

1. Introdução

A ação humana em nosso planeta nos últimos 10.000 anos através do desenvolvimento de ferramentas e aparato tecnológico crescente resultou em grandes modificações na superfície terrestre de forma direta e indireta. A possibilidade de alterar o ambiente com a retirada, transformação e deposição de enormes quantidades de resíduos acrescenta a superfície terrestre elementos orgânicos e inorgânicos na camada pedológica, além de alterar e criar novas formas de relevo, principalmente dentro do contexto urbano.

Em áreas urbanizadas, a alteração das formas geomorfológicas e pedológicas, em função da transformação do espaço urbano principalmente pela construção civil e obras de engenharia, produz anomalias na superfície, provocando alterações no ambiente na forma de depósitos de resíduos sólidos, aterros, retificações e escavações, causando, assim, inúmeros problemas ao ambiente local. Tais alterações realizadas pela atividade antrópica são denominadas Depósitos Tecnogênicos (DT), cujas estruturas materiais advêm das mais diversas origens da atividade humana.

Os DT são formados em função da constante criação, destruição e reconstrução de edificações e pela adequação dos elementos do ambiente em áreas urbanas. O entendimento da influência de tais depósitos na estruturação e dinâmica do ambiente pode demonstrar os efeitos negativos sobre os elementos solo, água, relevo, vegetação e clima e fornecer subsídios para os gestores e equipes voltados ao planejamento urbano. Cada elemento do ambiente alterado ou suprimido deixa de exercer uma função específica e somando-se às modificações de outros elementos cria uma sinergia e amplifica os problemas em áreas urbanas.

O sistema ambiental submetido a perturbações de ordem natural ou antropogênica provoca irregularidades em seus elementos e processos de transferência de matéria e energia, através dos quais a

pesquisa científica pode utilizar-se para detecção e monitoramento destas anomalias para predizer estados futuros ou passados da dinâmica de funcionamento de um conjunto, a citar-se como exemplo, a mensuração das taxas de erosão, transporte e sedimentação em uma bacia.

Os estudos dos DT baseiam-se na formação e na descrição dos problemas resultantes destes materiais, sendo o levantamento, descrição, análise física e química a metodologia mais empregada nesta área. Apesar de sua relevância poucos trabalhos registram novas proposições metodológicas como: o risco de instabilidade, de periculosidade, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) ou mesmo técnicas de intervenção para remediação para cada tipo de DT.

A alteração das formas de relevo, da estrutura e composição da camada pedológica superficial para a formação de depósitos tecnogênicos em algumas áreas do mundo como a Europa e Ásia alcança escalas de tempo de milhares de anos com sérias influências ao ambiente local, a qual ainda comparativamente aos efeitos no continente americano e áreas recém-povoadas a influência enquadra-se na escala de centenas de anos, fato este que não diminui a questão, mas em relação com depósitos mais antigos pode-se prever e esboçar quadros da evolução destes corpos artificiais.

A maioria dos estudos sobre DT no Brasil estão circunscritos à região sudeste, mais especificamente no estado de São Paulo e algumas áreas litorâneas do sul. Nas demais áreas do território brasileiro, temos escassos trabalhos na região centro oeste e somente um trabalho na região norte. Nesse sentido, o desenvolvimento de estudos na região norte e nordeste é necessário para o acompanhamento do estado e comportamento destes corpos tecnogênicos em ambiente semi-áridos, subtropicais e equatoriais.

O termo Depósito Tecnogênico é empregado mais amplamente na Geologia e Geografia, já o termo Antropossolos é utilizado pela

ciência agrônoma para modificações em áreas agrícolas. Recentemente, a *International Union of Soil Science* (IUSS) (2010) referendou o *World Reference Base for Soil Resources* (WRB), apontando para uma divisão no grupo dos Anthroossolos (Áreas Agrícolas) e Technossolos (Áreas Urbanas), mas basicamente, o roteiro de descrição morfológica e análise física seguem os mesmos passos de outros solos, destacando, apenas, os tipos de fragmentos e materiais alóctones existentes na camada artificial.

O conceito de Depósito Tecnogênico deve ser empregado em função de que grande parte do material não apresenta grandes transformações químicas, físicas e biológicas com formação de horizontes pedológicos para caracterizar um Anthroossolo.

Os DT existem em áreas urbanizadas da Europa, Ásia e Oriente Médio há milhares de anos ou em grande parte do mundo com algumas dezenas de anos, sendo estas formas artificiais criadas pela ação antrópica continuamente expostas, remodeladas ou reconstruídas e são partes integrantes da dinâmica ambiental hidropedológica.

Este livro apresenta além do histórico de surgimento e desenvolvimento dos Depósitos Tecnogênicos, uma proposta metodológica de estudo destes corpos empregado no trabalho de Machado (2012) e sua aplicação prática na cidade de Araguaína, localizada no norte do estado do Tocantins com 150.000 habitantes, área esta com uma forte urbanização e grande variedade de tipos de DT. Outro fato abordado diz respeito à apresentação de medidas de recuperação e/ou minimização dos impactos negativos.

