

# CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA ÁREA URBANA DA CIDADE DE ARAGUAÍNA, BRASIL

Machado, C. A.<sup>1</sup>  
Rodrigues, S. C.<sup>2</sup>

*Universidade Federal do Tocantins (UFT), Araguaína, Brasil  
e-mail: delagnesse@mail.uft.edu.br  
Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Brasil  
e-mail:silgel@ufu.br*

## Resumo

A formação em áreas urbanas de Depósito Tecnogênicos resultantes do descarte inadequado de resíduos domésticos, industriais e da construção civil gera corpos artificiais que representam áreas de periculosidade e toxicidade para as atividades humanas. O foco central deste estudo reside na identificação dos tipos de poluentes em Depósitos Tecnogênicos (DT), sua periculosidade/toxicidade para a camada pedológica, bem como sua distribuição geográfica na cidade de Araguaína. A metodologia baseou-se na localização de DT por imagens de satélite, caracterização estrutural e textural dos materiais tecnogênicos, identificação dos tipos de elementos poluentes e a classificação de periculosidade e toxicidade segundo as normas e parâmetros do ABNT/10004 (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Os Depósitos Tecnogênicos localizam-se na área central da cidade e são compostos principalmente de resíduos da construção civil. Estes resíduos contêm materiais inertes como concreto (CaMg) e Ca(SO<sub>4</sub>), tijolos e telhas (argilas), cerâmicas e estruturas metálicas com presença de minerais metálicos como (Fe, Al e Zn), plásticos (PVC, PET e PS) e quando existe a pintura destes materiais, os elementos presentes são Pb, Cr, Zn, Ti, entre outros. Devido a periculosidade e a toxicidade destes elementos identificados, principalmente os metais pesados resultantes de tintas torna-se necessário a retirada do material contaminado para aterros sanitários e descontaminação do solo por técnicas adequadas a cada área retratada.

## Introdução

A alteração do ambiente pelas atividades humanas para produzir alimentos e materiais tornaram-se mais intensas nos últimos 10.000 anos, período este em que a civilização humana torna-se sedentária e passa a desenvolver a agricultura e construir cidades em diversas partes do mundo.

Dentre os elementos do ambiente, a camada pedológica vem sendo transformada constantemente com escavações, realocação e retiradas de material nas áreas urbanas e inserção de produtos orgânicos (adubos) e químicos (fertilizantes) para potencializar a agricultura. Os materiais retirados do ambiente e transformados em produtos para o uso humano nas mais diversas atividades (doméstica, comercial e industrial) são descartados e em geral enterrados sem nenhum tratamento nos mais diversos tipos de solos existentes no mundo, os quais tem suas atividades biológica, química e física alterados com intensa influência dos componentes tóxicos.

Nas áreas urbanizadas, principalmente os rejeitos da construção civil (tijolos, telhas, cerâmicas, tintas e metais) e os produtos domésticos (embalagens, líquidos e alimentos) são depositados e enterrados em valas ou erosões nas periferias das cidades constituindo-se em Depósitos Tecnogênicos.

O foco deste estudo reside na identificação dos tipos de materiais poluentes e os riscos de periculosidade e toxicidade dos elementos que constituem os Depósitos Tecnogênicos, bem como os impactos negativos aos diferentes tipos de solos da área urbana da cidade de Araguaína.

Os Depósitos Tecnogênicos criados pela ação antrópica incorporam-se ao ambiente local encobertos pela sedimentação em fundos de vale e de difícil detecção pelo crescimento da vegetação e os quais mais tarde tornam-se problemas estruturais para as casas construídas sobre estes materiais. Ressalta-se que as administrações públicas até o presente momento não têm uma política efetiva de controle e fiscalização de descarte de resíduos sólidos e líquidos e a situação de descaso tem se intensificado nos últimos 10 anos.

## **Metodologia**

A identificação das classes de solos será realizada através dos estudos de Tocantins (2004) e Menk et al (2004) e trabalhos de campo complementares para reconhecimento seguindo os procedimentos de coleta do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999).

A classificação empregada neste estudo está baseada no tipo de material originalmente proposta por Ter-Stepanian (1988) como materiais terrígenos (solos), químicos (resíduos industriais), orgânicos (resíduos domésticos), inorgânicos (resíduos da construção civil), acrescidos do fator ambiente de deposição (Terrestre, Fluvial, Lagunar e Marinho) segundo Machado (2011).

A localização e distribuição geográfica dos DT utilizou-se da análise comparativa das imagens de satélite SPOT de 2005 e 2011 disponíveis no programa Google Earth®. A interpretação das imagens de satélite além de auxiliar na localização e identificação dos depósitos será utilizada para avaliação dos impactos ambientais.

Devido à grande quantidade de DT de pequenas dimensões foram estudados somente depósitos com área superior a 500 m<sup>2</sup>, em virtude da dificuldade de localização em imagens de satélite e em trabalhos de campo. A mensuração das áreas analisadas foi obtida através da utilização do software ARCGIS 9.3. Na determinação das coordenadas geográficas dos depósitos utilizou-se o aparelho de Sistema de Posicionamento Geográfico (GPS) modelo Garmin Hcx. A mensuração em campo foi obtida através do uso da trena.

A coleta dos materiais tecnogênicos teve como base a norma brasileira para Amostragem de Resíduos Sólidos (ABNT/NBR1007) da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Para a análise granulométrica e identificação de materiais tecnogênicos foram coletados 1 kg de material.

A identificação dos tipos de materiais tecnogênicos contaminantes e sua periculosidade foi realizada com base nas normas da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 397, de 3 de abril de 2008. A Classificação de Resíduos Sólidos e sua toxicidade teve como base as normas da ABNT/NBR 10004-2004

Tendo como objetivo a classificação dos resíduos sólidos urbanos e considerando seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua normativa ABNT (2004) NBR nº 10004-2004, destaca que tal função visa ao gerenciamento adequado dos resíduos desde sua origem até a destinação final. Para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:

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

A análise granulométrica empregada para a caracterização das amostras de sedimentos dos perfis de DT baseou-se nos parâmetros definidos no trabalho de Suguio (1973) para a determinação dos percentuais de areia (fina, média e grossa), argila, silte e matéria orgânica segundo a escala de Wentworth.

