

IX Simpósio Regional • IPNI Brasil

## BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Paragominas - PA • 30 e 31 DE AGOSTO/2016

# Ferramentas de agricultura de precisão para uso eficiente de fertilizantes



*Leandro M. Gimenez*  
*Departamento de Engenharia de Biosistemas*  
*ESALQ-USP*

## Introdução – Histórico

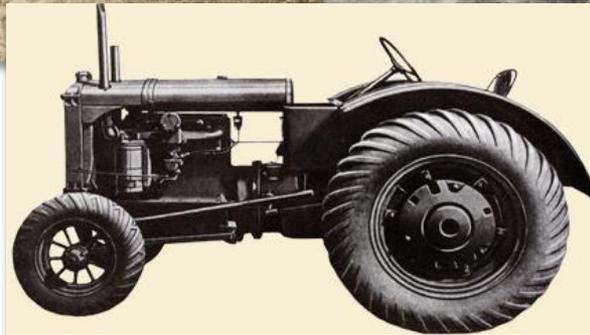
✓ Manejo da variabilidade espacial sempre presente



## Introdução – Histórico

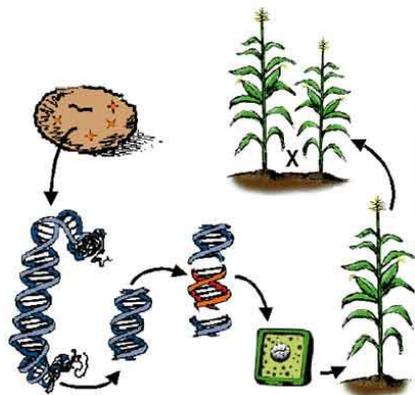
Aumento da população exigiu o desenvolvimento de ferramentas para elevar a produção e desocupar mão de obra para a indústria

Mecanização agrícola → Escala de Produção



## Introdução – Histórico

- ✓ Término das áreas para expansão!
- ✓ Intensificação dos sistemas de produção
  - ✓ Melhoramento Genético
  - ✓ Fertilizantes e Agrotóxicos
  - ✓ Biotecnologia
  - ✓ “Agricultura de Precisão”



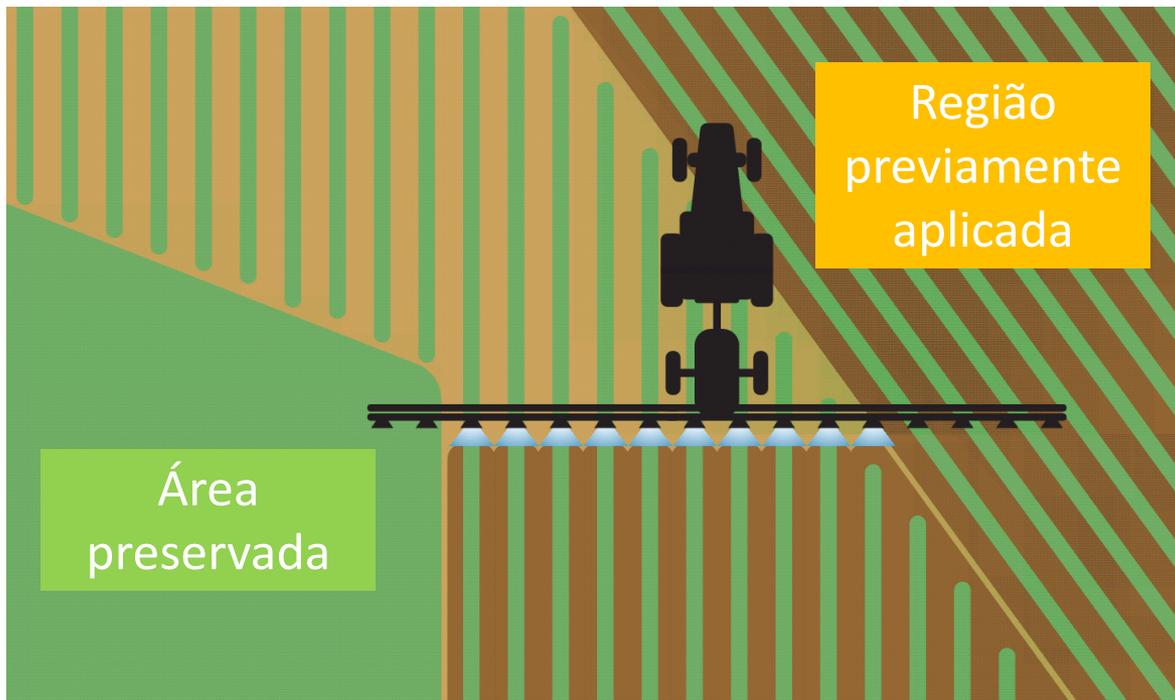
# Eletrônica embarcada em máquinas agrícolas



**Sistemas para direcionamento de máquinas no campo:** melhoria de sobreposição, falhas, horas trabalhadas, qualidade

# Eletrônica embarcada em máquinas agrícolas

- ✓ Controladores de seção
- ✓ Controladores de vazão



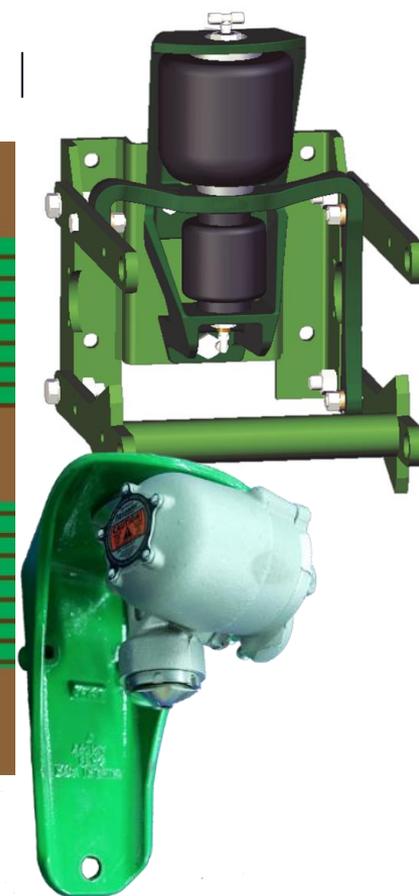
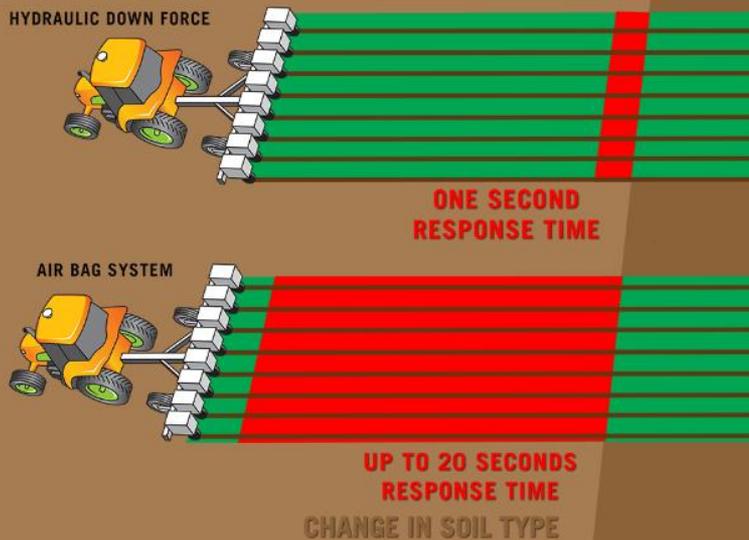
# Automação em Semeadoras

- ✓ Controle de pressão sobre a linha de semeadura
  - ✓ Manutenção da profundidade da semente ao longo do talhão
  - ✓ Tempo de resposta em sistema pneumático e |

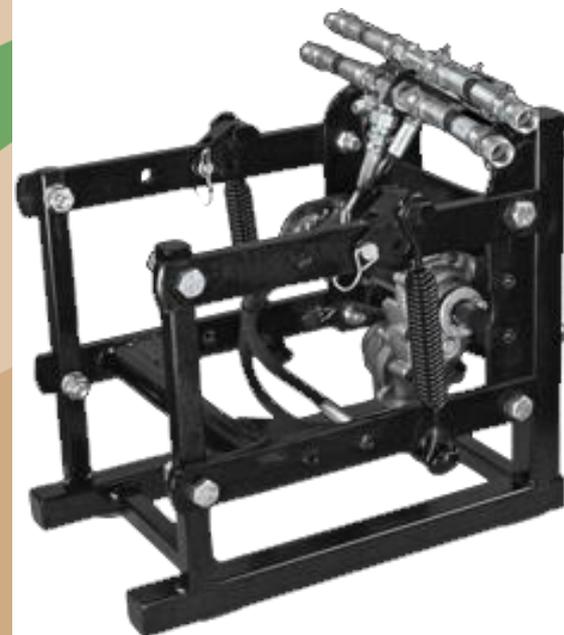
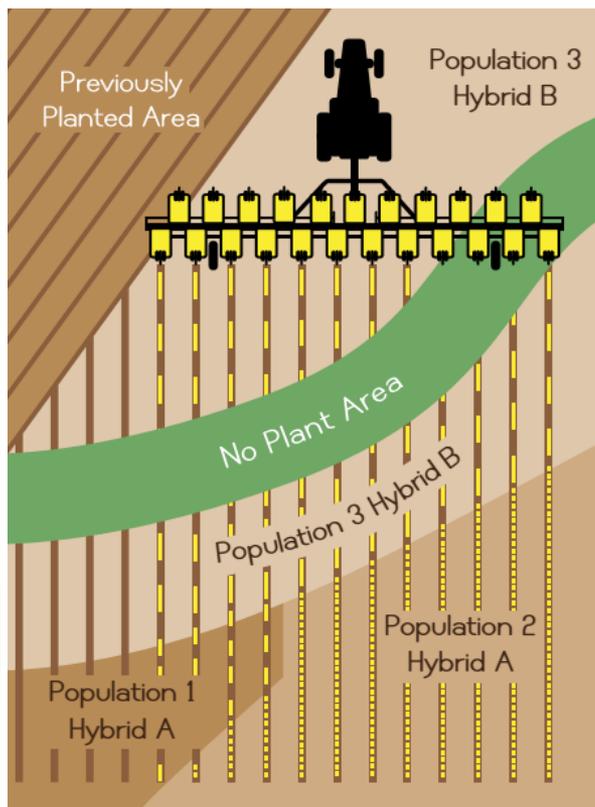
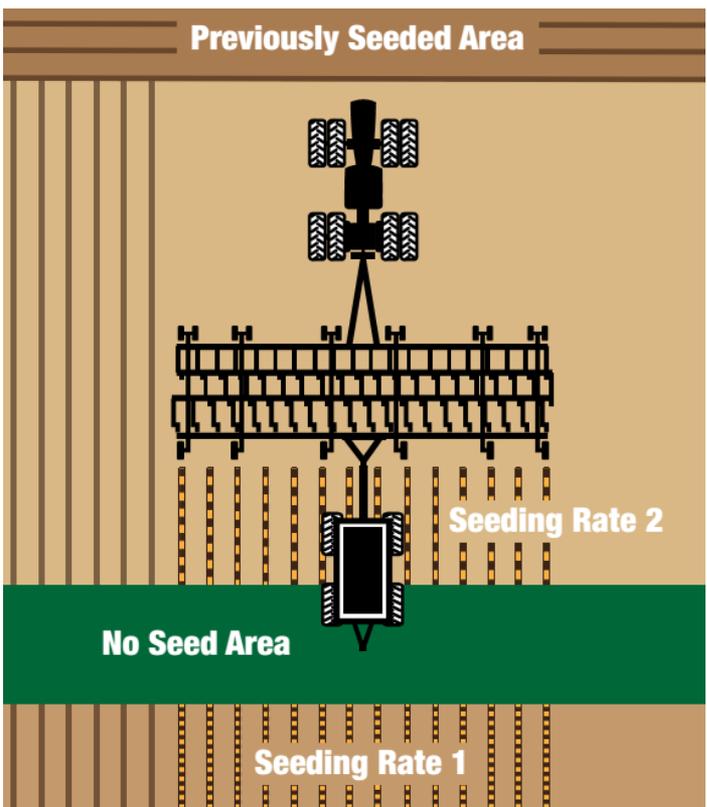
MULTIPLE CHANNELS OF CONTROL

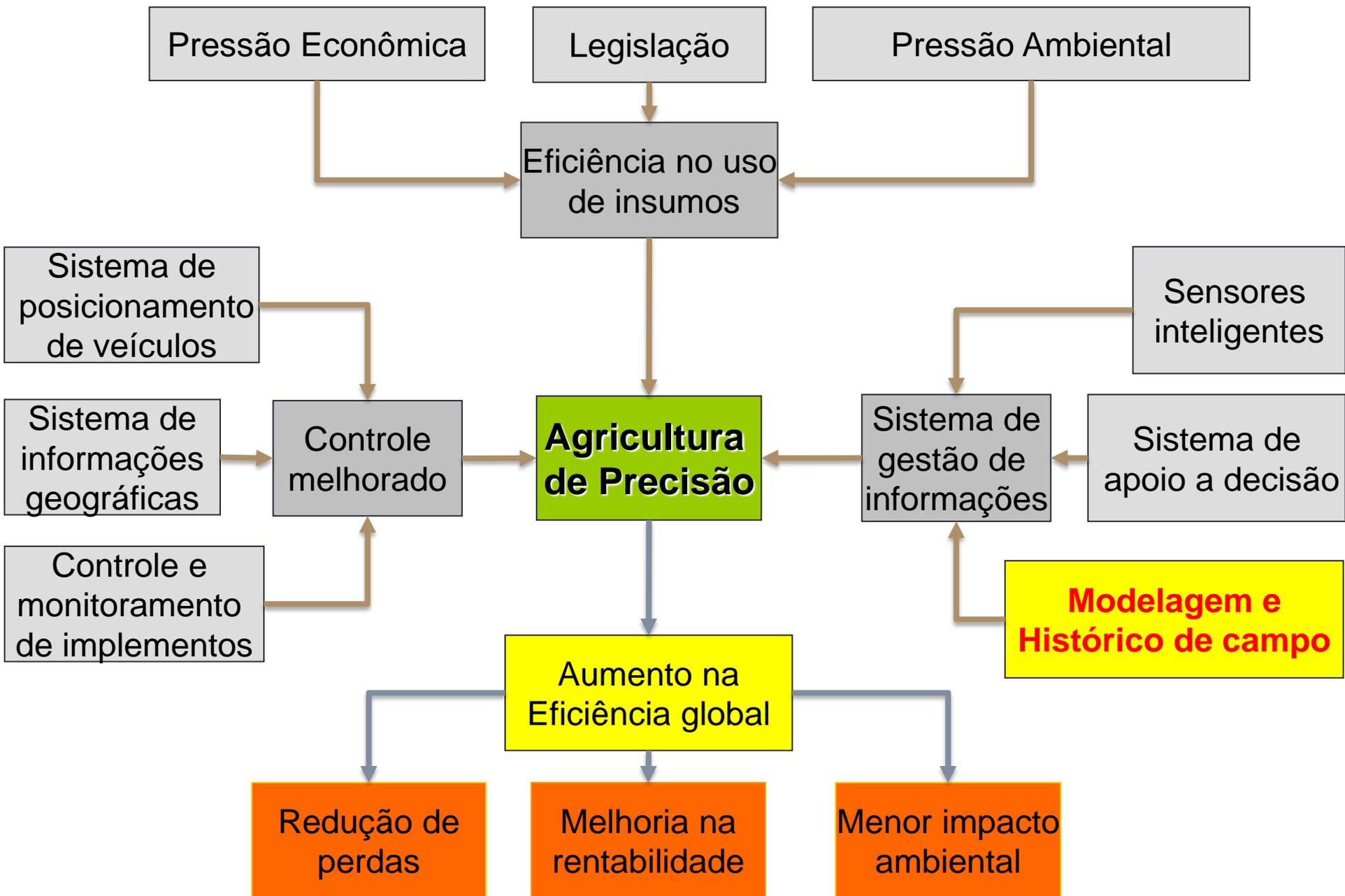


RESPONSE TIME COMPARISON

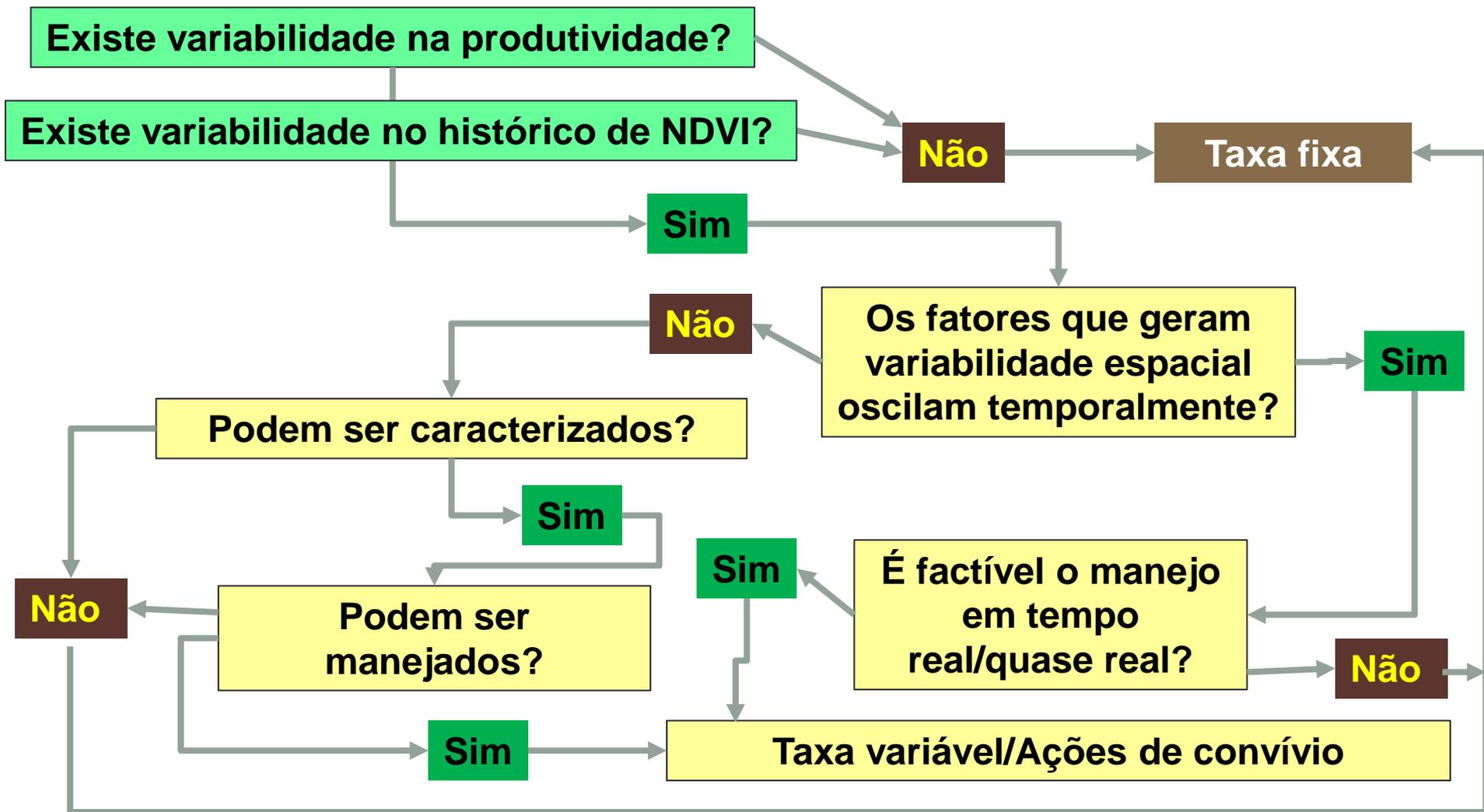


# Automação para Taxas Variáveis: Semeadoras

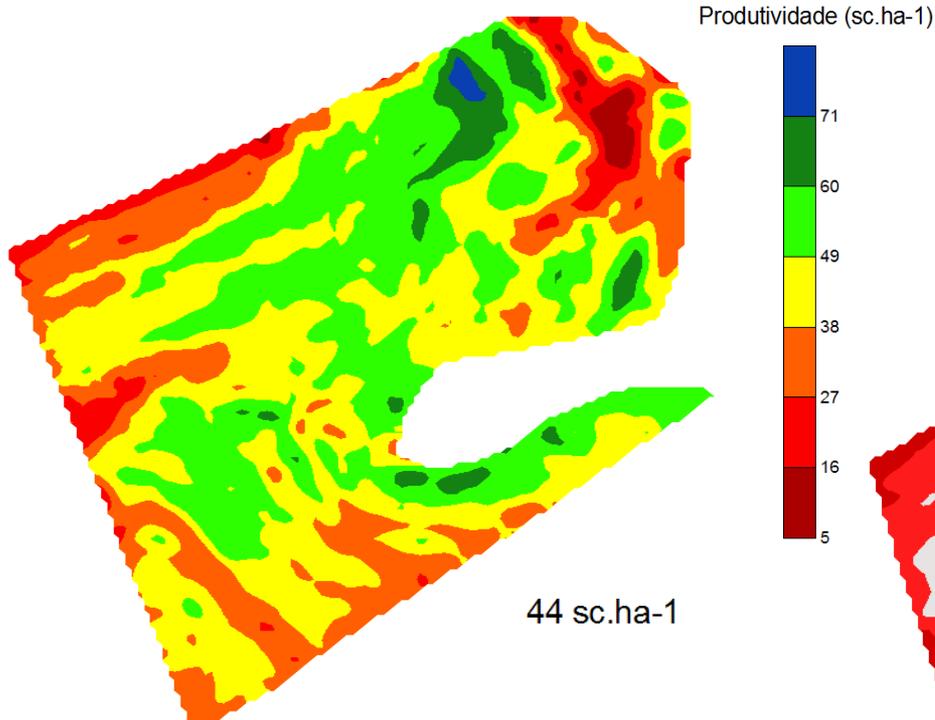
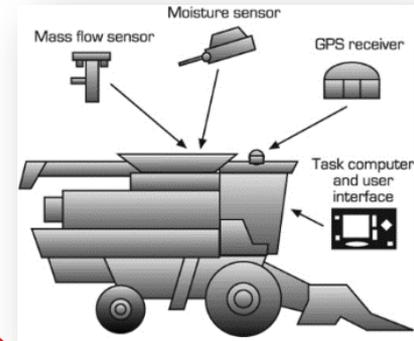




