entre anos, unidades de pesquisa, etc. Por exemplo,

Souza (2003) desenvolveu modelo que tem sido aplicado na avaliação da Embrapa e propõe procedimento pelo qual é possível testar hipóteses. O seu modelo é orientado para produto. Alves e Adriano (1998) avaliaram a eficiência custo de um grupo de produtores de leite mineiros. Färe, Grosskopf e Lovel (1994) desenvolveram rigorosamente a teoria e relatam sua aplicação em várias situações. Helfand (2003) avaliou os determinantes da eficiência técnica no Centro-Oeste

Existe alternativa à DEA, também não paramétrica, pouco popular, mas menos exigente em hipóteses, desenvolvida por Hall R. Varian, em alguns trabalhos. Em português a teoria está discutida, em detalhes, em Alves (2008), que mostra como aplicá-la. Para uma aplicação, que visou avaliar a eficiência de produtores de leite, veja Alves e Souza (2003), que também comparou o método de Varian, com a DEA e fronteira estocástica.

A fronteira estocástica envolve estimar uma função de produção e decompõe o erro em componentes, e a decomposição permite estimar a eficiência técnica. Pela natureza econométrica do procedimento, têm-se testes estatísticos, e variáveis explicativas da eficiência técnica podem ser diretamente incorporadas à função de produção.

De forma simplificada e conforme Batese (1992), a fronteira probabilística representa-se por:

$$y_i = f(x_i; \beta) e^{(V_i - U_i)} \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

em que V_i é o erro aleatório, com média zero, associado aos fatores fora do controle da firma. Pelo modelo, o limite superior de produção possível é dado por $f(x_i, \beta) e^{(V_i)}$, portanto, estocástico. V_i e U_i são variáveis aleatórias independentes, e U_i é uma variável aleatória não negativa. Admite-se que seja distribuída de acordo com uma distribuição *normal truncada*, sendo que $f(x, \beta)$ é representada por função uma Cobb-Douglas. A medida de eficiência técnica é dada por:

$$ET_i = \frac{y_i}{y_i^*} = \frac{f(x_i; \beta) e^{(V_i - U_i)}}{f(x_i; \beta) e^{(V_i)}} = e^{(-U_i)}.$$

A maior vantagem do procedimento de Varian é permitir saber, de forma simples, se os produtores são racionais (por exemplo, minimizadores de custo). Caso sejam assim, é possível mostrar a existência de uma função de produção, com as propriedades apropriadas, sem estimá-la ou gerá-la, por procedimento não paramétrico. Um procedimento de programação quadrática, sem hipóteses sobre a fronteira de produção, permite calcular o custo mínimo. Obtido este, a eficiência custo é o quociente do mesmo com o observado. Também é possível contar o número de produtores que desobedeceram a regra de racionalização.

A DEA é muito exigente em dados, por isto não costuma ser aplicada em agregados nacionais. Também não foi desenvolvida para este propósito, por que se baseia em unidades que tomam decisão sobre alocação de recursos.

3. Medidas de Produtividade não otimizadas

Serão discutidas três tipos de medidas não otimizadas, no sentido de que os ganhos que apresentam poderiam ainda ter sido maiores, caso tivessem sido obtidas por algum procedimento de programação matemática. São elas a produtividade total dos fatores, a produtividade da terra e a produtividade do trabalho.

3.1. Produtividade total dos fatores

A ptf é medida fundamental, porque empresta significado àquela parcela do crescimento da produção que não pode ser explicada pelo crescimento dos insumos.

$$ptf = \frac{\text{produção}}{\text{dispêndio}}$$

Como há muitos produtos, produção equivale à soma dos valores dos produtos produzidos num período; dispêndio corresponde aos gastos com os insumos no mesmo período da produção. No caso de séries temporais, que cobrem períodos de duração longos, surgem problemas técnicos para se manter o mesmo poder de compra nas comparações, e estes problemas não serão discutidos. Mas, há técnicas para resolvê-los. Ver, por exemplo, Gasques et al. (2004).

