



Análise da Retenção de Cobre (Cu), Cromo (Cr) e Arsênio (As) em Postes de Madeira Preservada Com Arseniato de Cobre Cromatado

Matias Rossato Sandri¹, Felipe Dalzotto Artuzo², Odirlei Costa³, Paulo Roberto Bairros da Silva⁴, Rômulo Trevisan⁵

¹ Aluno de Graduação/ CESNORS/ UFSM (matias.sandri@gmail.com))

² Aluno de Graduação/ CESNORS/ UFSM (felipeartuzo1@hotmail.com)

³ Aluno de Graduação/ CESNORS/ UFSM (odirleicosta@yahoo.com.br)

⁴ Técnico de Laboratório/ CESNORS/ UFSM (paulo_bairros@yahoo.com.br)

⁵ Professor Adjunto/ CESNORS/ UFSM (romulo_trevisan@yahoo.com.br)

Resumo

Apresenta-se os resultados de um Projeto de Pesquisa onde foram analisados a retenção dos elementos químicos Cobre, Cromo e Arsênio em poste de madeira do gênero *Eucalyptus sp.* preservado com Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), poste este proveniente de uma Rede de distribuição de energia elétrica da Região do Alto Uruguai, após sua vida útil. Avaliou-se, ainda, a possível lixiviação destes elementos químicos para o solo através da análise de amostras de solo de diferentes profundidades retiradas do lado de 6 (seis) postes de madeira tratados com CCA. Realizou-se um total de 72 (setenta e duas) análises em amostras de solo e 47 (quarenta e sete) análises em amostras de madeira tratada. Caracterizou-se a constituição química do poste de madeira tratado com CCA bem como a sua possível lixiviação dos elementos deste para o solo ao seu redor. O método analítico empregada foi a Espectrometria de Energia dispersiva por Fluorescência de Raios-X que é uma técnica multielementar, não destrutiva, que permite a realização de análises quali-quantitativas de elementos.

Palavras-chave: Madeira Tratada. CCA. Espectrometria de Fluorescência de Raios-X

Área Temática: Impactos Ambientais

Abstract

It presents the results of a research project which analyzed the retention of the chemical elements copper, chromium and arsenic in the wood pole Eucalyptus sp. preserved with chromate copper arsenate (CCA), this post from a distribution network of electric power in the region of the Upper Uruguay, after its useful life. We assessed also the possible leaching of chemicals into the soil through the analysis of soil samples taken from different depths on the side of 6 (six) wooden posts treated with CCA. We conducted a total of 72 (seventy two) analysis in soil samples and 47 (forty seven) analysis on samples of treated wood. Characterized the chemical constitution of the treated wood poles with CCA and its possible leaching of elements into the soil around them. The analytical method employed was the energy dispersive spectrometry by X-ray fluorescence multielement technique which is a non-destructive, allowing the analysis of qualitative and quantitative elements.

Key words: Treated Wood. CCA. Fluorescence Spectrometry X-ray

Theme Area: Environmental Impacts



1. Introdução

A madeira é um material de origem orgânica, sendo um recurso natural renovável seu uso é considerado ecologicamente correto para diversos fins. Em função de sua estrutura anatômica e composição química, a madeira sofre deterioração por agentes biológicos como microrganismos (bactérias e fungos), insetos (coleópteros e térmitas) e brocas marinhas (moluscos e crustáceos), sendo que, os fungos apodrecedores são seus maiores inimigos, seguidos pelos térmitas (cupins), que dentre os insetos xilófagos, apresentam-se como os mais severos agentes deterioradores da madeira (Paes & Vital, 2000).

Quando o uso da madeira envolve a possibilidade de ocorrer degradação biológica, torna-se necessário o uso de espécies de alta durabilidade natural ou então de baixa durabilidade, mas que devem ser submetidas ao tratamento preservativo. A escassez de espécies nativas de alta resistência natural à degradação biológica obriga a utilização de outras menos duráveis, principalmente aquelas de rápido crescimento, provenientes de plantios florestais. Atualmente a maioria dos plantios é composta pelos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que, devido à baixa resistência natural apresentada por estas espécies a organismos xilófagos, ocorre à necessidade de preservá-las, para aumentar a vida útil, reduzindo assim o consumo de madeira e o impacto sobre as florestas nativas remanescentes.

