

O conceito mineralista e a fertilidade do solo no século XXI



Margarete Nicolodi

A noção mineralista **e** *a fertilidade percebida pelas plantas* *cultivadas no solo* **no século XXI**



Margarete Nicolodi



A noção mineralista **e a fertilidade percebida pelas plantas** **cultivadas no solo no século XXI**

✓ **Passado**

- Evolução da noção de fertilidade do solo

✓ **Presente: *noção mineralista da fertilidade do solo***

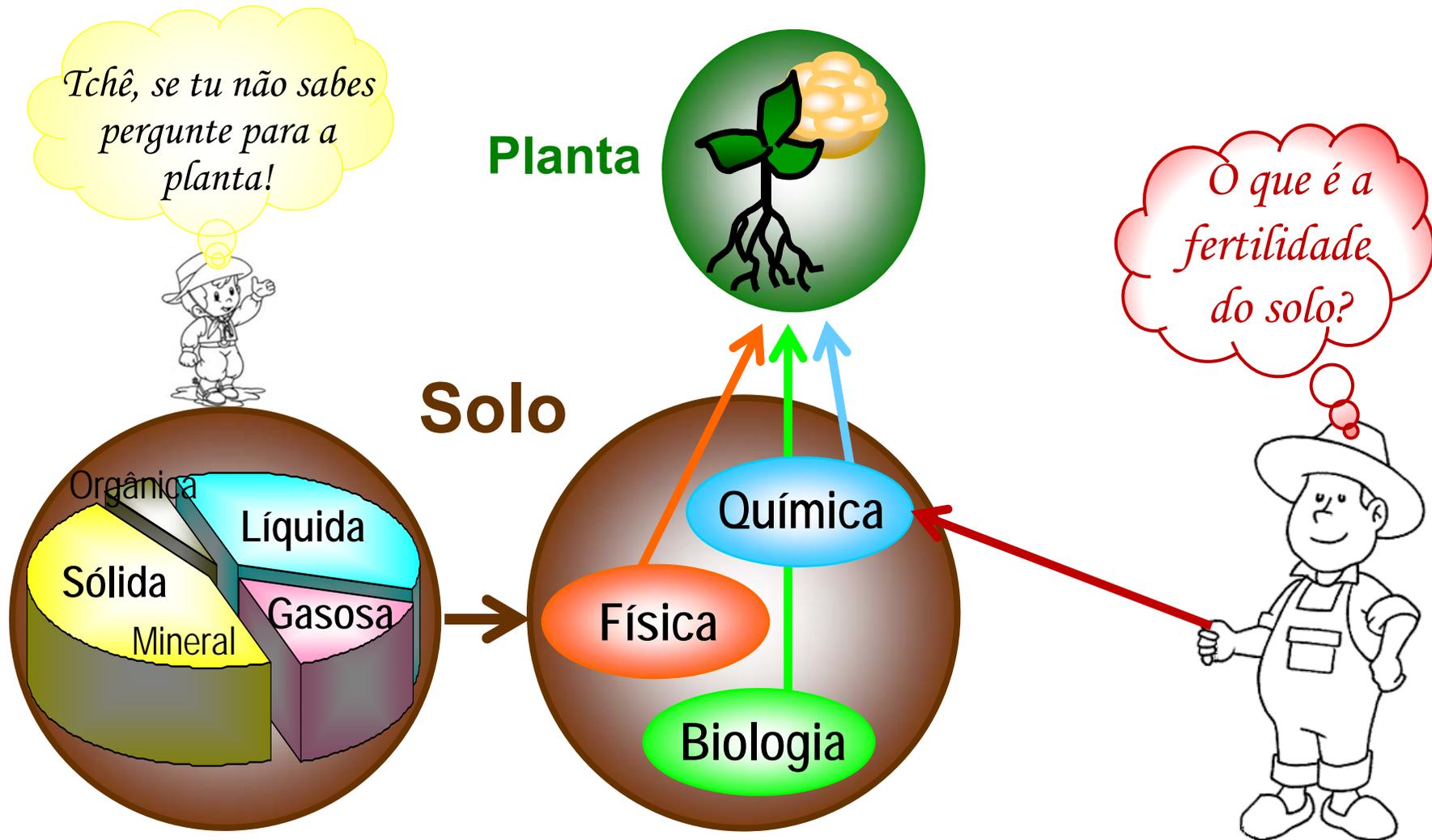
- Benefícios da adoção
- *Ruídos* na aplicação
- Insuficiência para expressar a *fertilidade percebida pelas plantas* cultivadas em solos manejados no sistema plantio direto

✓ **Futuro**

- Desafios à caracterização da *fertilidade percebida pelas plantas*
 - ❖ ... como poderia ser a nova noção da fertilidade.



O estudo da relação entre o solo e a planta e da fertilidade no século XXI



O termo fertilidade significa capacidade de produzir abundantemente.

Evolução da noção da fertilidade

✓ Columella, 42 d.C.

- *A fertilidade é o nutrimento que as plantas pegam da terra, é uma capacidade continuamente renovável, determinada de modo integrado por todas as condições da terra, garantida pelo cultivo com técnicas apropriadas e adubação abundante.*
- *Avaliada pelo sabor, suco, consistência e fermento da terra e a vegetação espontânea.*
- *As práticas recomendadas para regenerar a fertilidade são aplicar esterco, cinzas e marga, cultivar espécies em benefício da fertilidade e arar/preparar bem a terra.*

✓ Humista, 1761

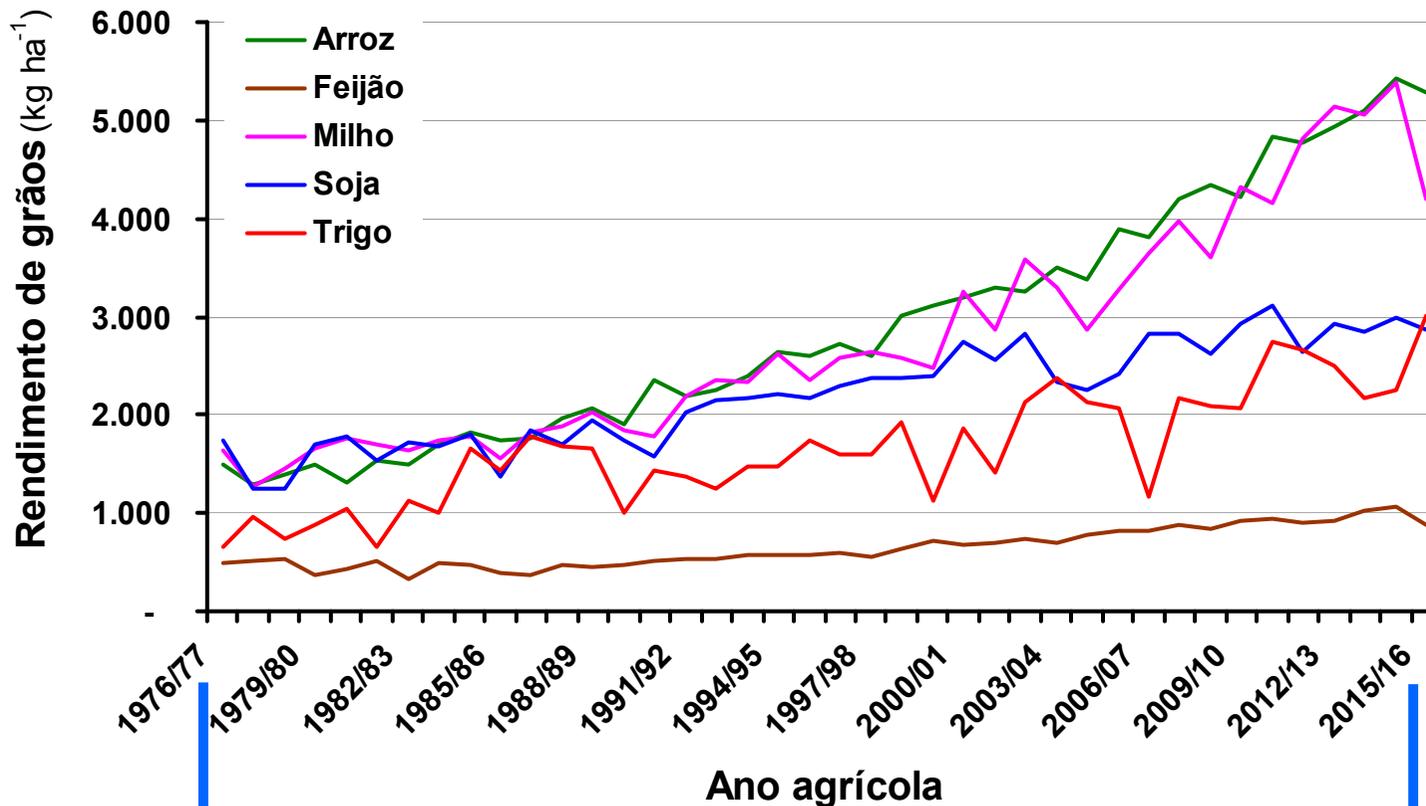
- *Fertilidade ... ou ... nutrição de plantas? O húmus do solo é o alimento das plantas.*

✓ Mineralista, 1840

- *Fertilidade é a capacidade do solo de **fornecer às plantas nutrientes**, em quantidades e proporções adequadas, e de **manter a ausência de elementos tóxicos** para elas.*
- *Avaliada pela análise química de nutrientes e elementos em amostras de solo.*
- *As práticas recomendadas são aplicar corretivos e adubos.*



A noção mineralista também contribuiu para ...

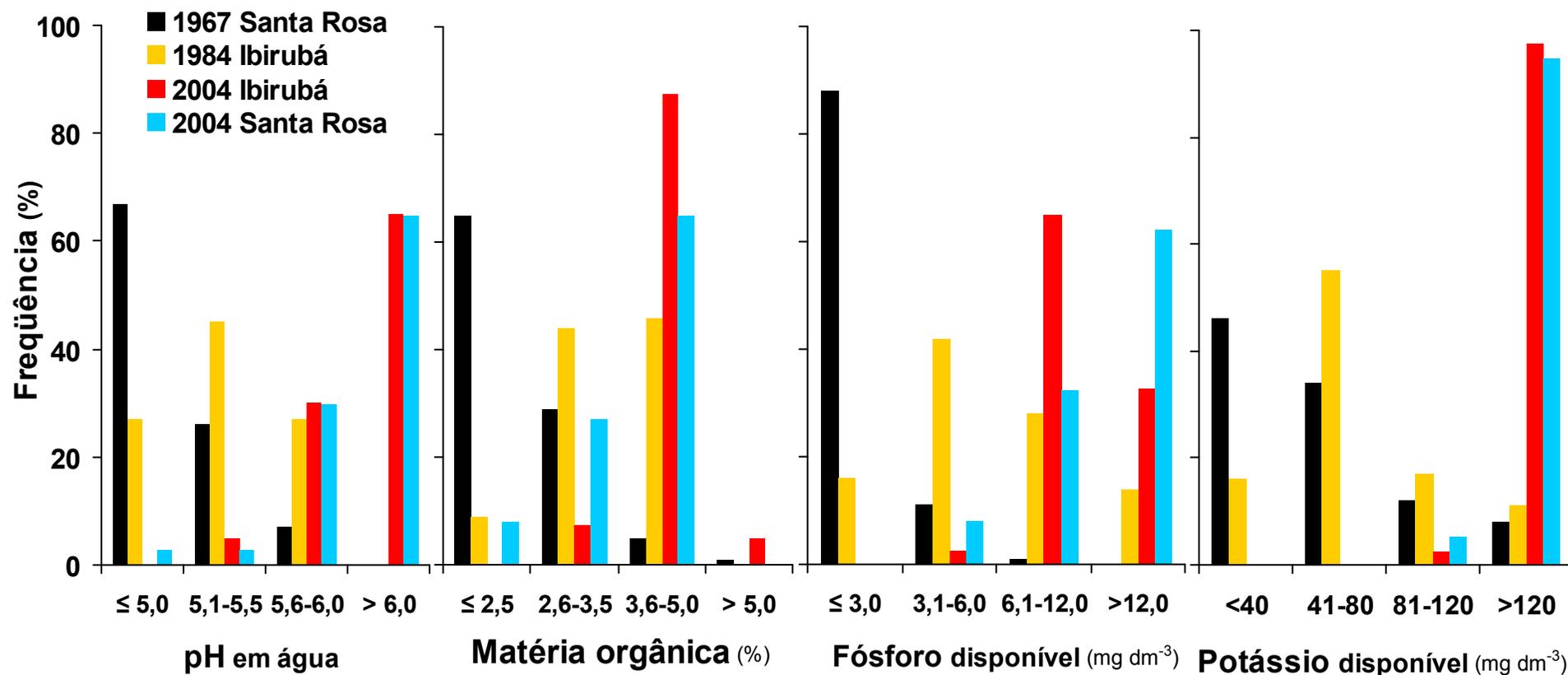


Área cultivada: 37.313 58.322 mil ha
Produção: 46.943 186.299 mil ton

Evolução do rendimento, área cultivada e produção de grãos no Brasil



Aplicação da noção mineralista



Faixas de interpretação

Evolução da fertilidade nos solos do Planalto do RS

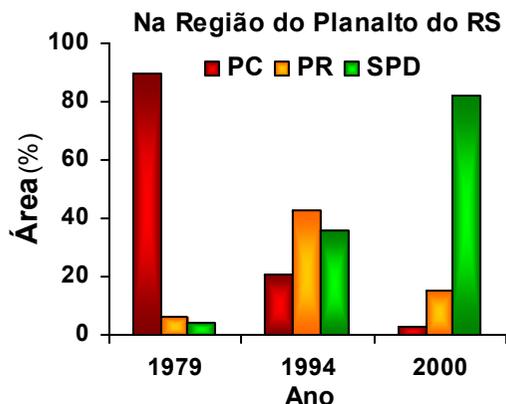
Em 1967: 2000 lavouras; em 1984: 100 lavouras; em 2004: 40 lavouras/município



