



# DIAGNOSE NUTRICIONAL, FISIOLOGIA E ADUBAÇÃO PARA ALTA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA

Julho 2001

## CALAGEM COMPACTA O SOLO? FATOS E HIPÓTESES

José Eloir Denardin  
Rainoldo Alberto Kochhann  
Norimar D'Ávila Denardin



# DIAGNOSE NUTRICIONAL, FISIOLOGIA E ADUBAÇÃO PARA ALTA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA

## FATOS



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## CONCEITO: ENFOQUE ELEMENTAR

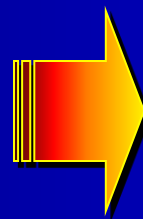
Corpo da paisagem natural  
representado por um elemento  
volumétrico.

**SOLO**

Matriz de sólidos que abriga líquidos,  
gases e organismos vivos.



COMPLEXO SISTEMA  
FÍSICO-QUÍMICO-BIOLÓGICO



CARACTERÍSTICAS  
PROPRIEDADES



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

ENFOQUE FUNCIONAL → Agrícola

Ambiente natural onde as plantas se desenvolvem, atuando como elemento de suporte e de disponibilização de água e nutrientes.

→ Sistema Agrícola Produtivo

Componente determinante da produtividade do sistema em função de limitações de fertilidade.

SOLO





# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## SISTEMA AGRÍCOLA PRODUTIVO

FATOR AMBIENTE → ENERGIA

Luz

Calor

Precipitação

FATOR PLANTA → GENÉTICA

Tipo agrônômico

Adaptabilidade

FATOR SOLO → FERTILIDADE

Água

Calor

Oxigênio

Permeabilidade

pH

Nutrientes

ESTRUTURA  
DO SOLO



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## CONCEITO

Relação entre o volume realmente ocupado pelas partículas de um solo e o volume aparente desse solo, variando em função das dimensões dos poros existentes entre essas partículas.

**Estrutura  
do Solo**



**É O ARRANJO DAS PARTÍCULAS  
QUE COMPÕEM O SOLO**



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## NOVO ENFOQUE

Função da estrutura do solo que rege:

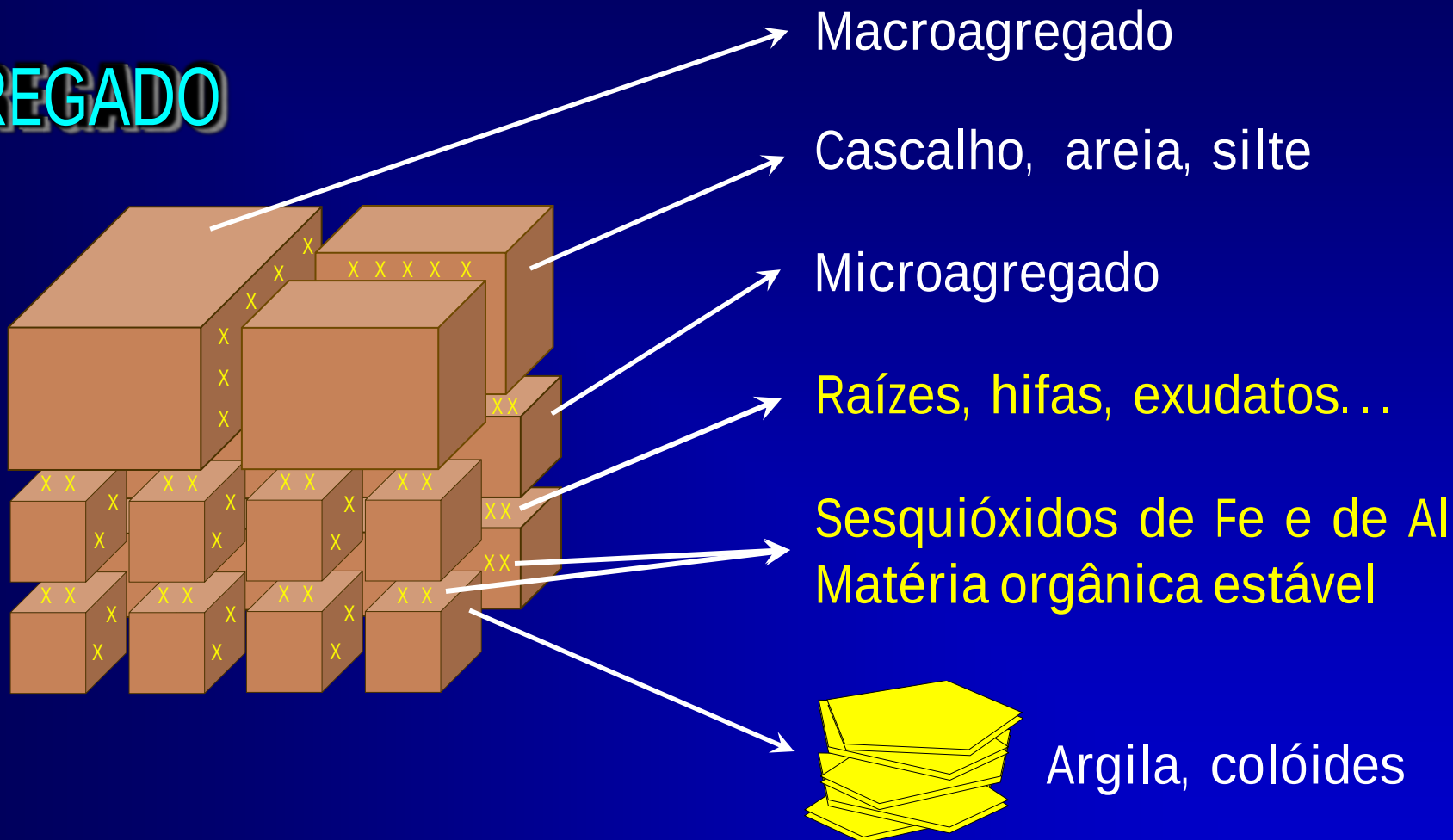
**Fertilidade**

- ✓ Armazenamento e disponibilidade de água
- ✓ Armazenamento e difusão de calor
- ✓ Permeabilidade ao ar, à água e às raízes
- ✓ Reação do solo (pH)
- ✓ Disponibilidade de nutrientes



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## AGREGADO





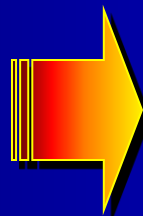
# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

**Física**

## LATOSSOLOS VERMELHOS

- ✓ Profundos
- ✓ Bem drenados
- ✓ Relevo ondulado
- ✓ Fração coloidal
  - argila → 1:1 (caulinita)
  - sesquióxidos → Fe e Al
  - matéria orgânica → 3 a 4%

**BAIXA DISPERSÃO DE  
ARGILA EM ÁGUA**



**AGREGADOS ESTÁVEIS**





# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

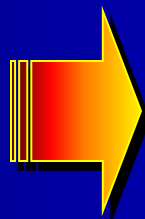
## LATOSSOLOS VERMELHOS

**Química**

- ✓ Reação ácida
- ✓ Alumínio trocável
- ✓ Baixa disponibilidade de fósforo
- ✓ Baixa soma e saturação por bases
- ✓ Distróficos



**ADUBAÇÕES CORRETIVAS**



**SOLOS EPIEUTRÓFICOS**



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

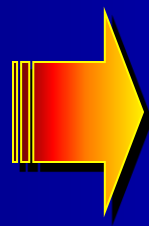
## MOBILIZAÇÕES INTENSAS DE SOLO

- ✓ Para semeadura
- ✓ Para incorporação de corretivos e fertilizantes
- ✓ Para incorporação de herbicidas