Devido à inexistência de uma classificação relativa ao tamanho dos materiais tecnogênicos (fragmentos ou concreções), adotou-se neste estudo três classes de acordo com a maioria dos detritos analisadas nos perfis estudados em Araguaína:

- Pequeno (0 – 5 cm),
- Médio (5 cm – 10 cm) e
- Grande (> 10 cm),

Identificação de medidas preventivas e de recuperação para área com contaminantes tecnogênicos, levando em consideração os aspectos ambientais e econômicos.

### **Depósitos Tecnogênicos e Contaminação dos Solos**

O entendimento do comportamento atual da camada pedológica com a inserção de materiais e criação de DT é vital para a compreensão da dinâmica dos processos físicos, químicos e biológicos deste corpo artificial em diferentes ambientes e com diferenciação de comportamento dos materiais presentes. De acordo com TER-STEPANIAN (1988), os depósitos tecnogênicos são caracterizados por sua grande variedade, feições diferenciadas, diversidade de composição e grande variação de espessura, os quais caracterizam uma classe genética independente, embora possam ser traçadas analogias com depósitos naturais. Alguns depósitos acumulam grande quantidade de matéria orgânica, geralmente resíduos urbanos e outros de matéria inorgânica como os derivados de resíduos de materiais de construção e restos de mineração.

USDA/NRCS (2000) ressalta que o excesso da acumulação de metais pesados nos solos e sua longa exposição pode ser transferida para a cadeia alimentar. O problema mais comum são os metais catiônicos (elementos metálicos dos quais as formas no solo são cátions positivamente carregadas, ex:  $Pb^{2+}$ ), entre os quais cita-se o mercúrio, cádmium, chumbo, níquel, cobre, zinco, cromo e manganês. Os compostos aniônicos mais comuns (elementos dos quais as formas no solo são combinadas com oxigênio e são negativamente carregados  $MoO_4^{2-}$ ) são arsênico, molibdênio, selênio e boro.

Os solos urbanos possuem materiais manipulados, perturbados e transportados pelas atividades humanas no ambiente urbano. Dentro deste contexto, as propriedades físicas, químicas e biológicas são geralmente pouco favoráveis para o crescimento adequado das raízes de plantas exóticas ou naturais dentro do ambiente urbano. Diversas características gerais dos solos urbanos são comuns, dentre as quais destacamos: grande variabilidade espacial e vertical, estrutura do solo modificada e com tendência a compactação, presença de crostas superficiais em solos desnudados, reações dos solos elevadas, aeração e drenagem restrita, interrupção nos ciclo de nutrientes, atividade biológica modificada, presença de materiais antrópicos contaminantes e modificação do regime de temperatura do solo (CRAUL, 1999).

As interferências antrópicas na formação e evolução dos ambientes influenciam fortemente processos geológicos e biológicos, os quais encontram-se em equilíbrio dinâmico através do tempo. Os danos causados aos elementos e processos ambientais podem ter efeitos de curto, médio e longo prazo, principalmente no caso de incorporação de materiais naturais e antrópicos em áreas de maior sensibilidade ambiental. As instabilidades causadas ao ambiente podem refletir na qualidade de vida e em aspectos sócio-econômicos de uma determinada população como afirma Rogachevskaya (2006).

Korb (2006) com base na coleta de testemunhos para análise verificou-se uma grande variação de materiais e minerais nos depósitos, com diferenças significativas de matéria orgânica, areia, argila, além da identificação de concreções ferruginosas resultado das flutuações do nível de água na barragem. Outra vertente do trabalho enfoca as concentrações de materiais poluentes nos depósitos, principalmente Pb e Zn, os quais além de produzirem influências físicas, químicas e biológicas, interferem na qualidade da água e no tratamento, visto que o corpo hídrico serve como fonte de abastecimento de água. Segundo Korb (2006) a retirada dos materiais poluentes é difícil e propõem como melhor alternativa a redução de sua concentração por meio do tratamento dos esgotos direcionados ao local.

Vodyanitskii (2012) lista que inúmeros elementos como os metais pesados sob condições tecnogênicas de formação são considerados atípicos para os solos. Os metais pesados mais conhecidos devem ser considerados para estudos, como por exemplo: Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Vanádio (V), Cobalto (Co), Cádmio (Cd), Urânio (U) e Arsênio (As), os quais estão presentes em diversos componentes de produtos industrializados e comumente descartados no ambiente. A retenção em quantidade e por maior tempo é variável de acordo com o tipo de metal pesado e o tipo de solo, como no caso do Zn que aumenta significativamente em texturas argilosas, além do comportamento desconhecido de vários metais pesados em matérias orgânicas.

A presença de materiais contaminantes nos materiais tecnogênicos, bem como sua toxicidade e persistência no ambiente é destacada em inúmeros trabalhos acadêmicos, entre os quais Bentlin (2009), Domingues (2009), Vodyanitskii (2014) e Ashraf (2015). Como exemplo dos metais pesados que fazem parte direta (tintas) ou indireta (embalagens) da composição, Bentlin et al (2009) expõe que;

A matriz da tinta é complexa e de difícil decomposição, tendo-se em vista a presença de diversos compostos orgânicos e inorgânicos. Além disso, os sais que permanecem na solução da amostra que foi decomposta podem interferir na determinação do analito. Os métodos descritos nas normas técnicas existentes restringem-se à determinação de somente alguns elementos (Cd, Co, Cr, Pb e Ti) (Bentlin et al, 2009, p.884)

Meuser (2010) em um amplo trabalho sobre os solos antropogênicos discute os problemas decorrentes de cada tipo de material depositado em áreas urbanas e rurais, em especial detalhando através de análises químicas para detectar nos diferentes horizontes artificiais os tipos e os efeitos dos elementos tóxicos presentes. Em algumas cidades, os solos antropogênicos apresentaram uma diversidade de materiais (lixo, restos industriais, restos de mineração, restos de construção, entre outros) que formam um intrincado mosaico de situações e problemáticas ambientais de difícil solução.

