

FERTILIDADE DO SOLO NO BRASIL

José Francisco da Cunha
Tec-fértil Comércio Representações e Serviços Ltda.
Av. Benedito Storani, 95 – sala 09. Vinhedo – SP. 13280-000
cunha@agroprecisa.com.br

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo avaliar a situação da fertilidade dos solos cultivados no Brasil, usando como base os resultados das análises de solo cadastradas no sistema de avaliação da fertilidade do solo e recomendação de adubação do IPNI - International Plant Nutrition Institute e disponível livremente para utilização via Internet no sítio do instituto.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da situação de fertilidade do solo pode contribuir para avaliar os procedimentos usados na utilização de fertilizantes e também tentar estabelecer uma perspectiva para a demanda dos nutrientes, orientando agricultores, técnicos, pesquisadores e indústria. Infelizmente não contamos com levantamentos desta natureza com maior abrangência no país, existindo alguns estudos parciais e que pelo menos servem como indicadores do problema.

Considerando a disponibilidade do sistema de recomendação de adubação do IPNI de forma aberta, o estudo dos resultados das análises inseridas neste sistema poderia dar uma amplitude desta situação e contribuir para direcionar esforços para o estudo dos principais problemas.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado utilizando o conjunto de análises cadastradas no sistema de recomendação de adubação do IPNI – FertRec’X no período de 20/05/2005 a 06/05/2011.

Após a verificação do conjunto dos dados, foram eliminadas as informações em duplicidade, ocorridos em função da união de relatórios por período e que devido a novos cadastramentos de análises em talhões já listados nos relatórios anteriores, eram listados novamente. Assim, de uma quantidade de 5556 talhões cadastrados, após a exclusão das duplicidades ficaram 4751 talhões.

Ainda foram eliminadas 125 ocorrências de duplicidade, constatadas por cadastramento das mesmas análises / fazendas / talhões por diferentes usuários.

Como o objetivo final era a avaliação da situação de fertilidade do solo, também foram excluídos 78 cadastramentos identificados como sendo de amostragens em profundidade e de mais 240 pela possibilidade de serem também de profundidade pois eram caracterizados por uma seqüência de cadastramento de um mesmo talhão e resultados típicos de aumento na profundidade da amostragem.

Na seqüência, também foram excluídos 5 talhões considerados inconsistentes, não tendo resultados lógicos e coerentes, possivelmente feitos apenas com o intuito de conhecer o funcionamento do sistema.

Ainda houve a exclusão de talhões por diferentes motivos e que impediriam a interpretação devido ao cadastramento dos resultados, seja por erro nas unidades ou por falta de parâmetros complementares sendo os seguintes:

- 110 devido ao valor da CTC não ser concluído ou por erro na unidade dos elementos
- 61 por erro na unidade de cadastramento de Potássio (K)
- 712 devido à falta de parâmetros para interpretação de Fósforo (P). Análises em Mehlich mas sem o teor de argila ou P-Rem.
- 48 por erros em P e K
- 7 por outros motivos

Assim, ao final ficamos com 3.365 talhões com resultados válidos para avaliação dos resultados. Nestes talhões, somente foi considerada a análise mais recente, pois esta será a base para a interpretação e recomendação de adubação e estas análises tinham distribuição indicada na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidades de análises de solo por estado

AC	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PI	PR	RO	RR	RS	SC	SP	TO	Vazias
12	483	1	5	1	382	61	849	175	535	17	15	186	5	1	84	3	292	248	10

RESULTADOS

As análises foram classificadas conforme os diferentes critérios, apresentados a seguir para os diferentes nutrientes.

Fósforo

Os resultados em Resina foram interpretados conforme as classes indicadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas – IAC e tiveram o seguinte resultado:

Tabela 2 - Resultados para Fósforo			
Resina			
Classe	mg dm ⁻³	número	%
Muito Alto	>80	49	4%
Alto	>40 a 80	128	10%
Médio	>15 a 40	478	38%
Baixo	>6 a 15	404	32%
Muito Baixo	até 6	202	16%
Total		1261	100%

Os resultados em Mehlich-1 foram classificados conforme os critérios definidos pela Embrapa – CPAC e estão nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Resultados para Fósforo			
Mehlich-Argila			
Classe	mg dm-3	número	%
Alto		671	26%
Adequado		261	10%
Médio		301	11%
Baixo		379	14%
Muito Baixo		1007	38%
Total		2619	100%

Tabela 4 - Resultados para Fósforo			
Mehlich-Rem			
Classe	mg dm-3	número	%
Alto		212	46%
Adequado		72	16%
Médio		55	12%
Baixo		48	10%
Muito Baixo		71	16%
Total		458	100%

Ao comparar esta avaliação com os resultados obtidos no trabalho da Agrisus – Rally da Safra, conforme a Figura 1 abaixo, notamos que os resultados em Resina considerados Altos ou Adequados apresentam percentuais menores e os resultados de Médio, Baixo e Muito Baixo são maiores, situação até que poderia ser esperada visto que os resultados do Rally da Safra foram obtidos de áreas com uso intensivo, ao longo dos principais eixos de ocupação principalmente no Cerrado e principalmente porque foram obtidas na profundidade de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm, enquanto que nesta amostragem certamente temos maior diversidade de uso agrícola e possivelmente maior número de coletas de 0 a 20 cm.

