



ESTUDO DA CORRELAÇÃO DE METAIS ENTRE O BIOINDICADOR *LOLIUM MULTIFLORUM* LAM E SUBSTRATO DE CULTIVO

Daiana Rech da Silva – daiarech@live.com

Universidade Feevale, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas
Av. Presidente Lucena, 7094
CEP 93600-000 – Estância Velha – RS

Débora Laranjeira – dezzy_xxi@hotmail.com

Universidade Feevale, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas

Larissa Meincke – larissa_meincke@yahoo.com.br

Universidade Feevale, Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental

Daniela Montanari Migliavacca Osório – danielaosorio@feevale.br

Universidade Feevale, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas

Liane Bianchin – lianebianchin@feevale.br

Universidade Feevale, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas

Resumo: *As questões ambientais ganham cada vez mais destaque unido à importância de nos tornarmos todos responsáveis pela promoção e manutenção da qualidade do ar, da água e do solo para a subsistência do ser humano. A partir do biomonitoramento da poluição atmosférica desenvolvido com o uso da gramínea *Lolium multiflorum* Lam, este trabalho analisou a presença de metais no substrato usado no cultivo da espécie vegetal, com o objetivo de avaliar a presença de metais e relacionar a parcela disponível para utilização pela planta com os metais provenientes de poluição atmosférica que foram incorporados ao seu tecido foliar. Os resultados obtidos na amostragem feita em quatro pontos da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos demonstram inexistência de correlação entre os teores de metais identificados nos espécimes vegetais e os detectados no substrato, exceto para níquel, indicando assim, que a contaminação é proveniente de poluição atmosférica e reforçando a necessidade de continuidade dos estudos.*

Palavras-chave: *Poluição atmosférica, biomonitoramento, metais, *Lolium multiflorum* Lam, substrato.*



METALS CORRELATION STUDY BETWEEN BIOINDICATOR *LOLIUM MULTIFLORUM* LAM AND CULTIVATION SUBSTRATE

Abstract: Environmental issues are increasingly united the importance of becoming all responsible for promoting and maintaining the quality of air, water and soil for the survival of human. From the biomonitoring air pollution developed with the use of grassy *Lolium multiflorum* Lam, this study analyzed the presence of metals in the substrate used in the cultivation of species, in order to assess the presence of metals and relate the portion available for use by plant with metals from air pollution that were included in their leaf tissue. The results of the sampling carried out in four points of the basin of the Rio dos Sinos show no correlation between the metal content identified in plant specimens and detected on the substrate, except for nickel, indicating that the contamination comes from air pollution and reinforcing the need for continuity studies.

Keywords: air pollution, biomonitoring, metals, *Lolium multiflorum* Lam, substrate.

1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores de sustentação da maior parcela da vida humana, animal e biológica do planeta advêm do ar atmosférico. Devido à grande área de contato entre a superfície do sistema respiratório e o meio ambiente, a qualidade do ar interfere diretamente na saúde respiratória (ARBEX *et al.* 2012). E o contexto histórico demonstra a crescente evolução das sociedades e juntamente com elas a introdução de poluentes na atmosfera por meio dos processos industriais, da geração de energia, circulação de veículos automotores, entre outros.

Dentre as principais técnicas utilizadas para amostragem e quantificação de poluição atmosférica, estão a amostragem ativa, a amostragem automática e/ou a amostragem passiva, inclusive com o uso de espécies bioindicadoras. O biomonitoramento “[...] permite avaliar a qualidade do ar em áreas extensas, utilizando organismos vivos que respondem à poluição ambiental alterando suas funções ou acumulando toxinas” (MARIANI & PEREIRA, 2008). Os efeitos causados pela contaminação do ar em espécies animais e vegetais, denominadas bioindicadoras, podem ser utilizados para avaliação qualitativa e quantitativa da contaminação atmosférica. No que diz respeito a bioindicadores vegetais, as principais vantagens associadas são o fácil manuseio, cultivo e cuidados, além de custos relativamente baixos (SAVÓIA, 2007).

