

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO EM FINANÇAS E ECONOMIA EMPRESARIAL**

SÁLVIO PONTES MOREIRA ROCHA

**UMA ESTIMATIVA DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO NO SETOR
SUCROALCOOLEIRO UTILIZANDO MICRODADOS**

**Rio de Janeiro
2013**

SÁLVIO PONTES MOREIRA ROCHA

UMA ESTIMATIVA DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO NO SETOR
SUCROALCOOLEIRO UTILIZANDO MICRODADOS DE CUSTOS

Dissertação apresentada na Escola de
Pós-Graduação em Economia da
Fundação Getúlio Vargas como
requisito parcial para obtenção do Grau
de Mestre em Finanças e Economia
Empresarial.

Orientador: Angelo Luiz Rocha
Polydoro

Rio de Janeiro
Agosto de 2013

Rocha, Sálvio Pontes Moreira

Uma estimativa da função de produção no setor sucroalcooleiro utilizando microdados de custo / Sálvio Pontes Moreira Rocha. – 2013.

46 f.

Dissertação (mestrado) - Fundação Getulio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia.

Orientador: Angelo Luiz Rocha Polydoro.

Inclui bibliografia.

1. Funções de produção (Teoria econômica). 2. Produtividade agrícola. I. Polydoro, Angelo Luiz Rocha. II. Fundação Getulio Vargas. Escola de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

CDD – 338.06



FUNDAÇÃO
GETÚLIO VARGAS

EPGE

Escola de Pós-Graduação
em Economia

SÁLVIO PONTES MOREIRA ROCHA

**UMA ESTIMATIVA DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO NO SETOR
SUCROALCOOLEIRO UTILIZANDO MICRODADOS DE CUSTOS**

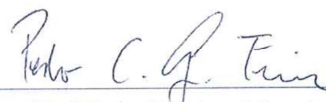
Dissertação apresentada à Escola de Pós-Graduação em Economia (EPGE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) para obtenção do grau de Mestre em Economia Empresarial e Finanças.

Data da defesa: 24/05/2013

Aprovada em: 27/8/13

ASSINATURA DOS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA



Prof. Angelo Luiz Rocha Polydoro
FGV/IBRE
Orientador

Prof. Pedro Cavalcanti Ferreira
EPGE-FGV

Prof. Luiz Felipe Pires Maciel
FGV/IBRE

Escola de Pós-Graduação em Economia
Praia de Botafogo, 190 - 11º andar
22253-900 Rio de Janeiro RJ Brasil
Tel.: (55 21) 3799-5860 Fax (55 21) 2552-4898
Site: www.fgv.br/epge E-mail: secepg@fgv.br

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de empenho e dedicação pessoal que só foi possível de ser realizado com o apoio, compreensão e paciência de muitas pessoas que sempre estiveram ao meu lado. A minha mãe, Dona Vera Lúcia Pontes Rocha, ao meu pai, Sálvio Moreira Rocha, minha irmã Bruna Pontes Moreira Rocha e ao meu segundo pai José Maria Cordeiro Martins por me oferecerem uma educação baseada em respeito, ética e perseverança. Sem essa educação, ensinamento, amor e estímulo, não seria possível, enfrentar esse grande desafio.

Aos meus colegas acadêmicos, que compartilharam horas de seus dias em prol de um objetivo comum. Aos meus colegas de trabalho que me desafiavam diariamente, me estimulando, de forma direta e indireta, em busca do aperfeiçoamento contínuo. Aos meus amigos que compreenderam e apoiaram a cada decisão, em especial a Laura de Carvalho e Silva.

Gostaria de agradecer de forma especial ao Professor Angelo Polydoro pela transferência de conhecimento e paciência demonstrada em me orientar a distância. Além de agradecer aos demais professores da EPGE e futuros professores que disponibilizaram e acreditaram no sucesso do curso.

RESUMO

Produtividade é frequentemente calculada pela aproximação da função de produção Cobb-Douglas. Tal estimativa, no entanto, pode sofrer de simultaneidade e viés de seleção dos insumos. Olley e Pakes (1996) introduziu um método semi-paramétrico que nos permite estimar os parâmetros da função de produção de forma consistente e, assim, obter medidas de produtividade confiável, controlando tais problemas de viés. Este estudo aplica este método em uma empresa do setor sucroalcooleiro e utiliza o comando `opro` do Stata com a finalidade de estimar a função produção, descrevendo a intuição econômica por trás dos resultados.

Palavras-Chave: Função Produção, Método Olley e Pakes, Setor Sucroalcooleiro.

ABSTRACT

Productivity is often calculated by the approach of the Cobb-Douglas production function. This estimate, however, may suffer from simultaneity and inputs bias selection. The method of Olley and Pakes (1996) introduced a semi-parametric method allows us to estimate the parameters of the production function consistently and thus obtain reliable measures of productivity, controlling such bias problems. This study applies this method in a company the sugarcane sector and uses the command `opreg` at Stata to estimate the production function of a company and concluded with the economic intuition behind the result.

Keywords: Production function, Olley and Pakes, Sugarcane sector.

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. O Setor Sucroalcooleiro	10
2.1. O Setor no Brasil	12
2.2. Principais Players	16
2.3. Market Share	17
3. A base de dados	20
3.1. Descrição dos dados e período considerado	20
3.1.1. Operação Agrícola	22
3.1.2. Operação Industrial	23
4. Estimação da Função de Produção	24
4.1. O que é Função Produção	24
4.2. O que é Endogeneidade?	24
4.3. Problema causado pela endogeneidade na escolha de insumos.	25
4.4. Problema causado pelo atrito da base e porque isso não é tão relevante no caso em estudo.	26
4.5. Soluções para o problema de endogeneidade	27
4.5.1. Variáveis Instrumentais	28
4.5.2. Efeitos Fixos	29
4.6. Abordagem Olley e Pakes	30
4.6.1. O Modelo	30
4.6.2. Como que isso resolve o problema de endogeneidade	33
5. Resultados	35
5.1. Variáveis utilizadas no modelo	35
5.2. Variáveis do modelo	38
6. Conclusão	44
7. Referência	46
8. Glossário	46

1. Introdução

A produtividade é o desvio entre output observado e output previsto de uma função de produção (Real vs Previsto). Muitas vezes, a função de produção é estimada pela função Cobb-Douglas, através da regressão dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Tais estimativas, no entanto, podem sofrer de problemas de simultaneidade e seleção enviesadas.

O problema de simultaneidade existe, pois a produtividade é percebida pelas firmas, como um meio de se atingir a maximização do lucro, através das escolhas dos níveis de insumos a serem utilizados. Diferentemente do econometrista (Marschak e Andrews (1944)). Para ele, as firmas irão aumentar o uso de insumos, como resultado de choques de produtividade positivos.

A outra questão, o viés de seleção, resulta da relação entre choques de produtividade e a probabilidade de saída da firma do mercado. Se a rentabilidade de uma empresa está positivamente relacionada com o seu capital social, então uma empresa com um capital social maior é mais propensa a permanecer no mercado do que uma empresa com um capital social menor. Isso, porque, em uma empresa com mais capital, pode-se esperar uma produção com maiores lucros futuros. A correlação negativa entre capital social e probabilidade de saída para um determinado choque de produtividade fará com que o coeficiente da variável de capital seja tendencioso para baixo, se não existir um controle para este efeito.

A função de produção estimada por MQO, trará estimativa tendenciosa dos parâmetros, pois não considera os choques de produtividade observados. Um estimador de efeito fixo (EF) poderia resolver o problema de simultaneidade, somente, se estivermos dispostos a assumir que a produtividade específica da empresa não observada é invariante no tempo. Outros métodos, incluindo abordagens de variáveis instrumentais, também tem sido propostos para controlar o viés que ocorre nas estimativas dos parâmetros da função de produção. Neste estudo vamos utilizar o método Olley e Pakes (1996).

Olley e Pakes (OP) propôs uma nova abordagem para lidar com a simultaneidade e problemas de seleção, ao estimar os parâmetros da função de produção e o nível de produtividade da firma. A simultaneidade, é abordada usando como proxy, uma variável não observada de tempo no choque de produtividade. Já problemas de seleção, é abordado usando probabilidades de sobrevivência. Esse método semi-paramétrico, ao controlar estes vieses, nos permite estimar os parâmetros da função de produção de forma consistente e, assim, obter estimativas de produtividade de confiança.

Por fim, iremos confrontar as metodologias OP e EF para firmas do setor sucroalcooleiro localizados em diferentes estados do Brasil. Dessa forma, conseguiremos capturar as particularidades econômicas e estruturais de cada região do país, destacando principalmente o Estado de São Paulo por sua significativa importância no setor.

2. O Setor Sucroalcooleiro

O cultivo de cana de açúcar está presente em mais de uma centena de países que apresentam clima temperado, subtropical e tropical. Original do sudeste asiático, a cana é composta basicamente por 75% de água, 15% de açúcares (sacarose, glicose e frutose) e 10% de fibra.

O Brasil ganha destaque como maior produtor (UNICA) e o maior exportador de açúcar (USDA). Também é o segundo maior produtor de etanol do mundo, sendo líder na produção de etanol proveniente de cana de açúcar. O líder de produção mundial de etanol são os EUA, que realiza sua produção a partir do milho.

País	Produção (Mton)	Área Colhida (Mha)	Produtividade (t/ha)
Brasil	422,926	5,794	72.99
Índia	232,3	3,602	64.49
China	87,768	1,361	64.49
Pasquitão	47,244	967	48.86
México	45,195	636	71.06
Tailândia	43,665	1,097	39.80
Colômbia	39,849	426	93.54
Austrália	37,822	434	87.15
Indonésia	29,505	435	67.83
EUA	25,308	373	67.85
Total	1,011,582	15,125	66.88

Tabela dos principais produtores de Cana Mundial

Fonte: Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007).

A tabela acima apresenta a produção, a área colhida e a produtividade de países selecionados para o ano de 2007. Vale ressaltar o indicador de produtividade, toneladas de cana colhidas por hectare. Acima podemos verificar a posição de destaque do Brasil, que fica abaixo apenas da Colômbia e Austrália. No entanto, o volume que é produzido pelo nosso país, é quase cinco vezes maior do que a produção dos dois países juntos.

Além de condições climáticas, o Brasil possui outras vantagens competitivas para a produção de cana, açúcar e etanol. A possibilidade de cultivo e colheita da cana em todas as regiões e em períodos diferentes do ano consequência de sua grande extensão de terra, é um exemplo. Entre março e dezembro a produção se concentra na região Centro-Sul e entre agosto e março na região Norte- Nordeste.