Entretanto, para os resultados em Mehlich, tanto interpretados pelo teor de argila como pelo P-Rem, os resultados Adequado + Alto são similares, chegando a 36% no banco de dados e na média 0-10 cm do Rally seria de 38,8%

Tabela 11 – Número e % de amostras de solo analisadas no Brasil nas profundidades 0-5 cm e 5-10 cm, em função da faixa de interpretação do teor de P resina.

Faixa de interpretação (Teor de P resina)	0-5 cm	5-10 cm
<i>Número de amostras</i>		
BAIXO (0 - 15 mg/dm ³)	147	205
MÉDIO (16 - 40 mg/dm ³)	538	543
ALTO (> 41 mg/dm ³)	486	423
Total de amostras	1171	1171
<i>% de amostras</i>		
BAIXO (0 - 15 mg/dm ³)	12,6	17,5
MÉDIO (16 - 40 mg/dm ³)	45,9	46,4
ALTO (> 41 mg/dm ³)	41,5	36,1

Figura 1. Tabela 11 do Projeto Fósforo no Sistema de Plantio Direto – Agrisus PA-541-09

Deve ser considerado que, em se tratando de áreas de plantio direto (PD) ou similar, como foi identificada a maior parte das áreas visitadas pelo Rally da Safra, o procedimento de avaliação da fertilidade para fins de adubação está correto, entretanto não seria válido para avaliação da necessidade de correção da acidez dos solos ou para as áreas diferentes de PD.

A seguir apresentamos uma simulação para o consumo de Fósforo, baseado nas principais recomendações existentes para a cultura da soja.

Inicialmente, seguindo as indicações da Fundação Mato Grosso – FMT, encontramos como resultado que a demanda de P₂O₅ seria maior que o consumo verificado nas estimativas feitas para o Agristats como mostra a tabela a seguir.

Tabela 5 - Adubação de Soja, calculada com base nas indicações da FMT

Análise em:	Fósforo em Resina, Base FMT			Ano:	2009
Área (ha):	21.771.244				
Consumo P ₂ O ₅ - t (Agristats)	1.565.513				
Produção - t (IBGE)	74.841.577				
		Demanda	Adubação kg/ha / meta sc/ha		Expectativa
Classes	%	P ₂ O ₅	60-70 sacos	50-60 sacos	Produção
Muito Alto	4%	33.840	40		3.299.353
Alto	10%	132.596	60		8.618.719
Médio	38%	701.479	90	80	29.709.720
Baixo	32%	697.509		100	23.017.782
Muito Baixo	16%	418.505		120	11.508.891
		1.983.928			76.154.465
Comparativo:		26,7%	superior ao utilizado / alcançado		1,8%

Como resultado final, a recomendação da FMT para todo o universo de amostras analisadas em Resina, levaria a um consumo 26,7% maior de P₂O₅, entretanto, a produtividade esperada seria apenas 1,8% acima da obtida.

Tabela 6 - Adubação de Soja, calculada com base nas indicações do CPAC

Análise em:	Fósforo em Mehlich - Argila 35%, Base CPAC			Ano:	2009
Área (ha):	21.771.244				
Consumo P ₂ O ₅ - t (Agristats)	1.565.513				
Produção - t (IBGE)	74.841.577				
			Adubação kg/ha / meta sc/ha		Expectativa
		P ₂ O ₅	60-70 sacos	50-60 sacos	Produção
Alto	26%	223.116	40		21.753.787
Adequado	10%	86.786	40		8.461.607
Médio	11%	200.172		80	9.758.405
Baixo	14%	315.055		100	12.287.161
Muito Baixo	38%	1.004.520		120	32.646.891
		1.829.649			84.907.852
Comparativo:		16,9%	superior ao utilizado / alcançado		13,5%

Com base nas recomendações do CPAC e tomando como referência os resultados do P-mehlich, interpretados conforme os teores de argila dos solos (a simulação da adubação foi feita

de forma genérica considerando um teor de 35% de argila), o consumo de P₂O₅ seria de 16,9% maior. Esta adubação maior pelo menos teria um acompanhamento da expectativa de produção maior em 13,5%.