Dentre as espécies de plantas consideradas bioindicadores, realiza-se uma subdivisão entre dois grupos, sendo um de plantas de acúmulo, ou seja, aquelas que acumulam substâncias em seus tecidos, tais como metais pesados e enxofre, e as plantas de alteração, aquelas que apresentam mutações genéticas em sua formação (PAULA, 2010). Tratando-se da espécie *Lolium multiflorum* Lam (azevém), esta se apresenta com uma alta capacidade para o acúmulo de substâncias tóxicas, bem como metais e também uma alta tolerância contra a maioria dos poluentes do ar, sem mostrar qualquer dano visível devido a níveis de poluição do ambiente (KLUMPP *et al.*, 2009).

Os poluentes são incorporados ao tecido foliar da gramínea a partir da interação com o ar atmosférico tanto quanto pelo contato com o substrato, fonte de sua sustentação, portanto para defini-los e quantificá-los, torna-se importante avaliarmos a relação existente entre a planta e o seu meio de cultivo de modo a isolarmos as diferentes fontes de contaminação (SANTANA, 2002). Botelho *et al.*, 2010 reporta que os metais estão naturalmente presentes no solo, fonte da produção de substrato, devido ao seu processo de formação, porém, em baixos percentuais para a maioria deles, presentes nas formas de pseudo total e biodisponível.

Os metais pseudo totais correspondem ao teor de metais presentes em substratos, que não incluem os oclusos na fração silicatada. Essa forma de metal não representa o teor destes que está

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES



biodisponível para ser absorvido pelas plantas, porém é de suma importância que seja analisado, pois somente desta forma, é possível estimar a capacidade máxima de metais que o substrato poderá disponibilizar (MATTOS, 2014).

A biodisponibilidade de metais está associada ao estudo de contaminação de plantas, pois estes elementos podem ser absorvidos pelas raízes da mesma forma que os nutrientes e isso é bastante preocupante, pois pode influenciar no seu metabolismo e até mesmo entrar na cadeia alimentar. Desta forma, a fração de metal que pode ser absorvido pelas plantas é denominada de fração biodisponível. (SANTOS *et al.*, 2006; RAIJ *et al.*, 2001; TEDESCO, 1995).

Na realização deste trabalho o cultivo da gramínea ocorreu em meio substitutivo ao solo, substrato Carolina Soil II, o qual serviu como matéria-prima para o cultivo em recipientes, de modo a atuarem como suporte para as raízes e possibilitar o fornecimento equilibrado de ar, água e nutrientes. Esta aplicação permitiu o transporte e deslocamento, além de possibilitar a padronização do cultivo e possibilitar controle quanto aos componentes que podem ser absorvidos pela planta (ZORZETO, 2011).

Assim, este estudo tem por objetivo correlacionar os metais encontrados na gramínea *Lolium multiflorum* Lam com os identificados no substrato padronizado usado no plantio, de modo a determinar sua origem, se por meio de poluição atmosférica ou proveniente da relação de troca existente entre o bioindicador e o seu meio de cultivo.

2. METODOLOGIA

2.1. Local de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos está situada a nordeste do estado do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 29° e 30° sul. Possui uma área de 3.820 km², correspondendo a 4,5% da Região Hidrográfica do Guaíba e 1,5% da área total do Estado, com uma população aproximada de 975.000 habitantes, sendo que 90,6% ocupam as áreas urbanas e 9,4% estão nas áreas rurais. Esta bacia é delimitada a leste pela Serra Geral, pela bacia do Caí a oeste e ao norte, e ao sul pela bacia do Gravataí (FEPAM, 2016).

A área de estudo compreende os municípios de Campo Bom, Novo Hamburgo, São Leopoldo e Canoas (Figura 1). Esses municípios estão localizados nos trechos médio e inferior da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e apresentam níveis distintos de urbanização.