2. O Estudo dos Depósitos Tecnogênicos no Brasil e no Mundo

2.1 Evolução do Conceito e Propostas de Classificação

As primeiras referências sobre a intensidade e magnitude da influência humana sobre os sistemas ambientais que redundaram em profundas modificações de estruturas geológicas e geomorfológicas aparecem a partir do final do século XIX, com destaque para os estudos de Charles Lyell e início do século XX, segundo Rossato e Suertegaray (2010). Dentre estes estudos, o trabalho de Pavlov em 1922 propõe a substituição do termo Quaternário pelo termo Antropógeno denominando a partir dos eventos ocorridos a partir deste período (OLIVEIRA, 2005). No Brasil, Peloggia (1998) destaca o estudo de Moraes Rego, em 1993, intitulado “Classificação das Formações Cenozóicas” por apontar no registro estratigráfico camadas de materiais antrópicas agregadas ao ambiente.

O conceito de Tecnógeno ou Quinário aparece na pesquisa científica a partir da década de 1980 através dos trabalhos de Chemekov (1983) e Ter-Stepanian (1988), em que a ação humana como agente geológico é preponderante ou influente em alguns processos na superfície terrestre, período este iniciado há aproximadamente 10.000 mil anos passados. A sedentarização da sociedade humana e a transformação do ambiente para as suas necessidades, que aumentaram de forma mais incisiva nos últimos 200 anos pela intensa urbanização na revolução industrial promoveu a retirada, a movimentação e transporte de materiais em grandes quantidades diretamente e indiretamente.

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.

Dentre as classificações apresentadas para os Depósitos Tecnogênicos, a maioria dos trabalhos no Brasil e no mundo enfoca a classificação proposta por Chemekov (1983) e Fanning e Fanning (1989) e a proposta elaborada por Oliveira (1990) apud Peloggia (1998)

A classificação proposta por Chemekov em 1983 destaca onze tipos principais de depósitos, que, na visão de Peloggia (1998, p. 81) são os seguintes:

Depósitos de pilhas aterradas (dumped), de aterramento de depressões (filled), mistos ou agrotécnicos, aluviação artificial (washedup), dragagem (rewashed), obras de terra (construction), camadas cultivadas (cultural layers), deposição em reservatórios (precipitação), assoreamento de canais (linear aggradation), depósitos naturais com componentes tecnogênicos (technogenicallychanged) e sedimentação natural em reservatórios (technogenicallycaused) (Peloggia,1998, p. 81).

De acordo com a classificação de Fanning e Fanning (1989), Peloggia (1998) apresenta quatro tipos de depósitos tecnogênicos baseados principalmente em sua composição, sendo:

Materiais “Úrbicos” (inglês, urbic) compostos de detritos urbanos (tijolo, pedras, vidros, plásticos, etc.) e materiais terrosos; Materiais “Gárbicos” (inglês, garbage) compostos de materiais detriticos com lixo orgânico predominantemente em condições anaeróbias; Materiais Espólicos (inglês, spoil) materiais terrosos escavados e redepositados em aterros com pouca quantidade de detritos; Materiais Dragados, resultantes de dragagens de cursos d’água (Peloggia,1998, p. 74).

Para Peloggia (1988), o trabalho de Oliveira (1990) aponta uma simplificação na classificação de depósitos tecnogênicos em função de sua genética, as quais são: construídos (aterros, corpos de rejeitos, etc.); induzidos (assoreamento, aluviões modernos, etc.); modificados (depósitos naturais alterados por efluentes, adubos, etc.).

Apesar de algumas diferenciações ou simplificações as classificações propostas estão baseadas no trabalho de Ter-Stepanian (1988), que descreve os depósitos pela sua composição orgânica, inorgânica, terrígena ou heterogênea.

Os Technosolos são estudados por outras áreas científicas, porém empregando o termo Depósito Tecnogênico na Geologia ou Geografia, sendo os termos Anthropossolos, Solos Urbanos ou Solos Antrópicos utilizados pelas ciências agrônômicas, porém grande parte das técnicas de estudo é comum às diversas áreas com o uso de descrição morfológica, análise física e química do material.

Em 2010, a *International Union of Soil Science* (IUSS) (2010) referendou no *World Reference Base for Soil Resources* (WRB) uma divisão dos Technosolos com o enquadramento distinto dos Anthropossolos (Áreas Agrícolas) no qual são ressaltados a modificação das características e propriedades pelo revolvimento e adição de substâncias químicas e os Technosolos (Áreas Urbanas), destacando os tipos de fragmentos e materiais alóctones existente na camada artificial. O IUSS (2010) vem aprimorando a classificação dos solos criados pela ação, os quais tornaram-se uma realidade de grande extensão areal e de significância físico/química de gênese e dinâmica através dos tempos.

2.2 Impactos Ambientais de Depósitos Tecnogênicos

As áreas submetidas a intensos processos de urbanização, segundo Gupta (1997) tem seus processos hidrológicos, geomorfológicos e climáticos acelerados nestes espaços urbanos

requerendo medições destas interferências como forma de subsidiar o planejamento urbano.

A alteração da geomorfologia e pedologia do sítio urbano com a criação e alteração de novas formas deposicionais como os depósitos tecnogênicos devem ser acompanhadas para dar suporte aos projetos de engenharia civil e eventos problemáticos como movimentos de massa, desabamentos de edifícios públicos, entre outros. Dentre os casos analisados, o trabalho de Gupta (1997) apontou em grandes cidades o aumento dos movimentos de massa e fenômenos de subsidência devido à existência de grandes estruturas. Em cidades médias os fenômenos de enchentes e erosão aparecem com mais frequência e em cidades pequenas os processos erosivos atuam mais constantemente.