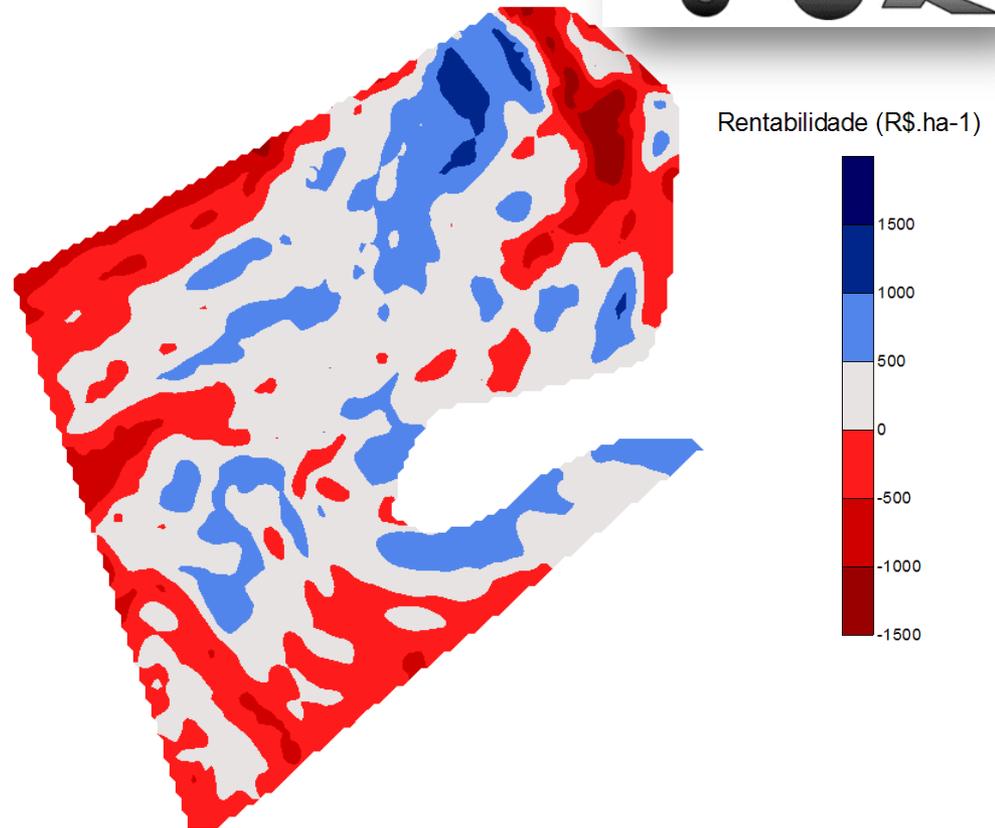
# Árvore de Decisão para Manejo da Variabilidade Espacial



# Variabilidade na Produtividade



Gimenez, L.M. (2012) – Fundação MT



Média = 131.6 R\$.ha-1

Custo Prod IMEA = 1690 R\$.ha-1, Vlr. venda 41.4 R\$.sc-1

# Qual o custo da variabilidade espacial?

**O objetivo final é baixar o CV?**

**Sim, o da rentabilidade global**

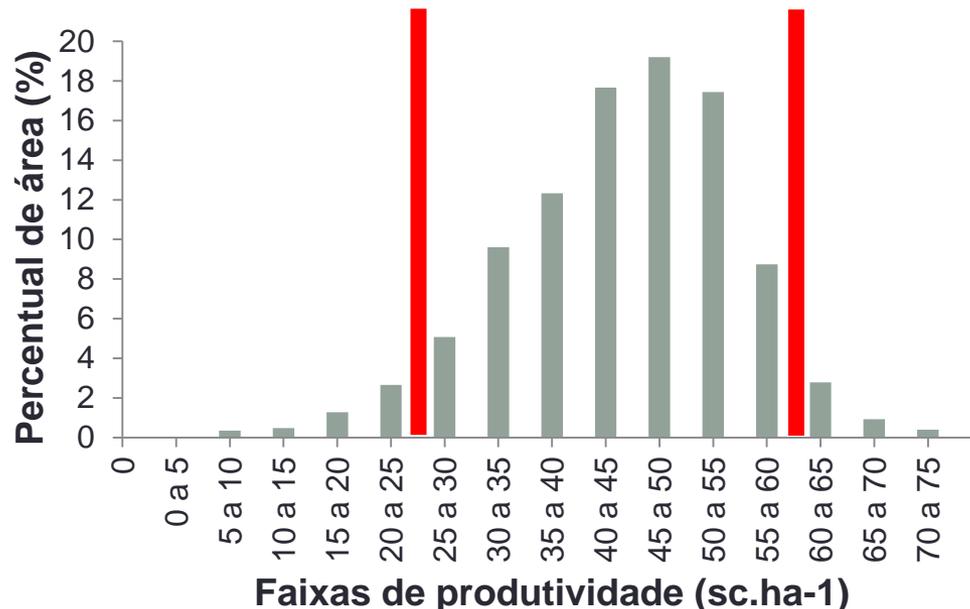
Cultura	Produtividade kg.ha <sup>-1</sup>	R\$.ha <sup>-1</sup> em função do CV da Produt. (%)							
		5	10	15	20	25	30	35	40
		R\$.ha <sup>-1</sup>							
Algodão	3588	408	816	1224	1632	2040	2448	2856	3264
Milho	7200	147	293	440	587	733	880	1027	1173
Soja	3000	113	225	338	450	563	675	788	900

Valores de venda: Algodão R\$34,0/@ em caroço, Milho R\$22,0/sc, Soja R\$45,0/sc.

# Impacto Financeiro da Variabilidade Espacial

✓ 10% da área menos produtivo = 23,7 sc.ha<sup>-1</sup>

✓ 10 % da área mais produtivo = 60,4 sc.ha<sup>-1</sup>



- ✓ Impacto da redução do fertilizante para produzir 23,7 sc.ha<sup>-1</sup> nos 10% menos produtivos = 26 R\$.ha<sup>-1</sup>
- ✓ Impacto da elevação da produtividade em 1 sc.ha<sup>-1</sup> pela alocação do fertilizante nos 10% mais produtivos = 37,2 R\$.ha<sup>-1</sup>

# Manejo da Variabilidade Espacial

## CONTROLE DA VARIABILIDADE INDUZIDA

### Caracterização da variabilidade

Vigor, Biomassa, Produtividade → Efeito

**Ambiente** → Causa

*Água, nutrientes, impedimentos físicos, bióticos*

### Tratamento localizado

Fertilizantes e corretivos

Preparo do solo

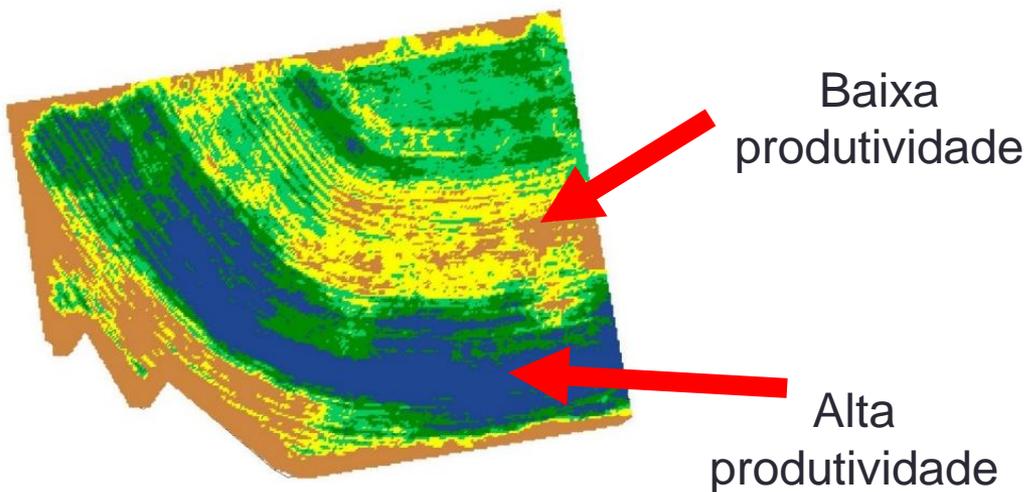
População de plantas

Agrotóxicos

# Impedimentos para manejo da variabilidade espacial

## Caracterização da Variabilidade

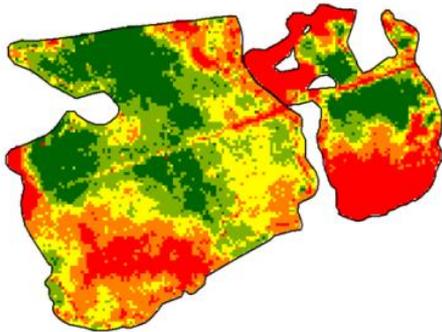
### Variabilidade induzida



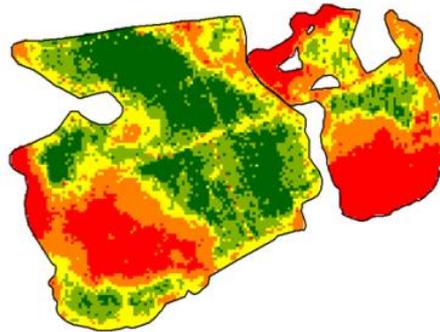
# Impedimentos para manejo da variabilidade espacial

## Variabilidade Temporal

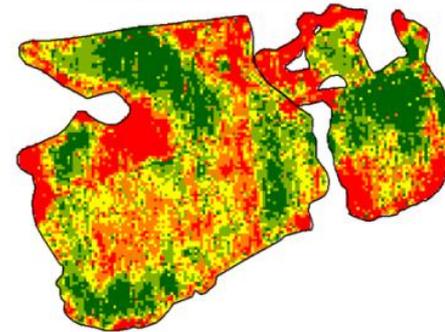
Corn 2007



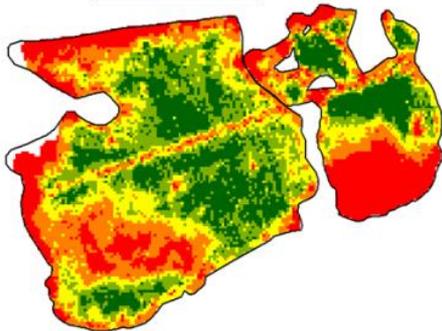
Corn 2009



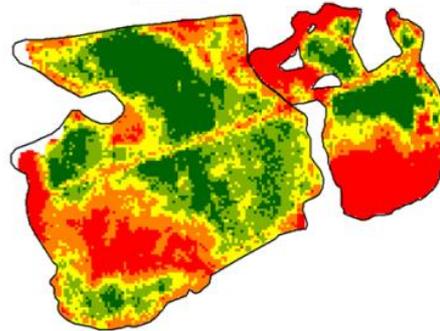
Soybean 2010



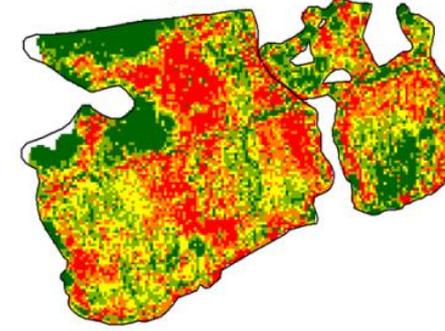
Corn 2010



PC 1



SD



Low

Medium

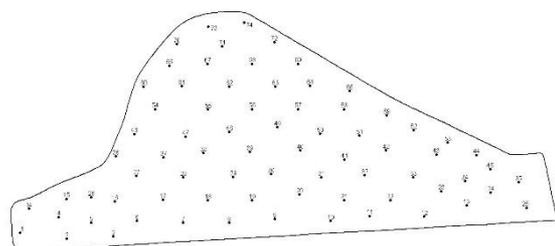
High



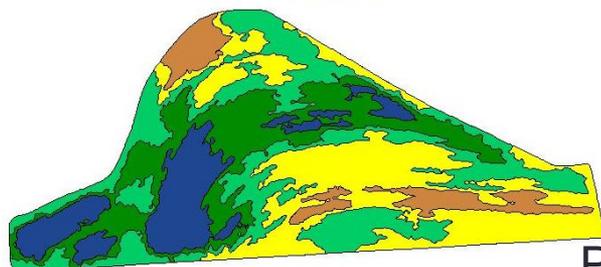
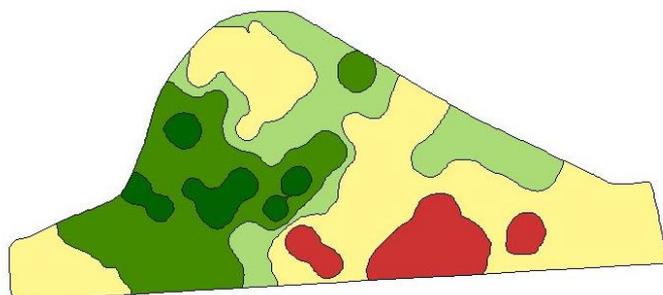
Spekken et al. (2015)

# Impedimentos para manejo da variabilidade espacial

## Estabelecimento de relação efeito-causa



Teor de potássio



Produtividade

	Amostras 0-10		
	Cea raso	Cea profunda	Produtividade algodão 2014
Cea raso	1.00		
Cea profunda	0.98	1.00	
Produtividade algodão 2014	0.72	0.69	1.00
Areia grossa	0.41	0.37	-0.51
Areia fina	-0.61	-0.57	-0.69
Areia total	-0.95	-0.91	-0.58
Silte	0.05	0.11	0.60
Argila	0.93	0.88	0.68
pH	-0.18	-0.17	-0.59
MO	0.29	0.35	0.17
P	-0.08	-0.11	-0.20
K	0.63	0.68	0.67
Ca	0.15	0.17	-0.47
Mg	-0.24	-0.25	-0.51
Al	0.00	0.00	0.00
H+Al	0.36	0.36	0.71
SB	0.02	0.03	-0.50
CTC	0.30	0.30	-0.23
V%	-0.20	-0.19	-0.64
M%	0.10	0.09	0.55