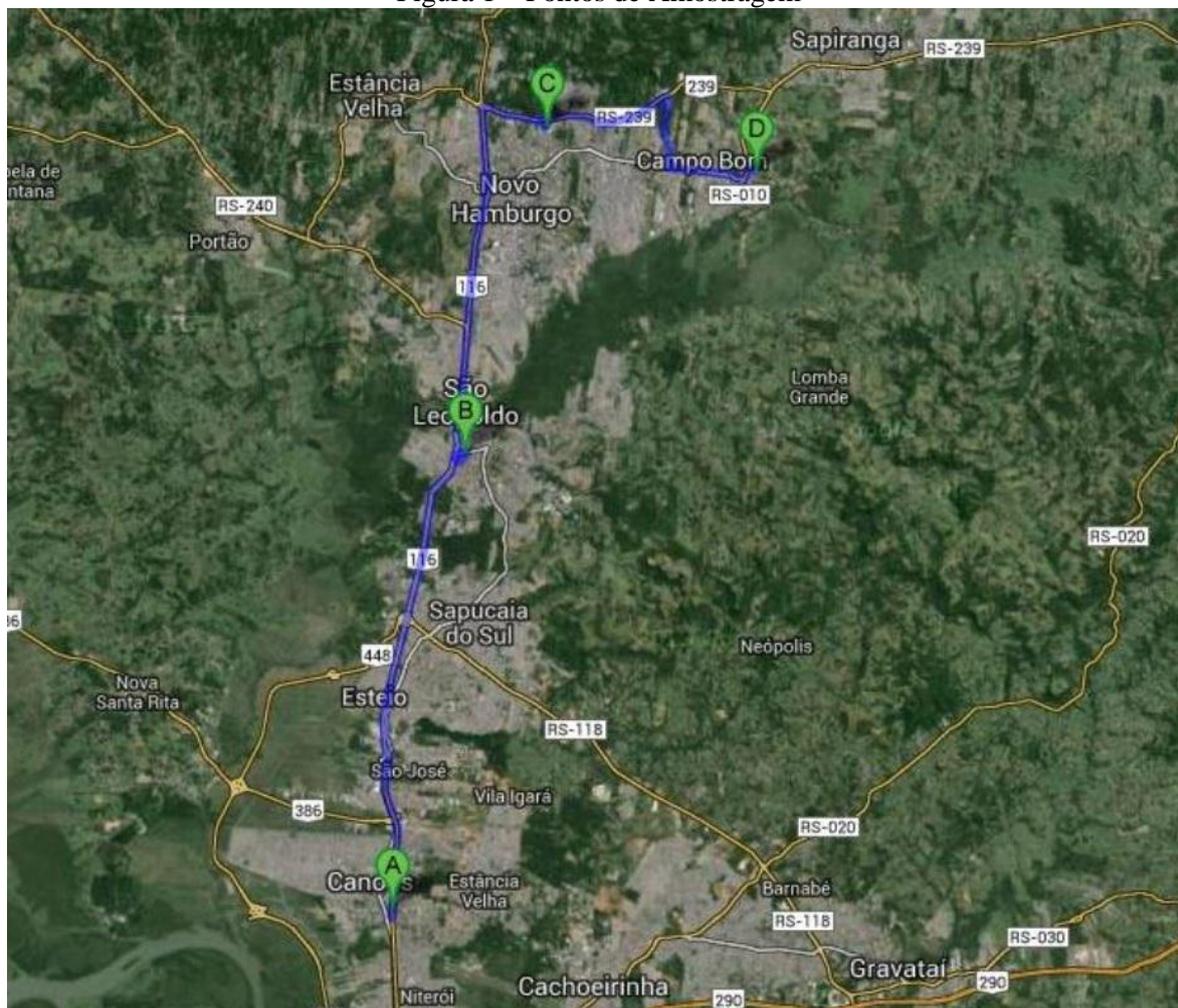
Campo Bom possui uma população estimada de 60.074 habitantes, área total de 60,3 km² (IBGE, 2010). Neste município o ponto de amostragem (29°40'39.5"S, 51°02'25.4"W) está localizado em zona residencial, mas há contiguidade de algumas indústrias.

Novo Hamburgo possui uma população estimada de 248.694 habitantes, área total de 223,82 km² (IBGE, 2010). Neste município o ponto de amostragem (29°39'48.2"N, 51°07'04.5"W) fica localizado no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade Feevale, em ambiente controlado, a fim de atuar como Ponto Branco.

São Leopoldo possui uma população de 214.087 habitantes, área territorial de 102,31 km² (IBGE, 2010). Neste município, o ponto de amostragem (29°46'19.0"N, 51°09'07.2"W) está localizado em zona residencial. Mas, ainda assim, há proximidade com uma rodovia de tráfego intenso (BR 116).

