

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LUIZ CARLOS SANTOS DA SILVA JUNIOR

**DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS EM AMOSTRAS DE ÁGUA
EM ÁREA DE LIXÃO DE FRANCISCO BELTRÃO**

FRANCISCO BELTRÃO

2017

LUIZ CARLOS SANTOS DA SILVA JUNIOR

**DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS EM AMOSTRAS DE ÁGUA
EM ÁREA DE LIXÃO DE FRANCISCO BELTRÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Hernan Vielmo

Co-orientadora 1: Profa. Dra. Fernanda Batista de Souza

Co-orientadora 2: Profa. Dra. Michelle Milanez França

FRANCISCO BELTRÃO

2017

TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

**DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS EM AMOSTRAS DE ÁGUA EM ÁREA
DE LIXÃO DE FRANCISCO BELTRÃO**

por

LUIZ CARLOS SANTOS DA SILVA JUNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 09 horas e 30 min., do dia 02 de fevereiro de 2017, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. A (o) candidata (o) foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Dr. Marcelo Bortoli
Coordenador do Curso de Engenharia
Ambiental e Membro da Banca

Dr. Hernan Vielmo
Professor Orientador
Membro da Banca

Dra. Fernanda Batista de Souza
Professora Co-orientadora
Membro da Banca

Dra. Michelle Milanez França
Professora Co-Orientadora

Dra. Denise Andréia Szymczak
Professora TCC 2

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

DEDICATÓRIA

*Ao meu pai e melhor amigo Luiz Carlos,
que agora olha por nós.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sabedoria, força, paciência e prudência.

A minha mãe Elmira Bortolini por acreditar, assim como meu pai, que esse sonho seria possível. Os senhores foram minha fonte de inspiração e motivação para continuar nessa longa jornada. Gratidão, admiração e amor sempre!

Agradecer os meus irmãos Roni e Danielli Bortolini, por todo suporte na luta diária e pelos cuidados com a nossa mãe e os cachorros enquanto estive ausente. Amo vocês!

A minha namorada Bruna Basso, pessoa brilhante que presenciou cada etapa da minha vida acadêmica e acreditou que juntos seríamos mais forte e iríamos mais longe. Obrigado por cada sorriso!

A minha segunda família, Bobby e Estella Kasala por todo apoio enquanto estive no exterior.

Agradecer aos meus professores, Dr. Hernan Vielmo, pela orientação, a Dra. Fernanda Batista de Souza e a Dra. Michelle Milanez França, pela co-orientação, bem como agradecer a Ms. Naimara Vieira do Prado pela auxílio durante a pesquisa. Obrigado por cada ensinamento repassado durante esse trabalho. Os senhores, além de professores, são ótimos seres humanos.

RESUMO

SILVA JUNIOR, LUIZ CARLOS SANTOS. Determinação de metais pesados em amostras de água em área de lixão de Francisco Beltrão. 2017. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão. 2017.

Quando dispostos de forma inadequada em lixões, os resíduos sólidos urbanos (RSU) impactam o meio ambiente devido ao seu potencial poluidor, principalmente quando depositados juntamente com resíduos industriais e hospitalares, provocando sérios problemas, mesmo depois da desativação dessas áreas. Decorrente de diversos fatores que facilitam a chegada do material lixiviado oriundo do processo de degradação até mananciais de água, os lixões acabam promovendo desequilíbrios ecológicos por disseminarem contaminantes no ambiente como metais pesados, trazendo prejuízos como bioacumulação e biomagnificação em organismos presentes nas proximidades. Quando localizados a montante dos sistemas de captação de águas para o abastecimento público, esses lixões podem oferecer impactos significativos, tendo em vista a baixa capacidade de remoção destes contaminantes como metais pesados, por parte das estações de tratamento de água existentes no Brasil. Dentre esses metais, alguns podem ser encontrados em maiores concentrações em áreas de lixões, como Cr, Cd, Cu, Pb e Mn, trazendo efeitos deletérios ao homem quando em concentrações elevadas. Mediante essa problemática, objetiva-se nesse trabalho a determinação de metais pesados em amostras de água que permeiam a área do antigo lixão de Francisco Beltrão, empregando a técnica de FAAS, visando fornecer informações sobre a possível presença de metais pesados na água e o respectivo grau de contribuição do Lixão Água Branca. Além disso, busca-se a determinação da composição gravimétrica dos resíduos dispostos no lixão desativado. Nesse sentido, observou a predominância de resíduos de difícil degradação como plástico, metal, vidro, tecido e borracha. A ocorrência de Pb e Cr se deu em todos os pontos de amostragem, com forte ocorrência de Mn na nascente. Assim, esses metais apresentaram concentrações acima dos limites da resolução CONAMA 357/2005, fato agravado incluir as águas captadas pela Sanepar. O lixão Água Branca, ainda representa uma fonte de contaminação pela alta concentração de Pb e Cr, mesmo em níveis mais baixos que na nascente, a qual mostra-se em situação preocupante devido à alta pressão antrópica que vem sofrendo. Dados de condutividade elétrica do lixão indicam alta presença de algum outro contaminante inorgânico, sendo esta uma sugestão para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Lixão. Água. Metais pesados. Contaminação.

ABSTRACT

SILVA JUNIOR, LUIZ CARLOS SANTOS. Heavy metal determination on water samples in open dump area in Francisco Beltrão. 2017. 61p. Final Paper. Federal Technological University of Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

When disposed in an unsuitable way, the municipal solid waste (MSW) causes environmental impacts due to its pollutant potential, mainly when disposed with residue from industrial and hospitals, triggering serious problems even after the inactivation of these areas. Due to several factors that facilitate the leachate matter arrival formed by degradation process to water source, landfill promotes ecological impacts by the fact that several contaminants are disseminated into the environment, bringing damages such as bioaccumulation and bio-magnification to organisms presents in the water sources nearby. When located upstream from public water supply uptake, landfill can mean severe effects, owing to heavy metal removal low capacity existing in Brazil. Among these metals, some of them can be found in greater concentration in dumpsites, as Cr, Cd, Cu, Pb and Mn, bringing deleterious effect to human being when in high concentrations. Thus, this work aims the determination of heavy metals employing the FAAS technique, aiming to provide information about possible presence of heavy metals in water and the contribution degree of Água Branca landfill. Furthermore, is sought the gravimetric composition from the residue disposed on inactivated dumpsite. Thus, was observed predominance of hard degradation residues such as plastic, metal, glass, cloth and rubber. The occurrence of Pb and Cr happened in all sampling spots, with high presence of Mn in the headspring, being all these heavy metals with concentration over the CONAMA 357/2005 standard limit, fact worsened for including the catchment water by SANEPAR. The Água Branca landfill still represents a contamination source by high concentration of Pb and Cr, even in lower levels than the headspring, which shows in alarming situation due to the high anthropic pressure that is get through. Landfill electrical conductivity indicates high presence of some other inorganic pollutant, being a suggestion for future works.

Key words: Landfill. Water. Heavy metal. Contamination.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

Abrelpe – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
Abipet - Associação Brasileira da Indústria do PET
Cr – Cromo
Cd – Cádmio
Cu – Cobre
Ce – Condutividade Elétrica
ETA – Estação de Tratamento de Água
HCl – Ácido Clorídrico
HNO₃ – Ácido Nítrico
FAAS – Espectrofotometria de Absorção Atômica com Atomizador de Chama
Mn – Manganês
Pb – Chumbo
PR – Paraná
RSU – Resíduos Sólidos Urbano
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná
SUREHMA - Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente
Zn – Zinco
PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos
VMP – Valor Máximo Permitido
NA – Não Aplicável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	15
3.2	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA	17
3.3	LIXÕES E OS IMPACTOS AMBIENTAIS	18
3.3.1	Contaminação do ar e do solo	18
3.4	METAIS PESADOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS	19
3.5	EFEITOS DELETÉRIOS DOS METAIS PESADOS PARA OS SERES HUMANOS.....	20
3.5.1	Cromo (Cr).....	21
3.5.2	Cádmio (Cd)	21
3.5.3	Chumbo (Pb)	22
3.5.4	Cobre (Cu)	22
3.5.5	Manganês (Mn).....	23
3.6	TRAJETÓRIA DO LIXÃO ÁGUA BRANCA	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1	LOCALIZAÇÃO DO LIXÃO	26
4.2	COLETA DE INFORMAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO	27
4.3	COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA.....	27
4.4	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESIDUO SÓLIDOS	29
4.5	ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA.....	30
4.5.1	Espectrofotometria de Absorção Atômica com Atomizador de Chama (FAAS) 30	
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA	33
5.2	PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA	36
5.3	CONCENTRAÇÃO DE METAIS POR ABSORÇÃO ATÔMICA.	40
5.3.1	Concentração de Cromo (Cr)	41
5.3.2	Concentração de Cádmio (Cd)	42

5.3.3	Concentração de Chumbo (Pb)	43
5.3.4 Concentração de Cobre (Cu)	45
5.3.5	Concentração de Manganês (Mn)	46
5.4	Considerações gerais.....	47
6	CONCLUSÃO.....	49
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
8	ANEXOS.....	56
8.1	ANEXO A – Massa de resíduo sólido do lixão as margens do córrego Arroio Água Branca	56
8.2	Anexo B. Pontos de amostragem de água. A – Nascente. B – Córrego Arroio Água Branca. C – Captação de água da Sanepar.	56
8.3	ANEXO C. Migração dos pontos de amostragem na nascente.....	57
8.4	ANEXO D. Etapas do processo de composição gravimétrica	57
8.5	ANEXO E. Amostragem de água	58
8.6	ANEXO F. Espectrometria de absorção atômica de chama.....	58
8.7	ANEXO G. Curva de calibração do manganês.	59
8.8	ANEXO G. Curva de calibração do cobre.	59
8.9	ANEXO G. Curva de calibração do cromo.	60
8.10	ANEXO G. Curva de calibração do cádmio.	60
8.11	ANEXO G. Curva de calibração do chumbo.	61

1 INTRODUÇÃO

A problemática envolvendo impactos ao meio ambiente é uma questão que tem provocado diversas discussões na atualidade. Muitos são os dilemas relacionados a disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) em lixões a céu aberto. Em países em desenvolvimento como o Brasil, a rápida expansão urbana e agroindustrial é, em sua maioria, incompatível com a infraestrutura, mostrando um descompasso entre desenvolvimento e meio ambiente.

Os avanços tecnológicos nos vários compartimentos da sociedade, têm trazido inúmeros benefícios à esta, devido a capacidade de satisfazer as necessidades e solucionar a maioria dos problemas da humanidade. Contudo, atualmente ainda existe a dificuldade em se dispor adequadamente os resíduos, sendo o reflexo da velocidade com que os produtos são descartados. Nesse sentido, há uma necessidade em se conhecer as características dos resíduos sólidos através da quantidade e fonte de geração, tipo e composição para se monitorar, controlar e melhorar os sistemas de disposição existentes (THENMOZHI; HAMEED, 2014).

Devido ao lento processo de degradação, a contaminação do solo, do ar e dos mananciais superficiais e subterrâneos são ocorrências que chegam a perdurar por décadas, principalmente quando não ocorre distinção adequada na deposição de resíduos urbanos, hospitalares e industriais, que demandam diferentes tipos tratamentos e períodos de tempo para que sejam degradados.

Dentre os perigos oferecidos pelos lixões, vale ressaltar os riscos ao meio ambiente e a saúde humana, especialmente quando a mobilidade de contaminantes atingem mananciais de água. Isso acarreta não apenas prejuízos locais, mas também efeitos negativos refletidos em regiões distantes dessas áreas impactadas.

Vários são os contaminantes oriundos do material lixiviado proveniente da decomposição de RSU em áreas de deposição. Constituídos em sua maioria de matéria orgânica dissolvida, macrocomponentes orgânicos (cálcio, magnésio, potássio, amônia e ferro), compostos orgânicos xenobióticos (hidrocarbonetos aromáticos, fenóis, compostos alifáticos clorados), sendo somados a uma variedade de metais pesados (Cd, Cu, Pb, Mn) além de outros componentes em menores concentrações (CHRISTENSEN *et al*, 2001).

Em meio a esses contaminantes, os metais pesados compõem um grupo que requer cuidado especial devido a iminência do perigo que estes oferecem. São incluídos nesse grupo metais como Cr, Cu, Cd, Mn e Pb os quais serão elencados nesse trabalho. Com isso, em consequência de uma melhor compreensão, os metais pesados têm recebido uma maior atenção devido a sua significância toxicológica para os ecossistemas, agricultura assim como para a saúde humana (HUSSAIN; ISLAM, 2010).

A presença desses metais em áreas de lixão é decorrente de materiais como lâmpadas, pilhas, baterias, plásticos, latas de tintas e vernizes, rejeitos indústrias, insumos agrícolas entre outros. Uma vez dispostos nessas áreas, esses resíduos ficam susceptíveis a decomposição iniciando o processo de lixiviação, sendo potencializado pelas águas das chuvas que infiltram na massa de resíduos influenciando no processo de degradação através

Resultante de um processo físico, o lixiviado é produzido a partir do desprendimento dos líquidos presentes nos resíduos sólidos que são liberados durante o processo de decomposição somados a infiltração de águas das chuvas. Com isso, ocorre a migração do líquido através da massa sólida do lixão, o qual pode apresentar quantidades significativas de metais tóxicos (CAVALETT, 2013). Quando esse lixiviado consegue permear a camada de solo onde o resíduo encontra-se disposto, pode ocorrer a contaminação de águas subterrâneas podendo também ser transportado superficialmente atingindo mananciais próximos (OLIVEIRA; JUCÁ, 2004).

A existência de corpos hídricos nas proximidades dessas áreas de deposição, é um fator que amplifica a difusão de contaminantes no ambiente. Isso traz grandes preocupações quando esses são produzidos e liberados a jusante dos sistemas de captação e tratamento de água para o abastecimento público. Em países como o Brasil, o cenário é ainda mais grave, onde de maneira geral, as técnicas convencionas de tratamento de água não contemplam a remoção de certos contaminantes, como por exemplo metais pesados.

Desta forma, o presente trabalho propõe o emprego da técnica de espectrofotometria de absorção atômica com atomizador de chama (FAAS) para a determinação de metais pesados em nas águas do córrego Arroio Água Branca receptoras de material lixiviado do antigo lixão Água Branca, o qual está localizado a

jusante do sistema de captação de água responsável pelo abastecimento do maior município do sudoeste do Paraná.

Além disso, se faz objeto deste trabalho a determinação da composição gravimétrica dos materiais que compõe a massa de lixo, buscando um melhor entendimento do tipo de resíduo que ainda se encontra disposto e sujeito ao processo de degradação, possibilitando assim, fazer uma ligação entre a contaminação e o contaminante.

