

I-054 - AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR METAIS TÓXICOS EM MANANCIAIS SITUADOS EM ÁREAS DE DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Valdenira Carlos da Silva⁽¹⁾

Graduanda do Curso de Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará- IFCE, Campus-Iguatu.

Janmille da Silva Aragão⁽²⁾

Mestre em Química pela Universidade Federal do Ceará. Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará- IFCE, Campus Quixadá

Rubens Carius Castro⁽³⁾

Engenheiro de Alimentos. Analista de laboratório da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial -NUTEC

Maria Aparecida Liberato Milhome⁽⁴⁾

Doutora em Engenharia Civil, Área de Concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará- IFCE, Campus-Limoeiro do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Rodovia Iguatu / Várzea Alegre, km 05, s/n, Vila Cajazeiras, CEP 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil. Tel: (88) 3582-1000. e-mail: valdeniracarlos88@gmail.com

RESUMO

A poluição dos mananciais na área urbana ocorre de vários modos, principalmente devido a ações antrópicas. A disposição inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos-RSU, na forma de “lixões” tem sido preocupante, devido a possibilidade de contaminação do solo e mananciais. A Lei 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS contém instrumentos importantes para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. O crescimento populacional tem gerado aumento da produção de resíduos sólidos nas cidades. O descarte de RSU em locais inapropriados tem tornado a população cada vez mais vulnerável à contaminação por metais pesados. O município de Iguatu, no Ceará, nos últimos anos, vem sofrendo processo de urbanização, aumentando a produção de RSU. No entanto, a região não dispõe de tratamento adequado para esses resíduos. O presente trabalho tem como objetivo ampliar a discussão acerca da poluição ambiental proveniente dos metais pesados com base na análise de amostras de água dos mananciais susceptíveis a contaminação situada desse município. A amostragem de águas superficiais nas proximidades do “lixão” da cidade de Iguatu/CE, foi realizada em dois períodos, a primeira no mês de novembro de 2016 e a segunda em janeiro de 2017 em quatro pontos distintos e feito a quantificação dos metais Cádmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Cromo (Cr) e Zinco (Zn) realizada por Espectrofotometria de Emissão Ótica com Plasma Acoplado Indutivamente ICP-OES da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará – NUTEC. Os resultados mostraram a presença dos metais pesados (Fe, Mn e Zn) com concentrações acima do VMP pela Resolução CONAMA 357/2005. Para os elementos Ni, Cd e Co, a média das suas concentrações nos quatro pontos de coletas ficou dentro do limite em todos os pontos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos urbanos, metais pesados, Água.

INTRODUÇÃO

A disposição inadequada de resíduos sólidos tem gerado ao longo dos anos grandes impactos ao meio ambiente. A poluição dos mananciais na área urbana ocorre de vários modos, principalmente devido a ações antrópicas. Nesse contexto, a disposição inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos-RSU, na forma de “lixões” tem sido preocupante, devido a possibilidade de contaminação do solo e mananciais [1-2].

A Lei 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS contém instrumentos importantes para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. A PNRS prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como

proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado). Em seu artigo 54 afirma “a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos [...] deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos a partir de 2 de agosto de 2014 após a data de publicação desta lei.” O prazo foi prorrogado para 2018 para as regiões metropolitanas e capitais, 2020 para municípios de 50 a 100 mil habitantes, e para 2021 os municípios com população inferior a 50 mil habitantes [3].

O crescimento populacional tem gerado aumento da produção de resíduos sólidos nas cidades. O descarte de RSU em locais inapropriados tem tornado a população cada vez mais vulnerável à contaminação. Os metais são elementos que estão presentes no meio ambiente de forma natural e/ou antropogênica. Alguns podem ser classificados como essenciais ao organismo, tais como cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, zinco [4]. No entanto, a presença dos metais pesados em estudo Cádmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Ferro, Manganês, Níquel, Cromo e Zinco por serem bioacumulativos podem causar efeitos tóxicos e vários efeitos à saúde. Os efeitos tóxicos dos metais dependem do grau de exposição aos mesmos. Metais como mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, manganês e zinco podem causar danos no sistema nervoso central, no sistema hepático, renal e no sistema esquelético. O manganês é essencial, porém, em excesso está associado à doenças neurológicas e transtornos comportamentais. Altos níveis de cobre causam sintomas gastrointestinais, como diarreia, dor abdominal e náusea [5].

