

*Antonio Carlos Lima Nogueira*

Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas e mestrando em Administração na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, pesquisador do Programa de Estudos dos Negócios Agroindustriais da FEA-USP, Professor Assistente na Universidade Bandeirante de São Paulo e na Faculdade de Ciências Econômicas de São Paulo da Fundação Álvares Penteado. Atuou por 7 anos como analista de *marketing* no Banespa, nas áreas de segmentação de clientes e *database marketing*.

## RESUMO

Este estudo tem por objetivo analisar as correlações entre a frota de tratores em uso de cada país e os indicadores de desenvolvimento econômico, produção de cereais e demografia, para a elaboração de um modelo de regressão que permita prever a evolução da variável dependente no Brasil. Por meio da análise de correlação múltipla de uma amostra de 136 países com dados de 1999, verificou-se significativa correlação positiva dessa variável com o PIB, renda *per capita*, produção e área colhida de cereais e população urbana, com coeficientes de correlação variando de 0,48 a 0,77. Por outro lado, foi encontrada fraca correlação positiva com a população rural e com a população economicamente ativa na agropecuária. Um modelo de regressão linear múltipla foi calculado com o PIB e a área colhida de cereais como variáveis independentes, apresentando poder de previsão aceitável estatisticamente. Foram elaborados cenários com valores estimados das variáveis explicativas e aplicados ao modelo para prever o valor da frota de tratores. Pelo modelo de regressão obtido, estima-se que o Brasil precisa de crescimentos anuais médios de 2%, 4% e 6% no PIB e na área colhida de cereais por 10 anos para possuir frotas de tratores equivalentes às encontradas em 1999 no Chile, na China e na Espanha, respectivamente. Em cada caso, as variações na frota de tratores seriam de 28,1%, 53,8% e 84,0%.

## ABSTRACT

*The purpose of this study is to analyze the correlations between the tractors fleet of each country and its variables such as economic development, cereals production and demography, in order to elaborate a regression model that allows foreseeing the evolution of this dependent variable in Brazil. Through the analysis of multiple correlations in a sample of 136 countries (data from 1999), a significant positive correlation (varying from 0.48 to 0.77) was verified with the GNP, the per capita income, the production and the harvested area of cereals and the urban population. On the other hand, a weak positive correlation was found when correlating with the rural population and the economically active population in the farming sector. A multiple linear regression model was calculated with the GNP and the harvested area of cereals as independent variables, resulting in an acceptable statistical forecast. Scenarios with estimated values of the independent variables were elaborated and then tested in the model to foresee the value of the tractors fleet. The regression model estimated that in Brazil is necessary an annual average growth of 2%, 4% and 6% in the GNP and in the harvested area of cereals to reach tractor fleets equivalent to those found in 1999 in Chile, China and Spain, respectively. In each case, the variations in the tractor fleet would be of 28.1%, 53.8% and 84.0%.*

## 1. INTRODUÇÃO

A agropecuária sempre teve enorme relevância para a economia brasileira, constituindo atualmente a base de um complexo agroindustrial que representa cerca de 20,6% do PIB nacional, quando se agregam os setores de insumos agropecuários, agroindústria e comercialização (NUNES e CONTINI, 2000). Essa importância também pode ser avaliada pela participação significativa do agronegócio nas exportações brasileiras, que foi de 42% de janeiro a agosto de 1999 e de 36% em igual período de 2000. Nos dois períodos o saldo da balança comercial do agronegócio foi positivo em cerca de 9 bilhões de dólares, e os principais produtos exportados em 2000 foram os do complexo soja, papel e celulose, couros e calçados, carnes e pescados, e café (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2001). Assim, o agronegócio contribui positivamente para as contas externas do país.

Observa-se nas últimas décadas uma tendência de modernização da agropecuária, e um dos principais elementos nesse processo é a mecanização da agricultura, principalmente na produção de grãos. Essa atividade está inserida em um mercado internacional extremamente competitivo, onde os principais concorrentes são economias desenvolvidas que subsidiam fortemente seus produtores rurais e possuem barreiras (tarifárias ou não) à importação de produtos agropecuários.

Entre 1990 e 2000, nos Estados Unidos, os gastos com subsídios agrícolas para os produtores rurais passaram de US\$ 6 bilhões para US\$ 32,3 bilhões. Os 29 países da OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – têm liberado US\$ 362 bilhões em Subsídio Equivalente ao Produtor (PSE), dos quais 65% são destinados a subsídios diretos. Somente na União Européia, os subsídios à agricultura custam US\$ 7,6 bilhões à América Latina e quase dez vezes mais ao resto do mundo – US\$ 75 bilhões. A redução artificial das importações e o aumento das exportações causados pelos subsídios forçam a queda de preços das *commodities* agrícolas (ROMERO, 2001).