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).

Grebenets (2003) chama a atenção para problemas geológicos e geociológicos em áreas urbanizadas no nordeste do território russo, atentando para os métodos de restauração de fundações de edifícios danificados pela acomodação resultante de depósitos tecnogênicos. A urbanização acelerada do nordeste da Rússia, em função da atividade industrial e mineral nesta província, gerou inúmeros depósitos

tecnogênicos com resíduos da atividade mineradora com restos da construção civil.

Devido às baixas temperaturas na região enfocada pelo estudo ocorre a formação de uma camada de gelo no solo, a chamada “permafrost”, que com o aumento das temperaturas e degelo passa a reagir quimicamente com os materiais antrópicos. A dissolução de materiais tecnogênicos e a instabilidade do terreno ocupado por edifícios apresentam posteriormente deformação e comprometimento da estrutura restando somente como alternativa a desocupação pelas populações. Em alguns edifícios foi possível a recuperação com a injeção de cimento na base e a retirada do material mais instável. Os prejuízos resultantes da instabilidade dos depósitos tecnogênicos em edifícios, ruas e pontes resultaram na identificação destes corpos artificiais no ambiente e planejamento com a destinação adequada, a citar-se, o uso para parques e reservas (GREBENETS, 2003).

A atividade humana, visando à adequação das formas geomorfológicas, requer a transformação do ambiente em escala micro, meso e macro com a criação de relevos antropogênicos, os quais, dependendo do tempo e uso do solo, acabam despercebidos pela população em geral tamanha a transformação dos ambientes urbanos com mais de 100 anos de existência, segundo Goudie (2006). As estimativas apontam que a retirada, o acréscimo e a movimentação de material para adequação do ambiente a edificação civil, notadamente o aplainamento de áreas, requerem anualmente 3 bilhões de toneladas/ano. O agente antrópico somado aos agentes naturais acelera os processos de intemperismo, erosão, sedimentação, causando sensíveis impactos aos ecossistemas.

Goudie (2006) destaca os casos de metrópoles como Hong Kong, Dubai e Tokyo que avançam sobre o mar para expandir seu território econômico, através da movimentação de milhares de toneladas de resíduos da construção civil, solos e em alguns casos resíduos sólidos domiciliares nas águas marinhas, causando

desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos. Os depósitos tecnogênicos situados em orlas marítimas estão sujeitos aos processos de acréscimo e retirada de material pela ação das ondas e em alguns casos são comuns às situações de subsidência nestas áreas devido à acomodação do material em virtude da água no subsolo.

Os materiais alocados em Depósitos Tecnogênicos são fontes de desastres ambientais em inúmeras cidades do mundo. Em função deste fato, Rogachevskaya (2006) discute como cada ambiente reage à incorporação, mobilização e afirma que a retirada destes materiais no meio urbano pode imprimir acidentes em contexto local, regional e global, segundo sua composição e extensão. Dentre os impactos ambientais cita-se a influência de construções de grande porte com grande incorporação de material alheio ao ambiente local, que acaba causando subsidências, colapsos e movimentos de massa.

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).

Lehmann e Stahr (2007), revisando os estudos relativos à alteração da camada pedológica, apontam que a primeira referência de solos urbanos está relacionada ao estudo de Ferdinand Senft, de 1847, e o primeiro mapeamento dos solos urbanos aconteceu em 1951, determinando as principais características destes corpos artificiais adicionados ao ambiente. Os autores citados apontam que nem todos os solos urbanos foram prejudicados pela adição de substâncias, como por exemplo, solos com incorporação de matéria orgânica

demonstraram boa capacidade de absorção de água e fertilidade para agricultura urbana.

Em relação às áreas urbanizadas mais antigas, LehmanneStahr (2007) destacam que:

Hacilar, Turkey is the oldest urban region in the world still in existence, originating 7,500 years BC and demonstrating signs of recognizable urbanization 5,000 years BC (Benevelo1980). Urbanization in the Near East started more than 2,500 years ago most notably in Jericho (Palestine) and cities along the Nile, Indus, Euphrates and Tigris. Similarly, urbanization in Mediterranean Europe attributable to the Mycenaeans and Romans dates back to more than 2,000 years BC, for example Athena, Sparta and Rome, but a only few cities in Middle Europe, such as Trier and Cologne, are significantly older than 1.000 years (Lehmann e Stahr, 2007, p.251).

O entendimento da evolução dos solos urbanos é importante para o planejamento do uso da terra, pois a enorme variedade de materiais que compõem estes corpos pode auxiliar na definição da função adequada a cada área, como por exemplo: criação de áreas verdes, agricultura urbana, infiltração das águas pluviais, entre outras. Na maior parte dos casos é impossível a retirada do material acrescido ao solo natural, em função deste fato é fundamental entender as características e a dinâmica dos processos pedológicos segundo Lehmann e Stahr(2007).