**Manejo**



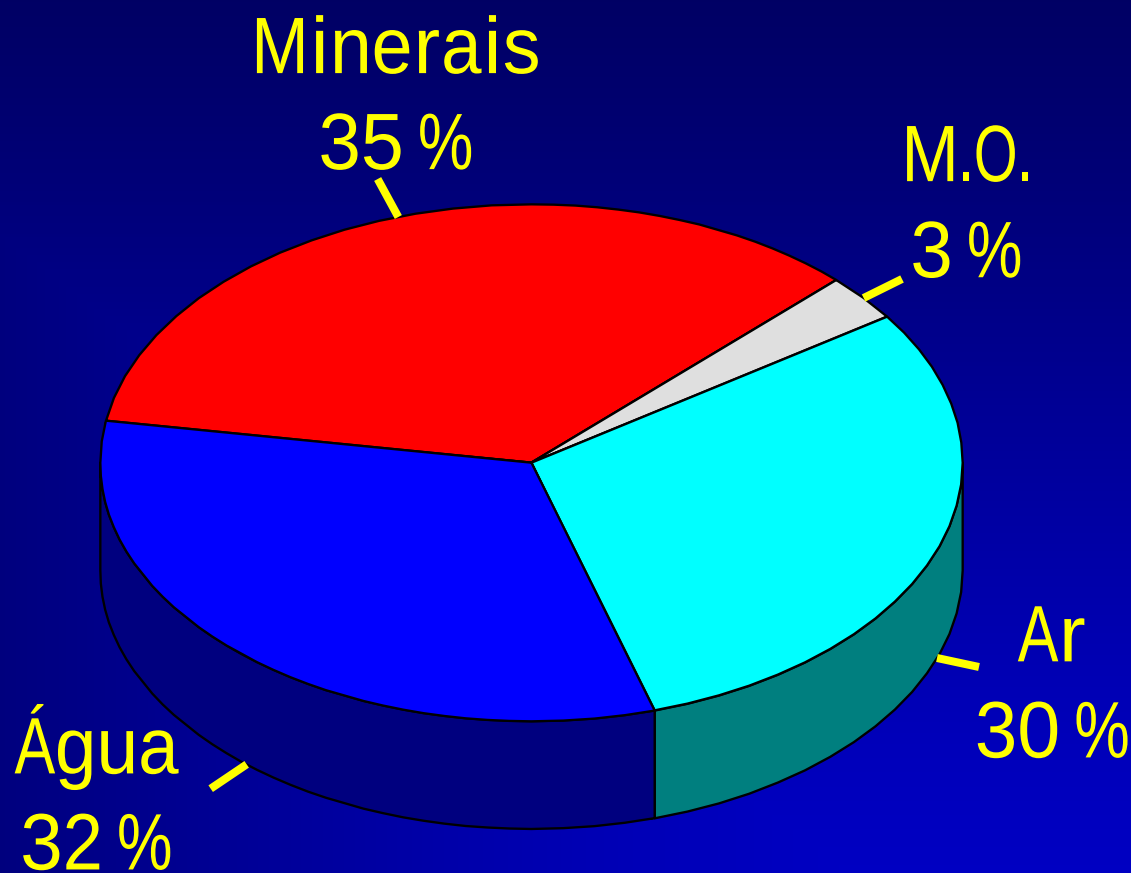
**REAÇÕES INTEGRADAS  
E EM SÉRIE**



**NOVO PADRÃO DE  
FERTILIDADE DE > ou <  
QUALIDADE**



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

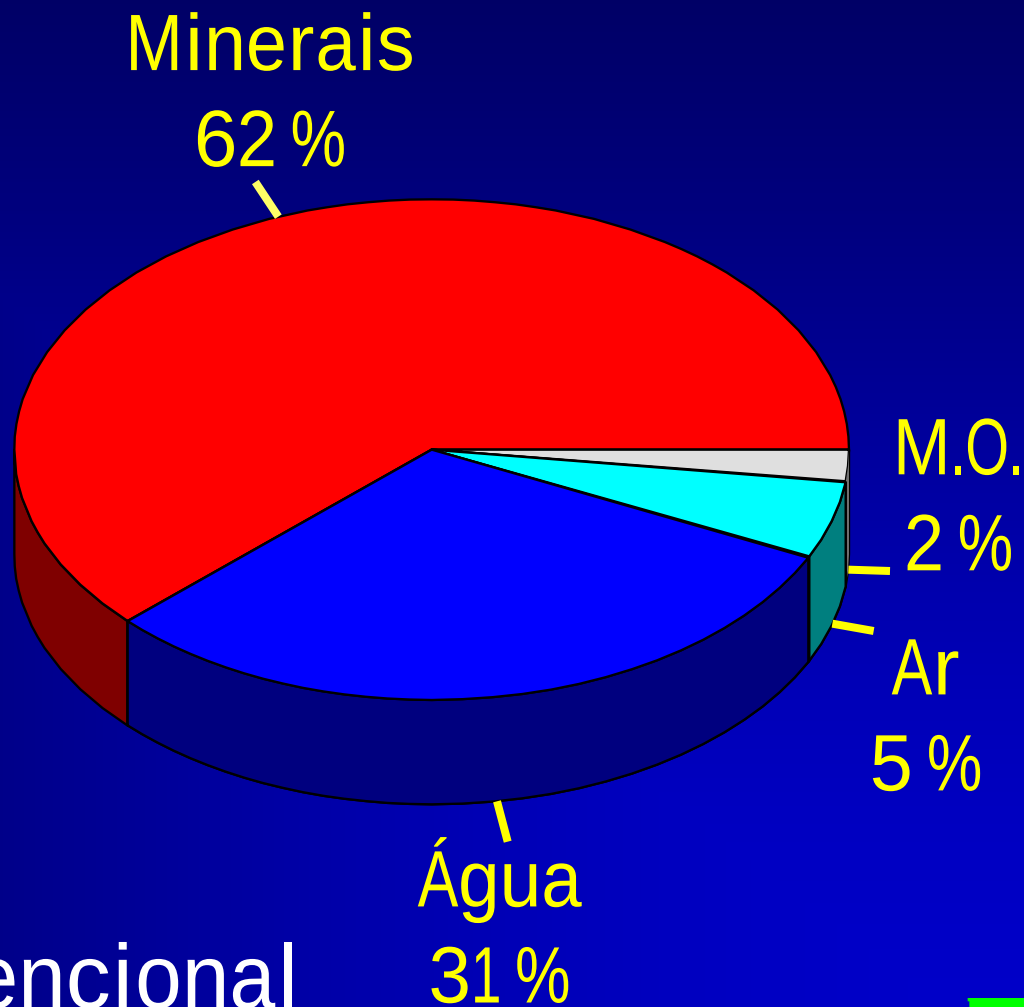


Latossolo  
sob condições naturais

Denardin, J.E.; Kochhann, R.A.; Denardin, N.D.



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO



Latossolo  
sob preparo convencional

Denardin, J.E.; Kochhann, R.A.; Denardin, N.D.



# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

Parâmetros físicos de um LE com 3 e 7 anos exclusivamente sob gradagens

| Profundidade<br>cm | 3 ANOS         |                         | 7 ANOS         |                         |
|--------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
|                    | Agregados<br>% | Ds<br>g/cm <sup>3</sup> | Agregados<br>% | Ds<br>g/cm <sup>3</sup> |
| 0 - 6              | #              | #                       | #              | #                       |
| 6 -14              | 78             | 1,20                    | 48             | 1,43                    |
| 14 -23             | 79             | 1,19                    | 58             | 1,40                    |
| 23 - 30            | 78             | 1,18                    | 56             | 1,25                    |

# Solo degradado





# FATOS - COMPACTAÇÃO DO SOLO

Taxa de infiltração de água no solo - LE  
17 anos sob manejo contínuo

| Manejo         | Época    | Cobertura<br>do solo<br>m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | Taxa de<br>infiltração<br>mm/h |
|----------------|----------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Convencional   | Nov / 95 | 0,25                                                   | 49                             |
|                | Mar / 96 | 0,90                                                   | 71                             |
| Plantio direto | Nov / 95 | 0,84                                                   | 56                             |
|                | Mar / 96 | 0,92                                                   | 86                             |



# DIAGNOSE NUTRICIONAL, FISIOLOGIA E ADUBAÇÃO PARA ALTA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA

## HIPÓTESES



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO



Denardin, J.E.; Kochhann, R.A.; Denardin, N.D.





# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## PROCESSOS

COMPLEXAS AÇÕES E REAÇÕES,  
EM SÉRIE, DE NATUREZA:

✓ BIOLÓGICA

✓ QUÍMICA

✓ FÍSICA



**Formação**

ALTERAÇÕES DA MATRIZ SÓLIDA  
NÃO RESULTAM DE UMA ÚNICA  
RELAÇÃO ENTRE CAUSA E EFEITO



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

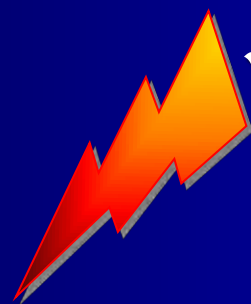
PROCESSO BIOLÓGICO

MOBILIZAÇÃO DO SOLO

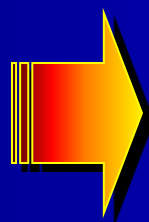
✓ Oxigena o solo

✓ Incorpora material orgânico,  
disponibilizando nutrientes

**Formação**



MINERALIZAÇÃO DA MO  
FRESCA E ESTÁVEL

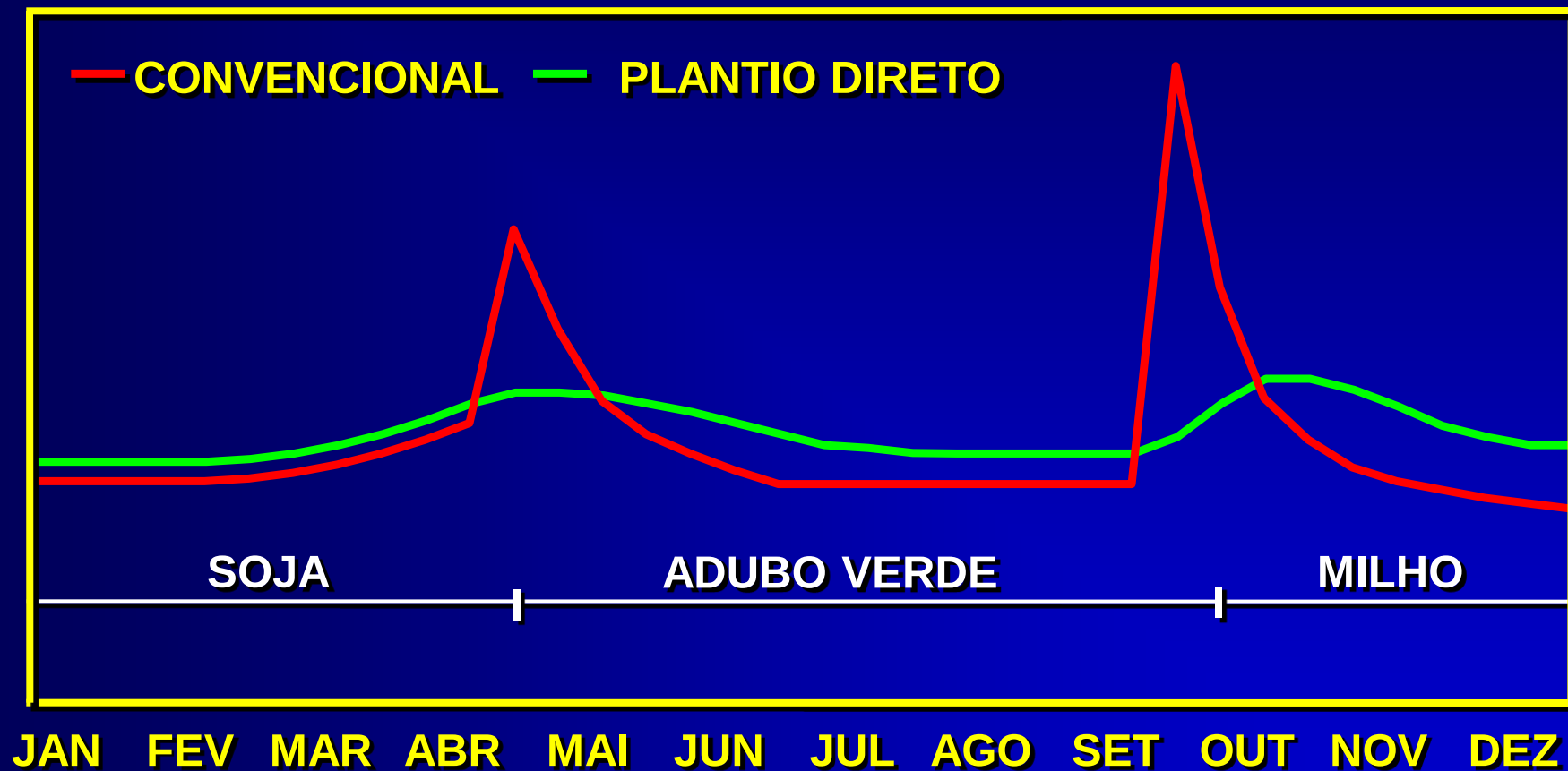


DESESTABILIZAÇÃO DE  
MACROAGREGADOS



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

ATIVIDADE BIOLÓGICA







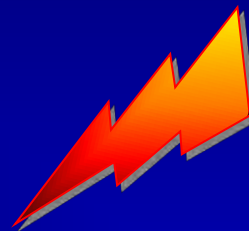
# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