Tabela 7 - Adubação de Soja, calculada com base nas indicações do CPAC

Análise em:	Fósforo em Mehlich - P-Rem, Base CPAC			Ano:	2009
Área (ha):	21.771.244				
Consumo P ₂ O ₅ - t (Agristats)	1.565.513				
Produção - t (IBGE)	74.841.577				
Classes	%	Demanda P ₂ O ₅	Adubação kg/ha / meta sc/ha		Expectativa Produção
			60-70 sacos	50-60 sacos	
Alto	46%	403.101	40		39.302.324
Adequado	16%	136.902	40		13.347.959
Médio	12%	222.228	90	80	9.412.023
Baixo	10%	228.170		100	7.529.618
Muito Baixo	16%	405.002		120	11.137.560
		1.395.404			80.729.484
Comparativo:		-10,9%	superior ao utilizado / alcançado		7,9%

Já com base na interpretação do P mehlich conforme o P-Rem, a recomendação de P₂O₅ seria 10,9% menor e os resultados esperados para a colheita seriam 7,9% maior.

Tabela 8 - Adubação de Soja, calculada com base nas indicações do IAC

Análise em:	Fósforo em Resina - Base IAC			Ano:	2009
Área (ha):	21.771.244				
Consumo P ₂ O ₅ - t (Agristats)	1.565.513				
Produção - t (IBGE)	74.841.577				
Classes	%	Demanda P ₂ O ₅	Adubação kg/ha / meta sc/ha		Expectativa Produção
			60-70 sacos	50-60 sacos	
Muito Alto	4%	16.920	20		3.299.353
Alto	10%	88.397	40		8.618.719
Médio	38%	412.635	50	50	29.709.720
Baixo	32%	488.256		70	23.017.782
Muito Baixo	16%	313.879		90	11.508.891
		1.320.087			76.154.465
Comparativo:		-15,7%	superior ao utilizado / alcançado		1,8%

A demanda de P₂O₅ calculado pela interpretação do P-resina e usando como base as recomendações do IAC, levariam a um consumo 15,7% menor que o estimado no Agristats. De certa forma, isso demonstra o uso de recomendações conservadoras pelo IAC, possivelmente por serem mais antigas e a expectativa de produtividade subiu nos últimos anos, contando com um uso maior de fertilizante.

Potássio

Foi interpretado conforme as classes indicadas pelo Instituto Agronômico de Campinas – IAC e tiveram o seguinte resultado

Classe	cmolc dm ⁻³	número	%
Muito Alto	>0,60	78	2%
Alto	>0,30 a 0,60	646	20%
Médio	>0,15 a 0,30	1122	34%
Baixo	>0,08 a 0,15	805	24%
Muito Baixo	até 0,08	659	20%
Total		3310	100%

Os resultados para o Potássio, interpretados com base no teor trocável mostram uma distribuição maior entre as classes. Aqui encontramos uma maior similaridade com os resultados obtidos pelo Rally da Safra, o que pode ser esperado diante da maior movimentação do K no perfil do solo, apesar de que as amostras do Rally eram até 10 cm de profundidade. Os resultados foram de 20% Muito Baixo 24% Baixo, somando 44% e ainda foi até menor que no Rally (47,1% + 59,8%) de 53,5%.

Tabela 19 – Número e % de amostras de solo analisadas por região climática e no Brasil nas duas profundidades (0-5 cm e 5-10 cm), em função da faixa de interpretação do teor de K⁺ trocável.

Faixa de interpretação do teor de K ⁺ trocável (mmol _c /dm ³)	Região 1		Região 2		Região 3		Região 4		Brasil	
	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
	<i>Número de amostras de solo analisadas</i>									
BAIXO (0,0 - 1,5)	13	23	38	55	303	405	197	217	551	700
MÉDIO (1,6 - 3,0)	36	41	46	59	198	118	65	49	345	267
ALTO (> 3,1)	70	55	148	118	42	20	15	11	275	204
Total de amostras	119	119	232	232	543	543	277	277	1171	1171
<i>% de amostras de solo analisadas</i>										
BAIXO (0,0 - 1,5)	10,9	19,3	16,4	23,7	55,8	74,6	71,1	78,3	47,1	59,8
MÉDIO (1,6 - 3,0)	30,3	34,5	19,8	25,4	36,5	21,7	23,5	17,7	29,5	22,8
ALTO (> 3,1)	58,8	46,2	63,8	50,9	7,7	3,7	5,4	4,0	23,5	17,4

Figura 2. Tabela 19 do Projeto Bases Trocáveis nos solos cultivados com milho e soja em Plantio Direto no Brasil – Agrisus PA-707-10

Da mesma forma que para o Fósforo, efetuamos uma simulação de maneira genérica, considerando uma CTC média para os solos. Assim, a recomendação de uso de Potássio com base no CPAC seria 78% maior que o consumo estimado em 2009 no Agristats. Deve ser lembrada que o uso de K em 2009 foi prejudicado em função dos altos preços praticados, mas mesmo assim a recomendação seria muito maior que em 2008 de 1.435.858 t de K₂O e com área plantada similar.

