

FITODISPONIBILIDADE DE METAIS PESADOS TÓXICOS EM TRIGO CULTIVADO SOB EFEITO RESIDUAL DE ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA

Daniel Schwantes^{1,6}, Affonso Celso Gonçalves Jr^{2,6}, Herbert Nacke^{3,6}, Ivair André Nava^{4,6},
Endrigo Antônio de Carvalho^{5,6}.

RESUMO: A contaminação de solos por metais pesados tóxicos é sério problema ambiental, principalmente em solos cultivados com cereais destinados a alimentação humana. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a fitodisponibilidade de metais pesados tóxicos em trigo semeado em solo com resíduo de adubação de base NPK + Zn, aplicado anteriormente na cultura da soja. Os tratamentos foram compostos do residual de adubação de base de cinco formas de fertilização dispostos em duas doses de adubação (D1 = 300 kg ha⁻¹ e D2 = 600 kg ha⁻¹) e testemunha. As cinco formas de fertilização foram: NPK formulado + fonte de Zn da marca A; NPK formulado + fonte de Zn da marca B; NPK formulado + fonte de Zn da marca C; NPK formulado + fonte de Zn da marca D; NPK formulado sem Zn na mistura. O fertilizante NPK utilizado possuía a fórmula de N:P₂O₅:K₂O (2-20-18). Foi determinada a disponibilidade foliar dos nutrientes (K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn, Fe) e os metais pesados tóxicos (Cd, Pb e Cr) na estrutura vegetal do trigo. Com base nos resultados obtidos pode-se chegar à seguinte conclusão: A aplicação de fertilizantes com micronutrientes na cultura da soja mostrou uma efetiva disponibilização de Pb e Cr para as plantas de trigo, em ambas as condições de adubação.

PALAVRAS-CHAVE: adubação residual, fontes de zinco, *triticum aestivum*.

BIOAVAILABILITY OF TOXIC HEAVY METALS IN WHEAT GROWN WITH RESIDUAL EFFECT FROM SOYBEAN FERTILIZATION.

SUMMARY: The soil contamination by toxic heavy metals is a serious environmental problem, especially in soils cultivated with cereals for human consumption. This work aimed to evaluate the bioavailability of nutrients and toxic heavy metals in wheat spread in soil with residual fertilization (NPK + Zn) from the previous crop (soybean). The treatments were compounds of the residual fertilizers with five sources arranged in two doses of fertilization (D1 = 300 kg ha⁻¹ and D2 = 600 kg ha⁻¹) and a control without fertilization. The five sources of fertilizer used were: NPK formulated + Zn from brand A; NPK formulated + Zn from brand B; NPK formulated + Zn from brand C; NPK formulated + Zn from brand D; NPK formulated without Zn. The fertilizer which was used has the formula N:P₂O₅:K₂O (2-20-18). The nutrients (K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn, Fe) and the toxic heavy metals concentration (Cd, Pb and Cr) were analyzed in the plant tissue samples. Based on the results, we reached the conclusion: The use of fertilizer with micronutrients in soybean culture shown effective absorption of Cr and Pb to the plant tissue in both doses of fertilization.

KEYWORDS: residual fertilization, sources of zinc, *triticum aestivum*.

¹ Acadêmico de Agronomia da UNIOESTE; ² Prof. Dr. em Química adjunto da UNIOESTE; ³ Engenheiro Agrônomo; ⁴ Mestre em Agronomia; ⁵ Acadêmico de Zootecnia; ⁶ Integrante do GESOMA (Grupo de Estudos em Solos e Meio Ambiente); e-mail para correspondência: affonso133@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A poluição por metais pesados tóxicos tem sido considerada um dos mais sérios problemas ambientais, principalmente em áreas influenciadas pela atividade antrópica. As principais fontes antrópicas de contaminação ambiental por metais pesados tóxicos são os fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada, combustão de carvão mineral, incineração de resíduos urbanos e industriais, e indústrias de mineração, fundição e refinamento (AMARAL SOBRINHO et al., 1992).