Sistemas de preparo e cultivo do solo diferentes



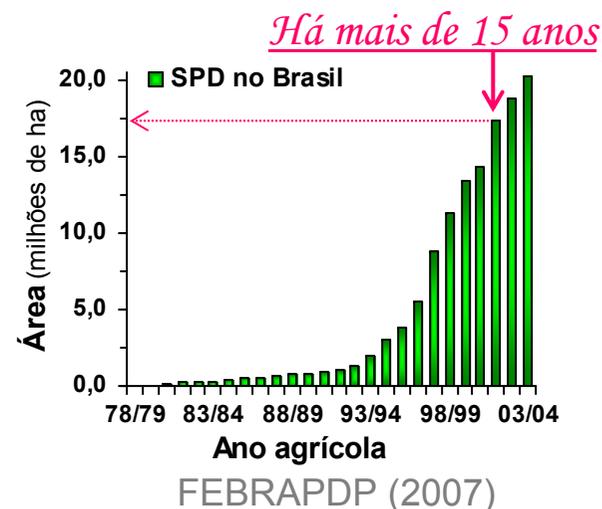
Preparo Convencional



Mielniczuk et al. (2000)



Sistema Plantio Direto



Intensidade e frequência do revolvimento do solo

Alta, em toda área e frequente ... vs ... baixa, localizada e rara

Diversidade de espécies e intensidade de cultivo

Menores ... vs ... maiores

Manejo da palha ou dos resíduos

Queimada e/ou incorporada ... vs ... mantida, sem queimar, na superfície

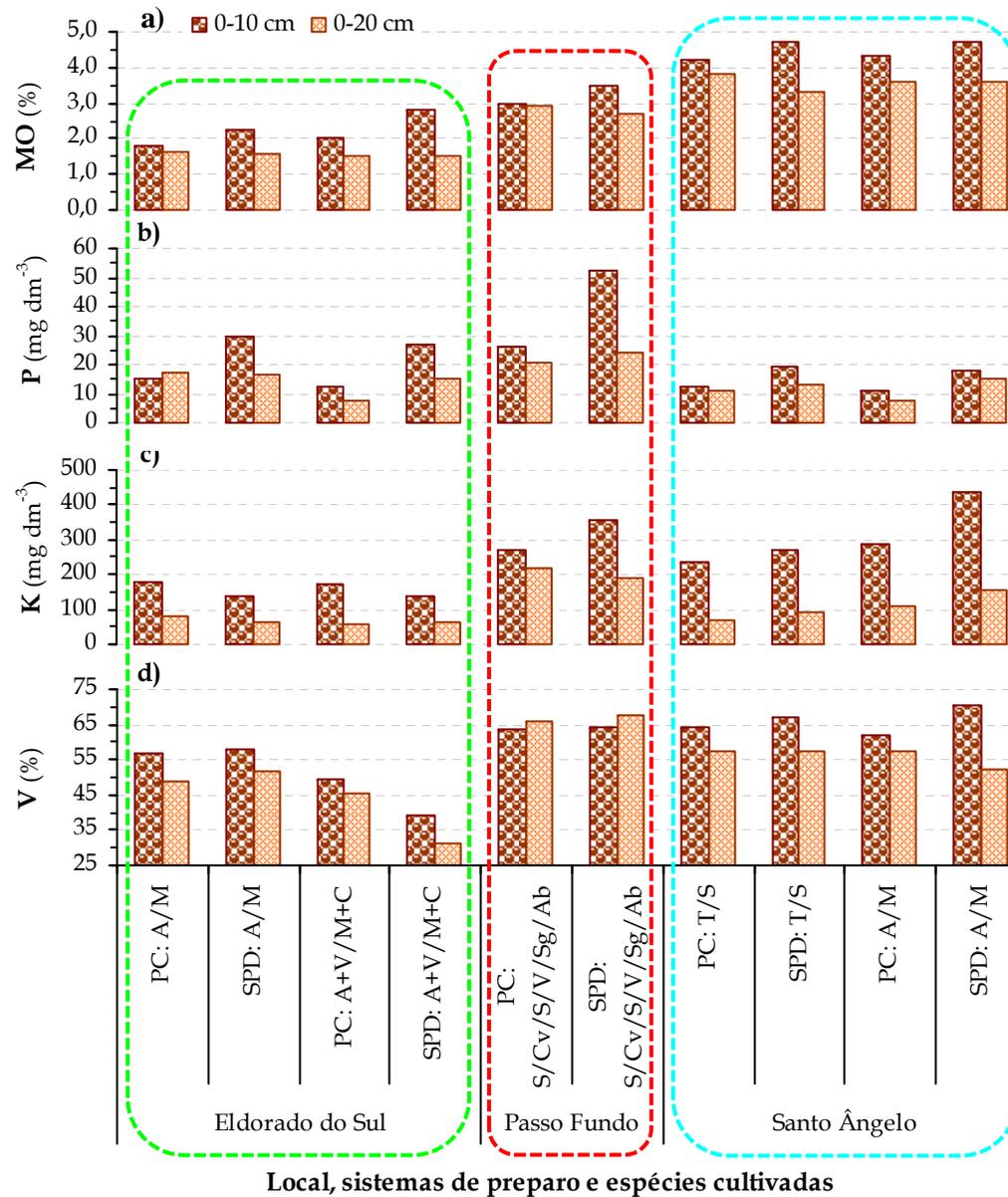
No tempo ... OU ... com o tempo de cultivo do solo

... as condições físicas e as biológicas são muito semelhantes, ... VS ... mas as químicas são alteradas

... as condições químicas, as físicas e as biológicas são alteradas

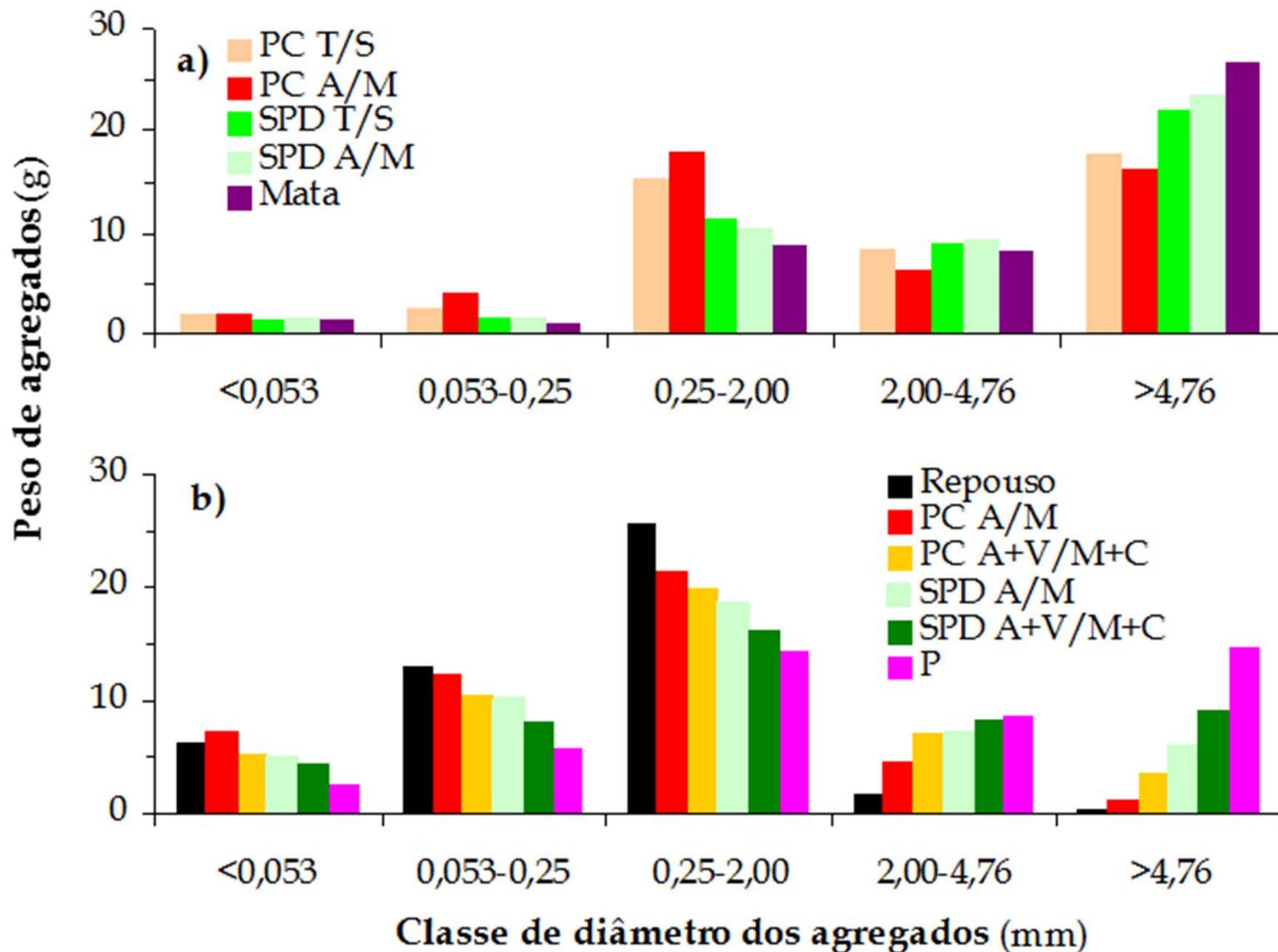
Alterações nas condições do solo: PC ...vs... SPD

Efeitos de mais de 20 anos nas condições químicas



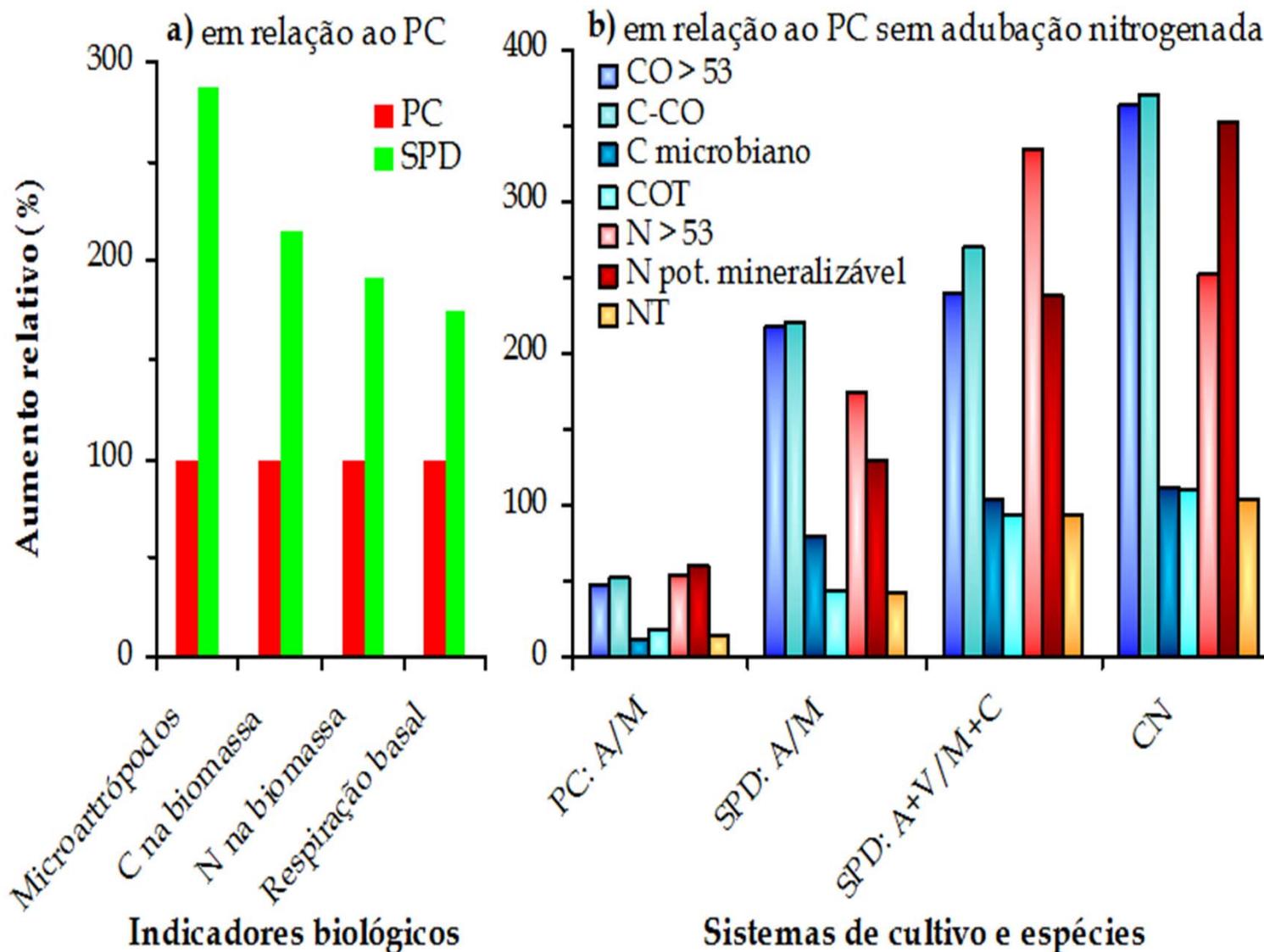
Alterações nas condições do solo: PC ...vs... SPD