Entre as diferentes alternativas de preservação da madeira, a preservação química tem por base o uso de produtos, métodos, técnicas e pesquisas destinadas a aumentar, mensurar e analisar a durabilidade da madeira. Nesse sentido, a preservação é dada pela aplicação de produtos químicos visando impedir ou mitigar a degradação biológica da madeira.

2. Revisão Teórica

As concessionárias de distribuição de energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul têm grande parte de suas redes de distribuição estruturadas sobre postes de madeira, principalmente na área rural. Diante disso, o aumento da vida útil destes postes torna-se economicamente necessário para as empresas desse setor.

A seleção adequada do preservante a ser utilizado e a escolha do método de aplicação são condições fundamentais para conferir uma boa proteção. Este processo de escolha exige o conhecimento das condições de agressividade biológica a que a madeira estará sujeita além de sua permeabilidade e resistência natural.

Atualmente o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) é o preservante mais utilizado para o tratamento de postes de madeira. O CCA é composto por óxidos, sendo utilizada uma mistura contendo, em média, 34% de óxido crômico, 13% de óxido cúprico, 25% de pentóxido de arsênio e 28% de água e inertes (BENTO, 2004).

As funções dos componentes ativos deste preservante incluem ação fungicida do cobre e inseticida do arsênio, além da ação fixadora do cromo com conseqüente formação de complexo insolúvel através de ligações químicas com os constituintes da madeira. Os sais sofrem reações de fixação no interior da madeira, gerando compostos insolúveis de difícil lixiviação, isto acontece devido à formação de complexos com os componentes poliméricos da parede celular da madeira (FARIAS, 2003).

A eficiência de um tratamento preservativo é determinada pela profundidade de penetração e pela distribuição e quantidade de produto retido pela madeira (HUNT e GARRATT, 1967). Lepage (1986) afirmou que a penetração e retenção dos produtos na madeira são os parâmetros que fornecem o verdadeiro grau de proteção das peças, sendo considerados de máxima importância no controle da qualidade do tratamento. Para Carvalho (1966) e Lepage (1970; 1986) a eficácia do tratamento depende, além desses parâmetros, da toxidez do produto a organismos xilófagos.

Embora o CCA seja o preservante hidrossolúvel mais utilizado no tratamento da madeira e existam inúmeros registros comprovando a sua eficiência, tem aumentado as



restrições quanto ao uso da madeira tratada com o CCA. As restrições quanto à utilização do CCA como preservante da madeira, possuem como base, a perda dos componentes do CCA para o solo ao longo do tempo por lixiviação ou por volatilização, acarretando riscos de contaminação ao ser humano e ao meio ambiente. Atualmente, o desafio a ser superado é a disposição final dos resíduos gerados após a vida útil dos postes das redes de distribuição de energia elétrica (REMADE, 2006).

Torna-se necessário portanto a preservação química dos postes de madeira, visando aumentar sua vida útil. Porém, depara-se com o problema da geração de resíduos químicos e a difícil tomada de decisão da correta deposição final, seja em aterros sanitários ou incineração.

3. Metodologia

A preservação dos postes de madeira é uma medida que visa o aumento da vida útil dos mesmos, porém em se tratando de postes preservados com CCA as perdas por lixiviação e por volatilização deve ser levada em consideração, pois acarretam riscos de contaminação ao meio ambiente.

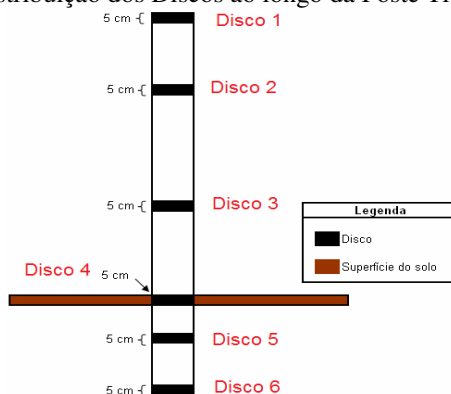
Neste sentido coletou-se 6 (seis) amostras no formato de disco de 1 (um) poste preservado com CCA retirado da rede de distribuição de energia elétrica após sua vida útil, onde analisou-se a retenção de Cu, Cr e As de acordo com as informações obtidas através da placa de identificação do poste, onde encontrou-se o ano em que foi realizado o tratamento bem como o tipo do produto preservante utilizado.