Os metais pesados podem ser definidos como um grupo de metais, semimetals e não-metais que possuem densidade atômica maior que 5 kg dm^{-3} que estão associados à poluição ambiental e toxicidade aos seres vivos. Alguns metais pesados, incluindo Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Manganês (Mn), são micronutrientes requeridos em ampla variedade de processos fisiológicos; no entanto, podem ser tóxicos em concentrações elevadas. Além disso, metais pesados como Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Mercúrio (Hg) não possuem nenhuma função conhecida para as plantas e são altamente tóxicos devido à sua reatividade com átomos de Enxofre (S) e Nitrogênio (N) dos aminoácidos e proteínas (CLEMENS, 2001).

Uma vez presente no solo, no ar ou na água, seja por ocorrência natural ou por ação antrópica, o metal pesado tóxico pode adentrar na cadeia alimentar e ao atingir concentrações elevadas nas plantas, animais e no ser humano, causar problemas de toxicidade, diminuindo a produtividade no caso de plantas e animais e vindo a causar doenças nos humanos, que podem culminar com a morte (MELO et al., 2007).

Os autores Kabata-Pendias & Pendias (1992) relatam sobre os efeitos tóxicos causados pelo excesso de metais tais como mudanças na permeabilidade da membrana celular; reações com grupos tiólicos com cátions metálicos; afinidade com grupos fosfato do ADP e ATP e inativação de enzimas e, ou, proteínas funcionais.

Existe a necessidade de diagnosticar a situação atual dos solos agricultáveis e nas águas, quanto aos atuais níveis de metais pesados que estes apresentam, considerando especialmente os teores de Cd, Pb, Cr (Cromo) e Hg, produto do incremento histórico de micronutrientes e fertilizantes contendo tais substâncias nos solos agricultáveis do Brasil (MONTEIRO, 2008; SANTOS, 2007).

O Cd apresenta potencial tóxico não trazendo nenhum benefício conhecido para a natureza. Exerce efeito cumulativo nos rins e é tóxico em concentrações muito baixas. A dose letal de Cd para um adulto de 60 kg é de 0,35 g. Apresenta bioacumulação nos tecidos do corpo, podendo apresentar intoxicações crônicas, conhecidas como cadmiose, podendo ainda ocorrer sinergismo com outras substâncias tóxicas.

Atribui-se ao Cd a causa de vários processos patológicos no homem, como tumores nos testículos, disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose e câncer. No corpo, o metabolismo ocorre pela absorção gastrointestinal, penetrando na circulação sanguínea e concentrando no plasma, alcançando os glóbulos vermelhos, depois segue para os rins, fígado, pâncreas e glândulas salivares. Em parte o Cd age bloqueando o grupamento tiol, inibindo a respiração celular e em alguns sistemas enzimáticos de grande importância para o funcionamento do organismo (TEIXEIRA, 1998).

O Pb é tóxico e tem efeito cumulativo ao longo dos anos para o organismo animal. Uma vez que os seres humanos estão expostos a outras fontes de contaminação de Pb através do ar e alimentos, seu consumo na água deve ser limitado a baixas concentrações. A OMS estabelece um valor limite de até $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ na água. O Pb em águas superficiais apresenta teor muito baixo. É um elemento tóxico cumulativo e a queima de combustíveis fósseis é uma das suas principais fontes de poluição (LACERDA et al., 2000).

O sistema nervoso, a medula óssea e os rins são considerados órgãos críticos para o Pb, que interfere nos processos genéticos ou cromossômicos e produz alterações na estabilidade da cromatina em cobaias, inibindo reparo de DNA e agindo como promotor do câncer (AVILA-CAMPOS, 2004).