A aplicação dessas técnicas, irá estimar quantitativamente a presença de metais pesados na água, avaliando a possível contribuição da antiga área de deposição de RSU Água Branca para com a difusão desses metais nas águas que abastecem o município. Também é buscado nesse estudo a maximização de dados científicos, de modo a colaborar com a carência de informações apropriadas referentes aos antigos lixões a céu aberto, contribuindo para a preservação do meio ambiente e a proteção da saúde pública.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar a presença de metais pesados em amostras de água, bem como a composição gravimétrica dos resíduos na área do lixão desativado Água Branca, em Francisco Beltrão – PR.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar informações históricas sobre a área por meio de conversas com antigos funcionários do lixão, representantes municipais, e visitas técnicas rotineiras.
- Analisar as amostras de água através da técnica FAAS para a determinação de contaminantes presentes nas águas receptoras do lixiviado e aferir os parâmetros de pH e condutividade elétrica, os quais são analisados rotineiramente, sendo relevantes na interpretação dos resultados.
- Acompanhar a variação na concentração de metais pesados em três pontos distintos, sendo o primeiro ponto na nascente do córrego Arroio Água Branca, o segundo ao final da área de contato do lixão Água Branca no córrego Arroio Água Branca, e o terceiro na captação da Sanepar no Rio Marrecas.
- Verificar a variação da concentração de metais pesados em quatro diferentes épocas do ano, coletando amostras de água a cada 45 dias, sendo a primeira coleta realizada no mês de maio e a última no mês de setembro.
- Analisar a composição gravimétrica do resíduo através da amostragem em diferentes locais da área de abrangência do lixão, afim de conhecer melhor os constituintes da fonte de contaminação.
- Confrontar os resultados com as normas vigentes no Brasil.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Resultado das diversas atividades do homem, a geração dos RSU vem sendo beneficiada pelo desenvolvimento tecnológico que vem aperfeiçoando-se cada vez mais. Os benefícios desses avanços, são sem dúvida bem vistos pela sociedade em geral, que passou a obter mais produtos devido a facilidade com que estes estão disponíveis.

Com o emprego da tecnologia em setores como da agricultura e da indústria, passou-se a produzir mais com menos recursos financeiros, resultado da eficiência produtiva. Contudo, exige-se uma maior demanda por diferentes insumos agrícolas e matérias primas alternativas no setor industrial para conseguir suprir a necessidade uma sociedade consumista.

Como consequência, problemas como a quantidade de resíduos produzidos e descartados, e quanto a complexidade dos constituintes presentes nesses resíduos, são desencadeados. A necessidade da disposição final do resíduo sólido, demanda áreas tecnicamente apropriadas e práticas de gerenciamento diferenciadas, conforme as características do resíduo.

Porém, em países como o Brasil, esses problemas são encontrados em todo território nacional. O uso de áreas impróprias para a disposição dos mais variados tipos de resíduos, ainda são realidades comumente retratadas em várias cidades brasileiras, onde a disposição dos RSU ocorre em locais indevidos como lotes baldios, margens de estradas, lagos e rios. Essas observações se referem aos maus hábitos de uma população em geral como também do despreparo das administrações municipais. Essa problemática gerada pelo lixo é de difícil solução pelo fato de que a maior parte das cidades brasileiras apresentam um serviço de coleta que não prevê a segregação dos resíduos na fonte (IBGE, 2006).

No Brasil, os lixões a céu aberto para disposição de RSU continuam contribuindo significativamente para problemas sociais, econômicos e ambientais, oferecendo grandes riscos à saúde pública mesmo depois de desativadas.

De acordo com os dados levantados em 2014 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, o número de lixões

no país ainda é uma prática bastante utilizada pelos municípios brasileiros, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Tipos de destinação final de resíduo no Brasil em números

Destinação Final	REGIÕES E BRASIL					
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Aterro Sanitário	93	456	164	820	704	2.236
Aterro Controlado	112	505	147	644	367	1.775
Lixão	245	834	156	204	120	1.559
Brasil	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

Fonte: Adaptado de Abrelpe (2014).

Segundo Habitzreuter (2008), os sistemas existentes de disposição final de RSU são definidos como:

- Lixões: Forma completamente inadequada de disposição. Os resíduos são lançados na superfície do solo desprovidos de qualquer tipo de controle contra poluição e contaminação do ambiente, e sem nenhum cuidado com a proliferação de vetores e atividade de catadores.

- Aterro controlado: Processo de disposição onde algumas medidas são tomadas como precaução, dentre elas a cobertura do lixo e sistema rudimentar de impermeabilização do solo, minimizando assim o mau cheiro e a proliferação de vetores. Contudo, a drenagem de gases e líquidos são mecanismos inexistentes nessa prática.

- Aterro sanitário: Método mais adequado para a disposição dos resíduos sólidos. Nessa prática, ocorre apenas a deposição de materiais não passíveis de reciclagem e compostagem, sendo construídos segundo critérios de engenharia e normas operacionais visando um impacto mínimo ao meio ambiente. Na construção dos aterros sanitários se faz necessário a existência de sistemas de impermeabilização, drenagem de gases e líquidos, estruturas de apoio, monitoramento geotécnico e ambiental, maquinário de compactação, além de

exigências como altura mínima do lençol freático, mobilidade e aceitação da população circunvizinha da área a ser escolhida. No Brasil, esses dispositivos são exigências impostas pela norma brasileira ABNT NBR 8419/1992.

3.2 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

A característica do lixo pode variar em função de aspectos como socioeconômicos, culturais, geográficos e climáticos, diferenciando entre as cidades e as comunidades em si (BASSANI, 2011). Estes dados contribuem para a análise dos resíduos oriundos da coleta seletiva, desempenhando um papel importante para o diagnóstico dos resíduos sólidos gerados, fazendo parte do conteúdo mínimo estabelecido pelo plano municipal integrada dos resíduos sólidos, preconizados pela PNRS (BRASIL, 2012).

Conhecer as características do RSU em áreas de lixões municipais como será abordado nesse trabalho, é crucial para compreender a relação entre a contaminação e a fonte a qual esta é atrelada. Segundo Habitzreuter (2008), a composição do resíduo em um município, depende do comportamento geomecânico e de uma série de reações bioquímicas que ocorrem na massa de lixo, levando em consideração o fato de que a composição varia ao longo do tempo, a qual apresenta diferentes características quando resíduo recém coletado é comparado a um previamente disposto.

No Brasil, a norma brasileira ABNT NBR 10004/2004 classifica os resíduos sólidos e semissólidos como aqueles que resultam de atividade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição, estando incluídos neste os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água. Ainda, conforme a mesma norma, os resíduos são classificados de acordo com o grau de periculosidade, devido as características físicas, químicas e biológicas descritos da seguinte maneira:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inertes.

Do ponto de vista da engenharia, as propriedades físicas mais importantes dos RSU são: porosidade total, umidade, capacidade de campo, permeabilidade, peso específico, resistência, compressibilidade e composição gravimétrica (SILVEIRA, 2004). Contudo, dentre essas propriedades, a composição gravimétrica deve ser observada de maneira mais criteriosa por possuir um grau de influência maior frente aos projetos de previsão de recalques, drenagem de gases e percolados (BOSCOV, 2006).

Com isso, a relação entre o peso de cada componente presente na amostra e o peso total da amostra deve ser aferido. Assim, a determinação da composição gravimétrica se faz necessária sendo de extrema significância para este trabalho.

3.3 LIXÕES E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

Lixões a céu aberto ainda são práticas de disposição de resíduos sólidos utilizadas em países subdesenvolvidos, onde rejeitos são depositados de maneira incontrolada causando a deterioração do meio ambiente (KANMANI; GANDHIMATHI, 2013). Segundo a Abrelpe (2014), o encaminhamento de RSU para locais inadequados, são práticas ilegais cujos os efeitos danosos não são controláveis, configurando um dos piores impactos que podem ser causados, devido as substâncias tóxicas geradas no processo de decomposição dos materiais. De maneira geral, essa deterioração ambiental ocorre de forma mais abrangente em três elementos que compõe o meio ambiente, sendo: o ar, o solo e as águas superficiais e subterrâneas.

3.3.1 Contaminação do ar e do solo

Os impactos na atmosfera causados pelos lixões a céu aberto, referem-se as emissões de gases como dióxido de carbono e metano, resultante do processo de fermentação da matéria orgânica por organismos anaeróbicos, passando por várias etapas até a produção dos gases. Dentre esses gases, o metano representa uma parcela de 50% do total gases produzidos, sendo de maior interesse do ponto de vista econômico devido ao seu alto poder calorífico (cerca de 9000 kcal/m³) e principalmente do ponto de vista ambiental por ser extremamente poluente (HABITZREUTER, 2008).

Os prejuízos causados no solo são provenientes do lixiviado que percola a massa de lixo. Resultado da remoção de compostos solúveis através de processos químicos e biológicos, o lixiviado é potencializado pela precipitação da água da chuva que infiltra carreando inúmeros componentes químicos, incluindo metais pesados, até superfície do solo onde o resíduo se encontra disposto. (EL-FADEL; FINDIKAKIS,1997).

Uma vez em contato com o solo, o lixiviado pode ser adsorvido ou percolado pelas camadas do solo, dependendo de suas características pedológicas. Vários são os estudos referentes a capacidade de transporte e retenção de contaminantes no solo, principalmente a respeito de metais pesados. Conforme Fortunato (2009), solos argilosos são propícios para a imobilização de metais que são adsorvidos através da troca iônica. Contudo, uma vez que os contaminantes não são retidos, esses então ficam susceptíveis a mobilidade através do perfil do solo, podendo atingir corpos de águas subterrâneos acarretando na degradação do mesmo.

3.4 METAIS PESADOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

Quando os líquidos lixiviados alcançam mananciais superficiais, quantidades significativas de metais tóxicos como Cr, Cu, Cd, Mn, Pb entre outros, podem desencadear problemas de toxicidade aos organismos expostos, como animais, plantas e seres humanos, ficando susceptíveis aos processos de bioacumulação e biomagnificação. A bioacumulação é habilidade de um organismo concentrar um elemento ou um composto da cadeia alimentar para níveis mais elevados do que oferecido pelo ambiente (OSMAN; KLOAS, 2010). Quando os metais aumentam sua concentração em cada nível da cadeia e são transferidos para o próximo nível, ocorre o fenômeno denominado biomagnificação (PAKNIKAR *et al*, 2003).

Segundo Kashif *et al* (2009) a contaminação da cadeia alimentar por metais pesados tem sido de grande preocupação na atualidade, devido ao seu potencial de acumulação nas biosistemas que são impactados através de águas contaminadas. Melo *et al* (2004) apresentam que as fontes antropogênicas de metais como Mn e Pb, contribuem respectivamente com 11 e 96% das emissões desses contaminantes, sendo responsáveis pela adição de 1,16 milhões de toneladas de Pb nos ecossistemas terrestres e aquáticos

Devido a isso, países do mundo todo vem regulando cada vez mais os limites permitidos desses metais em águas para os fins de consumo, sendo que cada país utiliza valores diferenciados, o que depende da fonte de captação, do processo de tratamento, do uso de poços artesianos e do sistema de armazenamento e transporte (MELO *et al*, 2004).

No Brasil, os limites máximos permitidos para metais em águas doces são estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/2005, a qual preconiza que as águas doces de classe 1 devem atender condições de qualidade, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Limites máximos permitidos para metais em água doce classe 1

ÁGUA DOCE - CLASSE 1	
PADRÕES	
Parâmetro	Valor máximo
Cr	0,05 mg/L
Cd	0,001 mg/L
Pb	0,01mg/L
Cu	0,009 mg/L
Mn	0,1mg/L

Fonte: Adaptado CONAMA 357/2005.

Para as águas de classe 2, as quais também podem ser destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional, aplicam-se os mesmos padrões da classe 1 acima mencionados.

3.5 EFEITOS DELETÉRIOS DOS METAIS PESADOS PARA OS SERES HUMANOS

Metais desempenham funções importantes para o funcionamento adequado do sistema biológico, contudo quando em excesso, podem causar inúmeras desordens nos seres humanos (ZEITOUNI, 2003).

3.5.1 Cromo (Cr)

Presente na crosta terrestre em diferentes estados de oxidação, variando de cromo II a cromo VI, esse elemento entra nos diferentes compartimentos ambientais (ar, solo, água) por uma variedade de fontes antropogênicas, principalmente pela indústria de metais na produção de aço inoxidável, ferro-cromo, refratários, pelos cortumes, indústria química na fabricação de tintas e na preservação de madeira (TCHOUNWON, 2012). O cromo em sua forma hexavalente de oxidação (VI) é um dos mais descartados no meio ambiente sendo também um dos mais danosos a saúde.

O cromo é um nutriente essencial para os seres humanos desempenhando um papel importante na metabolização da glicose, gordura e proteínas, potencializando a ação da insulina (GOYER, 2001). Contudo, quando em doses elevadas através da ingestão de água ou por via aérea, a forma hexavalente do Cr pode trazer sérios problemas de saúde humana devido a sua alta capacidade de absorção pelo sistema gastrointestinal, penetrando rapidamente pelas membranas celulares trazendo disfunções no sistema linfático, cardiovascular, respiratório e neural (WHO, 2003).

3.5.2 Cádmiio (Cd)

Presente naturalmente em minérios associados com o Zn, Cu, e Pb, o cádmio é empregado como estabilizador em produtos de PVCs, pigmentos em tintas, ligas metálicas, industriais de galvanoplastia bem como em baterias recarregáveis de níquel-cádmio. Contudo, na Europa o uso desse metal tem consideravelmente diminuído desde a década de 90, principalmente devido a extinção de produtos contendo Cd exigida pela legislação ambiental da Europa (JÄRUP, 2003).

A presença desse metal no solo é bastante contraditória entre os estudiosos com relação a sua mobilidade, sendo totalmente dependente das características do solo. Ainda assim, a ocorrência desse metal pode ser amplificada em áreas de deposição de matérias como lâmpadas em televisores e equipamentos odontológicos (MELO *et al*, 2004).

Conforme as informações apresentadas pela Organização Mundial da Saúde (2010), os riscos oferecidos pelo Cd podem trazer prejuízos ao fígado, ao sistema respiratório e a estrutura óssea, sendo considerado como carcinogênico quando

acumulado em níveis elevados no organismo, favorecendo o desenvolvimento de cânceres como o de fígado, próstata e pulmão.

3.5.3 Chumbo (Pb)

Sendo utilizado pelo homem há muito tempo, o chumbo é um dos principais constituintes na fabricação de vidros, cristais, vernizes, esmaltes, estando este presente também na gasolina, em processos de fundição e principalmente na fabricação de baterias, sendo esta a fonte de contaminação mais significativa do metal no ambiente (MELO *et al*, 2004).

Mais de 50% de chumbo inorgânico quando inalado, pode ser absorvido pelos pulmões. Adultos admitem de 10 a 15% de chumbo presente na comida, enquanto crianças podem absorver mais de 50% através do trato intestinal. A susceptibilidade de crianças em absorver mais chumbo que adultos é devido a capacidade de penetração através da membrana celular, sendo esta menos desenvolvida em crianças. Assim os prejuízos no sistema nervoso causam distúrbios comportamentais, de aprendizado e concentração, refletindo na redução da capacidade intelectual das crianças na ordem de 1 a 3 pontos para cada 1 mg de chumbo acrescida no sangue (JÄRUP, 2003; WHO, 2011).