Nesse contexto, a produção de grãos requer aumentos progressivos de escala para reduzir

custos, de modo que se mantenha a atividade viável para os produtores. Para que se possa alcançar essa escala é fundamental a mecanização das diversas etapas do processo produtivo, como o preparo do solo, aplicação de fertilizantes e defensivos, plantio e colheita. Assim como em diversos setores econômicos, a agricultura brasileira apresenta enormes contrastes na utilização de tecnologia pelos produtores rurais, visto que unidades com uso intensivo de tecnologia e alta produtividade coexistem com pequenas propriedades sem acesso à tecnologia, crédito ou assistência técnica, com baixas produtividades e dificuldades de sobrevivência.

Tendo em vista que o Brasil é um dos poucos países com capacidade de expandir sua produção agropecuária, seja através do aumento da área plantada, seja pelo incremento da produtividade, a mecanização pode desempenhar um papel fundamental para que esse potencial se realize. A participação do Brasil no mercado internacional de grãos, atualmente pequena, apresenta potencial de ampliação ao longo da próxima década, desde que ocorra redução nas barreiras à entrada de produtos estrangeiros nos países desenvolvidos, assim como aumento da demanda, fruto do crescimento populacional e da entrada de novos participantes no mercado. A China, por exemplo, já enfrenta escassez de água e pretende desacelerar os investimentos em produção agropecuária, optando por incrementar a indústria. Deve tornar-se um dos maiores importadores de alimentos em um futuro próximo.

Assim, passa a ser relevante estimar a expansão da demanda por mecanização na agricultura brasileira, que deve acompanhar os aumentos previstos na produção e na produtividade. Essa estimativa pode subsidiar a elaboração de estratégias por parte de governos, cadeias produtivas do setor de máquinas agrícolas, instituições financeiras e agricultores. Visando projetar alguma luz sobre o futuro, este trabalho apresenta uma visão prospectiva sobre o nível de mecanização que o país deverá alcançar, particularmente quanto à frota de tratores em uso.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo geral analisar as correlações entre a frota de tratores em uso de cada país e os indicadores de desenvolvimento econômico, produção de cereais e demografia, para elaborar um modelo de regressão que permita prever a evolução dessa variável dependente no Brasil num período de 10 anos.

Para tanto, os objetivos específicos são: (1) identificar e mensurar a correlação entre a quantidade de tratores em uso nos países e o valor do PIB (Produto Interno Bruto), a renda *per capita*, área e produção total de cereais, populações urbana, rural e economicamente ativa na agropecuária, utilizando dados internacionais; (2) escolher as variáveis explicativas mais representativas e estimar os parâmetros da regressão múltipla; (3) elaborar cenários que envolvam as variáveis explicativas do modelo, para prever a quantidade de tratores no Brasil ao final de um período de 10 anos.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. Evolução da agropecuária brasileira até os anos 60

A agropecuária sempre teve enorme relevância econômica durante toda a história do Brasil. Os principais ciclos econômicos que o país atravessou desde o início da colonização portuguesa em 1500 estiveram ligados a produtos agrícolas ou de caráter extrativo, como o pau-brasil, a cana-de-açúcar, o fumo, o algodão, o café, a borracha e o cacau. Esse modelo econômico primário-exportador manteve-se durante os regimes políticos da Colônia, do Império e do início da República, baseado na geração de renda proporcionada pela exportação de produtos agrícolas para importar os bens não produzidos localmente.

Esse modelo prevaleceu até 1930, quando tem início a industrialização da economia brasileira, que recebeu um impulso decisivo pouco antes da Segunda Guerra Mundial, com a implantação da siderurgia nacional. A partir de então, as políticas de governo e os recursos para incentivos passaram a ser direcionados para o setor industrial, em

detrimento da agropecuária. Mesmo assim, a riqueza gerada pela indústria só se distancia do resultado da agropecuária no final da década de 50, conforme PEREIRA (1999).

Com a intensificação do crescimento dos setores industrial e de serviços a partir dos anos 40, o modelo de produção agropecuária de baixa tecnologia vigente naquela época passa a ter dificuldades em atender à demanda crescente por produtos agropecuários. Esse aumento de demanda é resultado da migração de pessoas do campo para os centros urbanos, as quais deixam de produzir e passam a demandar alimentos. Além disso, nos anos 50 surge a necessidade de aumentar as exportações para contribuir com a Balança de Pagamentos e combater doenças que apareceram em algumas culturas (cacau) e que exigiam pesquisas científicas sobre o tema.