A absorção de Cr por via cutânea depende do tipo de composto, de sua concentração e do tempo de contato. O Cr absorvido permanece por longo tempo retido na junção dermo-epidérmica e no extrato superior da mesoderme. A maior parte do Cr é eliminada através da urina, sendo excretada após as primeiras horas de exposição. Os compostos de Cr hexavalente produzem efeitos cutâneos, nasais, bronco-pulmonares, renais, gastrointestinais e carcinogênicos. Os cutâneos são caracterizados por irritação no dorso das mãos e dos dedos, podendo transformar-se em úlceras. As lesões nasais iniciam-se com um quadro irritativo inflamatório. Em níveis bronco-pulmonares e gastrointestinais produzem irritação bronquial, alteração da função respiratória e úlceras (AVILA-CAMPOS, 2004).

Grandes problemas ambientais estão relacionados à quantidade de metais que são acumulados por plantas utilizadas na alimentação animal e humana, às formas como se distribuem dentro dos tecidos das plantas e seu papel na transferência desses elementos para outros organismos. Os efeitos biológicos são de grande importância na saúde de homens e animais causados pela poluição metálica de plantas (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992).

O trigo é um dos principais alimentos do planeta, ocupando 20% da área cultivada no mundo, tendo como principais produtores mundiais a Rússia, Ucrânia, EUA, China, Índia e França (SEAGRI, 2008). Fornece cerca de 20% das calorias provenientes de alimentos consumidos pelo homem, possui o glúten, não encontrada em outros grãos, o que faz do trigo componente indispensável para muitos alimentos. O trigo é útil ao ser humano por meio de seus derivados imediatos, como as farinhas (branca e integral) e trigoilho. Com as farinhas preparam-se diversos tipos de pão, macarrão, talharim, capeletes e raviólis, carne de trigo (glúten), café de trigo, canjicas, bolos, esfiras, massas (para tortas, empadas, pastéis), panquecas, pizzas e outras. Com o trigoilho preparam-se quibes, torta de quibe, tabule, outros. Farelo de trigo (subproduto da obtenção da farinha branca) é usado em arraçoamento de bovinos, suínos e aves; a palha do trigo pode ser devolvida ao solo (matéria orgânica), ou ser usada como cama para instalação de animais (SEAGRI, 2008).

Na busca por resultados relacionados à fertilização com micronutrientes e seu efeito residual, efetuou-se este trabalho com o objetivo de avaliar a ação residual da adubação com micronutrientes para a cultura da soja sobre a fitodisponibilidade dos metais pesados tóxicos Cd, Pb e Cr no tecido foliar do trigo.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi instalado no município de Palotina no Estado do Paraná durante a safra de inverno de 2008, o local apresenta Latitude 24° 18' 58" S, Longitude 53° 55' 18" W e Altitude de 310 m. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006), possuindo textura argilosa (Tabela 1). O clima é tropical quente úmido, Cfa, com temperatura média anual de 21,3 °C, com a mínima de 16 °C e a máxima de 28,6 °C. Na Tabela 2 encontram-se os dados climáticos da região nos meses em que foi conduzido o experimento.

TABELA 1 – Análise granulométrica do solo

Textura	g kg ⁻¹
Areia	170
Sílte	180

Argila	650
--------	-----

TABELA 2 – Médias de precipitações pluviárias, temperaturas máxima (MAX) e mínima (MIN), umidade relativa (UR) durante a realização do experimento, no período de abril/2008 a setembro/2008 (IAPAR, Palotina – PR)

Mês	Precipitação (mm)	Temperaturas (°C)		UR %
		MAX	MIN	
ABRIL	136	29,3	16,8	77
MAIO	150	25,2	13,0	80
JUNHO	110	23,8	11,7	81
JULHO	81	24,3	10,6	78
AGOSTO	80	26,3	11,9	73
SETEMBRO	136	27,2	14,00	70

O experimento foi conduzido a campo, em área de lavoura comercial com sistema de plantio direto na palha. A cultura anterior ao experimento era de soja (*Glycine max L.*) variedade NK-412113.