Outro fator importante, nosso país apresenta um dos menores custos de produção e uma forte demanda interna, que também está entre as maiores do mundo. De acordo com a UNICA, o consumo mundial de açúcar tem crescido de maneira constante, a uma taxa média anual de 1,7% (atingindo 166 milhões/ton em 2011).

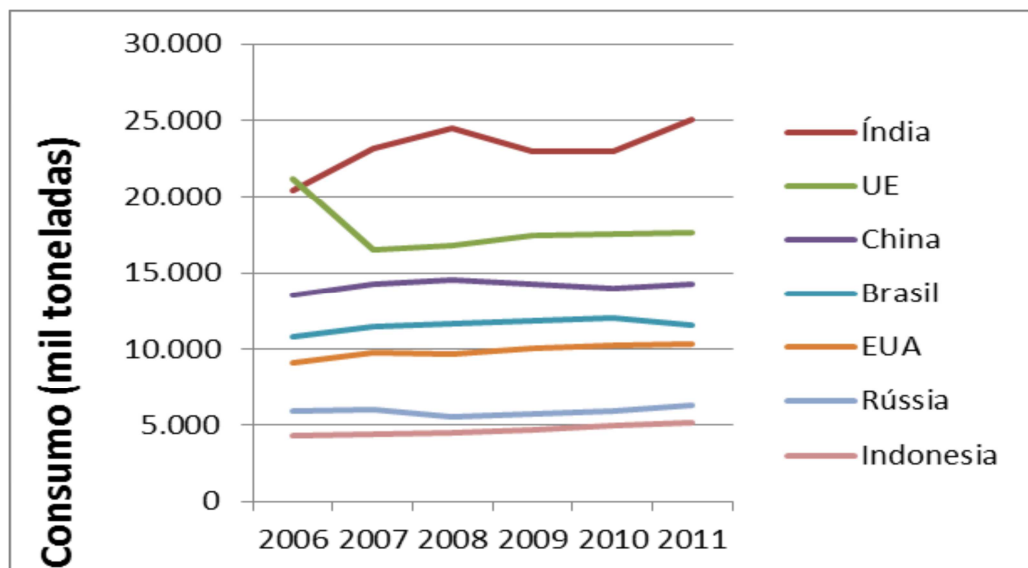


Gráfico dos principais Consumidores Mundiais de Açúcar.
Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007).

2.1. O Setor no Brasil

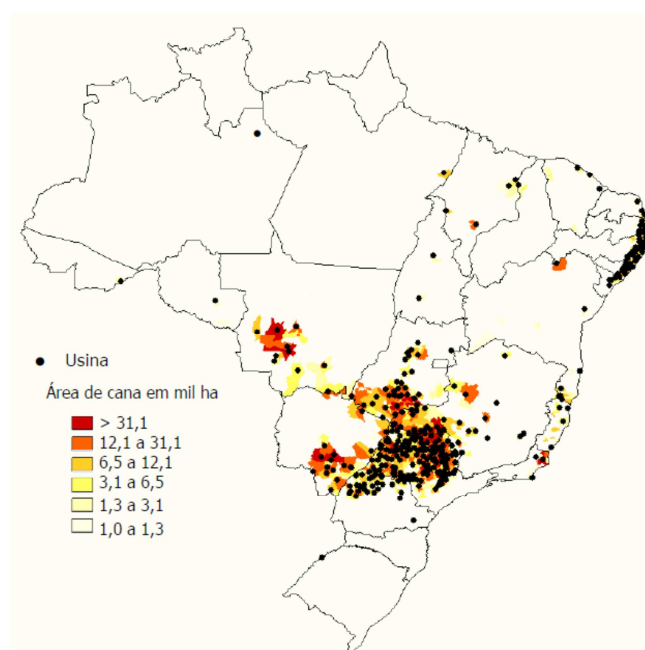
Trazida ao Brasil em 1532, a produção de cana de açúcar é uma das atividades econômicas mais antigas em nosso país. Seu principal pólo de produção era a Zona da Mata Nordestina, posteriormente se expandiu pela região Sudeste e Centro-Oeste. Hoje mais concentrada no estado de São Paulo.

Atualmente, a cana é a terceira maior atividade agrícola do país, em termos de área de produção e de valor bruto produzido, ficando atrás da soja e do milho. De acordo com a Procana, o setor representou aproximadamente 2% do PIB nacional e/ou 8% do PIB da agricultura no Brasil em 2011, empregando cerca de 4,5 milhões de pessoas.

Movimentou	R\$ 41 bilhões / ano
Representou	2% do PIB
Gerou	4,5 milhões de empregos
Envolveu	72.000 agricultores
Moeu	420 milhões de toneladas de cana
Produziu	30 milhões de toneladas de açúcar
Produziu	17.5 bilhões de litros de álcool
Exportou	19 milhões de toneladas de açúcar
Exportou	3 milhões de litros de álcool
Recolheu	R\$ 12 bilhões de impostos e taxas
Investiu	R\$ 5 bilhões / ano
Possuía	344 usinas e destilarias

Tabela dos principais indicadores econômicos do setor Sucroalcooleiro.
Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007).

Segundo a UNICA, a região Centro-Sul é responsável aproximadamente por 90% da produção de etanol e de 87% da produção de açúcar do Brasil. Essa concentração é evidenciada no mapa abaixo.



Mapa dos principais Centros Produtivos no Brasil.
Fonte: UNICA

Essa concentração é consequência de fatores climáticos, topográficos, tecnológicos e econômicos que garantem uma operação com os menores custos de produção do mundo, sendo significativamente mais baixos do que os dos maiores exportadores do mundo.

Especificamente a região centro-sul, apresenta custos mais atrativos, além das questões topográficas e climáticas, já mencionadas, mas principalmente por apresentar uma infraestrutura de transporte e logística mais desenvolvidos do que outras regiões do país, além de estar mais próximo das usinas e dos maiores centros consumidores.

O Brasil também encabeça a lista dos maiores exportadores de açúcar, seguido da, Tailândia e Austrália, que representou 63% do total de exportação mundial em 2011, segundo dados da USDA. As exportações brasileiras de açúcar consistem basicamente em açúcar bruto (VHP).

País	MM ton de Açúcar
Brasil	23.8
Tailândia	8.7
Austrália	3.0
Índia	2.5
EUA	1.8
Guatemala	1.8
Emirados Árabes	1.4
Colômbia	0.8
Cuba	0.6
África do Sul	0.5

Tabela com os maiores Exportadores de Açúcar
Fonte: USDA

Já a produção de etanol vem crescendo rapidamente. De acordo com a F.O. Licht, a produção mundial evoluiu de aproximadamente 40,8 milhões de litros em 2004 para quase 102,3 milhões de litros em 2011.

Nesse cenário o Brasil também se destaca, como o segundo maior produtor de etanol do mundo, atrás apenas dos EUA que se diferencia por produzir etanol a base de milho.

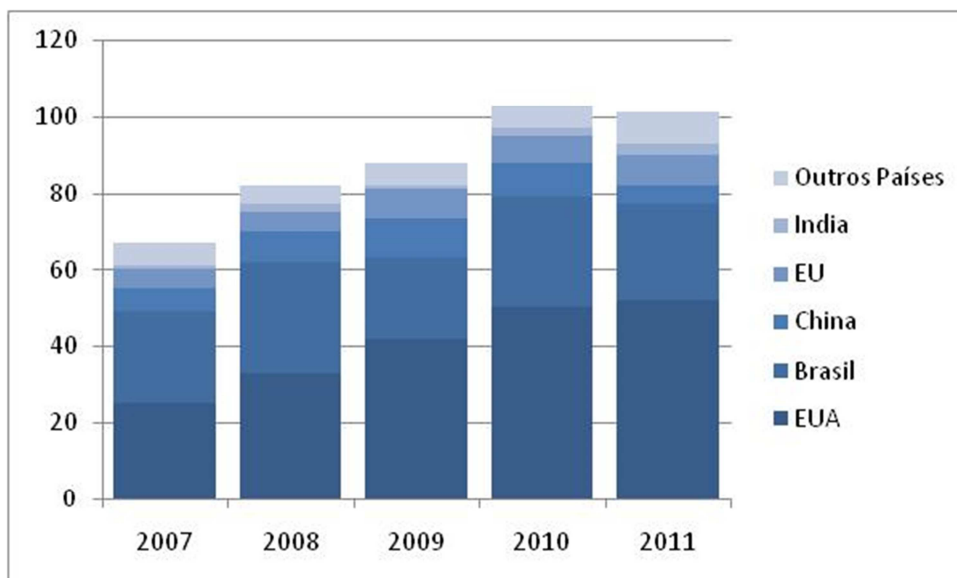


Tabela com a evolução dos maiores produtores mundiais de Etanol
Fonte: USDA

Na última década, exportamos cerca de 30% da nossa produção. Destinou 42% ao consumidor final e o restante ao segmento industrial.

Paralelamente o consumo também é crescente, tanto no Brasil como no mercado internacional. Sendo o mercado interno o principal motivador para o aumento da produção. Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MCE), aproximadamente 93% da produção brasileira de etanol, é destinada para o consumo interno. O restante é para abastecer mercados da União Europeia, Ásia e EUA.

Exportações Brasileiras de Etanol (m³)

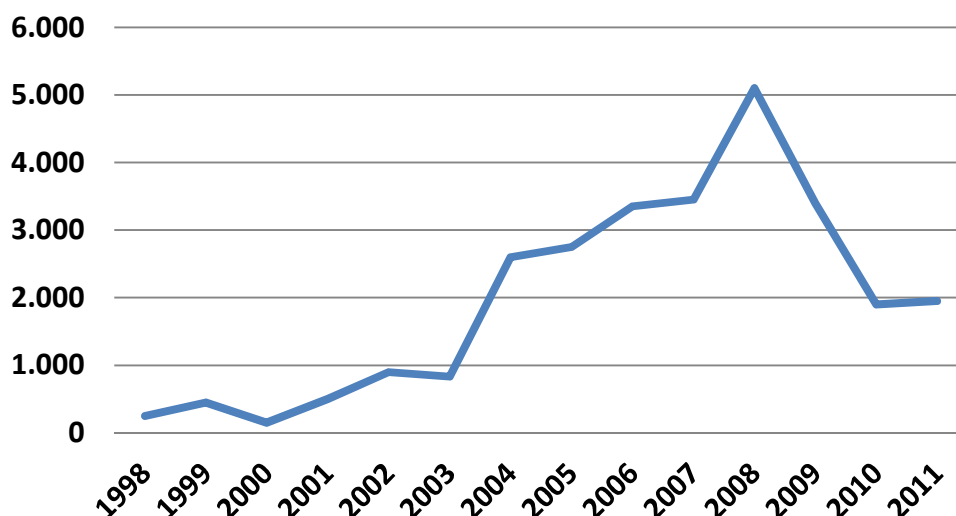


Tabela com a evolução das exportações do etanol brasileiro.
Fonte: USDA

É importante esclarecer que, a queda verificada entre 2008 e 2011 decorre da perda de competitividade do etanol brasileiro, com relação ao norte-americano, motivada, principalmente, pela apreciação cambial. Além da quebra de safra e maior incentivo econômico para fabricação do açúcar.