Tabela 10 - Adubação de Soja, calculada com base nas indicações do CPAC

Análise em:	Potássio	CPAC			Ano:	2009
Área (ha):			21.771.244			
Consumo K ₂ O - t (Agristats)			1.222.860			
Produção - t (IBGE)			74.841.577			
		Demanda	Adubação kg/ha / meta sc/ha		Expectativa	
Classes	%	K ₂ O	60-70 sacos	50-60 sacos	Produção	
Muito Alto	2%	25.652	50		2.000.850	
Alto	20%	212.451	50		16.571.140	
Médio	34%	590.389	80	80	26.567.495	
Baixo	24%	741.275		140	17.472.903	
Muito Baixo	20%	606.832		140	14.303.905	
		2.176.598			76.916.292	
Comparativo:		78,0%	superior ao utilizado / alcançado		2,8%	

Considerando as recomendações do IAC, novamente constatamos uma recomendação conservadora e o resultado final seria muito menor que o calculado pelo CPAC. Deve ser notado que mesmo para as classes Alto e Muito Alto, a recomendação com base no IAC é insuficiente até para repor a extração de K₂O pela colheita (deve ser assinalado que na tabela do IAC a recomendação para a classe Muito Alto é de ZERO, enquanto que neste cálculo usamos metade da reposição).

Tabela 11 - Adubação de Soja, calculada com base nas indicações do IAC

Análise em:	Potássio	Base IAC			Ano:	2009
Área (ha):			21.771.244			
Consumo K ₂ O - t (Agristats)			1.222.860			
Produção - t (IBGE)			74.841.577			
		Demanda	Adubação kg/ha / meta sc/ha		Expectativa	
Classes	%	K ₂ O	60-70 sacos	50-60 sacos	Produção	
Muito Alto	2%	16.417	32		2.000.850	
Alto	20%	169.960	40		16.571.140	
Médio	34%	405.892	60	50	26.567.495	
Baixo	24%	317.689		60	17.472.903	
Muito Baixo	20%	346.761		80	14.303.905	
		1.256.720			76.916.292	
Comparativo:		2,8%	superior ao utilizado / alcançado		2,8%	

Enxofre

Foi interpretado conforme as classes indicadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas – IAC e tiveram o seguinte resultado.

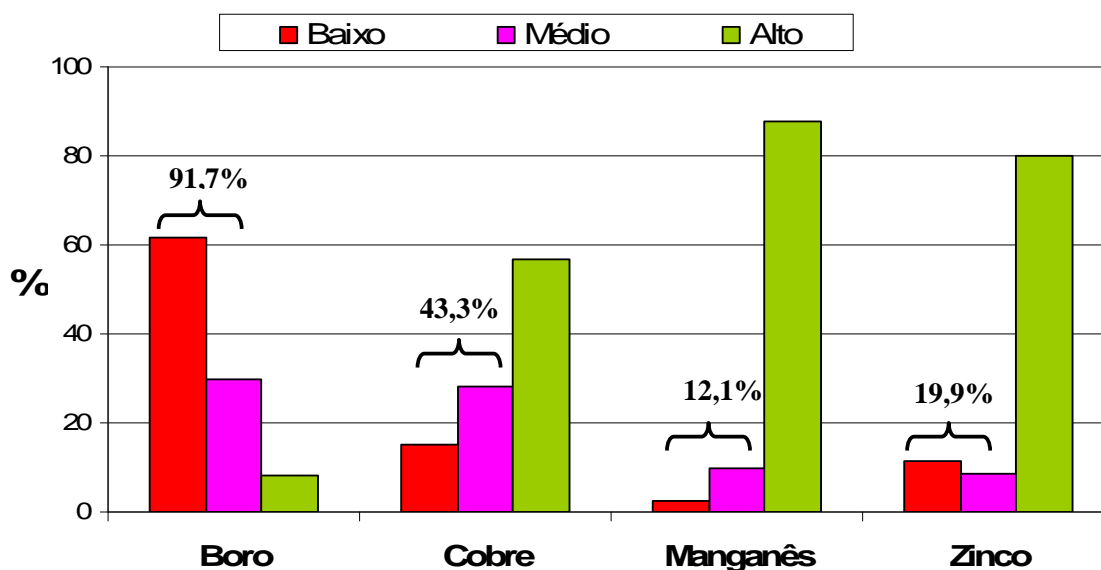
Tabela 12 - Enxofre			
Classe	mg dm ⁻³	número	%
Elevado	>20	336	13%
Muito Alto	>15 a 20	289	11%
Alto	>10 a 15	473	18%
Médio	>5 a 10	630	24%
Baixo	até 5	893	34%
Total		2621	100%