A adequação e criação de novas formas topográficas para a expansão do uso do solo na cidade de Budapeste (Hungria) segundo Csimas (2010) acelerou os trabalhos de engenharia civil em micro formas para edificação doméstica no centro urbano e macro formas para grandes assentamentos humanos em área de várzeas na periferia desta cidade. Apesar do desenvolvimento tecnológico da engenharia civil em vencer os obstáculos topográficos, os custos em alguns casos excedem os possíveis valores de venda de lotes urbanos tornando as

operações inviáveis do ponto de vista econômico. Somente com a agregação de valor em função da beleza paisagística em áreas de relevo inclinado como serras, lagos e depressões seria possível validar as operações de criações de formas antrópicas de relevo.

De acordo com Csimá (2010), os DT podem ser enquadrados em micro, quando estes possuem o tamanho de um lote residencial, portanto mais fáceis de recuperação e macro, quando o solo e o relevo são alterados para grandes empreendimentos civis ou criação de áreas receptoras de resíduos urbanos.

Csimá (2010) destaca categorias de inclinação de relevo em diversas áreas da cidade de Budapeste que podem ampliar os gastos e as dificuldades de engenharia que direcionam as possíveis áreas de assentamento urbano visando ainda à diminuição dos gastos públicos com infraestruturas adicionais, evitando problemas futuros com subsidências, movimentos de massa, entre outros. Os depósitos tecnogênicos criados em função do deslocamento de enormes quantidades de material (solo) apresentam problemas de infiltração das águas pluviais devido à compactação e principalmente subsidência e acomodação em áreas onde ocorreu o aplainamento do local com materiais diversos (solo e resíduos da construção civil).

As cidades européias enfocadas por Meuser (2010) devido à idade de fundação, variando em torno de 500 anos a 1000 anos, acumularam em sua camada pedológica as enormes quantidades de material, principalmente aquelas que sofreram destruição total na primeira e segunda guerra mundial, nas quais os restos dos edifícios destruídos somados aos materiais explosivos das bombas detonadas incorporaram-se ao solo formando faixas extensas de solos antropogênicos. Outra situação extremamente preocupante em algumas cidades alemãs diz respeito a extensas camadas de rejeitos de mineração sobre as quais as cidades direcionaram seu crescimento, apresentando sensíveis problemas ambientais e a qualidade de vida das

peessoas residentes em função das análises realizadas que indicam altos níveis de contaminação do solo e da água.

Segundo Meuser (2010) o maior problema dos solos antropogênicos estudados nas cidades européias reside na distinção de camadas de materiais antrópicos e naturais. A representação do recorte temporal e espacial de cada tipo de rejeito depositado em função da atividade predominante naquele período requer o uso de ferramentas múltiplas de estudo e tratamento da solução a ser empregada em cada caso.

Em trabalho pioneiro, Oliveira e Queiroz Neto (1993) iniciaram estudos sistemáticos de identificação e caracterização de depósitos tecnogênicos por erosão acelerada em áreas rurais próximas a núcleos urbanos no Planalto Ocidental Paulista. O efeito devastador da erosão nos solos paulistas originados pelo desmatamento e a ausência de práticas conservacionistas gerou o deslocamento de quantidades de sedimentos para a calha dos rios produzindo desequilíbrio nos processos fluviais, tais como: migração do canal, assoreamento dos fundos de vales, entre outros.

A caracterização dos depósitos tecnogênicos seguiu a metodologia empregada na descrição morfológica e análise física correntes na área pedológica e Oliveira e Queiroz Neto (1993) reconhecem nas áreas de deposição estudadas que os depósitos tecnogênicos formam dois pacotes sedimentares distintos, o primeiro na base com sedimentos e matéria orgânica característicos de ambientes de deposição fluvial, estruturados e mal drenados e o segundo nitidamente sob influência antrópica apresentando grandes camadas deposicionais recentes e com material humana (fragmentos de tijolos, plásticos, madeiras, entre outros). O estudo aponta a necessidade de aprofundamento da questão dos depósitos no tocante ao Quaternário Paulista buscando entender a formação e dinâmica destes corpos artificiais na evolução da paisagem.

Partindo de estudos realizados pelo Departamento de Água e Esgotos (DAEE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT) sobre a erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista, Oliveira (1994) detectou que os depósitos sedimentares estavam sendo analisados sobre diferentes terminologias, tais como: solo superficial, aluvião recente, alúvio-colúvio ou aluvião-estratificado sem estar ligados a uma perspectiva tecnogênica. A partir desta premissa desenvolveu-se um estudo que demonstrasse o significado destes depósitos tecnogênicos na compreensão do assoreamento dos reservatórios.

Para o entendimento global da questão, Oliveira (1994) selecionou sub-bacias para identificação e análise dos depósitos tecnogênicos existentes e sua correlação com os depósitos existentes no reservatório da Usina Hidrelétrica de Capivara no rio Paranapanema. Os depósitos existentes nas sub-bacias apresentaram fases de agradação com o desmatamento e uso intensivo do solo sem práticas conservacionistas e posterior estabilização do material quando as vertentes encontravam-se com vegetação mais densa e com práticas conservacionistas que diminuía o impacto das águas pluviais. Além do estudo dos depósitos nos afluentes, os depósitos formados no reservatório junto às desembocaduras dos rios nos períodos de estiagem apresentaram dois tipos principais: argilosos predominando nas áreas de basaltos e arenosos nas áreas areníticas. As análises apontaram que a relação entre o uso do solo e a criação e expansão de depósitos tecnogênicos está ligada as fases econômicas agrícolas mais intensivas na região estudada.

