

# LEB0332 - Mecânica e Máquinas Motoras



USP



ESALQ



ENGENHARIA DE  
BIOSISTEMAS  
USP - ESALQ

José P. Molin  
jpmolin@usp.br

**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP**  
**Departamento de Engenharia de Biossistemas**

**LEB0332 – MECÂNICA E MÁQUINAS MOTORAS**  
**1º SEMESTRE 2024**

Coordenador - Prof. [Thiago Romanelli](#)

**A disciplina será oferecida PRESENCIALMENTE. LOCAL: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE - Sala de Aulas do Galpão de Máquinas**

Estagiários PAE 2024:

Ricardo Canal Filho  
Luiz Gustavo de Goes Sterle

## Programa da Disciplina

Semana	Aula	Avaliação	Tema	Professor
26/fev	1		Introdução ao estudo de mecânica e máquinas motoras	MOLIN
04/mar	2	1	Conceitos fundamentais de mecânica	THIAGO
11/mar	3	2	Elementos de máquinas e mecanismos	THIAGO
18/mar	4	3	Introdução ao estudo de tratores	THIAGO
25/mar			SEMANA SANTA – NÃO HAVERÁ AULA	
01/abr	5	4	Motores de combustão interna I	THIAGO
08/abr	6	5	Motores de combustão interna II	THIAGO
15/abr	7	6	Transmissão	MOLIN
22/abr	8	7	Sistemas hidráulicos	MOLIN
29/abr	9	8	Características de desempenho de tratores	MOLIN
06/mai	10	9	Automação em tratores	FRAY
13/mai	11	10	Ergonomia e segurança de máquinas agrícolas	MILAN
20/mai	12	11	Manutenção de máquinas agrícolas	MILAN
27/mai	13	12	Seleção de tratores	MILAN
03/jun	14	13	Preparo do trator	MILAN
10/jun	15	14/15	Operação do Trator	MILAN

Turma	Dia da Semana	Horários	
		Aula	Avaliações Semanais
3	Segunda	10:00 às 12:00h	10:00 e 10:20h
1	Terça	14:00 às 16:00h	14:00 e 14:20h
4	Terça	16:00 às 18:00h	16:00 e 16:20h

- Serão realizadas **avaliações semanais** no início da aula seguinte ao tema dado.
  - **Não há recuperação.**
- ✓ É obrigatório o comparecimento do aluno às aulas e a todas as atividades escolares (art. 82, Regimento Geral- RG);
  - ✓ As notas variarão de zero a dez, podendo ser aproximadas até a primeira casa decimal (art. 83, RG);
  - ✓ Será aprovado, com direito aos créditos correspondentes, o aluno que obtiver **nota final igual ou superior a cinco (5,0) e tenha, no mínimo, setenta por cento (70%) de frequência na disciplina (art. 84, RG);**

# AVALIAÇÕES

- ✓ As avaliações serão realizadas semanalmente, sobre o assunto ministrado na aula (semana) anterior e aplicadas no início do horário da aula, com uma duração máxima de 20 minutos.
- ✓ Não é permitido ao aluno realizar as avaliações **fora da turma designada**.
- ✓ Será atribuída a nota zero (0,0) em caso de ausência de resposta à avaliação.
- ✓ Revisões de provas serão realizadas em datas a serem definidas pelo coordenador.
- ✓ A nota final da disciplina será calculada por meio da média aritmética obtida nas avaliações.
- ✓ Para efeito de obtenção da média, até vinte por cento (20,0%) das menores notas obtidas pelo aluno ao longo do semestre serão desconsideradas, incluindo-se nesse percentual as notas atribuídas às ausências nas avaliações.

## TROCA DE TURMA

- ✓ A única forma de se efetuar a mudança de turma é por meio da troca de vaga com outro aluno da turma desejada em PRAZO PREVISTO PELO SERVIÇO DE GRADUAÇÃO.

**Casos não previstos serão avaliados com base na legislação vigente da USP**

## Material para estudo

- Cada docente disponibiliza o material das aulas de uma maneira, mas a maior parte estará no e-disciplinas.
- A bibliografia é apresentada na ementa da disciplinas, sendo material fundamental:
  - MIALHE, L.G. Máquinas motoras na Agricultura. Vol. I e II. EDUSP, 1980, 289 e 367p.
  - MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLACO, A. F. Agricultura de precisão. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2015. 238p.
  - MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. Segurança na operação com máquinas agrícolas. 1 ed. Fortaleza: Ed. dos autores, 2013. 124 p.

Nas avaliações (provinhas):

Nome e número USP LEGIVEIS!!

Texto LEGIVEL

Utilizar caneta de cor preta ou azul para responder as questões

Quando forem rasurar uma resposta  
de (V) ou (F), seguir o tachado (∇) ou (⊘)  
de número ( 2 ), idem ( 2 )



# Introdução ao Estudo de Mecânica e Máquinas Motoras

LER 332 - Mecânica e Máquinas Motoras



USP



ESALQ



ENGENHARIA DE  
BIOSISTEMAS  
USP - ESALQ

José P. Molin  
jpmolin@usp.br

# Objetivo

Inserir o alunos no contexto da mecanização dos sistemas de produção agrícolas e florestais

# Bibliografia

Texto dedicado, no e-Disciplinas

“Introdução: Mecânica e Máquinas Motoras”

e leituras complementares, também no no e-Disciplinas

- Acompanhe a evolução dos implementos

<https://blog.jacto.com.br/acompanhe-a-evolucao-dos-implementos-agricolas/>

- Entenda a mecanização da agricultura e conheça 4 vantagens

<https://blog.jacto.com.br/entenda-a-mecanizacao-da-agricultura-e-conheca-4-vantagens/>

# Disciplinas oferecidas na área

- LEB0332 – Mecânica e Máquinas Motoras, Todos
- LEB0432 – Máquinas e Implementos Agrícolas, Todos
  
- LEB0447 – Agricultura de Precisão, Prof. Molin
- LEB0466 – Avaliação do Desempenho de Máquinas Agrícolas, Prof. Leandro
- LEB0428 – Fundamentos da Aplicação de Produtos Fitossanitários, Prof. Casimiro
- LEB0589 – Gerenciamento de Sistemas Mecanizados, Prof. Milan
- LEB0490 – Sustentabilidade Energética de Sistemas Agrícolas, Prof. Thiago
- LEB0566 – Sistemas Mecanizados Agrícolas, Prof. Leandro

# Porque esta disciplina é obrigatória...

- Porque utilizar máquinas?
- Como as máquinas funcionam?
- Qual a relevância dos tratores?
- Como funcionam os motores?
- Como mensurar o desempenho dos tratores?
- Como selecionar e como preparar o trator para a tarefa?
- Quais manutenções devem ser realizadas?
- Que características das máquinas são importantes para o operador?

# Mecanização Agrícola

Mecanizar se refere ao processo de utilizar máquinas com objetivo de realizar tarefas ou operações

## Objetivos da utilização de máquinas

Redução do desgaste do trabalhador

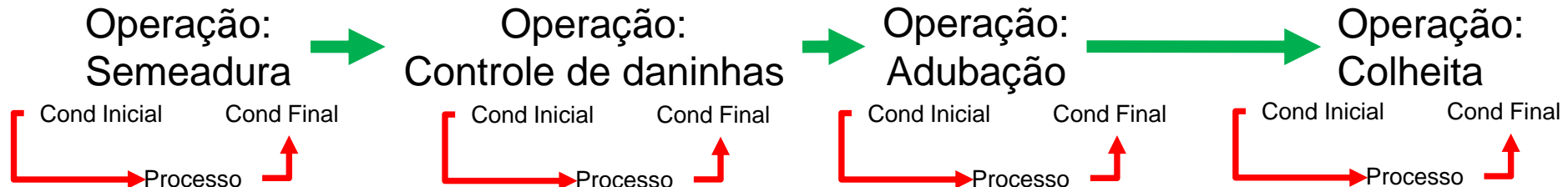
Elevação da produtividade do trabalhador

Melhoria da qualidade das operações

Completar tarefas em curto período

# Operação Agrícola

Etapa do processo de produção composta por um conjunto de atividades ou sub processos que se desencadeiam desde uma **condição inicial** para atingir uma **condição final** desejada



[ Necessário ter uma Referência ]