Essas condições geraram uma pressão para a modernização da agricultura. Entretanto, segundo SANTOS (1988), o desenvolvimento e implementação de novos processos produtivos na agropecuária foram dificultados pela estrutura fundiária das décadas de 50 e 60, caracterizada pela presença de latifúndios administrados sem a preocupação com a busca de maximização de lucros, e de minifúndios, cujos produtores estavam mais preocupados com o atendimento das próprias necessidades de alimentos do que com o mercado. Além disso, a produção podia expandir-se com a agregação de novas áreas de exploração e maior uso de mão-de-obra, recursos disponíveis em abundância nessa época. Assim, o processo de modernização só foi consolidado com maior intensidade a partir de 1970, quando foram implementadas políticas direcionadas à elevação do nível tecnológico do setor.

### 3.2. Modernização da agropecuária brasileira

Segundo PEREIRA (1999), a partir de 1965 tornou-se indispensável aumentar a produtividade da agropecuária, e isso não seria possível com os instrumentos existentes. Surgiu então a necessidade de investimentos elevados para a adoção de novos processos produtivos que possibilitassem a expansão da produção brasileira. Como a estrutura agrária não apresentou avanços, não existia uma

classe dinâmica de pequenos produtores capazes de absorver avanços tecnológicos, visto que não tinham nível de escolaridade suficiente. Assim, as políticas de aumento da produtividade foram implementadas apenas por grandes e médios produtores, os únicos em condições de se adequarem ao processo de inovação.

Desse modo, as políticas sugeridas eram de curto prazo, como preços mínimos, crédito e assistência técnica, beneficiavam apenas grandes e médios produtores, e mantinham a estrutura agrária vigente e apoiada em vultosos subsídios. Nessas condições, iniciou-se a ampliação do uso da mecanização, de fertilizantes, defensivos agrícolas e outros insumos, que viabilizou a utilização de grandes áreas em uma mesma propriedade e permitiu a expansão de culturas de larga escala, como a soja, o milho, o trigo e a cana-de-açúcar.

A modernização da agropecuária brasileira foi simultânea ao desenvolvimento de uma tendência mundial de uso intensivo de insumos industriais poupadores de terra e trabalho nos processos produtivos desse setor, que ficou conhecida como revolução verde. Outro fator que contribuiu para esse processo foi a saída de um estágio de substituição de importações na economia brasileira para o de estímulo às exportações, nas quais a agricultura teria um papel importante. Nesse caso, a agropecuária exportaria produtos para um mercado internacional exponencialmente crescente e ainda incentivaria a indústria nacional, pois passaria a demandar insumos industriais em larga escala.

BARROS e MANOEL (1988) demonstram a expansão, principalmente no final dos anos 60 e durante a década de 70, do uso de insumos modernos na agropecuária. Assim, o consumo aparente de fertilizantes passou de 630 mil toneladas em 1969 para 1,8 milhões de toneladas em 1974, e atingiu 5 milhões de toneladas em 1994. Quanto à venda de tratores agrícolas, observa-se que em 1974 foram adquiridas cinco vezes mais unidades que em 1969, passando de 9,6 mil para 45,9 mil. Com relação aos defensivos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), os autores observam uma expansão até meados da década de 70. Entre 1974 e 1991 ocorreu uma redução no consumo de inseticidas e fungicidas, enquanto o consumo de

herbicidas aumentou no mesmo período, gerando uma queda quando se agregam todos esses produtos.

Mais recentemente, percebe-se uma tendência de crescimento moderado do uso de fertilizantes, conforme a ANDA (2000): o total de fertilizantes entregues ao consumidor foi de 10,8 milhões de toneladas em 1995, atingiu 13,7 milhões em 1999 e 6,8 milhões de janeiro a julho de 2000.

### **3.3. Mecanização da agricultura e ambiente econômico**

Nesta seção pretende-se analisar as relações existentes entre a modernização do setor agropecuário e o ambiente econômico. De acordo com os objetivos do trabalho, esses aspectos serão analisados relativamente à mecanização da agricultura, tomada como um indicador do grau de modernização do setor.

A modernização da agropecuária pode ser promovida por políticas públicas específicas, seja através de ações diretas de entidades do governo, seja pela criação de condições favoráveis aos investimentos em tecnologia pelos agentes econômicos. Outros indutores são as características dos mercados dos produtos mais representativos e o grau de coordenação das cadeias produtivas. Assim, nos mercados de *commodities*, onde os preços são determinados pelo equilíbrio entre oferta e procura, a redução de custos é essencial aos produtores. Ela pode ser obtida por aumentos na escala e mecanização para reduzir a necessidade de mão-de-obra. O papel da coordenação das cadeias é o de transmitir aos agentes de cada etapa, a partir do consumidor, quais são as exigências tecnológicas para se obter o produto final desejado.