De acordo com Oliveira (1994) os materiais tecnogênicos não se formam somente no encontro dos cursos d'água com o reservatório, e ainda:

Os depósitos expressivos avançam para o reservatório, mas também para montante do remanso, devido à propagação remontante da atenuação da velocidade das águas. Este

processo de desenvolvimento do depósito provoca o aumento progressivo da extensão de áreas marginais submetidas à enchente. Além disto, o extravasamento do canal fluvial incrementa a erosão das margens, realimentando o processo (Oliveira, 1994, p. 63).

A atividade humana sobre a superfície terrestre nos últimos 8.000 anos, principalmente com o advento da agricultura e o desenvolvimento de núcleos urbanos, cresceu de tal magnitude ao ponto da interferência provocar a formação de estruturas pedológicas e geomorfológicas resultando em taxas superiores a de processos naturais segundo Peloggia (1998).

A intensa urbanização verificada nas metrópoles e cidades médias resultou na gênese de áreas de descarte e acumulação de materiais humanos, os quais são chamados de depósitos tecnogênicos representando inúmeros problemas ambientais, sociais e econômicos constituindo entraves na expansão do uso do solo urbano, gerando desvalorização econômica destas áreas. No caso específico tratado por Peloggia (1998) correlaciona-se a identificação e composição dos depósitos de origem antrópica com os problemas ambientais da grande metrópole paulista, mais especificamente, eventos de deslizamentos, enchentes e assoreamento dos canais fluviais, bem como a discussão das medidas preventivas e corretivas destas questões.

O trabalho de Peloggia (1998) enfoca ainda as características dos depósitos tecnogênicos aplicados à prevenção de movimentos de massa, os quais apresentam inúmeros problemas para a qualidade de vida e a edificação na cidade de São Paulo, visto que grandes áreas povoadas estão em situação de risco devido à movimentação de depósitos tecnogênicos em vertentes inclinadas. Outra situação enfocada envolvendo depósitos diz respeito à ocupação várzeas, mais especificamente com aterramentos ora compostos por materiais

dragados ou realocados e infelizmente com grande quantidade de lixo urbano representando perigos a população local.

Os depósitos tecnogênicos enfocados no estudo de Lisboa (2004) apresentam os problemas resultantes da alteração da linha de costa da ilha de Florianópolis por meio de enormes aterros construídos para a construção de vias de transporte e ampliação de áreas para a expansão imobiliária. Por meio da identificação das mudanças morfológicas de natureza tecnogênica ocorridas na linha de costa, o estudo procurou analisar a representatividade dessas alterações relacionadas às políticas públicas de expansão urbana na época de construção destes aterros.

Os aterros realizados na ilha de Florianópolis demoraram a ser ocupados pela população local em função da desconfiança quanto à segurança do local, fato este somente revertido com a instalação de órgãos públicos, obras e vias viabilizadas pelos governos municipais e estaduais. No processo de implantação e formação destes DT inúmeras variáveis ambientais foram desconsideradas, bem como as exigências da legislação ambiental foram abrandadas para execução das obras (LISBÔA, 2004).

De acordo com Machado (2004) os impactos ambientais resultantes da rápida expansão da malha urbana da cidade de Araguaína assemelham-se a outras cidades acima de 100.000 habitantes no Brasil. Nesta cidade especificamente destacam-se o descarte dos resíduos sólidos resultantes da construção civil, os quais são depositados em ravinas, voçorocas ou em ruas sem pavimentação para compactação no leito, em certos casos até pelas equipes de restauração do pavimento da administração local. Além deste fator observa-se que o escoamento pluvial, principalmente concentrado nos meses de janeiro e fevereiro, arrasta quantidades significativas de resíduos sólidos para o vale dos rios, aumentando sensivelmente a acumulação de materiais no leito e nas pequenas planícies de

sedimentação constituindo o que se chama de depósitos tecnogênicos induzidos.

A inexistência de um projeto de planejamento urbano ou ambiental da cidade de Araguaína condiciona atitudes que visam soluções rápidas ou imediatistas sem nenhum efeito duradouro na solução de problemas ambientais. Frequentemente, os depósitos tecnogênicos das mais variadas origens provocam inúmeros problemas para o desenvolvimento urbano, pois em alguns casos, os depósitos tecnogênicos mais antigos são encobertos pela vegetação e por uma fina camada de sedimentos sobre os quais são erguidas moradias que com o passar do tempo acabam por apresentar rachaduras ou mesmo desabar, principalmente em vertentes inclinadas próximas aos fundos de vale (MACHADO e OLIVEIRA, 2005).

Oliveira et al (2005) realizam uma síntese da atividade humana como agente geológico nos últimos 10.000 anos, enfatizando o período dos últimos 200 anos com a implementação da Revolução Industrial, a qual acelerou velocidade de transformação da superfície terrestre em níveis nunca vistos. O trabalho realiza uma breve revisão dos estudos que destacam a ação antrópica destacando autores como Ter-Stepanian com o termo Tecnógeno, Pavlov e Gerasimov com o termo Antropógeno, além dos estudos sobre o Tecnógeno no Brasil mais difundidos nas regiões sul e sudeste.