3.5.4 Cobre (Cu)

Em vários setores da indústria o cobre vem sendo largamente empregado, como na fabricação de eletro-eletrônicos e aparelhos domésticos, na engenharia industrial para estampagem, forjamento e usinagem de peças, na indústria elétrica na fabricação de cabos e linhas de transmissão de energia, refrigeradores e ar condicionados, na indústria química e petroquímica e mecânica (FORTUNATO, 2009).

No ambiente, grande parte do cobre disponível é oriundo de fontes antropogênicas, entre elas, mineração, fundição, queima de carvão, incineradores de resíduos, e produtos utilizados como antiaderentes e fertilizantes (PEDROS; LIMA, 2001). Como consequência, quando depositados como resíduos em áreas inapropriadas, esse metal pode trazer diversos prejuízos para as plantas, animais e para o ser humano.

No homem, o cobre em altas doses pode acarretar em anormalidades como diarreia, dor de cabeça, taquicardia e dificuldade respiratória, porém os prejuízos do excesso desse metal podem ser ainda mais deletérios. Em adultos, os limites aceitáveis ainda são bastante discutidos por diversos autores, contudo a Organização Mundial da Saúde estabelece de 2 a 3 mg/dia como valores máximos, baseando-se em estudos gastrointestinais a respeito dos efeitos do cobre em águas contaminadas (WHO, 1998).

3.5.5 Manganês (Mn)

Principalmente utilizado na indústria metalúrgica como aditivo desoxidante e em ligas metálicas, o manganês também é um dos principais constituintes de baterias de células secas, indústrias de vidro, têxtil, bem como utilizado como fertilizante químico (WHO, 2011).

O grau de toxicidade do manganês varia de acordo com o tipo de exposição. Através da ingestão, o manganês tem relativamente baixa toxicidade em níveis tipicamente encontrados de exposição. Em relação ao potencial carcinogênico, o manganês ainda carece de estudos correlatos. Contudo, através da inalação, o manganês tem sido conhecido pelo seu potencial tóxico para trabalhadores expostos à esse metal, sendo estudado e reportado por vários autores. Dentre os problemas oriundos alta exposição, os mais invasivos atingem a coordenação motora sendo geralmente semelhantes a doença de Parkinson, afetando desde a expressão facial até pequenos movimentos, que são originados devido aos impactos causados nos sistemas neuroquímico (WHO, 2011).

Nesse âmbito, é sabido por vários autores a importância e necessidade de conhecer melhor as fontes antrópicas de emissão de metais pesados no ambiente, principalmente no que diz respeito a contaminação de corpos hídricos que acabam maximizando a difusão desses contaminantes oferecendo risco a saúde pública.

3.6 TRAJETÓRIA DO LIXÃO ÁGUA BRANCA

Adquirida pela prefeitura de Francisco Beltrão no ano de 1985, a área do antigo lixão Água Branca recebeu resíduos domiciliares, industriais e hospitalares do

município durante 16 anos. Nos primeiros anos a área contava com uma usina de compostagem e triagem de resíduo. O material orgânico era disposto sobre uma base de blocos de basalto e revolvido a cada duas semanas de modo a acelerar o processo de decomposição. O chorume produzido era canalizado até uma lagoa construída sem orientação técnica, enquanto o composto orgânico, após peneirado, era utilizado como adubo pela prefeitura e agricultores. Por sua vez, a parcela reciclável era cedida para as famílias carentes que reaproveitavam e comercializavam o material (CANDIOTTO; RIGO, 2015).

A partir do ano de 1988, a usina de compostagem reduziu o ritmo de processamento de resíduos orgânico, acarretando assim o seu fechamento em 1992. Com isso, todo o resíduo então coletado no município passou a ser disposto na área à céu aberto, tornando-se uma fonte de contaminação do solo e da água do córrego Arroio Água Branca que recebia além do chorume, o resíduo que era empurrado diariamente até sua margem (Anexo A). Os riscos oferecidos a população Beltronense foram amplificados ainda mais, tendo em vista que o córrego localiza-se a poucos quilômetros a montante da captação de água instalado no rio Marrecas, manancial que abastece a cidade até os dias de hoje (CANDIOTTO; RIGO, 2015).

De modo a retratar os acontecimentos do Lixão Água Branca, são apresentados na Tabela 3 os principais fatos ocorridos durante todo o período em que o lixão esteve operando até a sua desativação.

Tabela 3. Trajetória dos fatos ocorridos no Lixão Água Branca

(Continua)

Ano	Fatos ocorridos no Lixão Água Branca
1985	<ul style="list-style-type: none"> - Aquisição do terreno pela Prefeitura - Início das atividades de deposição de lixo - Instalação da usina de compostagem e triagem de lixo - Liberação para deposição de lixo por um período de seis anos garantida pela SURHEMA
1992	<ul style="list-style-type: none"> - Liberação de mais 10 anos para deposição de lixo - Recebimento de todo o tipo de resíduos desde domiciliares até industriais. - Usina de compostagem é desativada. - Deposição de lixo pela prefeitura e particulares - Pessoas passam a realizar atividades de catação na área do lixão.
1996	<ul style="list-style-type: none"> - O lixo já ocupava um espaço de mais de 5.000 m² e deslizava por uma encosta poluindo o Córrego Água Branca, que passa logo abaixo. - O Ministério Público Estadual solicita vistorias do IAP e providências da Prefeitura Municipal. - Em 14 de junho de 1996, a administração Municipal protocolou junto ao IAP um Plano de Recuperação Ambiental para aquela área. O plano previa uma série de medidas que transformava o lixão em um aterro controlado. Porém, de acordo com informações técnicas do IAP o plano não foi executado.

Tabela 3. Trajetória dos fatos ocorridos no Lixão Água Branca

		(conclusão)
1997	- Aquisição de uma área de 193.600 m ² na comunidade do Menino Jesus para futuras instalações de um aterro sanitário.	
1999	- Depósitos de lixos por empresas das mais variadas atividades além dos RSU do município. Várias famílias se alojam nas proximidades do lixão.	
2000	- Desativação do lixão e isolamento da área. Consequências ambientais ainda eram visíveis como a geração de gases e chorume.	
2001	- O IAP forneceu licenciamento ambiental e o Aterro Sanitário Municipal iniciou suas atividades. Foi firmado termo de compromisso entre Ministério Público Estadual, Prefeitura Municipal e IAP, estabelecendo que o município deveria apresentar um Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD) em 70 dias; isolar a área e impedir a entrada de pessoas no local; além de retirar moradores que habitavam a área próxima ao lixão, que também é uma APP, num prazo de dois anos. Ao IAP, caberia realizar a fiscalização do local e o cumprimento do plano de recuperação.	
2004	- O Ministério Público Estadual instaurou Processo Administrativo para apurar os danos causados ao meio ambiente em razão das irregularidades existentes no antigo lixão. A Prefeitura encaminhou informações e fotos da situação em que se encontrava o terreno onde havia o lixo, com identificação da área degradada e como estava o estágio de recuperação. O IAP informou ao Ministério Público Estadual que o município depositou lixo na comunidade de Água Branca por dezesseis anos e que a partir do ano de 2009 passou a utilizar o aterro sanitário na comunidade de Menino Jesus para a destinação do lixo urbano.	
2005	- O Ministério Público Estadual oficiou o Município para informações atualizadas e quais medidas haviam sido tomadas em relação ao antigo lixão, se haviam pessoas explorando o lixo a céu aberto e se haviam sido efetuados drenos de gás e chorume. - Em 28 de novembro a Prefeitura respondeu ao Ministério Público Estadual que não havia mais coletores e que um vigia estava cuidando do local. Ainda informou que lixo exposto tinha sido coberto com uma camada de terra e que foi feito reflorestamento com <i>Eucalyptus sp</i> e que não houve condições técnicas para realização de drenagem de gás.	
2006 e 2007	Não ocorreu nenhuma atividade ou interferência antrópica neste período. A área ficou abandonada, propiciando condições para a recuperação natural da vegetação.	
2008	- O Ministério Público Estadual solicitou ao IAP que realizasse análises de água do córrego Água Branca que passa próximo da área onde era depositado o lixo. O Ministério Público Estadual solicitou ao município que instalasse um poço de monitoramento do chorume.	
2009	- A Prefeitura Municipal construiu o poço de monitoramento e coletou amostra de água encaminhando para análise no Laboratório Central do Estado do Paraná (LACEN) - Francisco Beltrão. O Resultado foi considerado <i>impróprio para consumo humano</i> . - O IAP informou ao Ministério Público Estadual os resultados das análises de água do córrego Água Branca, através de Relatório Técnico de acordo com a Resolução do CONAMA nº. 357/2005, tendo como conclusão que <i>atende os padrões de qualidade de água doce para rios classe II</i> . O IAP informou, ainda, que a análise da água do poço de monitoramento de chorume apresentou resultado com <i>limites aceitáveis</i> de acordo com a resolução do CONAMA nº. 396/2008. - Comparando os resultados das análises do poço de monitoramento realizadas pela Prefeitura e pelo IAP, conclui-se que a água possuía limites aceitáveis ambientalmente, porém não própria para consumo humano.	
2012	- O MP Estadual através do Promotor F. T. A. oficiou a Coordenadoria do Centro de Apoio de Promotorias de Meio Ambiente solicitando informações e medidas sobre o lixão da Água Branca. Em 10 de setembro, através do Procurador de Justiça S. H. S. respondeu que: <i>“Em resposta ao Ofício 04/2012 dessa Promotoria de Justiça, acerca da área do antigo lixão municipal, recomenda-se que não sejam realizadas intervenções no local. Estando a área aterrada, sem lixo visível, sem catadores trabalhando no local, cabe apenas providenciar o isolamento da área e permitir que o local regenere sua vegetação naturalmente”</i> .	
2013	- O Ministério Público Estadual embasado nas informações da Coordenadoria resolveu arquivar o Processo.	

Fonte: Adaptado de Vilmar Rigo (2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DO LIXÃO

Localizado no município de Francisco Beltrão, sudoeste do Paraná, a implantação do lixão ocorreu as margens da rodovia PR-483, na comunidade Água Branca, situada geograficamente nas coordenadas $26^{\circ} 6'36.62''$ de latitude sul e $53^{\circ} 3'21.58''$ de longitude oeste (Figura 1). Em 2001, ano em que a o lixão foi completamente desativado, o município possuía uma população de 67.132 habitantes, sendo 86% deste residindo na região urbana do município. (IBGE, 2000). O clima da região é classificado como Cfa, sendo subtropical úmido de acordo com a classificação de Köppen (1948).

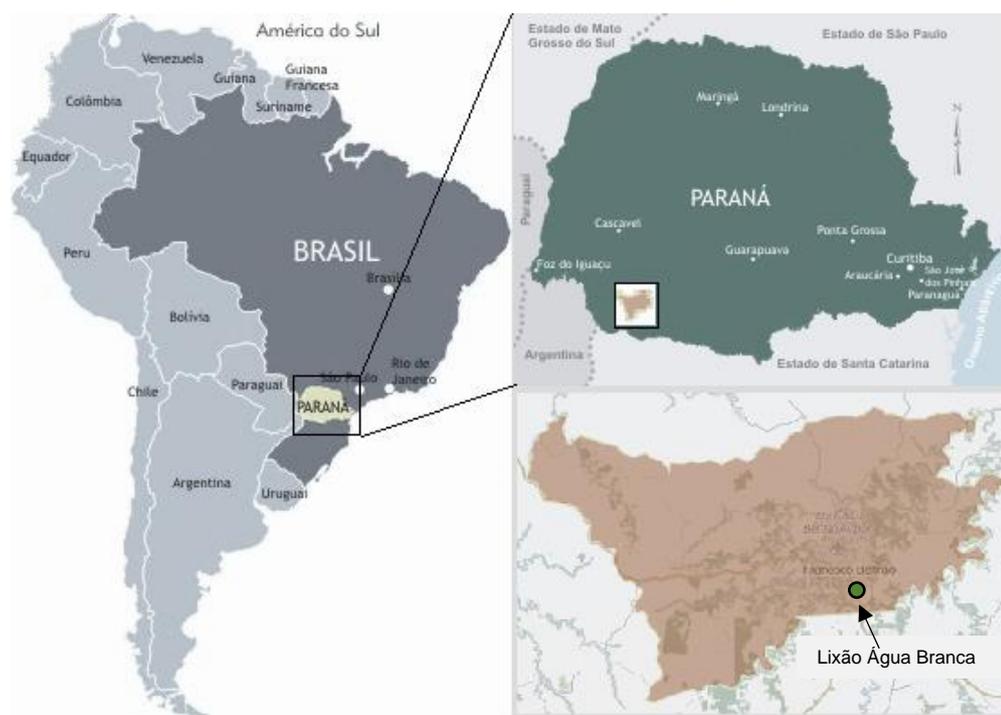


Figura 1. Localização do município de Francisco Beltrão – PR
Fonte: IBGE (2015).

4.2 COLETA DE INFORMAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

Inicialmente, foram coletadas informações sobre os trabalhos realizados na área do antigo lixão através de buscas bibliográficas, contato com funcionários da prefeitura e antigos trabalhadores do lixão. Além disso, foram feitas visitas ao local afim de coletar informações sólidas sobre a área de estudo.

4.3 COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

As amostras de água foram coletadas em triplicatas a cada 45 dias distribuídas entre os meses de maio a setembro (Tabela 4) em três diferentes pontos de amostragem (Anexo B). No primeiro ponto, localizado na nascente do córrego Arroio Água Branca e utilizado como testemunha, as coletas ocorreram em três diferentes locais, devido a necessidade de migração do ponto de coleta ocorrida pela instalação de uma indústria, o que acarretou na canalização e aterramento da nascente do córrego Arroio Água Branca (Anexo C). Assim, a 3ª e 4ª coleta foram realizadas no mesmo ponto e 1ª e 2ª em pontos distintos, sendo todas dentro da abrangência da nascente.