Alega-se que se os insumos fossem corretamente corrigidos, o crescimento deles explicaria o crescimento da produção. Por exemplo, o nível de educação cresceu de um período para o outro, então haveria um fator de correção para fazer o trabalhador de um período comparável com o do outro. Fertilizantes de hoje são mais eficientes que os do passado. Também máquinas e equipamentos e etc., e sugere-se ver Alves (2004) para uma discussão deste assunto. Mas, as correções são complicadas de se fazer por envolverem considerável subjetivismo. Por isto, tem prevalecido a interpretação de que $ptf > 0$ não pode ser aceita como erro de medida, seja nos insumos seja nos produtos.

a) Taxa de crescimento da ptf

O próximo passo é obter a taxa de crescimento de ptf, definida por taxa (ptf); da produção = taxa (produção); dos insumos = taxa (insumos). É possível demonstrar que:

$$\text{taxa}(ptf) = \text{taxa}(\text{produção}) - \text{taxa}(\text{insumos}).$$

A hipótese nula é $taxa(ptf) = 0$. Entretanto, as pesquisas empíricas a têm rejeitado. A hipótese nula implica em $taxa(produção) = taxa(insumos)$. Ou seja, que o crescimento dos insumos explique completamente o crescimento da produção. As pesquisas empíricas têm mostrado que $taxa(ptf) = 0$, ou seja, a produção cresce a taxa mais alta que a taxa de crescimento dos insumos. Quando isto ocorre, há considerável economia de insumos para se obter a mesma produção. Gasques, et al. (2010) indicou que os insumos cresceram bem menos que o produto, portanto, $ptf > 0$, e, assim, houve importante economia de recursos, em ambos períodos.

Tabela 1 - Taxas geométricas anuais de crescimento do insumo, do produto e da ptf, Brasil, dois períodos.

Itens	1970-2006	1995-06
Insumo	1,2	1,0
Produto	3,5	3,1
Ptf	2,3	2,1

Fonte Gasques et. al. (versão preliminar março 2010)

Quando se observa $taxa(ptf) = 0$ significa que o produto cresceu a taxas mais elevadas que os insumos, portanto que houve economia de insumos, e quanto mais distante $taxa(ptf)$ for de zero maior é a economia de recursos. Porque é assim? Quando novo insumo ou produto é gerado, todo o conhecimento está nele cristalizado, como descrito pelo respectivo manual ou informações fornecidas. Se ficasse sempre assim, então . Novos conhecimentos são agregados e não se corrige a quantidade de insumo ou produto além da expansão observada. Como resultado dos novos conhecimentos, para o mesmo nível de insumo ou produto, a produção cresce e tem-se $taxa(ptf) = 0$

Se a agricultura fosse baseada tão somente em terra e trabalho e, neste caso, trabalho e terra estão em proporção fixa, o que corresponde somente a um fator de produção, a *ptf* e a produtividade da terra seriam equivalentes, mas somente neste caso, que pouco tem a ver com nossa agricultura atual.

No ano, suponha-se que somente se produz um único produto carne. Tecnologia primitiva, pela qual somente se usa pastagem, representada por *T* hectares, aluguel do hectare, *w*, e *L* unidades de trabalho, salário, *s*. No início do ano, há *UA* unidades animais que produzem no final do ano *y* arrobas, preço *p*. Num estabelecimento tradicional, como este, é possível admitir-se que $y=d*UA$, ou seja, a produção é proporcional ao número de unidades animais iniciais. Além disto, trabalho é proporcional ao número de hectares em pastagens, $L=r*T$. Logo:

$$ptf = \frac{p * y}{s * L + w * T} = \frac{p * (d * UA)}{w * T + s * L} = \frac{p * (d * UA)}{T * (w + sr)} = \left(\frac{p * d}{w + s * r} \right) * \left(\frac{UA}{T} \right)$$

Então, a *ptf* é proporcional à produtividade da pastagem medida por UA/T ,

sendo o fator de proporcionalidade dado por $\left(\frac{p * d}{w + s * r} \right)$, em que constantes compõem o numerador e o denominador. Se a tecnologia usar capital e outros insumos, esta relação não se verifica, mesmo quando retornos constantes à escala estão presentes. A este respeito, ver, por exemplo, Alves e Souza (2000).