Com o reconhecimento do impacto global da atividade humana, inúmeros pesquisadores desenvolveram ferramentas para o entendimento da realidade, como por exemplo, a análise de riscos geológicos urbanos e transformação e recuperação de áreas degradadas em ambientes altamente dinâmicos como o urbano e a dificuldade de trabalhar no âmbito político.

No ambiente urbano, o monitoramento visando a previsão de problemas resultantes da alteração do espaço por meio de geoindicadores que demonstram a magnitude, frequências, taxas e tendências do comportamento do ambiente é dos métodos discutidos

por Oliveira et al (2005) visando a prevenção e recuperação de uma área degradada em curtos períodos (< 100 anos) da atividade humana.

De acordo com Gomes et al (2006) as intervenções humanas além de alterar e influenciar a dinâmica de inúmeros processos ambientais pode resultar na formação de solos antropogênicos, os quais se constituem em corpos individualizados em uma determinada área. A maior parte dos Antropossolos analisados no estudo era constituída por materiais de construção civil e de resíduos sólidos conhecidos como lixões, na maior parte abandonados, que com o passar do tempo formavam distintos horizontes apresentando maior ou menor compactação, menor estabilidade, identificada como áreas impróprias a edificações humanas.

2.3 Metodologias de Estudo de Depósitos Tecnogênicos

Segundo Berger (1997) os Depósitos Tecnogênicos podem ser analisados e monitorados por um sistema de geoindicadores, tais como: análise da deposição sedimentar, alteração nos padrões fluviais de drenagem, fluxo hídrico, entre outros. O uso de geoindicadores pode demonstrar o comportamento do material e os problemas ambientais nestas áreas. Através do monitoramento adequado de ambientes artificiais pode-se evidenciar as melhores alternativas para minimização dos impactos gerados, que devido a sua complexidade necessita de uma abordagem holística para o entendimento do problema.

Entender a dinâmica ambiental em escala local, regional ou global ocorridas no último século é fundamental para distinguir mais claramente entre processos naturais, processos sob forte influência antrópica e a potencial magnitude das mudanças induzidas em um ambiente e estabelecer possíveis paralelos futuros com outras áreas afetadas para responder de forma mais adequada com ações para reverter o quadro em questão.

Os geoindicadores baseiam-se principalmente em medições atestando magnitudes, frequências, índices e tendências de processos ambientais ocorridos em um período indicado inferior a 100 anos, ou seja, concomitante a ação mais intensa da atividade humana recente. Os geoindicadores podem oferecer parâmetros de avaliação para prever se processos ambientais estão em fase de estabilização ou aceleração essencial para a tomada de decisões de acordo com Berger (1997).

As atividades humanas em ambientes urbanos causam inúmeros impactos no solo que se distribuem no espaço e no tempo, deste modo Efland e Poyuat (1997) discutem a gênese, classificação e mapeamento dos solos em áreas urbanas para a compreensão dos processos ambientais. A dificuldade do estudo de solos urbanos reside na variedade de materiais dispostos em camadas, tendo cada um sofrido alterações diferenciadas e deste modo o perfil do solo como um todo não apresenta o mesmo estágio de transformação. A enorme variabilidade espacial dos solos urbanos implica na confecção de mapas detalhados de cada classe específica de modo a proporcionar uma melhor compreensão de cada área e suas possibilidades de uso e recuperação. As Influências humanas nos solos podem ser muito complexas com a ocorrência de muitas alterações entre processos naturais e antropogênicos dificultando o entendimento da questão.

Os sistemas fluviais analisados por Osterkamp (2002) apontaram o incremento rápido de materiais em áreas de deposição variando de acordo com a diminuição e recuperação da cobertura vegetal em áreas antropizadas, de acordo com os ciclos econômicos, distinguido da composição do material depositado anterior a ocupação humana. Ressalta-se que em grandes sistemas fluviais a composição do material depositado dependerá da área alterada que fornece o material, resultando na estruturação de camadas diferenciadas do material. Algumas áreas demonstraram uma situação de certa estabilidade após os períodos de intensa interferência com aporte

significativo dos sedimentos e sendo possível a avaliação por meio de imagens de satélite.

Visando destacar a influência dos solos urbanos no planejamento e expansão das cidades da Europa, o estudo de Norra e Stüben (2003) evidencia os principais problemas técnicos (enorme variedade de solos urbanos) e teóricos (inexistência de classificação pedológica) para as equipes de planejamento. Tal fato decorre da importância do uso máximo do solo urbano para a construção e os impactos decorrentes propiciados pela variedade de tratamento para cada composição específica dos materiais contidos nos solos artificiais. Os autores apontam um direcionamento para a pesquisa futura nessa área, a qual deve enquadrar a regionalização das propriedades dos solos em áreas urbanas, investigação da distribuição de padrões e balanços do deslocamento de elementos, entendimento da gênese e dinâmica destes corpos artificiais e evolução dos solos no contexto urbano.