As amostras de solos foram coletadas na área do experimento, em março de 2008 após a colheita da soja, na profundidade de 0 a 20 cm em três pontos distintos (sub-amostras) dentro da parcela útil, sendo então misturadas até obtenção de uma amostra composta. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE, empregando a metodologia proposta por Pavan (1992), os resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 3 – Características químicas do solo no início do experimento nas áreas da dose recomendada (D1) e dobro da dose (D2)

ÁREA	pH	MO	P	K ⁺	Ca	Mg	Al	V	Al
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	%-----
D1	4,60	24,91	48,67	1,37	2,79	1,10	0,30	51,00	5,52
D2	4,78	21,61	47,80	0,88	2,65	1,32	0,25	49,00	4,98

D1 – Área da dose recomendada; D2 – Área do dobro da dose recomendada

TABELA 4 – Valores médios dos metais pesados tóxicos no solo nas áreas da dose recomendada (D1) e dobro da dose (D2)

ÁREA	Cu	Mn	Zn	Fe	Cd	Pb	Cr
	-----µg g ⁻¹ -----						
D1	17,29	219,67	6,60	27,38	5,77	27,39	13,11
D2	15,72	266,50	3,86	37,27	5,27	21,11	31,27

O delineamento experimental utilizado foi na forma de blocos ao acaso (DBC) em esquema fatorial (6x2) com três repetições.

As parcelas foram constituídas de 11 linhas de trigo com 4 m de comprimento, espaçamento entre-linhas de 20 cm, com um espaço de 90 cm de distância entre cada parcela. Utilizou-se como parcela útil as seis linhas centrais da parcela, desprezando-se ainda como bordadura 0,5 m da extremidade de cada linha, restando uma área útil de 3,0 m².

Cada bloco foi separado através de um corredor de 1 m de comprimento. As parcelas foram dispostas de forma a coincidir exatamente com as parcelas da cultura anterior (soja).

Os tratamentos foram compostos do residual de adubação de base NPK + Zn, aplicado em

cultivo anterior (soja).

O fertilizante utilizado possuía a fórmula de NPK (2-20-18) com 0,3% de Zn na forma de grânulos, aplicados na base. Foram utilizadas cinco fontes de fertilizante comerciais de marcas diferentes.

Foram consideradas para a cultura da soja as seguintes doses: uma vez a recomendação de adubação (NPK+Zn) que, segundo EMBRAPA (2006), é de 300 kg do formulado por ha, seguindo a análise química do solo para fins de fertilidade (Tabela 3 e 4), e o dobro da recomendação de adubação. A testemunha se caracteriza por não conter fertilizante de base. O NPK formulado sem Zn é composto por cloreto de potássio, super fosfato simples, super fosfato triplo e uréia.

Todos os tratamentos são classificados da seguinte maneira:

- T1 = 300 kg de NPK fórmula 02-20-18 com 0,3% de Zn da marca A;
- T2 = 300 kg de NPK fórmula 02-20-18 com 0,3% de Zn da marca B;
- T3 = 300 kg de NPK fórmula 02-20-18 com 0,3% de Zn da marca C;
- T4 = 300 kg de NPK fórmula 02-20-18 com 0,3% de Zn da marca D;
- T5 = 300 kg de NPK fórmula 02-20-18 sem Zn;
- T6 = Testemunha sem adubação;
- T7 = 600 kg de NPK fórmula 02-20-18 com 0,3% de Zn da marca A;
- T8 = 600 kg de NPK fórmula 02-20-18 com 0,3% de Zn da marca B;
- T9 = 600 kg de NPK fórmula 02-20-18 com 0,3% de Zn da marca C;
- T10 = 600 kg de NPK fórmula 02-20-18 com 0,3% de Zn da marca D;
- T11 = 600 kg de NPK fórmula 02-20-18 sem Zn;
- T12 = Testemunha sem adubação.

A instalação do experimento foi realizada no final de abril de 2008, sendo a área designada para o experimento manejada de acordo com as medidas necessárias. Com o propósito de eliminação das plantas daninhas, aplicou-se o herbicida *Glyphosate* (na dose de 3,00 L ha⁻¹), para dessecação da área. Em seguida realizou-se a semeadura com semeadora de precisão a uma profundidade de 3 cm e deposição de 60 sementes por metro linear. Não foi utilizado fertilizante na semeadura.