2.2. Principais Players

O setor sucroalcooleiro é pulverizado entre grandes grupos e pequenos produtores independentes. Está organizado basicamente em três estágios: plantação e cultivo da cana de açúcar (segmento Agrícola); produção do açúcar e etanol (segmento industrial); e comercialização do produto final (Traders).

As grandes empresas são verticalizadas e possuem operação nos três estágios, mas ainda a prática mais comum são parcerias e contratos de longo prazo entre empresas atuando em estágios distintos da produção. Principalmente, para atividade de fornecimento de cana de açúcar e comercialização das commodities.

É importante destacar que, a partir de 1999, ocorreu uma desregulamentação do setor que forçou um movimento de reestruturação e resultou na fusão de diversas organizações do setor. Nesse contexto, surgiu a União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA), a maior organização representativa do setor sucroalcooleiro do Brasil.

A UNICA atua em sintonia com os interesses dos produtores de açúcar, etanol e bioeletricidade, com mais de 130 associados, tanto no Brasil como ao redor do mundo. Ela é responsável por mais de 50% do etanol e 60% do açúcar produzido no Brasil. No que se diz respeito às relações de trocas estabelecidas entre os estágios agrícola e industrial, deve-se ressaltar a atuação do CONSECANA.

O Conselho dos Produtores de cana de açúcar, açúcar e álcool, é uma associação formada por representantes das Indústrias dos produtores de cana de açúcar que tem como principal responsabilidade zelar pelo relacionamento entre ambas as partes. Ele deu origem ao sistema de pagamento onde o valor da cana de açúcar se baseia no chamado Açúcar Total Recuperável (ATR). O ATR corresponde à quantidade de açúcar disponível na cana descontando as perdas no processo industrial e nos preços dos produtos finais vendidos pelas Usinas.

2.3. Market Share

Como já mencionado anteriormente, a produção de cana é muito concentrada na região sudeste. Segundo o IBGE, o estado de São Paulo é responsável por mais da metade da produção nacional.

Unidade da Federação	Produção (Mton)	Participação (%)
São Paulo	426,6	59,46%
Minas Gerais	60,6	8,45%
Paraná	48,4	6,74%
Goiás	48	6,69%
Mato Grosso do Sul	34,8	4,85%
Alagoas	24,4	3,39%
Pernambuco	19,7	2,75%
Mato Grosso	14,6	2,03%
Rio de Janeiro	6,4	0,89%
Outros	34,1	4,75%
Brasil	717,5	100,00%

Tabela do Market Share de produção de cana de açúcar por UF
Fonte: IBGE (2010)

Ao avaliar os principais grupos de produtores, verificamos uma nítida pulverização do setor.

Produtores	Unidades Industriais
COPERSUCAR*	49
RAIZEN	24
BIOSEV	12
GUARANI	7
BUNGE	7
ETH	7
Independentes	5
NOBLE GROUP	4
SÃO MARTINHO	3
COLOMBO	3
BAZAN	2
RENUKA	2
OUTROS	17
TOTAL	142

Tabela dos principais produtores em quantidade de Unidade Industrial.
Fonte: ÚNICA (2011)

*A Copersucar tem a exclusividade na comercialização dos volumes de açúcar e etanol produzidos por 49 Unidades Produtoras Sócias. Sendo considerado modelo de negócio único no setor, já que as Unidades Produtoras são Sócias e não próprias da Copersucar.

O cenário de fragmentação também é vista quando analisamos a participação dos principais players no mercado de moagem em 2011. O IHH do setor sucroalcooleiro brasileiro é 957, sugerindo um mercado altamente competitivo.

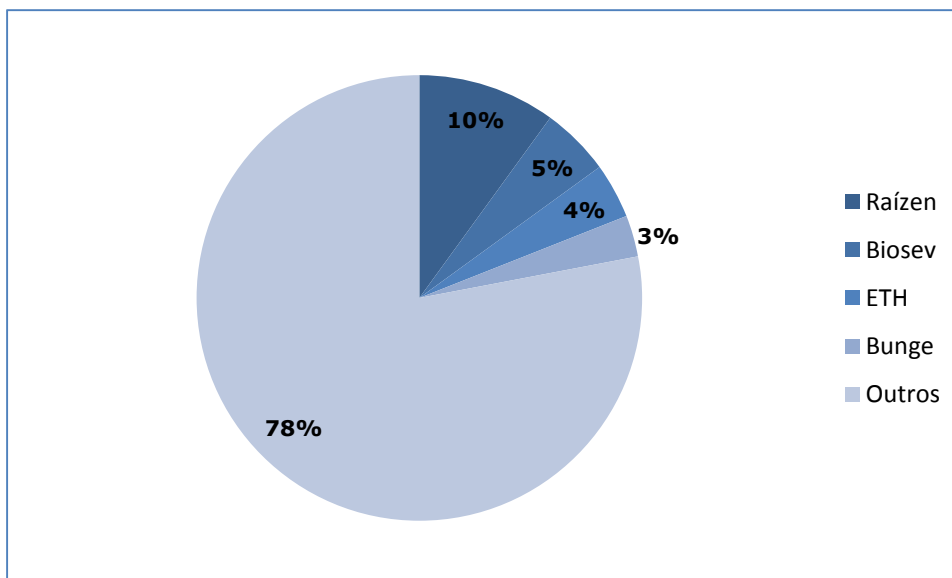


Gráfico da participação do mercado de Moagem em 2011.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Mas, ao avaliar a capacidade instalada de moagem, observamos que, a consolidação do mercado é uma tendência no setor, já constatado nos valores dos principais players.

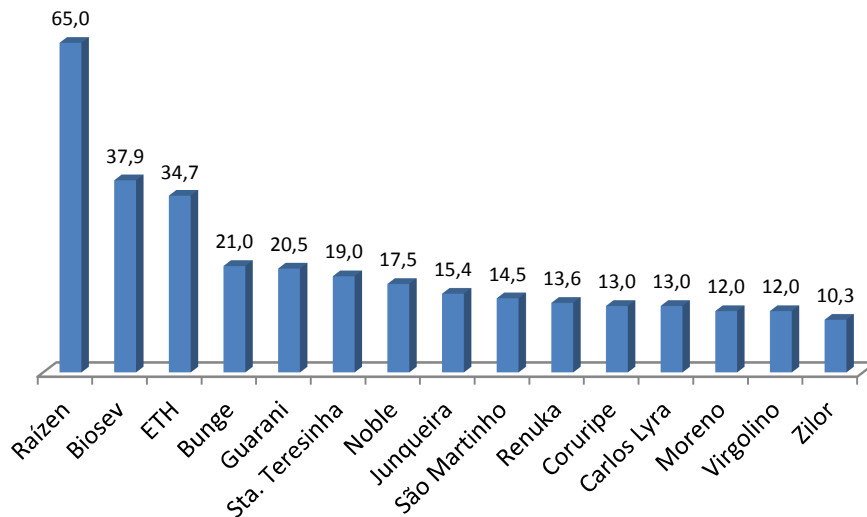


Gráfico do Ranking de Capacidade Nominal de Moagem em Mton em 2012.
Fonte: Elaborado pelo autor.

3. A base de dados

Nessa seção, serão descritos os dados utilizados no estudo apresentando e explicando a natureza de cada conta. Complementarmente, demonstraremos dos principais indicadores econômicos financeiros.

Segunda a UNICA, a competitividade do açúcar e do etanol no Brasil não resulta da ação do poder público, mas das condições climáticas favoráveis à produção, do nível de organização e da tecnologia desenvolvida no setor. Considerando-se que, as condições climáticas e preços das commodities são variáveis exógenas neste modelo, ratifica ainda mais a importância da gestão e do acompanhamento dos processos produtivos com o objetivo de economizar recursos.

Essa economia é traduzida pelo aumento da margem operacional e maior capacidade de investimento, proporcionando um melhor resultado financeiro. Esse movimento é facilmente percebido nos investimentos em infraestrutura e no desenvolvimento tecnológico e gerencial realizado nos últimos 20 anos. Destacamos a autonomia em energia e o início da comercialização da energia elétrica excedente, como exemplos deste movimento.

Dessa forma, administrar os custos no setor assim como ter o controle e conhecimento de informações confiáveis, tornam-se o grande diferencial competitivo.

3.1. Descrição dos dados e período considerado

Sabendo-se que, as estruturas operacionais das usinas brasileiras não possuem muitas alternativas tecnológicas a ponto de uma se destacar. Dessa forma a eficiência operacional assim como a gestão da estrutura de custos fixos e variáveis acaba sendo o grande diferencial competitivo no setor sucroalcooleiro brasileiro.

A base de dados considerada neste estudo é focada na evolução mensal de custos operacionais de 12 unidades produtoras. Elas se diferem em: porte produtivo, localização geográfica e mix de produtos. Os períodos analisados foram os anos de 2011 e 2012, segmentados pela operação agrícola e industrial. Foram consideradas 6 unidades no estado de SP, 3 no MS e uma no estado da PB, MG e RN.

UF	Moagem Mton	Idade (anos)	Açúcar (Mton)	Etanol (m3)	Mix Sugar (%)
SP	4,6	44	0,7	0,3	61%
SP	3,8	72	0,6	0,3	58%
MS	3,6	1	0,6	0,2	69%
MS	2,7	26	0,3	0,2	50%
SP	2,5	2	0,3	0,1	60%
SP	2,3	130	0,3	0,2	51%
PB	2,2	39	0,3	0,1	72%
MG	2,2	60	0,3	0,1	59%
MS	1,7	23	0,2	0,1	57%
RN	1,6	37	0,0	0,2	0%
SP	1,6	44	0,3	0,1	70%
SP	0,9	36	0,2	0,1	62%
Total	29,7	43	4,0	1,8	58%

Tabela: Amostra das unidades produtivas consideradas nos estudo, com sua capacidade de moagem, Idade, produção de açúcar e etanol, Mix Sugar e UF.
Fonte: Elaborado pelo autor (2011)

Para conhecermos a operação e para facilitar na interpretação dos resultados do modelo, faremos uma breve descrição do processo produtivo e posteriormente apresentaremos algumas estatísticas que envolvem a operação e produção das unidades produtivas avaliadas.

O seu processo produtivo, basicamente, pode-se dividir em duas principais etapas. A primeira é caracterizada por um processo essencialmente agrícola, destinada à produção da cana de açúcar. Já a segunda, envolve o processo industrial de transformação da cana em açúcar, etanol, energia e outros subprodutos.