Efeitos de mais de 20 anos nas condições físicas



Alterações nas condições do solo: PC ...vs... SPD

Efeitos de 16 e 17 anos nas condições biológicas

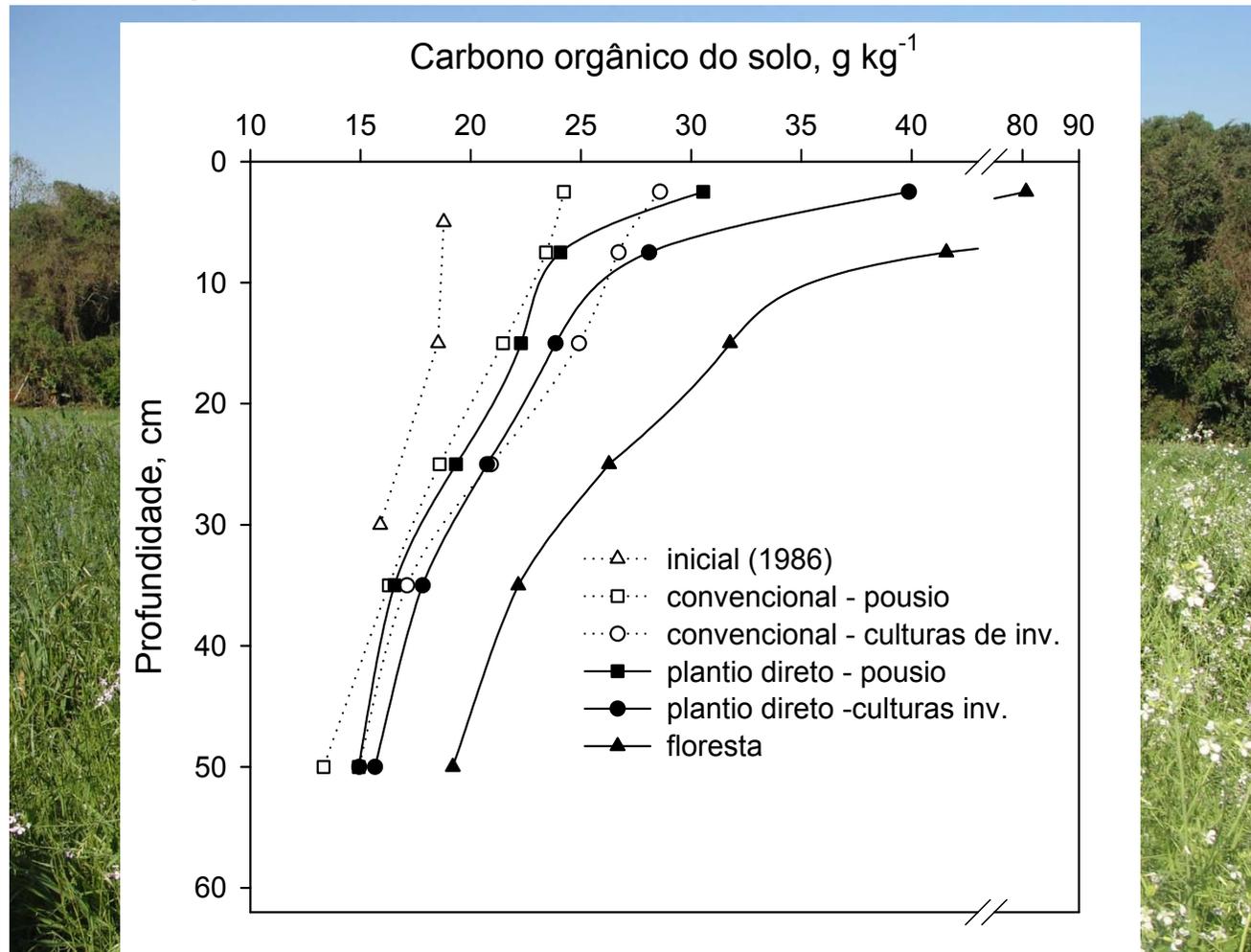


Alterações nas condições do solo: PC ...vs... SPD

Efeitos de 30 anos no teor de carbono orgânico

✓ Área experimental do IAPAR, em Pato Branco-PR

Média diferentes plantas de cobertura. Latossolo Vermelho aluminoférrico.



Fertilidade do solo avaliada vs rendimento

✓ Experiências na região do Cerrado brasileiro

➤ Djalma M. de Sousa

- ❖ Menor resposta à aplicação de P
- ❖ Maior taxa de desfrute do P aplicado ao solo
- ❖ Maior contribuição do P orgânico no total absorvido: 30%
- ❖ Maior absorção de P devido à colonização e a maior população de fungos micorrízicos arbusculares

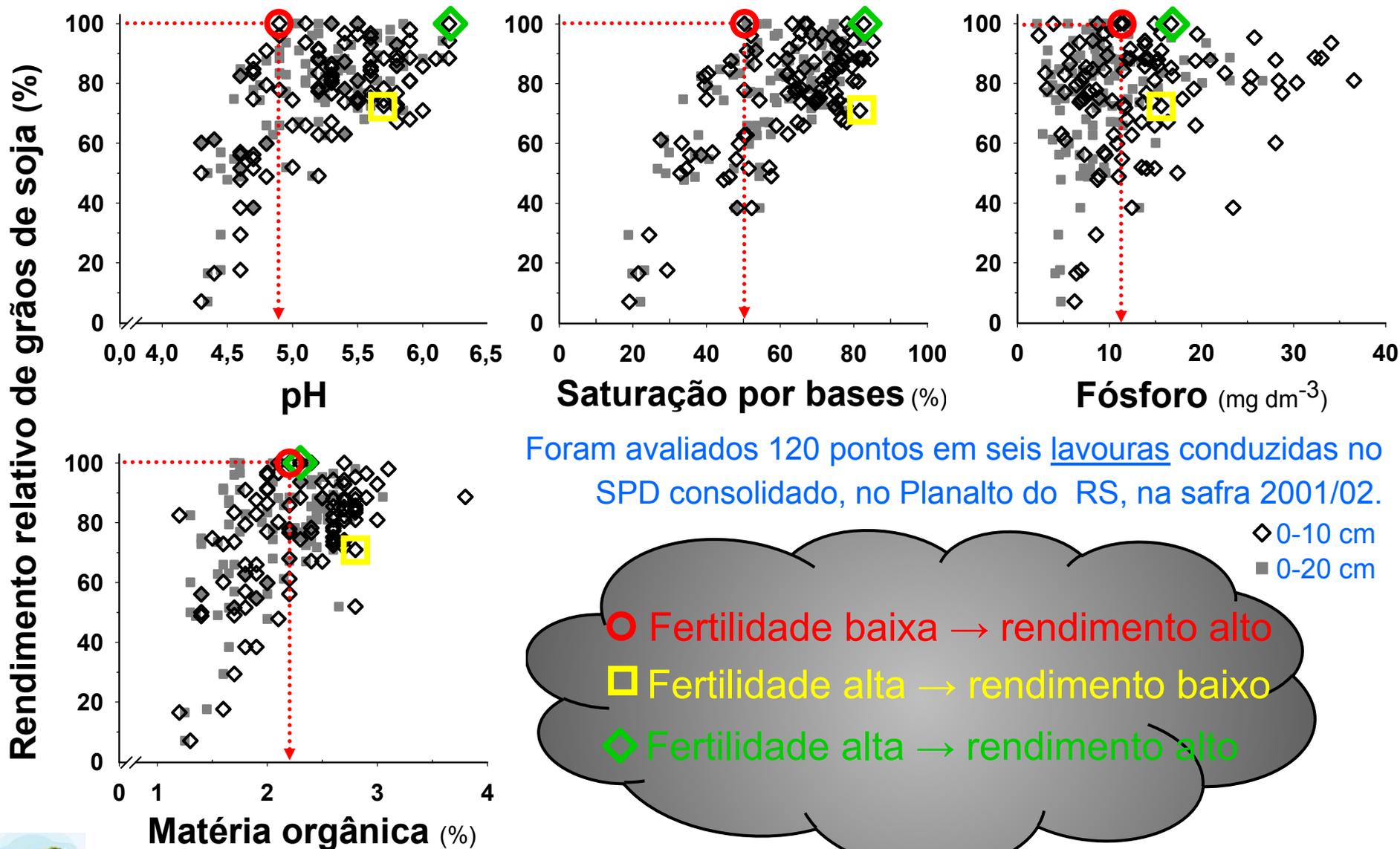
➤ Leandro Zancanaro

- ❖ Campo 23, com 176 há e argila > 60%, cultivada no SPD, na Fazenda Querência, em Tangará da Serra
- ❖ 1997/98: solo com P Alto (9), V 23%, m 17% e MO 3,4%
... alta produtividade e não foi feita calagem
- ❖ 2003/04: solo com P (9), V 30%, m 9%, MO 3,8%, pH CaCl₂ 4,6 → 65 sc/ha de soja
- ❖ 2004/05 → 56 sc/ha e 2005/06 → 59 sc/ha de soja



Fertilidade do solo avaliada vs rendimento

fertilidade percebida pelas plantas



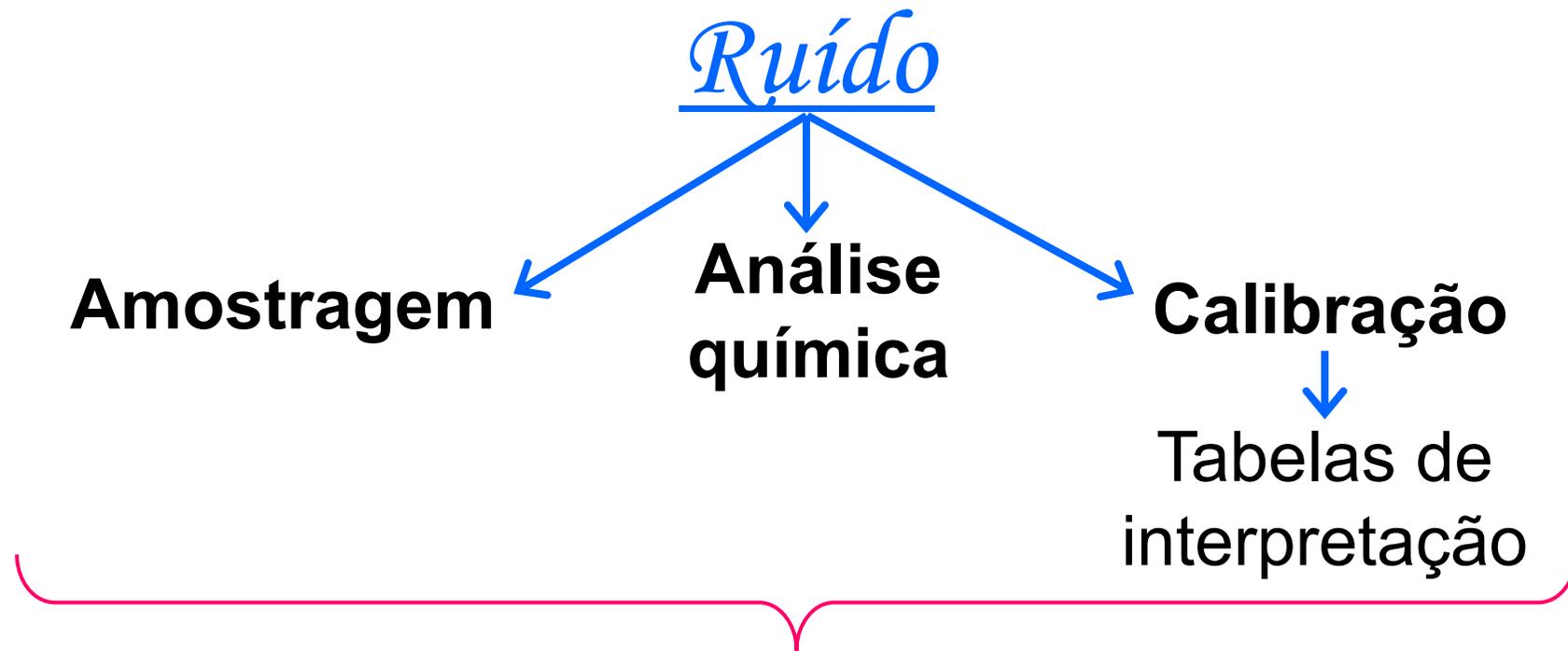
Foram avaliados 120 pontos em seis lavouras conduzidas no SPD consolidado, no Planalto do RS, na safra 2001/02.

Segundo a noção mineralista da fertilidade, desenvolvida na época do preparo convencional, existe uma relação direta entre a disponibilidade de nutrientes no solo e o desenvolvimento ou produtividade da planta.

~~Fertilidade baixa → rendimento de grãos alto~~

Outro(s) fator(es) de solo estão interferindo na fertilidade e/ou na sua avaliação ...

As consequências dos efeitos dos outro(s) fator(es) chamaremos de ...



Recomendações de corretivos e de adubos

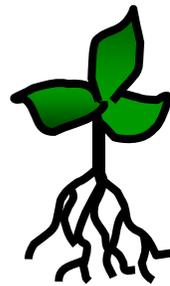
Ruído: erro intrínseco da avaliação atual da fertilidade.

Ruído na amostragem

- ✓ **Diminuição do revolvimento**
- ✓ **Palha sobre o solo**
- ✓ **Gradientes de concentração**
- ✓ **Número mínimo de subamostras**
- ✓ **Equipamentos**
- ✓ **Camada amostrada**

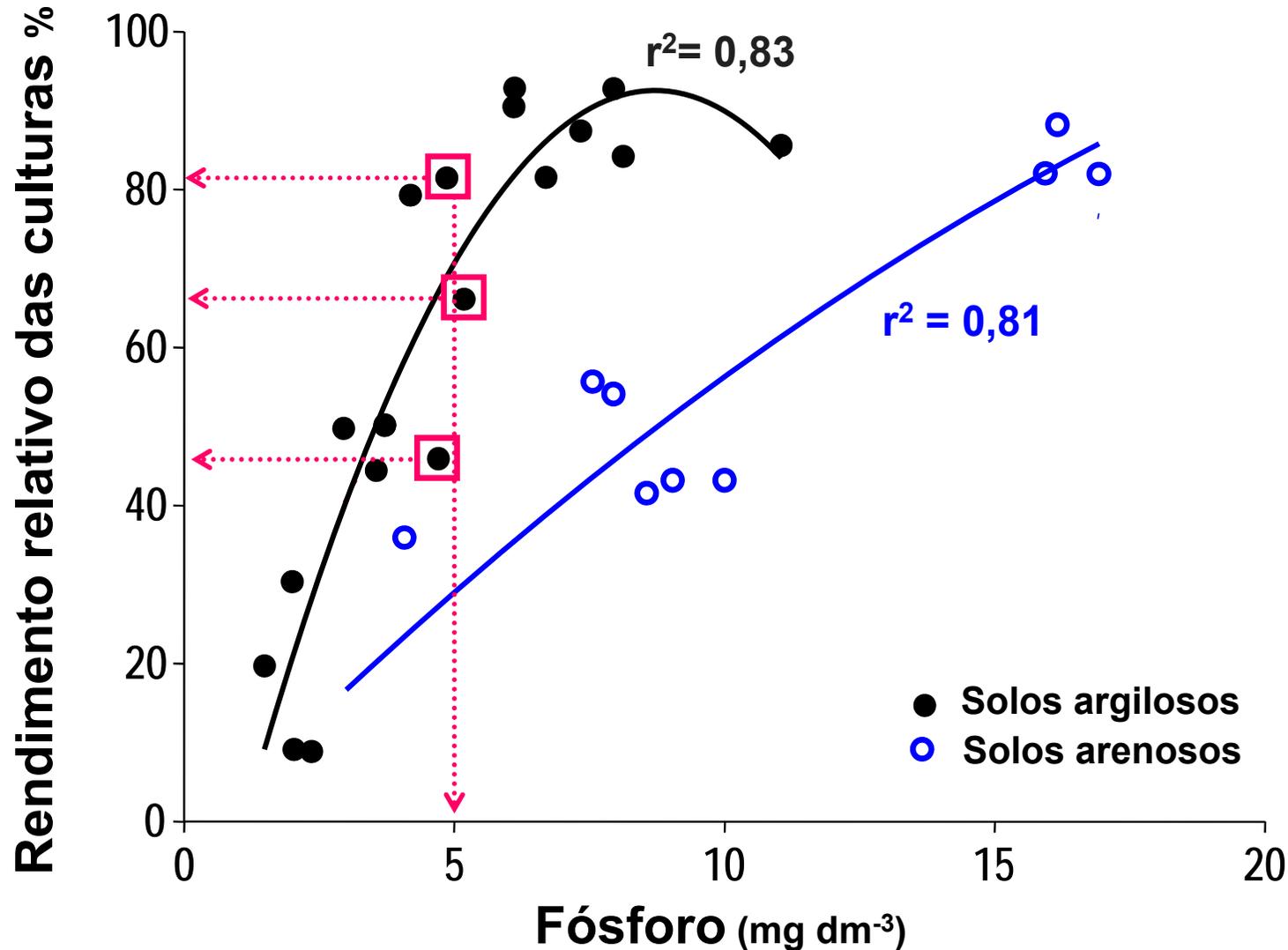
Ruído na metodologia

- ✓ Mesmos extratores que os utilizados no PC
- ✓ Aumenta no SPD devido a moagem das amostras