A disposição inadequada de RSU vem aumentando os níveis de metais pesados no ecossistema aquático natural [6]. Os impactos na saúde causados pela contaminação de metais em água tem sido um fator preocupante. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece os padrões de enquadramento dos corpos hídricos e inclui o limite padrões de lançamentos de efluentes [7]. Diversos trabalhos têm citado a contaminação de metais tóxicos em mananciais [8,9,10,11].

Sabiá et al.[11] estudaram a influência do chorume gerado no “lixão” do município de Juazeiro do Norte-CE na qualidade dos corpos hídricos que estão presentes na Bacia Hidrográfica do rio Salgado. Os autores encontraram nesse estudo, os metais Cádmio, Prata e Níquel em mananciais da bacia do Rio Salgado em todos os pontos de coleta em concentrações acima dos limites permitidos pelas Resoluções CONAMA 357 e 430.

O município de Iguatu, no Ceará, nos últimos anos, vem sofrendo processo de urbanização, aumentando a produção de RSU. No entanto, a região não dispõe de tratamento adequado para esses resíduos. Ao longo de quase 30 anos o “lixão” tem sido instaurado próximo a BR-404 causando impactos à saúde da população e ao meio ambiente. O presente trabalho tem como objetivo ampliar a discussão acerca da poluição ambiental proveniente dos metais pesados com base na análise de amostras de água dos mananciais susceptíveis a contaminação situada no município de Iguatu-CE. Os resultados foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 buscando avaliar os impactos causados a população e as consequências que o descarte inadequado de RSU provoca no meio ambiente e a saúde humana.

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Local de estudo

O município de Iguatu está localizado na Região Centro-Sul do estado do Ceará a uma latitude 06°21'34" Sul e a uma longitude 39°17'55" Oeste, possuindo uma área de 1.029,002 km² e população média de 102.614 mil habitantes. Ao longo das décadas de 1960, 70 e 80, foi um importante centro produtor de algodão, chegando a cravar sucessivos recordes nacionais de produtividade da fibra. Hoje, as indústrias moveleiras, de calçados e de serviços são os condutores da economia da cidade. Possui a caatinga arbustiva como vegetação predominante e os solos são podzólicos, litólicos, solos aluviais e vertissolos (IBGE, 2017)[12].

O bairro Chapadinha situa-se a 6,0 km de distância do centro da cidade de Iguatu- CE, onde está localizado o lixão que funciona por quase três décadas. De acordo com o demográfico de 2016 o bairro possui uma população média de 919 habitantes (IBGE, 2017) [12]. A região apresenta em torno do lixão um vasto lençol freático com açudes, riachos e lagoas ao seu redor. Instalado desde 1989 o “lixão” fica próximo a Rodovia CE-

282, BR-404 no Bairro Chapadinha. Segundo dados do IBGE as principais fontes de água da cidade de Iguatu fazem parte da bacia do Alto Jaguaribe os rios: Jaguaribe e Trussu; riachos Carnaúba, Antônio, da Serra e outros tantos. A pluviosidade no município é de 1079 milímetros anuais, com chuvas concentradas de janeiro a maio.

2.2. Coleta de amostra e análise de metais

A amostragem de águas superficiais nas proximidades do “lixão” da cidade de Iguatu/CE, foi realizada em dois períodos, a primeira no mês de novembro de 2016 e a segunda em janeiro de 2017 em quatro pontos distintos (Figura 1). As amostras foram coletadas em garrafas de polipropileno, previamente higienizadas e, em seguida foram transportadas para o laboratório de química do IFCE – Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará campus Iguatu, onde passaram por um processo de acidificação com ácido nítrico (HNO_3). Com o auxílio de uma pipeta volumétrica foram adicionados 2,20 mL de HNO_3 em 100 mL de amostra de água, e em seguida foram identificadas e armazenadas sob refrigeração para análise de metais.