Ao analisar as dificuldades para a mecanização na agricultura brasileira, NOJIMOTO (1987) enumerou os seguintes fatores:

- Estrutura agrária: como a mecanização agrícola ocorreu primeiramente em países onde existiam propriedades relativamente grandes e distribuídas equitativamente, como os Estados Unidos, no Brasil ela tem dificuldade de ocorrer porque existe grande quantidade de pequenas propriedades de baixa renda e grandes

propriedades não exploradas. Assim, as pequenas propriedades não tinham condições técnicas e econômicas de transformar sua produção intensiva em mão-de-obra para uma produção mecanizada, enquanto as grandes propriedades tinham áreas pequenas de lavouras.

- **Atuação do Estado:** as políticas implantadas nos Estados Unidos, voltadas à manutenção de preços e renda para o setor rural, ou no Japão, onde, além de sustentar a renda, o Estado apoiou o desenvolvimento tecnológico do setor, tiveram grande influência no sucesso da mecanização desses países. No Brasil, essa atuação esteve limitada: à política de produção de máquinas agrícolas para substituir importações, que gerou uma mecanização parcial (somente em algumas etapas produtivas, como no preparo do solo); ao crédito subsidiado para incentivar a mecanização, oferecido aos produtores que pudessem dar garantias, o que limitou a concessão aos grandes produtores, incapazes de absorver toda a capacidade instalada das indústrias; e à insignificante participação no desenvolvimento tecnológico, com baixos investimentos e falta de atuação na área de fiscalização da qualidade das máquinas agrícolas.
- **Baixos salários:** embora a remuneração se tenha elevado nas últimas décadas, o autor afirma que ela se encontra muito aquém da dos países desenvolvidos, como os Estados Unidos, onde seria 14 vezes maior do que a do trabalhador de São Paulo, um dos mais bem remunerados do país.
- **Produtividade:** o desenvolvimento tecnológico na agricultura geralmente provoca a evolução de tecnologias poupadoras de terra (fertilizantes, defensivos e sementes) e de mão-de-obra (mecanização), por serem complementares. Como a produtividade em muitas culturas ainda é baixa no Brasil, há dificuldades na implantação da mecanização.

Pelos dados da ANFAVEA (1999), a frota de tratores de rodas, que era de 62,7 mil em 1960, atingiu um valor máximo histórico de 551 mil em 1985, e desde então apresenta decréscimo, atingindo cerca de 460 mil unidades em 1998. Nossa frota é

superior à da Argentina (280 mil), mas está longe da de países como Canadá (711 mil), Reino Unido (500 mil), França (1,3 milhões) e Estados Unidos (4,8 milhões).

Ainda conforme a mesma fonte, a mecanização na agricultura, medida pela razão entre a área cultivada e a quantidade de tratores de rodas, evoluiu de 410 ha/trator em 1960 para um pico em 1985 (90), chegando a 116 em 1998. Em comparação com países desenvolvidos, o índice de 1998 ainda está longe do registrado no Canadá (61,3) e Estados Unidos (36,5). Em países europeus esse índice é ainda mais expressivo, como na França (13,9) e Reino Unido (12,2), ainda que esses dados possam indicar um excesso de mecanização, fruto das políticas de manutenção de renda e subsídios para produtores.

O acompanhamento das vendas internas de tratores de rodas e do total de máquinas agrícolas (acrescentando-se tratores de esteiras, colhedeiças, cultivadores motorizados) desde 1985 indica que elas acompanham os ciclos econômicos do país. Segundo dados da ANFAVEA (1999), ocorreu um pico de vendas em 1986, não superado até hoje, com cerca de 54.000 unidades de máquinas agrícolas, das quais 45.000 foram tratores de rodas. Esse ano foi o da implementação do Plano Cruzado, com congelamento de preços e aquecimento da economia. A partir de então, verifica-se queda acentuada nas vendas até 1992, período em que ocorreram alterações dos indexadores das dívidas passadas e aumento da inadimplência no Crédito Rural, além da implantação do Plano Collor em 1990, que trouxe confisco de recursos e abertura da economia. Em 1993 e 1994 (Plano Real) observa-se uma recuperação, com o aquecimento da economia, seguida de nova queda provocada pela perda de renda do setor, resultante da elevação dos juros e do câmbio valorizado, o que dificultou as exportações. Em 1997 observa-se nova recuperação, que pode perdurar, em razão das perspectivas positivas do setor com a desvalorização cambial em 1999. Até agosto de 2000 as vendas foram de aproximadamente 18 mil máquinas agrícolas, das quais 16 mil eram tratores de rodas.