PROCESSO QUÍMICO

CALAGEM

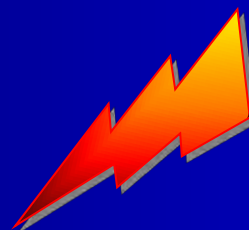
**Formação**

REAÇÕES  
QUÍMICO-FÍSICAS



✓ Efeitos diretos

REAÇÕES  
BIOLÓGICO- FÍSICAS



✓ Efeitos indiretos



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## PROCESSO QUÍMICO

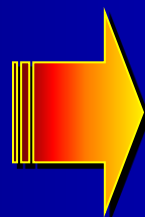
CALAGEM → EFEITOS DIRETOS

- ✓ Aumento de cargas elétricas negativas
- ✓ Substituição:  $H^+$  e  $Al^{+++}$  por  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$

Formação



REDUÇÃO DA ATRAÇÃO  
ENTRE PARTÍCULAS



DESESTABILIZAÇÃO DE  
MACROAGREGADOS



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## PROCESSO QUÍMICO

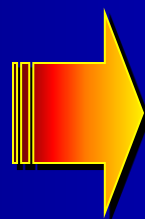
CALAGEM → EFEITOS INDIRETOS

- ✓ Elevação de pH
- ✓ Estímulo à atividade biológica
- ✓ Mineralização intensiva da M.O.

**Formação**



REDUÇÃO DE  
SUBSTÂNCIAS HÚMICAS



DESESTABILIZAÇÃO DE  
MACROAGREGADOS



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

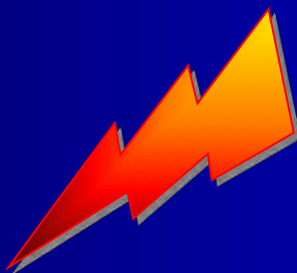
PROCESSO FÍSICO

PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

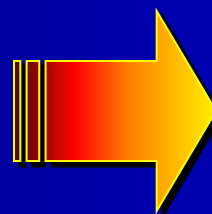
✓ Percolação de água

ELUVIAÇÃO DE MINERAIS  
DE ARGILA DISPERSOS

Formação



REARRANJO ERRÁTICO  
DE PARTÍCULAS



ADENSAMENTO  
DO SOLO



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

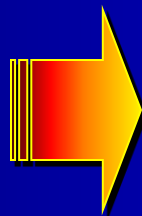
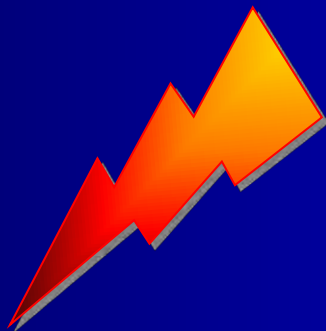
## PROCESSO FÍSICO

TRÁFEGO DE MÁQUINAS E ANIMAIS

✓ Aproximação de microagregados e/ou de partículas dispersas

**Formação**

AUMENTO DA  
DENSIDADE



COMPACTAÇÃO  
DO SOLO





# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## EFEITOS POSITIVOS?

✓ Elevação do pH

■ Maior aporte de matéria seca

✓ Estímulo à atividade biológica

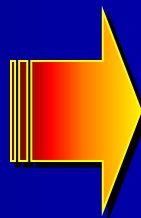
■ Mineralização da M.O.

■ Formação de húmus

**Calagem**



ELEVAÇÃO DA  
MATÉRIA ORGÂNICA



ESTABILIZAÇÃO DE  
AGREGADOS



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

EFEITOS POSITIVOS?

**Calagem**

POR QUE OCORREM  
APENAS PARCIALMENTE?



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## EFEITOS POSITIVOS?

- ✓ Condições climáticas
- ✓ Mobilizações de solo
- ✓ Sistema agrícola produtivo

**Calagem**



**FAVORÁVEIS À MINERALIZAÇÃO  
INTENSIVA DA MATÉRIA ORGÂNICA**



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

EFEITOS POSITIVOS?

## SISTEMA PLANTIO DIRETO

Sistema de exploração agropecuário que envolve diversificação de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas mediante a mobilização de solo, exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais na superfície do solo.

Conceito



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## AUSÊNCIA DE PREPARO DE SOLO

- ✓ Reduz a oxigenação do solo
- ✓ Não incorpora resíduos vegetais

SPD



DESESTIMULA A MINERALIZAÇÃO INTENSIVA DOS  
RESÍDUOS VEGETAIS E DA M.O. ESTÁVEL





# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## EFEITOS POSITIVOS?

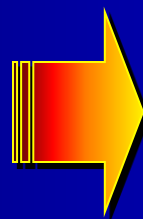
### ✓ SISTEMA AGRÍCOLA PRODUTIVO

- Aporte de material orgânico menor que o potencial de mineralização determinado pelas condições climáticas e pelo manejo de solo.