Figura 1- Localização do “lixão” e pontos de coleta de água (P1, P2, P3 e P4) no município de Iguatu-CE. Fonte: Google Earth (2017)

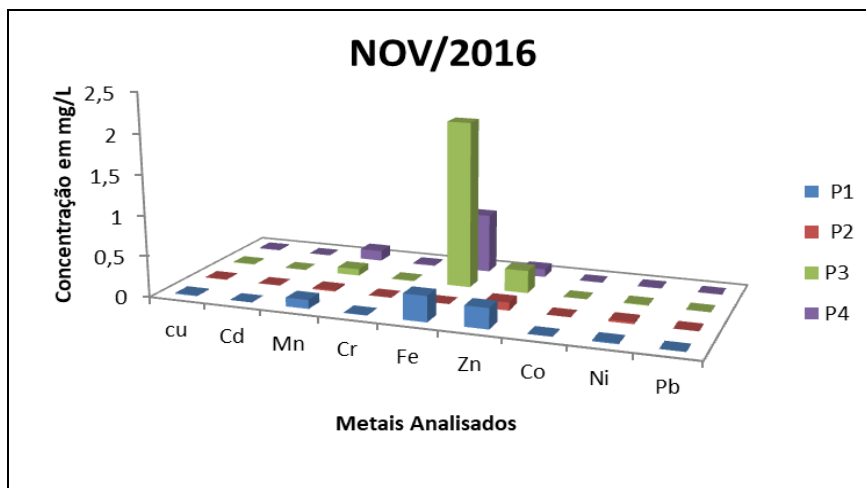
A quantificação dos metais Cádmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Cromo (Cr) e Zinco (Zn) foi realizada por Espectrofotometria de Emissão Ótica com Plasma Acoplado Indutivamente ICP-OES (modelo ICAP 6000 series, marca Thermo Scientific) da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará – NUTEC. A configuração da tocha foi axial, que possui maior eficiência e limites de detecção (LD), de 3-20 vezes melhores que plasma com visão radial. A análise dos resultados foi realizada usando software Iteva Control Center.

Soluções padrões contendo os metais na faixa de concentração de $0,015\text{-}5\text{ mg.L}^{-1}$ e $0,15\text{-}15\text{ mg.L}^{-1}$ foram utilizadas para as curvas de calibrações. Os limites de detecção e quantificação foram (L.D) $0,005\text{ mg.L}^{-1}$ para os elementos Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, e para o Pb (L.D) $0,05\text{ mg.L}^{-1}$.

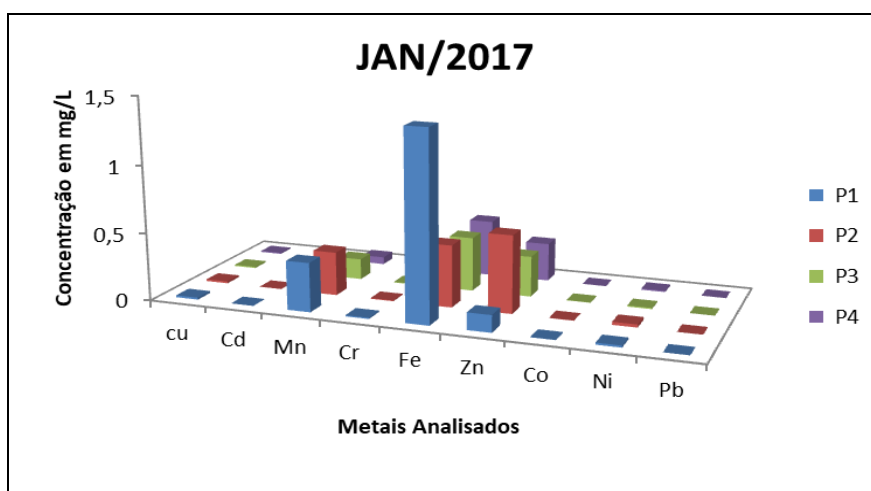
RESULTADOS

Dentre os nove metais pesados analisados nesse estudo, três (Mn, Zn e Fe) se destacaram com maiores níveis nas amostras de água de mananciais situados nas proximidades do lixão de Iguatu-Ce. A Figura 1 mostra as concentrações verificadas para os elementos analisados nas coletas de Nov/2016 e Jan/2017.