De acordo com Ashaf et al (2014), o destino de metais pesados no solo serão controlados por meio de processos físicos e biológicos que atuam dentro do solo. Íons

metálicos entram na solução do solo a partir dessas várias formas de combinação em taxas diferentes e podem permanecer em solução ou passar para a água de drenagem ou ser absorvida por plantas em crescimento no solo ou serem retidos pelo solos pouco solúveis ou em formas insolúvel. A matéria orgânica de alguns solos tem grande afinidade com metais pesados que formam cátions complexos estáveis levando assim ao reduzida teor de nutrientes

O processo de regeneração de ambientes com Depósitos Tecnogênicos depende do tipo de material presente, em geral, depósitos com materiais da construção civil necessitarão de maior tempo em função da composição do cimento usado nas edificações.

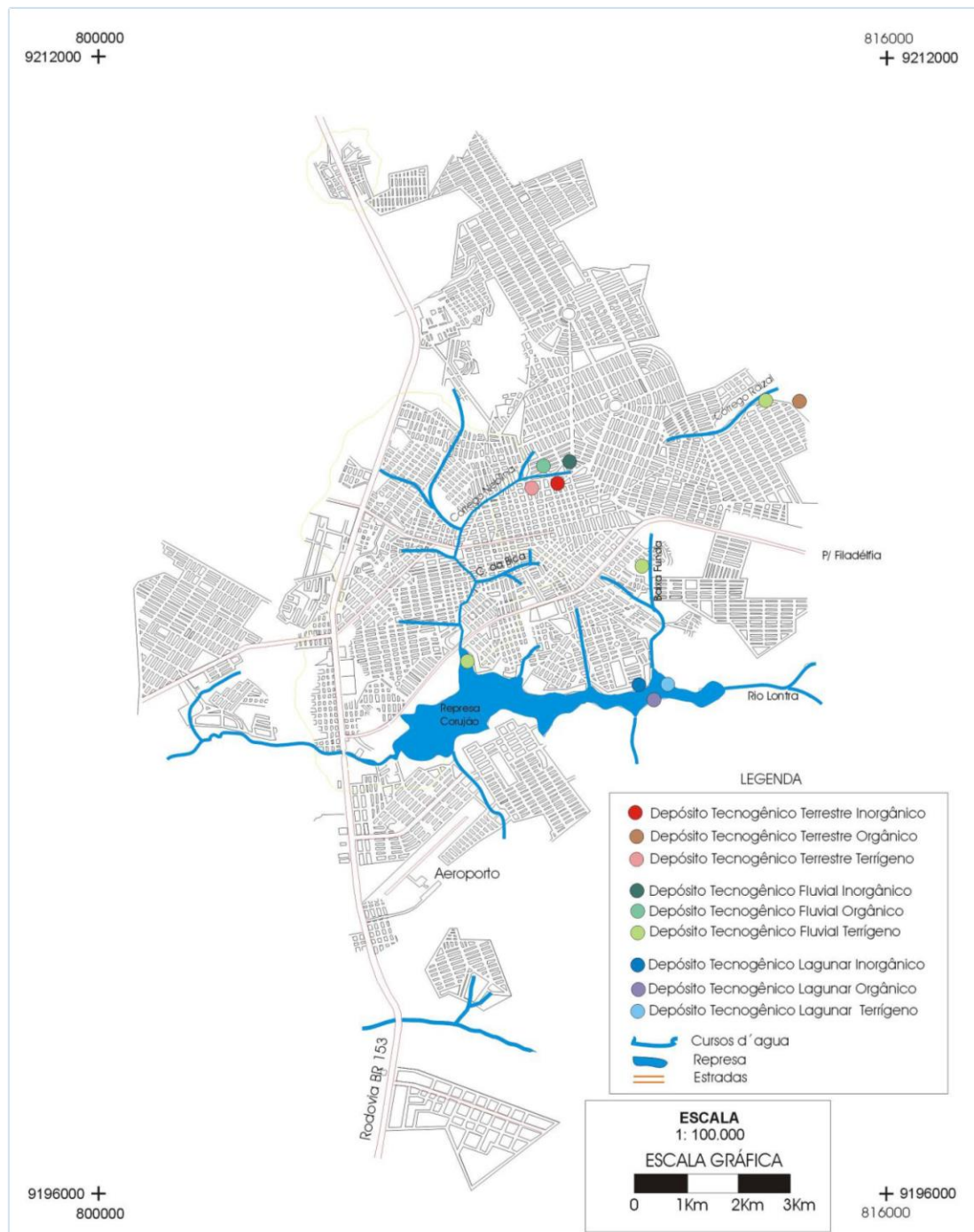
### **Contaminação dos Solos por Depósitos Tecnogênicos na Área Urbana de Araguaína**

Os resíduos sólidos resultantes da implantação, transformação e demolição de edificações são depositados em ravinas, voçorocas, terrenos baldios, fundos de vale ou em ruas sem pavimentação para compactação na cidade de Araguaína. Estas áreas não possuem nenhum aparato necessário para a disposição dos resíduos, fator este que contribuirá, e que provavelmente ocorrerá, com a mobilização dos sólidos e líquidos gerados na decomposição dos materiais orgânicos e inorgânicos. A distribuição geográfica e os tipos de DT podem ser visualizados na Figura 01.

Além deste fator, segundo Machado (2012) verifica-se que o forte escoamento superficial concentrado nos períodos de intensa pluviosidade (janeiro-maio), arrasta quantidades significativas de materiais tecnogênicos do topo da vertente para os fundos de vale dos rios, aumentando sensivelmente a acumulação de materiais nas pequenas planícies de sedimentação juntos aos cursos d'água. Baird (2002) afirma que em sedimentos fluviais há grande concentração de metais pesados devido a descarga de esgotos.

De acordo com Baird (2002) os metais pesados presentes nos diversos produtos manufaturados frequentemente acumulam-se na camada superior do solo e suas concentrações podem aumentar progressivamente quando de sua inserção na cadeia alimentar. Efeitos de combinação podem ser importantes em dois aspectos. Em primeiro lugar, a coexistência de contaminantes no solo pode impactar a disponibilidade biológica uns dos outros. Em segundo lugar, a exposição a uma combinação de poluentes podem ser associados com as interações antagonistas, sinérgicas e aditivas destes poluentes, impactando seus efeitos sobre organismos. Alguns riscos das misturas de poluentes podem ser previsto com base no conhecimento existente segundo Ashraf et al (2014).