# Dose a ser aplicada

**Nutriente a  
aplicar**



**Nutriente  
demandado**



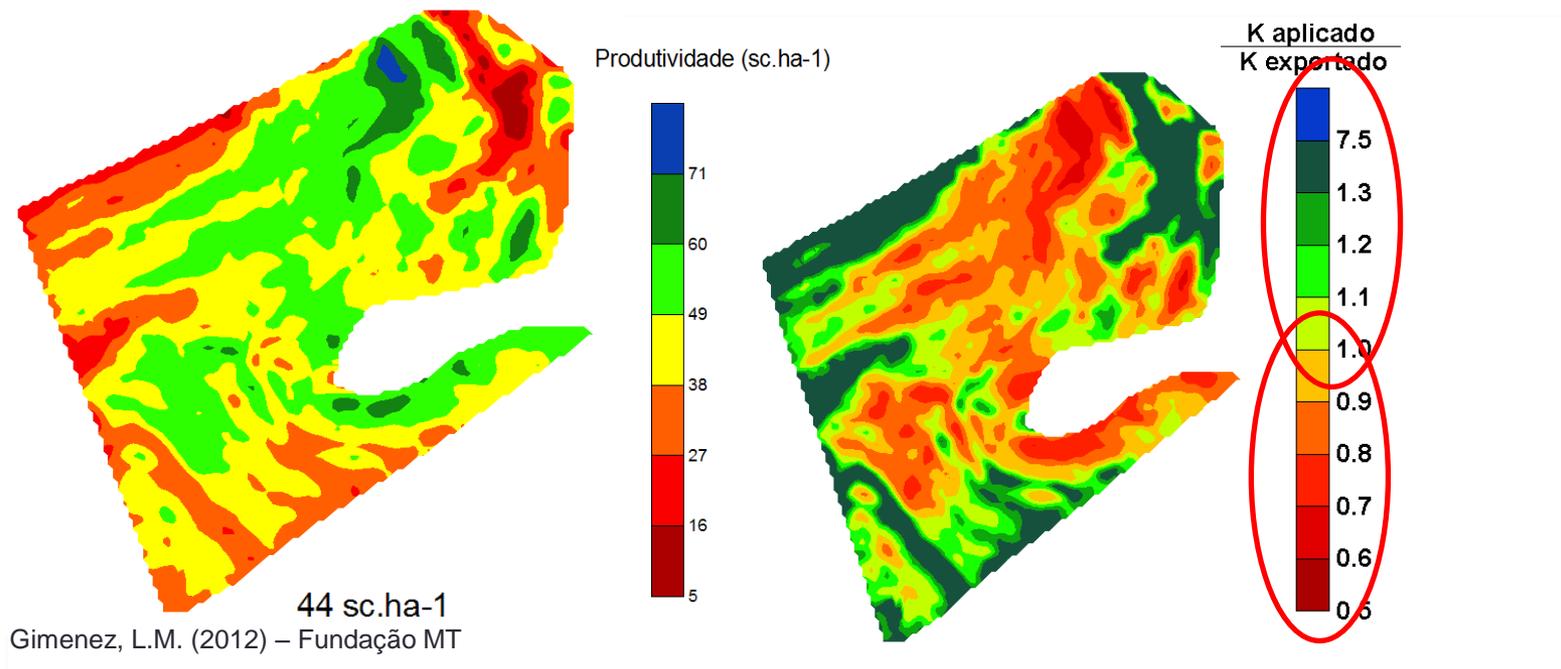
**Nutriente  
disponível**



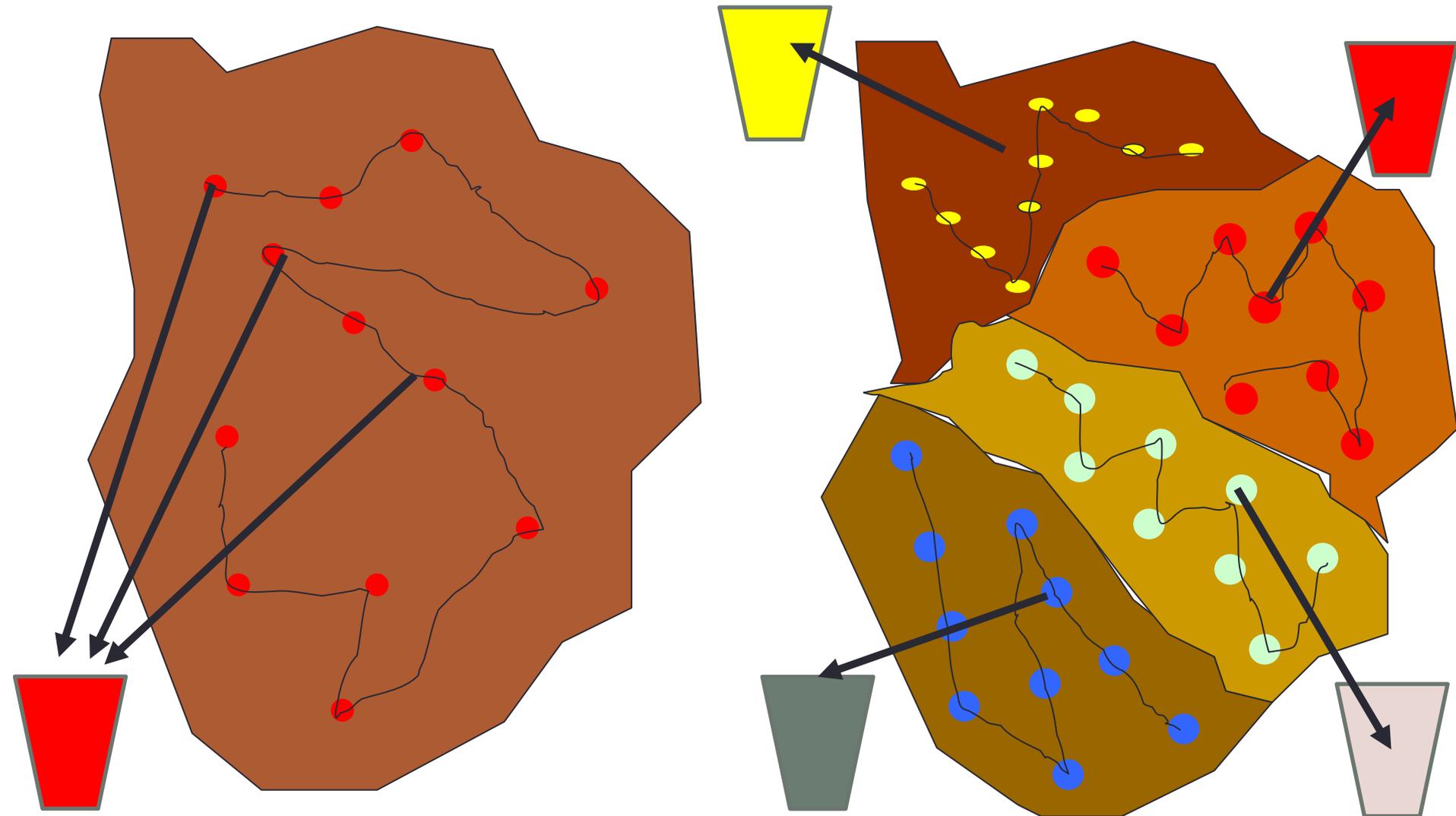
# Variabilidade espacial na exportação do nutriente pela cultura

Porções que exportam mais do que recebem: **produção restringida**

Áreas onde “sobra” nutriente: **outro fator limitante**



# Amostragem Convencional

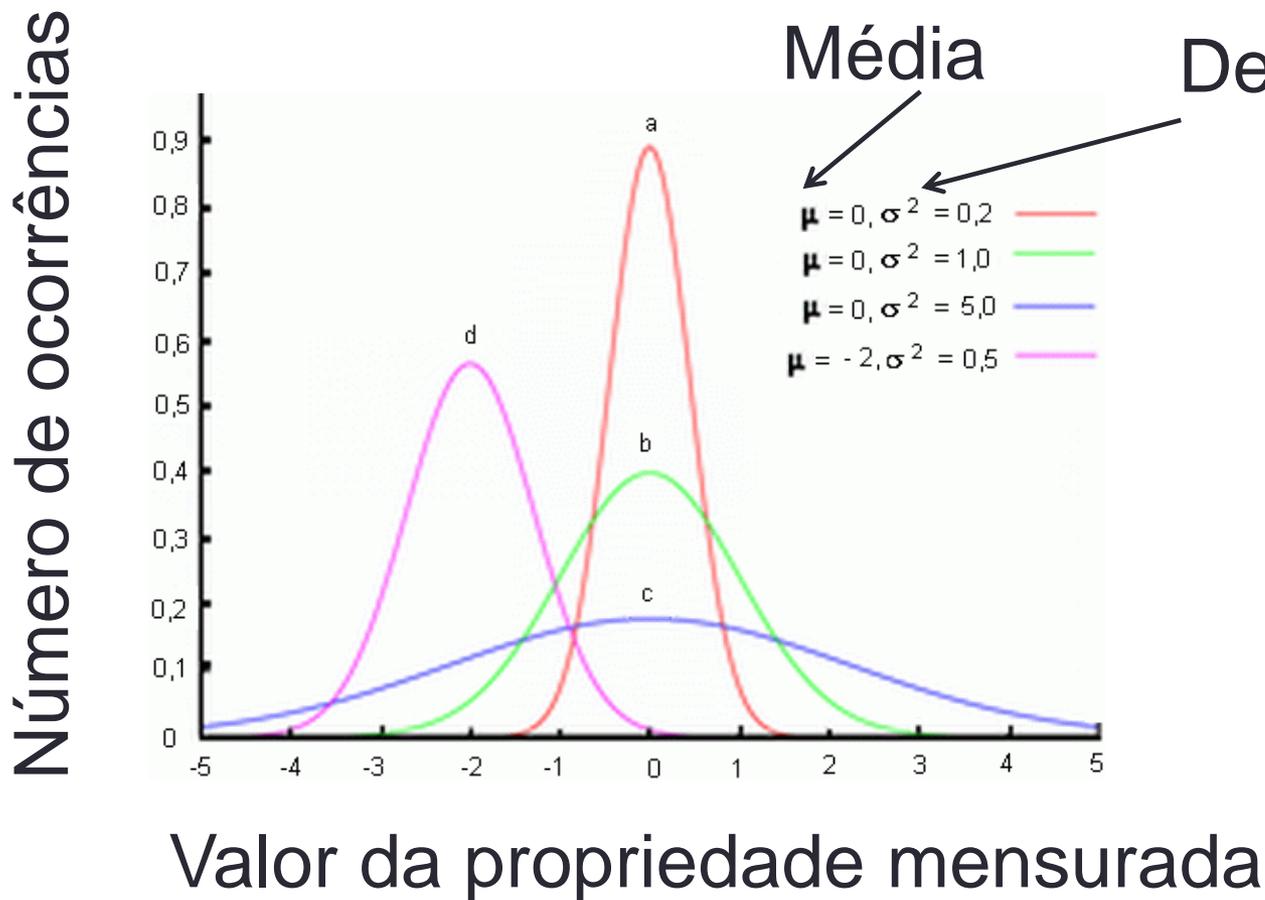


## Densidade e representatividade da amostragem de solo

### Amostragem da camada 0 a 0,2 m

- ✓  $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 2000 \text{ m}^3$
- ✓ Densidade de  $1,3 = 2600 \text{ t} = 2.600.000 \text{ kg}$
- ✓ Amostra de  $\frac{1 \text{ kg}}{2.600.000 \text{ kg}} = 0,0000003$  do todo
- ✓ Mas, no laboratório alíquota de 5 g!
- ✓  $\frac{\frac{5}{1000}}{2.600.000} = 0,000000002$  parte do **todo** → 1 ha
- ✓  $\frac{0,000000002}{20} = \mathbf{0,0000000001 = de 20 \text{ ha}}$

# Amostragem



$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

**Quanto maior a dispersão maior o número de amostras**

# Número de Subamostras

Tabela 3 – Número<sup>(1)</sup> de subamostras para os atributos de fertilidade do solos, Latossolo Vermelho Distroférico, amostrados com diferentes equipamentos em lavouras comerciais do sistema plantio direto com diferentes modos de adubação e probabilidade de erro em torno da média.

Probabilidade de erro (e) <sup>1</sup>	pH água		Índice SMP		P Mehlich-I		K Mehlich-I		Mat.Org.	
	Pá	Trado	Pá	Trado	Pá	Trado	Pá	Trado	Pá	Trado
%										
					Adubação a lanço <sup>2</sup>					
20	1	1	1	1	11	23	3	5	2	2
10	1	1	1	1	45	92	13	19	7	9
					Adubação em linha <sup>3</sup>					
20	1	1	1	1	11	46	3	11	2	3
10	4	6	2	3	44	183	13	46	7	11

<sup>1</sup>Calculado pela equação  $n = [(t_{\alpha}, CV) / e]^2$ , onde:  $n$  é o número de subamostras;  $CV$  é o coeficiente de variação;  $t$  é o valor da tabela do teste  $t$  para  $\alpha=0,05$  e  $e=10$  e  $20\%$  em relação à média.

<sup>2</sup>Sistema plantio direto com nove anos de cultivo. <sup>3</sup>Sistema plantio direto com doze anos de cultivo.

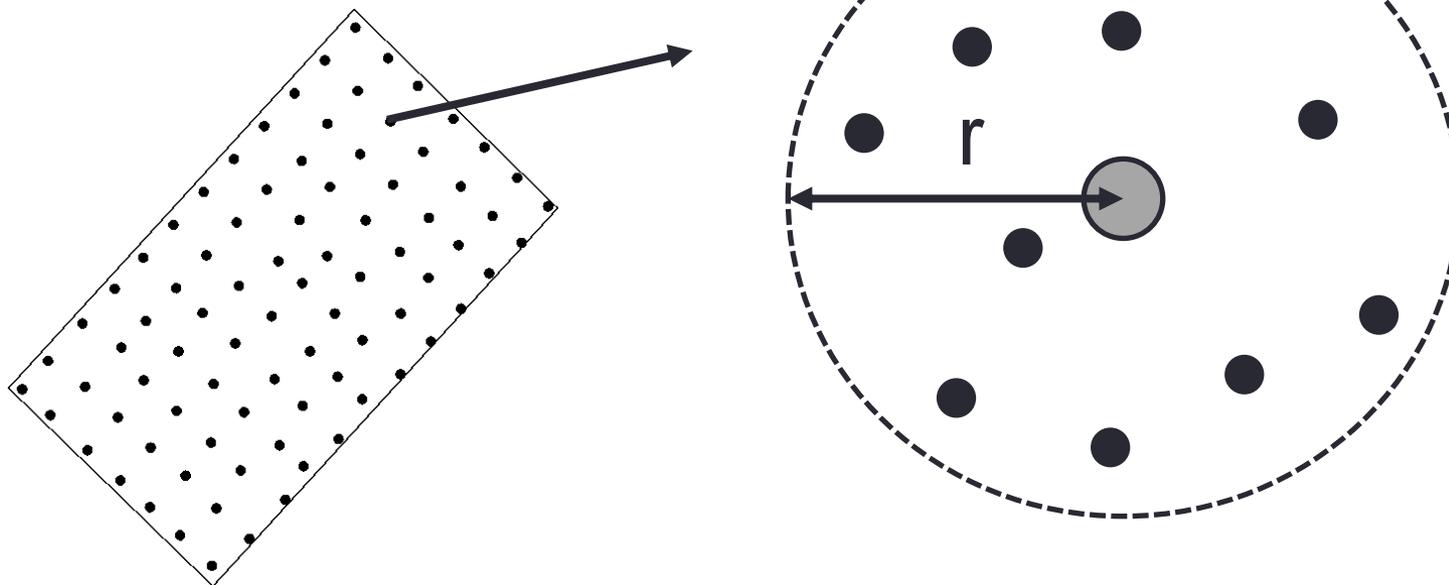
Jairo André Schindwein, Ibanor Anghinoni

**TAMANHO DA SUBAMOSTRA E REPRESENTATIVIDADE DA FERTILIDADE DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Cienc. Rural vol.32 no.6 Santa Maria Dec. 2002

# Amostragem em “grid”

- ✓ Grade regular – 8 subamostras por ponto
- ✓ Densidade desde 1 até 5 ha/amostra
- ✓ Camada 0 a 0,2 m

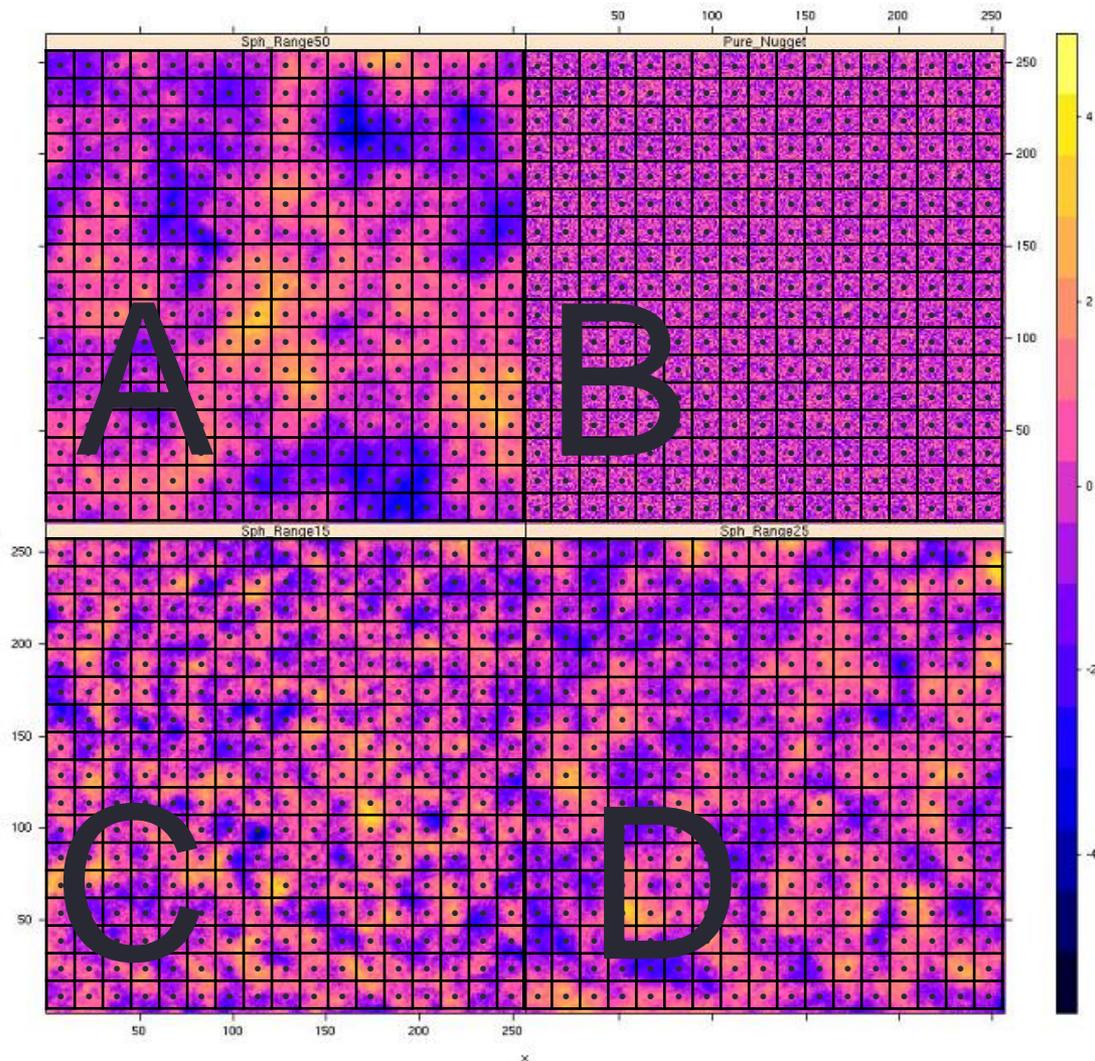


Fonte: Associação Brasileira de Prestadores de Serviços de Agricultura de Precisão, 2015

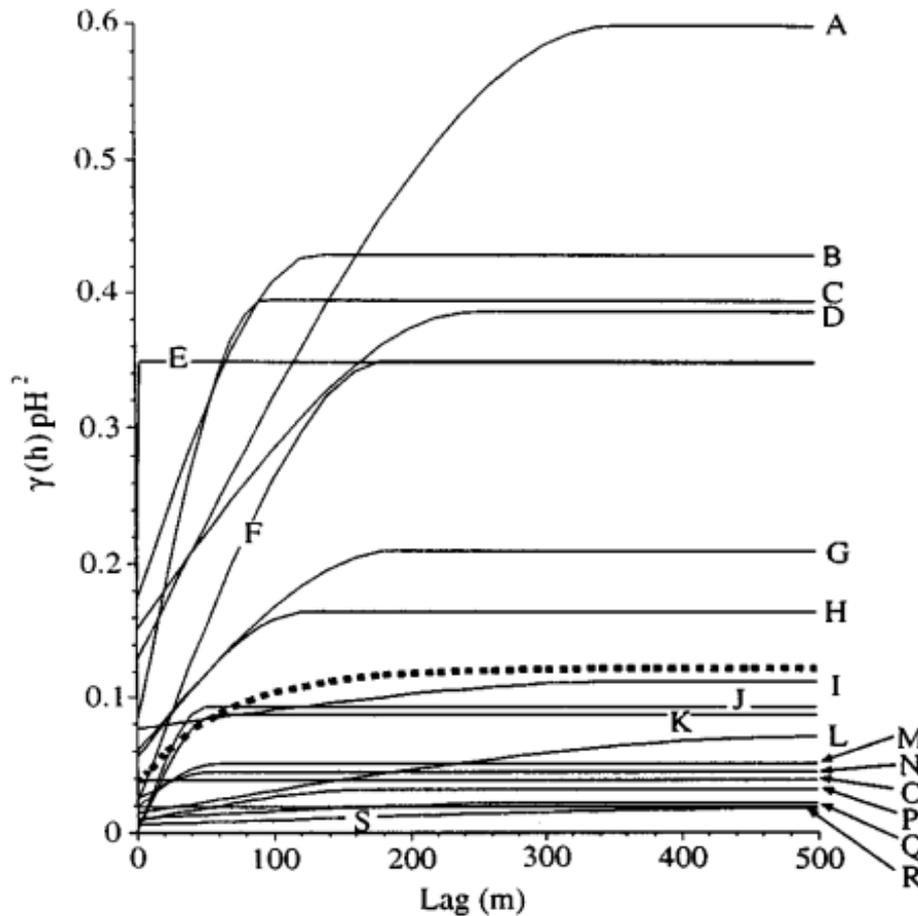
# Variabilidade Espacial

## Amostragem sistemática em pontos

Capacidade de representar a variabilidade espacial é limitada pela densidade amostral, variabilidade induzida, erros na predição espacial