Em geral, em torno de 80% a 85% dos custos operacionais da cadeia produtiva de uma usina são relacionadas a frente agrícola. Vide tabela abaixo:

Estrutura de Custo	SP	MS	MG	RN	PB
(%) Custo Agrícola	83%	82%	82%	86%	81%
(%) Custo Industria	17%	18%	18%	14%	19%

Tabela: Estrutura de custo em cada UF analisada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2011)

Na tabela acima, verificamos que a estrutura de custo mantém o mesmo comportamento, na média, em todos os estados. Válido destacar a (%) do custo industrial em RN, menor do que os demais estados. Isso por que a unidade analisada produz apenas etanol e consequentemente possui uma estrutura mais enxuta de operação.

3.1.1. Operação Agrícola

O início do processo agrícola é com o preparo do solo e o plantio. É seguido pela colheita e finalizado com o transporte da cana para as unidades industriais. Um fator importante é o modelo em que o processo agrícola é realizado.

A terra onde ocorre o plantio pode ser em terras próprias ou terras arrendadas. Adicionalmente, independente das terras serem próprias ou arrendadas, a produção de cana plantada e consequentemente colhida, muitas vezes acaba sendo complementada com cana de terceiros, ou seja, com cana cultivada por outros produtores.

Custo Agrícola (R\$/ton)	SP	MS	MG	RN	PB
Plantio + Tratos	13.6	20.4	27.2	12.5	24.6
Arrendamento	10.9	7.6	5.2	2.9	5.7
CCT	22.7	29.3	24.4	13.6	17.8
Compra de Cana	25.5	7.5	3.2	23.0	15.8

Tabela: Estrutura de custo agrícola por tonelada de cana em cada UF analisada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2011)

Verificamos na tabela acima algumas particularidades do setor em cada estado brasileiro. Em SP por ser a região mais concentrada, a terra acaba sendo mais disputada e consequentemente mais cara. Dessa forma, a terra arrendada e o custo da cana é relativamente maior do que os demais estados. Em RN ocorre o mesmo fenômeno mais por outro fator. Lá a compra de cana de terceiro se

faz necessário para complementar o baixo volume de cana plantada e consequentemente colhida.

Outro ponto que merece destaque é o custo de plantio e tratos. O estado de SP por apresentar um canavial mais antigo e por estar em uma região “perfeita” para o cultivo da cana, não necessita de muitos investimentos em tratos e plantio quando comparado os demais estados.

3.1.2. Operação Industrial

O processo industrial é iniciado com a limpeza da cana de açúcar para retirada de impurezas minerais e vegetais. Seguido com moagem da cana, onde é extraído o “caldo” que é a base para a produção dos produtos finais. Nesta etapa ocorre a separação do processo de produção de etanol e açúcar e energia.

Os principais custos industriais são a de manutenção, que representa os custos com a manutenção dos equipamentos do parque industrial, e a conta de pessoal. O custo com manutenção ocorre principalmente no período de entressafra. O custo com embalagens e bags para produtos finais e combustíveis, como diesel e bagaço para cogeração compõem a conta de custo variável industrial.

Custo Industrial (R\$/ton)	SP	MS	MG	RN	PB
Manutenção	6.7	5.7	4.8	3.3	6.3
Pessoal	5.5	4.8	3.9	3.4	4.4
Outros	1.8	1.1	1.2	0.9	1.3
Insumos/Embalagens	1.8	2.7	2.8	1.3	2.9

Tabela: Estrutura de custo médio Industrial por tonelada de cana em cada UF analisada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2011)

Percebemos que a mão de obra na região centro-sul são maiores do que as do nordeste, principalmente a do estado de São Paulo. Como esperado, nas regiões onde a competição acaba sendo maior, mão de obra especializada também é valorizado refletindo no custo de pessoal.

O custo com manutenção é impactado por fatores como idade média do parque endotelial, onde quanto mais antigo maior a necessidade de manutenção dos equipamentos (SP e MG) e oferta de prestadores de serviços próximos (MS e NE).

4. Estimação da Função de Produção

4.1. O que é Função Produção

Função produção é definida como possíveis combinações de insumos (inputs), que resultará na produção de uma quantidade de produto (output) por unidade de tempo. Em microeconomia, uma função produção expressa a relação entre as entradas (inputs) e as saídas (outputs) de uma organização. Matematicamente tem como objetivo, descrever os outputs que deverão ser obtidos da combinação de diferentes quantidades de inputs.

4.2. O que é Endogeneidade?

Em econometria, endogeneidade é qualquer situação onde uma variável explicativa é correlacionada com o erro. Basicamente, existem três fontes tradicionais de endogeneidade em econometria, são eles (Wooldridge, 2 ed 2011 p.54-55):

- Variáveis omitidas: Havendo uma variável omitida no modelo, ela é incorporada ao erro. Caso esta variável seja correlacionada com alguma das variáveis explicativas no modelo, o que é bem comum, necessariamente haverá correlação entre variável explicativa e erro.
- Erro de mensuração: Se há apenas uma variável com erro de mensuração, e ainda, não existe a variável sem erro que deveria estar no modelo, podemos ter correlação entre a variável que temos (com erro) e o erro. Isso depende da relação entre a

variável que temos (com erro) e a que não temos, mas gostaríamos de ter (sem erro).

- Simultaneidade. Quando uma das variáveis explicativas é determinada pela variável explicada no modelo. Ou seja, x influencia y , mas y também influencia x . Nesse caso, x e o erro geralmente possuem correlação entre si.

A presença de endogeneidade faz com que os estimadores não sejam consistentes.

4.3. Problema causado pela endogeneidade na escolha de insumos.

Consideremos a tecnologia de produção, Cobb-Douglas (1), para ilustrar todas as questões daqui para frente.

$$Y_j = A_j K_j^{\beta_k} L_j^{\beta_l} \quad (1)$$

Na Cobb-Douglas temos um produto (Y_j), e dois insumos, o capital (K_j) e o trabalho (L_j). A_j representa a produtividade total dos fatores da firma j , o qual não é observado pelo econometrista. Tomando logaritmo natural chegamos na seguinte equação linear (2):

$$y_j = \beta_0 + \beta_k k_j + \beta_l l_j + \epsilon_j \quad (2)$$

onde os símbolos minúsculos representam logaritmos naturais das variáveis e $\ln(A_j) = \beta_0 + \epsilon_j$. O termo constante β_0 pode ser interpretada como o nível de eficiência média entre as empresas, enquanto ϵ_j é o desvio desse nível de eficiência para a empresa j , que pode ser visto como um choque idiossincrático e não é observado pelo econometrista.

Sabe-se que estimativa de MQO direta de (2) é problemática. O problema é que as variáveis explicativas, como o capital e trabalho, são geralmente

escolhidas pela firma. Se a empresa tiver conhecimento de sua ϵ_j (ou parte de ϵ_j) ao fazer essas escolhas dos insumos, essas escolhas provavelmente serão correlacionadas com ϵ_j .

Por exemplo, suponha que em um mercado de insumos e produto temos w_j , r_j e p_j sendo respectivamente os preços do trabalho, de capital e de produção. O capital é uma entrada fixa, que as empresas observam perfeitamente antes de escolher o trabalho e que as escolhas correntes do trabalho pelas empresas apenas impactam nos lucros atuais e sem ter nenhum efeito sobre lucros futuros. Então, a escolha ideal da empresa no curto prazo em relação à entrada de trabalho é dada por:

$$L_j = \left[\frac{p_j}{w_j} \beta_l e^{\beta_0 + \epsilon_j} K_j^{\beta_k} \right]^{\frac{1}{1-\beta_l}}. \quad (3)$$

Uma vez que a escolha de L_j , e consequentemente de l_j , depende diretamente de ϵ_j , o MQO irá gerar estimativas não consistentes dos coeficientes. Em modelos mais gerais, a escolha pelas empresas do K_j será também tipicamente correlacionada com ϵ_j .

4.4. Problema causado pelo atrito da base e porque isso não é tão relevante no caso em estudo.

Existe um segundo problema de endogeneidade bem menos comum. Uma base de dados de uma empresa geralmente tem um nível considerável de atrito o que pode gerar viés na estimação. Por exemplo, ao longo de uma considerável amostra de indústrias de produção, Dunne, Roberts e Samuelson (1988) encontraram taxas de saídas superiores a 30% em 5 anos analisados entre as firmas pares dos setores analisados.

Em trabalhos aplicados, um só tem dados sobre as empresas, antes de elas saírem. Se as empresas têm algum conhecimento de ϵ_j antes de sair, as

empresas que continuam a produzir terão uma amostra selecionada de ϵ_j e o critério de seleção será parcialmente determinado pelos outros inputs fixos.

Como exemplo, suponha que as empresas estão em um mercado de monopólio e que são exogenamente dotados de diferentes níveis fixos de capital. As empresas que observam ϵ_j decidem se querem sair ou não, e escolhem trabalho e produzem se não tiverem saído. Nesta situação, as empresas terão uma regra de saída da seguinte forma:

$$\chi(\epsilon_j, K_j; p_j, w_j, \beta) = 0 \text{ (or exit) } \text{ if } \Pi(\epsilon_j, K_j; p_j, w_j, \beta) < \Psi$$

Onde β é o conjunto de parâmetros ($\beta_0, \beta_l, \beta_k$) e ψ é o valor de venda ("sell off") não negativo da firma. Π é o argmax (sobre o input trabalho) de lucros variáveis. Esta condição indica que as empresas saem se os lucros variáveis não estão ao menos tão alto quanto o valor de "sell off" da empresa.

O ponto aqui é que esta condição de saída irá gerar correlação entre ϵ_j e K_j , condicional na base de dados original (isto é, em não saindo). No caso de Cobb-Douglas, ambos ϵ_j e K_j impactam positivamente os lucros variáveis. Como resultado, a seleção irá gerar uma correlação negativa entre ϵ_j e K_j , uma vez que empresas com mais altos K_j serão capazes de suportar menores ϵ_j , sem saírem. Assim, mesmo K_j sendo exógeno no sentido de que ele é não correlacionado com ϵ_j em toda a população de empresas potencialmente ativas, a seleção pode gerar uma correlação negativa em nossa amostra e tem relação com a escolha de trabalho em última instância.

4.5. Soluções para o problema de endogeneidade

Normalmente, as duas soluções tradicionais para os problemas de endogeneidade são variáveis instrumentais e/ou efeitos fixos.