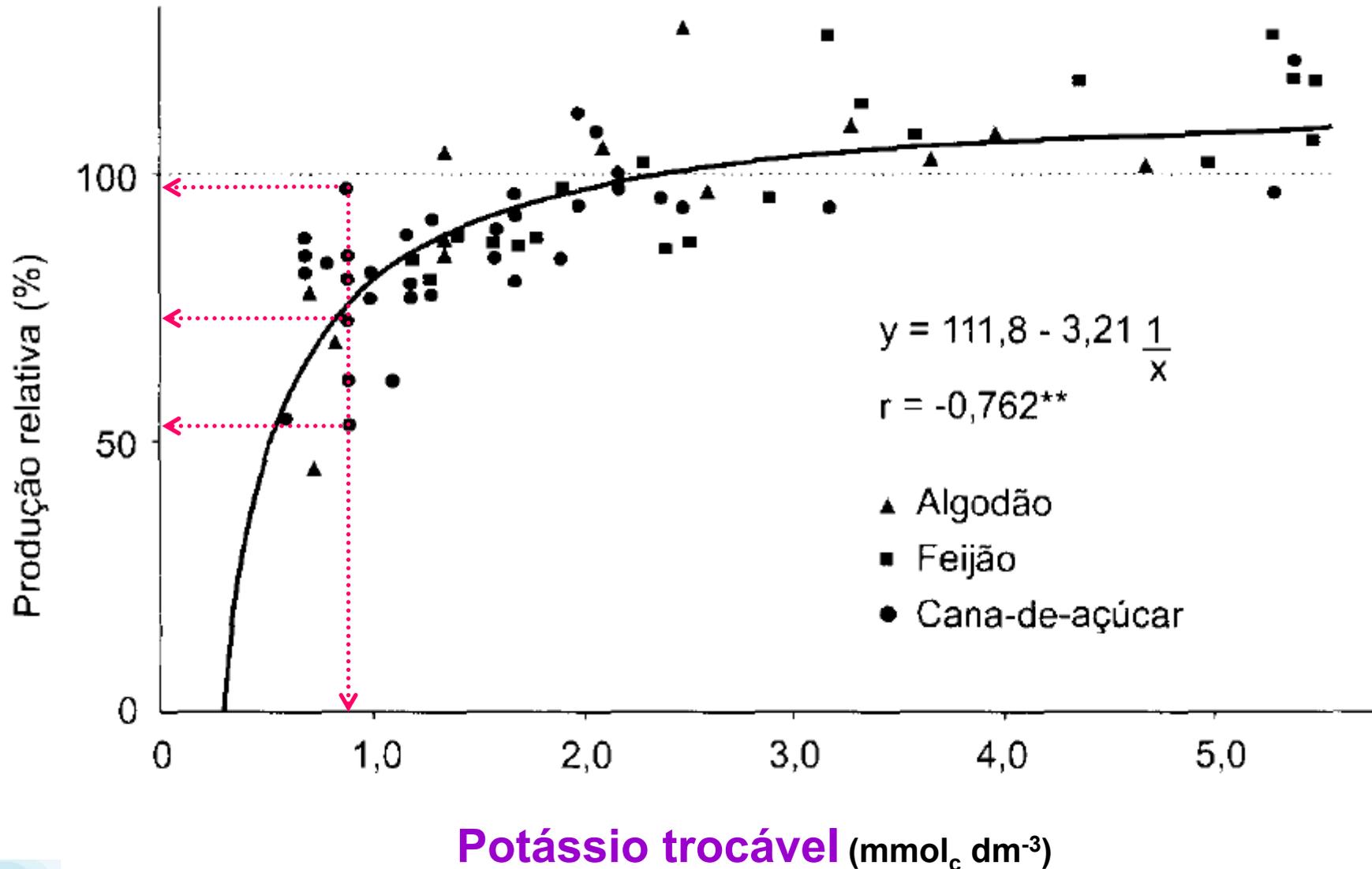
Ruído na calibração

Solos do Rio Grande do Sul: sistema convencional



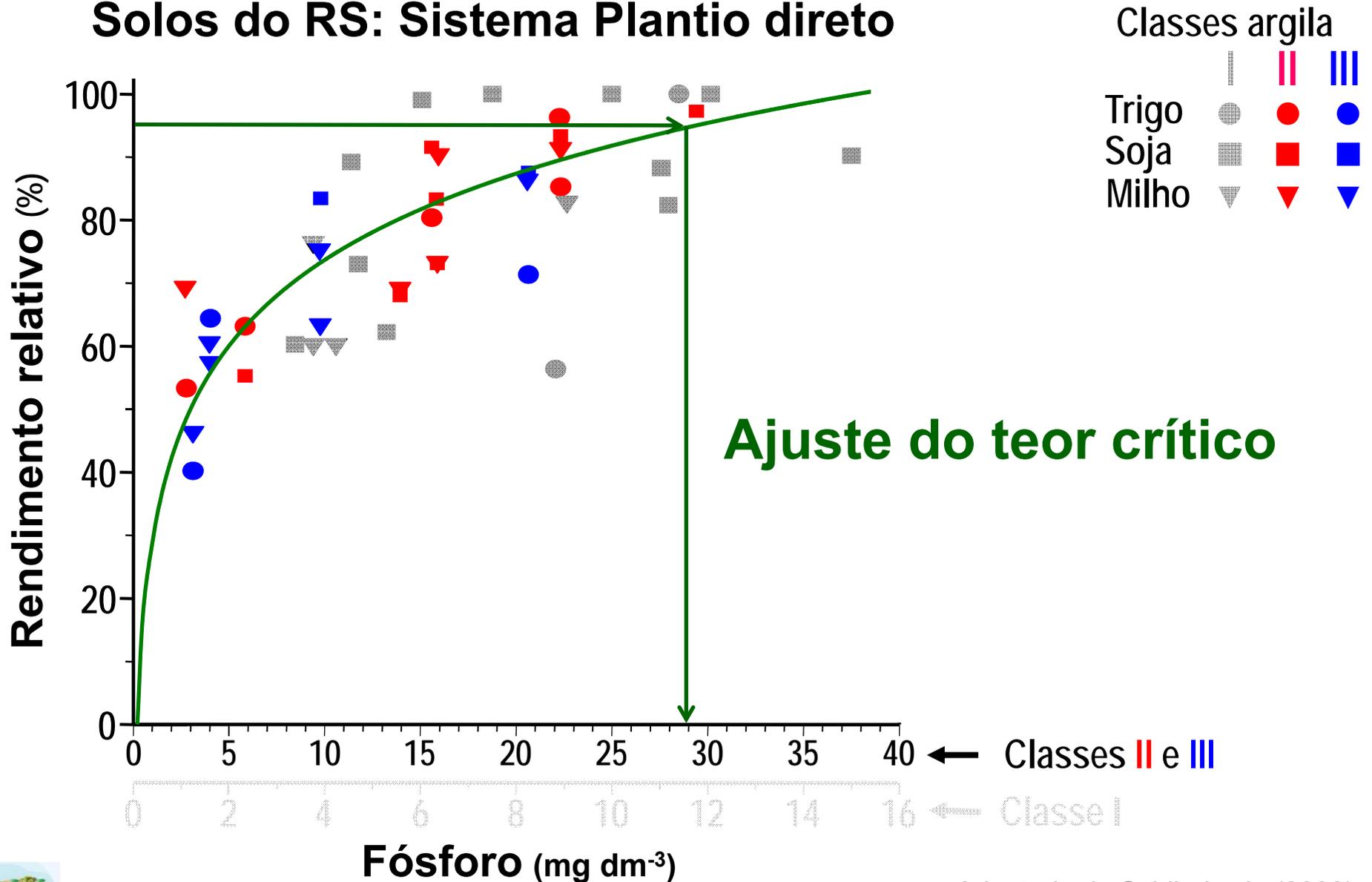
Ruído na calibração

Solos do Estado de São Paulo: preparo convencional



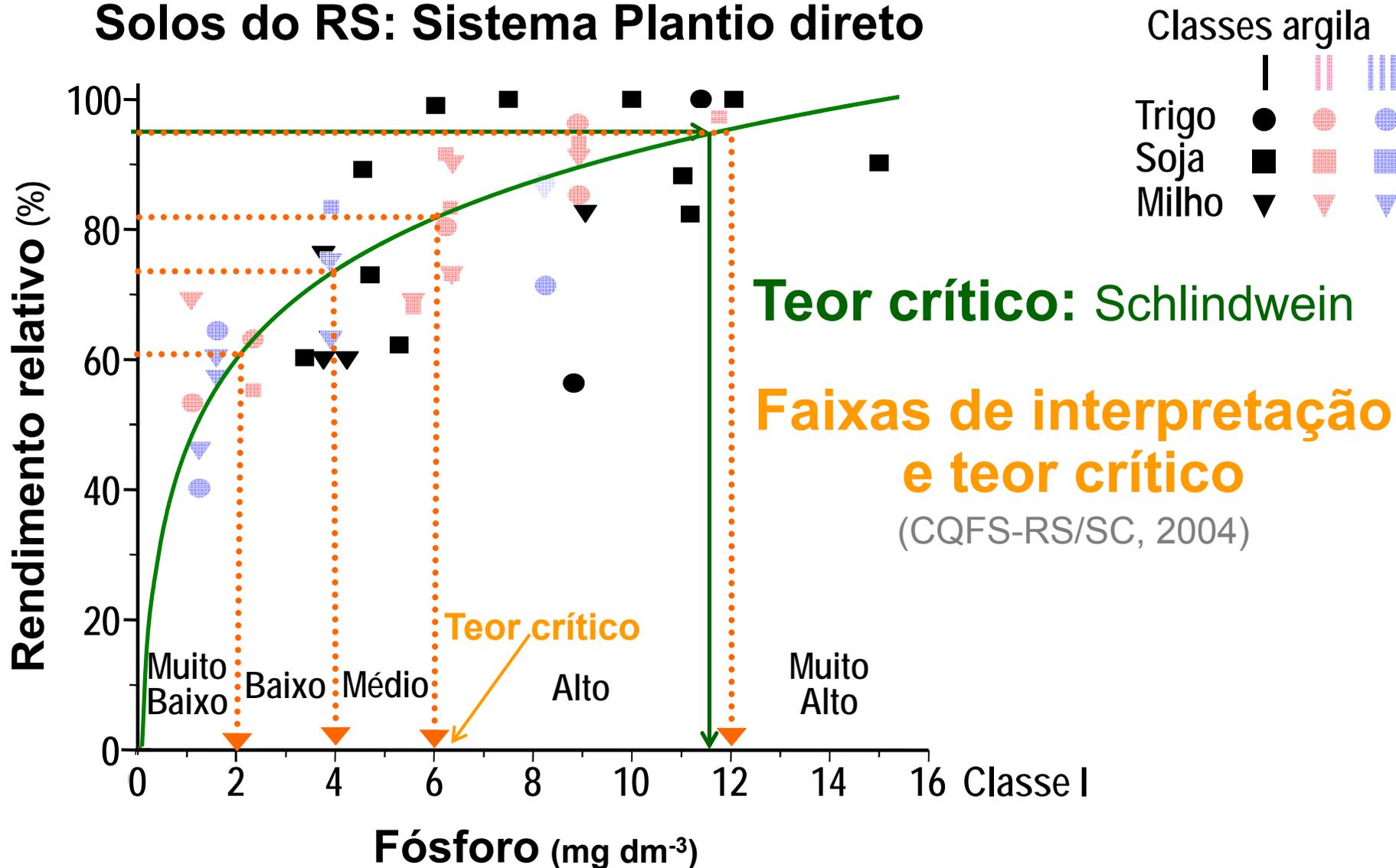
Ruído na calibração

Solos do RS: Sistema Plantio direto



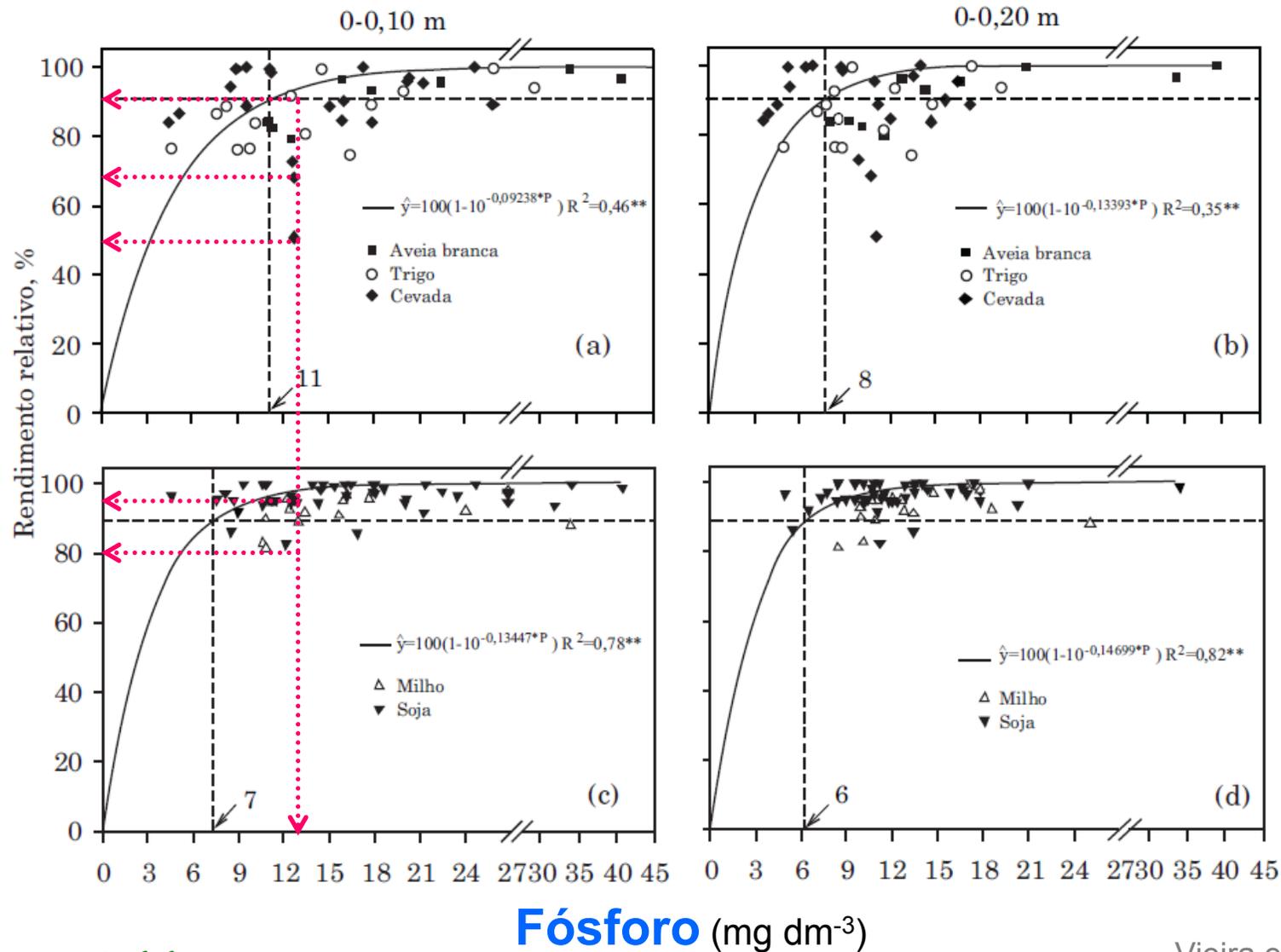
Ruído na de calibração

Solos do RS: Sistema Plantio direto



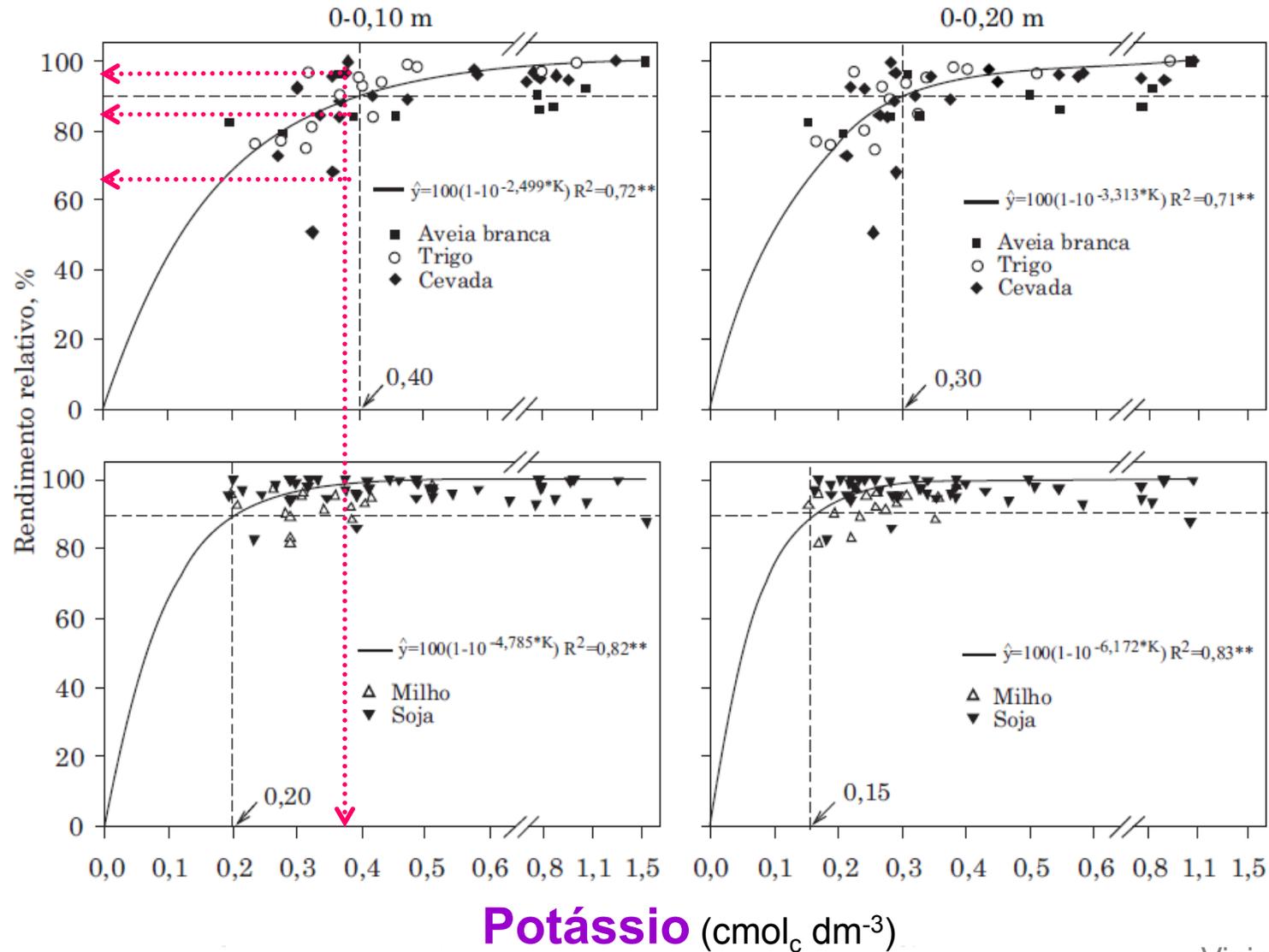
Ruído na calibração

Solos do centro sul do Paraná: Sistema Plantio direto

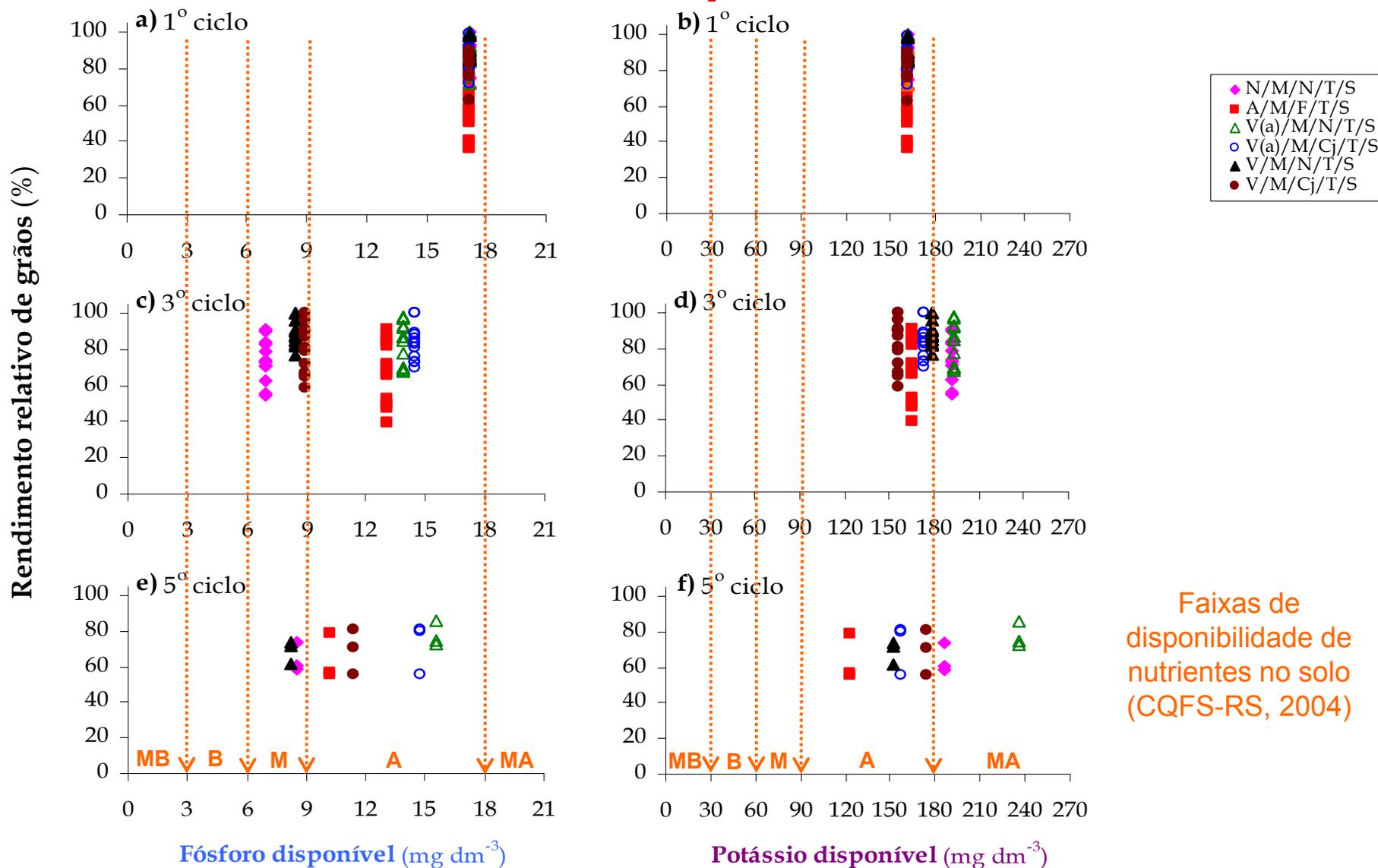