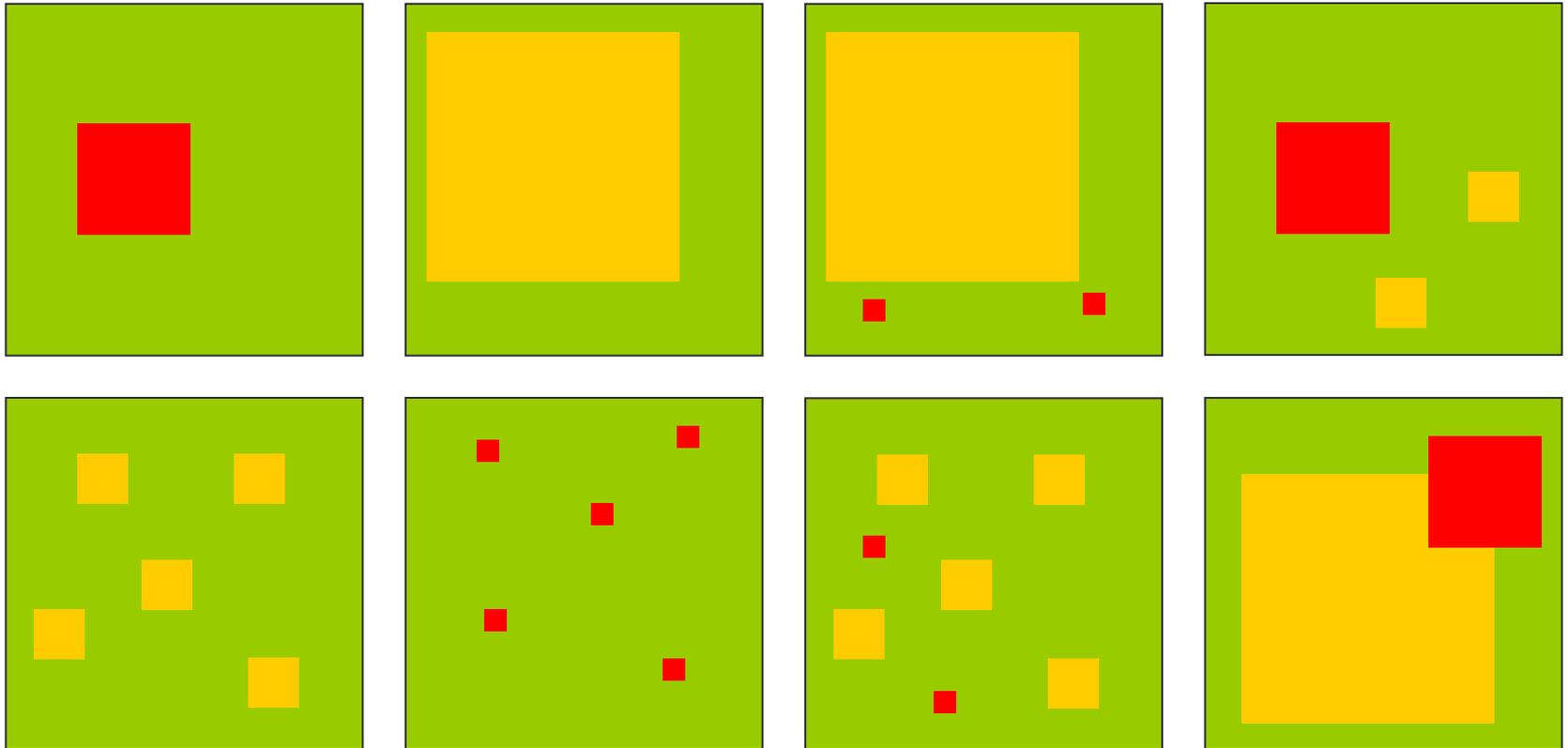
# Dependência Espacial



- A - Pierce *et al.* (1995), Durand
- B - Mulla (1993)
- C - Pierce *et al.* (1995), Adrian
- D - Adderley *et al.* (1997)
- E - Uehara *et al.* (1985)
- F - Webster & McBratney (1987)
- G - Pierce *et al.* (1995), Plainwell
- H - Birrell *et al.* (1996)
- I - Berry (1996)\*
- J - Kristensen *et al.* (1995), Riso
- K - Kristensen *et al.* 1995, Vindum
- L - Tabor *et al.* (1985)
- M - Laslett *et al.* (1987), CaCl<sub>2</sub>
- N - Laslett *et al.* (1987), Water
- O - Campbell (1978), Pawnee
- P - Kelso (1996)\*
- Q - Shatar (1996)
- R - Campbell (1978), Ladysmith
- S - Rowlands A1 (1996)\*

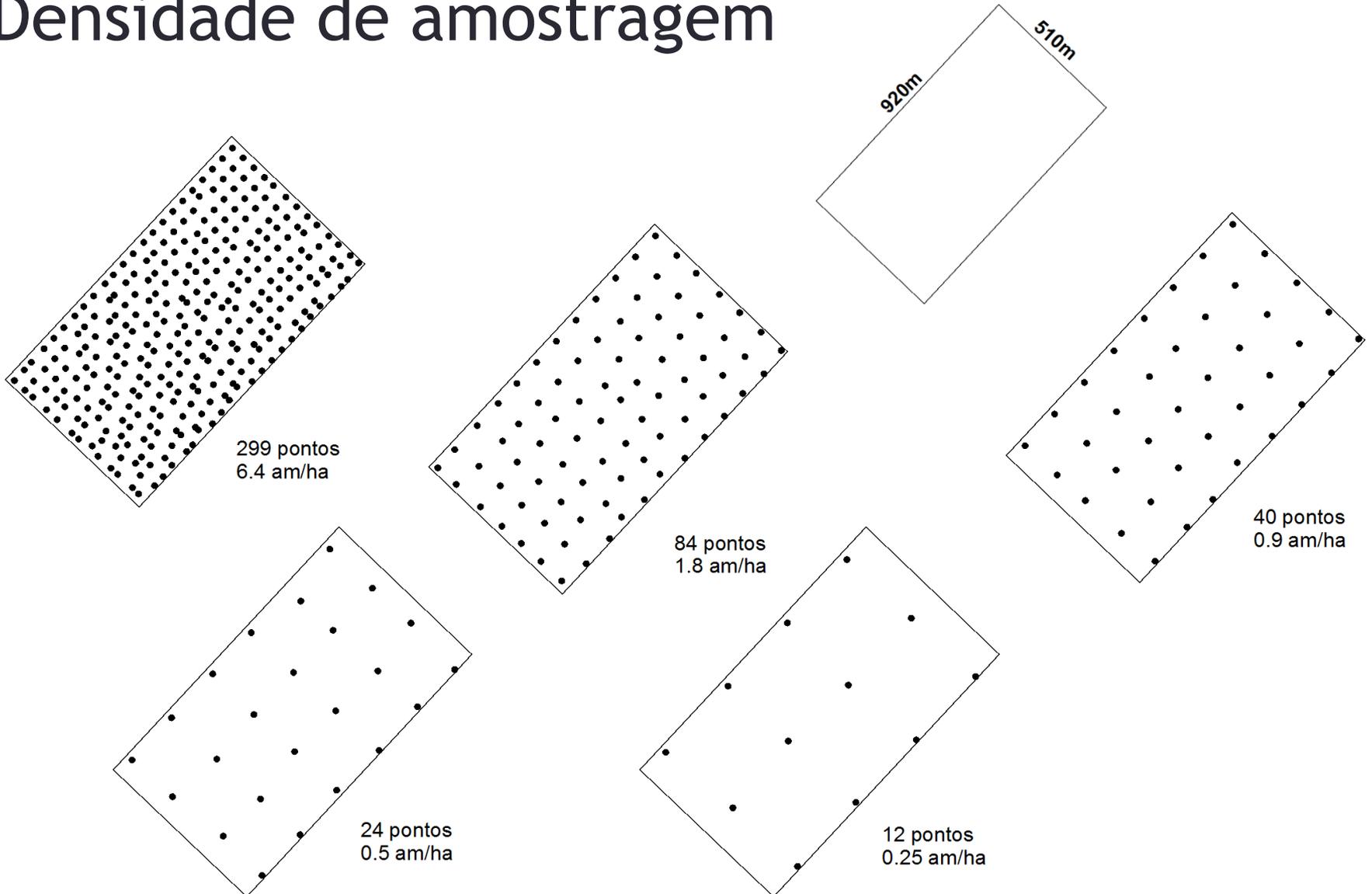
Estimating Average and Proportional Variograms of Soil Properties and Their Potential Use in Precision Agriculture  
 . B. MCBRATNEY AND M. J. PRINGLE, Precision Agriculture, 1, 125-152 (1999)

# Amostragem para variabilidade espacial

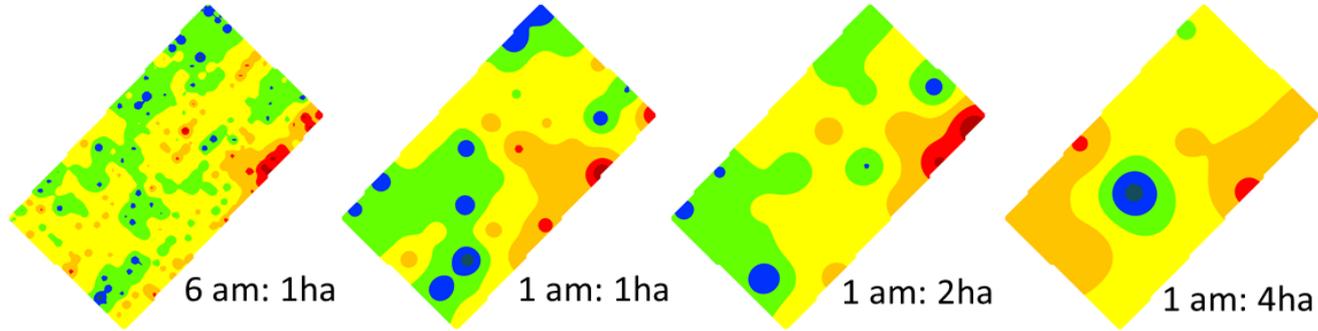
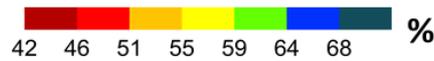


# Estudo de caso: lavoura no Mato Grosso

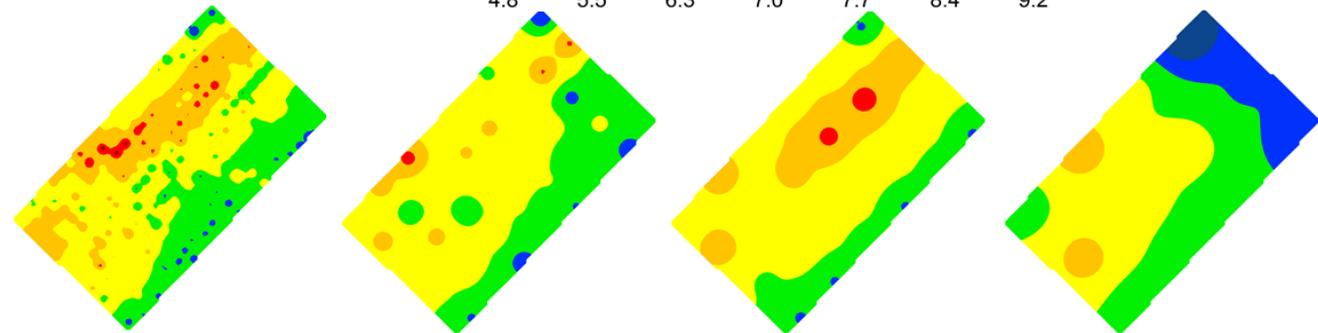
## Densidade de amostragem



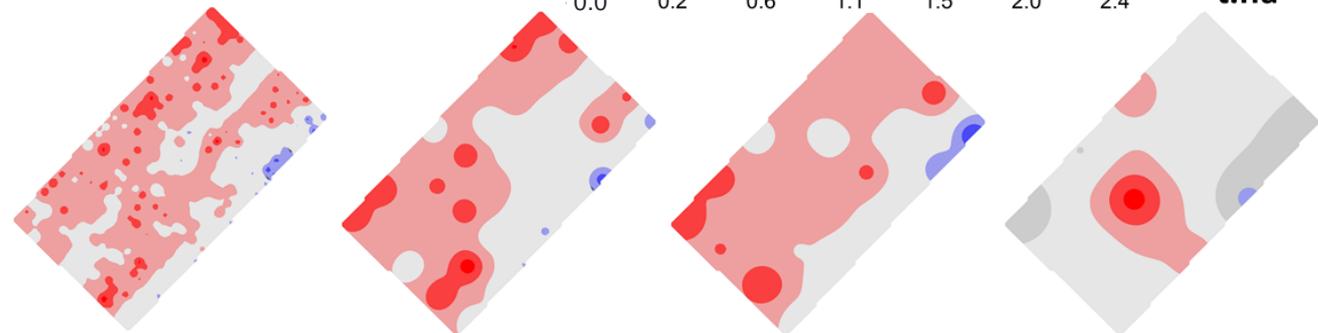
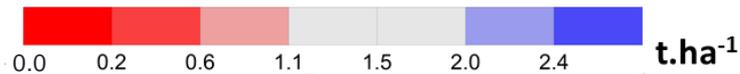
Saturação por bases



CTC



Prescrição - Calagem



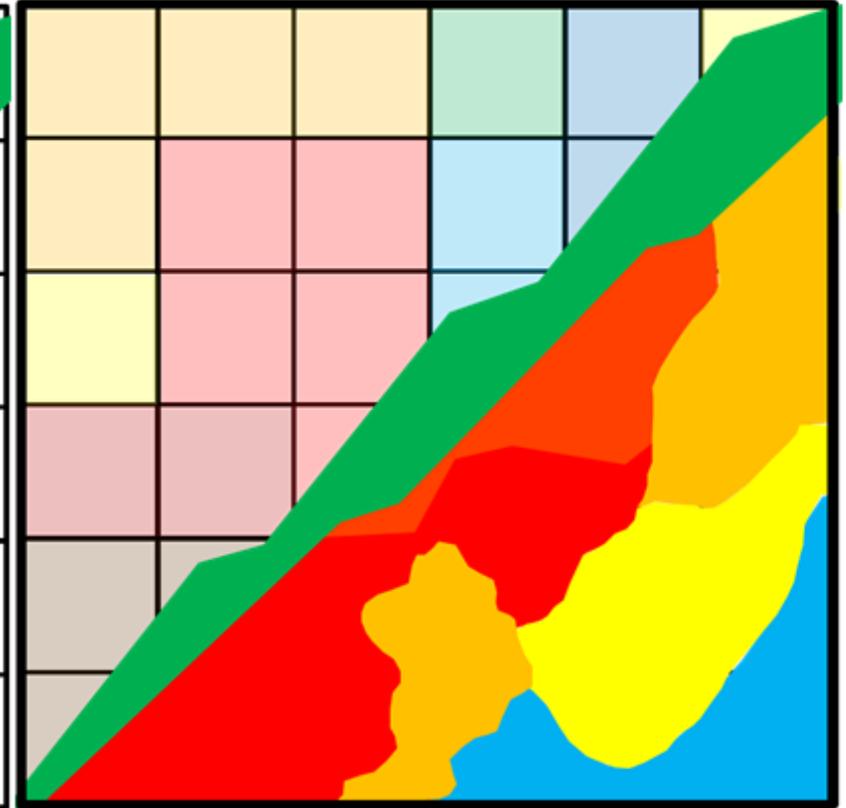
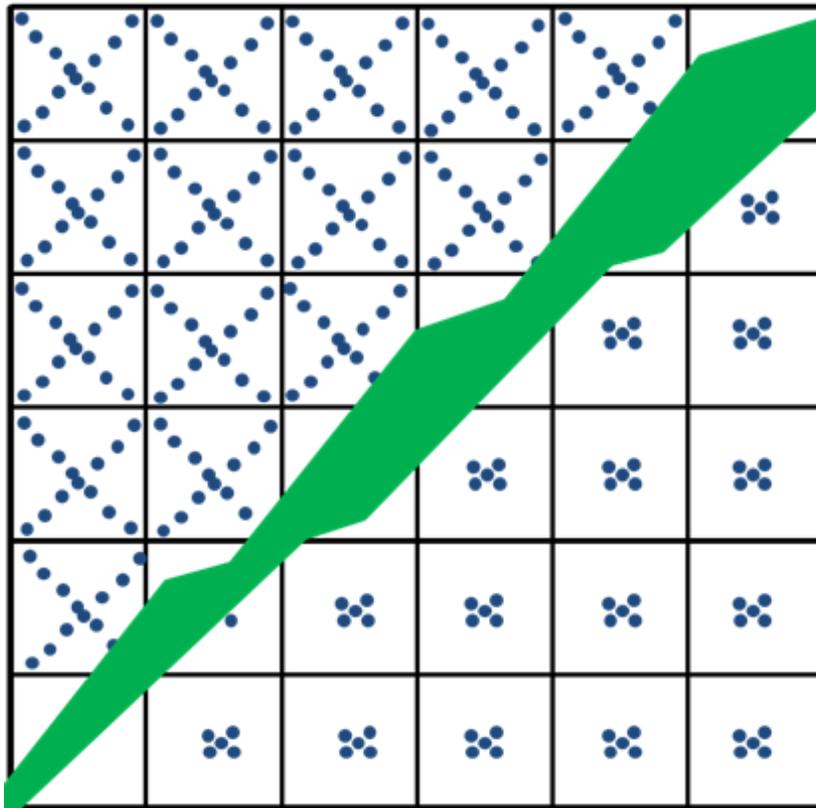
**1 amostra para  
2 hectares**

**Adequado para a  
maioria das  
condições**

## Amostragem localizada para manejo de nutrientes

Amostragem em células

Mapa = valor da amostra



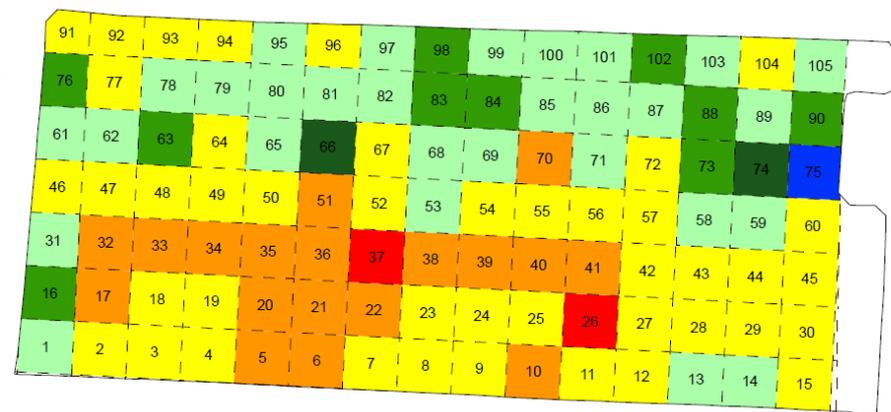
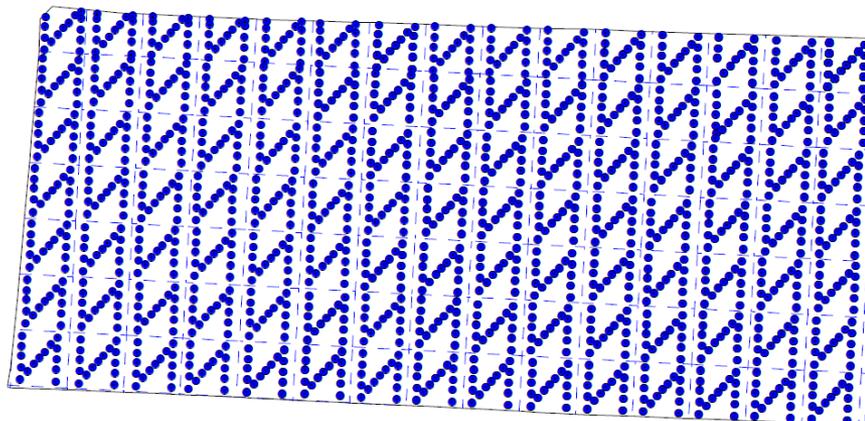
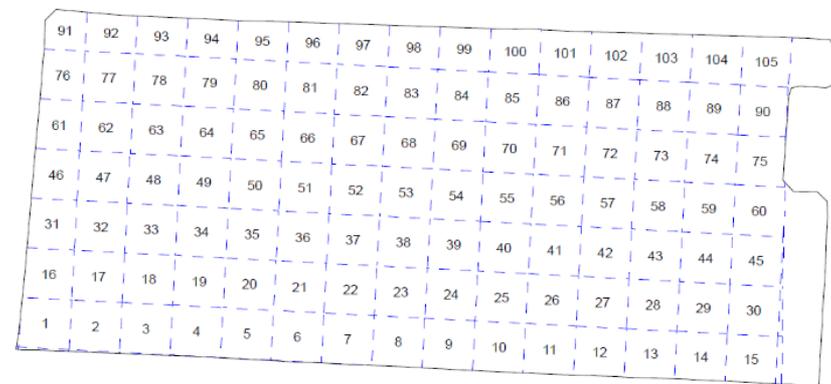
Amostragem em pontos