Condição Inicial

Semeadura



Espaçamento  
Profundidade  
Uniformidade  
Distância do fertilizante



Condição Final



Processo

Controle de daninhas



Condição Inicial



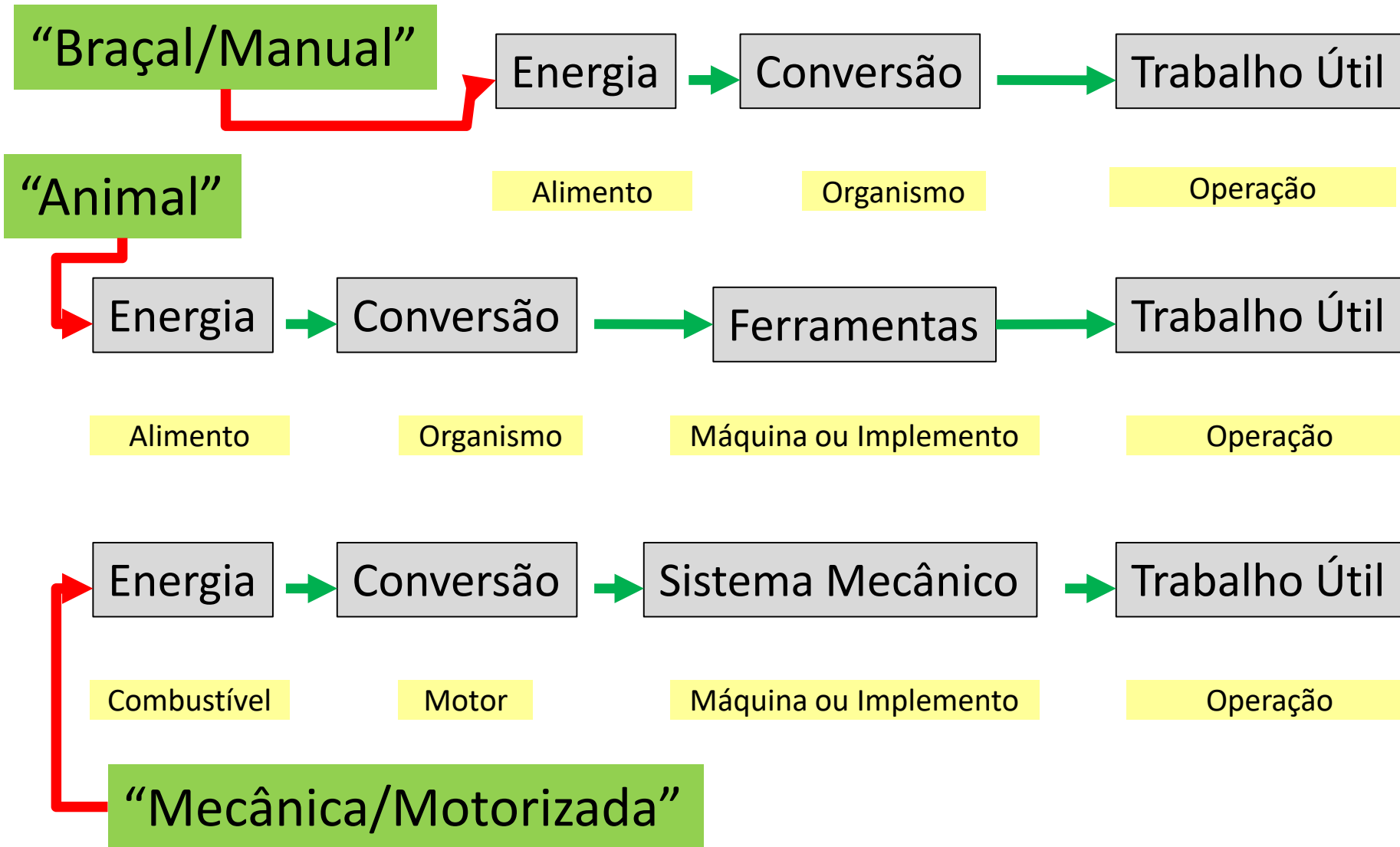
Condição Final



Processo



# Fontes de potência



# Homem como fonte de potência

Atividade	Potência Consumida Continuamente (W)
Roçando	400 – 600
Derrubando árvores	600
Carpindo	300 – 500
Sulcando o solo	400 – 1000
Plantando	200 – 300
Arando com tração animal	350 – 550
Operando trator 4 x 2	350 – 650
Operando trator 4 x 4	150 – 350
Dirigindo	150

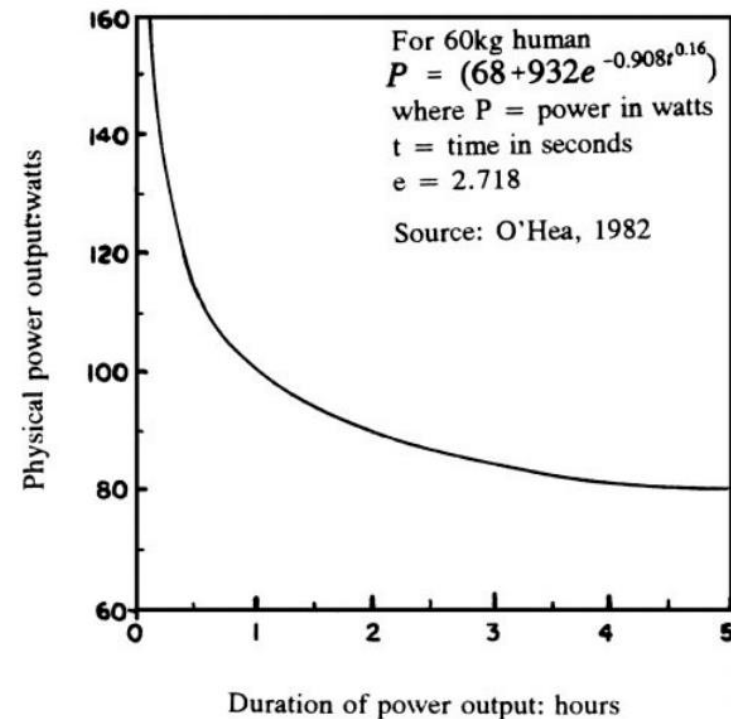


Figure 1.1. Sustainable Physical or Power Output by Humans (Inns, p. 2).

Para a realização de operações é necessário intercalar períodos de trabalho com aqueles de descanso

Utilizando a equação abaixo se obtém o tempo de repouso em função da potência dispendida.

$$T_d = 60\left(1 - \frac{250}{P}\right)$$

$T_d$  = Período de descanso, em minutos / hora

$P$  = potência dispendida na execução da atividade, em W

Para uma atividade de abertura de sulcos que requer entre 400 e 1000 W, são necessários entre 22,5 e 45 minutos de descanso por hora de trabalho, respectivamente. Nota-se que quando a demanda é por 1000 W o operador consegue trabalhar continuamente apenas 15 minutos e precisa descansar por 45 minutos em cada hora de trabalho. Isto resulta em índices de uso de mão de obra distintos em função da operação para uma mesma área, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela 2 – Taxas de utilização de mão de obra para algumas operações manuais na produção de mandioca

Operação	Dias homem por hectare
Limpeza do solo	32,6
Abertura de sulcos	43,8
Plantio	28,3
Desbastes	36,7
Controle de ervas daninhas	40,0
Colheita	32,0

A restrição à expansão da área cultivada pela utilização de ferramentas manuais deve-se, portanto à capacidade limitada do trabalhador de fornecer potência. A elevação da área passa pela adoção de outras fontes de potência mas quando isto não é possível os atributos abaixo são importantes para elevar a eficiência no uso da energia do trabalhador:

- Adoção de um modo de trabalho que incorpore períodos adequados de descanso
- Tomar decisões quase imediatas quanto à quantidade de esforço a empregar de modo a conservar energia
- Selecionar ferramentas mais adequadas à tarefa
- Mudar de uma tarefa para outra rapidamente e de modo racional, com versatilidade

Atividade complementar:  
ver e se aprofundar  
sobre esse tema no  
“Texto” (eDisciplinas)

# Potência contínua

Potência é  $J s^{-1} = \text{Watt, W}$

**Potência** - Taxa de realização de trabalho ou quantidade de energia consumida por tempo. No sistema internacional a unidade de potência é  $J s^{-1}$ , conhecido como Watt, W.