Neste caso é importante destacar que o diagnóstico da disponibilidade de Enxofre baseada na camada superficial do solo não é a mais adequada e portanto, esta classificação deve ser considerada apenas como uma referência.

Micronutrientes

Zinco, Cobre e Manganês foram interpretados conforme as classes indicadas pelo CPAC para os resultados em Mehlich-1 e para o Boro em água quente, pois não temos discriminação entre os métodos de análises e por isso preferimos classificar pelos valores maiores.

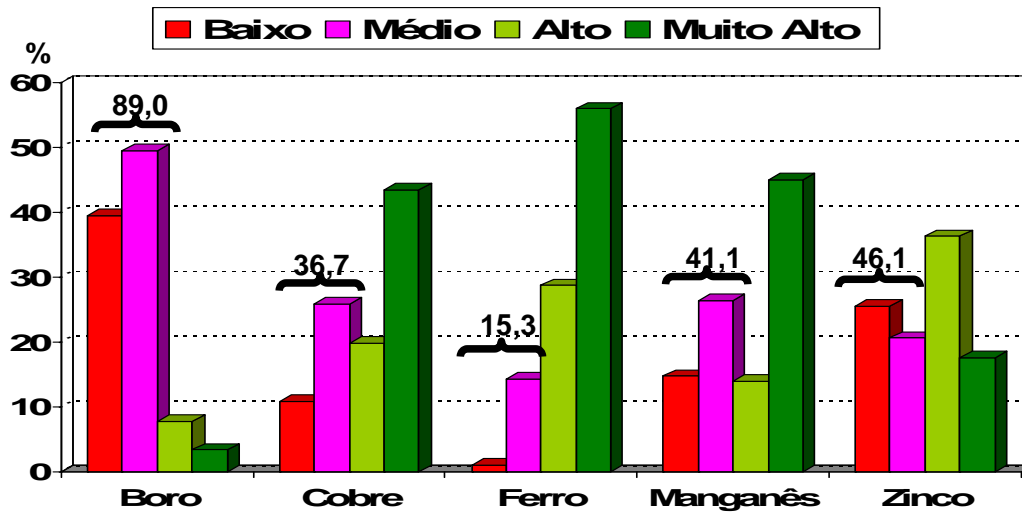
A seguir são apresentadas as figuras que mostram a situação dos micronutrientes em dois levantamentos realizados anteriormente, sendo o primeiro da FMT e o segundo feito com base em análises realizadas no laboratório do IAC e serão comentadas nas avaliações dos resultados dos micronutrientes deste levantamento.



Distribuição das classes de teores.

2770 amostras coletadas pela Fundação MT em 2002 (Fonte: Zancanaro, 2004 apud Yamada, 2004).

Figura 3. Distribuição das classes dos teores de micronutrientes nos solos do Mato Grosso



Distribuição das classes de teores.

13.416 amostras, 21 estados, Laboratório do IAC, Campinas, SP (Fonte: Abreu et al., 2005 apud Lopes, 2009).

Figura 4. Distribuição das classes dos teores de micronutrientes nos solos do Brasil

Classe	mg dm ⁻³	número	%
Elevado	>15	78	3%
Muito Alto	>2,4 a 15	980	40%
Alto	>1,6 a 2,4	337	14%
Médio	>1,1 a 1,6	304	13%
Baixo	até 1,1	721	30%
Total		2420	100%

A classificação do Zinco mostrou que 43% se encontravam nas classes Média + Baixa, semelhante ao encontrado nas análises do IAC com 46,1%. Já na FMT apenas 19,9% estavam nesta classe e mostravam que a incorporação das áreas de cerrado ao sistema de produção estava sendo feita com adequada utilização deste nutriente. Já em Goiás, como mostra a figura a seguir, apesar das diferenças entre as diferentes regiões, os resultados nas classes Média e Baixa são coerentes com esta média. Deve ser considerado que nem sempre as faixas de teores utilizadas nestas classificações são iguais.