**Figura 01 - Distribuição Geográfica e Tipos de Depósitos Tecnogênicos**



**Fonte: Base: PMA (2005)**  
**Elaboração: Machado (2011)**

De acordo com a idade do depósito, os tipos de materiais podem diferir significativamente, seja por substituição tecnológica de novos materiais, bem como por alguns materiais tornarem-se economicamente viáveis para a reciclagem ou reuso, sendo comum a inexistência de alumínio, zinco e cobre em depósitos mais recentes, comumente retirados por catadores de empresas de reciclagem. O uso do solo urbano, tal como a expansão da cidade de Araguaína, ocorreu sem uma regulamentação ou direcionamento por parte do poder público, sendo comum a existência de pequenas e médias indústrias em áreas residenciais periféricas, fato este que cria problemas comuns

com o descarte de resíduos em adjacentes destas empresas. A recuperação de uma área degradada requer em tempo relativamente demorado em alguns casos, como no caso de aterros de origem antrópica e dependendo da região afetada e das condições ambientais (solo, clima e vegetação).

A rápida expansão urbana de Araguaína nas últimas duas décadas favoreceu o avanço da ocupação de novas áreas, principalmente próximo aos fundos de vales dos diversos cursos d'água que atravessam a cidade. A administração municipal atual não possui uma atuação fiscalizadora e normativa e muito menos relativa ao planejamento ambiental para o uso do solo urbano. Verifica-se forte influência política dos agentes econômicos sobre o governo municipal que promovem a abertura de novos loteamentos, o qual em nenhum momento restringe as obras civis em Áreas de Preservação Permanente. Somente a ação do órgão ambiental estadual Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS) consegue inibir maiores prejuízos ambientais. Mesmo com a adoção de práticas de recuperação e conservação, nem sempre ocorre uma recuperação satisfatória, tornando-se imprescindível o planejamento ambiental para o desenvolvimento de atividades econômicas em consonância com a disponibilidade dos recursos ambientais.

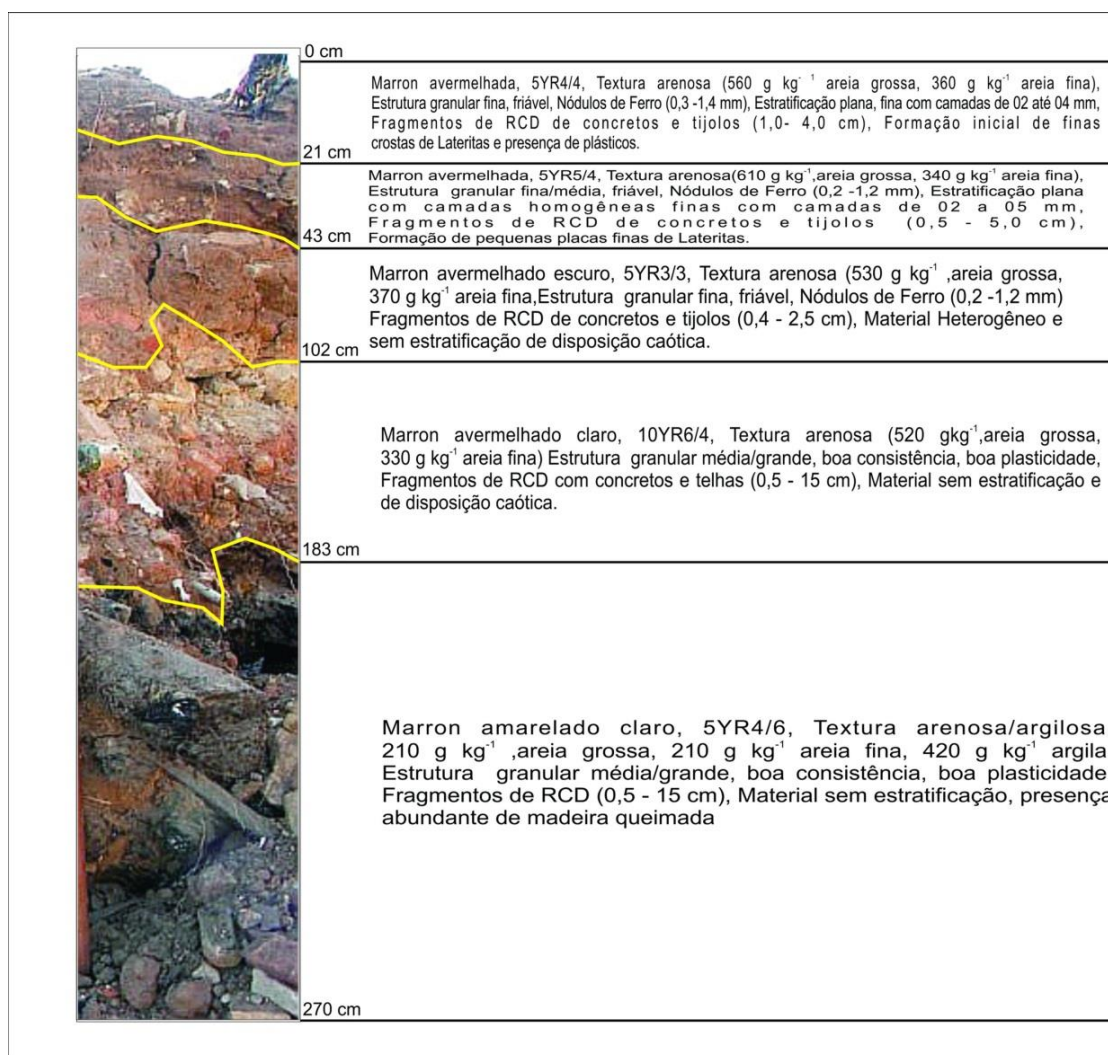
A área urbana de Araguaína possui cinco tipos de solos, a saber: Neossolos quartzarênicos, Nitossolos, Latossolos amarelos, Neossolos litólicos e Gleysolos, sendo os dois primeiros onde predominam o descarte de materiais tecnogênicos.