# Uso da energia mecânica

OPERAÇÃO  
MANUAL



OPERAÇÃO  
SEMI-MECANIZADA



OPERAÇÃO  
MECANIZADA



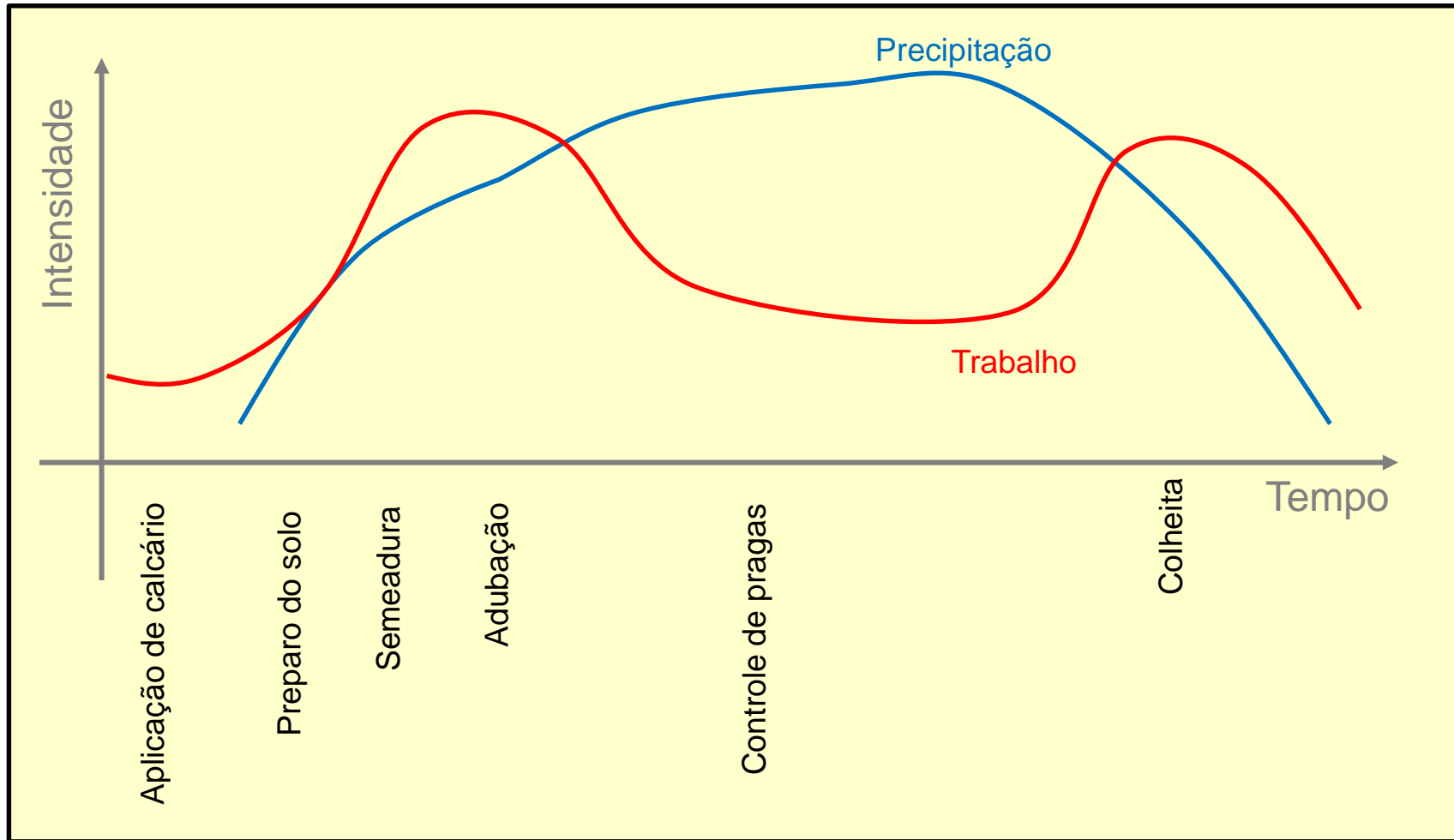






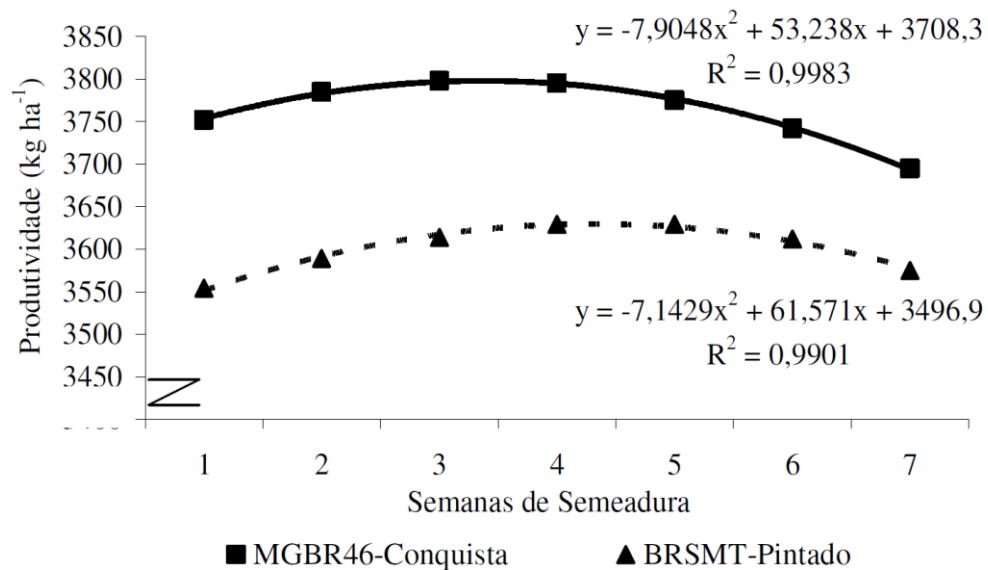


# Intensidade de trabalho e pontualidade



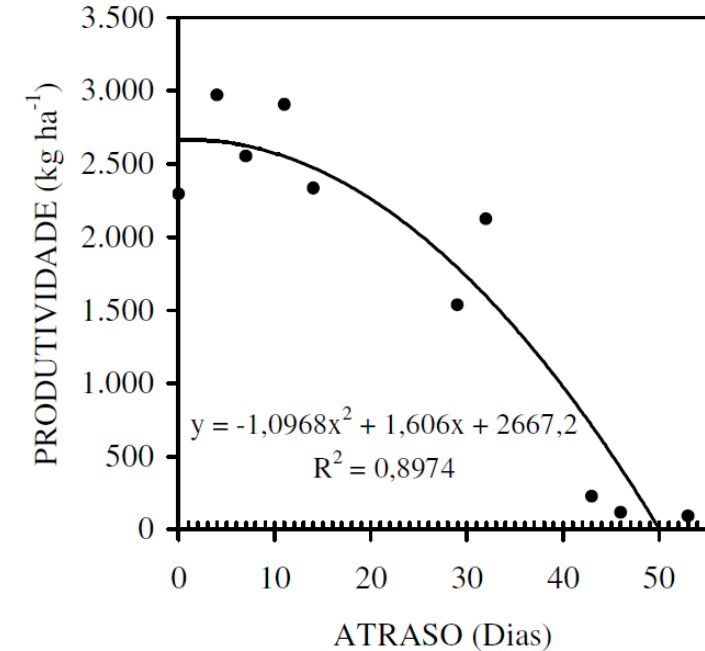
# Pontualidade

## Semeadura



MATOS, M. A.; SALVI, J.V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. *Eng. Agríc.* [online]. 2006, vol.26, n.2 [cited 2016-02-12], pp. 493-501 [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162006000200018&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000200018&lng=en&nrm=iso)

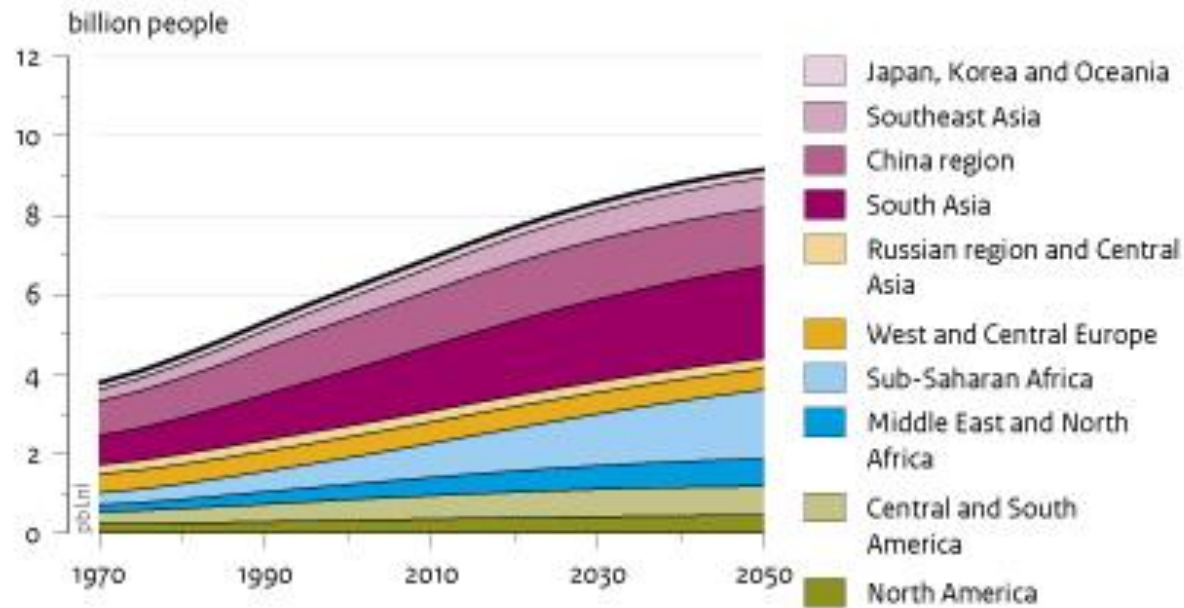
## Colheita



BORGES, I. O.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M. Programa computacional para o dimensionamento de colhedoras considerando a pontualidade na colheita de soja. *Eng. Agríc.* [online]. 2006, vol.26, n.1 [cited 2016-02-12], pp. 131-141. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162006000100015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000100015&lng=en&nrm=iso)

# As demandas

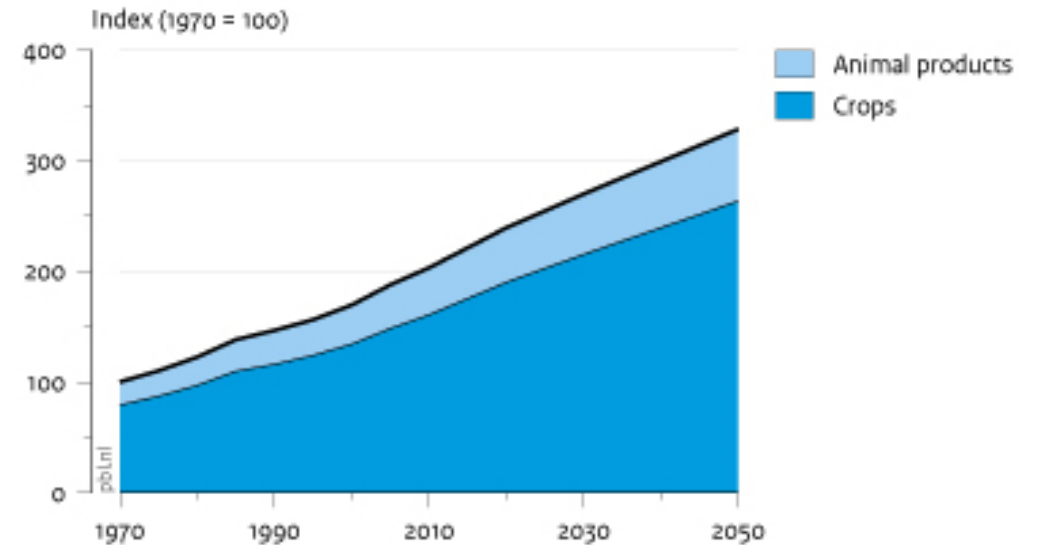
### Global population per region in the Trend scenario



Source: UNDESA (2009, 2010)