Para considerar explicitamente o uso de dados de painel longitudinais, faremos duas pequenas mudanças em nosso modelo básico (2). Vamos indexar nossas

variáveis por tempo t . Em seguida, dividiremos variável não observável ϵ_{jt} em duas componentes ω_{jt} e η_{jt} , Dessa forma teremos:

$$y_{jt} = \beta_0 + \beta_k k_{jt} + \beta_l l_{jt} + \omega_{jt} + \eta_{jt}. \quad (4)$$

O η_{jt} aqui tem a intenção de representar variáveis não observáveis, que não são controladas, ou previsíveis pela firma antes das escolhas dos insumos e decisão de saída no tempo t . Assim, eles não serão correlacionados com as escolhas dos inputs ou no comportamento de saída. Ela pode representar desvios de taxas de degradação esperadas em um determinado ano ou desvios de expectativas de chuva.

Por outro lado, permite a possibilidade de ω_{jt} ser observado (ou previsível) pelas empresas quando elas escolhem insumos e tomam decisões de saída. Intuitivamente, ω_{jt} pode representar fatores como a capacidade de gestão de uma empresa, tempo ocioso esperado devido à quebra de máquinas, greves ou expectativa de chuvas em áreas de plantio e colheita. Dessa forma restringimos nossos problemas de endogeneidade em ω_{jt} .

4.5.1. Variáveis Instrumentais

A abordagem das variáveis instrumentais é baseada em encontrar um instrumento apropriado que é uma variável que não pertence à equação explicativa e que satisfaz os dois requisitos principais para a utilização do método.

- O instrumento deve ser correlacionado com as variáveis endógenas explicativas, condicionada à outras variáveis
- O instrumento não pode ser correlacionado com o termo de erro na equação explicativa.

Como exemplo, vamos usar os preços dos insumos como variáveis instrumentais, pois estão correlacionadas com as variáveis endógenas explicativas mas que não entram na função produção e ainda não são

correlacionadas com os resíduos. Para usar a abordagem de variáveis instrumentais, tem que se observar uma variação significativa dos preços de insumos entre as empresas e acreditar que esta variação deve-se principalmente a diferenças nas condições exógenas do mercado de insumos, não devido a diferenças na qualidade de insumos não observada.

Geralmente precisa-se de significativa variação nos preços de capital e trabalho, (r_{jt} e w_{jt} respectivamente) entre as empresas para identificar coeficientes da função de produção. Isso pode ser um problema, pois, muitas vezes, tende-se a pensar nos mercados de insumo como sendo regulares no âmbito nacional. Não se pode esperar, por exemplo, que o preço das condições de trabalho ou do mercado de capitais varie muito entre os Estados.

Finalmente, a abordagem de variáveis instrumentais só aborda endogeneidade de escolha de insumos, não de saída endógena (atrato). A saída endógena vai tender a invalidar o uso direto de preços de insumos como instrumentos. A razão para isto é que é provável que a decisão de saída seja baseada, em parte, nos preços dos insumos. Como exemplo, podemos esperar que as empresas que são mais sensíveis a maiores preços de insumo sejam mais propensas a sair (ou seja, iriam sair com maior ω_{jt}). Isto é possível de gerar correlação positiva entre os instrumentos e os resíduos na função produção.

4.5.2. Efeitos Fixos

O modelo de efeitos fixos pretende controlar os efeitos das variáveis omitidas que variam entre os indivíduos e permanecem constantes ao longo do tempo. Essa abordagem faz uso explícito de dados em painel e é uma abordagem bastante simples e certamente é usada na prática. No entanto, não foi estressada e julgada, o suficiente até o momento, para ter todo esse sucesso na resolução de problemas de endogeneidade em funções de produção. Existem algumas fragilidades no uso desse modelo.

É claramente uma forte suposição de ω_j ser constante ao longo do tempo. Isto é especialmente verdadeiro tendo em conta períodos de tempo mais longos

que agora está sendo mais disponível para a utilização de os dados em painel. Outro potencial problema com estimadores de efeitos fixos é que quando há erro de medição em insumos, os efeitos fixos podem realmente gerar estimativas piores do que os estimadores padrões tipo MQO. Por último, estimadores de efeitos fixos simplesmente não tiveram um bom desempenho na prática. Muitas vezes se obtém estimativas inexplicavelmente baixas de coeficientes de capital.

4.6. Abordagem Olley e Pakes

O método de estimação de Olley e Pakes (OP) foi desenvolvido para estudar a reestruturação da indústria de telecomunicações norte americana nas décadas de 1970 e 1980 com o objetivo de estimar parâmetros consistentes para a função de produção e acompanhar a evolução das produtividades das empresas. Segundo OP, a reestruturação ocorreu devido a mudanças tecnológicas e regulatórias no setor, e a decisão das firmas de continuarem a operar no mercado ou não, bem como o nível de sua produção, que depende da produtividade, que apresenta grande diferença entre as empresas e variação ao longo do tempo. Como a produtividade não pode ser controlada a priori, é válido considerar um viés de seleção no caso de firmas que abandonaram o mercado por sua baixa eficiência, e outro viés causado pelo fato da escolha dos insumos depender da eficiência de cada firma.

Em resumo, o modelo teórico considera que o início do período, cada firma pode tomar a decisão de sair do mercado, vendendo a unidade industrial por um valor conhecido pela empresa, e não voltando novamente ou continuar no mercado e escolher entre investimentos em capital ou fatores variáveis como mão de obra.

4.6.1. O Modelo

A abordagem OP considera que o tempo é discreto e empresas que operam fazendo escolhas de produção para maximizar o valor presente descontado (PDV) dos lucros atuais e futuros. A função de produção utilizada é semelhante

$$y_{jt} = \beta_0 + \beta_k k_{jt} + \beta_a a_{jt} + \beta_l l_{jt} + \omega_{jt} + \eta_{jt} \quad (5)$$

a (4), com um input adicional, a_{jt} , sendo ele o log natural da idade (em anos) de uma planta.

O interesse no coeficiente da idade resulta em determinar o impacto da idade da planta sobre a produtividade. Em segundo, supõem-se que a produtividade não observada ω_{jt} segue um processo Markov de primeira ordem (exógeno).

$$p(\omega_{jt+1} | \{\omega_{j\tau}\}_{\tau=0}^t, I_{jt}) = p(\omega_{jt+1} | \omega_{jt}) \quad (6)$$

Onde I_{jt} é toda a informação da empresa definida no tempo t . Especificamente, uma empresa no período t , tendo apenas observado ω_{jt} supõe que a distribuição de ω_{jt+1} é dada por $p(\omega_{jt+1} | \omega_{jt})$.

As empresas, assim, operam através do tempo, percebendo o valor de ω_{jt} em um período t , e formando expectativa de futuros ω_j 's usando $p(\omega_{jt+1} | \omega_{jt})$. Note que essa hipótese de um processo de Markov de primeira ordem abrange a hipótese de efeitos fixos onde ω_{jt} é fixo ao longo do tempo (ou seja, $\omega_{jt} = \omega_j$). OP também assume que $p(\omega_{jt+1} | \omega_{jt})$ está estocasticamente aumentando em ω_{jt} . Intuitivamente, é mais provável ter um melhor ω_{jt} amanhã se ω_{jt} hoje for alto. Isso também se dá o nome de persistência.

Por fim, note que o processo ω_{jt} é assumido como sendo homogêneo no tempo, ou seja, p não é indexado por t . Supõe-se que o capital acumulado pelas empresas através de um processo de investimento determinista e dinâmico, especificamente

$$k_{jt} = (1 - \delta)k_{jt-1} + i_{jt-1}$$

Aqui vamos assumir que i_{jt-1} é escolhido pela firma em um período $t-1$. Isto é, estamos supondo que o capital que a empresa utiliza no período t realmente foi decidido no período $t - 1$. Note que o capital assume um input fixo ao invés de variável. Por último, OP especifica lucros de único período como

$$\pi(k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt}, \Delta_t) - c(i_{jt}, \Delta_t).$$

Note que o trabalho l_{jt} não é explícito nessa função lucro. A razão é que o trabalho é assumido como sendo uma entrada variável e não dinâmica. É variável porque, ao contrário de capital, l_{jt} é escolhido em um período t . É não dinâmica no sentido em que (uma vez mais, ao contrário de capital) a escolha atual de trabalho não tem qualquer impacto no futuro. Esse pressuposto não dinâmico elimina, por exemplo, a contratação fixa ou os custos de demissão do

trabalho. Note também que ambos $\pi (\cdot)$ e $c (\cdot)$ dependem de Δt o qual representa o ambiente econômico que as empresas enfrentam em um determinado ponto no tempo. Δt poderia capturar os preços dos insumos, as características do mercado de produção, ou as características da indústria, como a atual distribuição dos estados de empresas que operam no setor. A formulação OP permite que todos estes fatores mudem ao longo do tempo, embora supõe-se constantes entre as empresas em um determinado período de tempo.

Dado esse ambiente econômico, um problema de maximização de uma empresa pode ser descrito pela seguinte equação de Bellman:

$$V(k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt}, \Delta_t) = \max \left\{ \begin{array}{l} \Phi(k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt}, \Delta_t), \\ \max_{i_{jt} \geq 0} \{ \pi(k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt}, \Delta_t) - c(i_{jt}, \Delta_t) + \beta E[V(k_{jt+1}, a_{jt+1}, \omega_{jt+1}, \Delta_{t+1}) | k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt}, \Delta_t, i_{jt}] \} \end{array} \right\}$$

A empresa ficando no mercado ela escolhe um nível de investimento i_{jt} . k_{jt} , a_{jt} e ω_{jt} são suficientes para descrever o componente específico do espaço de estado empresa porque o trabalho não é uma variável dinâmica e porque $(k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt})$ (e o controle i_{jt}) são suficientes para descrever as distribuições percebidas da empresa sobre o futuro $(k_{jt+1}, a_{jt+1}, \omega_{jt+1})$.

A equação de Bellman considera explicitamente duas decisões das empresas. $\Phi(k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt}, \Delta_t)$ representa o valor de venda ("sell off") da empresa. Podemos escrever a regra de decisão de saída ótima como

$$\chi_{jt} = \begin{cases} 1 & \text{(continue)} \\ 0 & \text{(exit)} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{if } \omega_{jt} \geq \bar{\omega}(k_{jt}, a_{jt}, \Delta_t) = \bar{\omega}_t(k_{jt}, a_{jt}) \\ \text{otherwise,} \end{array} \quad (7)$$

e a função de demanda de investimento como

$$i_{jt} = i(k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt}, \Delta_t) = i_t(k_{jt}, a_{jt}, \omega_{jt}). \quad (8)$$

Isto é, condicionadas à k_{jt} e a_{jt} , as empresas com maior ω_{jt} , otimizadamente investem mais. Este é um resultado intuitivo - porque $p(\omega_{jt+1} | \omega_{jt})$ é estocasticamente crescente em ω_{jt} , ω_{jt} impacta positivamente na distribuição de todos os futuros ω_{jt} 's. Desde que ω_{jt} 's impactem positivamente o produto

marginal do capital em períodos futuros τ , a demanda de investimento em curso deverá aumentar.