**Calagem**



**REDUÇÃO DA MATÉRIA  
ORGÂNICA ESTÁVEL**



**DESESTABILIZAÇÃO  
DE AGREGADOS**



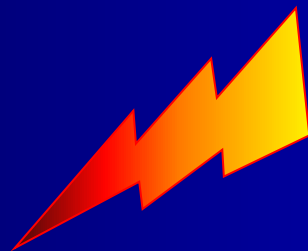
# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

Décadas  
60 e 70

Preparo Convencional

SISTEMA DE PRODUÇÃO

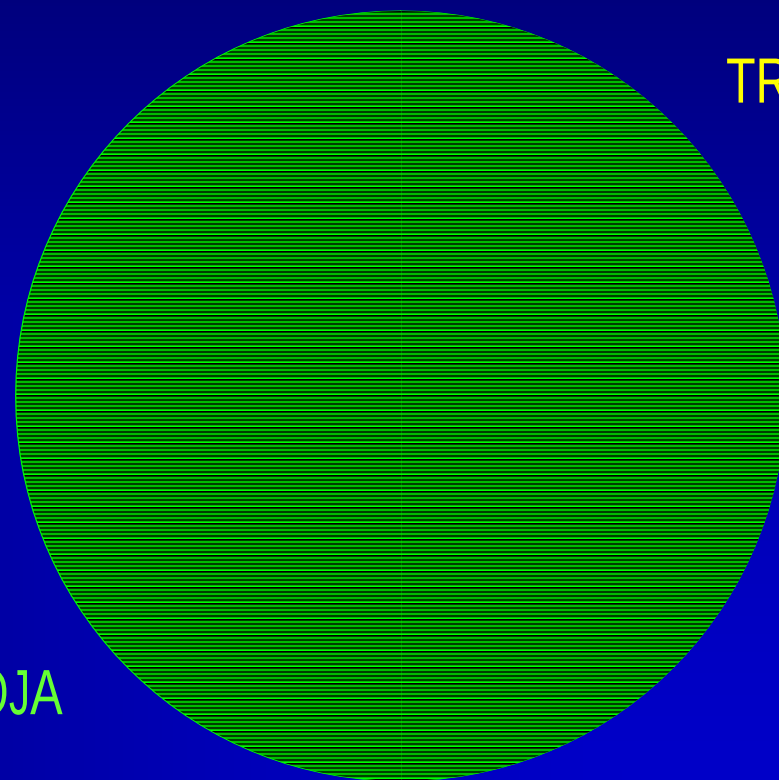
FITOMASSA  
< 2.500 kg/ha



SOJA

INVERNO  
VERÃO

TRIGO





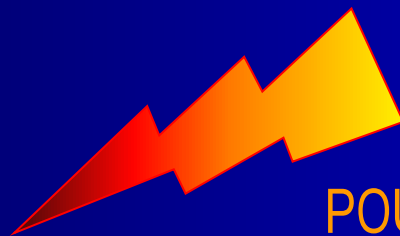
# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