Tendo como meta conduzir um inventário, incluindo identificação e proteção para áreas habitadas, o New York City SoilSurvey Staff (NYCSSS) (2005) elaborou um guia com um levantamento detalhado dos solos urbanos da cidade de New York, visando a sustentabilidade local para o desenvolvimento, remediação, restauração para as possíveis atividades e usos do meio urbano. Tal medida visa facilitar o entendimento da complexa paisagem local, incluindo terrenos cristalinos, rochas sedimentares com intrusões magmáticas, sedimentos de planície costal e depósitos glaciais sobre os quais a urbanização desta cidade se edificou.

Os solos urbanos realizam funções essenciais no ecossistema urbano e o entendimento dos efeitos dos distúrbios antropogênicos no ambiente natural é essencial para o planejamento urbano. Além do levantamento detalhado dos tipos de solos procedeu-se a organização das informações em diferentes escalas de mapeamento para facilitar a ação de cientistas, planejadores e empreendedores. O estudo do New

York City SoilSurvey Staff (2005) proporcionou um guia com informações detalhadas dos solos de 370 locais da cidade de New York, determinando formas de relevo, material de origem, drenagem, permeabilidade, textura, tipos de fragmentos identificados e o pH.

O estudo da evolução natural do ambiente correlacionada com atividade antropogenética nos últimos 100 anos na região da cidade de Colônia na Alemanha serviu como base para o desenvolvimento de ferramentas digitais em um sistema de informações geográficas para o planejamento urbano. Neber et al (2006) apontam a dificuldade de entendimento da dinâmica de áreas antropizadas, nas quais os processos ambientais ocorrem com uma maior taxa de flutuação do que em ambientes naturais, resultando em uma adequação constante de dados e informações em áreas urbanizadas. Como resultados do estudo foram gerados cenários em modelagem 3D para projetos de planejamento e revitalização de áreas degradadas, principalmente com contaminação de solos, visando direcionar melhor as ações com base em análise para as decisões técnicas e políticas da região estudada.

A importância da integração das equipes de planejadores urbanos sociais, econômicos e profissionais em geociências é essencial para administrações públicas obterem maiores sucessos na planificação da expansão dos ambientes urbanos segundo Marker (2006). A construção, manutenção e descarte de materiais em locais adequados é essencial para o gerenciamento urbano, mas em grande parte dos casos, as cidades mais antigas desenvolveram-se sobre áreas que sofreram grande incremento de inúmeros tipos de resíduos, os quais se incorporaram ao ambiente local, sendo de difícil retirada, tratamento ou mesmo destinar outro uso.

Os impactos resultantes da criação de Depósitos Tecnogênicos de diversas atividades são descritos e analisados por Marker (2006) segundo o processo histórico de sua criação pelas diversas atividades antrópicas urbanas, a citar as áreas industriais, portuárias, mineradoras,

comerciais, de modo a propiciar uma visão específica de como ocorre cada processo local.

Marker (2006) destaca que para o gerenciamento do ambiente urbano variáveis como o planejamento do solo urbano, regulamentação de construção, regulamentações ambientais e gerenciamento de emergências são essenciais para diminuir os problemas resultantes da rápida urbanização e a criação de Depósitos Tecnogênicos e suas possibilidades de remediação visando à recuperação ou diminuição dos problemas.

Rossato ; Basso ; Suertegaray (2002) enfocam a dinâmica de formação de depósitos tecnogênicos em áreas de barragens, principalmente associadas a áreas urbanizadas no município de Porto Alegre (RS). A evidência da magnitude e frequência da atividade antrópica neste estudo reside na importância da aceleração do tempo geomorfológico e a estruturação de ambientes resultando em novas formas de dissecação e acumulação dos sedimentos transportados.

A abordagem do estudo com base na análise textural dos horizontes que compõem os depósitos de barragens evidenciou a atividade dos elementos climáticos, principalmente a pluviosidade na estruturação das camadas e disposição horizontal dos materiais. Nas épocas de maior pluviosidade e diminuição da cobertura vegetal associada à expansão urbana segundo Rossato; Basso; Suertegaray (2002) verificou-se uma concentração de sedimentos de maior granulometria, geralmente cascalhos e areias grossas.

Nos períodos de eventos climáticos de menor pluviosidade, as camadas estavam associadas a sedimentos de granulometria reduzida, em relação a esta análise os depósitos com granulometria reduzida e menor teor de argila são mais facilmente retrabalhados pela força das águas atuando nas vertentes e nos canais fluviais. Outro aspecto evidenciado nos depósitos estudados é a forte presença de matéria orgânica de origem fecal nos horizontes superficiais (Rossato ; Basso ; Suertegaray, 2002).

A introdução de materiais tecnogênicos no ambiente, além dos fatores de alteração do solo, águas superficiais e subterrâneas, vem-se constituindo em médias e grandes cidades em ampliação dos fatores de riscos na ocorrência de movimentos de massa das diversas formas, principalmente quando do avanço da malha urbana sobre estes corpos. Nesse sentido, o trabalho efetuado por Godoy et al (2002) na cidade de Presidente Prudente, oeste do estado de São Paulo visou avaliar as condições de segurança de empreendimentos, como no caso da ampliação do Distrito Industrial com base no risco tecnogênico. A matriz de avaliação contou com a seleção de 4 fatores principais, a saber: Geodinâmica Externa (processos erosivos e ações antrópicas), Rochas e Solos, Declividade do Terreno e Presença da Água.