4.6.2. Como que isso resolve o problema de endogeneidade

Dada a configuração do modelo, podemos agora prosseguir com a estratégia de estimação OP. Focaremos em lidar apenas com o problema de endogeneidade de escolha de entrada. Também vamos assumir por agora que os níveis de investimento são sempre positivos, ou seja, $i_{jt} > 0$, $\forall (j, t)$. Dado que (8) é estritamente monotônico em ω_{jt} , isto pode ser implicitamente invertido para gerar

$$\omega_{jt} = h_t(k_{jt}, a_{jt}, i_{jt}) \quad (9)$$

Intuitivamente, isto diz que condicionada a níveis de k_{jt} e a_{jt} da empresa e escolha de investimento i_{jt} , saberemos ω_{jt} .

Substituindo a equação (9) para a função de produção (5) dá

$$y_{jt} = \beta_0 + \beta_k k_{jt} + \beta_a a_{jt} + \beta_l l_{jt} + h_t(k_{jt}, a_{jt}, i_{jt}) + \eta_{jt}. \quad (10)$$

A primeira etapa envolve a estimativa de OP (10) utilizando métodos semi-paramétricos que tratam a função de investimento inversa $h_t(k_{jt}, a_{jt}, i_{jt})$ não parametricamente. Observe as vantagens do tratamento $h_t(k_{jt}, a_{jt}, i_{jt})$ não parametricamente. $h_t(\cdot)$ (e, portanto, a sua inversa $h_t^{-1}(\cdot)$) são funções complicadas que dependem de toda uma prerrogativa do modelo.

Estas funções são também soluções para um jogo dinâmico potencialmente muito complicado. A abordagem OP não paramétrica evita tanto a necessidade de especificar estas prerrogativas, quanto a carga computacional que seria necessário calcular formalmente $h_t(\cdot)$.

Para resumir esta primeira etapa, o pressuposto do escalar não observável e da monotonicidade essencialmente nos permitem "observar" o não observado ω_{jt} - isto elimina o problema de endogeneidade de entrada em estimar o coeficiente de trabalho. Note que é importante aqui assumir, que o input trabalho, como uma entrada não dinâmica - se o trabalho teve implicações dinâmicas, ele deveria entrar no espaço de estado, e, portanto, a função de

investimento e ϕ_t . Como resultado, β_l não seria identificada nesta primeira etapa.

A segunda etapa do OP identifica os coeficientes de capital e idade β_k e β_a . Primeiro, note que a primeira fase fornece uma estimativa, ϕ_{jt} do termo

$$\phi_t(k_{jt}, a_{jt}, i_{jt}) = \beta_0 + \beta_k k_{jt} + \beta_a a_{jt} + \omega_{jt}.$$

Se usa uma aproximação polinomial para $\phi(k_{jt}, a_{jt}, i_{jt})$, ϕ_{jt} é apenas a soma estimada dos termos polinomiais para um determinado tripla (k_{jt}, a_{jt}, i_{jt}) . Isto significa que, dado um conjunto particular de parâmetros $(\beta_0, \beta_k, \beta_a)$, nós temos uma estimativa de ω_{jt} para todos j e t .

$$\hat{\omega}_{jt}(\beta_0, \beta_k, \beta_a) = \hat{\phi}_{jt} - \beta_0 - \beta_k k_{jt} - \beta_a a_{jt}. \quad (11)$$

A próxima decomposição ω_{jt} em sua expectativa condicional dada a informação conhecida pela empresa em $t-1$ (denote isso por I_{jt-1}) e um residual, isto é,

$$\begin{aligned} \omega_{jt} &= E[\omega_{jt}|I_{jt-1}] + \xi_{jt} \\ &= E[\omega_{jt}|\omega_{jt-1}] + \xi_{jt} \\ &= g(\omega_{jt-1}) + \xi_{jt} \end{aligned} \quad (12)$$

A segunda linha resulta da premissa de que segue um processo de Markov de primeira ordem exógena. Por construção, ξ_{jt} é não correlacionado com I_{jt-1} . Pode-se pensar em ξ_{jt} como a inovação no processo ω entre $t-1$ e t que é inesperado para empresas. O importante é que, dada a estrutura de informação do modelo, esta inovação ξ_{jt} é, por definição, não correlacionado com k_{jt} e a_{jt} . A razão é que k_{jt} e a_{jt} são funções de apenas as informações definidas em tempo de $t-1$. Intuitivamente, uma vez que k_{jt} tenha sido realmente decidida no tempo $t-1$ (a partir da decisão de investimento i_{jt-1}) ele não pode ser correlacionado com as inovações inesperadas no processo ω que acontecem após $t-1$.

Por fim, note que uma vez que o processo estocástico gerador de ω_{jt} foi assumido como constante ao longo do tempo, a função g não precisa ser indexada por t . Em seguida, considere reescrever a função de produção como:

$$y_{jt} - \beta_l l_{jt} = \beta_0 + \beta_k k_{jt} + \beta_a a_{jt} + \omega_{jt} + \eta_{jt}. \quad (13)$$

Substituindo em ambos (12) e (11) resulta em:

$$y_{jt} - \beta_l l_{jt} = \beta_0 + \beta_k k_{jt} + \beta_a a_{jt} + g(\omega_{jt-1}) + \xi_{jt} + \eta_{jt} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} &= \beta_0 + \beta_k k_{jt} + \beta_a a_{jt} + g(\phi_{jt-1} - \beta_0 - \beta_k k_{jt-1} - \beta_a a_{jt-1}) + \xi_{jt} + \eta_{jt} \\ &= \beta_k k_{jt} + \beta_a a_{jt} + \tilde{g}(\phi_{jt-1} - \beta_k k_{jt-1} - \beta_a a_{jt-1}) + \xi_{jt} + \eta_{jt} \end{aligned} \quad (15)$$

onde g engloba ambas as ocorrências de β_0 na linha anterior. O ponto é que (14), como dito acima, o residual $\xi_{jt} + \eta_{jt}$ é não correlacionado com todas as variáveis do lado direito.

Nós não observamos β_l ou ϕ_{jt-1} , mas temos estimativas dos mesmos a partir da primeira fase. Substituindo β_l e ϕ_{jt-1} pelos seus valores na equação acima, e tratando g não parametricamente, nós obtemos \sqrt{n} estimativas consistentes de β_k e β_a . Se usamos polinômios para aproximar g , NLLS pode ser usado para a estimativa.

5. Resultados

5.1. Variáveis utilizadas no modelo

Para esse estudo, utilizamos uma base de dados com um horizonte de tempo 20 períodos. Abaixo as principais variáveis para todas as unidades produtivas consideradas no estudo em forma de gráficos.

O gráfico “Produção” representa a evolução da produção de açúcar e etanol em forma de açúcar equivalente.

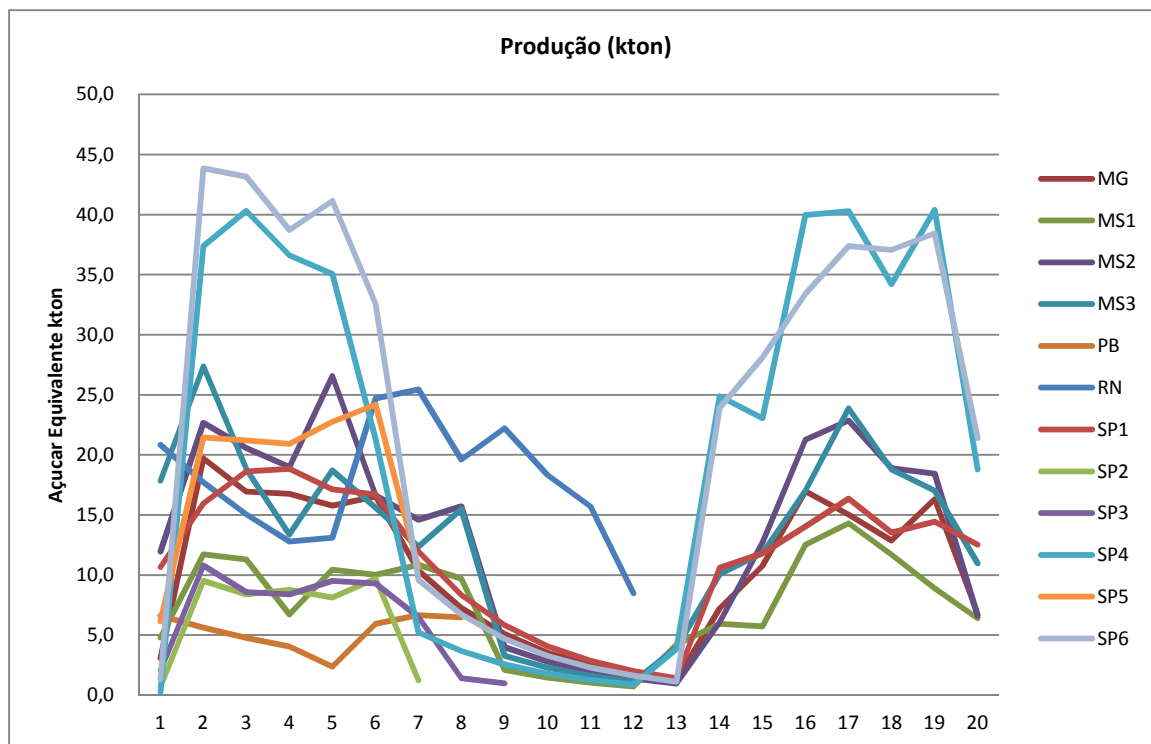


Gráfico: Evolução da produção de açúcar equivalente de cada unidade produtiva considerada

Fonte: Elaborado pelo autor (2011 e 2012)

Esse comportamento sazonal de produção é consequência dos períodos de safra (época das colheitas e consequentemente da moagem) e de entressafra (época que não há ou há de forma muito reduzida cana disponível para moagem).

O gráfico “Investimento” representa a evolução do investimento industrial no período estudado de cada unidade produtiva. Esse investimento considera tanto investimento de manutenção como também possíveis investimentos de melhorias e expansões industriais.