A cultivar de trigo utilizada no experimento foi o IPR-130, comercializada pelo IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), apresentando ciclo médio, tipo pão melhorador e porte baixo.

Todo o processo de condução da lavoura experimental foi o mais próximo possível das condições utilizadas em uma lavoura comercial, ou seja, com o uso de semente certificada, controle químico de plantas daninhas, pragas e doenças.

Para controle das plantas daninhas pós-emergente, foi aplicado herbicida *Metsulfuron* (na dose de 4,13 g ha⁻¹). Para controle de insetos foi aplicado o inseticida *Clorpirifós* (na dose de 0,750 L ha⁻¹). Para controle de doenças foi aplicado o fungicida *Epoxiconazol + Piraclastrobina* (na dose de 0,500 L ha⁻¹).

Em julho de 2008 realizou-se a coleta de amostras de folhas de trigo do experimento, 72 dias após a emergênica (DAE), no estágio fenológico 10 (início de espigamento). Em cada parcela útil foram coletadas 30 folhas entre a 1^a e 4^a folha expandida a contar da ponta (MALAVOLTA, 1994). As folhas foram cuidadosamente armazenadas e identificadas em sacos de papel perfurados e levadas a uma estufa de circulação forçada de ar para secagem a uma temperatura de 65 °C durante 48 horas. Após esse período as mesmas foram moídas em um micro-moinho e acondicionadas em sacos de polietileno limpos.

Para determinação dos metais pesados tóxicos (Cd, Pb e Cr) na estrutura vegetal do trigo

foi utilizado o método de digestão nitro-perclórica (AOAC, 2005) e a determinação realizada por espectrometria de absorção atômica (EAA), modalidade chama (WELZ & SPERLING, 1999). As análises foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon.

Todos os dados obtidos experimentalmente foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A análise estatística foi realizada com auxílio do programa estatístico Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 está apresentado os quadrados médios da análise de variância para os teores de metais pesados tóxicos no tecido vegetal do trigo.

A Tabela 5 demonstra que não foi encontrado efeito significativo ($P > 0,05$) para os teores de Cd, Pb e Cr no tecido foliar do trigo.

TABELA 5 – Análise de variância para os teores de Cd, Pb e Cr no tecido foliar de trigo

FV	Quadrados Médios		
	Cd	Pb	Cr
Bloco	ND ^{NS}	14,77 ^{NS}	28,77 ^{NS}
Dose	ND ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,11 ^{NS}
Tratamento	ND ^{NS}	2,97 ^{NS}	17,31 ^{NS}
Dose X Trat.	ND ^{NS}	4,37 ^{NS}	54,91 ^{NS}
Resíduo	ND ^{NS}	4,41 ^{NS}	25,56 ^{NS}
CV (%)	0,00	108,05	54,5

FV – Fonte de variação; NS – Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F (Fisher) ; ND – Não detectado pelo EAA – Chama.

Não foram encontrados teores de Cd no tecido foliar do trigo pelo método da Espectrometria de Absorção Atômica - modalidade chama, porém não se pode afirmar que este elemento não esteja presente no tecido foliar desta cultura, podendo estar em concentrações abaixo do limite de detecção. A não detecção deste elemento pode indicar que a maior parcela deste metal, que estava presente no solo antes da implantação da cultura do trigo, provavelmente tenha sido percolado para camadas mais profundas e/ou lixiviado para outras áreas.

Segundo (Mortvedt, 1991), citado por Ferreira (2001), algumas hortaliças folhosas podem absorver quantidades significativas de Cd, Cr, Ni e Pb, mas esses metais em geral são pouco translocados para grãos de cereais, o que pode indicar que pequenas quantidades de Cd permaneceram no solo e não foram translocadas para parte aérea do trigo.

Segundo por Dudka et al. (1994) citado Ferreira et al. (2001) o Cd não é tóxico para as plantas. Contudo, é um metal pesado que merece preocupação porque pode acumular-se em plantas em níveis que podem ser tóxicos aos animais. Segundo o mesmo autor, concentrações de Cd 25 vezes acima do tratamento controle não foram prejudiciais ao trigo. Porém, o trigo resultante poderia ser tóxico para animais.