Ruído na calibração

Solos do centro sul do Paraná: Sistema Plantio direto



Ruído na interpretação dos resultados

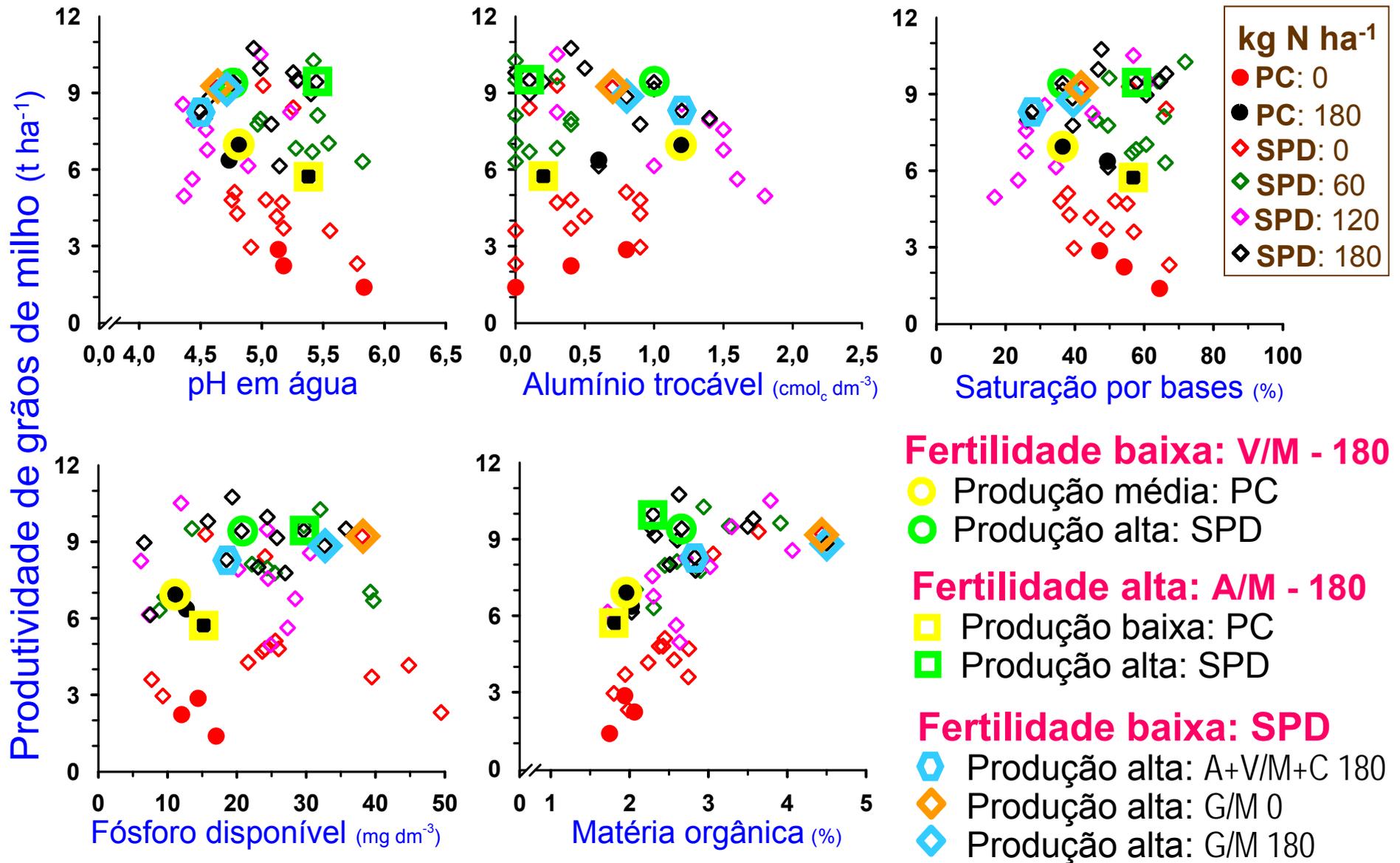


O experimento foi instalado em 1997, em área cultivada há 11 anos no SPD, e conduzido por 10 anos, em Cruz Alta-RS. Grãos: milho, soja e trigo. Solo: 0-10 cm. **Cada ciclo corresponde a 2 anos de cultivo.**

Somente a vica foi adubada (80 kg de P₂O₅ e K₂O até o 4º ciclo) em duas rotações: v(a)



Ruído na interpretação dos resultados



PVd: 0-10 cm → experimentos conduzidos há mais de 20 anos em Eldorado do Sul.