No caso de materiais tecnogênicos com maior concentração de resíduos oriundos da construção civil, a exemplo da cidade de Araguaína, os mesmos estão enquadrados na classe II A, ou seja, não inertes e podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Como exemplo da composição de materiais presentes selecionou-se o Depósito Tecnogênico Inorgânico localizado no setor Cimba, vide Figura 02, próximo do centro de Araguaína com uma área de 5.212 m<sup>2</sup>, profundidade de 2.70 metros e idade aproximada de 18 anos. Neste local, encontram-se materiais tecnogênicos com presença de elementos tóxicos como fragmentos de metal e madeira com tinta, fragmentos de telhas de amianto decompostos presentes na camada entre 102 e 108 cm. Nas demais camadas encontram-se somente resíduos da construção civil (tijolos, telhas e pequenos fragmentos de concreto). Devido a presença de materiais contaminantes este depósito é enquadrado na Classe I (Perigoso) e de toxicidade elevada principalmente devido aos elementos tóxicos das tintas.

O Depósito Tecnogênico foi formado em Neossolos quartzarênicos situado na meia encosta e com declividade de 5 %, sendo que as camadas superficiais de sedimentos entre 0 e 102 cm apresentaram maior fragilidade devido à textura arenosa e friável, porém estão estruturadas em camadas planas contando com a presença de nódulos de ferro e resíduos de construção e demolição (RCD) de pequenas dimensões de 0, 3 até 5 cm e com a formação de pequenas crostas de 0,4 a 0,7 mm nas camadas entre 0 e 43 cm. As demais camadas deste DT, situadas entre 102 e 270 cm, apresentam maior consistência e resistência devido à quantidade de material argiloso, porém os Resíduos de Construção e Demolição encontram-se dispersos de forma caótica e com grandes dimensões (> 15 cm), sendo que alguns se desagregam facilmente devido ao estado de decomposição avançado. Um fato que aumenta a instabilidade do depósito é que na base encontram-se troncos de madeira queimados, os quais podem movimentar-se sob pressão.

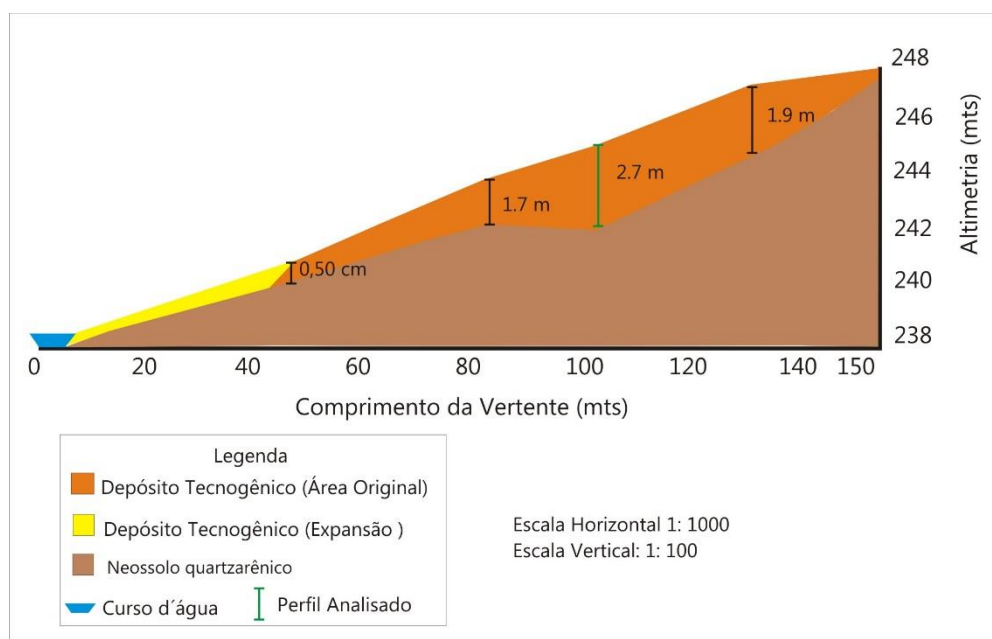
**Figura 02 – Depósito Tecnogênico no Córrego Cimba (Araguaína)**



Arte : Machado (2011)

De acordo com o perfil topográfico, vide Figura 3, as maiores profundidades verificadas estão entre 1.90 e 2.70 metros na área original de deposição, com cerca de 110 metros de extensão. Com o escoamento superficial boa parte dos materiais finos e detritos de pequenas dimensões foram carregados da encosta, com cerca de 9 % inclinação, para o fundo de vale, com uma extensão de 40 metros e profundidade média de 50 cm. Sendo um dos três maiores DT encontrados em Araguaína e com grande quantidade de material inorgânico seria necessária uma soma razoável para sua retirada e deposição em uma área adequada.

**Figura 03 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Cimba**



Arte: Machado (20110)

Os principais materiais tecnogênicos encontrados nos solos da área de estudo são concretos, tijolos, telhas, madeiras, ferro, alumínio, zinco, plásticos, latas de tintas, entre outros. Cada material possui uma composição química específica e também associada a outros elementos como por exemplo, latas e sua pintura externa. A composição química dos materiais pode ser observada na Tabela 01. Com exceção de materiais como o concreto, tijolos e telhas (sem pintura), os demais elementos destacados na Tabela 1 segundo as normas da ABNT/NBR 10004 são classificados como tóxicos e perigosos quando presentes no ambiente.

Neste estudo, os materiais tecnogênicos com metais, plásticos, telhas de amianto, lâmpadas, entre outros serão enquadrados conforme as regras da ABNT/NBR 10004 como os resíduos Classe I (Perigosos) e os concretos, tijolos e telhas (sem pintura) como resíduos Classe II (Não Perigosos). A definição do enquadramento dos Depósitos Tecnogênicos em classes de periculosidade conforme sua composição pode ser observada na Tabela 2. Sua distribuição e concentração geográfica em determinadas áreas da cidade de Araguaína pode aumentar a contaminação da camada pedológica e para a população residente, como no caso do córrego neblina em seu médio curso.