Canoas apresenta uma população de 323.827 habitantes e área territorial de 131.096 km² (IBGE, 2010), constituída apenas por área urbana. Neste município, o ponto de amostragem está localizado há, aproximadamente, 50m da rodovia BR 116 (29°55'19.8"S, 51°10'43.0"W).

Figura 1 – Pontos de Amostragem



Fonte: Google Earth, 2015.

2.2. Cultivo

As gramíneas *Lolium multiflorum* Lam foram cultivadas em vasos plásticos com substrato padrão Carolina Soil II, composto de turfa de *Sphagno* (70%), vermiculita expandida (10%), calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante nitrogênio-fósforo-potássio (CAROLINA SOIL DO BRASIL, 2016).

Foram semeadas cerca de 0,3 g de sementes da espécie. Após um período de cultivo de quinze dias, os vasos foram expostos sequencialmente nos quatro pontos de amostragem, em triplicata, em estrutura a 1,5 m do solo, permanecendo 30 dias em exposição.

A estrutura possui uma prateleira na qual uma caixa plástica de 5 L foi presa. Os vasos foram cortados no fundo, para que três pedaços de corda pudessem ser fixados, com objetivo de garantir a umidade do substrato.

2.3. Coleta

Após o período de trinta dias, os vasos contendo as gramíneas foram recolhidos e substituídos por novos vasos de gramíneas já semeadas, que ficaram expostas pelo mesmo período. O



material recolhido foi levado ao laboratório da Central Analítica da Universidade Feevale, onde se separou a parte foliar do substrato.

2.4. Preparo, extração e análise das amostras de azevém

As folhas foram lavadas com água ultra purificada (Purelab Classic, ELGA), colocadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação (MA035, MARCONI) por 72 horas a 60 °C. Em seguida, maceradas e pesadas.

Para determinação dos metais Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, e Zn na porção vegetal, as amostras foram transferidas para frascos de politetrafluoretileno do digestor de micro-ondas (MARS 6, CEM) e digeridas com 10 mL de ácido nítrico (HNO₃) seguindo metodologia baseada no método EPA 3052 (US EPA 3052, 1996). Os extratos obtidos foram avolumados em balões volumétricos de 25 mL. A leitura em espectrofotômetro de absorção atômica em chama (SpectrAA 110, VARIAN).

2.5. Preparo, extração e análise das amostras de substrato

A amostra de substrato utilizada foi do tipo mista, ou seja, composta pela mistura do substrato usado nos 3 vasos de cada ponto, resultando em uma amostra por ponto de exposição a cada mês. As mesmas foram colocadas em recipientes de descartáveis de alumínio, e secas em estufa de circulação (MA035, MARCONI) por 72 horas a 60 °C. Após secas, as mesmas foram moídas em grau e peneiradas a uma granulometria de 2mm. Depois de preparadas, permaneceram armazenadas em frascos plásticos descontaminados, do tipo falcon, até realização das análises.

Considerando que os metais podem ser encontrados no solo na forma trocável, ou seja, podem ser adsorvidos através de forças eletrostáticas, ou complexados por materiais orgânicos resistentes à degradação microbiana, ficando assim, inviáveis para consumo pelas plantas (DOMINGUES, 2009), o substrato foi submetido à duas formas de extração dos metais: (1) forma biodisponível e (2) forma pseudo total.

A análise abrangeu o teor pseudo total (correspondente a fração inerte) de modo a conferir maior confiabilidade e representatividade aos resultados de biodisponibilidade, os quais representam a fração móvel e mobilizável, ou seja, capazes de interagir com a planta (LANEIRO, 2012).

Metais pseudo totais

Para as determinações dos metais na forma pseudototal, foi realizada uma moagem complementar e peneiramento em malha de 75 µm. Foram pesados 0,5 g de amostra e transferidas para frascos de politetrafluoretileno do digestor de micro-ondas (MARS 6, CEM) e então, 10 mL de ácido nítrico 65% Merck© foram adicionados, seguindo metodologia baseada no método EPA 3051a (US EPA, 2007). Após a digestão, filtrou-se e avolumou-se os extratos obtidos, em balões volumétricos de 25 mL. Os mesmos foram encaminhados para a determinação dos metais: Cd, Cu, Pb, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn por espectrofotometria de absorção atômica de chama (SpectrAA 110, VARIAN).