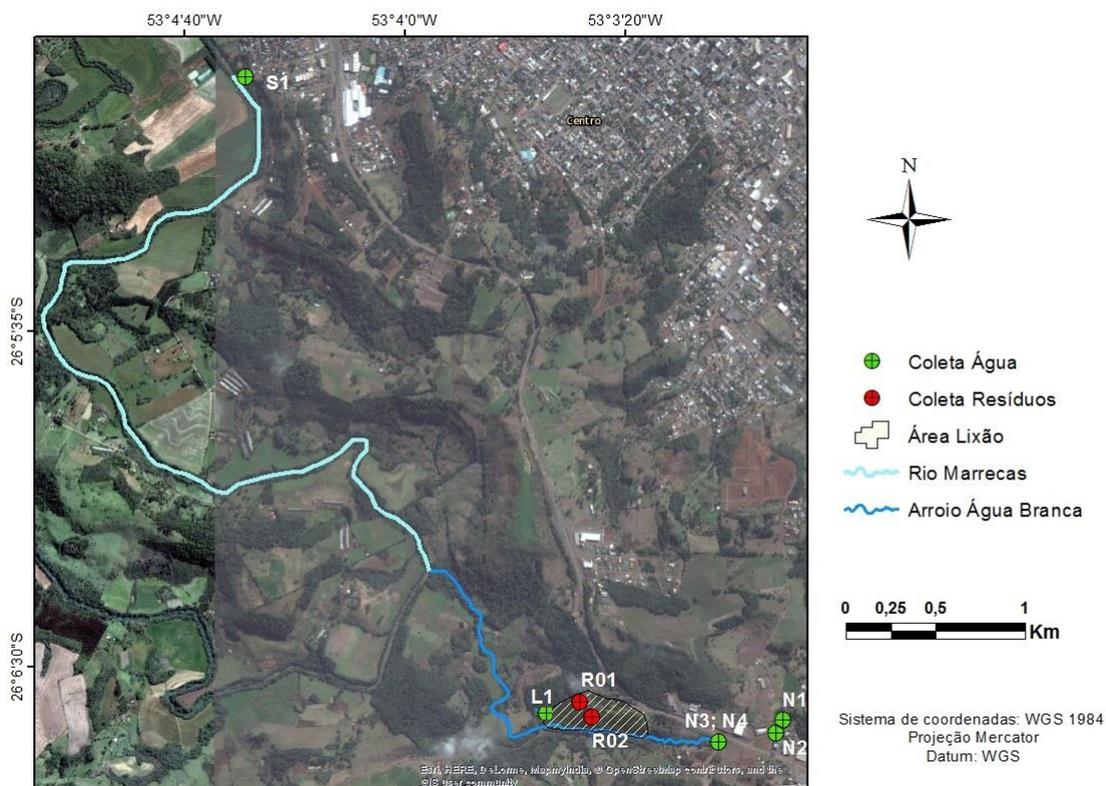
O segundo ponto foi estabelecido no final do perímetro de contato do córrego com o lixão, seguido do terceiro e último ponto localizado no desarenador, estrutura pertencente ao sistema de captação de água, anteriormente à ETA que abastece o município de Francisco Beltrão, sendo estas estruturas operadas e administradas pela SANEPAR (Anexo B).

Visando a minimização de erros nas etapas de amostragem, as coletas foram realizadas em triplicata. De acordo com Quinn e Keough (2002), repetição significa ampliação de observações, onde em escalas apropriadas, combinam com a aplicação experimental e ajudam a reduzir as diferenças entre as amostras.

O Mapa 1 representa os pontos de coleta de água dentro e fora da área de abrangência do Antigo lixão Água Branca bem como os pontos de amostragem dos resíduos sólidos. Os critérios utilizados para a escolha dos pontos de amostragem foram baseados em conhecimentos técnicos, visualização *in loco* do alcance dos resíduos, e relatos do antigo funcionário da prefeitura, que trabalhou no lixão e ainda permanece residindo na área desde o encerramento das atividades.

Tabela 4. Distribuição das coletas de água em diferentes períodos do ano

Coletas	Data de amostragem
1	10 de maio de 2016
2	01 de julho de 2016
3	15 de agosto de 2016
4	30 de setembro de 2016



Mapa 1. Pontos de amostragem de água e resíduos sólidos

Fonte: Autor

Os pontos de amostragem foram demarcados utilizando um GPS modelo Garmin 62SC, os quais foram utilizados para a confecção de mapas através das coordenadas geográficas buscando a visualização espacial dos pontos de amostragem de água (Tabela 5).

Tabela 5. Localização dos pontos de amostragem de água

Pontos	Coordenadas		Altitude
	Latitude	Longitude	
N1	26° 6'39.00"S	53° 2'51.33"O	624 m
N2	26° 6'40.90"S	53° 2'53.24"O	623 m
N3 e N4	26° 6'42.80"S	53° 3'3.24"O	616 m
L1	26° 6'41.10"S	53° 3'31.30"O	584 m
S1	26° 4'53.22"S	53° 4'28.65"O	548 m

N1, N2, N3 e N4 – Pontos de coleta da nascente

L1 – Ponto de coleta do lixão

S1 – Ponto de coleta na captação da Sanepar

4.4 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUO SÓLIDOS

A caracterização da composição gravimétrica foi realizada com base nas normas da NBR 10007/2004 com algumas adaptações devido as condições de trabalho. Para tal, foram coletadas amostras de RSU dispostos na área do antigo lixão em dois diferentes pontos (Tabela 6), localizados no topo (R01) e no meio da encosta (R02) onde o resíduo era dispostos, buscando assim uma maior representatividade.

Tabela 6. Localização dos pontos de amostragem de resíduos sólidos

Amostras	Coordenadas		Altitude
	Latitude	Longitude	
R01	26° 6'36.06"S	53° 3'25.55"O	621
R02	26° 6'39.41"S	53° 3'24.10"O	598

A amostragem foi feita utilizando uma pá cavadeira, atingindo uma profundidade de amostragem de 30 cm, sendo o suficiente para a retirada da maior parte da vegetação e solo de cobertura. O resíduo foi alocado dentro de bags de 100L, totalizando uma amostra de 400 kg. Posteriormente, o resíduo foi disposto sobre uma lona preta com dimensões de 4x6 m onde foram manipulados através da técnica de quarteamento buscando obter uma parcela homogênea dos resíduos coletados, totalizando 120 kg ao final do quarteamento.

A partir da caracterização e segregação dos resíduos, os materiais foram alocados em sacos plásticos com capacidade 100 litros e pesados para obtenção da porcentagem e o peso de cada tipo de componente encontrado na massa do resíduo. Os constituintes foram segregados levando em consideração principalmente a presença de materiais de difícil degradação como, vidro, plástico, metal, tecido e borracha. Tendo em vista os anos passados desde o encerramento das atividades do lixão e a profundidade de amostragem, componentes como raízes, folha e terra foram enquadrados como outros. As etapas realizadas no processo da composição gravimétrica são ilustradas no Anexo D.

4.5 ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA

Todas as coletas foram feitas utilizando um coletor com braço retrátil a uma profundidade média de 15 cm.

Posteriormente as coletas de água, os parâmetros de pH e Ce foram aferidos utilizando pHmetro e condutivímetro, sendo filtradas através de uma membrana com abertura de 0,45 μm visando a remoção de material particulado.

As amostras foram armazenadas em frascos de 200 mL de polietileno esterilizados utilizando uma solução de 10% de HNO_3 (ANA; CETESB, 2011). De forma a preservar as amostras de água, foi adicionado uma solução de HNO_3 (50%) nas amostras de modo a acidificá-las, ou até que seja atingido um $\text{pH} < 2$. Este pH permitiu que as amostras pudessem ser armazenadas por mais de seis meses, porém, previamente às análises, os valores de pH das amostras foram aferidos e ajustados de acordo com a metodologia USEPA (2003). As etapas de preparação das amostras podem ser visualizadas no Anexo E.

4.5.1 Espectrofotometria de Absorção Atômica com Atomizador de Chama (FAAS)

Para a determinação de metais pesados (Cr, Cu, Cd, Mn, Pb), todas as amostras foram realizadas em triplicata e também replicadas durante as leituras. Como as amostras foram bastante acidificadas, foi dispensado o processo de digestão ácida. As amostras foram armazenadas e refrigeradas até o momento da análise.

A presença dos metais nas amostras foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica com atomizador de chama de acordo com o Standard Methods no

Laboratório de Equipamentos Espectroscópicos da UTFPR - *Campus* Curitiba, utilizando um espectrofotômetro marca GBC modelo Avanta (Anexo F).

Na construção das curvas de calibração (Anexo G), foram utilizados seis padrões de diferentes concentrações para cada um dos metais a ser analisado, conforme apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Padrões utilizados para a calibração do equipamento de FAAS

Determinação de Cromo (Cr)	
Padrão	Concentração (mg/L)
Blank	Branco
Cr 1	1,000
Cr 2	3,000
Cr 3	4,000
Cr 4	5,000
Cr 5	6,000
Determinação de Cobre (Cu)	
Padrão	Concentração (mg/L)
Blank	Branco
Cu 1	0,500
Cu 2	1,000
Cu 3	2,000
Cu 4	3,000
Cu 5	4,000
Cu 6	5,000
Determinação de Cádmio (Cd)	
Padrão	Concentração (mg/L)
Blank	Branco
Cd 1	0,100
Cd 2	0,200
Cd 3	0,600
Cd 4	0,800
Cd 5	1,000
Cd 6	1,200
Determinação de Manganês (Mn)	
Padrão	Concentração (mg/L)
Blank	Branco
Mn 1	0,200
Mn 2	0,400
Mn 3	0,600
Mn 4	0,800
Mn 5	1,200
Mn 6	1,600
Determinação de Chumbo (Pb)	
Padrão	Concentração (mg/L)
Blank	Branco
Pb 1	0,100
Pb 2	0,300
Pb 3	0,600
Pb 4	1,000
Pb 5	1,400
Pb 6	2,000

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizada análise de variância paramétrica (ANOVA), seguido do teste Tukey para comparação de médias dos parâmetros de condutividade elétrica, cromo, cádmio, chumbo e cobre. Para parâmetro manganês, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparação de médias, uma vez que os dados não levaram em consideração os pressupostos de normalidade e variâncias iguais. Todos testes utilizaram um nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

Os resultados aqui discutidos referem-se aos dados ilustrados pela Figura 2.

A tipologia do material encontrado nos pontos de coleta (ponto 1 e 2) não apresentou nenhuma variação espacial, o que pode ser explicado pelo fato de se tratar de uma amostragem de baixa profundidade e de um terreno com elevada declividade, podendo favorecer o deslocamento dos resíduos de forma homogênea. Dado que pode ser assemelhado com o relatado por MATTEI & ESCOSTEGUY (2007), os quais não encontraram diferença significativa na composição gravimétrica em um lixão de Passo Fundo (RS), mesmo trabalhando em quatro diferentes profundidades de amostragem.

Os resíduos coletados apresentaram baixa umidade, influenciado pelo período de escassez de chuva na semana em que a amostragem foi realizada. Os materiais predominantes nos pontos de amostragem foram o plástico (32,90%), o metal (20,60%) e outros (19,70%) representado por terra, folhas e raízes. Quando confrontados com os resultados obtidos por MATTEI & ESCOSTEGUY (2007) no antigo lixão de Passo Fundo, a representatividade do plástico também foi predominante (44,6%), contudo, o metal (4%) não obteve a mesma representatividade comparação ao encontrado no lixão Água Branca (20,60%), bem como a do vidro que apresentou um valor de 3,1% no lixão de Passo Fundo contra 7,80% no lixão Água Branca. Esses fatos podem ter ocorrido pelo menor reaproveitamento que se tinha dos resíduos em Francisco Beltrão quando comparada com a cidade de Passo Fundo, por se tratar de um município de menor porte e mais afastado dos grandes centros que abrigam empresas recicladores de resíduos como metais e vidros.

As porcentagens de borracha e tecido foram de 13,30% e 5,70% respectivamente, sendo valores de difícil comparação com outros autores, pelo fato de enquadrarem esses resíduos na categoria outros ou rejeito conforme as necessidades de cada estudo.

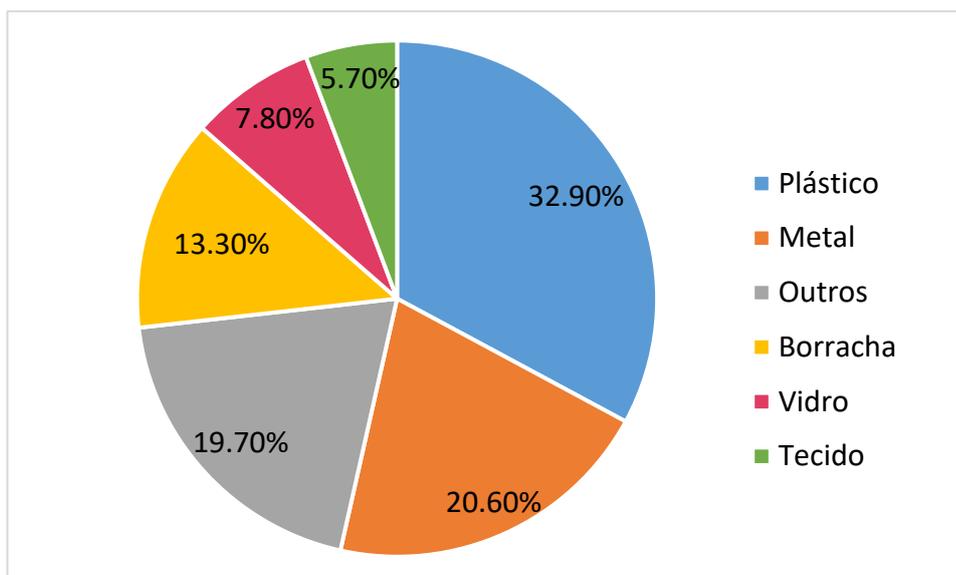


Figura 2. Composição Gravimétrica dos resíduos sólidos no lixão Água Branca
Fonte: Autor

A grande quantidade de materiais encontrados no lixão Água Branca que seriam passíveis de reciclagem na época em que o lixão foi desativado, pode ser justificada através da evolução que as indústrias de reciclagem mecânica no Brasil passaram no decorrer dos anos. Dados divulgados em 2014 pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, Abrelpe, mostram que no ano de 2003 a quantidade de empresas de reciclagem era de 492, passando então para 815 no ano de 2011 (Figura 3). Evolução ainda maior na reciclagem de garrafas PET em particular, conforme censo divulgado em 2012 pela Associação Brasileira da Indústria do Pet, Abipet, sendo 13 toneladas em 1994 para 331 toneladas em 2012 (Figura 4). Nesse sentido, nota-se também um grande progresso na logística reversa de pneus, sendo coletados 33 mil toneladas no ano de 2000 e 462 mil toneladas em 2015 (Figura 5), de acordo com dados levantados pela maior empresa de reciclagem de pneus do Brasil, Reciclanip.