Margarete Nicolodi

Nicolodi (2007)

Ruído na interpretação dos resultados

Sistema de cultivo e rotação		N	Produção	pH	Al _{troc}	m	P	K	MO	V
		Kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹		Cmol _c	%	mg dm ⁻³	%	%	
PC	V/M	180	6,9	4,8	1,2	28	12	139	2,0	36
SPD	V/M	180	9,4	4,8	1,0	24	21	168	2,7	36
PC	A/M	180	5,7	5,4	0,2	4	15	176	1,8	57
SPD	A/M	180	9,4	5,4	0,2	4	30	136	2,3	58
SPD	A+V/M+C	180	8,3	4,5	1,2	27	19	207	2,8	27
SPD	G/M	0	9,2	4,6	0,7	11	38	217	4,5	42
SPD	G/M	180	8,8	4,6	0,8	13	33	241	4,4	39

Produtividade de grãos de milho. P e K disponíveis (Mehlich 1). pH em água.

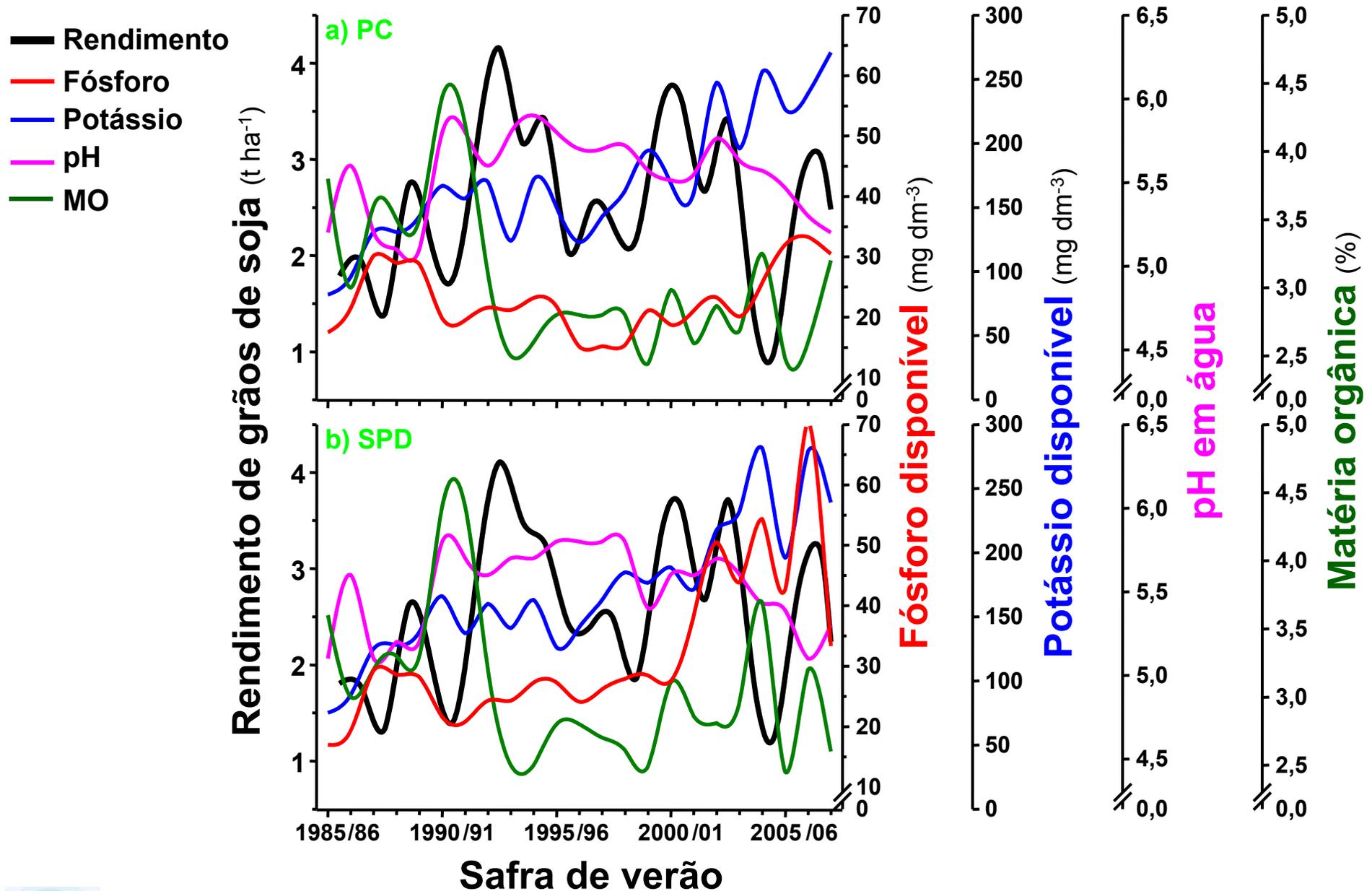


PVd: 0-10 cm → experimentos conduzidos há mais de 20 anos em Eldorado do Sul.

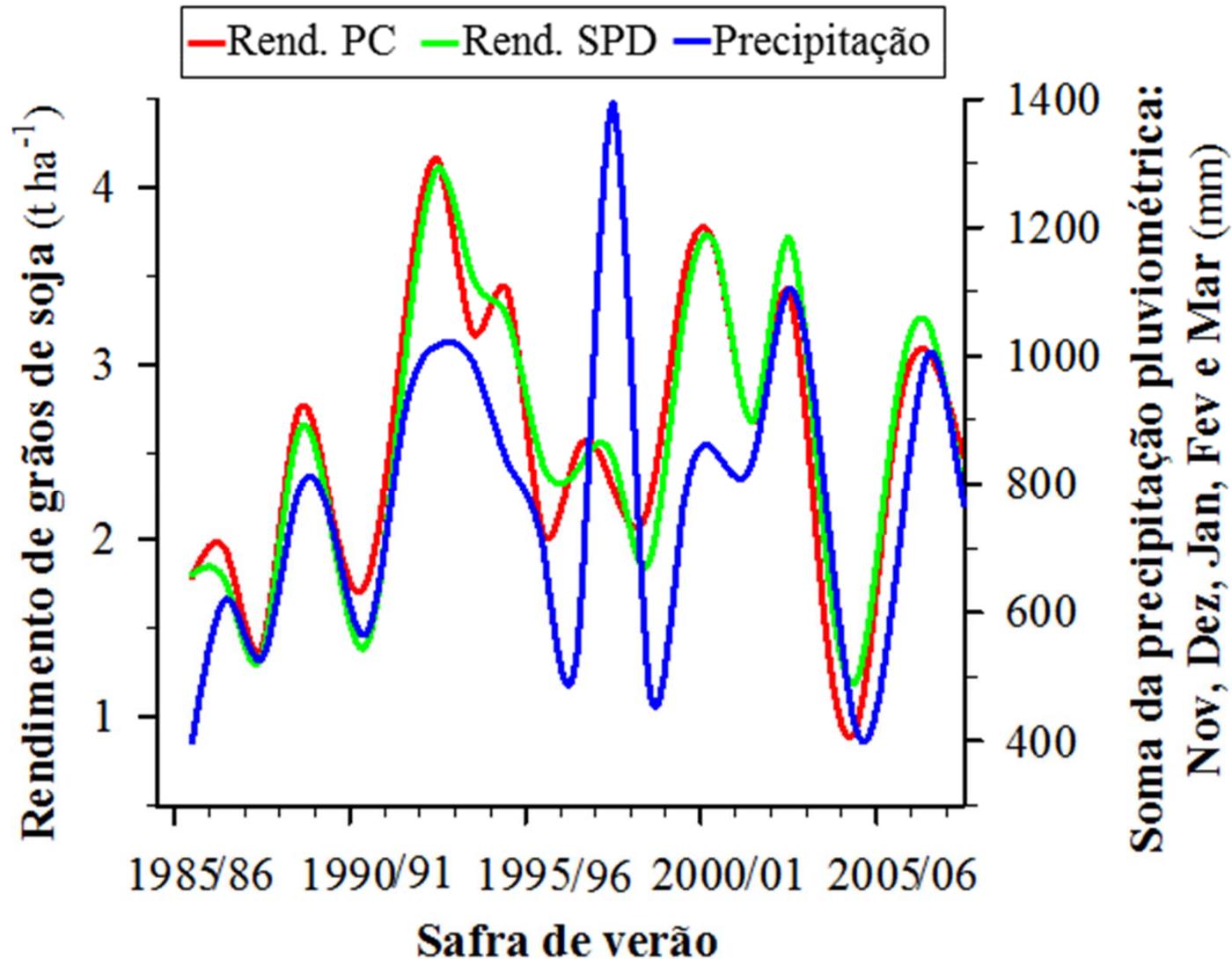
Margarete Nicolodi

Nicolodi (2007)

Evolução da fertilidade e do rendimento



Evolução do rendimento e da precipitação



Está sendo feito para diminuir os *ruídos* na avaliação da fertilidade do solo no **SPD** *com base na teoria mineralista*

- ✓ Cuidados na amostragem do solo
- ✓ Manter a disponibilidade dos nutrientes no solo na faixa Alta e ausência de elementos tóxicos
- ✓ Uso combinado de indicadores na avaliação

Recomendação de calagem

pH, saturação por bases e por alumínio e fósforo disponível

Recomendação de adubação

- ✓ **Fosfatada:** argila e fósforo disponível no solo
- ✓ **Potássica:** CTC e potássio disponível no solo
- ✓ **Nitrogenada:** espécie antecessora e sua produção de massa seca e matéria orgânica no solo

Poderia ser feito para diminuir os *ruídos* na avaliação da fertilidade do solo no **SPD** *com base na teoria mineralista*

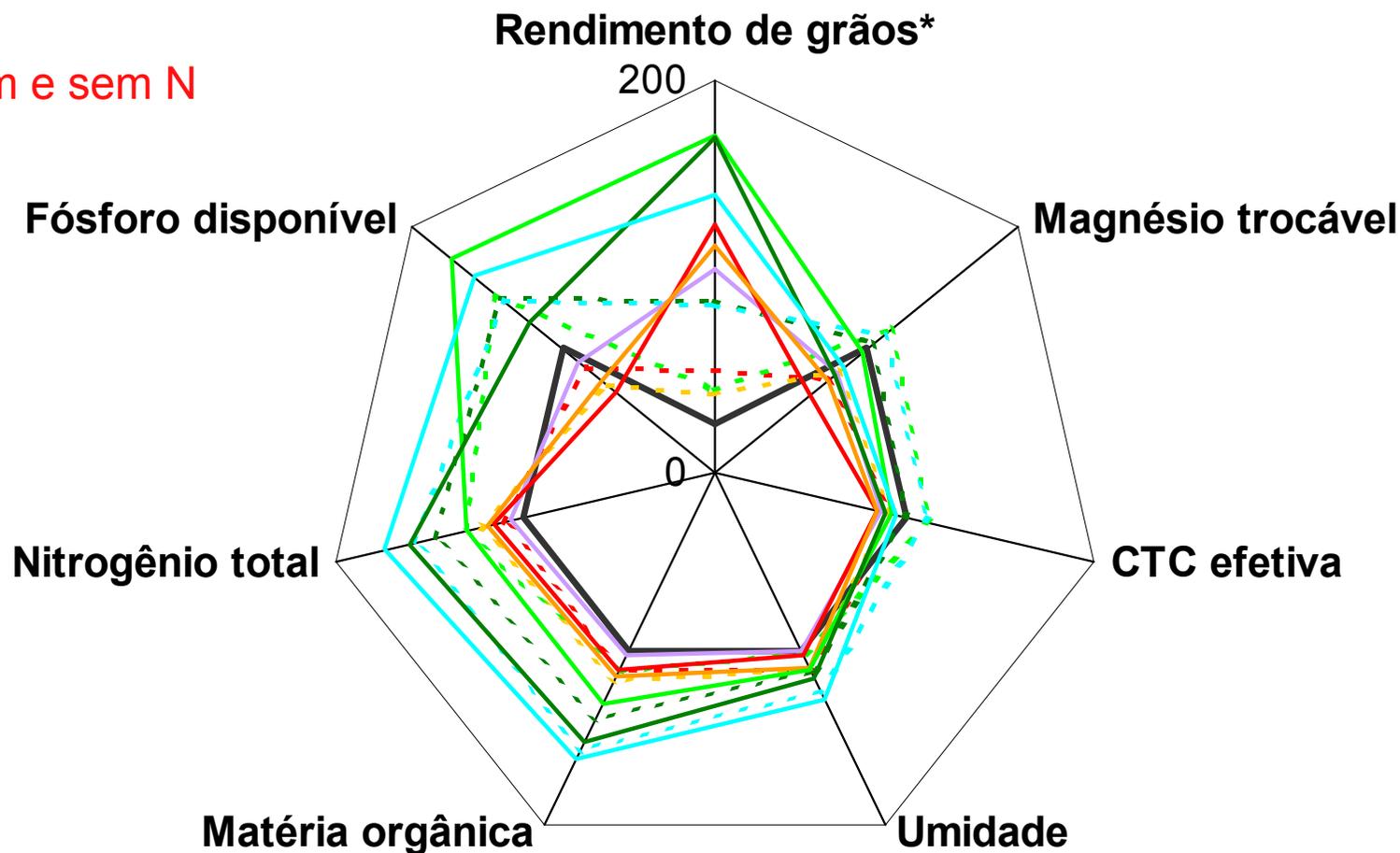
- ✓ Criar método para coletar e enviar ao laboratório amostras de solo não-deformadas
- ✓ Aprimorar metodologia de análise para quantificar as condições químicas percebidas pelas plantas nas amostras não-deformadas
- ✓ Fazer nova calibração com base em solos com tempo variável de cultivo no SPD, diferentes rotações de culturas, espécies cultivadas, locais, anos, condições físicas, químicas e biológicas de solo, etc.
- ✓ Mudar o modo de interpretar os resultados das análises