Para o Mn foram verificados mínimo de $0,0555 \text{ mg.L}^{-1}$ e máximo de $0,3649 \text{ mg.L}^{-1}$. A concentração de Zn variou entre $0,1001 \text{ mg.L}^{-1}$ - $0,5772 \text{ mg.L}^{-1}$ nas duas coletas. Maiores níveis de metais foram encontrados para o Ferro, alcançando concentração máxima de $2,067 \text{ mg.L}^{-1}$ na primeira coleta (Nov/2016).



(A)



(B)

Figura 01: Metais analisados (mg.L^{-1}) na água dos mananciais nos P1,P2,P3 3 P4 na coleta de (A) Nov/2016 e (B) Jan/2017. Fonte: Próprio autor (2017)

A Tabela 1 mostra a concentração média dos metais nas duas coletas, obtidos em cada ponto de amostragem e os limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2 que são consideradas aquelas que podem ser destinadas ao consumo humano após tratamento convencional.

A análise das amostras de águas de mananciais próximos ao lixão de Iguatu-CE mostraram presença de Mn ($0,093$ - $0,238 \text{ mg.L}^{-1}$) e Zn ($0,192$ - $0,338 \text{ mg.L}^{-1}$), em concentrações acima do máximo permitido pela resolução CONAMA 357/05 ($0,100 \text{ mg.L}^{-1}$ para o Mn e $0,180 \text{ mg.L}^{-1}$ para o Zn). Acredita-se que os elevados níveis de metais detectados estão relacionados a infiltração do chorume produzido na decomposição do lixo orgânico vêm acarretando a alteração a qualidade dos mananciais da região.

Estudo conduzido por ABREU [13] detectou traços de Mn ($0,14$ a $0,15 \text{ mg.L}^{-1}$) e Zn ($0,04$ a $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$) em um lago próximo ao lixão de Iguatu-CE, porém os níveis encontrados estiveram dentro dos padrões estabelecidos do CONAMA 357/05. Comparando esses resultados com os da presente pesquisa, verifica-se

que houve aumento significativo da contaminação por esses elementos metálicos, degradando assim os recursos hídricos da região.

As concentrações de Cd detectadas ($0,0001 \text{ mg.L}^{-1}$) nas amostras de água estiveram dentro do aceitável. Para o elemento Ni a maior concentração encontrada foi no ponto dois (P2) $0,0238 \text{ mg.L}^{-1}$, entretanto esses valores encontrados nos pontos de amostragens investigados estiveram inferiores ao limite ($0,025 \text{ mg.L}^{-1}$ Ni) (CONAMA, 2005) [14]. Pesquisa recente realizada por ANJOS [15], tem citado a contaminação por Cd e Ni nas águas do Rio Curu-CE, em níveis variando de $0,00010 - 0,00103 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,0002 - 0,0038 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente. A exposição a metais pesados causa sérios danos à saúde. O Cd e Ni são considerados elementos tóxicos e o descarte inadequado de resíduos de origem antrópica que contém altas concentrações desses metais, acabam causando a contaminação do meio ambiente e aos seres vivos [16].

No caso do Fe, a Legislação (CONAMA 357/2005) estabelece um valor permitido para água doce de classe 2 de até $0,300 \text{ mg.L}^{-1}$. Elevadas concentrações de Fe foram encontradas nos pontos P1 $0,857 \text{ mg.L}^{-1}$ e P3 $1,236 \text{ mg.L}^{-1}$, estando acima do valor aceitável. O Fe é um elemento químico que não apresenta muito risco a saúde, porém pode ter efeitos na qualidade da água quando em conjunto (Fe^{2+} e Mn^{2+} forma solúvel na água). O Cu foi detectado em todos os pontos de coleta em concentrações próximas ao limite estabelecido da legislação (CONAMA 357/2005) de $0,009 \text{ mg.L}^{-1}$, atingindo o valor máximo no P1 $0,013 \text{ mg.L}^{-1}$. Traços de Co e Cr foram detectados em todas as amostras analisadas. Já o Pb não foi detectado nesse estudo.