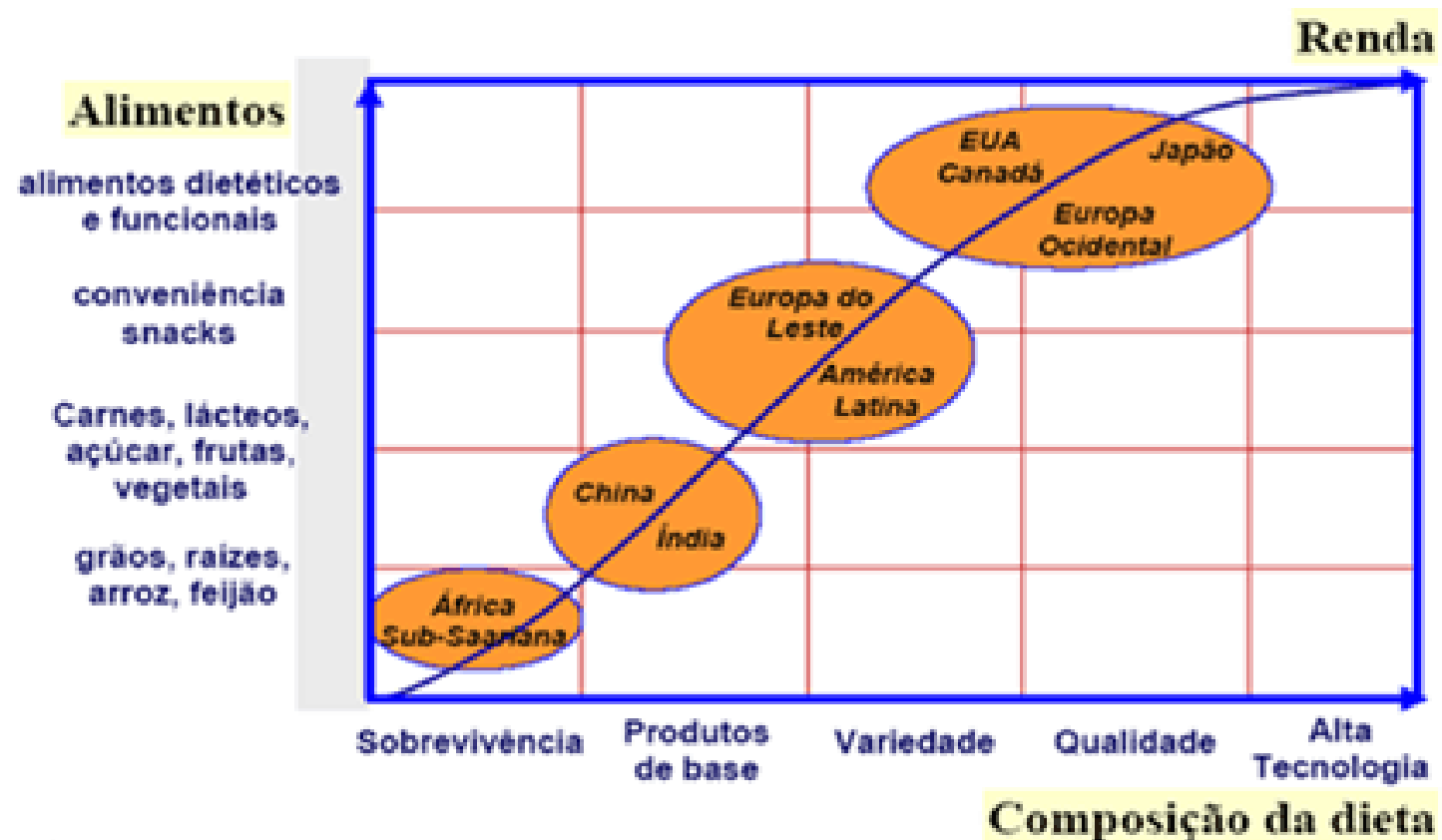
www.pbl.nl

### Global agricultural production in the Trend scenario



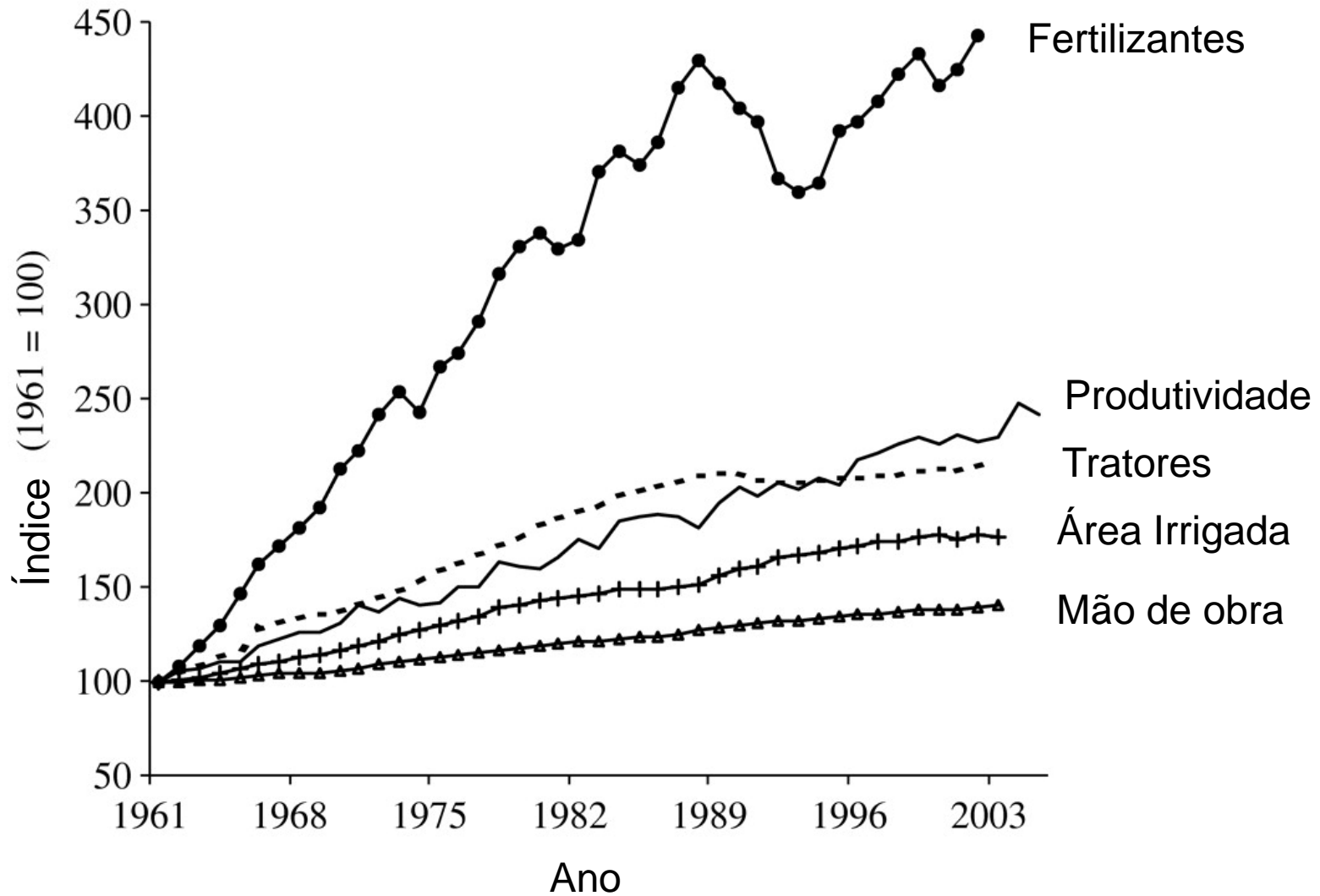
Source: PBL

www.pbl.nl



Fonte: Rabobank, 2005.

# No Mundo



## Drivers of change in global agriculture

Peter Hazell, Stanley Wood

Phil. Trans. R. Soc. B 2008 363 495-515; DOI: 10.1098/rstb.2007.2166. Published 12 February 2008

# Cenário

Crescimento da população

Demanda de mais alimentos

Produtos com maior energia agregada

Impossibilidade de expandir áreas de cultivo

## Soluções

Elevação da produção por área

Mais de um ciclo por ano

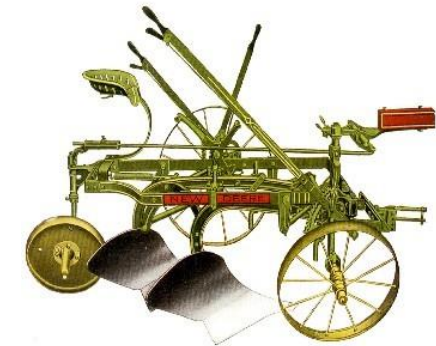
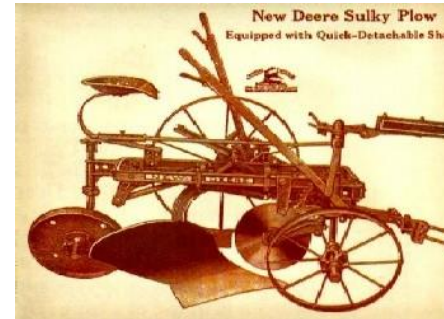
Mais operações e em maior velocidade

Intensificação do uso de máquinas

# Histórico



Pré 1800



1800



# Histórico

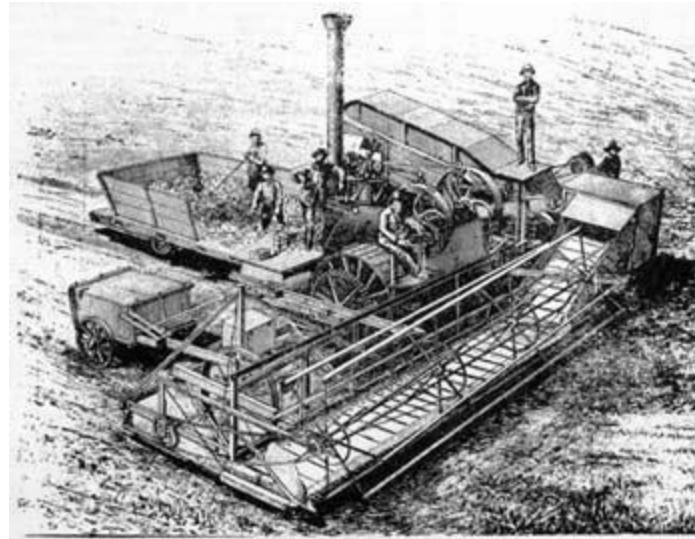
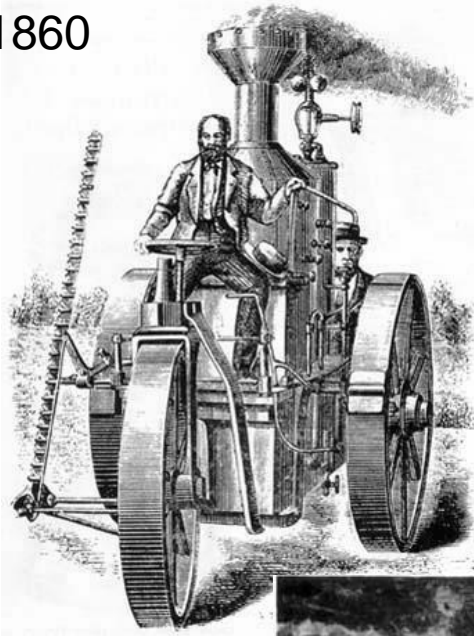
1820 - 1850