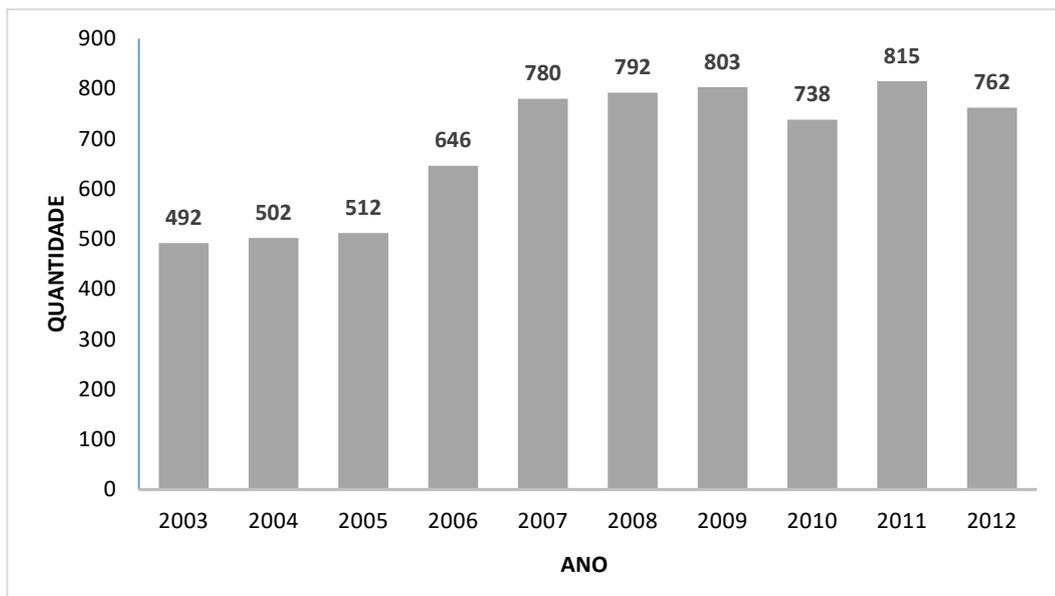


Figura 3. Quantidade de empresas de reciclagem mecânica no Brasil
Fonte: Adaptado Abrelpe (2014)

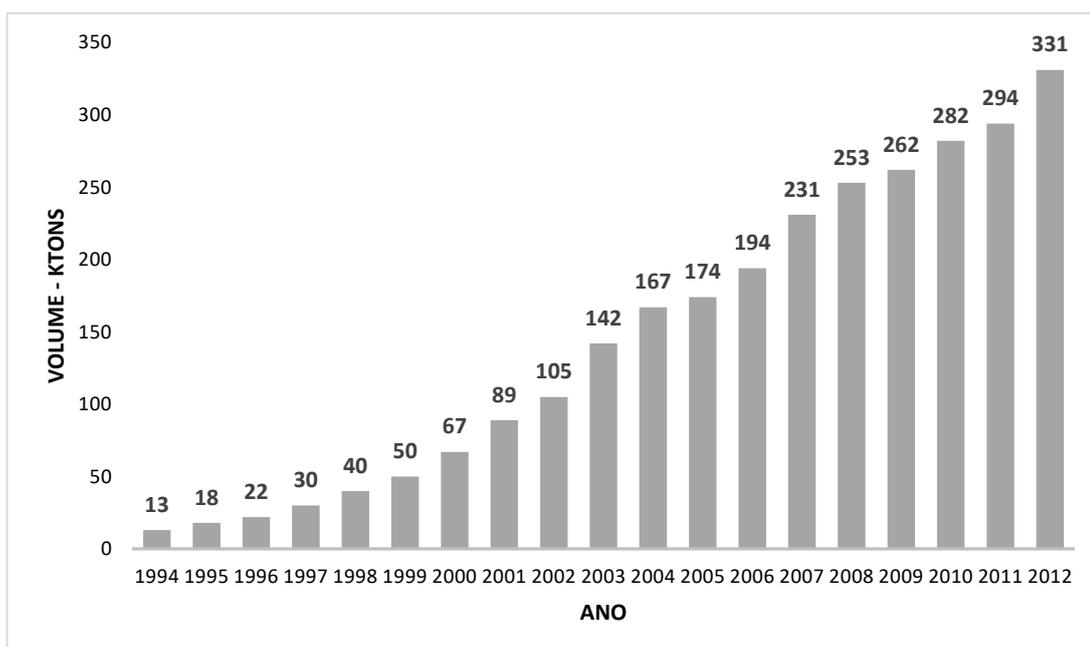


Figura 4. Evolução da reciclagem de PET no Brasil
Fonte: Adaptado Abipet (2012)

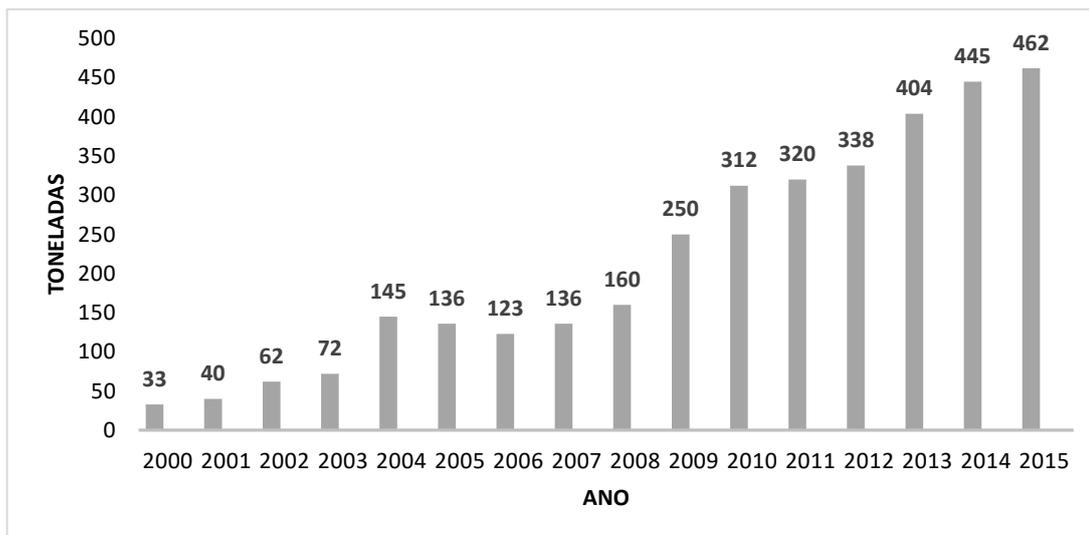


Figura 5. Evolução da quantidade de pneus coletados através da logística reversa no Brasil

Fonte: Adaptado Reciclanip (2015)

Nesse contexto, a predominância de materiais de difícil degradação encontrado no lixão Água Branca, fica clara quando observada a evolução pela qual o manejo dos resíduos no Brasil tem passado no decorrer dos anos. Desta maneira, justifica-se as consequências da falta da prática de reciclagem nos anos em que a área do lixão Água Branca esteve recebendo resíduos sólidos do município de Francisco Beltrão.

5.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA

Na Tabela 8 são apresentados os valores de pH e os resultados da análise variância (ANOVA), observando a existência de diferenças estatisticamente significativas. Nesse sentido, foi considerado as variáveis ponto de coleta (nascente, lixão e captação da Sanepar), meses de coleta (maio, junho, agosto e setembro), bem como a interação entre ponto e mês de coleta. As mesmas variáveis foram consideradas para valores da concentração de metais e Ce.

Tabela 8. Valores de pH (Média \pm DP, n = 3) e análise de variância

Variável				
	MÊS		PONTO	VMP
	1 ^a - maio	5.50 \pm 0.630 c	Nascente	6.05 \pm 0.369 c
	2 ^a - junho	6.26 \pm 0.189 b	Lixão	6.45 \pm 0.305 a
	3 ^a - agosto	6.46 \pm 0.153 a	Captação Sanepar	6,0 a 9,0
	4 ^a - setembro	6.12 \pm 0.165 c		
Variável	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	P > F
Ponto	0.948	0.474	202.031	< 0.0001
Mês	0.687	0.229	97.494	< 0.0001
Ponto*Mês	2.868	0.478	203.656	< 0.0001

VMP – Valor máximo permitido pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe I, II e III. P \leq 0,05 - indica diferença significativa.

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey com 5% de significância.

Os valores de pH da água variaram conforme os pontos onde foram coletados, os meses que foram coletados, bem como com a interação entre mês e pontos de coleta.

Mesmo o pH variando estatisticamente, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece valores máximos permitidos que podem variar num intervalo de 6 a 9 para as águas de classe I e II. Nesse contexto, as amostras de água que apresentaram único valor de pH de 5,50 (Tabela 8), estando abaixo do limite estabelecido pela CONAMA 357/2005. Esse valor pode ser justificado pela precipitação acumulada de 64,8 mm registrada pelo SIMEPAR nos dias anteriores a primeira coleta no mês de maio, causando assim a redução do pH devido as características ácidas da chuva, influenciado pela exposição da nascente que recebe grandes volumes de água pluvial local em eventos chuvosos.

SILVA (2008), reforça que a precipitação é um agente que influencia diretamente na qualidade da água, principalmente em variáveis como o pH, fato observado no Rio Purus onde nos períodos de estiagem o pH se manteve entre 6,0 e 7,0 atingindo o valor de 5,0 no com o aumento da precipitação. Alterações também detectadas por BARALKIEWICZ (2014), onde durante o período chuvoso os valores de pH do Rio Cybina caíram 0,41 em comparação aos valores usualmente encontrados.

Desta forma, pode-se constatar não existir alterações consideradas discrepantes quando confrontados com os valores especificados pela resolução com relação ao pH, não representando riscos tanto para a nascente e o córrego Arroio

Água Branca quanto para as águas do Rio Marrecas que são captadas pela Sanepar, possibilitando o enquadramento nas classes de água doce preconizados pela CONAMA 357/2005.

Assim como o pH, os valores de condutividade elétrica apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis observadas (ponto, coleta, ponto*coleta). Pelo teste de comparação de médias, é observado uma maior condutividade elétrica (126,88 $\mu\text{s/cm}$) nas águas que permeiam o lixão Água Branca quando comparado com valores encontrados nas águas da nascente e da captação da Sanepar em todos os meses amostrados (Figura 5). Os dados de condutividade são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Valores de condutividade (Média \pm DP, n = 3) e análise de variância

Mês	Condutividade ($\mu\text{s/cm}$)	Ponto	Condutividade ($\mu\text{s/cm}$)
1ª - maio	73.18 \pm 25.1 a	Nascente	100.22 \pm 26.24 a
2ª - junho	90.78 \pm 32.5 b	Lixão	126.88 \pm 13.80 b
3ª - agosto	115.52 \pm 31.9 c	Captação Sanepar	60.01 \pm 12.96 c
4ª - setembro	103.32 \pm 31.9 d		

Variável	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	Pr > F
Ponto	0.728	0.364	3884.182	< 0.0001
Mês	0.179	0.060	635.118	< 0.0001
Ponto*Mês	0.045	0.008	80.264	< 0.0001

P \leq 0,05 - indica diferença significativa.

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey com 5% de significância.

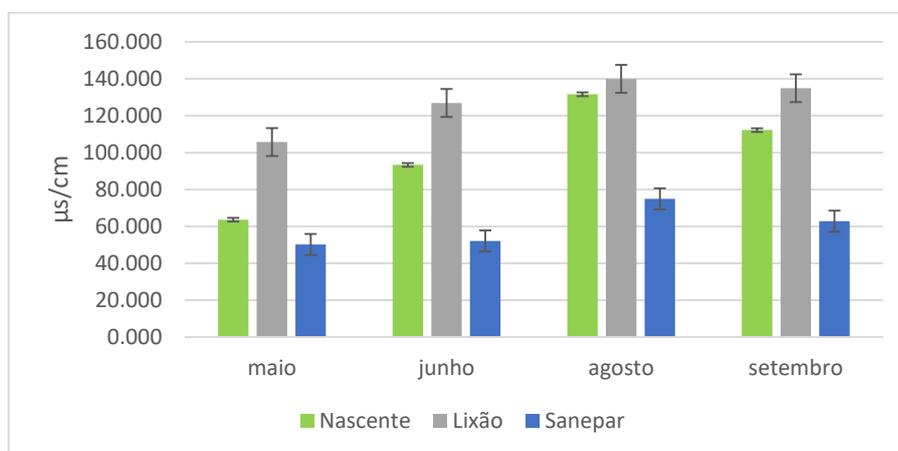


Figura 5. Comparação da condutividade elétrica nos diferentes pontos de coleta. As linhas verticais indicam o desvio padrão

Fonte: Autor

O parâmetro de condutividade elétrica não é normatizado por nenhuma legislação, não havendo assim, valores a serem confrontados.

Valores de condutividade elétrica encontrados por OLIVEIRA (2012), mostraram que no córrego Periquitos, a C_e decresceu com o distanciamento em relação ao antigo aterro controlado do município de Londrina, diminuindo de 974 para 590 e 436 $\mu\text{s}/\text{cm}$ respectivamente, em três pontos distintos. Também esses pontos foram significativamente maiores quando comparados com ponto a jusante já em outro manancial, rio Cafezal, o qual apresentou um valor de 42 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Desta forma, o autor relacionou os altos valores de C_e , como um dos fatores ligados a depuração e a mortalidade dos animais bivalves utilizados no estudo. Vale ressaltar que o aterro de Londrina foi construído na década de 70 e recebeu resíduos até a década de 90 na estrutura de lixão. A partir de então recebeu melhorias como canalização de chorume recebendo resíduos até 2010, data de seu encerramento.

SUGIRTHARAN e RAJENDRAN (2015) também relacionaram a proximidade do lixão da cidade de Batticaloa, no Sri Lanka, com o aumento da condutividade elétrica na água subterrânea. Três pontos de coleta localizados ao lado do lixão apresentaram C_e média de 1516 $\mu\text{s}/\text{cm}$ e outros três localizados a uma distância de 600 m das margens do lixão apresentaram C_e média de 312 $\mu\text{s}/\text{cm}$, indicando grande influência do lixão na qualidade da água pela alta concentração de ânions e cátions.

NASCIMENTO (2015) afirma que a condutividade elétrica está intimamente relacionada com o número de íons em solução presente no corpo hídrico, ou seja, quanto maior a condutividade, maior será a presença de íons.

Conforme PALÁEZ et al (2000), a C_e varia entre 6 e 30 $\mu\text{s}/\text{cm}$ em ambientes lóticos não contaminados. Nesse sentido, a CETESB (2010) considera valores de condutividade superiores a 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$, como indicativo de ambiente impactado

Desta forma, é nítido a presença de outros compostos inorgânicos que estão sendo desprendidos do lixão Água Branca, justificando os elevados valores de C_e quando comparados com amostras de água a montante e a jusante do ponto de coleta no lixão, sendo de grande importância a implementação de investigações futuras.

5.3 CONCENTRAÇÃO DE METAIS POR ABSORÇÃO ATÔMICA.

A concentração dos metais foi obtida por espectrofotometria de absorção atômica de chama (FAAS). As curvas de calibração são apresentadas no Anexo G.

Os resultados foram analisados com base na resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe I e II de acordo o enquadramento dos mananciais de água abordados no estudo. As análises de variância e o teste de comparação de média das concentrações dos metais são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Concentração de metais (Média \pm DP, n = 3) e análise de variância

Variável	Cromo	Cádmio	Chumbo	Cobre	Manganês
MÊS					
1ª - maio	0.593 \pm 0.36 a	0.001 \pm 0.002 a	0.523 \pm 0.13 b	0.034 \pm 0.02 a	0.091 \pm 0.088 a*
2ª - junho	0.173 \pm 0.33 b	0.001 \pm 0.002 a	0.637 \pm 0.11 a b	0.006 \pm 0.008 b	0.258 \pm 0.385 a*
3ª - agosto	0.028 \pm 0.08 b	0.001 \pm 0.002 a	0.613 \pm 0.06 a b	0.002 \pm 0.003 b	0.070 \pm 0.106 a*
4ª - setembro	0.018 \pm 0.05 b	ND a	0.666 \pm 0.13 a	ND b	0.101 \pm 0.134 a*
PONTO					
Nascente	0.271 \pm 0.094 a	0.001 \pm 0.002 a	0.579 \pm 0.164 a	0.015 \pm 0.025 a	0.364 \pm 0.250 b
Lixão	0.157 \pm 0.289 a	0.001 \pm 0.001 a	0.580 \pm 0.094 a	0.007 \pm 0.013 a	0.008 \pm 0.015 a
Captação Sanepar	0.180 \pm 0.333 a	0.001 \pm 0.002 a	0.670 \pm 0.093 a	0.009 \pm 0.012 a	0.018 \pm 0.017 a
VMP (mg/L)	0,05	0,001	0,01	0,009	0,1
Parâmetro	Variável	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	Pr > F
Cromo	Ponto	0.087	0.044	0.647	0.532
	Mês	1.959	0.653	9.672	0.000
	Ponto*Mês	0.309	0.052	0.764	0.605
Cádmio	Ponto	0.000	0.000	0.328	0.724
	Mês	0.000	0.000	0.950	0.432
	Ponto* Mês	0.000	0.000	0.395	0.875
Chumbo	Ponto	0.065	0.033	4.084	0.030
	Mês	0.102	0.034	4.259	0.015
	Ponto* Mês	0.197	0.033	4.100	0.006
Cobre	Ponto	0.000	0.000	1.876	0.175
	Mês	0.007	0.002	24.177	< 0.0001
	Ponto* Mês	0.002	0.000	2.754	0.035
Manganês*	Ponto	ND	ND	ND	< 0.0001
	Mês	ND	ND	ND	0.336
	Ponto* Mês	ND	ND	ND	ND

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey com 5% de significância.

* Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal-Wallis com 5% de significância.

Pr < 0,05 indica que o fator tem efeito significativo.

VMP – Valor Máximo Permitido previstos pela Resolução CONAMA 357 de 2005.

Concentração dos metais expressados em mg/L.

ND representam leituras não detectáveis pelo equipamento.

5.3.1 Concentração de Cromo (Cr)

Estatisticamente, foi observado não haver diferença na concentração de Cr quando avaliado os diferentes pontos de coleta, assim como a interação entre ponto e mês de coleta. Contudo, quando observado os meses de coleta, houve diferença na coleta de maio com comparada aos meses seguintes.

A concentração discrepante na coleta do mês de maio (0.593 mg/L), pode estar relacionado com o grande volume precipitado nos dias que antecederam a coleta (64,8 mm) registrado pelo SIMEPAR e IMET (Tabela 11), o que pode ter proporcionado um maior escoamento de contaminantes, principalmente na nascente a qual se encontra bastante vulnerável aos eventos ambientais. Situação semelhante ao encontrado por HAN et al (2016), onde observaram que as concentrações de alguns poluentes em áreas próximas de lixões na China, tiveram variações significativas quando comparadas a estação de seca e a estação de chuva, mostrando que devido a estação chuvosa, a chegada dos poluentes foi acelerada pelo escoamento superficial da chuva.

Tabela 11. Precipitação acumulada nos dias anteriores as coletas

Coleta	Dia - Precipitação	Acumulado (mm)
1ª - 10/05/16	06 - 31 mm; 07 - 01 mm; 08 - 19 mm; 09 -11 mm; 10 - 2,8 mm	64,8
2ª - 01/07/16	Não choveu nos dias anteriores a coleta	0,0
3ª - 15/08/16	11 - 0,0 mm; 12 - 32 mm; 13 - 0,2 mm; 14 - 0,0 mm; 15 - 0,0 mm	32,2
4ª - 30/09/16	26 - 0,0 mm; 27 - 6,8 mm; 28 - 3,1 mm; 29 - 14,5 mm; 30 - 0,0 mm	24,4

Fonte: SIMEPAR e IMET adaptado.

O alto grau de antropização na nascente, pode estar contribuindo para uma maior concentração de Cr (0,271 mg/L). A área vem sofrendo constante pressão causada pela presença de mecânicas, chapeação e pintura de veículos leves e pesados, posto de combustível, comércio de rações para animais, e pela recente instalação de uma cervejaria, a qual ocupa uma grande parcela do terreno onde encontra-se nascente, mesmo local, onde até o ano de 2012, era instalada uma empresa de beneficiamento e comércio de madeiras. Conforme WHO (2003), o Cr

está presente em pigmentos e tintas utilizadas no controle de corrosão, nos processos de cromagem de peças metálicas, bem como na conservação de madeiras.

De maneira geral, a concentração de Cr na nascente (0,271 mg/L), no lixão Água Branca (0,157 mg/L) e na captação da Sanepar (0,180 mg/L) apresentaram valores acima do permitido (0,05 mg/L) para águas de classe I e II (CONAMA 357/2005), representando nesse caso, uma contaminação generalizada de Cr.

Nesse sentido, pode-se dizer que as águas que permeiam o lixão Água Branca, estão de fato contaminadas, porém, a contribuição dessa contaminação pode estar sendo muito maior por parte da nascente do que do próprio lixão.

A grande presença de Cr na água do Rio Marrecas a qual é captada pela Sanepar, é oriunda não apenas das águas do Arroio Água Branca, mas também, dos químicos agrícolas utilizados nas lavouras inseridas dentro da bacia hidrográfica do Marrecas. SEILER e BERENDONK (2012) afirmam que a contaminação antropogênica do ambiente por metais, como o Cr, tem grande contribuição da agricultura através do uso de defensivos agrícolas, como fertilizantes, pesticidas, fungicidas, além de aditivos utilizados no trato de animais.

5.3.2 Concentração de Cádmio (Cd)

Os valores de Cd não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os pontos de coleta, assim como entre os meses em que foram coletadas. As concentrações médias observadas mantiveram-se as mesmas na nascente, no lixão e na captação da Sanepar (0,001 mg/L), ocorrendo o mesmo através dos meses que foram analisadas, com exceção da última coleta do mês de setembro, não havendo nenhum indicio de cádmio nas amostras de água analisada (Tabela 10). Os valores encontrados estão estreitamente em conformidade com os valores máximos permitidos pela CONAMA 357/2005 de 0,001 mg/L. Desta forma, pode-se dizer não haver contaminação da água pela presença de Cd nas amostras de água analisadas em questão.

5.3.3 Concentração de Chumbo (Pb)

Foi verificada diferenças significativas nas três variáveis analisadas (coleta, mês, coleta*mês), mostrando que a concentração de Pb variou entre dos pontos e entre os meses em que foram coletadas (Tabela 11). Quando observados as concentrações médias de Pb, é perceptível a forte presença do metal em todos os pontos amostrados. As concentrações observadas na nascente (0,579 mg/L), no lixão (0,580 mg/L) e na captação da sanepar (0,670 mg/L), apresentaram valores muito acima do máximo permitido para águas doces classes I e II estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, sendo a concentração máxima de Pb de fixada em 0,01 mg/L de Pb.

Com relação as concentrações observadas nos diferentes períodos de coleta, houve um aumento do mês de maio para o mês junho nos três pontos de amostragem (nascente, lixão e captação da Sanepar), fato que pode ter sido influenciado pela ausência de chuva nas semanas que antecederam a coleta de junho, reduzindo assim, o volume de água nos pontos amostrados e conseqüentemente o fator de diluição (Figura 6). Observa-se também, um aumento gradativo na concentração de Pb na nascente no decorrer do período de amostragem, o que pode ser explicado pela mudança dos locais de coleta na nascente, obrigando a migração dos trabalhos de amostragem de água sempre para pontos mais afastados do local original, e conseqüentemente mais antropizados.

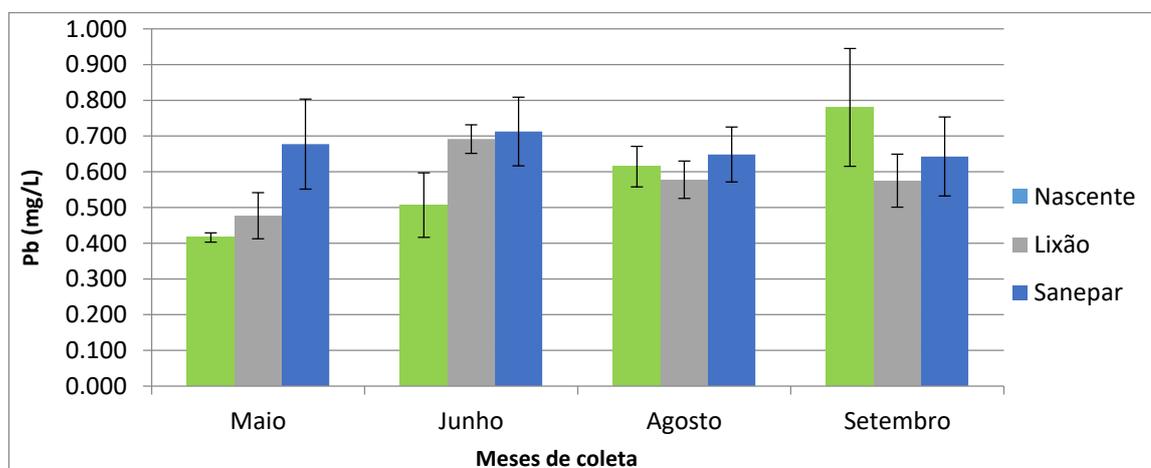


Figura 6. Concentração de Pb nos diferentes meses e pontos de coleta. As linhas verticais indicam o desvio padrão

Fonte: Autor

Considerando o grande volume de água do rio Marrecas que abriga a captação da Sanepar e seu potencial de diluição, pode-se dizer que existem outras fontes de contaminação, além da nascente e do lixão, que contribuem para a alta concentração de Pb nas águas do Rio Marrecas (Figura 6).

As concentrações de Pb na nascente, podem estar relacionadas com a existência de quatro mecânicas pesada de caminhões e um posto de combustível, que supostamente podem estar realizando o descarte ou o armazenamento para a reciclagem de baterias inadequadamente. Tais ações podem acarretar na contaminação do solo e conseqüentemente das águas pluviais que chegam superficialmente ou através da infiltração, lixiviando contaminantes como o Pb até o ponto mais baixo do terreno onde aflora a nascente. FUJIMORI et al (2016), afirma que dentre as várias fontes de contaminação de Pb, as baterias estão associadas como a principal fonte de contaminação quando expostas ao ambiente.

A forte presença de fábrica de baterias na região sudoeste do Paraná, também é um fator que pode ter contribuição, não apenas na contaminação dos pontos amostrados, mas também de toda a região, através das emissões atmosféricas oriundas do beneficiamento do chumbo. FORTUNATO (2009), defende que o chumbo é encontrado na atmosfera sob a forma de particulado, podendo ser transportado a longas distâncias, bem como se depositar na superfície pela deposição seca ou úmida. Ainda conforme o autor, uma vez depositado na água, o Pb sofre influência dos sais dissolvidos e agentes complexantes orgânicos, que definem a sua permanência na fase aquosa ou como precipitado, fato que pode ser relacionado com a elevada Ce nas águas do lixão.

A contaminação por Pb na área do lixão Água Branca (0.580 mg/L), pode ser justificada pelo escoamento das águas contaminadas da nascente, bem como, pela grande quantidade de plásticos encontrada durante os trabalhos de composição gravimétrica (39,9 %). Utilizado como estabilizadores contra calor e luz, bem como na pintura, o chumbo ainda é muito utilizado na indústria do plástico. Mesmo sua utilização sendo regulado por alguns países, o controle é comprometido pela reciclagem do material. Nesse sentido, muitos países têm restringido a utilização de Pb em materiais, estabelecendo valores máximos como no caso dos Estados Unidos 600 (ppm) e da Nova Zelândia (500 ppm) segundo NAGASHIMA et al (2009).

Mesmo regulando as concentrações de Pb em plásticos nos Estados Unidos, GREENWAY E GERSTENBERGER (2010), verificaram em 29 de 535 brinquedos utilizados por de crianças em creches de Las Vegas, valores acima de 600 ppm de Pb, mostrando a problemática do chumbo ainda é algo a ser trabalhado pela indústria do plástico. A norma Brasileira NBR 11786 de 1998, especifica as concentrações de máximas permitidas em utensílios para crianças, limitando a concentração máxima de Pb em 90 ppm, valores ainda menores se comparado com os EUA e a Nova Zelândia.

Desta forma, avaliando a concentração de Pb observada nas águas do córrego Arroio Água Branca e a quantidade de material plástico encontrada no lixão, é nítida a contribuição do lixão com contaminação das águas por Pb. Deve-se levar em consideração que a deposição no lixão de resíduos plástico perdurou durante toda a década de 90, quando não existiam mecanismos regulatórios bem definidos com relação aos constituintes dos materiais, como o plástico, os quais também eram mais rígidos e duráveis não existindo as tecnologias atuais de biodegradabilidade.

5.3.4 Concentração de Cobre (Cu)

Através da análise de variância foi verificado haver diferença estatística quando a avaliando os diferentes pontos de coleta, diferindo também nos meses em que foram coletadas, principalmente no mês de maio onde a concentração média dos pontos atingiu 0,034 mg/L de Cu, valor acima do máximo permitido pelo CONAMA 357/2005 sendo de 0,009 mg/L de Cu. Assim, como a concentração Cr, o valor observado na nascente para o Cu foi superior em relação ao lixão e a captação da Sanepar, indicando também contaminação que pode ser relacionada com a mudança dos pontos de coleta e o grau de antropização local.

FORTUNATO (2009), observa que fontes antrópicas são umas das principais causas da presença do cobre no ambiente, variando conforme o emprego do metal, como por exemplo, na indústria automobilista em radiadores, carburadores, em circuitos elétricos. Também, outra importante fonte de contaminação por cobre é através da nutrição animal, onde o cobre é utilizado em dietas para animais de corte.

Nesse sentido, vale ressaltar que a nascente abriga uma das maiores empresas fornecedoras de ração animal da região, podendo estar relacionada com a presença de Cu na nascente através do manejo incorreto dos resíduos.

SCHIMIDT (2005), observou uma exigência de 8,5 ppm de Cu proveniente de

sulfato de cobre para suplementação de frangos de corte, mostrando a grande presença do metal na nutrição desses animais. A região sudoeste do Paraná é umas das grandes produtoras de carne de frango, representando umas das mais importantes atividades econômicas englobando a produção e comercialização de rações animais.

A precipitação de 64,8 mm ocorrida na semana que antecedeu a coleta de maio, pode estar intimamente relacionada com uma maior concentração de Cu nesse período de amostragem, carregando contaminantes presentes no solo para a região da nascente.

5.3.5 Concentração de Manganês (Mn)

Observando a análise de variância (Tabela 10), apenas o ponto de coleta apresentou diferença estatística significativa, não havendo diferença quando avaliado a época em que as amostras foram coletadas.

A concentração de Mn nascente (0,364 mg/L), seguiu a tendência dos outros metais (Cr e Cu) apresentando concentrações mais elevadas quando comparadas com o lixão e a captação da Sanepar. A resolução CONAMA estabelece um valor máximo permitido de 0,1 mg/L de Mn, representando assim contaminação na nascente pelo metal em questão, o que pode também ter ocorrido pela constante mudança nos pontos de amostragem da nascente.

Outro fator que pode ter contribuído para uma maior concentração de Mn na nascente, foi o aterramento e drenagem da mesma com blocos de basalto retirados de uma área adjacente ao ponto de coleta durante a etapa de terraplanagem para a construção de uma cervejaria (Anexo C). Fato que ocorreu no mês junho, o que coincidiu com uma maior concentração de Mn nesse mês (Tabela 10).