Observa-se na tabela 6 que nem mesmo o dobro da dose recomendada (D2) apresentou efeito residual suficiente para que ocorressem médias superiores a dose recomendada (D1), em

relação aos teores de Cd, Pb e Cr.

TABELA 6 – Valores médios dos teores de Cd, Pb e Cr no tecido foliar do trigo em função da dose de fertilizante residual

FV	Cd	Pb	Cr
	----- mg kg ⁻¹ -----		
D1	ND ^{NS}	2,06 ^{NS}	9,22 ^{NS}
D2	ND ^{NS}	1,83 ^{NS}	9,33 ^{NS}

NS – Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F (Fisher) ; ND – Não detectado pelo EAA – Chama.

As diferentes fontes de Zn estudadas (Tabela 7) não diferem quanto ao seu efeito residual na cultura do trigo, sendo ainda o efeito residual insuficiente para que ocorressem médias superiores entre as diferentes doses nos teores foliares de Cd, Pb e Cr.

TABELA 7 – Valores médios dos teores de Cd, Pb e Cr no tecido foliar do trigo, em função das diferentes fontes de fertilizante residual

TRATAMENTOS	Cd	Pb	Cr
	----- mg kg ⁻¹ -----		
T1	ND ^{NS}	2,00 ^{NS}	11,00 ^{NS}
T2	ND ^{NS}	4,67 ^{NS}	7,67 ^{NS}
T3	ND ^{NS}	1,33 ^{NS}	8,00 ^{NS}
T4	ND ^{NS}	2,00 ^{NS}	5,67 ^{NS}
T5	ND ^{NS}	1,00 ^{NS}	11,00 ^{NS}
T6	ND ^{NS}	1,33 ^{NS}	12,00 ^{NS}
T7	ND ^{NS}	3,33 ^{NS}	5,33 ^{NS}
T8	ND ^{NS}	1,33 ^{NS}	10,67 ^{NS}
T9	ND ^{NS}	2,00 ^{NS}	16,67 ^{NS}
T10	ND ^{NS}	1,00 ^{NS}	10,00 ^{NS}
T11	ND ^{NS}	1,67 ^{NS}	5,33 ^{NS}
T12	ND ^{NS}	1,67 ^{NS}	8,00 ^{NS}

NS – Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F (Fisher) ; ND – Não detectado pelo EAA – Chama.

Pode-se observar na Tabela 7, que a aplicação de fertilizantes com micronutrientes na cultura da soja infelizmente mostrou uma efetiva disponibilização de Pb e Cr para as plantas de trigo, em ambas as condições de adubação utilizadas (adubação recomendada e o dobro da recomendação).

Observa-se na Tabela 8, as faixas normal e crítica para os metais pesados tóxicos para as plantas no tecido foliar.

Pode-se notar que os teores de Pb obtidos nos diferentes tratamentos (Tabela 7) se mantiveram dentro da faixa considerada normal para teores de Pb em tecido foliar (Tabela 8), que vai de 0,2 a 20 mg kg⁻¹. Porém alguns teores de Cr obtidos (Tabela 7) são altos o suficiente para seu enquadramento na faixa tida como crítica (Tabela 8), que vai de 15 a 30 mg kg⁻¹.

TABELA 8 – Concentrações normais e críticas para alguns metais pesados em tecido foliar

Elemento	Faixa Normal	Faixa Crítica
	-----mg kg ⁻¹ -----	
Cd	0,1 – 2,4	5 - 30
Pb	0,2 - 20	30 - 300
Cr	0,03 - 14	15 - 30

Fonte: Kabata-Pendias & Pendias (1992).

Entre os efeitos prejudiciais associados à presença de metais pesados no solo, pode-se citar a possibilidade de sua adsorção pelas plantas com conseqüente entrada na cadeia alimentar. A capacidade de acumulação de metais pesados pelos solos, que poderá afetar sua qualidade no futuro, é outra preocupação para a qual não se tem, até o presente, uma resposta conclusiva (FERREIRA et al., 2001).