Mapa = estimativa

# Alternativa à amostragem em pontos

## Amostragem sistemática em células

- ✓ Maior número de subamostras
- ✓ Maior tempo de coleta
- ✓ Menor densidade
- ✓ Menor frequência



# Cuidados na Caracterização da Variabilidade

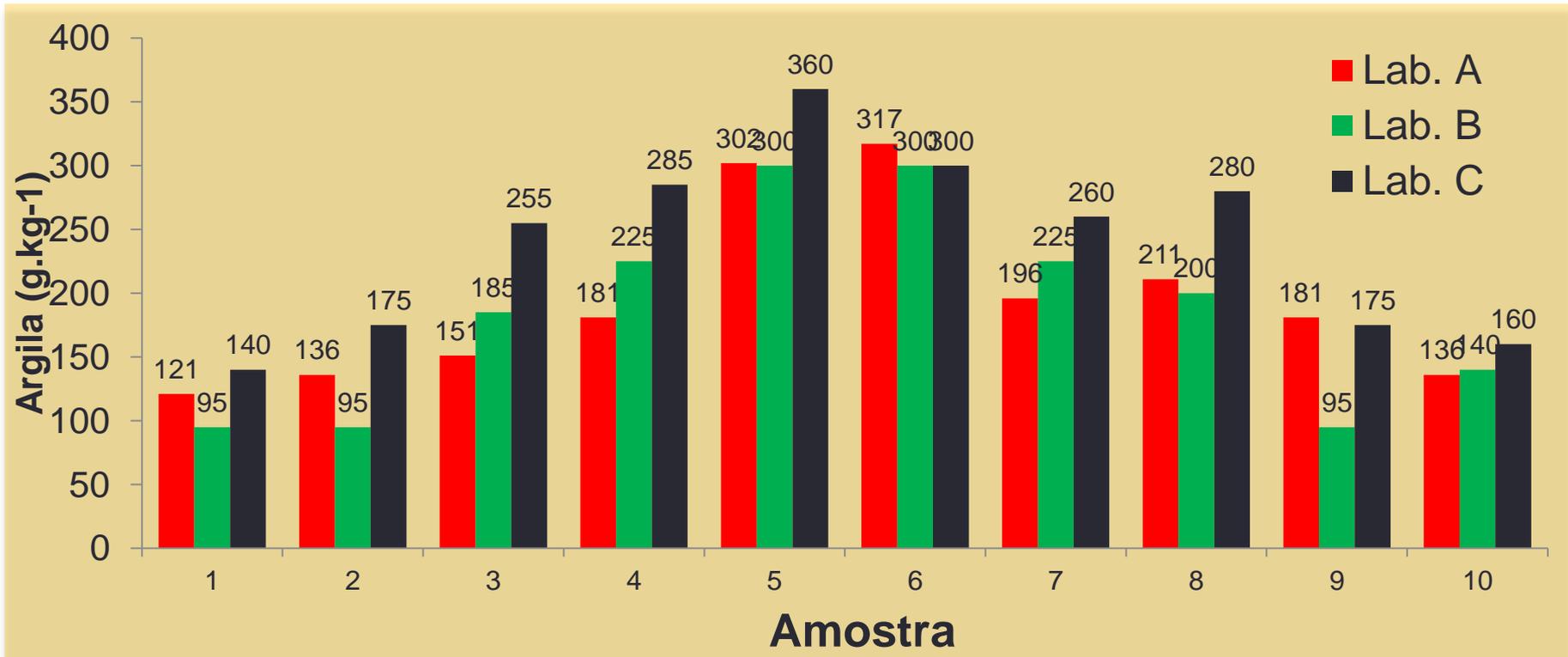
## Aplicações em Superfície

Estratificação dos teores de nutrientes – Ferramenta de coleta adequada?

Prof.	pH <sub>CaCl2</sub>	P	K	Ca	Mg	Al	MO	SB	CTC	V%
0-2,5	5,5	19,8	0,37	5,4	1,5	0,0	4,1	7,3	10,6	69
2,5-5,0	5,2	13,7	0,27	3,8	1,2	0,0	4,0	5,3	10,3	51
5,0-7,5	4,6	12,4	0,21	2,4	0,8	0,3	3,8	3,4	9,8	35
7,5-10	4,5	8,4	0,14	1,9	0,7	0,3	3,5	2,7	9,5	29
10-12,5	4,5	3,9	0,12	1,7	0,6	0,4	3,7	2,4	9,6	25
12,5-15	4,4	1,7	0,12	1,1	0,5	0,4	3,0	1,7	8,2	21
15-17,5	4,3	1,4	0,10	0,6	0,3	0,4	2,4	1,0	6,4	16
17,5-20	4,3	0,6	0,10	0,4	0,2	0,5	2,2	0,7	6,2	11
<b>0-20</b>	<b>4,7</b>	<b>7,6</b>	<b>0,19</b>	<b>2,3</b>	<b>0,9</b>	<b>0,2</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>9,2</b>	<b>37</b>

# Cuidados na Caracterização da Variabilidade

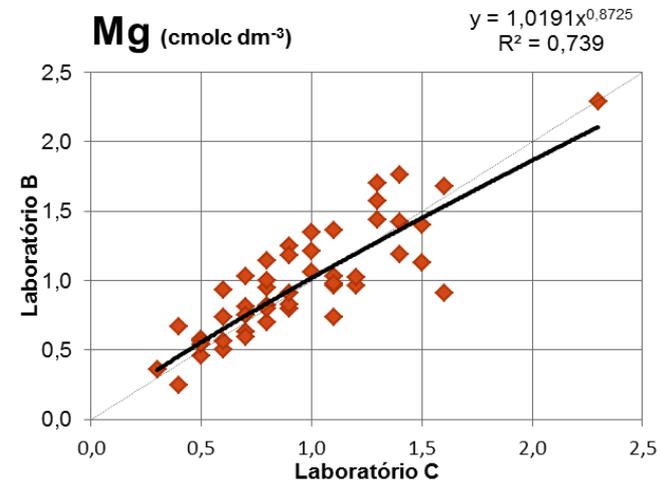
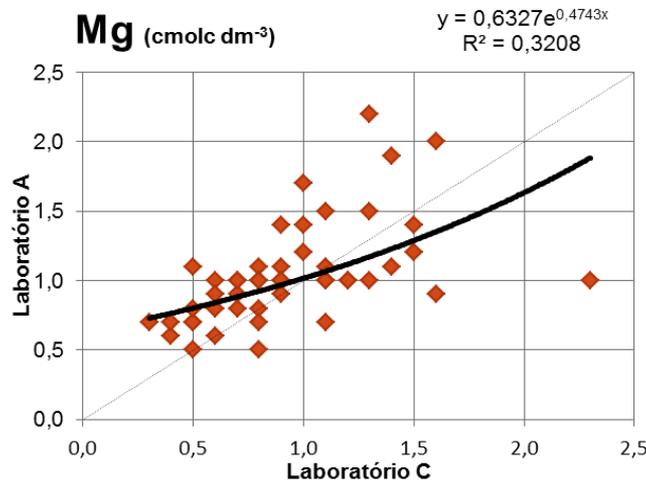
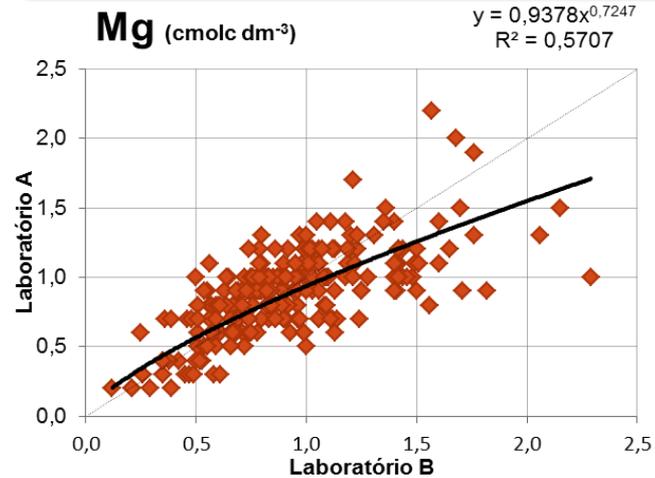
## Qualidade dos resultados analíticos



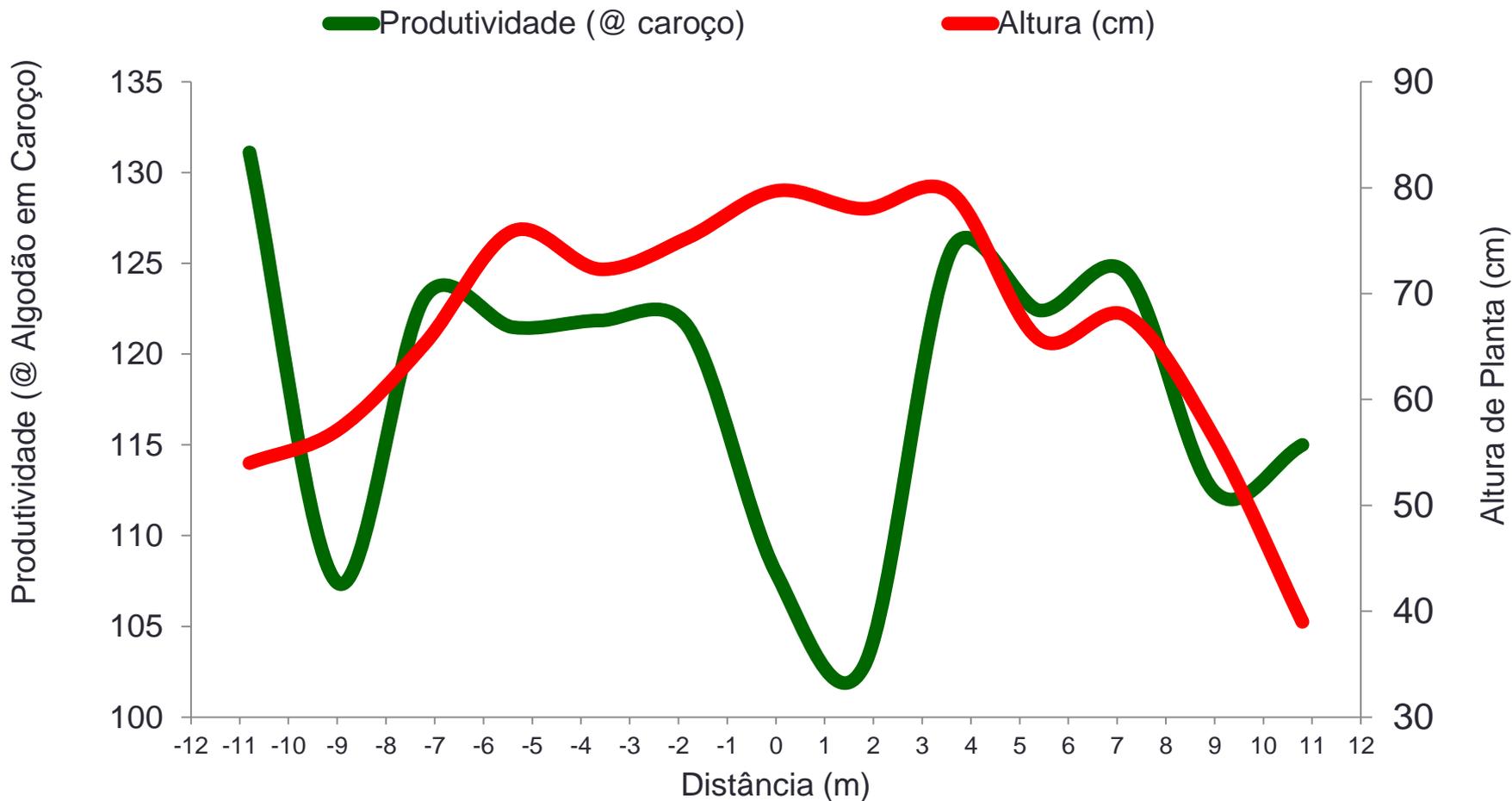
# Cuidados na Caracterização da Variabilidade

## Qualidade dos resultados analíticos

Magnésio

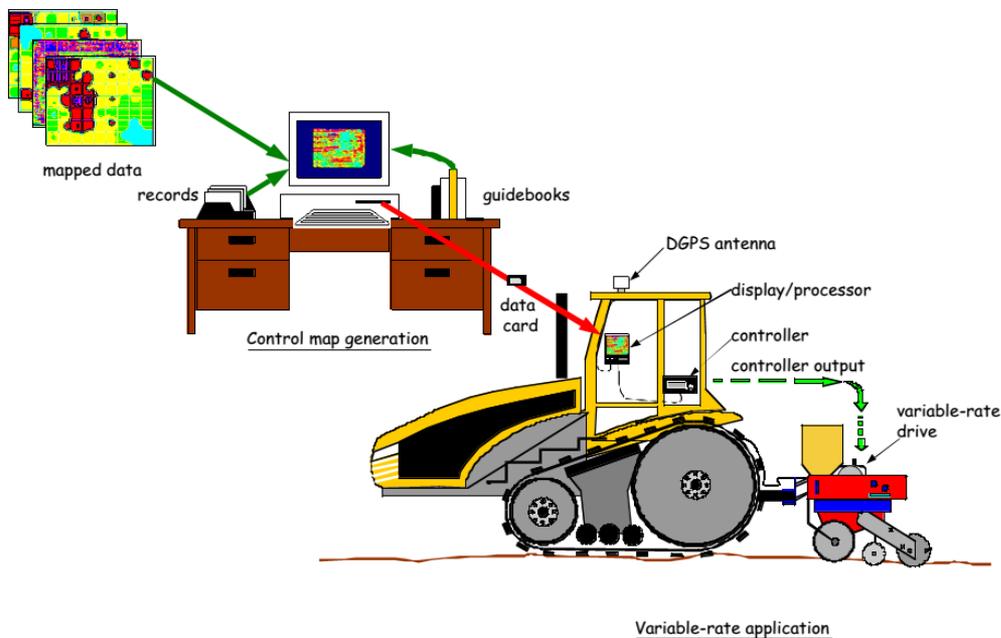


# Cuidados na Aplicação de Fertilizantes

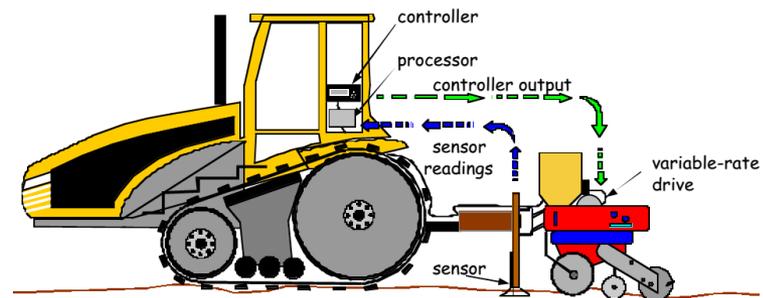


# Estratégias nas Aplicações em Taxas Variadas

## Mapa de Prescrição



## Sensor – “tempo real”



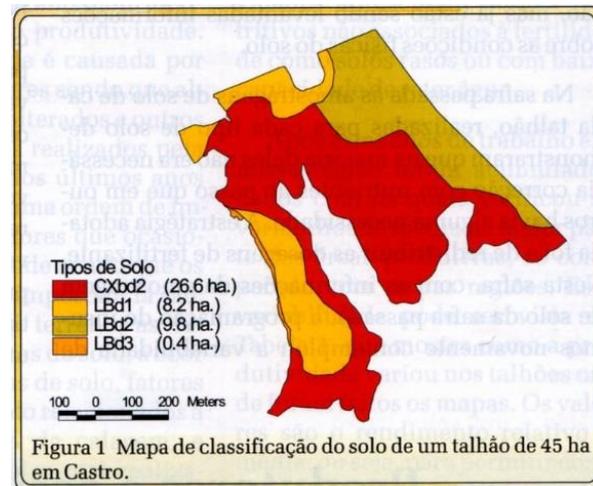
# Estratégias para melhorar manejo da variabilidade



## Aumento da rentabilidade através do gerenciamento localizado

✓ Engº Agrº Leandro M. Gimenez  
Fundação ABC / Mecanização Agrícola  
mecaniza@fundacaoabc.org.br

✓ Téc. Agric. Wagner P. G. dos Anjos  
Fundação ABC / Mecanização Agrícola  
wagner@fundacaoabc.org.br



**Tabela 3 – Produtividade e rentabilidade para três talhões e seus diferentes tipos de solo.**

	Solo	Área ha	Produtividade kg/ha	Receita *	Renda Bruta **	Diferença
					R\$/ha	
Talhão 1 Milho	CXbd2	26,6	8666	2167	174	-291
	LBd2	9,8	8770	2193	200	-265
	LBd1	8,2	9828	2457	464	0
Talhão 2 Milho	CXbd1	6,4	9104	2276	283	0
	CXbd2	12,6	7916	1979	-14	-297
	LBd2	3,9	8237	2059	66	-217
Talhão 3 Soja	Oys	36,5	2735	1276	292	-47
	GMdh	11,6	2836	1323	339	0
	CXbd1	10,9	2687	1254	270	-70

\* Valores utilizados: R\$15,00/sc milho e R\$28,00/sc soja.

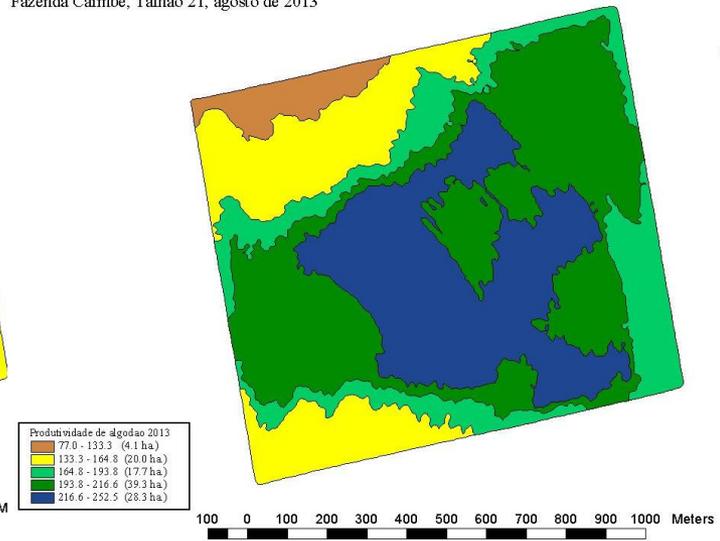
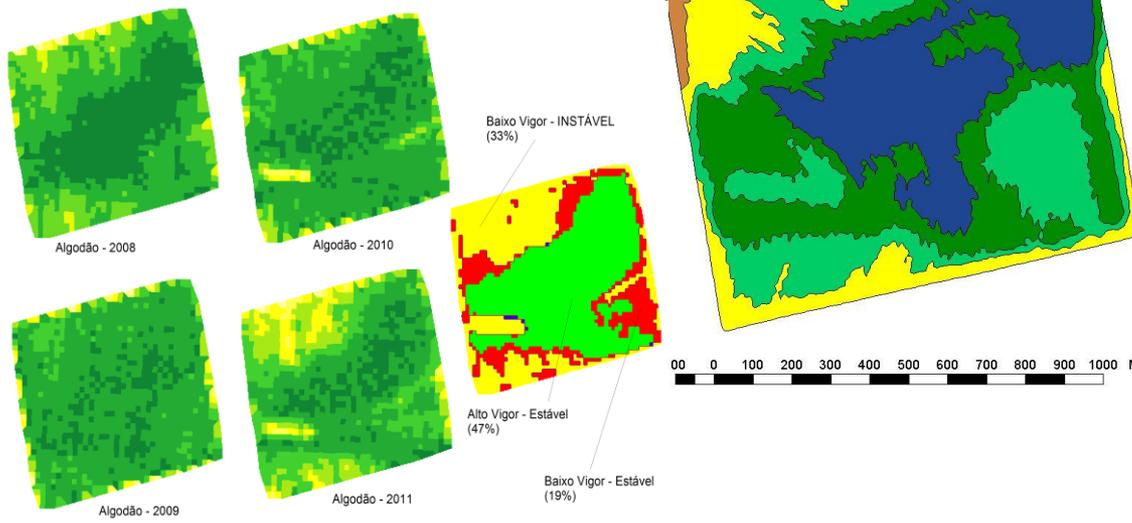
\*\* Considerando apenas os custos variáveis/desembolso para a safra 2005/2006, R\$1993.00/ha para Milho e R\$ 984.00/ha para Soja.