As taxas de decomposição de cada tipo de material tecnogênicos irão determinar por quanto tempo os efeitos dos elementos tóxicos permaneceram ativos nos diferentes tipos de solos, os quais também influenciarão na dispersão e retenção, como por exemplo, solos com maiores teores de argila podem manter elementos como os metais pesados mais tempo ativos que devido a capacidade de suas ligações químicas segundo Brady; Weil (2013). Ainda com relação a atividade de elementos tóxicos, Baird (2002) salienta que materiais húmicos tem grande afinidade pelos cátions dos metais pesados.

**Tabela 01 – Composição Química de Materiais Tecnogênicos**

| <b>Tipo de Material</b>                | <b>Composição</b>                                                                                           |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cimento <sup>1</sup>                   | Calcário, areia, argila calcinada e gesso.                                                                  |
| Concreto <sup>2</sup>                  | Cimento, areia e pedra                                                                                      |
| Tijolos e Telhas <sup>3</sup>          | Argila (sílica-alumina), areia e tintas                                                                     |
| Ferro <sup>4</sup>                     | Ferro, carbono, níquel e molibdênio                                                                         |
| Alumínio <sup>5</sup>                  | Alumínio                                                                                                    |
| Zinco <sup>6</sup>                     | Zinco                                                                                                       |
| Telhas de amianto <sup>7</sup>         | Crisotila                                                                                                   |
| Telhas de fibrocimento <sup>8</sup>    | Cimento, carbonato de cálcio, fibras vegetais e fio de polipropileno.                                       |
| Tintas látex <sup>9</sup>              | Acetato de polivinila (PVC), Óxido de zinco, Óxido, de titânio, Pó de alumínio, mica, barita cromo e zinco. |
| Tinta a Óleo <sup>10</sup>             | Resinas alquídicas, Óxido de zinco, Óxido, de titânio, Pó de alumínio, mica, barita cromo e zinco.          |
| Cerâmicas <sup>11</sup>                | Argila, andalusita, bauxita, calcita, cromita, dolomita, etc.                                               |
| Isopor <sup>12</sup>                   | Monômero de estileno (Derivado petroquímico)                                                                |
| Plásticos (PCV, PET, PP) <sup>13</sup> | Polímeros petroquímicas carbono e sílica)                                                                   |
| Pilhas e baterias <sup>14</sup>        | Cádmio, lítio, zinco, iodo e cobre                                                                          |

**Fontes:**

- (1) [www.ecivilnet.com/artigos/cimento\\_portland\\_composicao.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland_composicao.htm),  
(2) [www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html](http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html),  
(3) <http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=4>, (4) [www.acobrasil.org.br](http://www.acobrasil.org.br) ,  
5) [www.abal.org.br](http://www.abal.org.br), (6) [www.abmbrasil.gov.br](http://www.abmbrasil.gov.br), (7) [www.abrea.com.br](http://www.abrea.com.br),  
(8) [www.brasil.it.com.br](http://www.brasil.it.com.br), (9) <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00144.pdf> ,  
(10) <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00144.pdf>, (11) [www.abceram.org.br](http://www.abceram.org.br),  
(12) [www.quimica.seed.pr](http://www.quimica.seed.pr), (13) [www.usp.br/fau/deptecnologia/docs/bancovidros/compplast.htm](http://www.usp.br/fau/deptecnologia/docs/bancovidros/compplast.htm),  
(14) <http://www.alunosonline.com.br/quimica/pilhas.html>

O elemento Ferro não possui toxicidade, mas no solo os óxidos de Ferro e Alumínio adsorvem fortemente o Cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ ) e Chumbo ( $\text{Pb}^{+2}$ ) bem como os óxidos de Manganês possuem alta seletividade para  $\text{Cu}^{+2}$ , Níquel ( $\text{Ni}^{+2}$ ),  $\text{Co}^{+2}$  e  $\text{Pb}^{+2}$ , segundo McBride (1994) apud Domingues (2009). O tempo de decomposição podem ser analisados na Tabela 02. De acordo com Brady ; Weil (2013) os elementos Cádmio (Cd) e Arsênico (As) são extremamente tóxicos, Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Flúor (F) são moderadamente tóxicos e Boro (B), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) são pouco tóxicos

A estrutura rígida de alguns tipos de materiais tecnogênicos como concretos e estruturas metálicas aumenta o tempo de decomposição podendo causar maior instabilidade ao terreno devido aos grandes espaços.

**Tabela 02 – Principais Materiais em Depósito Tecnogênicos de Araguaína.**

| <b>Tipo de Material</b> | <b>Tempo de decomposição (Anos)</b> | <b>Toxicidade</b> |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Concreto                | 100                                 | Inerte            |
| Telhas e tijolos        | 10                                  | Inerte            |
| Cerâmicas               | Indeterminado                       | Inerte            |
| Madeiras com tinta      | 13                                  | Tóxico            |
| Plásticos               | 100 – 500                           | Tóxico            |
| Tintas                  | 50 – 100                            | Altamente tóxico  |
| Telhas de amianto       | 30 – 100                            | Tóxico            |
| Ferro                   | 150                                 | Inerte            |
| Alumínio                | 100 – 500                           | Tóxico            |
| Zinco                   | 100 – 500                           | Tóxico            |