Há outra propriedade da *ptf* que a torna muito atraente. Quando $ptf = 1$, a renda líquida é zero, ou seja, todos os custos são pagos. Numa economia rural competitiva e sem riscos, a *ptf* converge para 1. Se $ptf < 1$, segue-se que a renda líquida é negativa. Se isto persistir por algum tempo, o estabelecimento entrará numa rota de falência, portanto, numa rota instável. Se $ptf > 1$, a renda líquida é positiva, e sobram mais recursos para investimento. Assim a *ptf* é fortemente correlacionada com a

sobrevivência do estabelecimento. Há muitas aplicações deste conceito na agricultura brasileira, destacando-se Gasques et al. (2004), Gasques et al. (2010) e Vicente (2004).

3.2. Produtividade da terra

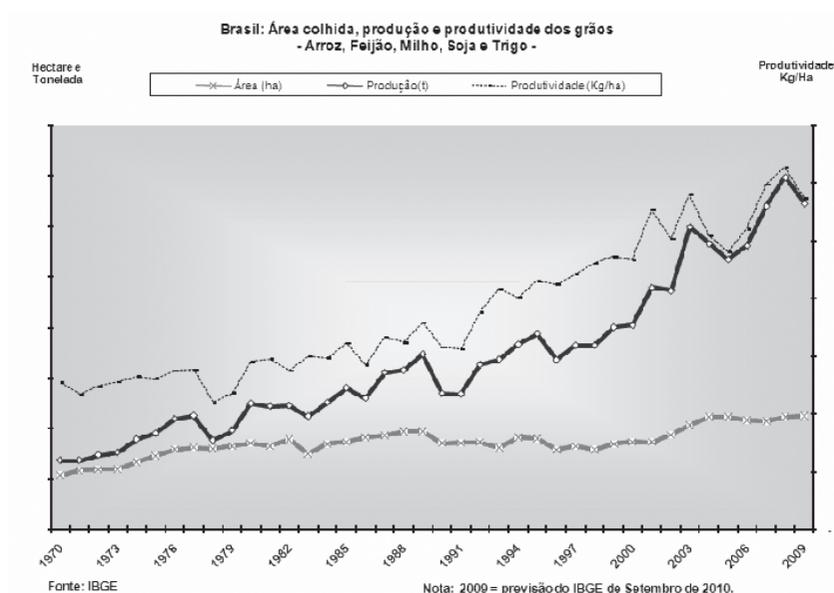
Destacam-se os níveis agregado - país, regiões, estados, municípios, estabelecimento, e desagregado, como lavouras e pecuária. No quociente que se propõe, o denominador é sempre área. É óbvio que $produção = área * produtividade$, e a atenção se concentra em como estes dois componentes evoluem no tempo.

A tecnologia de natureza químico-biológica contribui para o crescimento da produtividade da terra. Prevalecendo esta componente na geração de tecnologia e na adoção da tecnologia gerada, a expectativa é que área cultivada evolua a uma taxa bem menor que a da produtividade, havendo substancial economia do recurso terra, o que é a característica dominante da agricultura brasileira, desde 1970.

A taxa por período do crescimento da produção, r_p , decompõe-se na taxa de crescimento da área, r_a , mais a taxa de crescimento da produtividade, r_y , mais a interação dada pelo produto destas duas taxas: $r_p = r_a + r_y + r_a * r_y$. As razões r_a/r_p e r_y/r_p mostram, respectivamente, a participação do crescimento da área e da produtividade no crescimento do produto, ou seja, indicam quanto a área ou a produtividade explica o crescimento do produto.

O gráfico abaixo mostra, para grãos, que a área cresceu pouco, quando se compara com o crescimento da produtividade. Assim, o crescimento da produção é dependente, em boa medida, do crescimento da produtividade e, por isto, tem sido um crescimento que poupa terra.

O crescimento da produção e da produtividade acelera-se no período 1991-2007, com alguma involução, como consequência da crise recente. Mas, deve-se notar que houve rápida recuperação. Também é impressionante como a produção acompanha a evolução da produtividade, sendo, assim, evidente que o crescimento desta tem o maior poder em explicar o crescimento daquela.



Construíram-se as taxas anuais geométrica, por decênio, de crescimentos para produção, r_p , área, r_a , e produtividade, r_y , para o grupo de grãos, tais como arroz, feijão, milho, soja e trigo. Na década de 1970-80, o crescimento da área dominou o crescimento da produção, respondendo por 77,2% do aumento da produção e produtividade respondeu por 21,9%, sendo muito pequena a influência da interação. Aquele decênio coincidiu com a abertura de estradas e incorporação dos cerrados à produção. No período seguinte, 1980-90, a produção desses grãos estagnou: diminuiu-se a área colhida, pouco é verdade (-0,01%) e foi muito pequeno o incremento da produtividade, (0,78%). Aquela é a década considerada como perdida.