Tabela 01: Média das concentrações dos metais analisados nas amostras de água em mg.L^{-1}

Pontos	Cu (mg.L^{-1})	Cd (mg.L^{-1})	Pb (mg.L^{-1})	Mn (mg.L^{-1})	Cr (mg.L^{-1})	Fe (mg.L^{-1})	Zn (mg.L^{-1})	Co (mg.L^{-1})	Ni (mg.L^{-1})
P1	0,013	0,001	<LQ	0,238	0,007	0,857	0,192	0,001	0,014
P2	0,009	0,001	<LQ	0,172	0,004	0,231	0,338	0,001	0,023
P3	0,008	0,001	<LQ	0,120	0,006	1,236	0,293	0,001	0,010
P4	0,009	0,001	<LQ	0,093	0,008	0,581	0,194	0,001	0,009
CONAMA 357/05 (Classe 2)	0,009	0,001	0,01	0,100	0,05	0,300	0,180	0,050	0,025

*<LQ: Menor que o Limite de Quantificação

A contaminação dos metais pesados tem sido associada ao descarte inadequado dos resíduos sólidos no lixão. O manganês é utilizado na fabricação de tintas, cerâmicas, vidros, eletrodos para solda, estão presentes nos resíduos depositados no lixão. Os efeitos desse metal encontrados em níveis elevados podem provocar problemas no trato respiratório. Sua toxicidade sistêmica é mais comum na exposição crônica por meio da inalação e ingestão onde os efeitos mais acentuados são devido a exposição prolongada a ambientes contaminados atingi o sistema nervoso central [17]. O Mn em altas concentrações pode acarretar sérios danos ao ser humano como diminuição dos movimentos motores, distúrbios mentais e emocionais.

Alguns desses metais são essenciais para o nosso organismo como o ferro, no entanto em excesso causa alterações na cor da pele, que passa a ter tons cinza-azulados ou metálicos, seu excesso esta ligada a proteína da hemocromatose, relacionada com a regulação da absorção intestinal do ferro no organismo é caracterizada pelo acúmulo de ferro no organismo decorrente da contínua absorção do ferro pelo intestino [18].

Sabendo que a água analisada esta localizada próximo a uma fonte de contaminação a quase 30 anos, esses dados analisados mostra a consequência do descarte RSU, prejudica a saúde da população e ao meio ambiente. A duração da contaminação por metais pesados pode ser de centenas ou milhares de anos [15]

CONCLUSÕES

A análise das amostras de água por ICP-OES coletadas nos mananciais em torno do “lixão” mostrou a presença dos metais pesados (Fe, Mn e Zn) com concentrações acima do VMP pela Resolução CONAMA 357/2005.

O manganês apresentou uma concentração média de 0,093 a 0,238 mg.L⁻¹ e o ferro com 0,581 a 1,236 mg.L⁻¹ nos pontos de amostragem violando o limite permitido pela resolução. O zinco por sua vez está entre os elementos essenciais ao organismo, porém, em excesso pode se tornar tóxico, possui um limite máximo de 0,180 mg.L⁻¹, sua maior concentração nesse estudo foi 0,338 mg.L⁻¹ sendo detectado em todas as amostras acima do valor estabelecido pela legislação.

Os elementos Ni, Cd e Co a média das suas concentrações nos quatro pontos de coletas ficou dentro do limite em todos os pontos. O Cobre foi detectado em todos os pontos de coleta em concentrações próximas ao limite estabelecido da legislação (CONAMA 357/2005) de 0,009 mg.L⁻¹, atingindo o valor máximo no P1 0,013 mg.L⁻¹.