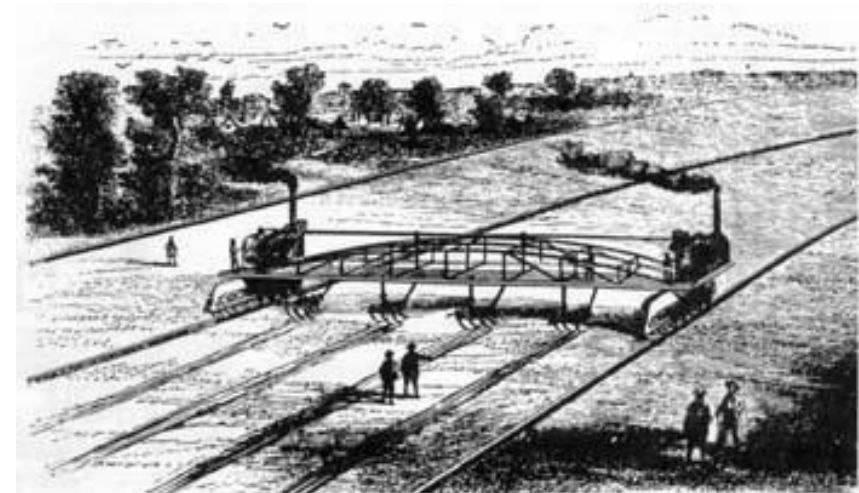
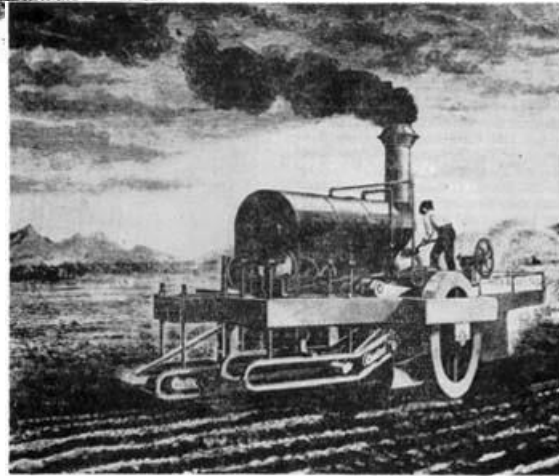


# Histórico

1860

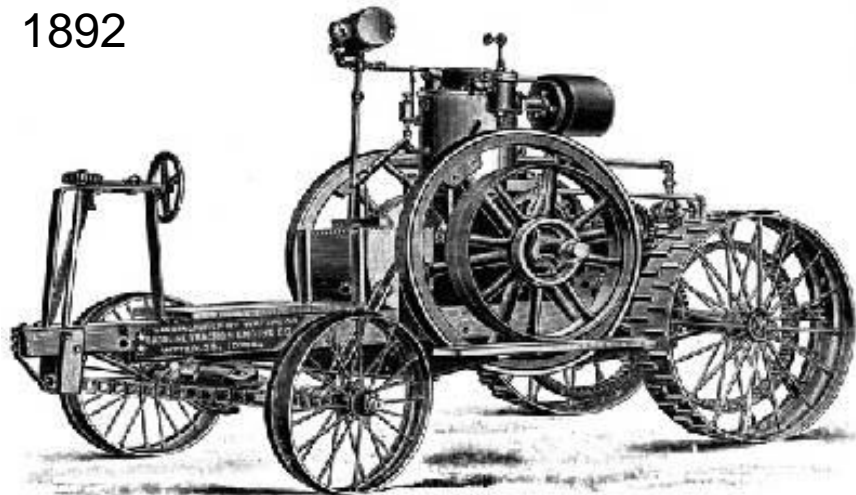


George Stockton Berry's "Believe-It-Or-Not" 1886-91 straw-burning self-propelled steam combine.



# Histórico

1892



1930

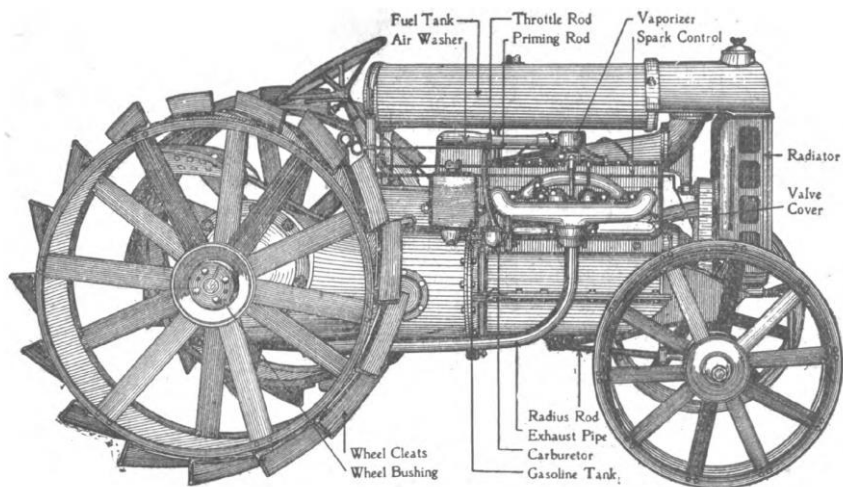


1940



261

THE FORDSON TRACTOR



1916

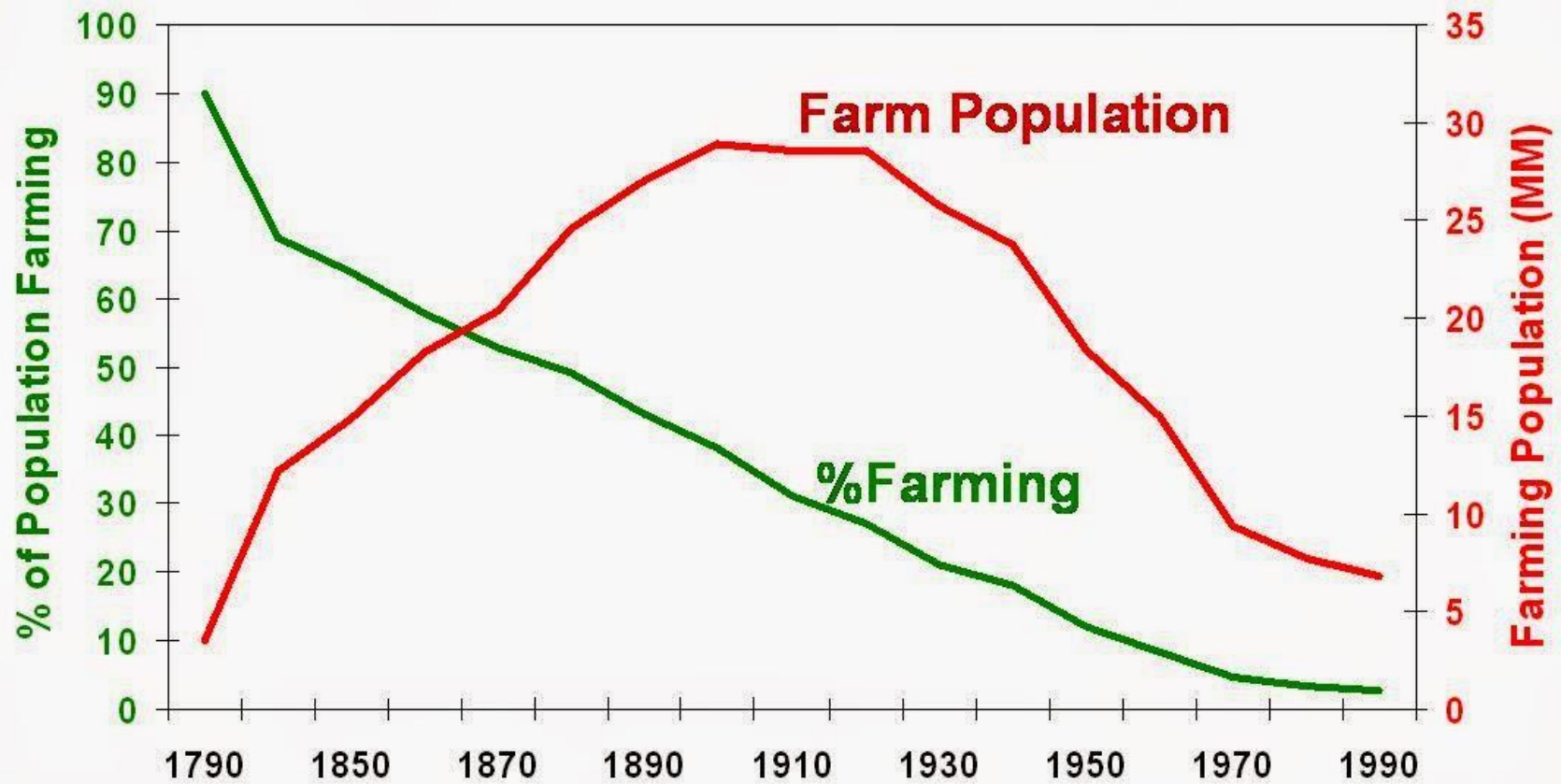
Figure 123.—The Fordson Tractor.