Distribuição dos teores de **ZINCO** (mg/dm³) nos solos de alguns municípios do Sudoeste Goiano

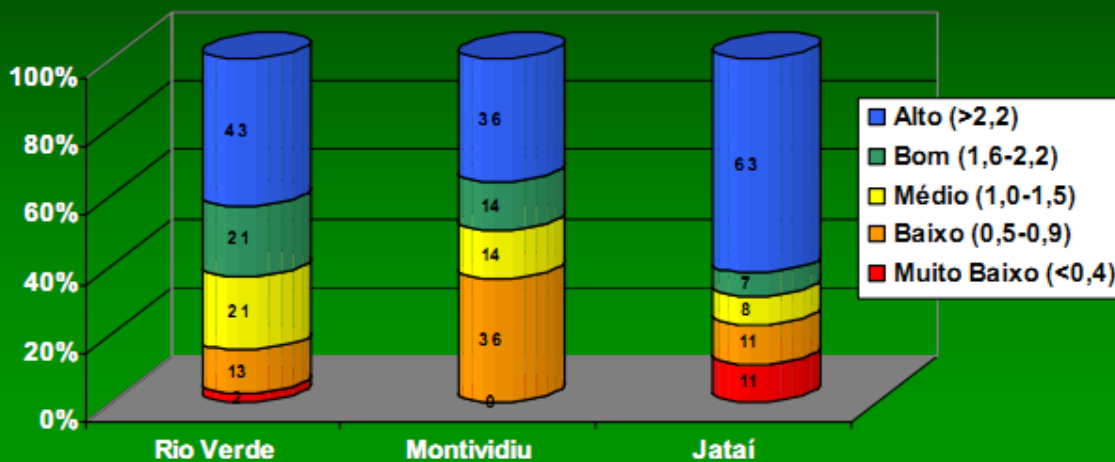


Figura 5 – Teores de Zinco no solo (Fonte: UFU-2006-AULA-POS-GRADUACAO_micronutrientes-apostila01)

Classe	mg dm ⁻³	número	%
Elevado	>15	35	1%
Muito Alto	>1,5 a 15	860	36%
Alto	>0,8 a 1,5	448	19%
Médio	>0,5 a 0,8	309	13%
Baixo	até 0,5	722	30%
Total		2374	100%

Para o Cobre, nas classes Média + Baixa ficaram 43% das análises e este resultado é coerente com outros levantamentos, encontrando-se 36,7% pelo IAC e 43,3% pela FMT. A figura a seguir mostra em Goiás percentual muito mais elevado nestas classes, embora seja necessário considerar que os valores das faixas das classes são diferentes. Mesmo se considerarmos os resultados abaixo de 0,8 mg dm⁻³, encontraremos um percentual altíssimo de análises em Goiás e isso é de certa forma uma surpresa e ao mesmo tempo uma explicação: o estado de Goiás deve ser, entre os estados do centro-oeste, o que menos utiliza cobre nas adubações, com um largo consumo de BR 12 (contem 9% de Zn e apenas 0,8% de Cu) e ainda pior, mudou o consumo para New BR12 que não contém cobre. Isto demonstra o maior erro de adequação de fórmulas de micronutrientes ao consumo regional e merece uma ação mais profunda para a avaliação do problema e adequação da adubação local.