Tentativas para diminuir os *ruídos*

Indicadores da fertilidade mais sensíveis em expressar a mudança no rendimento

Tratamentos com e sem N

- SC A/M: 0 N = 100%
- - - SC V/M: 0 N
- . - . SC A+V/M+C: 0 N
- . . . SPD A/M: 0 N**
- - - SPD V/M: 0 N
- . - . SPD A+V/M+C: 0 N
- SC A/M: 180 N
- SC V/M: 180 N
- SC A+V/M+C: 180 N
- SPD A/M: 180 N
- SPD V/M: 180 N
- SPD A+V/M+C: 180 N



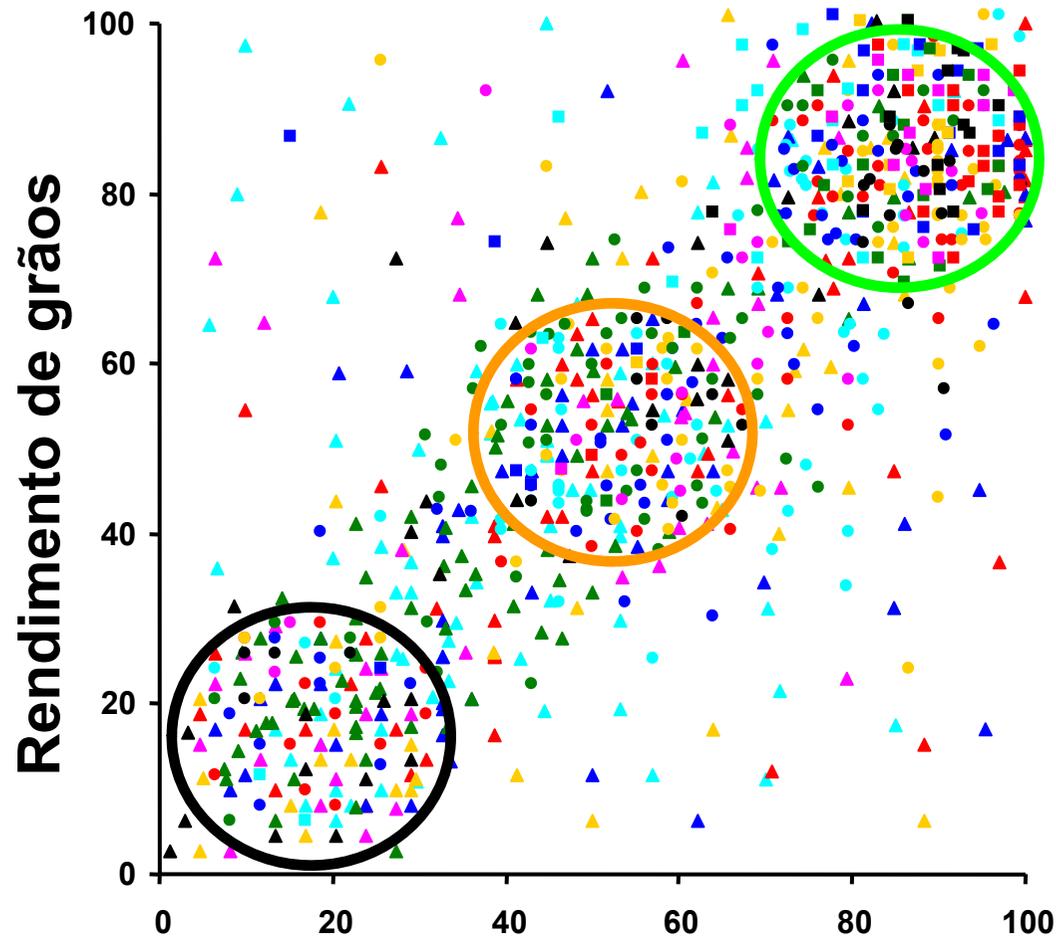
Não são bons indicadores



Tentativas para diminuir os *ruídos*

Técnica da normalização dos resultados dos indicadores para identificar níveis de fertilidade

Comportamento esperado



Níveis de fertilidade

Baixo: preto

Médio: laranja

Alto: verde

Locais / indicadores de fertilidade

Local 1 ▲pH ▲P ▲K ▲Al ▲MO ▲V ▲m

Local 2 ●pH ●P ●K ●Al ●MO ●V ●m

Local 3 ■pH ■P ■K ■Al ■MO ■V ■m



Margarete Nicolodi

Fertilidade do solo

Tentativas para diminuir os *ruídos*

Técnica da normalização dos resultados dos indicadores para identificar níveis de fertilidade

Comportamento
VERIFICADO

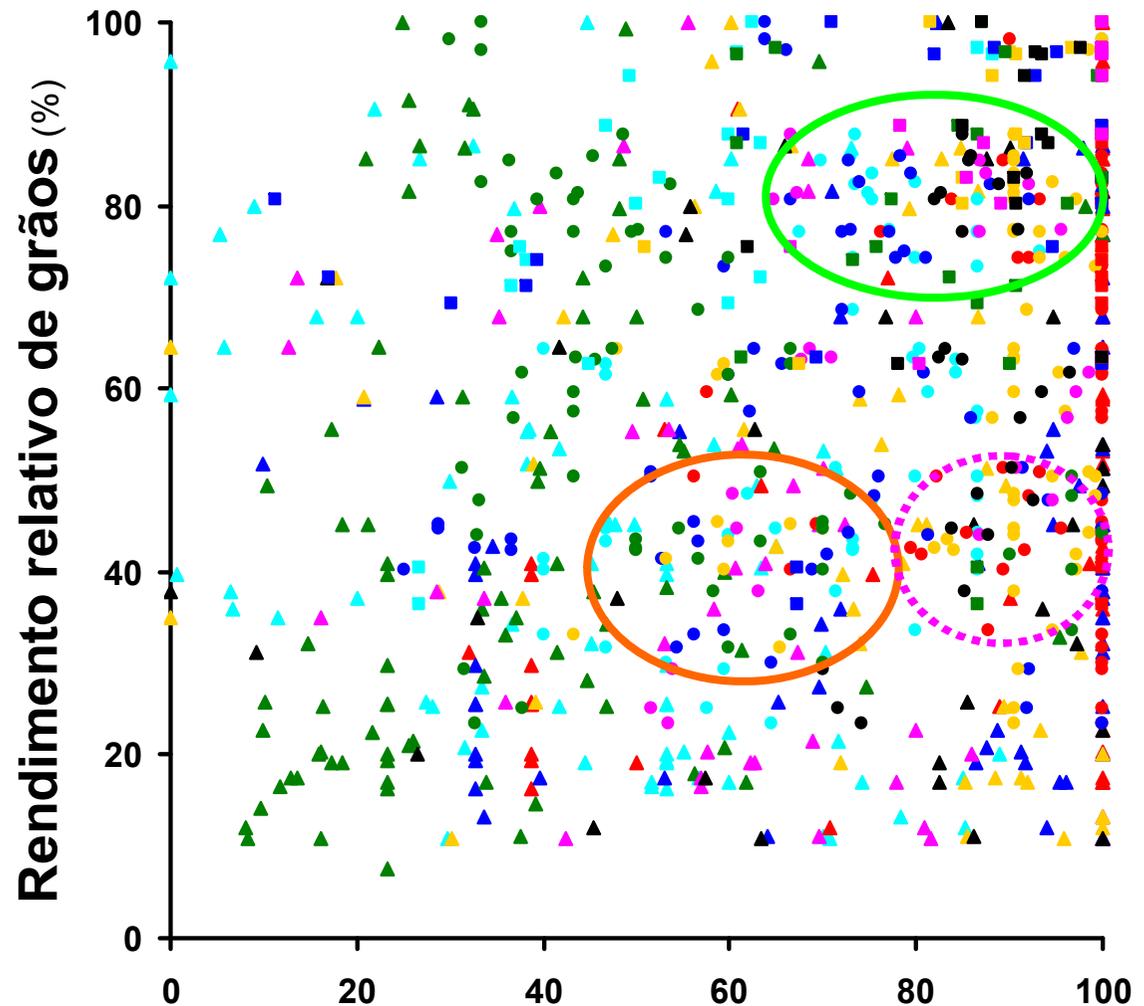
Níveis de fertilidade

Baixo: preto

Médio: laranja

Alto: verde

Eldorado do Sul ▲ pH ▲ P ▲ K ▲ Al ▲ MO ▲ V ▲ m
Passo Fundo ● pH ● P ● K ● Al ● MO ● V ● m
Santo Ângelo ■ pH ■ P ■ K ■ Al ■ MO ■ V ■ m



Fertilidade do solo Nicolodi (2007)



Margarete Nicolodi

A avaliação química da fertilidade é baseada na teoria mineralista.

O enfoque e a avaliação química não são suficientes para entender e expressar a fertilidade percebida pelas plantas quando o solo não é desagregado, isto é, quando são preservadas as relações construídas com o tempo de cultivo no SPD.

Portanto...

... a noção de fertilidade do solo deve ser revista.



Desafios à caracterização da fertilidade percebida pelas plantas

Mesmo valor e indicador tem diferentes efeitos sobre a planta conforme o sistema de cultivo

Aumentando os valores dos indicadores como no SC no SPD aumenta a produtividade das plantas?

Possibilidade 1: SIM

Desafio: ajustar os valores dos mesmos indicadores ao novo sistema de cultivo



Desafios à caracterização da fertilidade percebida pelas plantas

Mesmo valor e indicador tem diferentes efeitos sobre a planta conforme o sistema de cultivo

Aumentando os valores dos indicadores como no SC no SPD aumenta a produtividade das plantas?

Possibilidade 2: NÃO

Desafio: descobrir os outros fatores que estão determinando a produtividade no novo sistema



Desafios à caracterização da fertilidade percebida pelas plantas

- 1) Admitir a insuficiência da teoria mineralista para expressar a fertilidade percebida pelas plantas em solos cultivados em sistemas diferentes do convencional.**

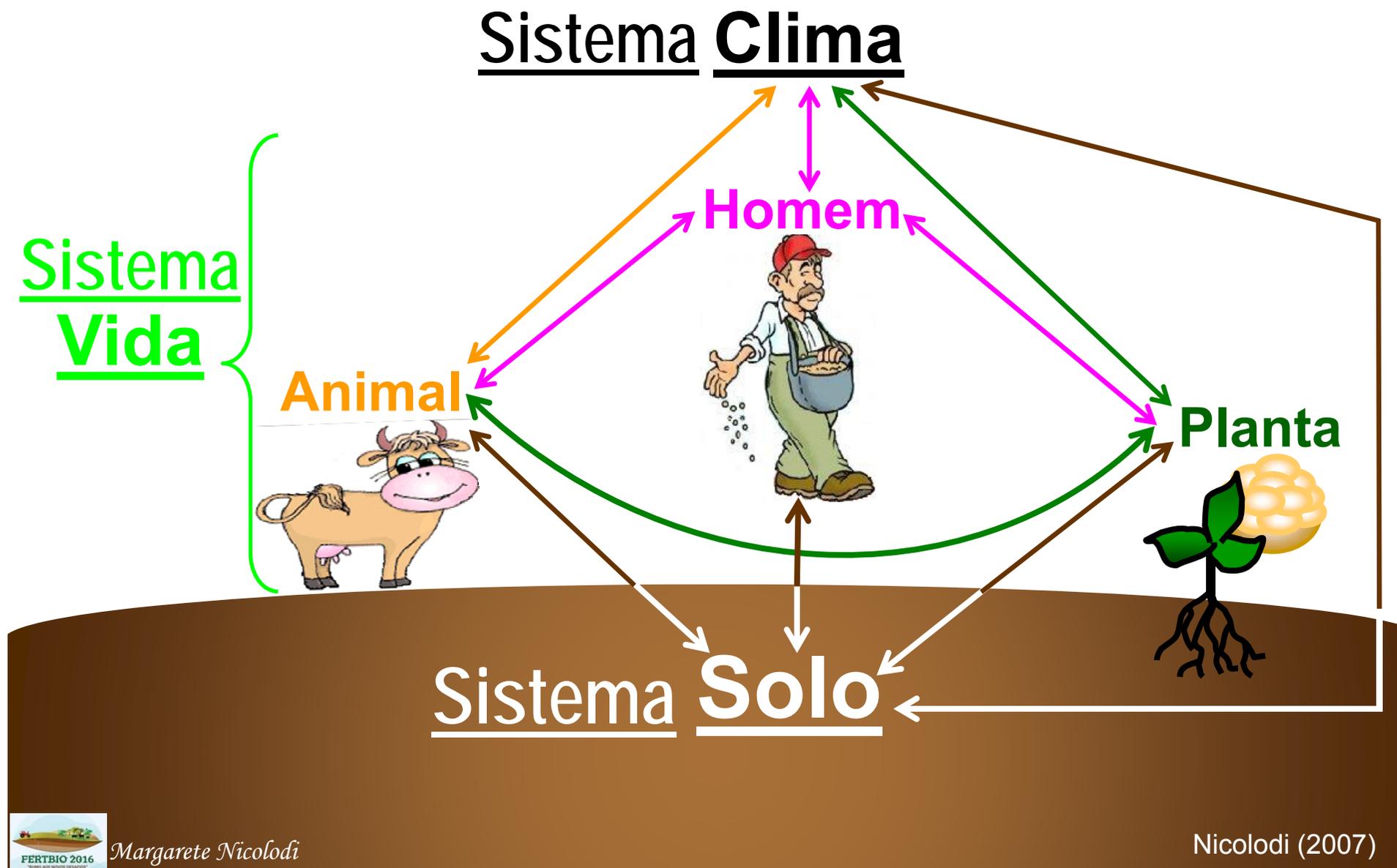
Desafios à caracterização da fertilidade percebida pelas plantas

2) Entender a fertilidade como propriedade gerada pelo funcionamento do solo como um todo.