No decênio 1990-00, a agricultura recuperou ímpeto, sendo o crescimento dos grãos citados quase que somente influenciado pela produtividade da terra, 96,4%. Houve aumento muito pequeno da área, 0,14%. No ultimo período, de nove anos, a área colhida voltou a crescer à taxa anual de 2,93% e a produtividade à taxa de 2,29. A área foi responsável por 55,4% do crescimento da produção e a produtividade por 43,3%. A interação explicou o resto, e ela é pequena.

Tabela 2 - Taxas anuais geométricas de crescimento, em %, da area, r_a , da produção, r_p , da produtividade, r_y e interação.

Períodos	r_a	r_p	r_y	Interação= r_a*r_y
1970-1980	4,80	6,22	1,36	0,06
1980-1990	- 0,01	0,78	0,79	0,00
1990-2000	0,14	4,15	4,00	0,14
2000-2009	2,93	5,29	2,29	0,07
1970-2009	1,92	4,06	2,10	0,04

Fonte IBGE-PAM e ISPA.

No período todo, 1970-2009, verificaram-se as seguintes taxas geométricas anuais, em %, produção, 4,06; área, 1,92 ; produtividade, 2,10; interação, 0,04 . Nota-se que a influência da produtividade correspondeu a 51,7%; área, 47,3%; interação, 1%. Saliente-se o grande avanço da agricultura em termos de aumento da produção e da produtividade dos grãos nomeados.

3.3. Produtividade do trabalho

Celebre identidade reza que o produto por trabalhador, p/l , é igual ao produto por área, p/a , multiplicado pela área que o trabalhador maneja, a/l . Formalmente, p =produto; l =trabalho a =área e,

$$\frac{p}{l} = \left(\frac{p}{a}\right) * \left(\frac{a}{l}\right)$$

O crescimento do produto por área deve-se à tecnologia bioquímica; e o crescimento da área que o trabalhador maneja fica na conta da tecnologia mecânica. Assim, a produtividade do trabalho, produto por trabalhador, depende tanto da tecnologia bioquímica como da mecânica. Quando esta tem crescimento saliente, diz-se que a tecnologia tem viés anti-emprego.

No caso brasileiro, o crescimento de a/l é pequeno. As taxas de crescimento têm o seguinte relacionamento, sendo que a interação corresponde ao produto da extrema direita. Ela expressa erros de medida e o fato que a tecnologia mecânica fortalece o efeito da tecnologia bioquímica e vice-versa. Sem uma plantadeira de elevada precisão fica difícil obter produtividades significativas. Variedades de porte alto para inserção das primeiras vagens reduzem as perdas na colheita. Na tabela 3, abaixo, o efeito da interação apareceu na segunda casa decimal, e foi desprezado.

$$r_{pl} = r_a * r_{al} + r_a * r_{al}$$

A Tabela 3 indica que a área por trabalhador teve pequena influência na evolução do produto por trabalhador, respectivamente, 5,7% para 1970-2006 e 5,9% para 1995-2006. Assim, a tecnologia teve pequeno efeito, se é que teve algum, na redução do emprego na agricultura.

Tabela 3 - Taxas de crescimento da área por trabalhado, da produtividade da terra e da produtividade do trabalho para o Brasil, em %, desdobradas em dois períodos, 1970/06 e 1995/06.

Itens	1970-2006	1995-2006
Área por trabalhador (r_{at})	0,2	0,2
Terra (r_a)	3,3	3,2
Produtividade do trabalho (r_{pt})	3,5	3,4

Fonte Gasques et. al. (adaptado da versão preliminar, março 2010)

4. Conclusões

O trabalho analisou os fundamentos das medidas de produtividades, sejam elas as obtidas por procedimento de otimização ou não, como a produtividade da terra, produtividade do trabalho e produtividade total dos fatores (ptf). A ptf é fortemente correlacionada com a sobrevivência do estabelecimento, no sentido de que, quando é menor que um, a renda líquida é negativa, e se assim permanecer, a rota é de falência. Quando zero ou maior que um, se assim ficar, as perspectivas são favoráveis. A ptf somente correlaciona-se com a produtividade da terra numa agricultura que usa terra e trabalho, portanto primitiva. Por isto, a produtividade da terra não se qualifica, no Brasil de hoje, como índice de desapropriação de terra.