# Histórico

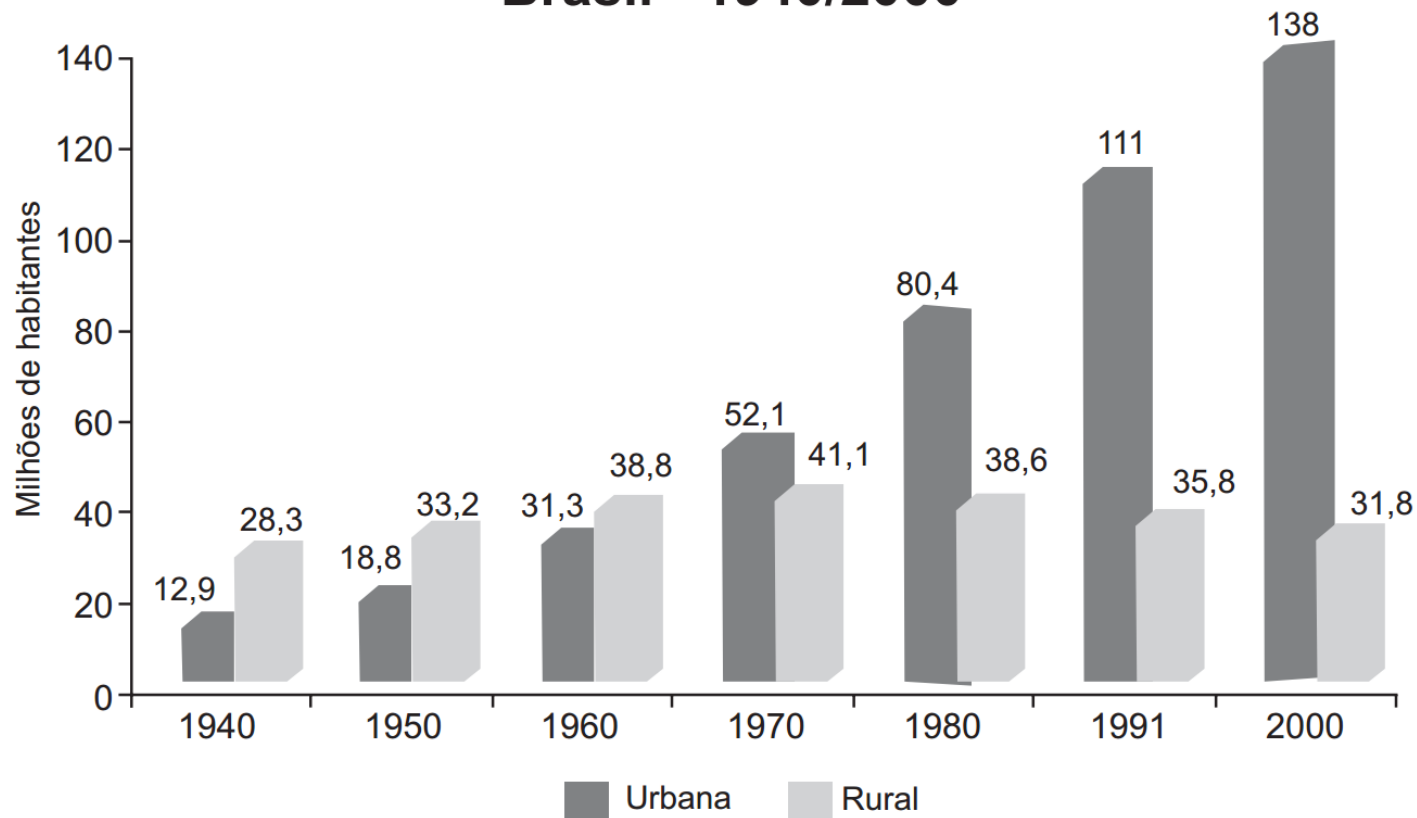
2000



## History of the US Farm Sector



## População residente, por situação do domicílio Brasil - 1940/2000

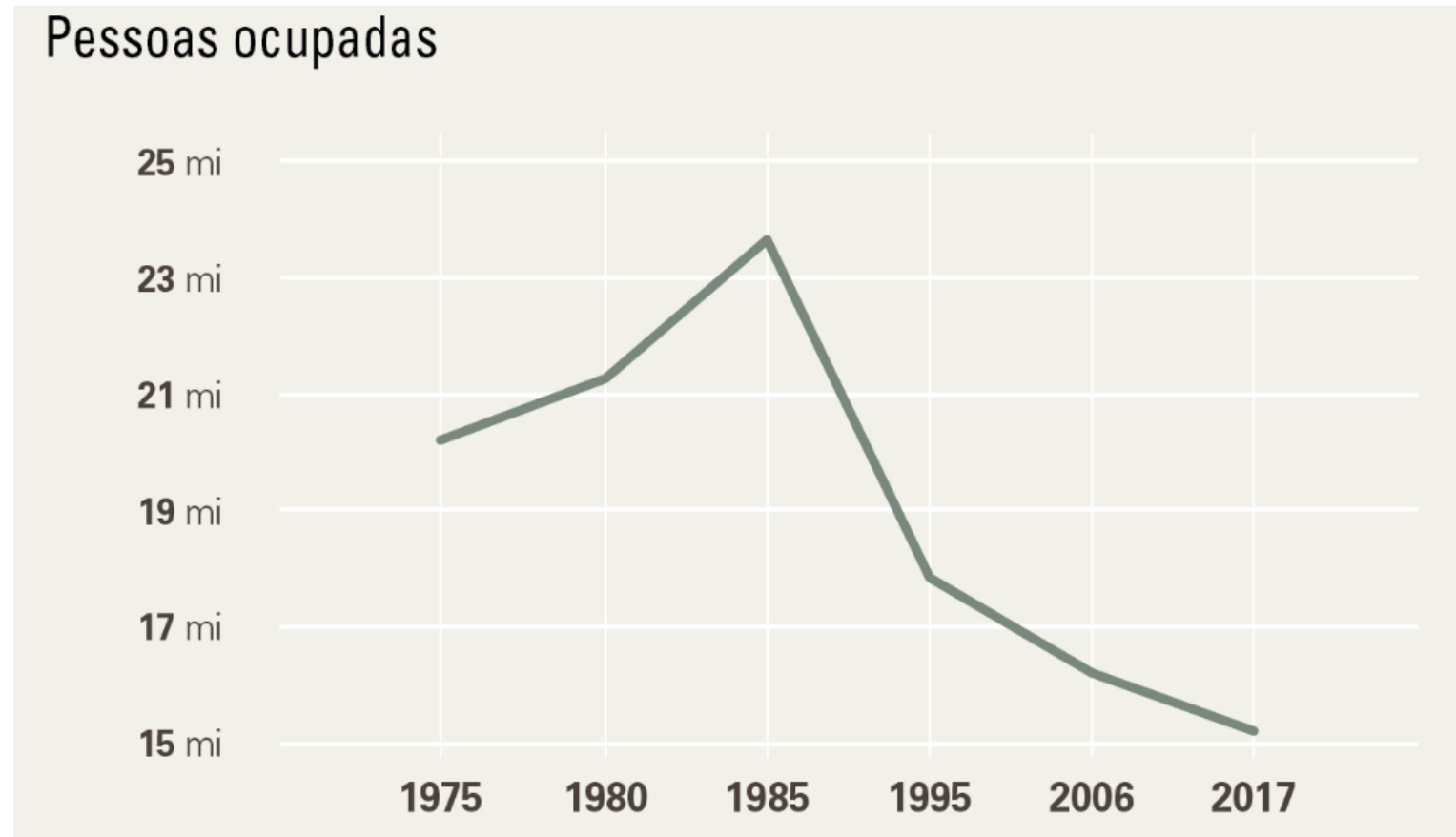


2010  
Urbana  
84,4 mi (87,5%)

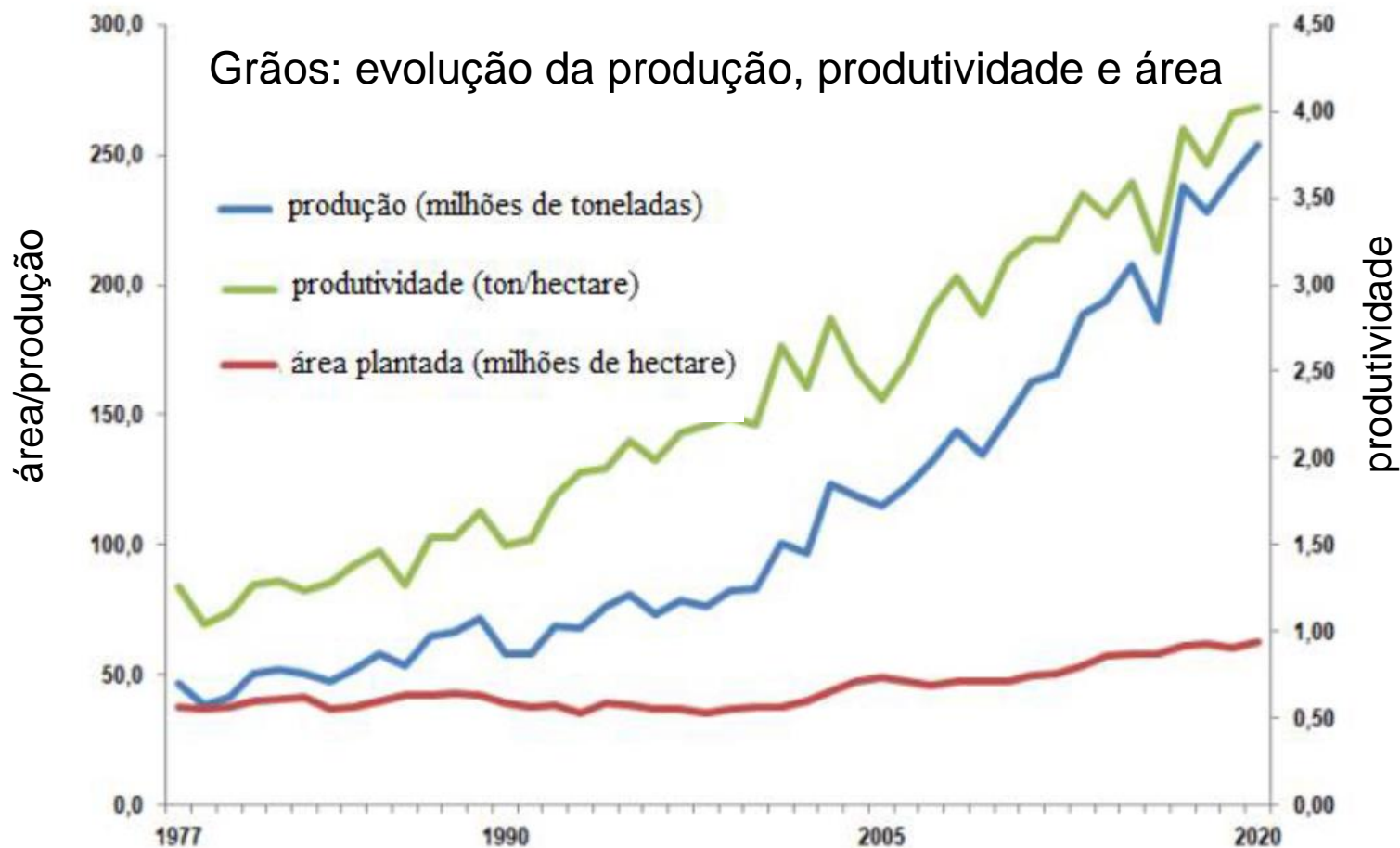
Rural  
15,6 mi (18,5%)