### Unidade de manejo

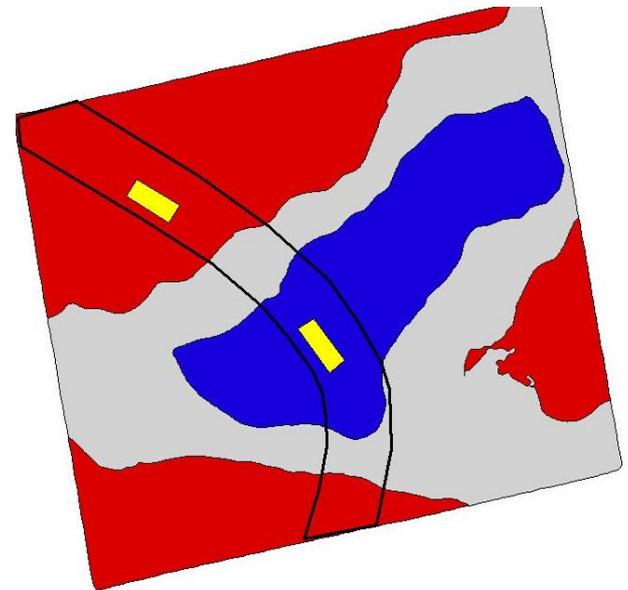
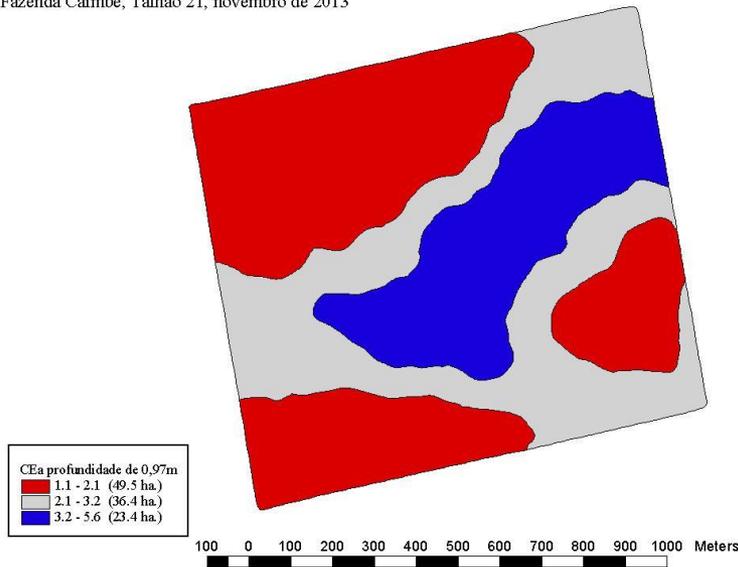
Região em um campo que apresenta uma combinação de fatores restritivos à produtividade relativamente uniforme, e para a qual doses uniformes de insumos podem ser utilizadas

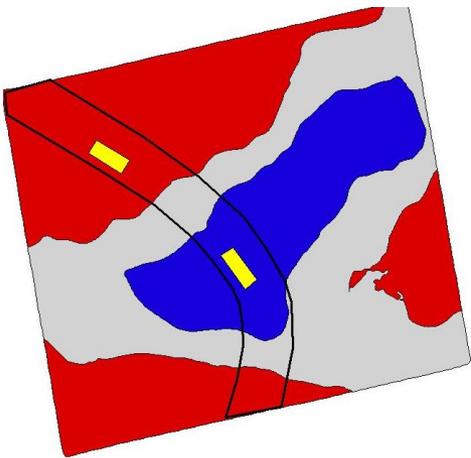
Fazenda Caimbé, Talhão 21, julho de 2012

Fazenda Caimbé, Talhão 21, agosto de 2013



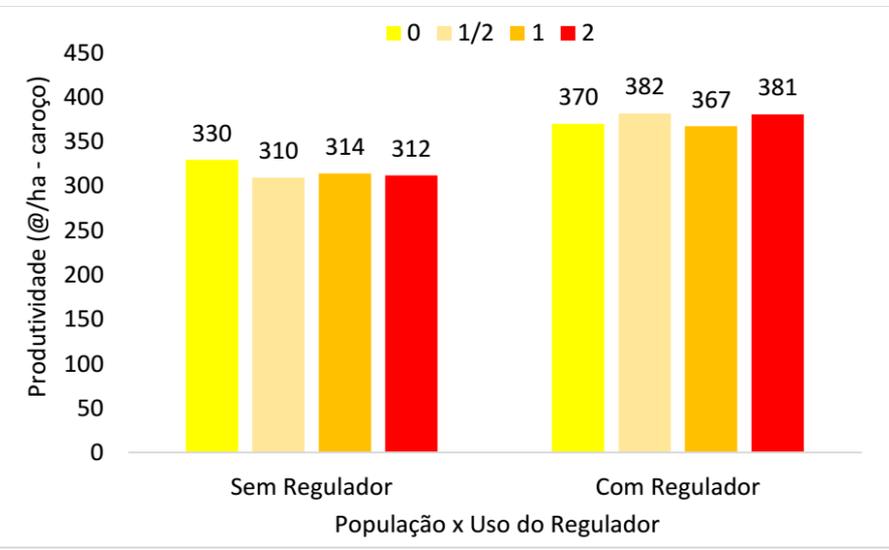
Fazenda Caimbé, Talhão 21, novembro de 2013



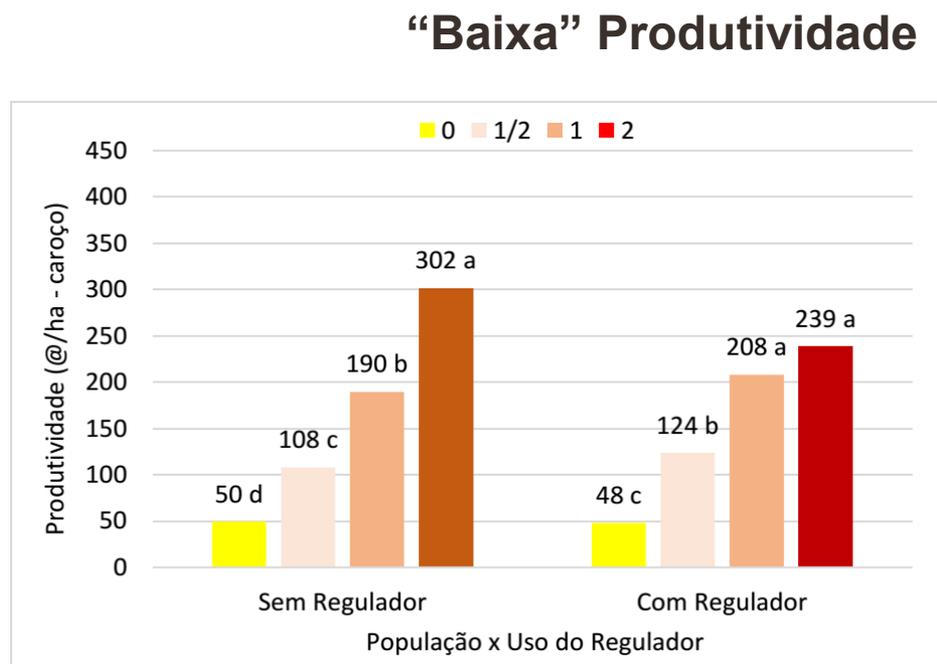


Ambiente*	Regulador	População, pl ha <sup>-1</sup>	Adubação de Cobertura**
Baixa Produtividade	Com	111.111	0
		89.000	½ da recomendada
Alta Produtividade	Sem	61.000	1 (padrão/recomendada)
			2 x a recomendada

\*Ambientes definidos em função do mapa de produtividade e do mapa de condutividade elétrica aparente do solo (CEa). \*\*A adubação de semeadura foi a mesma para todos os tratamentos e a adubação de cobertura padrão foi composta por duas aplicações de 90 kg ha<sup>-1</sup> de K2O, três aplicações de 27 kg ha<sup>-1</sup> de S e quatro aplicações de N sendo de 32, 46, 46 e 46 kg ha<sup>-1</sup>.

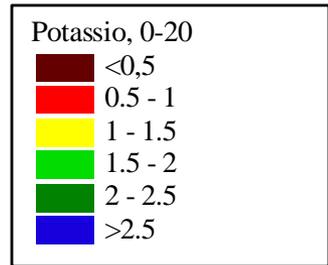
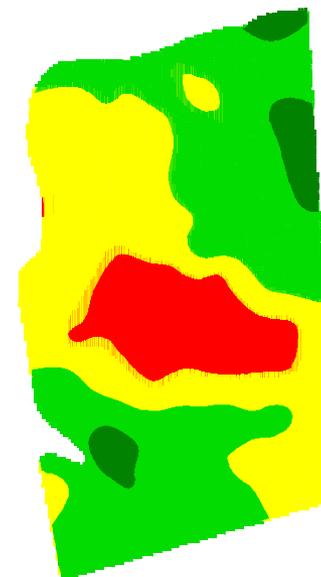
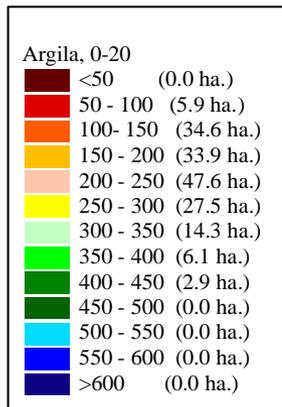
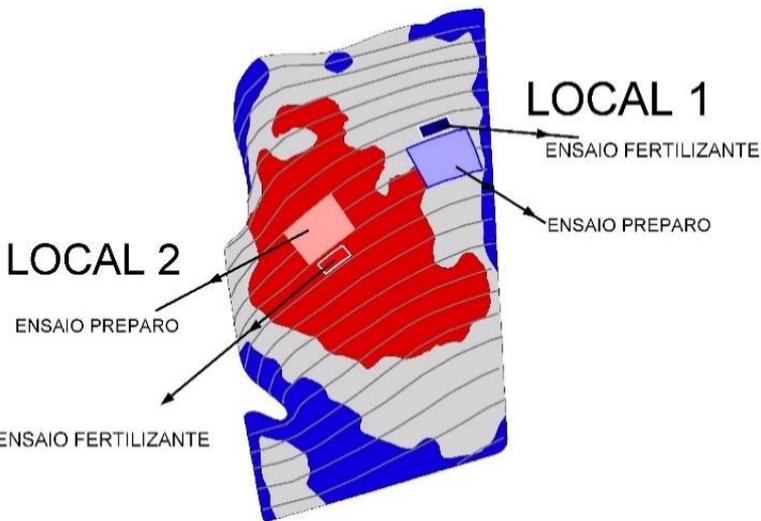


“Alta” Produtividade



# Efeito da adubação Localizada - Soja

Fazenda Rancho Alegre, Talhão 171



Mata

LOCAL 1

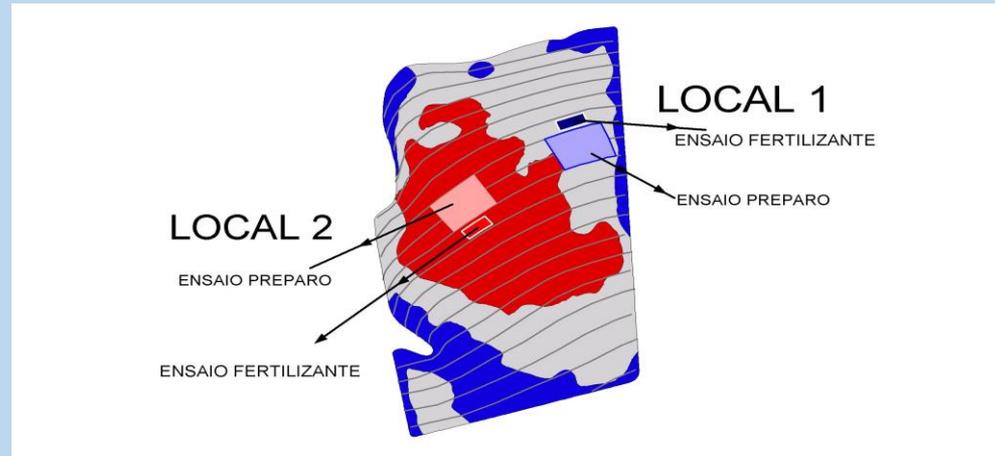
10m

4	6	2	1	3	5	1	5	6	2	4	3
48	47	46	45	44	43	24	23	22	21	20	19
6	2	3	5	1	4	2	3	1	4	5	6
42	41	40	39	38	37	18	17	16	15	14	13
3	4	1	6	5	2	1	3	6	4	2	5
36	35	34	33	32	31	12	11	10	9	8	7
1	6	4	2	5	3	6	5	2	4	1	3
30	29	28	27	26	25	6	5	4	3	2	1

5,85 m

Carreador principal

TRAT	N	K2O	P2O5
1	0	0	40
2	0	40	40
3	0	80	40
4	40	0	40
5	40	40	40
6	40	80	40



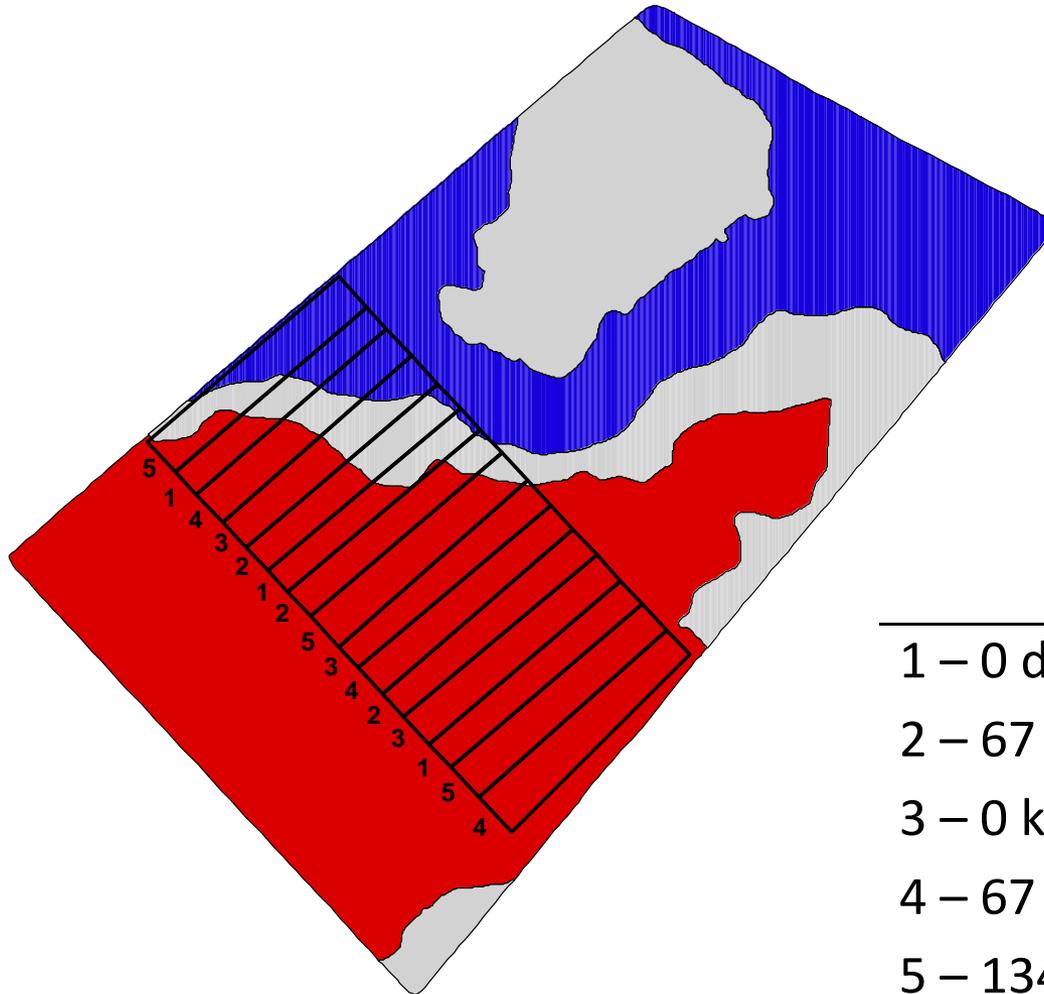
BLOCO DO EXPERIMENTO DE GESSO E PREPARO

# Resultados

## Produtividade, kg/ha

Adução	Local 1, maior CEa	Local 2, menor CEa	
N=0 + K <sub>2</sub> O=0	3939	3296	
N=0 + K <sub>2</sub> O=40	3875	3702	
N=0 + K <sub>2</sub> O=80	3822	3620	
N=40 + K <sub>2</sub> O=0	3914	3327	
N=40 + K <sub>2</sub> O=40	3955	3565	
N=40 + K <sub>2</sub> O=80	3941	3571	p-valor
Média	3908a	3513b	0,0001
p-valor teste F	0,8435	0,4995	
CV (%)	6	14	

# Efeito da adubação Localizada - Soja



## Adubação

- 
- 1 – 0 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0 de K<sub>2</sub>O
  - 2 – 67 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0 de K<sub>2</sub>O
  - 3 – 0 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 de K<sub>2</sub>O
  - 4 – 67 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 de K<sub>2</sub>O
  - 5 – 134 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 240 de K<sub>2</sub>O
-

# Caracterização do Solo

Prof.	Parâmetro	MO	pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	M%	AT	Silte	Argila
0-10	Média	28,6	5,9	69	-	1,3	48,5	21,4	0,1	19,1	71,3	90,3	78	0,2	-	-	-
0-10	CV %	33,5	4,3	19	-	53,4	22,3	24,0	31,7	21,7	21,9	16,3	7	32,7	-	-	-
0-10	CEa alta	28	6,0	65	-	2,16	62,25	34,76	0,13	14,72	99,17	113,80	87	0,13	-	-	-
0-10	CEa média	24	6,2	91	-	0,75	49,40	24,44	0,08	16,35	74,59	90,94	82	0,11	-	-	-
0-10	CEa baixa	18	6,1	67	-	0,43	31,29	15,93	0,04	16,35	47,65	64,00	74	0,09	-	-	-
10-20	Média	23,3	5,2	26	-	1,0	23,3	10,3	0,5	27,1	34,6	61,7	56	1,9	808	19	173
10-20	CEa alta	25	5,7	28	-	1,90	36,56	15,75	0,17	18,17	54,21	72,38	75	0,32	756	17	227
10-20	CEa média	18	5,8	39	-	0,62	30,09	16,83	0,17	16,35	47,54	63,89	74	0,36	905	20	75
10-20	CEa baixa	25	5,6	27	-	0,56	23,28	12,31	0,13	18,17	36,14	54,31	67	0,36	910	15	75
20-40	Média	15,5	4,6	8	6	0,6	6,0	3,1	2,1	27,2	9,7	36,9	26	19,9	-	-	-
20-40	CEa alta	16	4,3	6	11	1,07	9,66	4,89	0,24	22,43	15,62	38,05	41	1,48	-	-	-
20-40	CEa média	16	5,3	15	3	0,41	13,29	8,87	0,18	18,17	22,57	40,74	55	0,78	-	-	-
20-40	CEa baixa	12	5,1	12	3	0,29	6,37	3,62	0,12	20,19	10,27	30,46	34	1,13	-	-	-