Figura 1 – Extração dos Discos de Madeira Tratada com CCA



As seis (6) amostras do poste foram respectivamente: Da base, na superfície do solo, logo abaixo e acima da superfície do solo, no meio, do topo e logo abaixo do topo.

Figura 2 – Distribuição dos Discos ao longo da Poste Tratado com CCA





Na análise das amostras do poste os discos foram divididos em secções de 2 (dois) cm onde realizou-se uma repetição em cada secção totalizando 47 (quarenta e sete) análises.

Considerando a possibilidade de perdas de CCA dos postes para o solo por meio do processo de lixiviação coletou-se amostras de solo de diferentes profundidades, ou seja, 15 cm, 30cm, e 50 cm retiradas do lado de 6 (seis) postes, e a 5 (cinco) metros em direção aleatória dos mesmos postes a uma profundidade de 15 cm, agindo esta como testemunha, lembrando que postes eram igualmente preservados com CCA.

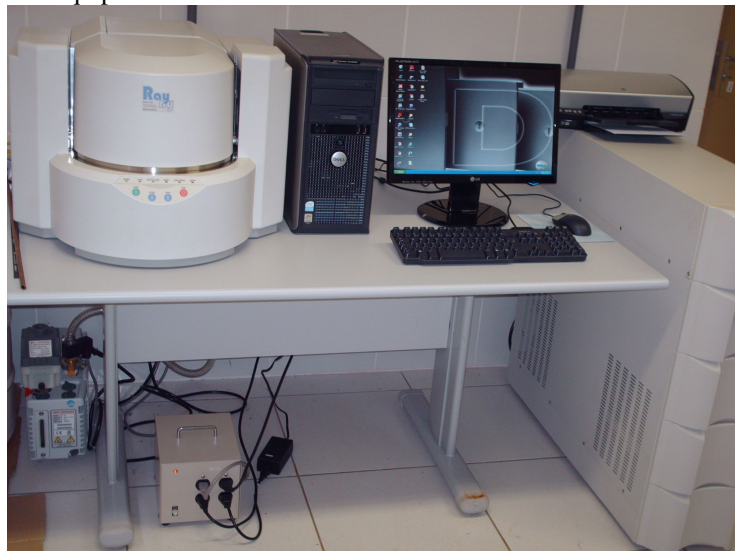
Figura 3 – Extração das Amostras de Solo próximas a Postes tratados com CCA



Após a coleta as amostras de solo passaram por um processo de secagem através de uma estufa laboratorial, posteriormente as amostras foram moídas utilizando-se para tanto um moinho de facas laboratorial. As amostras foram analisadas em triplicata, totalizando portanto 72 (setenta e duas) análises.

A técnica analítica utilizada em ambos os casos foi a análise quali-quantitativa das amostras do poste e de solo através da Espectrometria de Fluorescência de Raios - X. A análise por espectrometria de fluorescência de raios - X é um método quali-quantitativo baseado na medida das intensidades (número de raios - X detectados por unidade de tempo) dos raios - X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra.

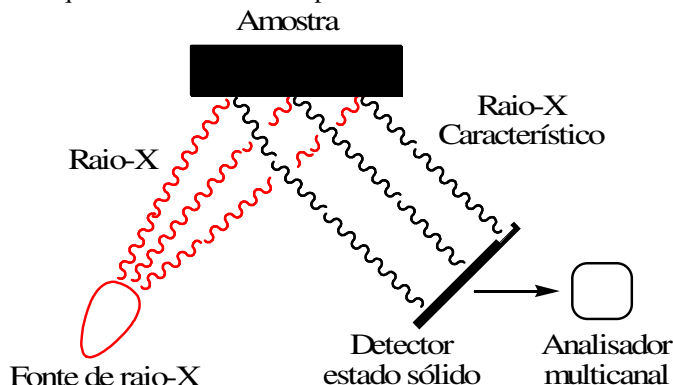
Figura 4 – Equipamento EDX-720 Shimadzu do CESNORS utilizado nas Análises