IBGE. **Tendências demográficas**: uma análise da sinopse preliminar do censo demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

# Pessoas ocupadas no agro no Brasil



O uso de máquinas é um importante fator impulsionador da produção agrícola brasileira nos últimos anos



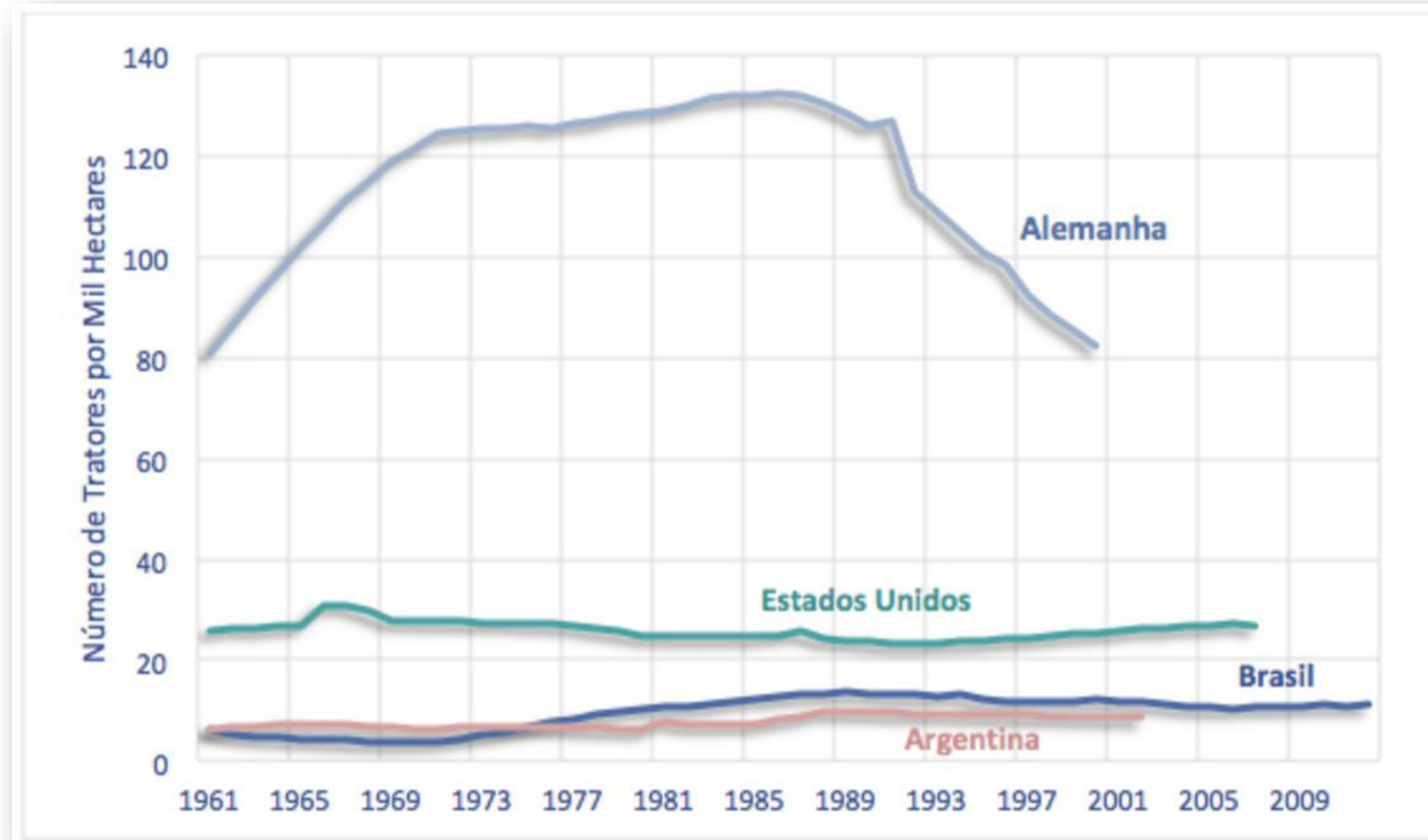
CONAB/IPEA

Cultivo em larga escala

Mais de uma safra por ano

Compensação da redução de trabalhadores rurais

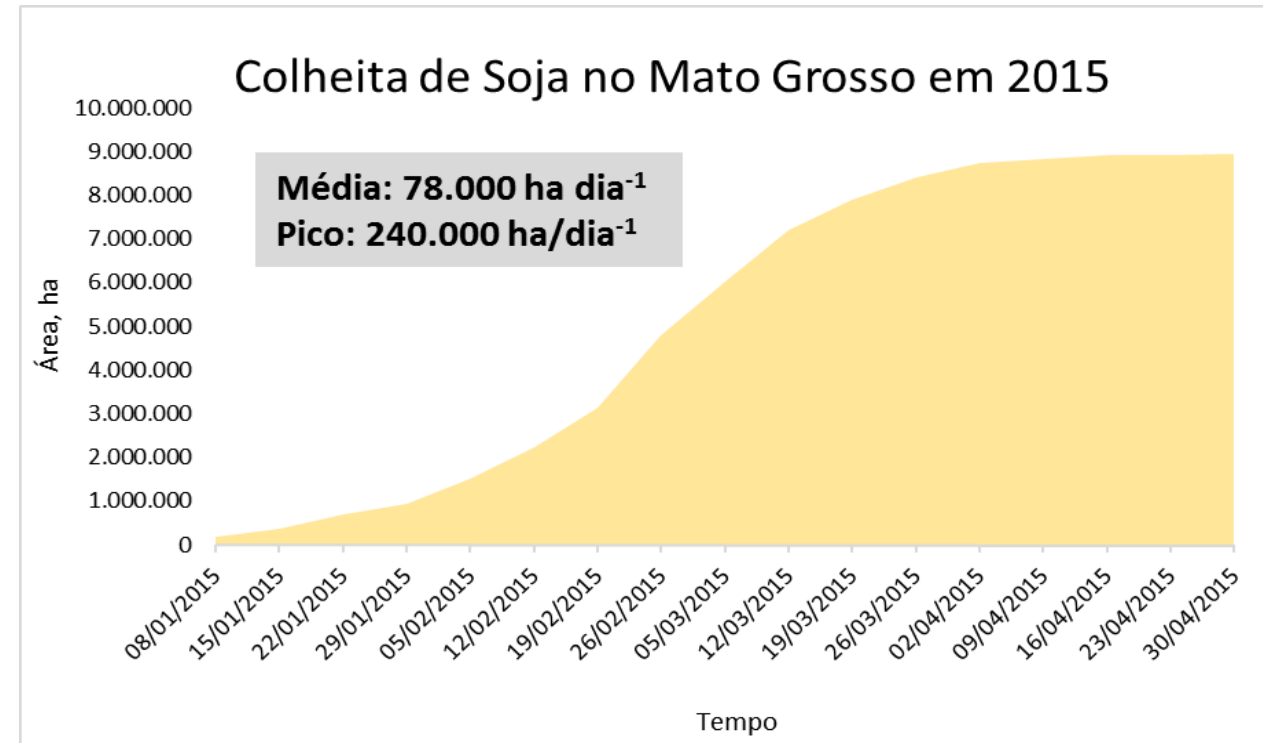
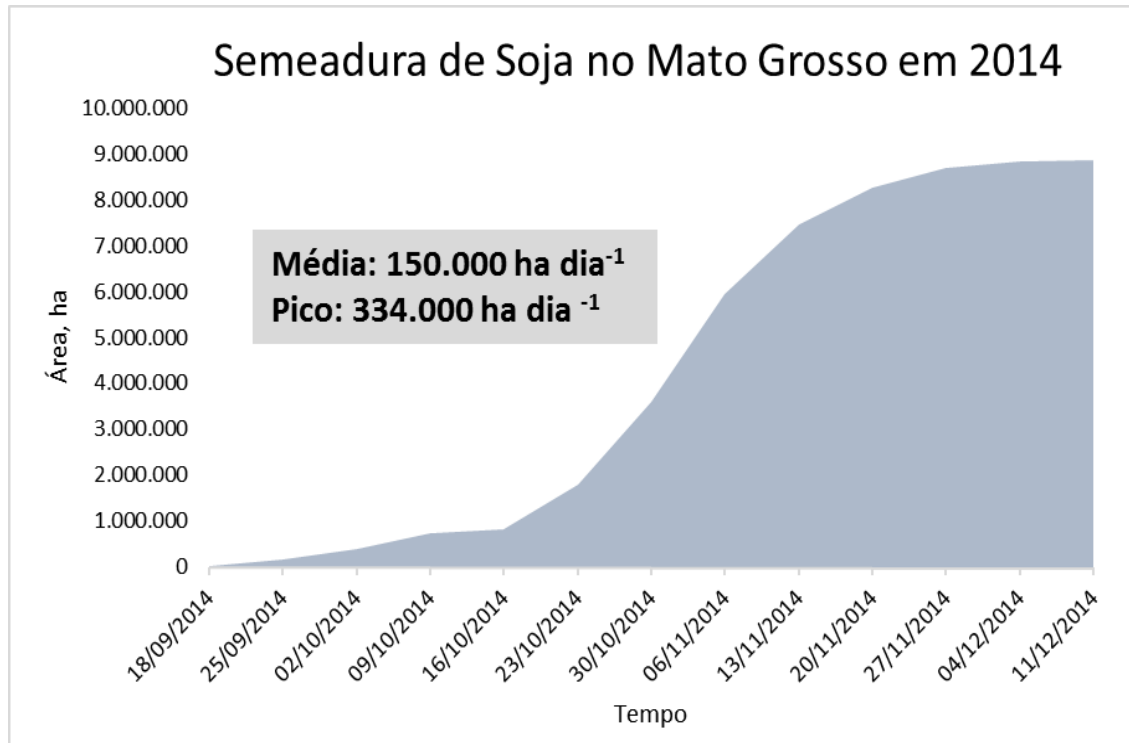
# Índices de mecanização