# Resultado da Análise de Variância

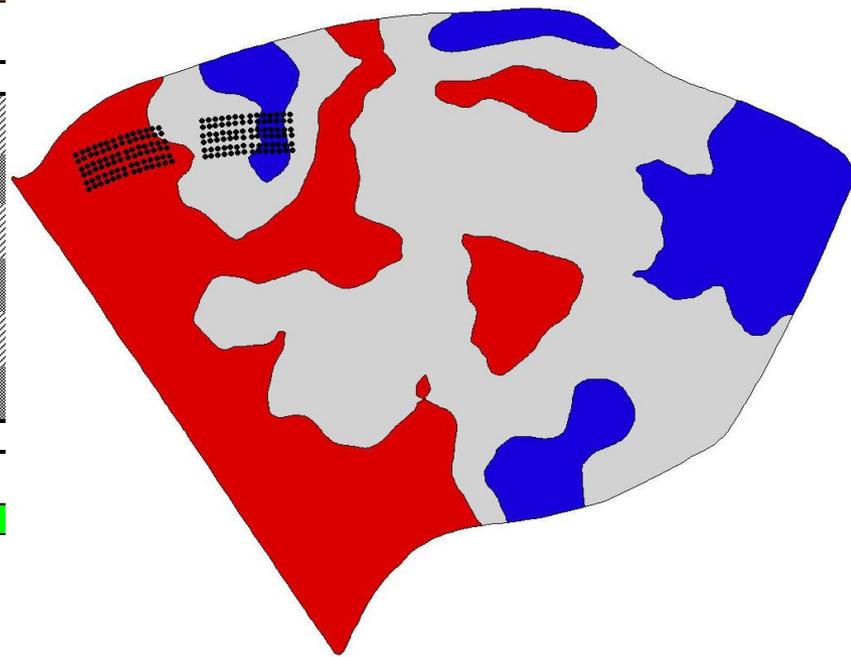
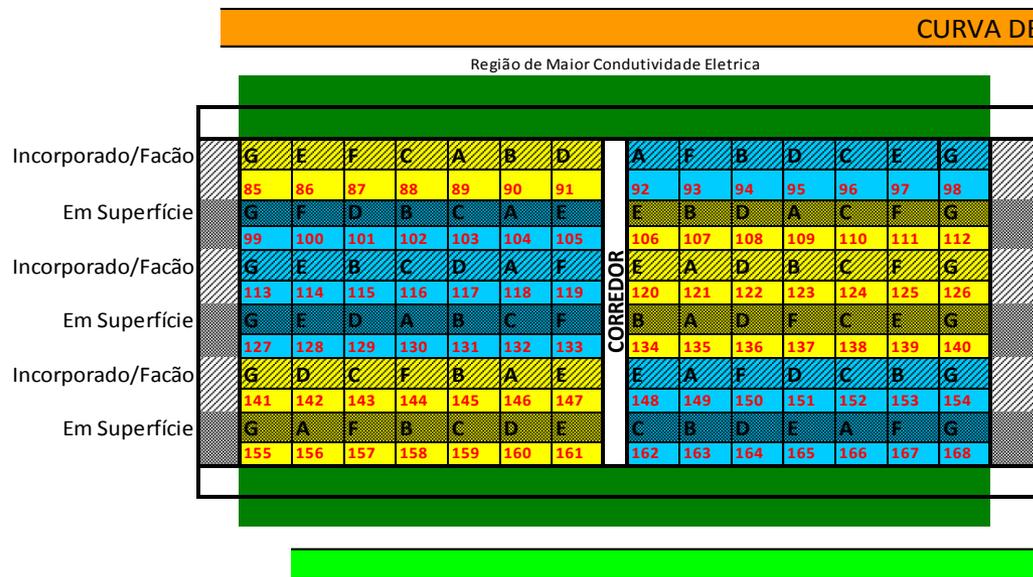
Causa de Variação	p-valor	
	Pop. Final	Produtividade
Local	0,0036	0,0001
População	0,0001	0,9672
Adubação	0,0001	0,0001
Local x População	0,0001	0,5155
Local x Adubação	0,0047	0,0284
População x Adubação	0,7261	0,5685
Local x Adubação x População	0,6958	0,4133

# Resultado – Médias

Adubação	Produtividade, kg/ha		
	Local A, maior CEa	Local M, CEa Interm.	Local B, menor CEa
1 – 0 de P2O5 e 0 de K2O	3799	2284 C	1930 B
2 – 67 kg/ha de P2O5 e 0 de K2O	3585	2584 BC	2134 AB
3 – 0 kg/ha de P2O5 e 120 de K2O	3770	2480 BC	2037 AB
4 – 67 kg/ha de P2O5 e 120 de K2O	3896	2990 A	2330 A
5 – 134 kg/ha de P2O5 e 240 de K2O	3768	2788 AB	2303 A
Média	3764 (100)	2630 (70)	2150 (57)
p-valor teste F	0,1858	0,0001	0,0065
CV (%)	8,2	12,5	13,6

\*Médias seguidos de mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

CROQUI PARA IMPLANTAÇÃO DE EXPERIMENTO - FAZ. ANA PAULA TALHÃO 47



- Legenda**
- Incorporado
  - Superfície
  - 0 kg de supersimples
  - 250 kg/ha de supersimples
  - A KCL = 0
  - B 150 kg/ha de KCL em superfície na semeadura
  - C 75 kg/ha de KCL semeadura + 75 cobertura
  - D 1000 kg/ha de gesso + 75 kg/ha de KCL semeadura + 75 cobertura
  - E 7000 kg/ha de esterco
  - F 390 kg/ha de uréia + 1150 Supersimples + 292 Kcl
  - G 10000 kg/ha de casquinha de algodão
  - X Número da parcela

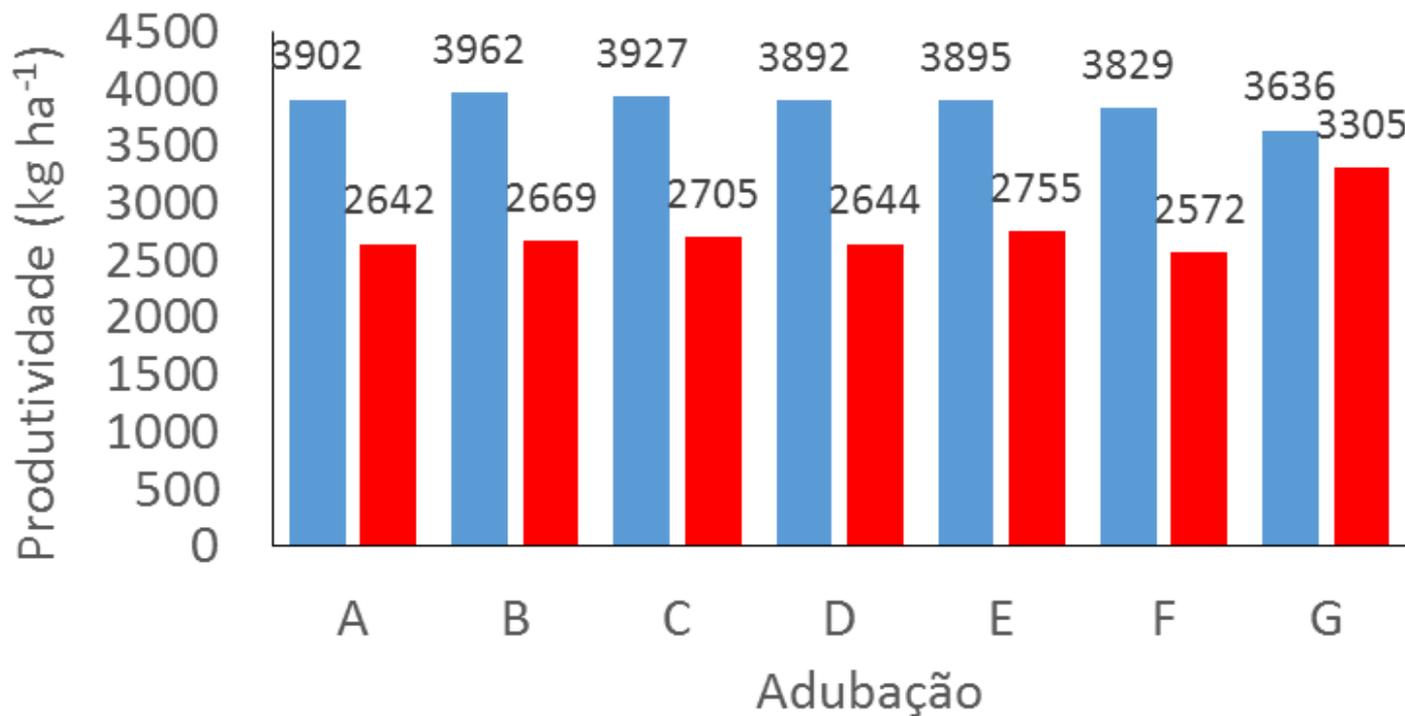
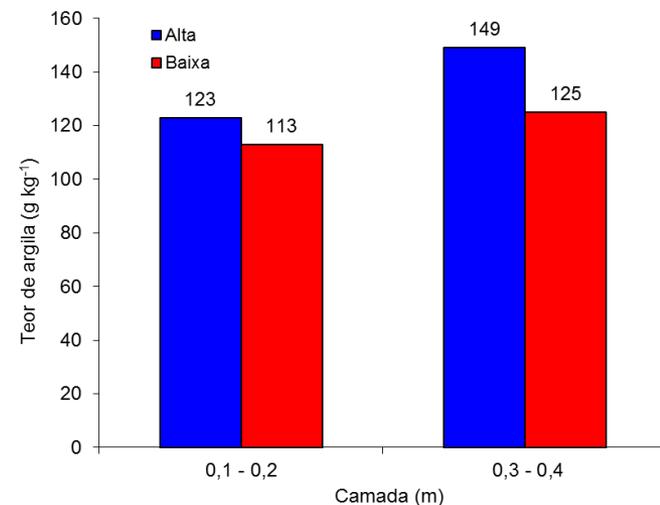
# Serra da Petrovina – MT

## Mobilização

## Aplicação de fósforo

## Adubação

A	KCL = 0
B	150 kg/ha de KCL em superfície na semeadura
C	75 kg/ha de KCL semeadura + 75 cobertura
D	1000 kg/ha de gesso + 75 kg/ha de KCL semeadura + 75 cobertura
E	7000 kg/ha de esterco
F	390 kg/ha de uréia + 1150 Supersimples + 292 Kcl
G	10000 kg/ha de casquinha de algodão



## Unidade de Manejo

Região em um campo que apresenta uma combinação homogênea de fatores para a qual uma estratégia ótima de manejo pode ser adotada

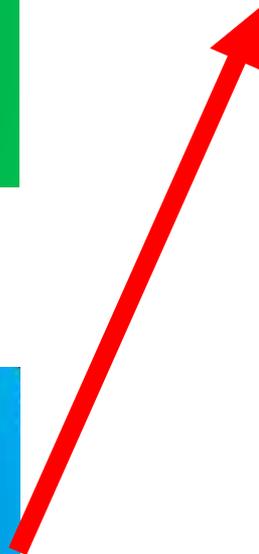
**Meio termo entre o manejo em taxa única e o contínuo**

# Delimitação de unidades de manejo

Mapeamento da  
variabilidade na  
produtividade ou vigor  
de plantas



Mapeamento da  
variabilidade em  
propriedades  
temporalmente estáveis  
do solo



Análise de  
agrupamento



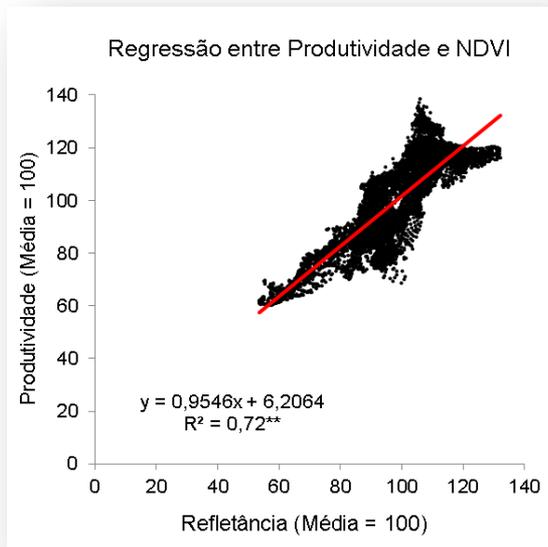
Amostragens  
direcionadas pelas  
unidades



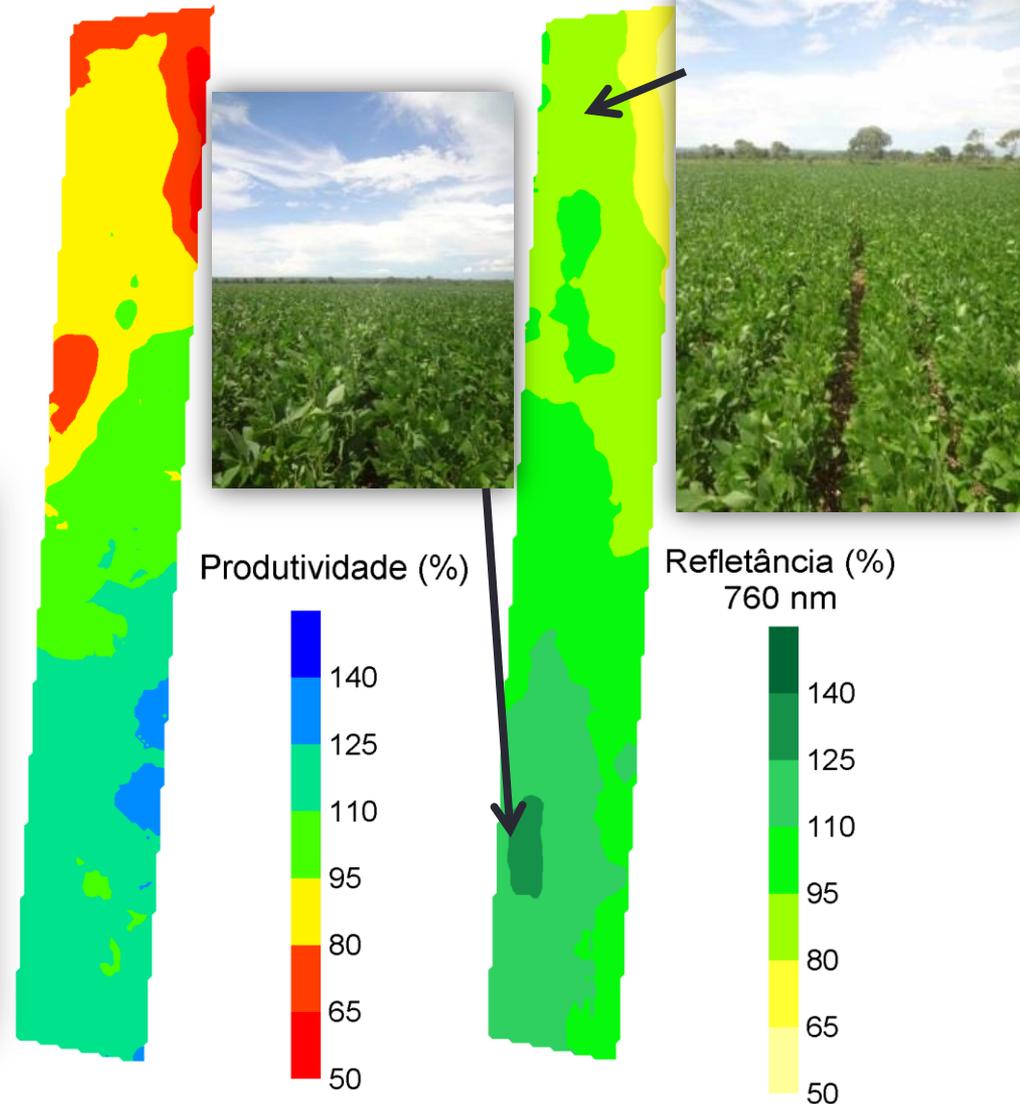
Manejo

# Delimitação de unidades de manejo

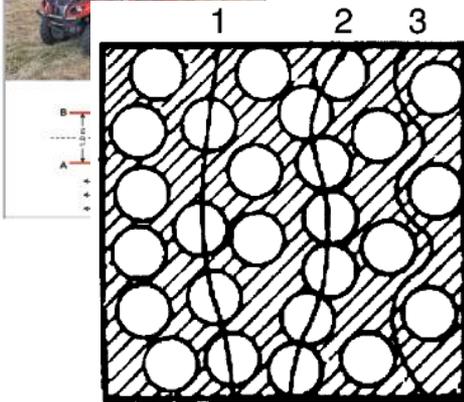
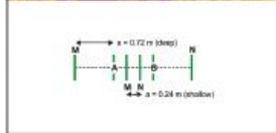
Mapeamento da variabilidade na produtividade ou vigor de plantas



Gimenez, L.M. (2012) – Fundação MT



# Delimitação de unidades de manejo

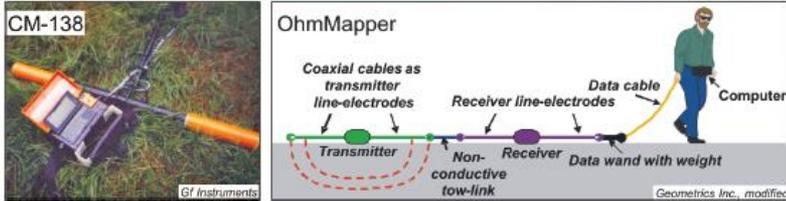
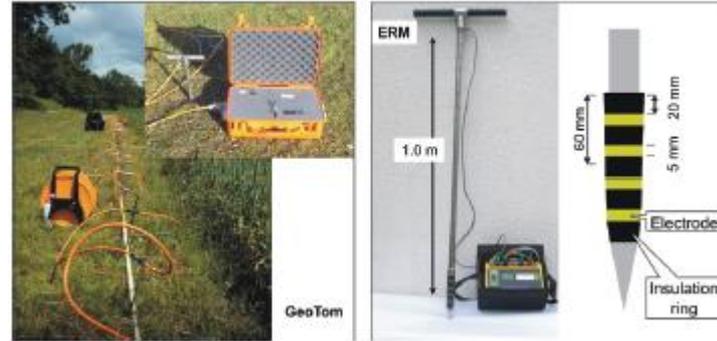
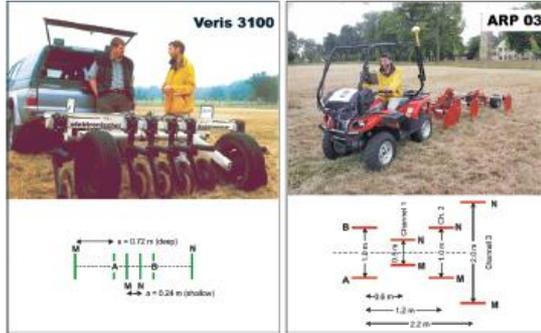


## Condutividade Elétrica Aparente

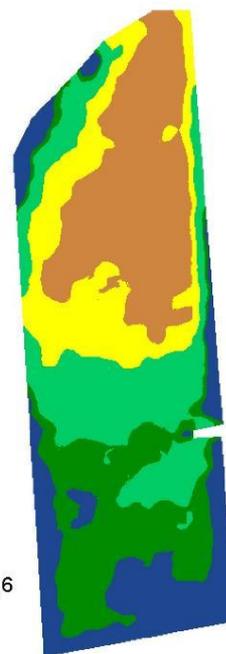
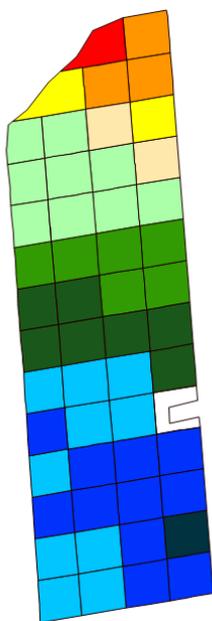