A agricultura brasileira tem seguido uma rota de grande economia da terra e de todos os recursos, como indicaram os dados apresentados no trabalho.

As medidas de produtividade otimizadas apresentam grande número de produtores que parecem fazer escolha erradas, quanto à alocação de recursos. Pelo procedimento de Varian é possível descobrir quanto são em cada amostra estudada. A questão é saber se os produtores fizeram escolhas erradas de alocação ou se alguma hipótese do método, com a uniformidade de tecnologia, foi violada. Desconheço a existência de estudo desta natureza, exceto o de Souza e Alves (2003), que comparou três métodos quanto ao tamanho de distúrbios que cada um deles produziu nos dados. Diretamente, aquele trabalho não respondeu à questão indicada.

Referências

ALVES, E.; GOMES, A. P. Medidas de Eficiência na Produção de Leite. **Revista Brasileira de Economia** 52(1), p.145-167, 1998.

ALVES, E.; SOUZA, G. da S. Tópicos de Política Agrícola. Em Santos, M. L. e Vieira, W. da C.(eds.) **Agricultura na virada do milênio**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p. 145-167 2000.

ALVES, E. Tecnologia Cristalizada e produtividade total dos fatores, **Revista de Economia e Agronegócio**, vol. 2, nº4, Out./Dez, 547-560, 2004.

ALVES, E. **Teoria da produção, métodos não paramétricos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

BATTESE, G. E. Frontier production functions and technical efficiency: a survey of

empirical applications in agricultural economics. **Agricultural Economics**, v.7, n.3/4, p.185-208, 1992.

FÄRE, R.; GROSSKPOF, S.; LOVEL, C. A. K. **Production frontiers**. New York: Cambridge University Press, 1994.

FERREIRA, C. M. de C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa, Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

HELFAND, S. M. Os determinantes da eficiência técnica, em Helfand, S. M., Rezende, G. C. de. **Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro**, Rio de Janeiro, R. J., IPEA – Nemesis Paonex, p. 331-363, 2003.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; RACCCHI, M. P. R.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da. Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira. **Revista de Política Agrícola**. (Jul.-Set. 2004), v. 13(3) p. 73-90. ISSN 1413-4969.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACHI, M. P. R.; VALDES, C. **Produtividade Total dos Fatores e Transformação da Agricultura Brasileira**: análise de dados dos censos agropecuários versão preliminar. AGE/MAPA, março 2010.

SOUZA, D. P. H. de; ALVES, E. Dois critérios para avaliação da eficiência técnica, **Revista de Economia e Agronegócio**, vol. 1, ,Jul./Set., p. 373-395, 2003.

SOUZA, G. da S. **Funções de produção**. Uma abordagem estatística com o uso de modelos de encapsulamento de dados. Texto para Discussão 17, Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

TAKAYAMA, A. **Mathematical Economics**. 2ed. New York: Cambridge University Press, 1985.

VICENTE, J. R.; ANEFALOS, L. C.; CASER, D. V. Influência do capital humano, insumos modernos e recursos naturais na produtividade agrícola, em Helfand, S. M., Rezende, G. C. de. (organizadores) **Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro**. Rio de Janeiro: R. J., IPEA – Nemesis Paonex, p. 265-295, 2003.

Abstract: Some productivity measures area analyzed. The emphasis is on concepts, limitations and on some empirical results. Software is not discussed. The productivity measures are classified in optimized, whenever obtained by an optimization procedure, and not optimized, as yield, labor productivity and total factor productivity (ptf). The work shows when yields and total factor productivity say the same thing to conclude that this is possible only in a primitive agriculture where labor and land are the only factors of production used. This type of agriculture is present only in backward regions of Brazil. Hence yield, except in this situation, is a poor measure of profitability. Empirical works show that the development of Brazilian agriculture follows a path of land or total resource saving.

Keywords: Yield, Labor Productivity, Total Factor Productivity. Technical, Price and Cost. Efficiency Production Frontier.