Quando um elemento de uma amostra é excitado pelo feixe de Raios-X, este tende a ejetar os elétrons do interior dos níveis dos átomos, e como consequência disto, elétrons dos níveis mais afastados realizam um salto quântico para preencher a vacância. Cada transição eletrônica constitui uma perda de energia para o elétron, e esta energia é emitida na forma de um fóton de Raio-X, de energia característica e bem definida para cada elemento. Assim, de modo resumido, a análise por Fluorescência de Raios-X consiste de três fases: excitação dos elementos que constituem a amostra, dispersão dos Raios-X característicos emitidos pela amostra e detecção desses Raios-X (Nascimento, 1999).

Figura 5 – Esquema Básico de um Espectrômetro de Fluorescências de Raios-X



Fonte: WASTOWSKI et al (2010)

Em uma amostra excitada por um feixe primário de raios-X, os elementos presentes na amostra absorvem os fótons de Raios-X, decaem e emitem fluorescência característica, a fluorescência emitida pela amostra (feixe secundário) é detectada e “classificada” de acordo com sua energia, o sistema de aquisição de dados transforma os pulsos elétricos provenientes da etapa de detecção em um espectro de fluorescência (comprimento de onda versus Intensidade). A partir do espectro de fluorescência são obtidas informações sobre concentrações de elementos na amostra, presença ou não de determinado elemento, perfis de profundidade de filmes finos, mapeamento químico (análise localizada da concentração de elementos na amostra), e várias outras informações ((Tasch & Damiani, 2000).

4. Resultados

Ao observarmos as Tabela 2 referente aos discos retirados de postes tratados com CCA notamos que o elemento químico Arsênio aparece somente nos bordos da madeira e sua mobilidade se dá no sentido das fibras da madeira, concentrando-se em maior grau na base do poste de madeira do que no seu topo o que pode indicar a mobilidade deste elemento em direção ao solo com o passar do tempo. O Cobre concentra-se de forma mais intensa nas bordas do disco retirados do poste do que no centro deste e sua mobilidade se dá no sentido das fibras e para o interior da madeira.

O elemento químico Cromo concentra-se de forma mais intensa nos bordos e por ser um elemento ligante que auxilia na fixação dos demais elementos do tratamento não apresenta mobilidade ao longo da estrutura do Poste tratado com CCA. A hipótese de que o Cromo não lixívia ao longo dos anos dos postes de luz para o solo é confirmada na Tabela 1. Pois observa-se que sua variância é mínima nas distintas amostras o que descaracteriza a influência tratamento do poste com CCA na presença de cromo no solo.

A extração de resultados por meio de análise estatísticas dos dados das amostras de solos próximos a postes tratados com CCA pela Técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X, são apresentados a seguir:

Tabela 1 – Resultado Final das Análises de Solo coletados ao lado de Postes Tratados com CCA



3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Média Final das Amostras						
Elementos	15cm	30cm	50cm	5m	Média (Profundidade 15/30/50cm)	Diferença (5m - média)
Fe	106023,317	108214,136	119324,710	109984,679	111187,388	-1202,708
Si	57334,341	55605,008	59461,078	57573,803	57466,809	106,994
Al	33852,472	32952,407	33502,124	33318,524	33435,668	-117,144
Ti	13124,456	13401,347	15541,281	13269,262	14022,362	-753,099
Ca	3298,462	2714,836	2332,500	3388,369	2781,933	606,436
Ba	6333,291	6309,248	7234,194	7270,256	6625,577	644,679
K	1541,975	1253,356	1077,503	1344,734	1290,945	53,789
P	1374,998	1303,266	1331,022	1491,573	1336,428	155,145
Mn	2296,329	2387,263	2567,534	1656,498	2417,042	-760,544
S	869,244	881,399	1027,706	927,893	926,116	1,777
V	850,820	873,023	993,428	941,186	905,757	35,429
Zr	345,390	344,099	394,280	361,929	361,256	0,673
Cu	296,629	291,376	321,854	307,410	303,287	4,123
Zn	112,479	112,602	119,384	110,931	114,822	-3,891
Cr	77,026	77,375	80,058	78,045	78,153	-0,108
Sr	42,517	24,132	33,738	40,574	33,462	7,112
Y	42,065	40,332	41,297	38,797	41,231	-2,434
Nb	33,713	34,478	41,434	34,116	36,542	-2,426
O	77,230	77,376	75,470	114,893	76,692	38,201