Metais biodisponíveis

A extração dos metais biodisponíveis foi por agitação constante (50 rpm) por 2 horas, em mesa agitadora. Foram pesados 5,0 g de substrato e adicionados 50 mL de solução de ácido clorídrico 0,1 mol L⁻¹ para cada amostra. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 3220 rpm por 10 minutos e decantadas de um dia para o outro, para então serem filtradas e encaminhadas para a determinação dos metais Cd, Cu, Pb, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica de chama (SpectrAA 110, VARIAN).

2.6. Análise Estatística

O conjunto de dados dos metais na gramínea *L. multiflorum* e no substrato (Pseudo Total e Biodisponível) foi analisado por meio de análises estatísticas descritivas, para determinar os valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão; e aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, para testar

a normalidade dos dados com nível de significância de 5%. Como os dados não apresentaram distribuição normal, no teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, foi aplicada a correlação de *Sperman*, para correlacionar o conjunto de dados. Para esta correlação não é necessária uma correlação linear entre as variáveis, medindo assim a correlação entre variáveis ordinais. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software IBM SPSS Statistics 22.0.

3. RESULTADOS

Conforme apresentado na Tabela 1, as concentrações médias no azevém, para o ano de 2014, observa-se concentrações menores para Cd na parte foliar do bioindicador em Canoas ($1,14 \text{ mg kg}^{-1}$), seguido do Cr com valores que variaram de $1,15 \text{ mg kg}^{-1}$ em Canoas e Ni com valores de $3,9115 \text{ mg kg}^{-1}$ em São Leopoldo. Os elementos que apresentaram maiores concentrações médias foram Fe ($307,93 \text{ mg kg}^{-1}$) e Zn ($59,77 \text{ mg kg}^{-1}$), tendo, este último, apresentado a maior quantidade no ponto de São Leopoldo, com média de $87,93 \text{ mg kg}^{-1}$. Tanto para Ferro quanto para Zinco, pode-se justificar parte da sua ocorrência por tratarem-se de micronutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetativo (KIRST & LOBO, 2007), além da proximidade verificada com rodovias de tráfego intenso, na maioria dos pontos, e linha de metrô, em dois deles, em Canoas e São Leopoldo. É possível observar ainda, grande variação nos resultados de Pb, apresentando média de $58,43 \text{ mg kg}^{-1}$ em Canoas e $46,39 \text{ mg kg}^{-1}$ em Campo Bom, enquanto nos pontos de Novo Hamburgo e São Leopoldo, os valores encontrados foram $5,67 \text{ mg kg}^{-1}$ e $10,27 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente.

Tabela 1 – Concentrações médias e desvio padrão de metais, em mg kg^{-1} , no Bioindicador.

Ponto / Metal	Estatística Descritiva	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn
CAN	Média	1,14	58,43	6,35	1,15	340,34	114,97	9,54	54,43
	Desvio Padrão	0,59	44,90	7,95	1,56	102,13	76,04	7,86	34,95
CB	Média	0,30	46,39	8,90	1,5	103,02	205,24	4,30	47,12
	Desvio Padrão	0,44	38,16	7,60	1,36	37,25	138,03	3,63	29,17
NH	Média	0,52	5,67	10,60	8,68	213,47	137,37	7,42	49,56
	Desvio Padrão	0,82	7,25	10,04	4,16	102,63	79,59	5,89	29,69
SL	Média	0,60	10,27	9,10	2,83	574,87	209,23	3,91	87,93
	Desvio Padrão	0,95	6,87	6,28	0,71	353,56	147,94	4,63	56,20
Região Estudada	Média	0,64	30,19	8,74	3,54	307,93	166,70	6,29	59,76
	Desvio Padrão	0,73	35,54	7,40	3,77	249,66	111,50	5,65	38,88

Fonte: Autores, 2016.