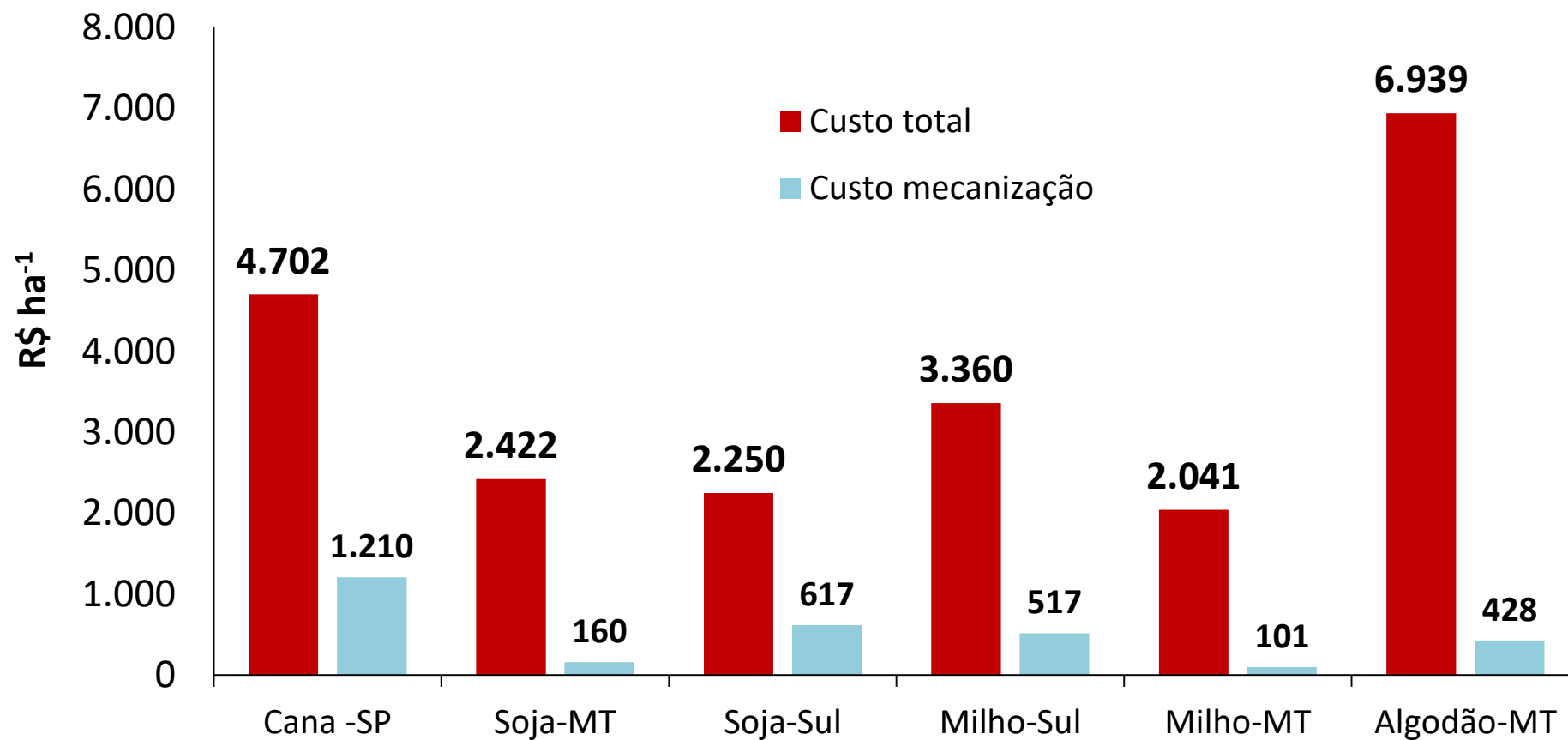
Fonte: Céleres®, Anfavea. Elaboração: Céleres®. <http://celeres.com.br/o-setor-de-maquinas-agricolas-no-brasil-evolucao-nos-ultimos-anos-e-perspectivas/>



# Picos de demanda na mecanização



## Participação do Custo da Mecanização no Custo Total de Produção



Fontes: Cana-CEPEA 2013; Soja/Milho/Algodão MT - IMEA 2014; Soja/Milho Sul Epagri, 2014

# O universo da mecanização

## Máquinas necessitam de manutenção!

- DESGASTE – o atrito entre as partes componentes do podem causar o aquecimento e o desgaste prematuro. **Lubrificantes** devem ser utilizados para proteger os componentes do desgaste e evitar o aquecimento excessivo



- PRESENÇA DE IMPUREZAS – no ar, combustível e óleo lubrificante. Levam ao mal funcionamento: entupimentos, abrasão, desgaste acentuado. **Filtros** são utilizados para evitar que impurezas atinjam componentes internos.
- CALOR – o processo de combustão gera calor que precisa ser mantido em níveis adequados para evitar quebra de componentes. O sistema de arrefecimento mantém a temperatura ótima de trabalho.



# O universo da mecanização

## Máquinas necessitam de operadores!

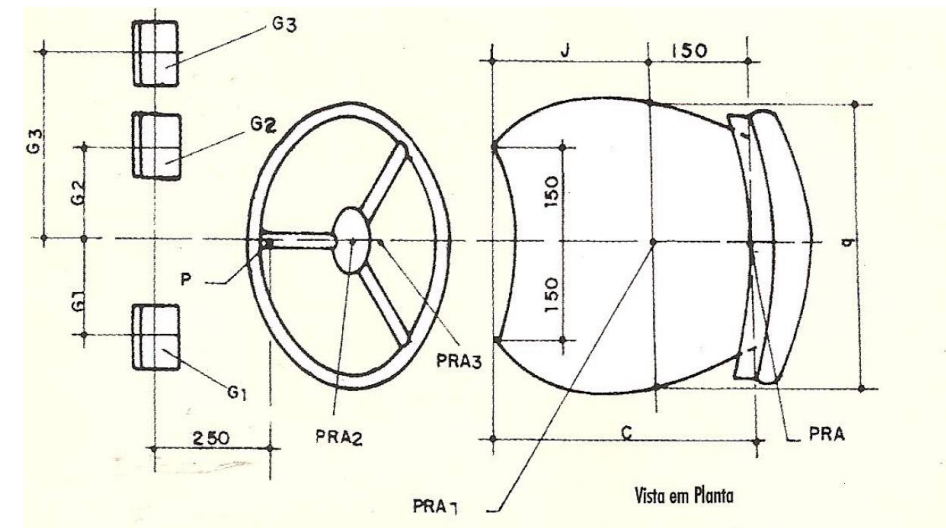
### Ergonomia: Posto de Trabalho do Operador

#### Dimensões no posto de operação

Distância mínima entre assento e teto → 1000 mm

Distância mínima entre plano médio do assento e paredes laterais 400mm

Separação de pelo menos 50 mm entre comandos e parede lateral



Medida	Descrição	Valor (mm)	
		Mínimo	Máximo
C	Comprimento do assento	350	450
Q	Largura do assento	450	-
G1	Distância do pedal da embreagem à linha central longitudinal do trator	75	300
G2	Distância do pedal esquerdo do freio à linha central longitudinal do trator	75	-
G3	Distância do pedal direito do freio à linha central longitudinal do trator	-	300





<https://agxeed.com/>





## Operações mecanizadas



# Sintetizando

- Em pouco mais de um século, através do emprego das máquinas e de outros avanços a população global deixou de ser predominantemente rural para ser urbana e em muitos países menos de 5% da população é responsável pela produção de alimentos.
- A compreensão da mecânica envolvida no funcionamento das máquinas é necessária à plena utilização destes recursos de produção.
- As máquinas são desenvolvidas para se ajustar às condições exigidas pelas culturas mas para que seu uso seja econômico devem apresentar dimensões adequadas e opções de regulagens que permitam versatilidade e eficiência no uso da energia.
- Manutenção, ergonomia, segurança, automação... são alguns dos campos do conhecimento necessários à utilização racional das máquinas agrícolas.