A extração de resultados por meio de análise estatísticas dos dados das amostras de madeira tratada com CCA pela Técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X, são apresentados a seguir:

Tabela 2 – Resultado da análise de Discos ao longo de um Poste Tratado com CCA

Disco 1										
REPETIÇÕES										
ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	Soma	Média	
As	349751,800	0,000	0,000	0,000	0,000	264588,900	614260,700	307130,4		
Cu	318196,900	161980,900	77014,910	68733,440	75665,970	76065,930	312770,100	1090428,150	155775,5	
Cr	300849,500	0,000	0,000	0,000	0,000	302021,300	602070,800	301436,4		
Ca	23121,670	573955,500	550049,200	739245,900	608724,500	420158,000	59088,830	2974344,600	424906,4	
K	8080,200	34885,500	61424,920	38789,860	98213,350	195709,000	39964,740	497037,880	71005,41	
Fe		81987,240	88294,670	46352,820	68384,900	95346,070	11379,720	391745,420	65290,91	
Mn		55467,460	70957,490	93573,980	82431,900			302420,830	75605,21	
Er		41967,230						41967,230	41967,23	
Co		29796,880	42930,380		39943,390	37999,240		150668,890	37667,22	
Si			109328,400			151143,000		260471,400	130236,7	
Sr				13303,010				13303,010	13303,01	
Er					26635,990	23578,770		50214,760	25107,38	
Cr								10266,400	10266,4	
Tim								0,000	0	
Tb								0,000	0	
Al								0,000	0	
Ti								0,000	0	
Zn								0,000	0	
Ba								0,000	0	
Sc								0,000	0	

Disco 2										
REPETIÇÕES										
ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	Soma	Média
As	302990,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	257123,300	520114,400	290207,2	
Cu	319797,500						295007,300	689935,470	172483,9	
Cr	275783,500	32549,150	34965,570	58666,370	0,000	15845,830	46145,180	135145,700	700303,800	100043,4
Ca	29685,680	312624,000	440064,000	488029,400	511951,300	465952,800	277509,500	421650,140	258916,020	323689,5
K	14881,440	83636,100	53443,420	4229,450	8003,580	18621,900	25367,050	3412,054	211594,578	26549,32
Fe	10451,980	137465,700	117446,300	168951,500	85395,650	188344,800	268556,200	73432,800	105044,970	131265,6
Mn		19761,540	47902,710	48658,440	53232,250	18390,420	19243,250		207189,010	34531,5
Er									0,000	0
Co									0,000	0
Si	51427,390	362637,000	240554,000	158036,400	163171,800	171938,200	303864,700	82910,200	1525159,690	190680,8
Sr	5700,119	61425,850	64903,020	48233,350	34653,870	22361,370	28966,260	5309,269	271552,300	33844,04
Er									10816,660	10816,66
Tim					44514,100				44514,100	44514,10
Tb					53910,050				53910,050	53910,05
Al									0,000	0
Ti									30346,860	30346,86
Zn									5499,640	5499,64
Ba									0,000	0
Sc									0,000	0

Disco 3										
REPETIÇÕES										
ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	Soma	Média
As	325626,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	287065,000	615381,000	1292881,300	161610,2
Cu	327520,900	95419,510		44777,600		75511,500	54545,840	302993,500	910593,370	115115,1
Cr	23452,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	27659,000	29549,200	27659,2
Ca	36240,000	48925,000	75976,100	790429,900	910161,900	474278,000	286227,500	75523,130	3706232,300	463279,0
K	7924,755	67107,300	10852,200	5376,147	25946,000	31100,700	67167,580	7610,895	287970,087	35996,26
Fe	5061,582	69441,900	86134,940	47923,380	39951,000	75509,000	179300,000	35203,300	482993,410	60374,16
Mn		65041,100	117181,600	64700,160	39441,800	54997,800	35731,770		376460,950	47057,62
Er									0,000	0
Co		44272,600		36055,260	22483,840				101621,790	33940,6
Si		160475,800				173394,700	282022,600	28340,870	644417,670	80552,21
Sr									0,000	0
Tim									0,000	0
Tb									0,000	0
Al									0,000	0
Ti									0,000	0
Zn									0,000	0
Ba									0,000	0
Sc									0,000	0