A industrialização e urbanização das economias geralmente ocorrem de forma simultânea à

modernização da agricultura e à conseqüente mecanização, tendo como um dos resultados a redução da disponibilidade e do uso da mão-de-obra em atividades agropecuárias. Assim, o efeito demográfico previsto é a redução da população rural, assim como da quantidade de pessoas envolvidas em atividades agropecuárias. Segundo ROMERO (2001), os Estados Unidos, com uma agricultura altamente mecanizada, possuem hoje apenas 2.194 milhões de produtores, que representam menos de 1% da população. No Brasil existem 5 milhões de agricultores, quase 3% da população.

#### 4. METODOLOGIA

A partir do que foi apresentado na revisão bibliográfica, adota-se, neste estudo, a premissa de que a frota de tratores em um país pode ser influenciada pelo grau de desenvolvimento econômico, por indicadores relacionados à produção de cereais e pela distribuição da população nas áreas rurais e urbanas. Assim, será realizado um estudo de natureza quantitativa, com dados de diversos países, para identificar e mensurar as correlações previstas, visando à elaboração de um modelo de regressão múltipla conforme o detalhamento a seguir.

Para expressar o desenvolvimento econômico serão utilizados o PIB - Produto Interno Bruto, que oferece uma visão agregada do volume de bens e serviços produzidos, e a renda *per capita*, que é um indicador simplificado da distribuição dessa riqueza pela população do país. Espera-se que exista correlação positiva das duas variáveis com a frota de tratores.

Os aspectos da produção de cereais serão a área total colhida e a produção total, que indicam a vocação de cada país para essa atividade, a qual exige alto grau de mecanização. Estima-se que essas duas variáveis também estejam correlacionadas positivamente com a frota de tratores.

Finalmente, os aspectos demográficos serão analisados considerando-se as variáveis população urbana, população rural e população economicamente ativa na agropecuária. Nesse caso,

espera-se que a população urbana esteja correlacionada positivamente com a frota de tratores, visto que o crescimento da população urbana reflete maior desenvolvimento econômico e, portanto, uma agricultura mais mecanizada. De modo análogo, espera-se que as populações rural e economicamente ativa na agropecuária estejam negativamente correlacionadas com a variável dependente, visto que, geralmente, valores pequenos dessas duas variáveis demográficas estão associados a níveis mais elevados de mecanização na agricultura.

Serão coletados os valores das variáveis definidas referentes a 1999 de 136 países, que representam o total de casos com dados completos disponível no *site* da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2001) e no do Banco Mundial (WORLD BANK, 2001).

As variáveis serão identificadas pelos seguintes códigos:

Dependente:

- TRATOR: quantidade de tratores em uso;

Explicativas:

- PIB: Produto Interno Bruto, em US\$ bilhões, conforme a metodologia do Atlas do Banco Mundial;
- RENDACAP: renda *per capita* em US\$;
- CEREALAREA: área total colhida de cereais, em hectares;
- CEREALPRO: produção total de cereais em toneladas;
- POPURB: população urbana;
- POPRU: população rural;
- POPECAG: população economicamente ativa na agropecuária;

O estudo quantitativo será realizado de acordo com as seguintes etapas:

1. análise de correlação múltipla entre as variáveis, para os 136 casos da amostra;
2. escolha das variáveis explicativas com maiores índices de correlação com a variável

dependente e com menores índices de correlação entre si;

3. cálculo da regressão linear múltipla para estimar os coeficientes de cada variável na função, com análise estatística do poder de previsão do modelo obtido;
4. elaboração de cenários para os próximos dez anos com valores estimados das variáveis explicativas, a serem utilizados no modelo para prever o valor da frota de tratores.

## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Análise de correlação e escolha de variáveis

Na Tabela 1 são apresentados os indicadores da estatística descritiva da amostra de 136 países. A principal característica da amostra é a elevada dispersão dos valores, o que pode ser percebido nos valores do desvio padrão e da variância de todas as variáveis. Para minimizar esse problema sem alterar as características da amostra foi calculado o logaritmo natural dos valores.