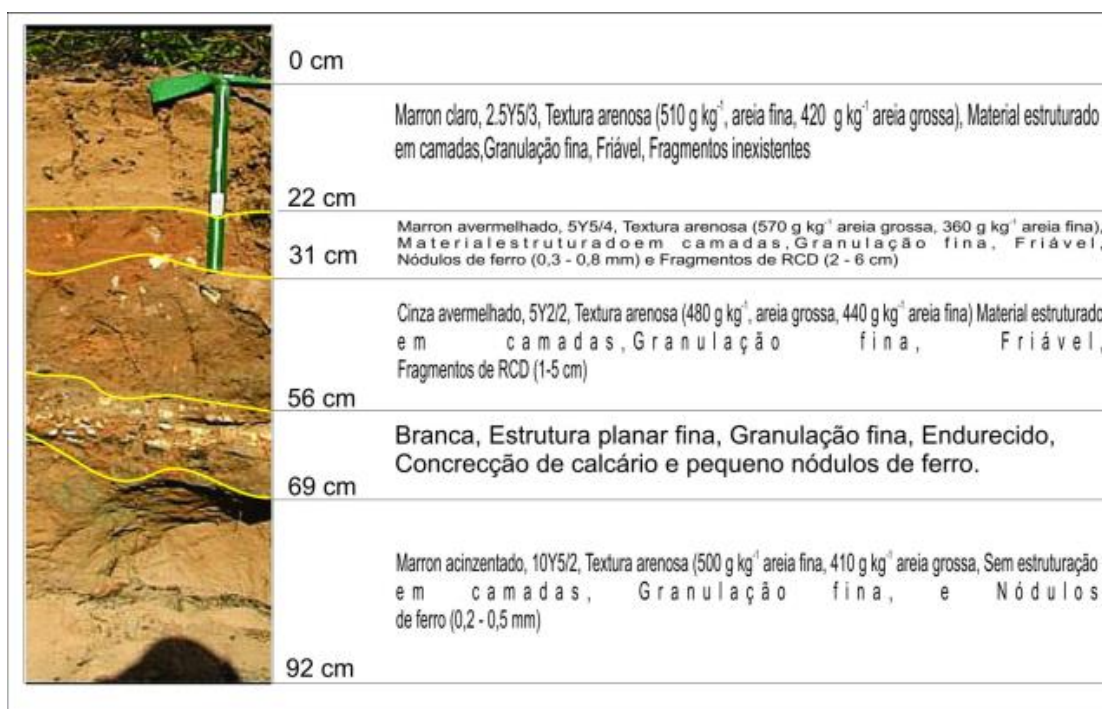
Fontes: <http://www.deltasaneamento.com.br/>,  
[http://www.fec.unicamp.br/~crsfec/tempo\\_degrada.html](http://www.fec.unicamp.br/~crsfec/tempo_degrada.html),  
[http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab\\_pdf/125.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/125.pdf)

Como exemplo da composição de um Depósito Tecnogênico Terrígeno, selecionou-se o material existente na vertente do médio curso do córrego Cimba, o qual possui uma área de 4.420 m<sup>2</sup>, espessura média de 70 cm e com 12 anos de existência aproximadamente, vide Figura 04. O material encontra-se depositado sobre Neossolos quartzarênicos, de textura arenosa média a fina, em relevo suavemente ondulado com topografia oscilando entre 5 e 10 % de inclinação sob vegetação de gramíneas rala.

Os materiais tecnogênicos presentes neste depósito baseiam-se principalmente de pequenos fragmentos de concreto, nódulos de ferro originados de lateritas, tijolos decompostos e alguns fragmentos de borracha existentes na camada entre 22 à 31 cm de profundidade. Não foram identificados materiais com contêm elementos tóxicos, sendo esta área classificada com Classe II (Não perigosa) e de baixa toxicidade ao ambiente. A análise estrutural e textural revelou a existência de cinco camadas, sendo a primeira entre 0 e 22 cm de textura arenosa, granulação fina e friável, sem existência de materiais tecnogênicos como plásticos ou resíduos de construção e demolição. As camadas entre 22 e 56 cm de profundidade apresentam uma textura areno/argilosa, friável, porém levemente plástica e com presença de nódulos de ferro (0,3– 08 cm) e fragmentos de RCD (2– 6 cm) dispersos.

Especificamente na cidade de Araguaína, a maioria dos depósitos terrígenos é formada nos fundos de vale resultante do aterramento de planícies de inundação ou ainda formada em antigas ravinas aterradas pela administração municipal, as quais acabam sendo reativadas em épocas de altas pluviosidades

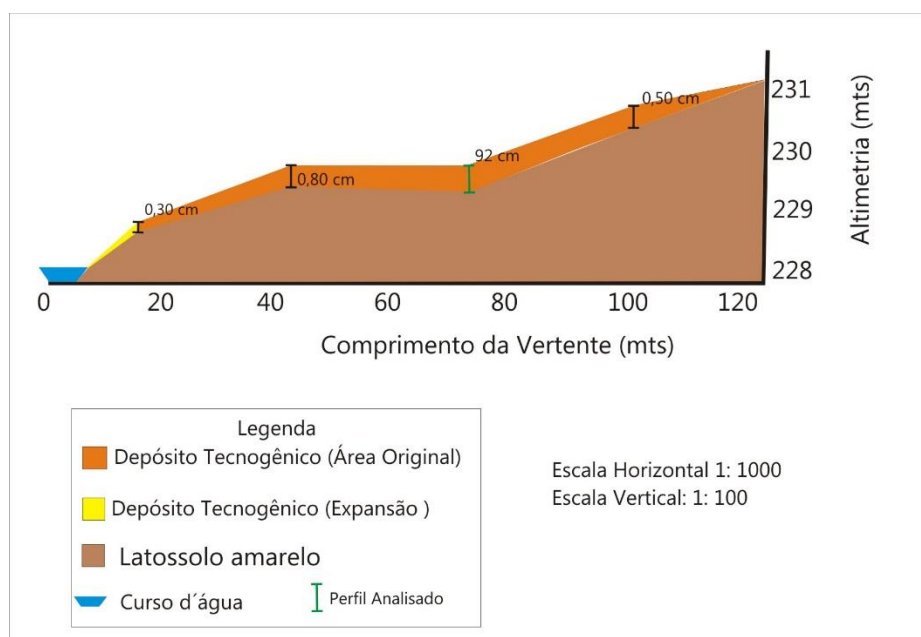
**Figura 04 – Depósito Tecnogênico Terrígeno, Córrego Cimba.**



Arte : Autor

No perfil topográfico , vide Figura 05, as maiores profundidades verificadas estão entre 50 e 92 centímetros na área original de deposição, com cerca de 100 metros de extensão longitudinal e 68 metros extensão lateral. Com o escoamento superficial boa parte do material fino e detritos de pequenas dimensões foram carreados formando uma camada com uma profundidade média de menos 25 cm até a deposição no leito fluvial do córrego Cimba.

**Figura 06 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Cimba**



Arte: Machado (2012)

A solução para os DT requer o uso de verbas públicas na remediação do problema, mas o reaproveitamento dos resíduos já é realidade em algumas cidades brasileiras contando com a colaboração das empresas coletoras de resíduos na destinação do material para moagem e produção de agregados para diversos fins. A retirada de materiais tecnógenos para a destinação em áreas adequadas como os aterros de resíduos sólidos ou o reaproveitamento dos resíduos da construção civil/ doméstico resolveria parte do descarte ilegal e esta medida seria viável para cerca de doze depósitos em função de serem áreas pequenas e com pouco volume de materiais sem custos elevados para tal operação.