Disco 4											
REPETIÇÕES											
ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Soma	Média
As	321675,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	48483,880	28407,800	656557,580	21885,9
Cu	304298,600	55452,400	58142,550	59276,150	78153,880	6698,232	14597,410	59770,740	304034,500	932424,462	103602,7
Cr	276532,900	28931,220	72154,150	0,000	33244,060	0,000	16158,400	25185,840	279419,200	730515,770	104359,4
Ca	31278,940	373073,700	330198,900	649876,700	540827,200	123831,500	169520,400	154253,700	40669,690	2413630,330	268170
K	4122,415	54677,770	23464,040	12720,850	66651,500	7801,117	14533,690	19594,620	3330,748	206996,750	22999,64
Fe	19364,240	120039,000	133561,800	84709,090	83576,280	148902,500	140917,000	142661,800	11512,260	885243,970	98360,44
Mn		28035,780	18280,420	48012,230	49898,177	7863,517	9916,407	9261,887		169268,410	21481,2
Er										0,000	0
Co		22762,080	11086,210							33848,290	16924,15
Si	33446,160	282326,100	288045,500	105722,100	147648,900	408201,600	357639,600	306994,000	69029,440	2006283,400	222920,4
Sr	5777,366	36601,940	47326,380	22589,070		10445,710	20770,990	29074,260	5696,365	178282,081	22285,26
Er										20183,094	2883,289
Tim										0,000	0
Tb										0,000	0
Al										0,000	0
Ti										0,000	0
Zn	3513,614		15740,020							663315,200	221105
Ba										76257,580	25419,19
Sc										19253,634	9626,817

Disco 5											
REPETIÇÕES											
ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	Soma	Média	
As	329990,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	323291,400	635311,600	31765,6
Cu	287663,000	55036,200	47295,320	48381,890	48913,280		54050,920	281957,400	819518,010	1170	
Cr	275551,600	34900,050	38281,490	24918,000	0,000	65928,610	36946,190	279981,590	793976,340	10847,3	
Ca	34713,800	422410,100	466914,500	446975,900	617917,900	521823,500	427151,900	32044,080	2969750,800	371212,1	
K	2577,635	35382,010	28722,760	25526,370	23582,730	34968,860	60574,790	5360,797	217315,962	27671,9	
Fe	20670,730	120469,800	109512,800	130373,700	63941,300	96215,210	189769,690	34426,860	665379,190	83717,8	
Mn		28038,530	37650,570	33366,260	43950,610	60587,830	34724,160		238677,960	30778,4	
Er									0,000	0	
Co									0,000	0	
Si		12134,470							37800,240	37800,24	
Sr	55159,000	234201,200	212940,400	221882,200	164385,700	131135,000	296671,800	26485,610	1252760,910	155698,9	
Er		8761,825	57378,850	58772,220	69476,000	30299,460	47311,860	48625,950	5425,675	333681,740	41710,1
Tim									0,000	0	
Tb									0,000	0	
Al									0,000	0	
Ti									0,000	0	
Zn	4902,278								17786,770	22689,048	11344,7
Ba									0,000	0	
Sc									0,000	0	