Quanto ao substrato, como teor pseudo total, observa-se elevada concentração média de Cr ($157,77 \text{ mg kg}^{-1}$), estando biodisponível apenas $2,10 \text{ mg kg}^{-1}$. Também é possível verificar quantidade expressiva de Fe ($5057,78 \text{ mg kg}^{-1}$), do qual somente $121,51 \text{ mg kg}^{-1}$ encontram-se disponíveis para absorção pela planta. E ainda, baixa presença de Zn na forma pseudo total ($27,31 \text{ mg kg}^{-1}$) e biodisponível ($6,18 \text{ mg kg}^{-1}$). Além disso, as detecções mostram maiores concentrações de Ni no ponto de Canoas, com média de $196,21 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto os demais pontos apresentaram média de $126,62 \text{ mg kg}^{-1}$, dos quais encontram-se biodisponíveis $6,90 \text{ mg kg}^{-1}$ e $9,54 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente nas Tabelas 2 e 3.



Tabela 2 – Concentrações média e desvio padrão de metais, em mg kg^{-1} , no substrato na forma pseudo total.

Ponto / Metal	Estatística Descritiva	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn
CAN	Média	1,71	8,94	16,86	217,24	5340,87	148,05	196,21	30,02
	Desvio Padrão	1,52	6,87	8,00	190,70	1119,10	49,03	159,55	8,02
CB	Média	2,55	13,06	23,70	177,96	5698,80	181,56	148,51	26,79
	Desvio Padrão	1,61	4,98	10,44	39,89	1204,50	121,38	53,34	9,04
NH	Média	3,13	14,77	18,86	116,62	4679,25	152,05	117,75	25,49
	Desvio Padrão	1,46	5,08	7,17	32,79	1106,56	53,72	25,92	3,05
SL	Média	3,37	16,38	20,58	119,23	4512,20	138,30	113,59	26,93
	Desvio Padrão	1,36	5,23	5,92	29,72	419,28	42,86	20,46	3,29
Região Estudada	Média	2,70	13,29	20,00	157,77	5057,78	154,79	144,02	27,31
	Desvio Padrão	1,50	5,77	7,66	99,41	1034,04	68,19	83,91	6,02
Substrato não exposto ¹									
Média		0,006	15,93	12,62	683,72	17144,15	225,91	437,45	43,54

(1) Illi, 2014. Fonte: Autores, 2016.

Ainda é possível verificar na Tabela 2 maiores concentrações de Pb pseudo total em São Leopoldo ($16,38 \text{ mg kg}^{-1}$) e Novo Hamburgo ($14,77 \text{ mg kg}^{-1}$), quando comparados aos demais pontos. Este mesmo metal não foi detectado na forma biodisponível (Tabela 3), pois demonstrou-se abaixo do limite de detecção ($0,0033 \text{ mg kg}^{-1}$) nos pontos citados.

Tabela 3 – Concentrações média e desvio padrão de metais, em mg kg^{-1} , no substrato biodisponível.

Ponto / Metal	Estatística Descritiva	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn
CAN	Média	n.d.	0,24	1,50	0,98	135,85	46,84	6,90	6,19
	Desvio Padrão	n.d.	0,47	0,70	1,14	71,14	25,49	2,48	2,02
CB	Média	n.d.	n.d.	2,27	2,35	134,93	70,86	5,96	5,42
	Desvio Padrão	n.d.	n.d.	1,42	0,81	44,17	12,68	3,85	1,20
NH	Média	n.d.	n.d.	2,15	2,56	96,14	86,53	9,16	6,23
	Desvio Padrão	n.d.	n.d.	1,36	0,73	1,35	21,74	6,15	1,06
SL	Média	n.d.	n.d.	6,09	2,47	119,09	77,75	13,51	6,86
	Desvio Padrão	n.d.	n.d.	7,67	1,18	48,27	21,87	15,05	1,21
Região Estudada	Média	n.d.	0,06	3,00	2,10	121,51	70,50	8,89	6,18
	Desvio Padrão	n.d.	0,24	4,02	1,11	46,31	24,17	8,13	1,38
Substrato não exposto ¹									
Média		0,006	2,00	0,92	0,78	70,77	8,63	5,03	5,92

n.d. = não detectável pelo método; limites de detecção: Cd = 0,0007 mg kg⁻¹; Pb = 0,0033 mg kg⁻¹
(1) Illi, 2014. Fonte: Autores, 2016.