**Tabela 1: Análise da estatística descritiva da amostra de 136 países.**

Indicador	TRATOR	PIB	CERALAREA	RENDACAP	CEREALPRO	POPURB	POPRU	POPECAG
Média	186697,3	214,5605	4790217	5115,588	14940302	19535,14	22356,79	9297,007
Erro padrão	45216,99	74,82626	1138716	737,4191	4517243	4341,406	8164,454	4220,417
Mediana	18250	12,3	879319	1395	1999180	4306,5	4096	1183
Modo	54000	2	#N/D	260	#N/D	2922	3035	170
Desvio padrão	527316,2	872,6167	13279591	8599,711	52679654	50629,06	95213,08	49218,1
Variância	2,78E+11	761459,8	1,76E+14	73955029	2,78E+15	2,56E+09	9,07E+09	2,42E+09
Curtose	45,10077	75,37363	35,56286	3,822395	47,60561	38,21588	61,73086	86,1418
Assimetria	5,93141	8,126984	5,661461	2,190083	6,621858	5,666296	7,756579	9,002786
Intervalo	4799981	8879,499	1,02E+08	38280	4,55E+08	430928	843098	511218
Mínimo	19	0,001379	45	100	201	43	38	3
Máximo	4800000	8879,5	1,02E+08	38380	4,55E+08	430971	843136	511221

A análise de correlação foi aplicada aos valores transformados das variáveis e os resultados são apresentados na Tabela 2. Para a variável  $\ln$ TRATOR, observa-se:

- correlação elevada com a variável  $\ln$ PIB (0,77) e aceitável para  $\ln$ RENDACAP (0,62), mas a correlação entre elas (0,64) leva ao descarte da  $\ln$ RENDACAP. Os sinais dos índices de correlação das duas variáveis com a  $\ln$ TRATOR estão de acordo com o previsto (positivo);
- correlação aceitável e positiva (sinal previsto) com as variáveis  $\ln$ CERALAREA (0,48) e  $\ln$ CEREALPRO (0,5), com alta correlação entre

elas (0,90). A variável  $\ln$ CEREALPRO foi descartada por apresentar correlação com a  $\ln$ PIB (0,65) superior àquela apresentada pela  $\ln$ CERALAREA (0,49).

- correlação aceitável e positiva (conforme previsto) com a variável  $\ln$ POPURB (0,65), mas essa variável apresenta alta correlação com a  $\ln$ PIB (0,77), levando ao descarte da  $\ln$ POPURB;
- baixa correlação positiva (sinal oposto ao previsto) com as variáveis  $\ln$ POPRU (0,34) e  $\ln$ POPECAG (0,17). Essas discrepâncias podem ser devidas à concentração em baixos valores da frota de tratores e altos valores da população rural

na amostra. Para uma média de 186 mil tratores, 50% dos casos está abaixo de 18 mil (mediana), enquanto a média da população rural (22,3 mil) é superior à média da população urbana (19 mil). A média da população economicamente ativa na agropecuária é baixa (9 mil), mas pode conter distorção em razão da provável utilização de

mão-de-obra familiar. Assim, foram descartadas as variáveis lnPOPRU e lnPOPECAG.

Com a análise de correlação efetuada, o modelo de regressão terá o seguinte formato:

$$\ln\text{TRATOR} = A_0 + A_1 * \ln\text{PIB} + A_2 * \ln\text{CEREALAREA} + e$$

**Tabela 2: Análise de correlação para os valores da amostra transformados.**

	lnTRATOR	lnPIB	lnCEREALAREA	lnRENDACAP
lnTRATOR	1,000000			
lnPIB	0,773911	1,000000		
lnCEREALAREA	0,482413	0,488283	1,000000	
lnRENDACAP	0,625381	0,643096	-0,035988	1,000000
lnCEREALPRO	0,649084	0,652403	0,882211	0,166110
lnPOPURB	0,652951	0,745199	0,625893	0,293314
lnPOPRU	0,346798	0,471200	0,714755	-0,247916
lnPOPECAG	0,168328	0,291547	0,586769	-0,367574

**Tabela 2: Continuação**

	lnCEREALPRO	lnPOPURB	lnPOPRU	lnPOPECAG
lnTRATOR				
lnPIB				
lnCEREALAREA				
lnRENDACAP				
lnCEREALPRO	1,000000			
lnPOPURB	0,745490	1,000000		
lnPOPRU	0,736157	0,644036	1,000000	
lnPOPECAG	0,556528	0,521525	0,861327	1,000000

## 5.2. Análise de regressão

Conforme os resultados da análise de regressão que aparecem nas Tabelas 3 e 4, a função obtida foi:

$$\ln\text{TRATOR} = 5,225 + 0,777 * \ln\text{PIB} + 0,165 * \ln\text{CEREALAREA} + e$$

A seguir, são apresentados os resultados da análise estatística do modelo de regressão. De acordo com NEWBOLD (1994: 477-534), pode-se apresentar os seguintes comentários.