**Mapeamento da  
variabilidade em  
propriedades  
temporalmente estáveis  
do solo**

# Condutividade Elétrica Aparente do Solo



# Correlações entre CEa e parâmetros do solo



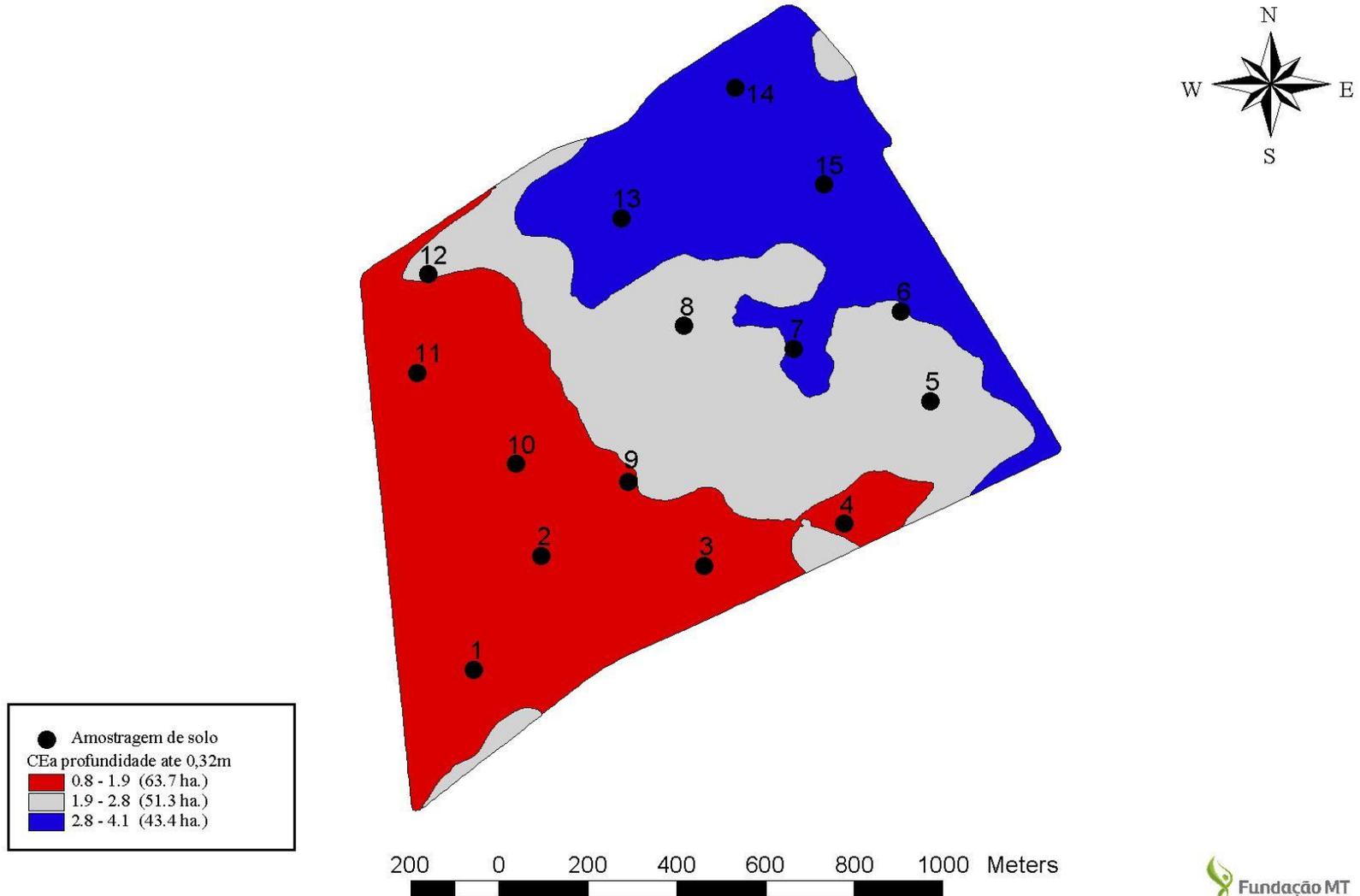
b)CEa (mS/m)

Marrom - 1,5  
Amarelo - 1,9  
Verde - 2,9  
Verde Escuro - 3,6  
Azul - 4,2



CEa	
	r
Fósforo 0 a 10 cm	0,80
Argila 50 a 60 cm	0,78
Fósforo 30 a 40 cm	0,78
Ca 10 a 20 cm	0,78
CTC 10 a 20 cm	0,78
CTC 0 a 10 cm	0,76
Soma de Bases 10 a 20 cm	0,76
Argila 20 a 30 cm	0,76
Argila 0 a 10 cm	0,75
Soma de Bases 0 a 10 cm	0,74
Mat. Orgânica 0 a 10 cm	0,73
Potássio 30 a 40 cm	0,73
Ca 0 a 10 cm	0,71
Mg 10 a 20 cm	0,68
V% 0 a 10 cm	0,58
Areia grossa 0 a 10 cm	-0,59
M% 0 a 10 cm	-0,61
Areia total 0 a 10 cm	-0,77
Areia total 20 a 30 cm	-0,78
Areia total 50 a 60 cm	-0,79
Areia fina 0 a 10 cm	-0,81
Areia fina 20 a 30 cm	-0,82
Areia fina 50 a 60 cm	-0,84

# Amostragem no interior de cada classe de CEa

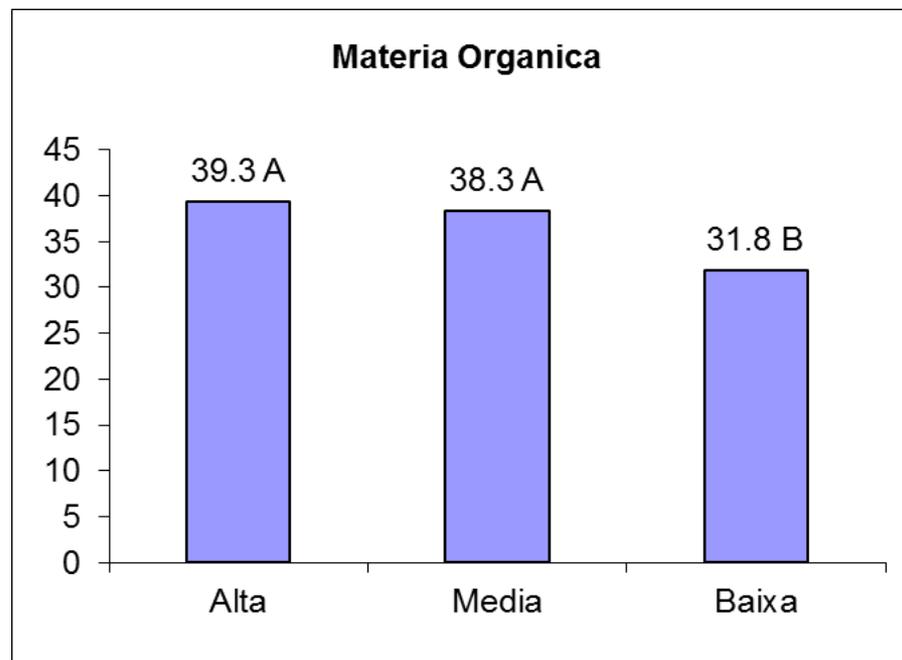
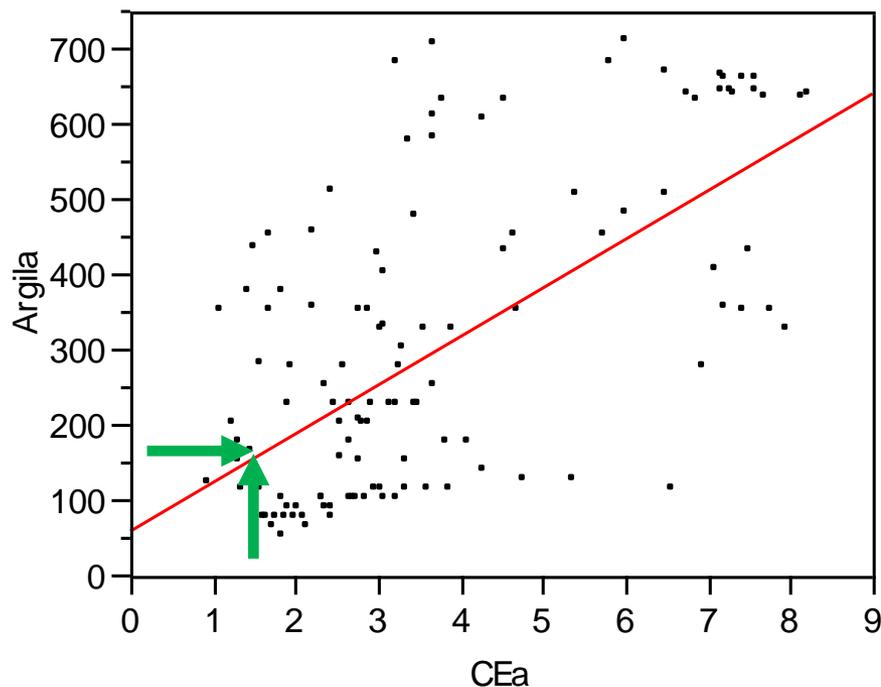


## Amostragem no interior de cada classe de CEa

### Nutrientes x cargas no solo x CEa

120 amostras em diversos talhões – Primavera do Leste

Amostras coletadas na camada de 0 a 10 cm



Argila < 150 g kg<sup>-1</sup>

CEa < 1,6 mS m<sup>-1</sup>

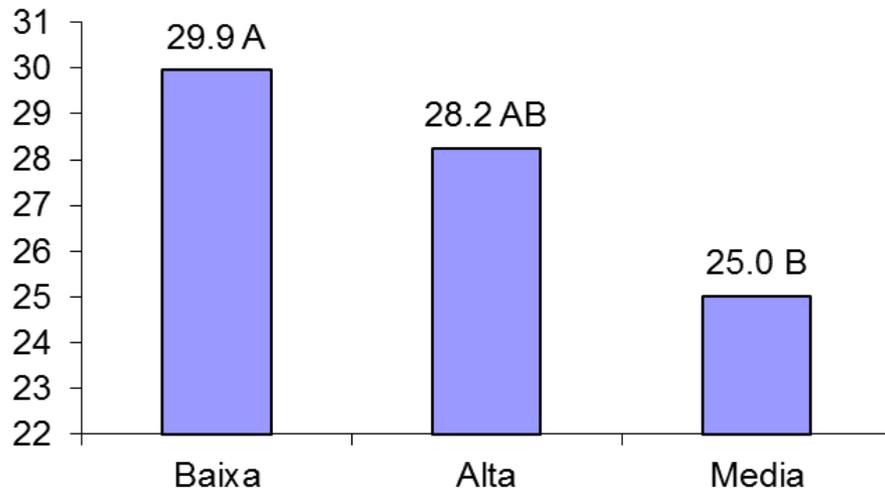
# Uso da CEa para manejo de nutrientes

## Nutrientes x cargas no solo x CEa

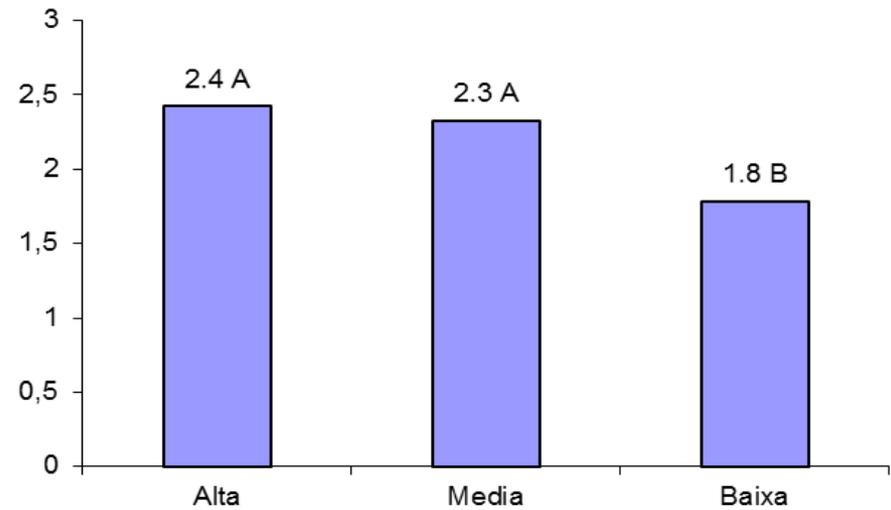
120 amostras em diversos talhões – Primavera do Leste

Amostras coletadas na camada de 0 a 10 cm

**Fósforo**



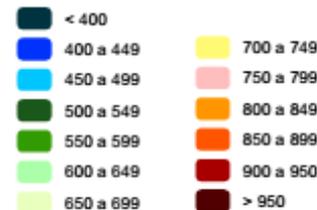
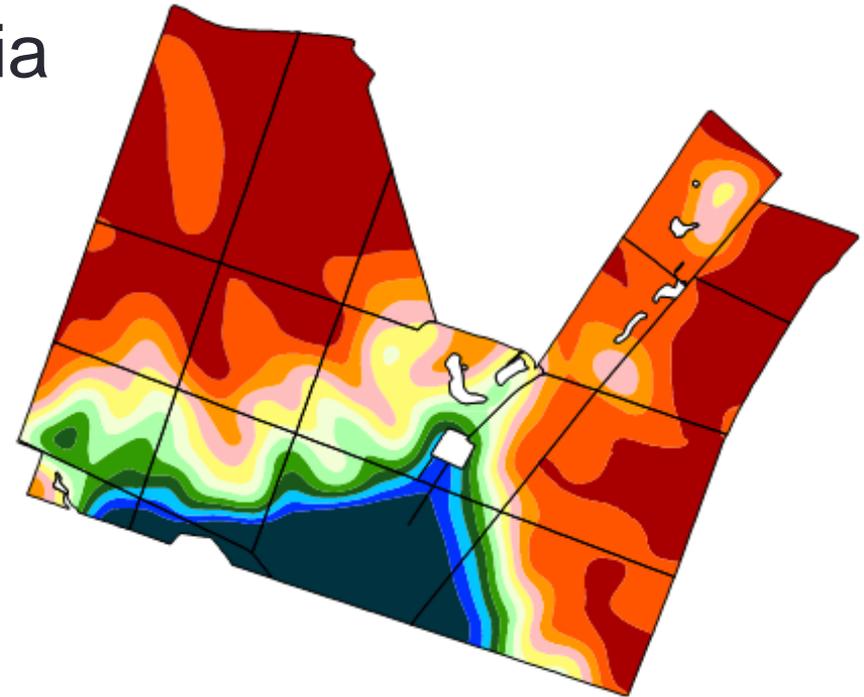
**Potássio**



# Definição de unidades de manejo

## Granulometria

Mapeamento da  
variabilidade em  
propriedades  
temporalmente estáveis  
do solo



# Definição de unidades de manejo

Análise de Agrupamento  
“Clustering”  
“Fuzzy Clustering”

Algoritmo para classificação,  
supervisionada ou **não**  
**supervisionada** de um conjunto  
de dados

**Redução** da variabilidade dentro  
da classe e **maximização** das  
diferenças entre as classes

**Análise de  
agrupamento**

**FuzME**

Australian Centre for  
Precision Agriculture  
(ACPA)

<http://sydney.edu.au/agriculture/pal/software/fuzme.shtml>

**MZA**

USDA

<http://www.ars.usda.gov/services/software/download.htm?softwareid=24>

# Definição de unidades de manejo

Amostragem estratificada composta

**Durante o ciclo** – para acompanhamento da cultura e estabelecimento das relações efeito-causa

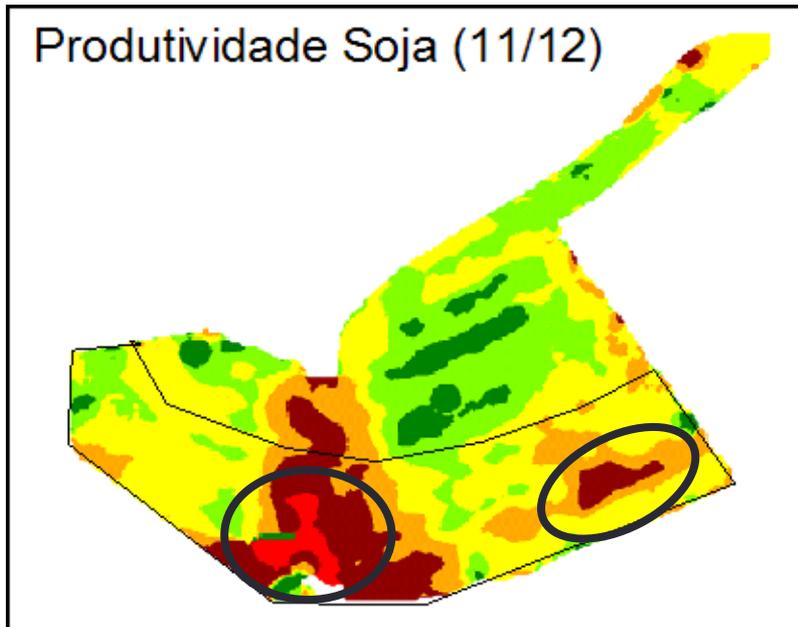
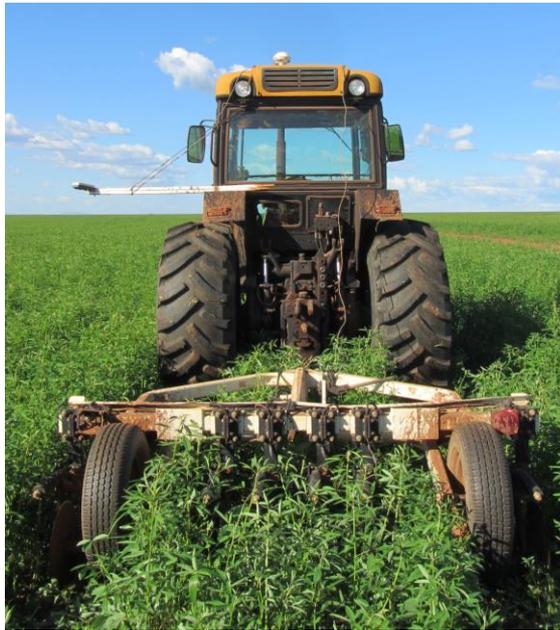
**Solo** – identificação dos fatores restritivos, obtenção dos teores, monitoramento

Menos amostras e mais detalhadas: física, química, patógenos

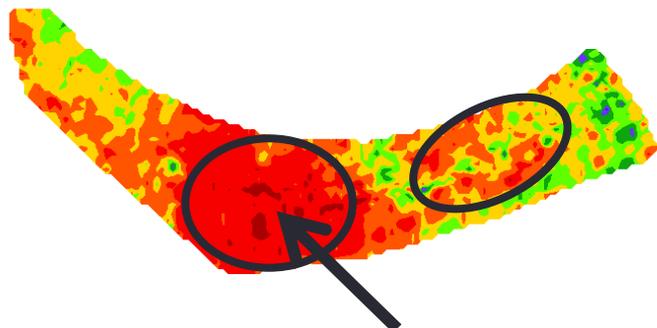
**Amostragens direcionadas pelas unidades**

Caracterização da estratificação

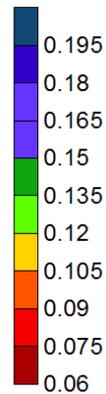
Estabilidade temporal



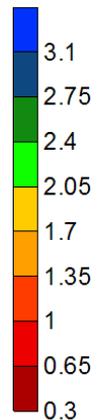
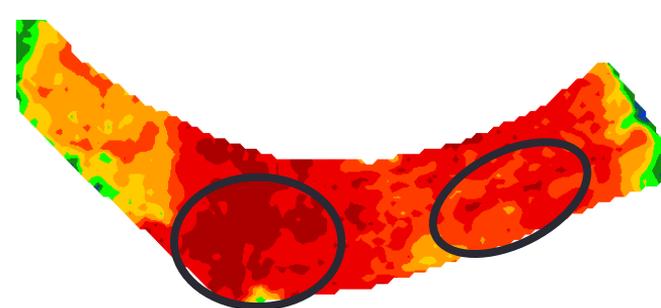
NDVI - Crotalaria 2012



**Adubar cobertura verde?**



Condutividade Elétrica (mS.m-1)



# Considerações finais

- ✓ Avaliar presença de variabilidade: sistema de produção, histórico;
- ✓ Qualidade nas operações mecanizadas;
- ✓ Utilizar a abordagem de amostragem contínua evitando amostragem esparsa a menos que dirigida;
- ✓ Estabelecer relação causa-efeito;
- ✓ Manter visão ampla, as causas podem ser diversas: nutrientes, fatores abióticos, bióticos;
- ✓ As porções mais sensíveis: maior custo de variabilidade e resolução através de sistema de produção



# OBRIGADO PELA ATENÇÃO

---

Leandro M. Gimenez

[Imgimenez@usp.br](mailto:Imgimenez@usp.br)