A Tabela 4 apresenta a análise de correlação de *Spearman* para dados não paramétricos, onde observa-se correlações não significativas para os metais determinados na parte foliar do bioindicador e no substrato, na forma biodisponível, com exceção do metal níquel.

Tabela 4 – Correlação de Spearman entre azevém (A) e substrato em teor biodisponível (B).

	Pb ^A	Cu ^A	Cr ^A	Fe ^A	Mn ^A	Ni ^A	Zn ^A
Pb ^B	-0,339	-0,365	0,140	-0,420	-0,420	0,084	-0,364
Cu ^B	-0,108	-0,147	0,399	-0,129	-0,165	0,386	-0,165
Cr ^B	-0,353	-0,284	0,106	-0,435	-0,318	0,322	-0,442
Fe ^B	0,369	-0,142	-0,313	-0,165	-0,150	0,378	-0,126
Mn ^B	-0,449	-0,106	0,501*	-0,382	-0,288	0,425	-0,279
Ni ^B	-0,394	-0,515*	0,326	0,365	-0,743**	0,781**	-0,471
Zn ^B	-0,194	0,363	0,080	0,309	0,047	0,333	0,271

* correlação nível de significância de 0,05; ** correlação nível de significância de 0,01. Fonte: Autores, 2016

Para os metais nos quais não foi observada correlação significativa há a indicação de processo de acúmulo dos metais no bioindicador relacionado à presença destes na atmosfera. Alves *et al.* (2015) identificou a presença de partículas atmosféricas (finas e grossas) originárias de fontes naturais e antropogênicas, principalmente a partir da queima de combustíveis fósseis e ressuspensão do solo, em áreas urbanas da Região Metropolitana de Porto Alegre, mais precisamente em São Leopoldo, mesmo ponto de amostragem do presente estudo, sendo identificados metais como Ni, Cu, Zn, Ba, Cd e Cr.

A correlação observada para o níquel aponta para a necessidade de novos estudos da distribuição das formas deste metal no substrato, além da investigação de possíveis outros extratores para a avaliação da biodisponibilidade dos demais metais.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, foi possível constatar, ao correlacionar os valores encontrados na forma biodisponível do substrato com os valores detectados no bioindicador, que os mesmos não se mostram correlacionados. Portanto, corroboram com a hipótese de que o teor dos metais chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês e zinco, encontrados no bioindicador é proveniente da absorção e deposição de poluição atmosférica e que o substrato utilizado para o seu cultivo não oferece risco quanto à absorção desses metais. O níquel dentre os metais testados, foi o único a apresentar correlação significativa entre parte foliar e substrato.

Assim, cada vez mais, chama-se atenção para a essencialidade de métodos de monitoramento da poluição atmosférica, paralelamente a aplicação de técnicas para melhoria e manutenção da qualidade do ar, tendo em vista os prejuízos implicados à saúde pública.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Feevale, a CAPES, ao CNPq e a FAPERGS pelo suporte financeiro e auxílio de bolsas (IC) para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, Darlan D., OSÓRIO, Daniela M. M., RODRIGUES, Marco Antônio S., Schuck, Sabrina. **Morfologia e composição do material particulado atmosférico da bacia hidrográfica do Rio dos**



Sinos (RS) analisados por microscopia eletrônica de varredura. Geochimica Brasiliensis 29(2): 45 – 57. São Paulo, 2015

ARBEX, Marcos Abdo; BRAGA, Alfésio Luis Ferreira; MARTINS, Lourdes Conceição; PEREIRA, Luiz Alberto Amador; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento; SANTOS, Ubiratan de Paula. **A poluição do ar e o sistema respiratório.** Jornal brasileiro de pneumologia. V.38. N.5. São Paulo, 2012. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132012000500015>. Último acesso em: 20 de jul de 2016.

BOTELHO, Rosangela G. M.; GUERRA, Antônio J. T.; SILVA, Antonio S. da. **Erosão e conservação dos solos.** 6ª Ed. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2010.

CAROLINA Soil do Brasil. **Substratos Carolina Soil.** Disponível em: <www.carolinasoil.com.br/produtos.html>. Último acesso em: 17 de mai de 2016.