Período  
1980 a 1985

Preparo Reduzido

SISTEMA DE PRODUÇÃO

FITOMASSA  
< 2.500 kg/ha



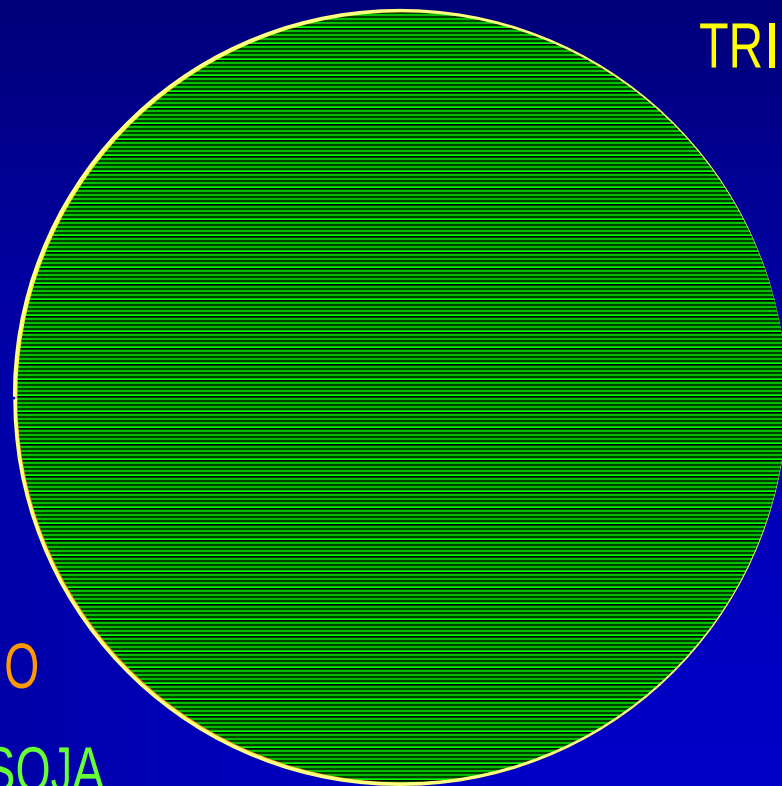
POUSIO

SOJA

INVERNO

VERÃO

TRIGO





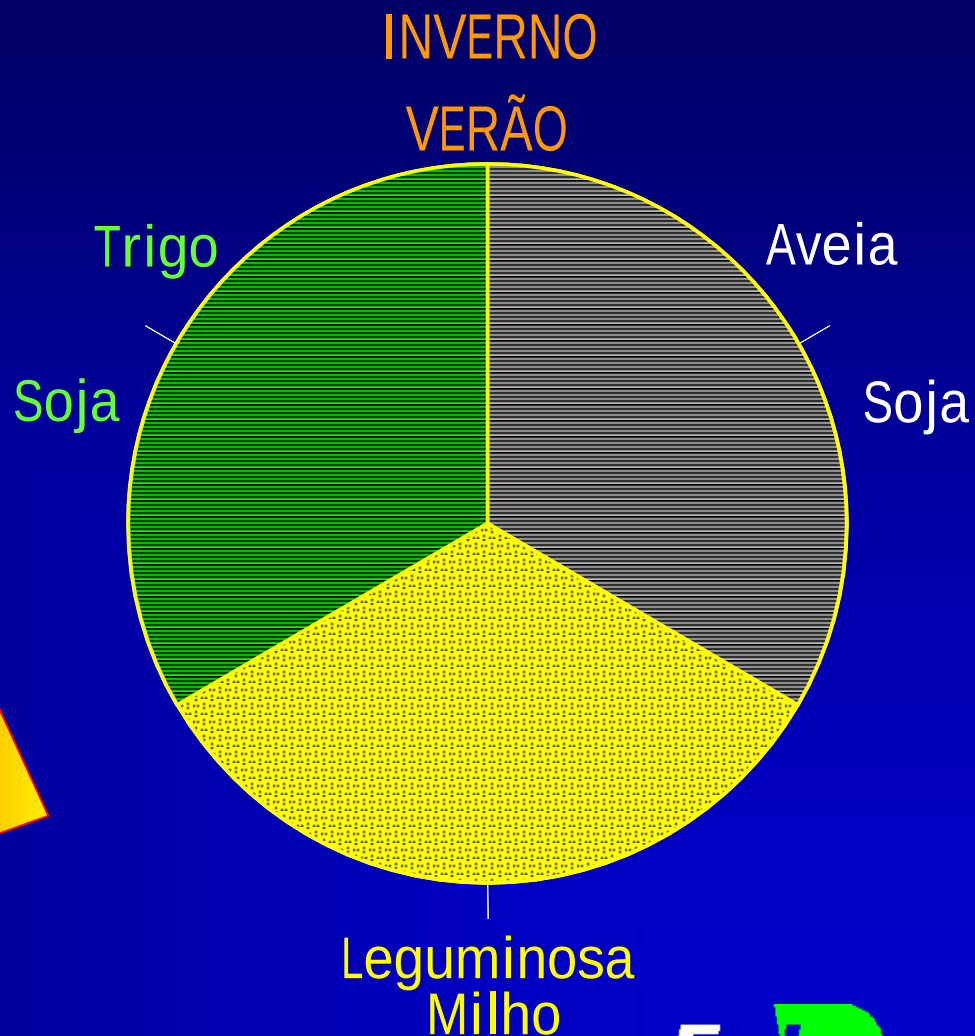
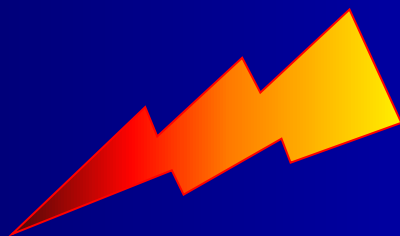
# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

Período  
1985 a 1992

Sistema Plantio Direto

SISTEMA DE PRODUÇÃO

FITOMASSA  
< 6.000 kg/ha





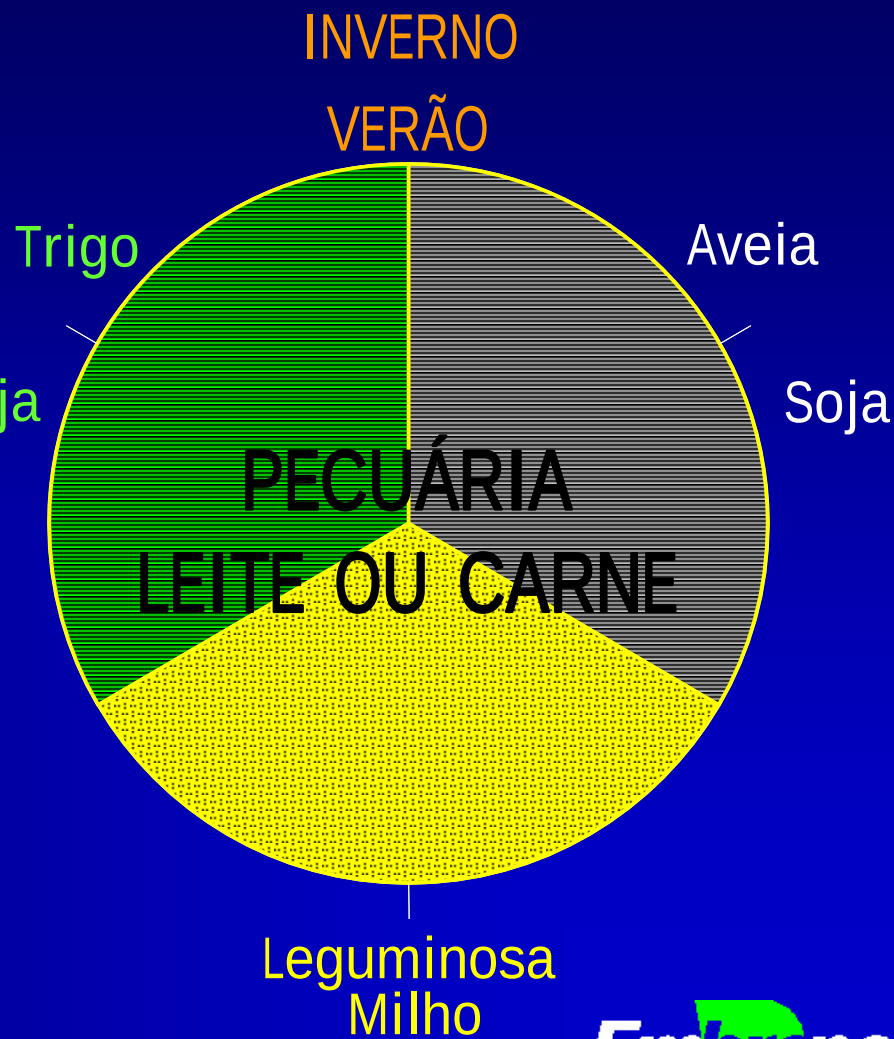
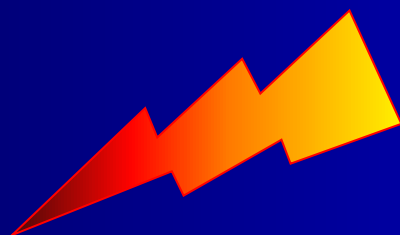
# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