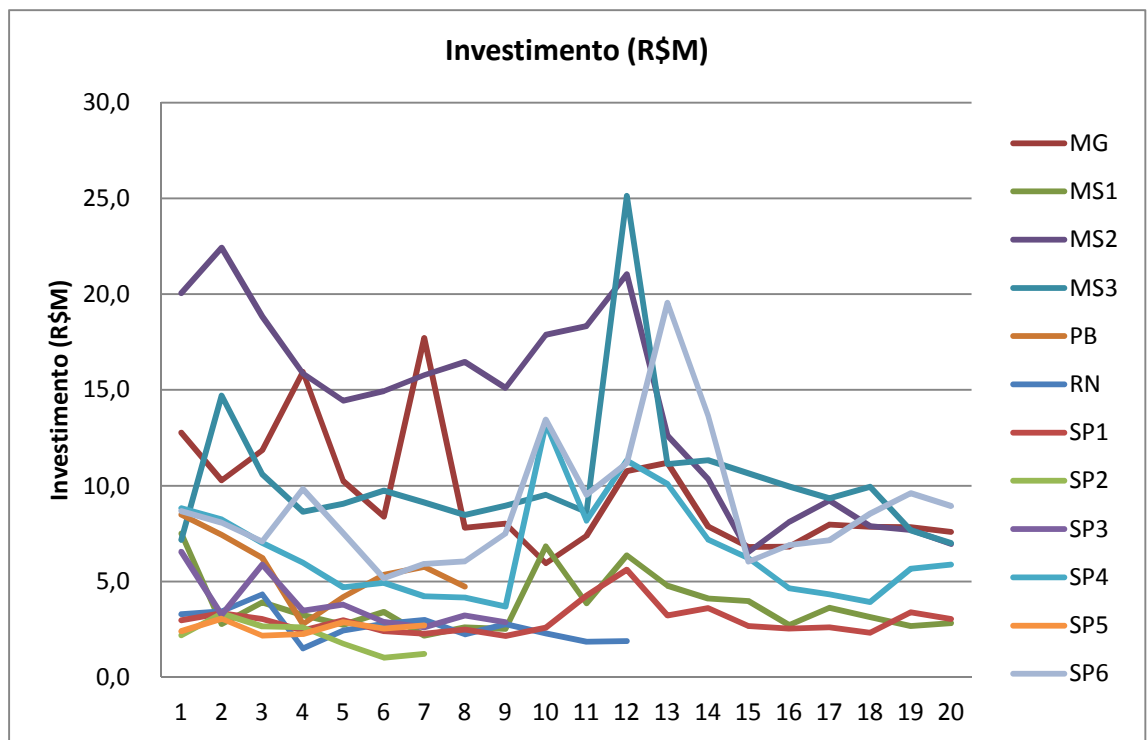


Gráfico: Evolução do investimento de cada unidade produtiva em R\$M
Fonte: Elaborado pelo autor (2011 e 2012)

Acima, verificamos alguns picos de investimentos em algumas unidades produtivas. Esses picos representam expansões e/ou investimento de melhorias das unidades produtivas. Ponto a destacar, são as unidades que “saíram” tinham curvas de investimentos constantes ou decrescentes, demonstrando uma nítida tendência de descontinuação de suas operações.

Já o gráfico de “mão de obra” representa a evolução da quantidade de funcionários industriais no período estudado de cada unidade produtiva. Desconsideramos os trabalhadores rurais por apresentarem uma forte sazonalidade por diferentes fatores e por apresentarem diferentes tipos de contratos de trabalhos.

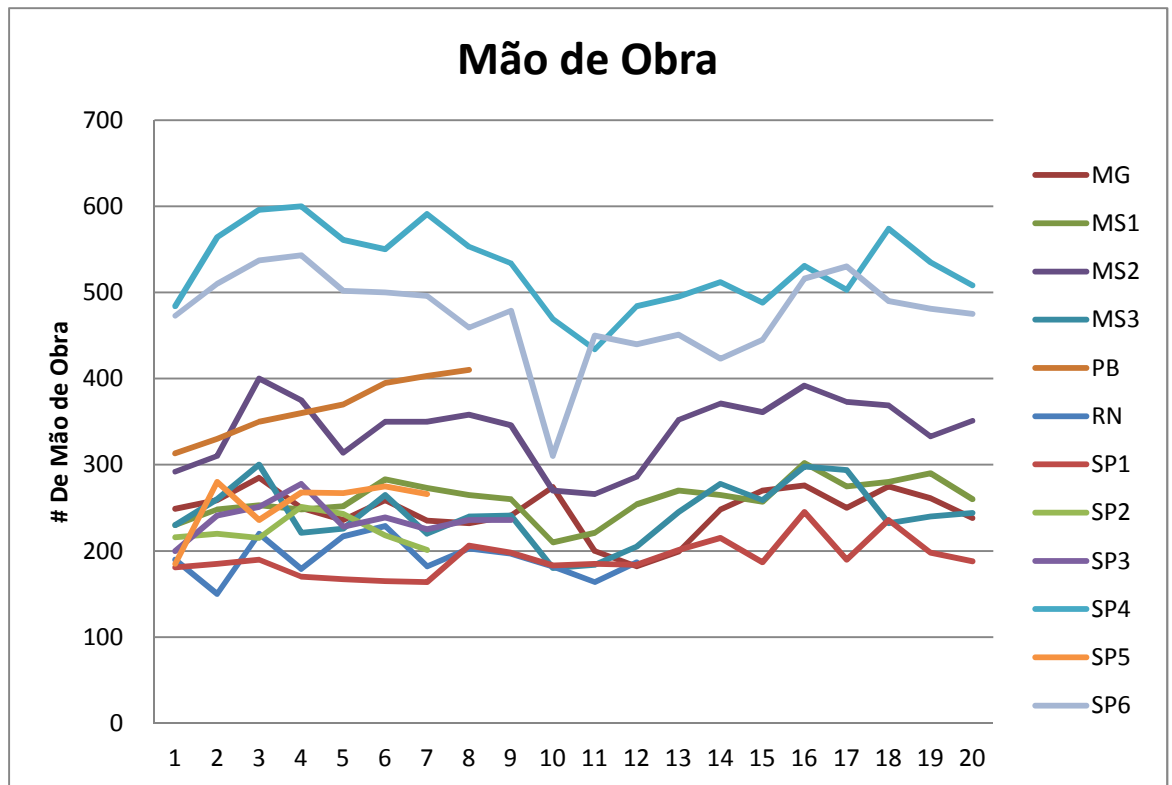


Gráfico: Evolução do quadro de funcionários de cada unidade produtiva
Fonte: Elaborado pelo autor (2011 e 2012)

Curiosamente, as unidades produtoras que “saíram” do mercado, apresentaram uma leve evolução de seu quadro de funcionários períodos antes de descontinuarem suas operações. Possivelmente pode ser explicado, pela ineficiência operacional industrial, e conseqüentemente, tendo a necessidade de aumentar as ações corretivas na operação industrial.

5.2. Variáveis do modelo

A parte de modelagem foi realizada no STATA utilizando o comando ‘opreg’. Este comando implementa a metodologia para a estimação da função de produção de Olley e Pakes (1996). Mas antes de utilizar essa função foram feitos alguns ajustes e algumas hipóteses, as quais serão explicitadas antes da apresentação dos resultados.

As variáveis utilizadas no modelo foram:

1. “Unidade”: Identifica uma das empresas da amostra;
2. “Tempo”: Representa o período da informação em base mensal;

3. “Exit”: Variável de saída. “1” indica que a empresa saiu em um determinado ano;
4. “Produção”: Produção em toneladas em unidades de açúcar. A produção de etanol, em metros cúbicos, foi convertida em açúcar pelo fator de equivalente de açúcar ‘1,56ton/m3’;
5. “Investimento”: Investimento realizado por cada empresa e período de tempo;
6. “mao_de_obra”: Número de funcionários de cada empresa e período de tempo;
7. “Moagem”: Total de cana de açúcar moída no processo industrial.;
8. “Capital”: Série de capital reconstruída a partir da metodologia que será apresentada a seguir;
9. ‘Idade’: Número de meses de existência;
10. ‘MS’, ‘SP’, ‘PB’, ‘RN’ e ‘MG’: Dummies de localidade da empresa.

A hipótese para recuperar a série de capital, de acordo com Pakes:

$$k_{jt} = (1 - \delta)k_{jt-1} + i_{jt-1}.$$

Ou seja, a partir de um valor inicial de capital, e com as séries de investimentos, podemos recuperar a série de capital da empresa ‘j’ para o período. Como não temos o capital no início do período e sabendo que:

$$\begin{aligned} \text{Depreciação}_{jt0} &= \delta k_{jt0}, \\ k_{jt0} &= \frac{\text{Depreciação}_{jt0}}{\delta}. \end{aligned}$$

Faremos a hipótese de que a depreciação, constante para todas as empresas no início do período considerado, é de 2% ($\delta = 0,02$). Esse valor é uma aproximação das empresas observada neste período de tempo. Com isso podemos construir a série de capital para cada empresa no período considerado, usando a seguinte expressão:

$$k_{jt} = k_{jt-1} - \text{Depreciação}_{jt-1} + i_{jt-1}.$$

Note que apenas estamos desconsiderando que a depreciação é constante e substituindo:

$$\text{Depreciação}_{jt-1} = \delta k_{jt-1}.$$

Dessa forma, e de maneira explícita, a equação que foi estimada é

$$\begin{aligned} \log_prod\ it &= \beta_0\ it + \beta_1\ Idade\ it + \beta_2\ \log_capital\ it + \beta_3\ \log_mdo\ it \\ &+ \beta_4\ \log_moagem\ it + \varepsilon \end{aligned}$$

Onde as variáveis acima representam respectivamente:

- *log_prod* é o logaritmo da produção a ser estimada;
- *idade* é uma variável de estado;
- *log_capital* é o logaritmo do capital e é uma variável de estado;
- *log_mdo* é o logaritmo da mão de obra e é uma variável livre;
- *log_moagem* é o logaritmo de materiais e é uma variável livre;

Variáveis de estado são as que definem a saída ou não da empresa do mercado. Note também, que como todas as variáveis, exceto idade e tempo, estão em logaritmo, os coeficientes estimados são as elasticidades. Os resultados obtidos com a estimação foram:

Variável OP	Valor do Coeficiente
Idade	-0.0001537
Capital	0.7089991
mao_de_obra	0.1915032
moagem	0.8464105***

*Nível de significancia de 1%; **Nível de significancia de 5%

***Nível de significancia de 10%

Tabela: Resultado OP para todos os UFs.
Fonte: comando opreg Stata.

Com os resultados em mãos, podemos interpretar e destacar alguns pontos do modelo. A variável “moagem” é estatisticamente significativa.

A um nível de 10% de significância, a quantidade de cana processada confirma a importância da moagem para produção. Assim, se moagem aumentar em 1%, a produção sobe em 0,85%. Fácil de verificar intuitivamente, quanto mais matéria prima no processo mais produto será produzido. A produção do setor é um processo contínuo, onde em quanto tiver matéria prima disponível a produção, sem outros fatores, continuará ininterruptamente. As demais variáveis não são significativas estatisticamente.