DOMINGUES, Thabata C. de G. **Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação.** Dissertação de Mestrado. Instituto Agrônomo. Campinas, 2009. Disponível em: <www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/dissertacoes/Thabata%20Godoy.pdf>. Último acesso em: 17 de mai de 2016.

FEPAM. **Qualidade ambiental – Região Hidrográfica do Guaíba.** Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. 2016. Disponível em: <www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp>. Último acesso em: 06 de jul de 2016.

IBGE. **Cidades: informações sobre os municípios brasileiros.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> Acesso: Junho, 2016.

KIRST, Alcido; LOBO, Eduardo A. **Micronutrientes nos solos do município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.** Revista TECNO-LÓGICA. Universidade de Santa Cruz do Sul. V. 11, n. 1 e 2. Santa Cruz do Sul, 2007.

KLUMPP, A. et al. **Airborne trace element pollution in 11 European cities assessed by exposure of standardized ryegrass cultures.** Atmospheric Environment, v. 43, p. 329 – 339. 2009.

LANEIRO, Cátia Filipa Martins. **Avaliação da biodisponibilidade de metais em solos contaminados por atividades mineiras: métodos químicos, bioquímicos e ecotoxicológicos.** Dissertação de Mestrado. Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Beja. Beja. 2012. Disponível em: <comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/3945/1/Tese%20de%20Mestrado%20-%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20Biodisponibilidade%20de%20Metais%20em%20Solos%20Contaminados%20por%20Atividades.pdf>. Último acesso em: 20 de jul de 2016.

MARIANI, R. L.; PEREIRA, S. S. **Caracterização da qualidade do ar em São José dos Campos-SP, utilizando Tradescantia pallida (TRAD-MCN).** Geochimica Brasiliensis, 22(1)027 – 033. São Paulo, 2008.

MATTOS, Amanda G. **Valores de referência de qualidade e adsorção de metais pesados em solos da região do médio Paraíba – RJ.** Dissertação de mestrado. Disponível em: <[http://www.ia.ufrj.br/cpacs/arquivos/teses_dissert/389_\(ME2014\)_Amanda_Guimaraes_de_Mattos.pdf](http://www.ia.ufrj.br/cpacs/arquivos/teses_dissert/389_(ME2014)_Amanda_Guimaraes_de_Mattos.pdf)> Último acesso em: 07 de jul de 2016.



PAULA, Sabrina Nolasco Carvalho de. **Biomonitoramento como instrumento de detecção de contaminantes ambientais**. Monografia de MBA em Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Veiga de Almeida. Vitória, 2010.

RAIJ, B van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

SANTANA, Derli Prudente. **Qualidade do solo: Uma visão holística**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Revista Opinião. Vol 27. N. 2. 2002. Disponível em: <ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79490/1/Qualidade-solo.pdf>. Último acesso em: 06 de jul de 2016.

SANTOS, Janine M; OLIVEIRA, André F; SILVA, Astréa F.S. **Avaliação da biodisponibilidade de metais em região contaminada através da extração de método sequencial**. Pesquisa científica.2006. Disponível em: <http://www.umc.br/_img/_diversos/pesquisa/pibic_pvic/XII_congresso/projetos/Janine_Miriane.pdf> Último acesso em: 07 de jul de 2016.

SAVOIA, Eriane Justo Luiz. **Potencial de *Tradescantia pallida* cv. *Purpurea* para biomonitoramento da poluição aérea de Santo André – São Paulo, por meio do bioensaio Trad – MCN e do acúmulo foliar de elementos tóxicos**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

TEDESCO, M. J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2ª ed. Porto Alegre: Departamento de solos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

US EPA. **METHOD 3051a: microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils**. United States Environmental Protection Agency. USA, 2007. Disponível em: <www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3051a.pdf>. Último acesso em: 20 de jul de 2016.

US EPA. **METHOD 3052: microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices**. United States Environmental Protection Agency. USA, 1996. Disponível em: <www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3052.pdf>. Último acesso em: 20 de jul de 2016.

ZORZETO, Thais Queiroz. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro**. Dissertação de Mestrado. Instituto Agronômico. Campinas, 2011. Disponível em: <www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/dissertacoes/pb1214709%20THAIS%20QUEIROZ%20ZORZETO.pdf>. Último acesso em: 17 de mai de 2016.