Período  
1992 a 2000

Sistema Plantio Direto

SISTEMA DE PRODUÇÃO

FITOMASSA  
< 6.000 kg/ha

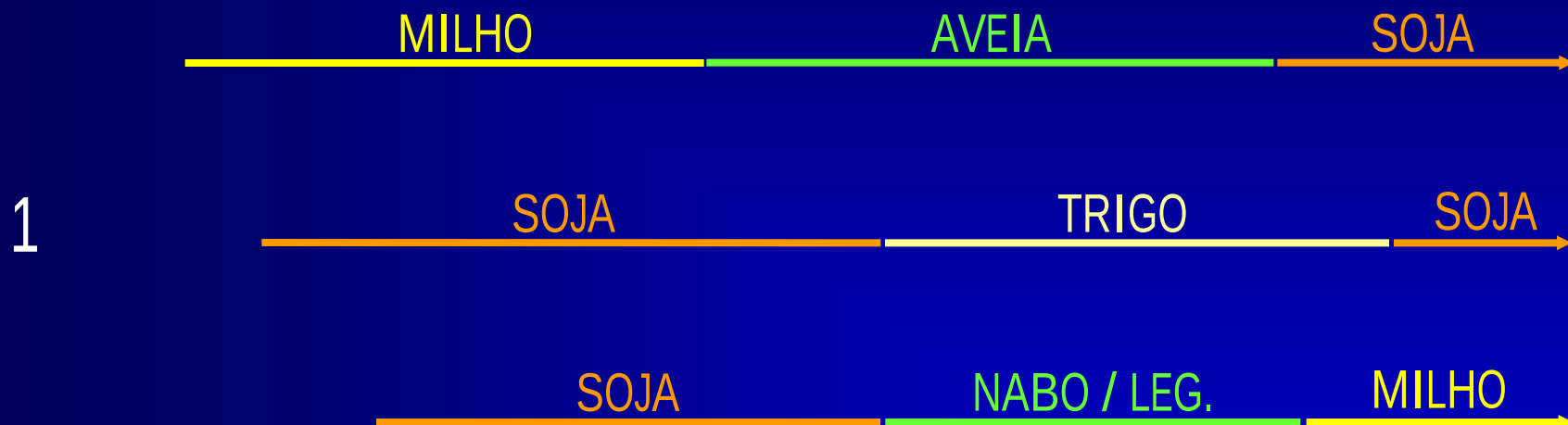






# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

MODELO S O N D J F M A M J J A S O N D J



OBS.: AVEIA = AVEIA BRANCA, AVEIA PRETA  
TRIGO = CEVADA, TRITICALE, CENTEIO



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

MODELO S O N D J F M A M J J A S O N D J

2

MILHO ADUBO VERDE TRIGO SOJA

SOJA NABO / LEG. MILHO

OBS.: TRIGO = CEVADA, TRITICALE, CENTEIO



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO



RECUPERAÇÃO DA  
ESTRUTURA DO SOLO

✓ Remediar a  
compactação



# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

## RECUPERAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO



- ✓ Manejo → Sistema Plantio Direto
- ✓ Sistema produtivo → biomassa > 6.000 kg/ha

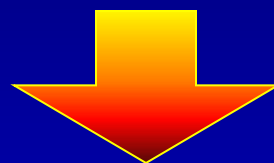


# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

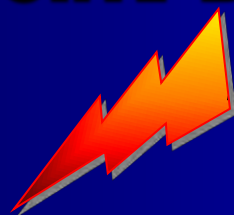
SISTEMA AGRÍCOLA PRODUTIVO

+

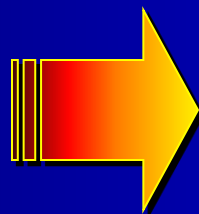
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS



APORTE DE FITOMASSA < MINERALIZAÇÃO



REDUÇÃO DA  
MATÉRIA ORGÂNICA



DESESTABILIZAÇÃO  
DE AGREGADOS





# HIPÓTESES - COMPACTAÇÃO DO SOLO