O coeficiente de determinação  $R^2$  foi de 0,613, indicando a proporção da variabilidade decorrente da regressão em relação à variabilidade total. O coeficiente de determinação ajustado foi de 0,607, sendo que esse índice incorpora a quantidade de variáveis do modelo e o número de casos. O coeficiente de correlação múltipla foi de 0,783, representando uma medida do grau de relacionamento, na amostra, entre a variável dependente e o conjunto de variáveis independentes do modelo de regressão. Os valores obtidos nesses coeficientes são aceitáveis para o uso do modelo.

A análise de variância (ANOVA) que aparece na Tabela 2 produziu um indicador F de 105,461. É possível testar a hipótese  $H_0$ , de que os dois coeficientes do modelo são iguais a zero, contra a hipótese alternativa  $H_1$ , de que pelo menos um dos coeficientes é diferente de zero. Consultando o fator F nas tabelas de NEWBOLD (1994) com a quantidade de variáveis (2), os graus de liberdade da amostra (133) e 95% de confiabilidade, verifica-

se que o valor obtido é 3,00, o que permite rejeitar  $H_0$  em favor de  $H_1$ , ou seja, existem evidências de que pelo menos um dos coeficientes seja diferente de zero.

**Tabela 3: Resultados da ANOVA**

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>
<b>Regressão</b>	2	597,0492822	298,5246	105,46113
<b>Resíduo</b>	133	376,4778313	2,83066	
<b>Total</b>	135	973,5271135		

Para analisar os resultados de coeficientes do modelo, que aparecem na Tabela 3, é possível testar a hipótese  $H_0$ , de que o coeficiente é igual a zero, contra a hipótese  $H_1$ , de que o coeficiente é maior que zero. O fator t obtido nas tabelas de NEWBOLD (1994: 477-534) é de 1,960 para 133 graus de liberdade e 95% de confiança. Esse valor é inferior ao obtido no modelo para o coeficiente de  $\ln$ PIB, (11,440), assim como para o coeficiente de  $\ln$ CEREALAREA (2,221), o que permite rejeitar as hipóteses  $H_0$  em favor de  $H_1$ . Assim, existem evidências estatísticas de que ambos os coeficientes sejam maiores que zero.

**Tabela 4: Cálculos dos coeficientes do modelo de regressão**

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	5,224756966	0,945180703	5,527786	1,651E-07
$\ln$ PIB	0,777423701	0,067953924	11,44045	1,586E-21
$\ln$ CEREALAREA	0,164907434	0,074241847	2,221219	0,0280274

### 5.3. Cenários e previsão da frota de tratores

Para prever a frota de tratores ao final de 10 anos, será necessário estimar a evolução das variáveis utilizadas no modelo, que são o PIB e a área total de cereais. Partindo dos dados de 1999, quando a frota de tratores era de 460 mil unidades, o PIB de US\$ 730,4 bilhões e a área de cereais de 17,4 milhões de hectares, serão formulados três cenários para as variáveis do modelo.

Os cenários consideram o equacionamento da balança de pagamentos como elemento decisivo tanto para a evolução do PIB como da área colhida

de cereais. Depois que a inflação foi controlada, uma das principais fragilidades da economia brasileira é o desequilíbrio das contas externas, visto que o baixo volume de exportações não gera divisas suficientes para cobrir as importações e os juros da dívida externa. Acredita-se que a resolução desses problemas significará um salto positivo nas exportações. Se isso ocorrer, pode-se supor que as duas variáveis do modelo possam caminhar na mesma direção de crescimento. Os cenários projetam diferentes desempenhos do Brasil no comércio internacional e os impactos nas variáveis do modelo, conforme segue.

Cenário de bloqueio internacional: nessa situação, o Brasil não obtém resultados positivos nas negociações sobre comércio internacional e opta por uma inserção desvantajosa na globalização. O país se tornaria um importador líquido de bens industrializados e até de produtos agrícolas, o que resultaria no desmonte de vários setores industriais e perda de renda na agropecuária, provocando crescimentos modestos na economia e na área colhida de cereais. Esse ambiente poderia provocar um crescimento médio anual de 2% no PIB e na área de cereais, atingindo valores de US\$ 890,3 bilhões e 21,2 milhões de hectares, respectivamente. Com esses valores, o modelo estima uma frota de tratores de 589,3 mil unidades em 10 anos, com crescimento de 28,1% e superando a frota do Chile em 1999 (540 mil).