Disco 6											
REPETIÇÕES											
ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	Soma	Média		
As	316302,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	307278,300	356936,900	973617,000	3245,6
Cu	257317,300	135515,200	77026,640				267983,300	280926,600	1016670,940	203734,4	
Cr	394456,900	0,000	42664,270	51086,660	0,000	319127,600	328587,600	1136293,030	1136293,030	28718,4	
Ca	24007,230	662224,900	378807,100	469095,800	520071,500	63497,120	23318,310	2141921,960	71799,1		
K	4287,837	105917,300	49496,780	50099,400	36729,180	36936,500	11231,640	253688,637	97386,3		
Fe	5693,252	96342,630	107199,760	91450,210	80745,790	5177,243		386607,825	54403,4		
Mn				54390,810	57413,530	69307,610		172751,950	67573,3		
Er								0,000	0		
Co					42526,190	47351,930		89873,120	43939,6		
Si					212392,900	139806,000	140525,000	453724,000	16451,4		
Sr	9934,655			35228,630	27340,030			66603,315	22260,4		
Er								0,000	0		
Tim				46702,810	76182,170	94452,610		216337,490	72112,8		
Tb								0,000	0		
Al								0,000	0		
Ti								0,000	0		
Zn								0,000	0		
Ba								0,000	0		
Sc								0,000	0		



5. Conclusão

Aparentemente pode-se concluir que o Arsênio, assim como o Cobre, lixívia em direção ao solo em postes de madeira utilizados nas redes de distribuição elétrica e sua presença ocorre apenas nas partes externas do poste, região correspondente aos vasos lenhosos da madeira, o que era de se esperar, pois a fixação do CCA no poste se dá pela técnica de substituição de seiva. Já o Cromo, elemento ligante e de fixação dos demais não sofre mobilidade ao longo da estrutura do poste de madeira.

Há perspectiva de estudos futuros, no Grupo de Pesquisa de Gerenciamento Ambiental e Manejo e Recursos Hídricos, relativos a este assunto já que ainda podem-se caracterizar qual o grau de contaminação que o uso de CCA pode causar e qual o melhor descarte possível para a madeira tratada no fim de sua vida útil.

6. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Mourões de madeira preservada para cercas, NBR 9480. Rio de Janeiro, 1986. 18 p.

BENTO, F.R., MASCARO, L. H., SALES, A. Utilização de Técnicas Eletroquímicas para a Determinação de Cu, Cr e As em Madeira de Eucalipto Preservada com Produtos Hidrossolúveis. Dissertação de Mestrado. UFPR, Curitiba/PR, 2004.

CARVALHO, A. Impregnação de madeira para construções rurais. Lisboa: Direção Geral dos Serviços Florestais e Agrícolas, 1966. 98p. (Estudos e Informação, 227).

FARIAS SOBRINHO, D. W. 2003. Viabilidade técnica e econômica do tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição da seiva. Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil. 52 p.

HUNT, G.M.; GARRATT, G.A. Wood preservation. 3. ed. New York, Mc Graw-Hill, 1967. 433p.

LEPAGE, E.S. Métodos de análises químicas empregados em preservação de madeira. Preservação da Madeira, v. 1, n. 2, p. 49-65, 1970.

LEPAGE, E.S. et al. Métodos de tratamento. In: LEPAGE, E.S., (Coord.). Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT, 1986. v. 2. p. 343-419.

LEPAGE, E.S. Preservativos e sistemas preservativos. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). Manual de preservação de Madeiras. São Paulo: IPT, 1986. v. 1. p. 279-342.

NASCIMENTO, Virgílio F: (1999). *Técnicas Analíticas Nucleares de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia (ED-XRF) e por Reflexão Total (TXRF)*. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar?Virgilio+Nascimento>>, Acessado em: 16/06/2010.

PAES, J.B.; VITAL, B.R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos em testes de laboratório. Revista Árvore, V. 24, (1), pp. 1-6. 2000.

Revista da Madeira. Postes de eucalipto tratado. São Paulo: n.97, ano XVI, Jun. 2006.



TASCH, Peter; DAMIANI, Furio: (2000). *Técnicas de Análise e Caracterização de Materiais*: XRF - X Rays Fluorescence Spectroscopy. Disponível em: <<http://dsif.fee.unicampi.br/~furio/IE607A/XRF.pdf>>, Acessado em: 16/06/2010

WASTOWSKI, Arci Dirceu et al (2010). ‘Caracterização dos Níveis de Elementos Químicos em Solo, Submetidos a diferentes Sistemas de uso e manejo, utilizando Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (EDXRF)’. In: *Química Nova*. São Paulo/BRA: SBQ