GONÇALVES et al (2011), observaram que a disponibilidade Fe de Mn em solos de origem basáltica foi superior quando comparado com solos oriundos de sedimento de arenito e granito.

Assim, as concentrações observadas no lixão (0,008 mg/L) e na captação da sanepar (0,018 mg/L) estão dentro dos valores preconizados pela resolução CONAMA (0,1 mg/L), fato não observado na nascente, que apresentou contaminação por Mn acima do permitido.

5.4 Considerações gerais

De modo geral, a concentração de Cr, Cu e Mn foram superiores na nascente. Para o Pb, a captação da Sanepar apresentou a maior concentração, sendo o lixão o ponto em que menos apresentou concentrações de metais elevadas em comparação aos pontos nascente e captação da Sanepar, exceto para os valores de condutividade (Figura 7).

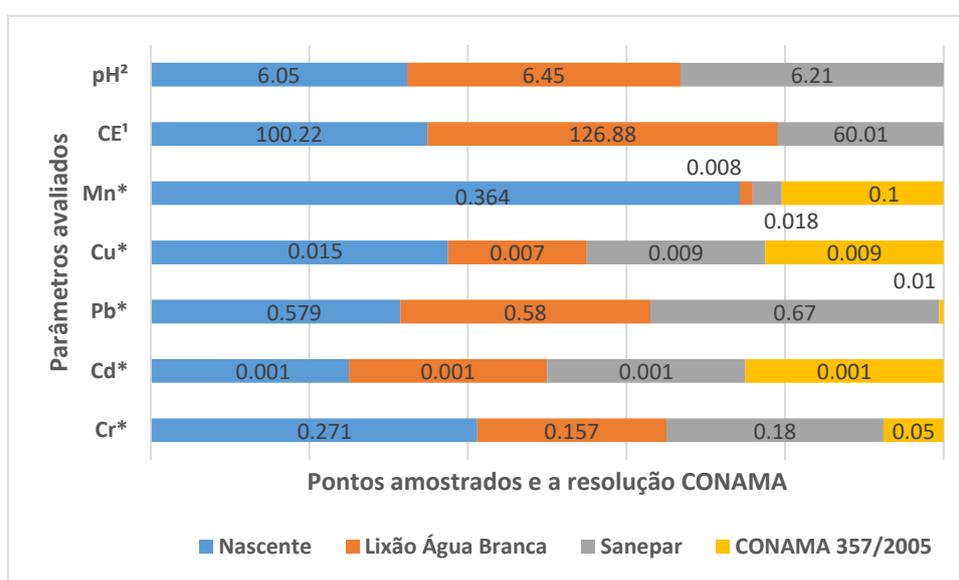


Figura 7. Resultados obtidos nos estudos. *Valores expressos em mg/L. ¹Valores expressos em $\mu\text{s}/\text{cm}$. ²pH 6 a 9 considerado para águas de Classe I e II

Fonte: Autor

Relacionando os valores de pH com a concentração dos metais, não foram observadas leituras de pH ácido a ponto de proporcionar a solubilização de metais.

No lixão, onde se espera valores mais baixos de pH, foi observado um valor médio tendendo ainda mais à neutralidade (6,45), quando comparado com o pH da nascente (6,05) e com águas captadas pela Sanepar (6,21). FERREIRA (2010), afirma que em lixiviados com o pH ácido, podem ocorrer concentrações mais elevadas de alguns metais, contudo, em lixiviados oriundo de áreas com resíduos aterrados há mais de 2 anos não se costuma observar valores baixos de pH, principalmente por se encontrarem na fase metanogênica ou em transição para a maturação final.

Nesse sentido, THEISEN (2003), também observa que os valores baixos de metais pesados podem ser justificados pelo fato de poucos metais serem solúveis em pH neutros.

De acordo com EPA (2015), se tratando de interferências em análises utilizando a técnica de FAAS, solventes, reagentes, vidrarias e outros utensílios podem provocar interferências, devendo demonstrar estarem livres de interferências sobre condições de análise através da utilização de amostras em branco.

Nesse sentido, todos os recipientes plásticos utilizados foram esterilizados antes de serem utilizados por meio de uma solução de HNO_3 .

Com relação ao tipo de gás utilizado para a produção da chama, a AGILIENTE TECHNOLOGY (2015), constata que algumas interferências podem ser observadas ao utilizar o ar-acetileno como combustível para produção da chama, quando analisadas amostras com excesso de ferro, cobre e cálcio, podendo carregar na interferências e supressão de resultados. Nesse caso, a utilização óxido nitroso de acetileno pode minimizar a ionização de metais.

Conforme especificações no manual do equipamento utilizado (GBC AVANTA), o espectrômetro é equipado com queimador de ar-acetileno, sendo que para o óxido nitroso acetileno, o queimador é tido como um acessório.

De maneira geral, os resultados poderiam ser melhor avaliados aumentando-se o número de amostras em busca de uma maior precisão. Contudo, investigações futuras tornam-se necessárias para o melhor entendimento com relação alta concentração de metais na nascente, bem como a origem dos altos valores de condutividade elétrica nas águas do lixão. Desta maneira, os resultados obtidos estão abertos a contribuir para melhores planejamentos de âmbito ambiental, através da adoção de medidas de prevenção quanto a contaminação de corpos hídricos.

6 CONCLUSÃO

Na determinação composição gravimétrica, a representatividade dos resíduos foi na seguinte ordem decrescente: plásticos, metais, outros, borracha, vidro e tecido. Ressaltando que na categoria outros foram incluídos materiais como folhas, terra e raízes. A predominância de materiais plásticos, pode estar relacionado com a alta concentração de Pb nas águas as margens do lixão Água Branca.

A concentração dos metais nas amostras de água dos pontos analisados, seguiram a seguinte ordem: nascente > captação da Sanepar > lixão Água Branca, concluindo desta forma, uma menor presença dos metais analisados no lixão, sendo a nascente, o local com maior contaminação devido ao alto grau de antropização.

Os metais Pb e Cr apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido pela legislação em todos os pontos de coleta, significando a contaminação das águas por esses metais. No caso do Mn e do Cu, os valores obtidos indicam contaminação na nascente, não ocorrendo nos outros locais analisados.

Com relação as diferentes épocas, houve um decréscimo na concentração de Cr e de Cu no decorrer das coletas, não ocorrendo o mesmo com o Pb e o Mn, que tiveram suas concentrações acrescidas e osciladas respectivamente, com o passar dos meses de amostragem. Essas variações foram causadas por eventos pluviométricos, exposição ambiental local, aumento da pressão antrópica, mudança de pontos de amostragem ou por eventos desconhecidos não investigados durante os trabalhos.

As leituras de pH mostraram-se em conformidade com a CONAMA 357/2005, estando dentro do intervalo estipulado de 6 a 9. No lixão Água Branca, o valor médio de pH (6,45) justifica a menor concentração de metais, estando relacionando com a baixa solubilidade destes em pH neutro.

Contudo, valores de condutividade elétrica foram superiores nas águas que permeiam o lixão Água Branca em todos os períodos amostrados, indicando desta forma, a forte presença de alguns outros inorgânicos, que não estes abordados no estudo. Assim, não se pode afirmar que o lixão Água Branca se encontra estável com relação a poluentes.

O livre acesso e a grandiosa receptividade por parte do morador, Sr. J. S, foram cruciais para a execução e concretização deste trabalho.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 10004/2004. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. 2004.

ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. 2014

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) **Toxicological Profile for Chromium**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service (2003)

BOAVENTURA, Edivaldo M. **Metodologia da pesquisa**: monografia, dissertação, tese. São Paulo: Atlas, 2004, 160p.

BASSANI, P. D. **Caracterização de resíduos sólidos de coleta seletiva em condomínios residenciais – Estudo de caso em Vitória-ES**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santos. Vitória – ES. 189 pag. 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 18 de maio de 2012**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2012.

BARAŁKIEWICZ, D. et al. **Storm water contamination and its effect on the quality of urban surface waters**. Environment Monitoring Assess 186. pag 6789–6803, 2014.

RESOLUÇÃO CONAMA 257 DE 17 DE MARÇO DE 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. 2005.

CANDIOTTO, Luciano, Z. P.; RIGO, Vilmar. **Trajetória da destinação de resíduos sólidos no município de Francisco Beltrão/PR a partir da década de 1970**. Revista Formação, n.22, v.2. p. 212-233, 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB (2010). **Variáveis da qualidade da água**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-de-qualidade-das-aguas>. Acesso em: 07 de janeiro de 2017.

CAVALETT, Luiz, H. **Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos**. Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. vol. 8 n. 3 Taubaté – Sep/Dec. 2013.

CETESB: São Paulo; ANA, Brasília, Organizadores: Carlos Jesus Brandão; et al., **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, 2011.

CHRISTENSEN, Thomas, H. **Biogeochemistry of landfill leachate plume**. Applied Geochemistry 16, p. 659-718, 2001.

EL-FADEL, Mutasen, FINDIKAKIS, Angelos N. LECKIE, James, O. **Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling** Journal of Environmental Management 50, pág. 1–25, 1997.

AKIKO, L. N. et al. **Avaliação dos níveis de metais pesados em efluente líquido percolado do aterro sanitário de Paranaíba**. Acta Scientiarum. Health Sciences Vol 31. 2009.

FERREIRA, A, G. **Estudo dos lixivados das frações do aterro sanitário de São Carlos –SP por meio da caracterização físico-química**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 152p, 2010.

FORTUNATO, M. J. **Comportamento dos íons de chumbo, cobre, níquel e zinco em áreas de manguezal associado a antigo lixão no município de Santos – SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP. 2009.

GREENWAY, J; GERSTENBERGER, S. **An Evaluation of Lead Contamination in Plastic Toys Collected from Day Care Centers in the Las Vegas Valley, Nevada, USA**. Bull Environment Contamination Toxicology, 2010.

TAKASHI, F. et al. **Lead contamination in surface soil on roads from used lead-acid battery recycling in Dong Mai, Northern Vietnam**. Material Cycles Waste Manage, 2016.

HABITZREUTER, Milena. T. **Análise da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) da região de Santa Maria, pré e pós-triagem.** 2008. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2008.

HAN, Zhiyong et al. **A review of groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in China.** State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Biogas Institute of Ministry of Agriculture, China. Science of the Total Environment, pages 1255-1264, pdf. 2016.

GOYER, R. A. **Toxic effects of metals.** Cassarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. New York: McGraw-Hill Publisher; pp. 811–867. 2001.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** 2000.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** 2015.

JÄRUP, L. **Hazards of heavy metal contamination.** Department of Epidemiology and Public Health, Imperial College, British Medical Bulletin, vol 68, pag 167–182, 2003.

KANMANI, S. GANDHIMATHI, R. **Investigation of physicochemical characteristics and heavy metal distribution profile in groundwater system around the open dump site.** Applied Water Science, vol.3 (2), pp.387-399, 2013.

KASHIF, S, R, et al. **Studies on heavy metals status and their uptake by vegetables in adjoining areas of Hudhara drain in Lahore.** Soil & Environment. vol 28, pag. 7-12, 2009.

MEE, Laurence, D.; TOPPING, Graham. **Black Sea pollution assessment.** GEF Black Sea Environment Programme. v.10, 1998.

MELO, G, M, P; MELO, V, P; MELO, W, J. **Metais pesados no ambiente decorrente da aplicação de lodo de esgoto em solo agrícola.** Ministério do Meio Ambiente. Portaria Conama, 2004.

MATTEI, G, et al. **COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS ATERRADOS.** Revista engenharia sanitária e ambiental, Vol.12 - Nº 3 - jul/set, pag 247-251, pdf. 2007

Norma Brasileira para Segurança de Brinquedos - NBR 11.786 de 1998.

PALÁEZ, R, M.; PERET, A.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. **Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção de vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu.** *Ecotoxicologia – Perspectivas para o Século XXI.* São Carlos: Editora Rima. p. 95-114. 2000

MELO, V.L.A., JUCÁ, J.F.T. **Estudos de referência para diagnóstico ambiental em aterros de resíduos sólidos.** In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre. 2000.

NASCIMENTO, B, L, M, et al. **Comportamento e avaliação de metais potencialmente tóxicos (Cu (II), Cr (III), Pb(II) e Fe(III)) em águas superficiais dos Riachos Capivara e Bacuri Imperatriz - MA.** (2015) Brasil.

OLIVEIRA, Fernando, J, S; JUCÁ, José, F, T. **Heavy metals accumulation and soil impermeabilization capacity directly below of a municipal solid waste landfill.** *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental.* Vol. 9. Nº 3. Pág. 211-217. jul/set, 2004.

OLIVEIRA, Fernanda, L. **Toxicidade de Chorume de Aterro Domestico: Avaliação Por meio de Biomarcadores em Bivalves.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Maringá. 111 pag. 2012.

TCHOUNWOU, P, B, et al. Heavy Metals Toxicity and the Environment. National Institute of Science. **Edition 101, pag 133–164, pdf. 2012.**

PEDROSO, M.F.; LIMA, I.V. **Ecotoxicologia do cobre e seus compostos.** *Cadernos de Referência Ambiental,* vol. 2. Pag 127. Centro de Recursos Ambientais (BA), 2001.

PAKNIKAR, K.M; PETHKAR, A,V; PURANIK, P.R. **Bioremediation of metalliferous Wastes and products using Inactivated Microbial Biomass.** *Indian Journal of Biotechnology.* vol 2, pag. 426-443, 2003.

QUINN, GERRY P. KEOUGH, MICHAEL J. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists.** Cambridge University Press. p. 158-160, 2002.

SILVA, Leila; GUIMARÃES, Elisete; TOMAZZONI, C. Julio. Características físicas e químicas como indicadores de qualidade do solo na bacia do rio catorze. XVII Seminário de iniciação científica e tecnológica da UTFPR, 2012.

SUGIRTHARAN, M; RAJENDRAN, M. **Ground Water Quality Near Municipal Solid Waste Dumping Site At Thirupperumthurai, Batticaloa.** The Journal of Agricultural Sciences, vol.10, no1. 2015,

SILVA, A. E P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. **Acta Amazônica**, v. 38, p. 733-742, 2008.

SILVEIRA, A.M.M. **Estudo do Peso Específico dos Resíduos Sólidos Urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Departamento de Engenharia Civil, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 112p, 2004.

SISSINO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. **Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil.** **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, n. 12, p. 515-523, 1996.

SEILER, C; BERENDONK, T, U. Heavy metal driven co-selection of antibiotic resistance in soil and water bodies impacted by agriculture and aquaculture. **Institute of Hydrobiology, Technische Universität Dresden, Dresden, Germany. 2012.**

PALANIVEL, T. M.; SULAIMAN, H. **Generation and Composition of Municipal Solid Waste (MSW) in Muscat, Sultanate of Oman.** ICESD 2014. Singapore. pag 96-102, 2014.

RECICLANIP. **Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis.** O ciclo de vida sustentável do pneu, 2015.

ABIPELT. **9º Censo da Reciclagem de Pet do Brasil.** Associação Brasileira de indústrias do pet, 2012.