CONCLUSÃO

Pelas condições de campo, em que foi realizado o referido experimento e com base nos resultados obtidos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

As diferentes fontes de Zn estudadas não diferem quanto ao seu efeito residual na cultura do trigo, sendo também o efeito residual insuficiente para que ocorressem médias superiores entre as diferentes doses nos teores foliares de Cd, Pb e Cr.

A aplicação de fertilizantes com micronutrientes na cultura da soja infelizmente mostrou uma efetiva disponibilização de Pb e Cr para as plantas de trigo, em ambas as condições de adubação utilizada (adubação recomendada e o dobro da recomendação).

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official methods of analysis**. 18 ed. Maryland: AOAC, 2005. 3000 p.

AVILA-CAMPOS, M.J. **Metais Pesados e seus Efeitos**. Disponível em:<http://www.mundodoquimico.hpg.ig.com.br/metais_pesados_e_seus_efeitos.htm> Acesso em: 24 de Julho de 2007.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C. & VELLOSO, A.C.X. **Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n 16, p. 271-276, 1992.

CLEMENS, S. **Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis**. Planta, n 212 p. 475-486, 2001.

DUDKA, S.; PIOTROWSKA, M. & CHLOPECKA, A. **Effect of elevated concentrations of Cd and Zn in soil on spring wheat yield and the metal content of the plants.** Water, Air and Soil Pollution, p. 333-341, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA. D. F. **SISVAR – Sistemas de análises estatísticas.** Lavras, UFLA. 2003.

FERREIRA E. M.; CRUZ M. C. P.; RAIJ B. V.; ABREU C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** ed. Legis Summa, p. 592. Jaboticabal-SP 2001.

IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná. **Cultivar de Trigo IAPAR 130.** Disponível em <<http://www.iapar.br/arquivos/File/folhetos/trigo/ipr130.html>>. Acesso em Novembro de 2009

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants.** Flórida: CRC Press, 365p. 1992.

LACERDA, J.A.A; MACEDO, L.M.F.C.; ROSSI, W.C.; GOMES, A.C.O.B.; SANTOS, L.C.S. **Avaliação da Qualidade das Águas.** Centro de Recursos Hídricos, Governo da Bahia, 2000. 22p. (Relatório Técnico)

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos.** Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). Produquímica Indústria e Comércio Ltda, 153 p. São Paulo. 1994.

MONTEIRO, Maurício Filho. **Lixo Tóxico Vira Matéria Prima.** On-line. Disponível em: <<http://www.reporterbrasil.org.br/exibe.php?id=171>>. Publicado 17/10/2005. Acesso em Set. 2009.

MORTVEDT, J. J. **Micronutrients fertilizer technology and use in the United States.** Seminar on Micronutrients in Agriculture. New Dehli, INDIA, 1979.

MELO, Gabriel Mauricio de; MELO, Valeria de; MELO, Wanderlei. **Metais Pesados no Ambiente Decorrente da Aplicação de Lodo de Esgoto em Solo Agrícola.** Disponível on-line em: <www.ambienet.eng.br> Acesso em 16 Fev. 2009.

PAVAN– Instituto Agrônomo do Paraná. **Manual de análise química do solo, plantas e fertilizantes.** Brasília, 627 p. 1992.

SANTOS, A. D. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região Metropolitana de São Paulo.** Dissertação Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 265 p. 2007.

SEAGRI, Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Cultura Trigo.** Disponível on-line em <<http://www.seagri.ba.gov.br/Trigo.htm>>. Acesso em Novembro de 2009.

TEIXEIRA, F.H. **Estudo Comparativo para Metais em Ambiente Aquático** (Bacia Hidrográfica do Rio Guandu - RJ). Tese de Mestrado em Saúde Pública, FIOCRUZ - Rio de Janeiro, 1998. 120p.

WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**. 2 ed. Weinheim: Wiley-VCH, 1999. 941 p.