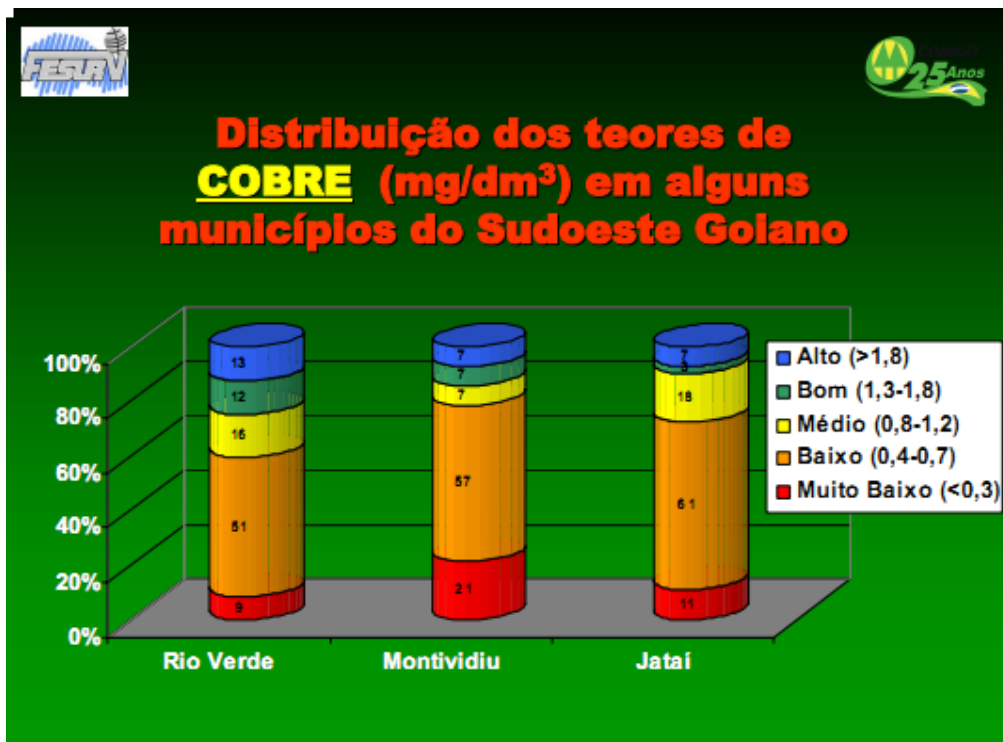


Figura 6 – Teores de Cobre no solo (Fonte: UFU-2006-AULA-POS-GRADUACAO_micronutrientes-apostila01)

Classe	mg dm ⁻³	número	%
Elevado	>50	143	6%
Muito Alto	>9 a 50	1006	42%
Alto	>5 a 9	365	15%
Médio	>2 a 5	448	19%
Baixo	até 2	418	18%
Total		2380	100%

Para o Manganês os resultados podem ser os mais diversos considerando as diferenças existentes entre as diferentes regiões do país e com isso os resultados estarão muito relacionados com a composição da amostra. Neste levantamento, Médio + Baixo somaram 39%, enquanto a FMT encontrou 12,1%, os resultados do IAC indicam 41,1% e em Goiás, a figura a seguir indicam que os resultados abaixo de 5 mg dm⁻³ estão próximos de 20%. Talvez isto não seja muito relevante para a indicação da adubação com Manganês, devido à dificuldade em se estabelecer dosagens para o uso mas, servem como um indicativo da necessidade de atenção ao uso do nutriente quando encontrado com os teores mais baixos na análise de solo.

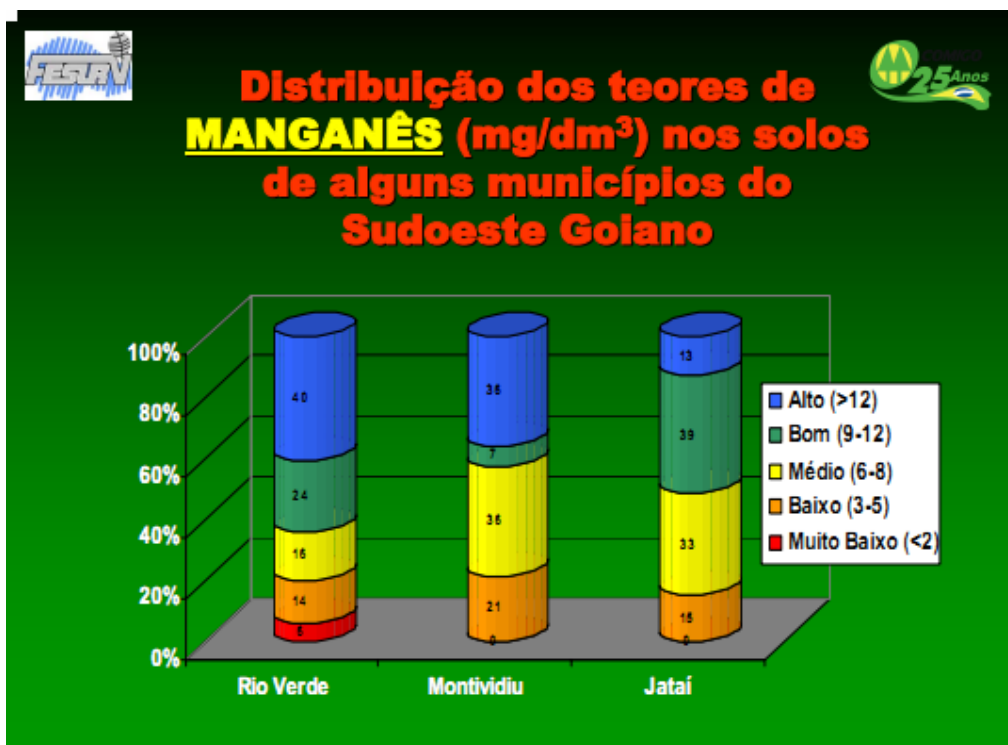


Figura 7 – Teores de Manganês no solo (Fonte: UFU-2006-AULA-POS-GRADUACAO micronutrientes-apostila01)