Por outro lado, capital e idade eram determinantes na decisão de saída das firmas no modelo de Olley e Pakes. Ou seja, essa seria a parte que controla o problema de seleção.

No entanto, essas variáveis apresentaram ser não muito relacionadas com a escolha de saída das firmas do mercado. Isso pode ter acontecido por dois motivos:

- 1) Há poucas empresas na amostra; são 13 e dessas 5 empresas saem. Isso pode não ser suficiente para identificar os parâmetros estimados;
- 2) As firmas que saíram não foram as mais novas, nem as com menos capital. Inclusive, a mais velha saiu. Isso acarretou que capital e idade não fossem determinantes para a saída da empresa do mercado. As empresas mais antigas podem estar associadas a métodos produtivos menos eficientes e maquinário (capital) antigo e sucateado. Além disso, pode-se, a partir desse resultado, repensar a importância relativa entre capital (estoque de ativos) e variáveis produtivas do fluxo de produção de açúcar e etanol.

Fizemos a mesma análise, isolando as empresas localizadas no estado de São Paulo e outro para os demais estados. Dessa forma tivemos:

Variável OP	Valor do Coeficiente
Idade	0.0000244
Capital	-2.212041
mao_de_obra	-0.152255
moagem	1.167285***
tempo	0.1712932**

*Nível de significância de 1%; **Nível de significância de 5%

***Nível de significância de 10%

Tabela: Resultado OP para SP.

Fonte: comando opreg Stata.

Variável OP	Valor do Coeficiente
Idade	0.0000421
Capital	0.2303362
mao_de_obra	1.6495940
moagem	0.5436827***
tempo	0.0103491

*Nível de significância de 1%; **Nível de significância de 5%

***Nível de significância de 10%

Tabela: Resultado OP os demais UF ex-SP.

Fonte: comando opreg Stata.

Nestes cenários, podemos interpretar e destacar mais uma vez a variável moagem, que também é estatisticamente significativa.

A um nível de 10% de significância, principalmente no cenário de apenas SP a quantidade de cana processada é sensível a produção. Ao aumentar em 1%, a produção sobe em 1,17% no estado de SP. Enquanto nos demais estados a produção responde em 0.54%. Verificamos que nesse modelo, a variável moagem é muito mais sensível do que em outros estados. Intuitivamente, podemos interpretar que todo o processo agrícola, bem dimensionado, acaba sendo um diferencial em São Paulo.

Como exemplo, podemos mencionar a mudança do processo de colheita da cana de açúcar no estado de São Paulo. A partir do ano que vem, será proibida a queima nos canaviais que antecedem a colheita manual, feita por “boias-frias”. Dessa forma nos últimos anos o movimento de mecanização do processo de colheita aconteceu de maneira mais intensa. O custo da colheita mecanizada é menor e é mais eficiente. O ponto negativo, é que ela é limitada a terrenos planos.

O mesmo exercício foi feito para utilizando a modelagem de Efeito fixo, onde a função produção estimada é explicitada abaixo:

$$\log_prod\ it = \alpha i + \beta 1 \log_capital\ it + \beta 2 \log_mdo\ it + \beta 3 \log_moagem\ it + \varepsilon\ it$$

Onde as variáveis acima representam respectivamente:

- *log_prod* é o logaritmo da produção a ser estimada;
- *log_capital* é o logaritmo do capital;
- *log_mdo* é o logaritmo da mão de obra;
- *log_moagem* é o logaritmo de cana de açúcar processada;

Comparativamente, os resultados apresentados, no modelo de painel Efeito Fixo, apresentaram variáveis estatisticamente mais significativas.

Variável	OP	EF
Capital	0.7089991	0.3391274
mao_de_obra	0.1915032	1.252824***
moagem	0.8464105***	0.7904066***
cte	0.0210930	-12.89715**

*Nível de significância de 1%; **Nível de significância de 5%

***Nível de significância de 10%

Tabela: Comparativo OP vs EF todos estados.
Fonte: Stata.

Além da variável “*moagem*”, temos a variável “*mao_de_obra*” a nível de significância a 10%. O mesmo acontece no cenário todos os estados Ex-SP.

Variável	OP	EF
Capital	0.2303362	-0.0120168
mao_de_obra	1.6495940	2.595133***
Moagem	0.5436827***	0.4977625***
Cte	0.0103491	-10.40525

*Nível de significancia de 1%; **Nível de significancia de 5%

***Nível de significancia de 10%

Tabela: Comparativo OP vs EF todos estados Ex-SP.
Fonte: Stata.

Ao aumentar em 1% da “*mao_de_obra*”, a produção sobe em 2,59% nos estados Ex-SP. Intuitivamente, podemos interpretar que como em outros estados, a oferta de mão de obra qualificada é menor quando comparada em SP, afeta de maneira mais intensificada na produção.

Ao comparar as duas metodologias, apenas para o estado de SP, verificamos que no modelo EF, o “*capital*” possui um nível de significância de 1%, como visto no quadro abaixo.

Variável	OP	EF
Capital	-2.212041	0.881045*
mao_de_obra	-0.152255	0.2524390
moagem	1.167285***	1.040678***
cte	0.1712932**	-20.22503**

*Nível de significancia de 1%; **Nível de significancia de 5%

***Nível de significancia de 10%

Tabela: Comparativo OP vs EF para SP.

A variação de em 1% do “*capital*”, a produção responde positivamente em 0,88% em SP. Economicamente, empresas com capacidade de reinvestimento, tem a oportunidade de melhorar seu parque industrial e conseqüentemente aumentar sua produção. Em SP, a presença de grupos familiares sem a capacidade de reinvestimento é cada vez menor.

6. Conclusão

A identificação dos principais determinantes para a produção dos bens, com que os produtores/firmas trabalham, é de grande importância. Por isso que é de grande importância estimar a função de produção.

Pesquisadores e produtores muitas vezes estimam uma função de produção para obter uma medida de produtividade da empresa. Essas estimativas, no entanto, podem sofrer com a presença de vies de seleção e de simultaneidade nas estimativas dos coeficientes de entrada (inputs) necessários para a construção de uma medida de produtividade. Olley e Pakes (1996) introduziram um processo de estimação semi-paramétrico que controla estes vieses ao estimar os parâmetros da função de produção.

Esta metodologia permite obter estimativas consistentes dos coeficientes input e, portanto, medidas de produtividade de confiança. Utilizamos os dados operacionais de 12 empresas produtoras, de diferentes estados, do setor sucroalcooleiro ao longo de 24 meses dos anos de 2011 e 2012.

Neste estudo o modelo OP tenta tratar dos problemas de endogeneidade e do problema de selection. Este modelo não apresentou resultados com um bom nível de significância estatística.

Isso pode ser consequência de tamanho da base de dados, onde apresenta poucas empresas na amostra. São 12 empresas, onde 5 delas, saem do mercado. Isso pode não ser suficiente para identificar os parâmetros estimados.

Como alternativa, utilizamos o modelo de Efeitos fixos, que é uma alternativa de atacar o problema de endogeneidade, no entanto não ataca o problema de selection. O problema de endogeneidade é atacado ao incluir uma constante, na regressão, para cada empresa. Essa ideia corresponde na função de produção Cobb-Douglas, a que cada empresa tivesse um "A" (produtividade total dos fatores) diferente e isso, de fato, influencia as escolhas dos insumos.

Os resultados indicam que, a fim de se obter estimativas consistentes dos parâmetros da função de produção e, assim, medidas confiáveis de produtividade, não se deve ignorar os problemas de seleção e em simultaneidade, a estimativa da produção função.

Intuitivamente, podemos analisar alguns resultados interessantes em consequência da função de produção estimada: em ambos os modelos a quantidade de cana no início do processo industrial (“moagem”), impactam positivamente na produção final. A mecanização da colheita da cana no campo, aumenta a produtividade da colheita e conseqüentemente da moagem no processo industrial, principalmente no estado de SP, que teve uma intervenção jurídica que acelerou esse movimento de mecanização,

Nos últimos 20 anos no setor, a automação dos processos industriais também é destaque principalmente no estado de SP. Em quanto em outros estados, a relação entre funcionários e produção é positiva, no estado de SP, conforme vai reduzindo o número de funcionários, a produção responde de maneira positiva. Isso é consequência da redução de quadros de funcionários devido a investimentos em controle e automação que empresas com boa saúde financeira vem praticando.

Sob outro ponto de vista, podemos avaliar que a automação da indústria, melhora a eficiência do processo do setor, que é caracterizada pelo processo produtivo contínuo. Uma hora do processo industrial parado significa menos receita gerada reduzindo a margem de contribuição. A expressão “tempo é dinheiro” pode ser aplicada perfeitamente no setor.

O investimento em um bom planejamento e execução do processo de agrícolas resulta em uma melhor produtividade da cana de açúcar, disponibilizando uma maior moagem, conseqüentemente aumentando a produção. Exemplo desse impacto foi a última grande quebra de safra que ocorreu em 2011/2012, consequência de falta de investimento, nos anos anteriores, em processo agrícola devido a dificuldades financeiras dos principais produtores.

7. Referência

CARVALHO, G. R.; OLIVEIRA, C. de. O setor sucroalcooleiro em perspectiva. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006.

UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Dados e cotações estatísticas: <http://www.unica.com.br/dadoscotacao/estatistica/>. Acesso em: jan. 2013.

MAPA - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia. Brasília, 2009.

MAPA - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 17 jan. 2013.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. Estratégias para cana no Brasil: um negócio classe mundial. São Paulo: Atlas, 2010

USDA. Sugar: World Production, Supply and Distribution. Novembro, 2010: <http://www.usda.gov/>. Acesso em: jan. 2013.

PROCANA. Anuário da Cana 2011 – Brazilian Sugar and Ethanol Guide. Ribeirão Preto, 2009.

PROCANA. Anuário da Cana 2011 – Brazilian Sugar and Ethanol Guide. Ribeirão Preto, 2010.

PROCANA. Anuário da Cana 2011 – Brazilian Sugar and Ethanol Guide. Ribeirão Preto, 2011.

WOOLDRIDGE, J M. Introdução à Econometria: uma abordagem moderna. São Paulo Thomson, 2006.

8. Glossário

UNICA – União da Indústria de Cana de Açúcar

USDA – United States Department of Agriculture

Procana – Centro de informações do Sucroenergéticos

VHP – Very High Polarized. Quanto maior a polarização maior a capacidade de adoçar.

F.O. Licht – Empresa da Informa Group, maior de informações e treinamento do mercado brasileiro.

Consecana – Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e etanol

ATR – Açúcar total recuperável

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IHH – Índice de Herfindahl-Hirschman. Método de avaliação do grau de concentração de um determinado mercado.