Os metais pesados podem impactar a saúde humana, pois são persistentes e bioacumulativos. O elemento chumbo não foi detectado nas amostras de água analisadas nesse estudo. Os resultados mostram que o lixão vem contribuindo com a poluição destes mananciais. O estudo pode auxiliar os órgãos ambientais no controle da qualidade das águas da região e no monitoramento contínuo dos níveis de metais tóxicos em mananciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- HOLANDA, J.W.B. **Diagnóstico da Contaminação de Metais no Solo do Entorno do Lixão da Cidade de Iguatu-Ce**. 2016.f.48.Monografia(Curso de Licenciatura em Química) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Iguatu, Departamento de Ensino, IFCE, Iguatu – Ce, 2016.
- 2- LIMA, Cláudio Ricardo Gomes de. **Análise socioambiental da área do lixão do Jangurussu (Fortaleza-CE) e os impactos na comunidade do entorno**. 2013. 146 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104418/lima_crg_dr_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em 15 de janeiro de 2018.
- 3- BRASIL. Palácio do Planalto. Política Nacional de Resíduos Sólidos - altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. **LEI Nº 12.305**, Brasília, 2010. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm>. Acesso em : 24 de janeiro de 2018
- 4- LOVETT, G.M., Tear, T.H., Evers, D.C., Findlay, S.E.G., Cosby B.J., Dunscomb, J.K.,
- 5- MUÑOZ, S.I.S.; **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: Avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002.158 f. Tese (doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/USP- Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública , 2002. Disponível em: http://web-resol.org/textos/incinerador__ribeirao_preto.pdf. Acessado em 18 de janeiro de 2018.
- 6- CAVALLET, E.L.; et al. Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos. **Rev. Ambient. Água** vol.8 no.3 Taubaté Sept./Dec. 2013.
- 7- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 357**, 2005. Disponível em: e acesso em:<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf> . Acesso em 23 de julho de 2017.
- 8- RAMOS, F. O.; **Avaliação da qualidade da água dos mananciais Superficiais de projeto pólo de fruticultura irrigada são João-Porto Nacional-TO**. Faculdade Católica do Tocantins, curso de Tecnologia em Gestão Ambiental. 2010.
- 9- DOMINGUES, T. C. G. **Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação**.2009. f.81. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) –Instituto Agrônomo. Campinas, 2009.

- 10- SOUZA, A. O. et al.; The Discharge of Effluents and the Contamination by Toxic Metals and Organic Matter in Lake of Semiarid Northeast, Brazil. **Holos**, Year 32, Vol. 7. 2016
- 11- SABIÁ, J.R.; Contaminação da Bacia do Rio Salgado por Influência do Chorume e Possível Tratamento Através de Biossorventes. **Caderno de Cultura e Ciência**, Ano X, v.14, n.1, Set, 2015 Artigo Científico Universidade Regional do Cariri – URCA.
- 12- BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>> Acesso em: 23 de julho de 2017.
- 13- ABREU, M.K. F. **Análise dos Níveis de Metais Pesados em um Lago nas Proximidades do Lixão do Município de Iguatu-Ce**. 2014.f.42.Monografia(Curso de Licenciatura em Química). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *campus* de Iguatu. IFCE, Iguatu – Ce, 2014.
- 14- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 347**, 2005. Disponível em: e acesso em:<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf> . Acesso em 23 de julho de 2017.
- 15- ANJOS, D.C. **Diversidade Microbiana e de Teores de Metais Pesados em Solos e nas Águas Superficiais ao longo do Rio Curu**.2015.104 f. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), Fortaleza, 2015.
- 16- MARTINELLI, A. C.et al. Avaliação da lixiviação do cádmio e níquel provenientes da degradação de baterias níquel-cádmio em uma coluna de solo. **Revista Química Nova**. v. 37, n.3, p. 465-472, 2014.
- 17- SILVA, R.M.O.; **Remoção de Manganês de Águas e Efluentes Industriais utilizando Processos de Oxidação Avançada**. 2012. Departamento de Engenharia de Materiais Disponível em : < http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2012/relatorios_pdf/ctc/DEMA/DCMM-Rosana%20Maria%20de%20Oliveira%20Silva.pdf> .Acessado em 20 de janeiro de 2018.
- 18- GROTO, H.Z.W.; Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. Departamento de Patologia Clínica/FCM/Unicamp – CP 6111 397 **REVISTA BRASILEIRA DE HEMATOLOGIA E HEMOTERAPIA**, Bras. 2008;30(5):390-008.