Classe	mg dm-3	número	%
Elevado	>3,0	6	0,3%
Muito Alto	>1,2 a 3,0	36	2%
Alto	>0,6 a 1,2	196	8%
Médio	>0,3 a 0,6	578	25%
Baixo	até 0,3	1535	65%
Total		2351	100%

O resultado para o Boro é uma unanimidade: geralmente mais de 90% das análises apontam resultados Médios ou Baixos e seria o nutriente com maior ocorrência de deficiência nas áreas agrícolas do país. Isto é um paradoxo que mereceria maior esforço para melhorar o diagnóstico e uso do nutriente, com questões como:

1. o método de análise é realmente bom para caracterizar a disponibilidade? (o método é bom do ponto de vista analítico e talvez tenha apresentado boa correlação na calibração para o estado de São Paulo).
2. qual a probabilidade de resposta esperada para os diferentes cultivos?
3. qual a dosagem adequada?
4. existem diferenças de eficiência entre os produtos?
5. qual a melhor forma de aplicação?

Com certeza, o Boro ainda é um nutriente desconhecido e enigmático.

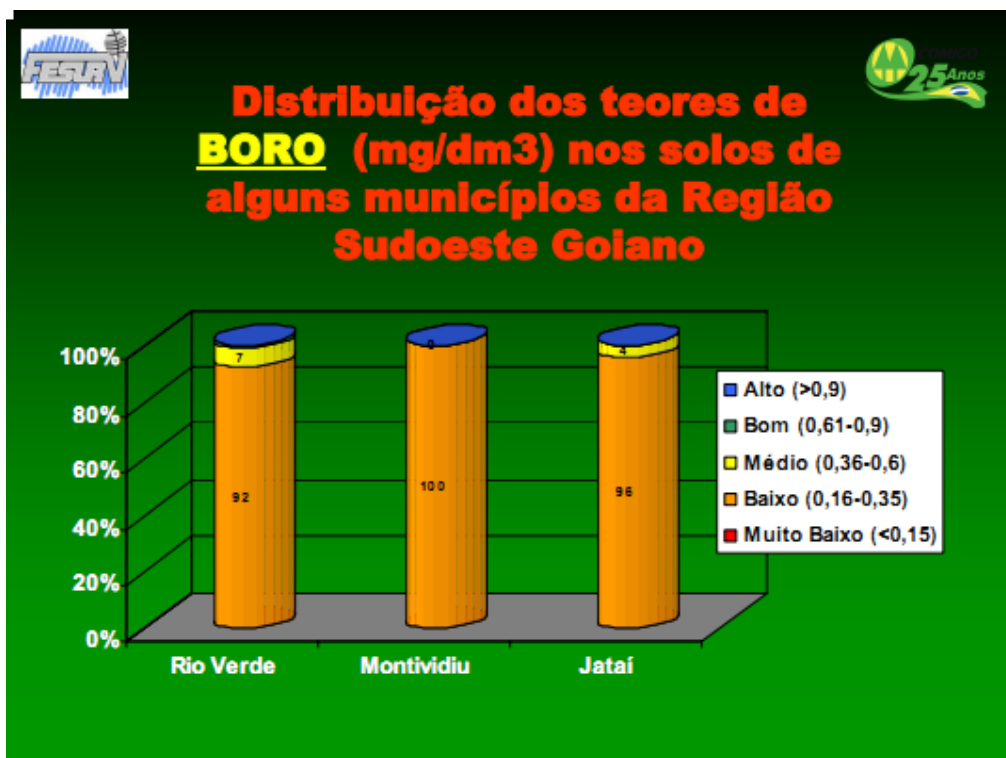


Figura 8 – Teores de Boro no solo (Fonte: UFU-2006-AULA-POS-GRADUACAO_micronutrientes-apostila01)

CONCLUSÕES

Embora o número de análises disponíveis seja relativamente pequeno para caracterizar a situação de fertilidade para o país, podemos concluir que ainda assim trata-se de uma amostragem até representativa das diferentes situações.

Com relação a vários nutrientes podemos encontrar coerência com outros resultados conhecidos de avaliação da fertilidade e pode-se dizer que este quadro é como a agricultura brasileira está vendo a fertilidade dos solos.

Deve ser ressaltada a dificuldade em organizar os dados por dois motivos: não se conhece exatamente a situação que cada análise representa e principalmente devido aos muitos erros cometidos pelos usuários no cadastramento dos resultados.

Outro aspecto importante é que esta análise pode servir de incentivo para que outros levantamentos sejam desenvolvidos, sejam baseados em resultados disponíveis com os laboratórios ou agregados por entidades, empresas ou profissionais.

Vinhedo, 25 de janeiro de 2012

José Francisco da Cunha
Tec-fértil Com. Rep. e Serv. Ltda.