### **Considerações Finais**

Os Depósitos Tecnogênicos aumentaram significativa em área e quantidade na última década na cidade de Araguaína e sua presença e os problemas decorrentes vem passando despercebidos pelas últimas administrações municipais, sendo desse modo significativa a tomada de medidas cabíveis para diminuir ou eliminar os impactos ambientais. Dentre algumas medidas passíveis de serem tomadas para resolução da contaminação da camada pedológica, pode citar a retirada do material tecnogênico e do solos contaminados em seu entorno para descarte no Aterro de Resíduos Sólidos da cidade, já que grande parte dos depósitos são de pequeno porte, ou seja, menores que 500 m<sup>2</sup>.

Os Depósitos Tecnogênicos de grande porte representam a menor quantidade destas áreas, sendo a primeira medida o isolamento da área para evitar novos descartes de resíduos, para que um estudo posterior defina os principais tipos de contaminantes e as medidas específicas para descontaminação da área, que em alguns casos é simples como em materiais em que predominam resíduos da construção civil, compostos apenas de tijolos, concretos e madeiras.

Existem vários métodos de retirada e descontaminação dos solos que tem sua complexidade e custo dependendo do tipo de material e o tempo que os contaminantes atuaram em cada tipo de solo específico. A legislação ambiental de Araguaína não trata deste assunto de forma específica, sendo necessário incluir itens que envolvam o descarte correto, fiscalização, estímulo a reciclagem dos materiais e multas para os infratores.

Como os depósitos são em grande parte formados pelo descarte irregular das empresas que coletam os materiais em obras privadas e depositam geralmente em erosões das áreas periféricas da cidade, seria necessário que a administração municipal busque um entendimento com as empresas privadas para que ocorra o descarte na área adequada. Com a população que acaba aumentando e transformando as erosões com os resíduos da construção civil em lixões dos bairros em que reside seria necessário um trabalho de Educação Ambiental com os moradores e em escolas próximas para evitar o acúmulo de lixo, a queima, bem como a população aja como fiscalizador e denunciante.

### **Referências**

Ashraf, M. A., Mohd, J. M.; Yusoff, I. Soil Contamination, Risk Assessment and Remediation. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/46032.pdf/> Acessado em 10/10/2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Amostragem de Resíduos Sólidos ABNT NBR 10007/2004. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Resíduos Sólidos: Classificação ABNT NBR 10004/2004. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

Baird, C. Química Ambiental. Porto Alegre: Bookman, 2002.

Bentlin, F. R. S. ; Pozebon, D. ; Depoi, F. dos S. Estudo comparativo de métodos de preparo de amostras de tinta para a determinação de metais e metalóides por técnicas de espectrometria atômica. In: *Quim. Nova*, Vol. 32, No. 4, 884-890, 2009

Berger, A. R. Assessing Rapid Environmental Change Using Geoindicators. In: *International Journal of Geosciences: Environmental Geology*, número 32, volume 01, julho 1997, N. York (U.S.), p. 36 – 44.

Boscov, M. E. G. Geotecnia Ambiental. São Paulo, Oficina de Textos, 2008.

Brady, N. C. ; Weil, R.R. Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução no 397, de abril de 2008. Disponível em [www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2008\\_397.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_397.pdf)

Craul, P. J. Urban Soils: Applications and Principles. Wiley, New York, 1999.

Domingues, T. C. de G. Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação. Dissertação de Mestrado Campinas, 2009.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 2006.

Goudie, A. Human Agency in Geomorphology. In: Goudie A. The Human Impact on Natural Environment: Past, Present and Future. Oxford: Blackwell, 2006. p. 159 – 195.

Korb, C. C. A Identificação de Depósitos Tecnogênicos na Barragem Santa Bárbara, Pelotas (RS). Dissertação de Mestrado, Porto Alegre (RS), 2006. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/1780>. Acessado em 10/11/2009.

Machado, C. A. Genesis and Dynamics of Technogenic Deposits in the Urban Area of Araguaína (Brazil). In: *Analls of International Geographic Union (IGU) 2011*, Santiago (Chile), 2011.

Machado, C. A. Gênese e Morfologia de Depósitos Tecnogênicos na Área Urbana de Araguaína (TO). Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), 2012.

Menk, J. R. F.; Rossi, M; Bertolani, F. C.; Coelho, M. R.; Fernández, G. Á. V.. Projeto de Gestão Ambiental Integrada da Região do Bico do Papagaio. Zoneamento Ecológico-

Econômico. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente (SEPLAN). Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Araguaína. Solos da Folha SB.22-Z-D. Estado do Tocantins. Escala 1:250.000. Org. por Gonzalo Álvaro Vázquez Fernández. 2.ed. Palmas, Seplan/DZE, 2004.

Meuser, H. Anthropogenic Soils. In: Meuser, H. Contaminated Urban Soils. London: Springer, 2010. p. 121- 193.

Rogachevskaya, L. M. Impacts of Technogenic Disasters on Ecogeological Process. In: Geology and Ecosystems. Igor S. Zektser (Org.) New York: Springer, 2006. p. 161-169.

Suguio, K. Introdução a Sedimentologia. São Paulo: Blucher, 1973.

Ter-stepanian, G. The Beginning of Technogene. In: Bulletin of International Association of Engineering Geology, no38, 1988. p. 133-142.

Tocantins (ESTADO) Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente. Projeto de Gestão Ambiental Integrada da Região do Bico do Papagaio. Zoneamento Ecológico-Econômico. Análise Ambiental e Socioeconômica: Norte do Estado do Tocantins. Palmas, 2004.

United States Department of Agriculture/Natural Resources Conservation Service (USDA/NRCS). Heavy Metal Soil Contamination. In: Soil Quality—Urban Technical note n°3. Disponível em [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053279.pdf/](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053279.pdf/) Acessado em 10/10/2015

Vodyanitskii, Y. N. Natural and Technogenic Compounds of Heavy Metals in Soils. In: Eurasian Soil Science, 2014, Vol. 47, No. 4, pp. 255–265.