HUSSAIN, Z.; ISLAM, M. **Leaching of Heavy Metals from Contaminated Soils using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) and Atomic Absorption Spectrometer (AAS).** Journal of Scientific Research, Vol. 40. n. 2. Pakistan, 2010.

USEPA. United State Environmental Protection Agency. **Determination of trace elements in drinking water by axially viewed inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry.** Method 200.5 EPA/600/R-06/115. Revision 4.2, 2003.

United States Consumer Product Safety Commission. Interim enforcement policy for children's metal jewelry containing lead — 2/3/2005; 2005b. Disponível em :<http://www.cpsc.gov/BUSINFO/pbjewelgd.pdf>. Acesso em: 02 de janeiro de 2017.

ZEITOUNI, C.F. **Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um latossolo vermelho amarelo distrófico.** 2003. 91 f. Dissertação (Programa de pós-graduação em Agricultura Tropical), Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2003.

WHO. Cadmium. Environmental Health Criteria. Geneva: **World Health Organization**, 2010.

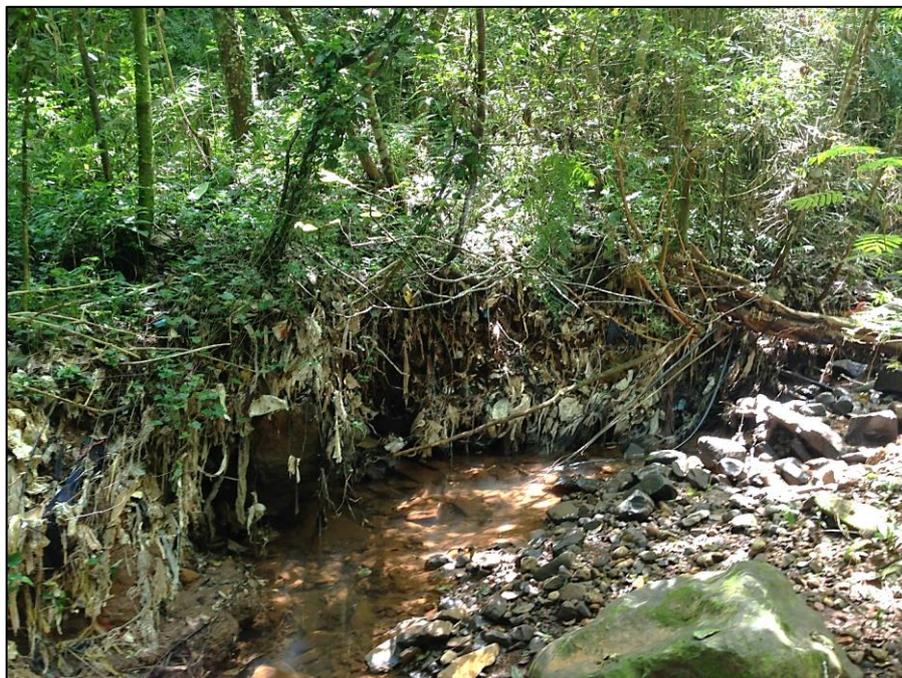
WHO. Copper. Environmental Health Criteria. Geneva: **World Health Organization**, 1998.

WHO. Lead. Environmental Health Criteria. Geneva: **World Health Organization**, 2011.

WHO. Manganese. Environmental Health Criteria. **World Health Organization**, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2011.

ZIADAT, A, H. Mott, H. **Assessing solid waste recycling opportunities for closed campuses.** Management Environmental Quality v.16, pág. 250–256, 20

8 ANEXOS



8.1 ANEXO A – Massa de resíduo sólido do lixão as margens do córrego Arroio Água Branca



8.2 Anexo B. Pontos de amostragem de água. A – Nascente. B – Córrego Arroio Água Branca. C – Captação de água da Sanepar.



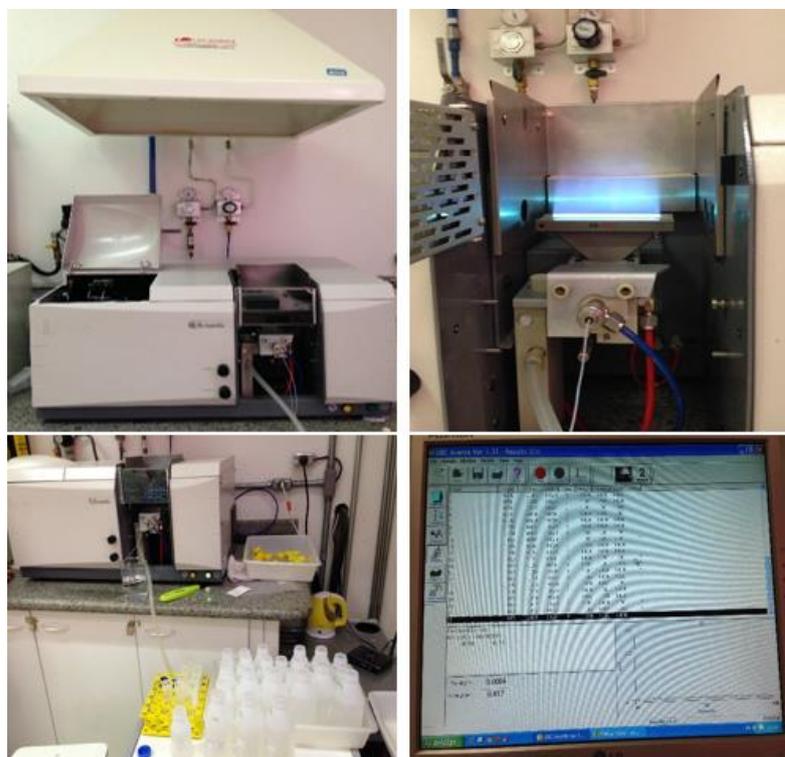
8.3 ANEXO C. Migração dos pontos de amostragem na nascente.



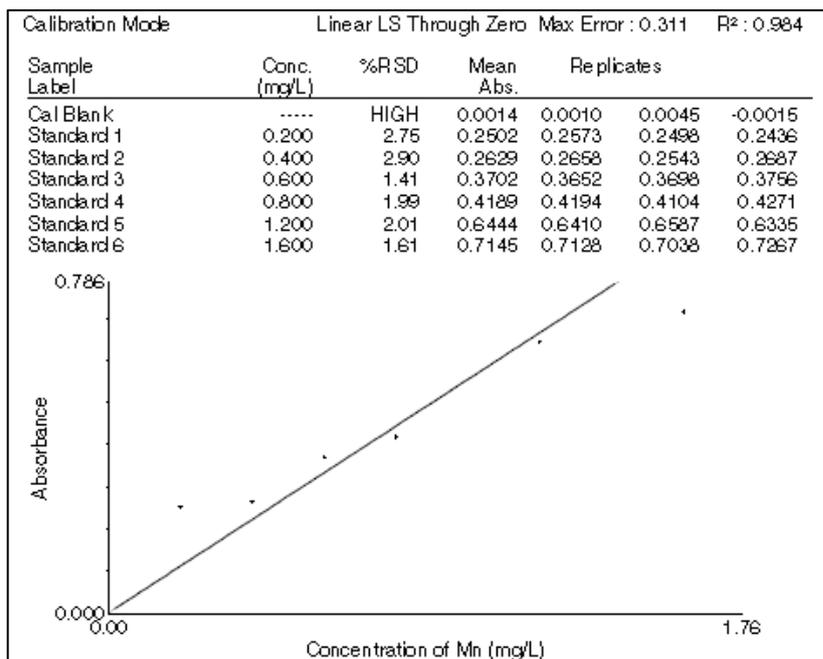
8.4 ANEXO D. Etapas do processo de composição gravimétrica



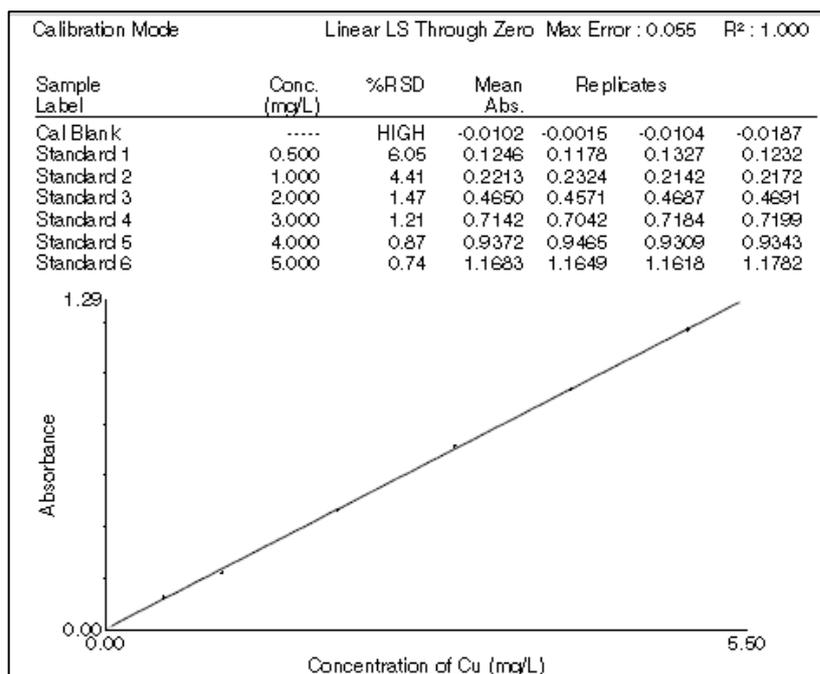
8.5 ANEXO E. Amostragem de água



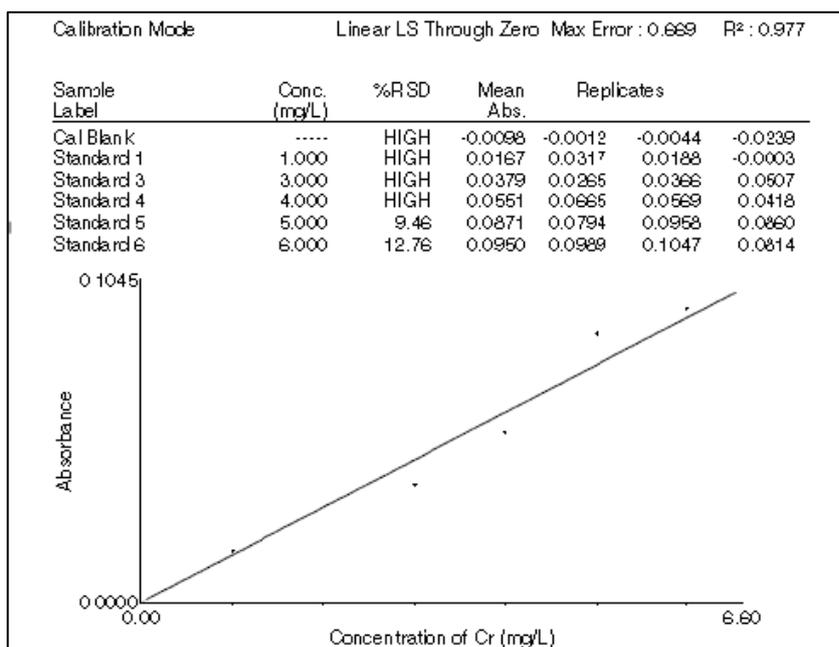
8.6 ANEXO F. Espectrometria de absorção atômica de chama



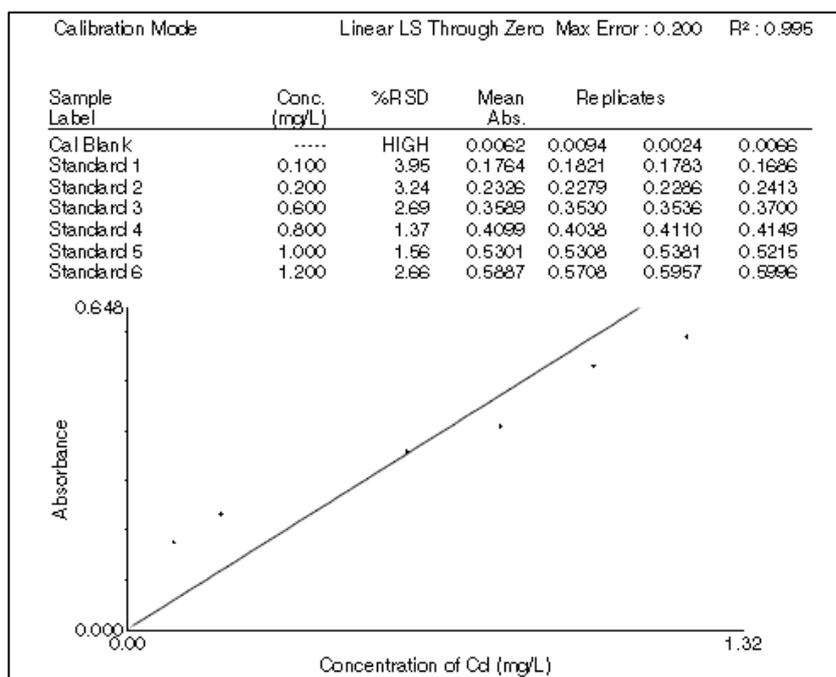
8.7 ANEXO G. Curva de calibração do manganês.



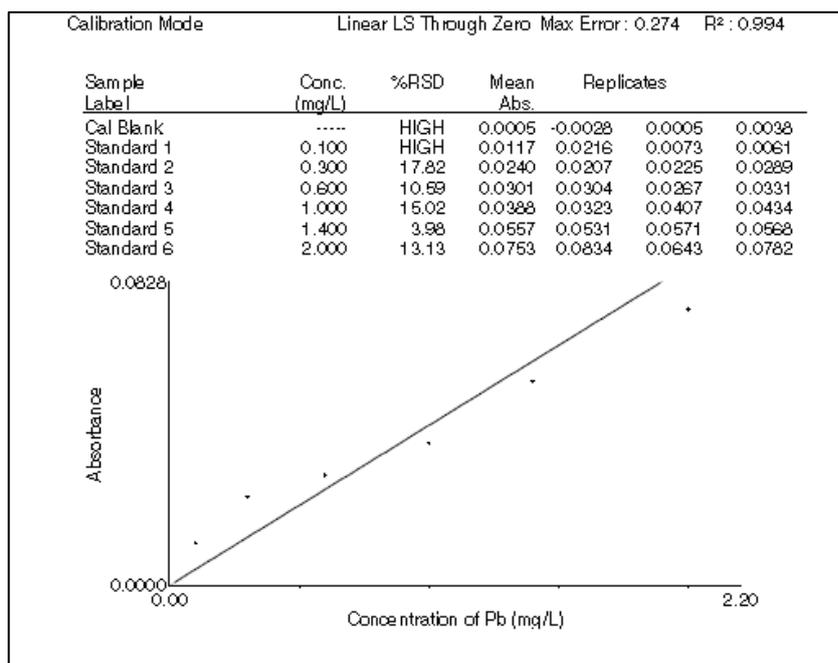
8.8 ANEXO G. Curva de calibração do cobre.



8.9 ANEXO G. Curva de calibração do cromo.



8.10 ANEXO G. Curva de calibração do cádmio.



8.11 ANEXO G. Curva de calibração do chumbo.