Cenário de abertura internacional moderada: sugere-se que a liberalização parcial nos mercados de produtos agrícolas e a manutenção de entraves em outros setores (aço, automóveis, aviões), pelos países desenvolvidos, podem provocar taxas de crescimento anual médio de 4% do PIB e da área de cereais, que passariam para US\$ 1.081,1 bilhões e 25,7 milhões de hectares, respectivamente. Aplicando-se esses valores ao modelo, a frota de tratores chegaria a 707,6 mil unidades ao final de 10 anos, com crescimento de 53,8%, equiparando-se com a frota da China em 1999 (704 mil).

Cenário de abertura internacional total: nesse caso considera-se uma abertura total dos mercados da União Européia e da futura ALCA, assim como a entrada da China no mercado internacional de *commodities* como grande importadora, resultado do aumento de renda de sua população e de sua estratégia de investir na indústria. Assim, o Brasil seria extremamente beneficiado, podendo-se supor crescimento anual médio de 6% do PIB e da área de cereais, que chegariam a US\$ 1.308 bilhões e 31.1 milhões de hectares, respectivamente. Aplicando-se esses valores ao modelo, a frota de tratores chegaria a 846,7 mil unidades ao final de 10 anos, com crescimento de 84,0%, igualando-se à frota da Espanha em 1999 (842 mil).

## 6. CONCLUSÕES

Pelo estudo da frota de tratores em uso de uma amostra de 136 países com dados de 1999, conclui-se que:

- Existe significativa correlação positiva dessa variável com os indicadores de PIB, renda *per capita*, produção e área colhida de cereais, e população urbana, com coeficientes de correlação variando de 0,48 a 0,77. Por outro lado, verifica-se fraca correlação positiva com a população rural e com a população economicamente ativa na agropecuária, provavelmente em razão da grande participação percentual dessas populações na maioria dos países.
- Os dados permitem elaborar um modelo de regressão linear múltipla com as variáveis PIB e área colhida de cereais, que apresenta poder de previsão aceitável (coeficiente de correlação múltipla de 0,783) para a variável dependente. Nesse modelo a variável  $\ln(\text{PIB})$  aparece com coeficiente de 0,777 e a variável  $\ln(\text{área de cereais})$  com coeficiente de 0,164. Esses valores indicam uma forte predominância do desenvolvimento econômico como fator associado à mecanização da agricultura nos países.
- Pelo modelo de regressão obtido, estima-se que o Brasil precisa de crescimentos anuais médios de 2%, 4% e 6% no PIB e na área colhida de cereais por 10 anos para atingir frotas de tratores equivalentes às encontradas em 1999 no Chile, na China e na Espanha, respectivamente. Em cada caso, as variações na frota de tratores seriam de 28,1%, 53,8% e 84,0%. Deve-se ressaltar que os dois primeiros cenários indicam taxas de crescimento insuficientes para atender à necessidades de aumento de renda da população e de criação de empregos.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ANDA – Associação Nacional para difusão de Adubos, 2000. *Estatísticas*. Disponível na Internet: <<http://www.anda.org.br>>

- ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. *Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira*, 1999. Disponível na Internet: <<http://www.anfavea.com.br>>.
- BARROS, J. R. M. e MANOEL, A. Insumos agrícolas: evolução recente e perspectivas. In: BRANDÃO, A. S. P. *Os principais problemas da agricultura brasileira: análise e sugestões*. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1988. p. 295-332.
- FAO-FOOD and Agriculture Organization, 2000. Disponível na Internet: <<http://www.fao.org>>.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Balança comercial brasileira e do agronegócio*. Brasília, mar. 2001. Disponível na Internet: <<http://agricultura.gov.br/spc/balanca/balanca.htm>>.
- NOJIMOTO, T. Obstáculos à mecanização da agricultura brasileira. Tese (Doutorado em Economia) – Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1987.
- NEWBOLD, P. *Statistics for business and economics*. 4. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall Inc., 1994. p. 477-534.
- NUNES, E.P. e CONTINI, E. *Dimensão do Complexo Agroindustrial Brasileiro*. São Paulo, mar. 2001. Disponível na Internet: <<http://www.abag.com.br/dimensiona.htm>>.
- PEREIRA, M. F. *Evolução da fronteira tecnológica múltipla e da produtividade total dos fatores do setor agropecuário brasileiro*. Tese (Doutorado) – Centro Tecnológico. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- ROMERO, C. Subsídios aumentam 400% nos EUA. *Valor Econômico*, São Paulo: [s.n.], 23 mai. 2001. p. A12.
- SANTOS, R. F. Análise crítica da interpretação neoclássica do processo de modernização da agricultura brasileira. *Revista de Economia Política*, São Paulo: Centro de Economia Política, v. 8, n. 3, p. 131-148, 1988.
- WORLD BANK. *World Development Indicators*, 2000. Disponível na Internet: <<http://www.worldbank.org>>.