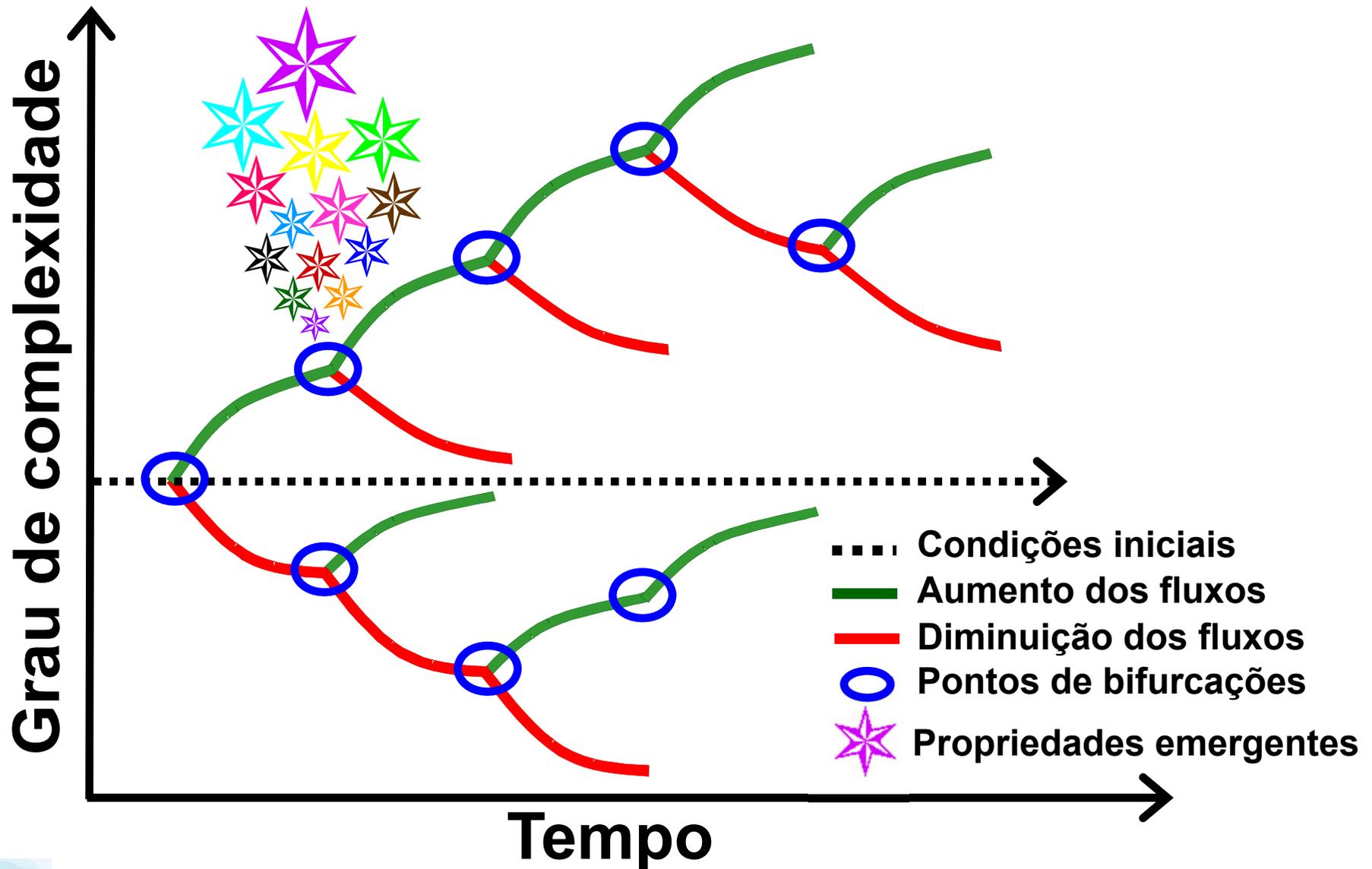
Aprimorar o nosso entendimento do funcionamento do solo, considerando-o um sistema aberto, e de como é gerada a fertilidade e determinada a sua magnitude



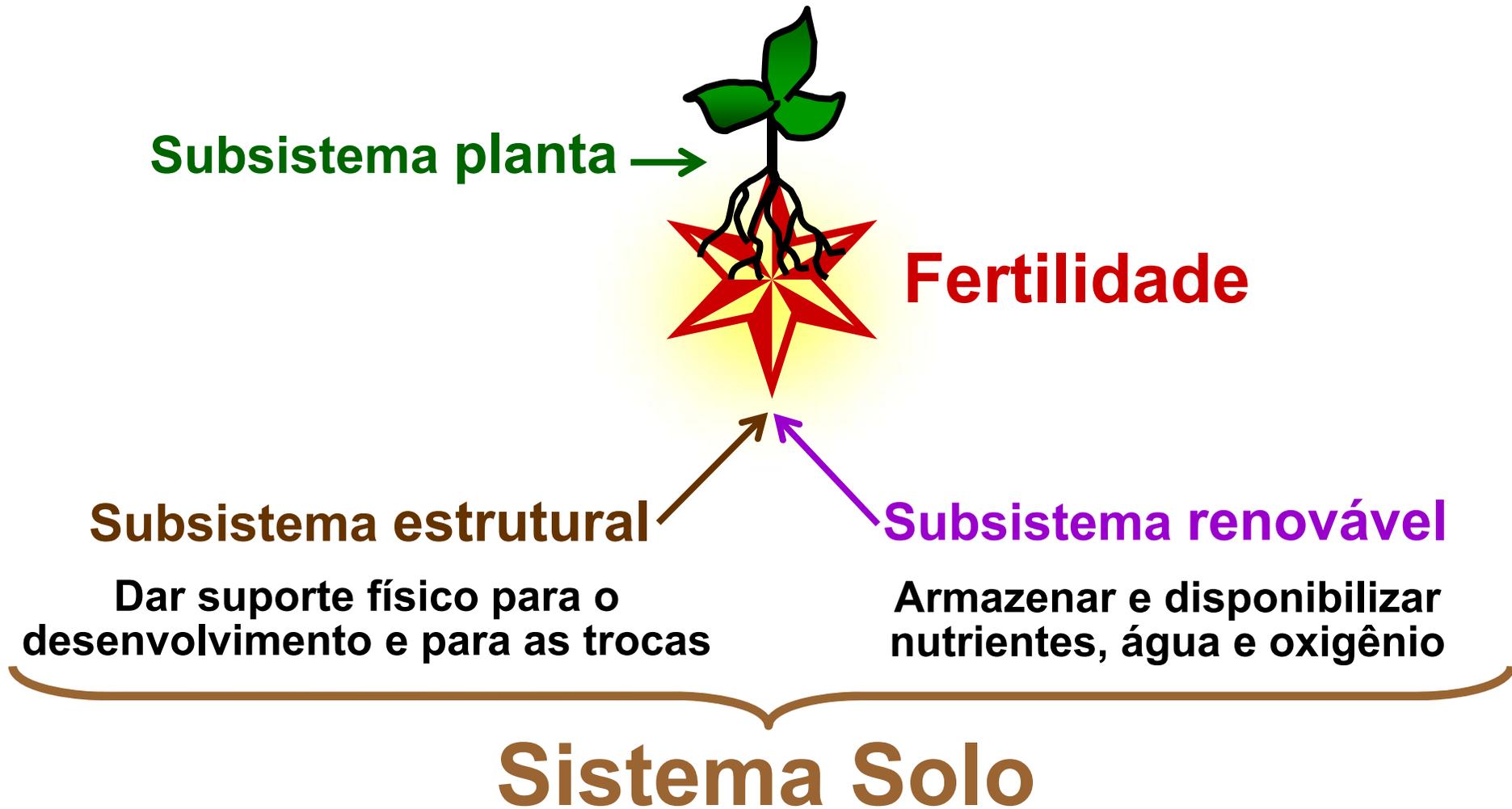
Principais interações com o solo



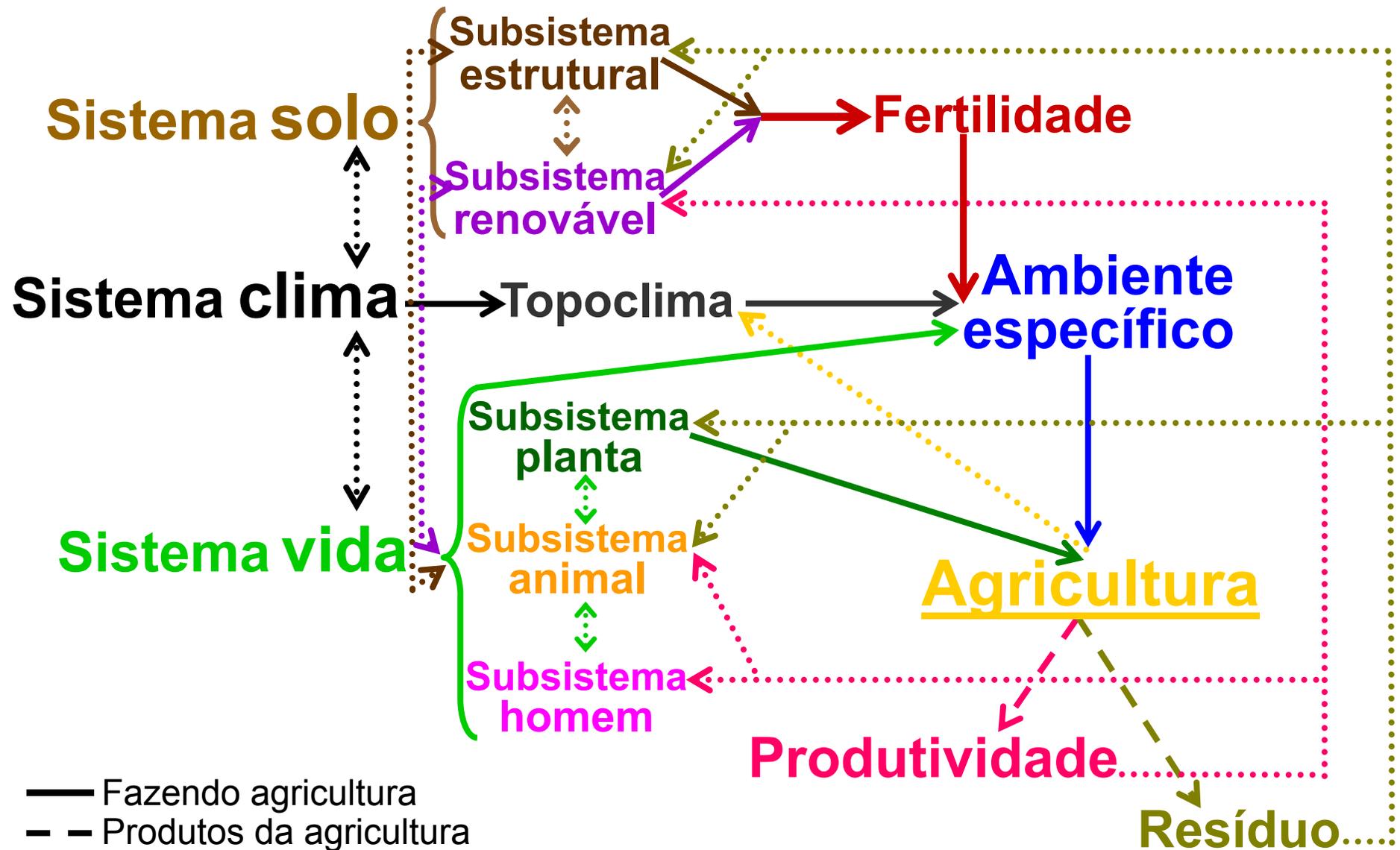
Auto-organização do sistema solo



Fertilidade do sistema solo



Fertilidade ... produtividade



- Fazendo agricultura
- - Produtos da agricultura
- Realimentando a agricultura



Desafios à caracterização da fertilidade percebida pelas plantas

- 3) Identificar indicadores dos processos que determinam o funcionamento do sistema solo, que expressem a magnitude da fertilidade percebida pelas plantas em sistemas conservacionistas com diferentes rotações.**

... indicadores químicos, físicos e biológicos



Desafios à caracterização da fertilidade percebida pelas plantas

- 4) Adequar ou construir metodologia de amostragem e de determinação, quantitativa e/ou qualitativa, práticas e de custo acessível, e estabelecer os critérios para interpretação dos indicadores da fertilidade do sistema solo para os principais grupos de culturas em sistemas conservacionistas.**

Desafio à melhoria e/ou manutenção da fertilidade percebida pelas plantas

Adequar as práticas recomendadas melhorar e/ou manter a fertilidade, o bom funcionamento do sistema solo e alta produtividade das plantas

- ✓ Estimular o bom funcionamento dos subsistemas estrutural e renovável
 - Repor os nutrientes exportados pelas culturas
 - Manter sempre o solo cultivado com menor revolvimento possível.
Para a produção de grãos processo colher-semear no SPD
- ✓ Estimular a diversidade de vida



Considerações

- ✓ O momento atual tem elementos teóricos e práticos suficientes para a mudança da noção da fertilidade.
- ✓ É essencial ...
 - avaliar a *fertilidade percebida pelas plantas* cultivadas em sistemas conservacionistas e confiar nas recomendações.
 - **repensar a noção mineralista e promover a mudança ...**
 - ❖ a abordagem sistêmica no estudo do solo pode ser muito útil.
 - construir uma nova noção a partir de conceito amplo.
 - aprimorar a metodologia para avaliar a fertilidade do sistema solo e fazer as novas calibrações.
 - quanto as práticas recomendadas, incluir a rotação de culturas como uma prática melhoradora da fertilidade, que é.

... é necessário, é difícil, é demorado, é possível!



Se tudo é parte e tudo retorna à terra, a fertilidade é um anel do ciclo da vida, o solo, que há 12 mil anos produz alimentos à população crescente, é um problema científico e o enigma da fertilidade, mesmo depois de extraordinário progressos científicos, continua em aberto.

Oliva (1939)

marganicolodi@hotmail.com



Itaíba, Ibirubá-RS

Muito obrigada!

Se nós realmente quisermos conhecer melhor a fertilidade percebida pelas plantas e aprimorar a nossa noção de fertilidade, poderíamos começar nos concentrando nas condições químicas, físicas e biológicas que as raízes encontram/enfrentam no sistema solo.