Com base nos fatores anteriormente apresentados, Godoy et al (2002) elaboraram o mapa síntese da área de estudo demonstrando as áreas de maiores riscos tecnogênicos, o qual serviu de guia para a ampliação da área do Distrito Industrial de Presidente Prudente restringido grande parte da área proposta para a expansão, a qual pode acarretar mais problemas ambientais com a execução de obras.

Visando a análise das alterações ambientais decorrentes da urbanização na região metropolitana de Porto Alegre, Fujimoto (2005) realizou a identificação e mapeamento dos compartimentos de relevo em uma bacia hidrográfica determinados por fatores naturais e os relevos produzidos pela ação humana. A avaliação geomorfológica incluiu a abordagem histórica das formas de relevo, do material de cobertura superficial e dos processos geomorfológicos.

As formas de relevo determinadas por fatores naturais na área de estudo estão restritas aos padrões de: Formas de Morros com Topos Convexizados, Formas de Relevo em Colinas de Topos Convexos e Formas de Relevo de Áreas Planas. Com relação às formas tecnogênicas de relevo identificou-se o padrão de Formas de Planícies Tecnogênicas resultantes de um intenso processo de colmatção estendidas ao longo da sub-bacia determinada pela

elevação do nível topográfico da construção de uma barragem. De acordo com Fujimoto (2005) apesar da interferência antrópica, não conduziu a um estado severo de degradação ambiental, porém ressalta-se que áreas com formas tecnogênicas e, portanto instáveis estão sendo ocupadas pela expansão urbana com possibilidades de riscos a vida no futuro.

A maior parte das grandes cidades brasileiras é resultante dos povoamentos iniciais criados pelos portugueses no litoral e que atualmente concentram grandes contingentes populacionais em áreas pobres em recursos hídricos e confinados para a expansão urbana segundo Fujimoto (2005). O crescimento da malha urbana acrescida ao aumento populacional gera diariamente toneladas de resíduos sólidos, os quais são de difícil descarte ou reciclagem e sendo incorporados ao ambiente urbano gerando os depósitos tecnogênicos.

A abordagem geomorfológica baseada no desenvolvimento de metodologias comparativas de morfologias naturais e antropogênicas residem no cerne do trabalho de Rodrigues (2005) na área urbana da cidade de São Paulo e seu entorno. A análise destaca os estágios de pré-perturbação, perturbação ativa e de pós-perturbação das intervenções humanas na construção e manutenção desses ambientes avaliados enquanto ações geomorfológicas em formas, materiais e processos. A elaboração de material cartográfico comparativo das morfologias originais e antrópicas evidenciam as unidades espaciais que compõem o mosaico de ambientes a sofrerem ações preventivas e corretivas mais efetivas para cada caso específico. Outro fato ressaltado por Rodrigues (2005) é a investigação da dinâmica e da história cumulativa das intervenções humanas, considerando as particularidades dos contextos morfoclimáticos e morfoestruturais reinantes em cada região.

Utilizando-se de geotecnologias para o mapeamento da evolução dos depósitos tecnogênicos em áreas marinhas, em específico a área costeira da cidade de Rio Grande, no estado do Rio

Grande do Sul, Dumith et al (2009) abordou as modificações geomorfológicas e os problemas resultantes do avanço dos depósitos nesta cidade. Com o uso de fotografias aéreas dos anos de 1964, 1975 e 1999 e as imagens do satélite QUICKBIRD do ano de 2006 trabalhadas no software Quantum Gis (QGIS) livre e gratuito, além dos trabalhos de campo complementares foi possível a mensuração.

Nas áreas onde os DT não tiveram suas dimensões ampliadas por novos acréscimos de material, a análise das fotografias aéreas e imagens de satélite evidenciaram a diminuição do depósito em função da ação erosiva das marés e o material sendo levado para as águas mais profundas. Em alguns locais mesmo com a ação erosiva da água marinha houve um acréscimo significativo de material e aumento da área dos depósitos com areia das dunas, entulho e lixo. O uso de SIGs e imagens de satélite mostraram-se uma ferramenta adequada para o dimensionamento e avanço destes ambientes artificiais e fornece subsídios para a diminuição ou eliminação desta questão (DUMITH, 2009).

O estudo de depósitos tecnogênicos em barragens realizado Korb (2006) propõe a identificação e análise dos materiais constituintes e a relação com as atividades humanas no entorno do corpo d'água, apresentando uma variedade significativa de fatores, tais como: indústrias, ocupações irregulares, bairros urbanos, agricultura, silvicultura, as quais proporcionam diferentes impactos e deslocamento de matéria.

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.

Visando abordar o estudo do Tecnógeno sobre a perspectiva sistêmica, o trabalho de Figueira (2007) desenvolve sobre uma abordagem histórica da evolução urbana da cidade de São Paulo, a qual atrelada a cada ciclo econômico e suas respectivas atividades que geraram os respectivos Depósitos Tecnogênicos. Para o entendimento da dinâmica baseada em sistemas tecnogênicos de São Paulo utilizou-se a divisão em sistemas fluviais, sistemas urbanos e sistemas de mineração, os quais compõem o cenário de formação das extensas áreas tecnogênicas.

Os sistemas tecnogênicos de várzeas e de encostas em São Paulo são os tipos que causam mais problemas e de maior extensão espacial, sendo necessária a intervenção para evitar riscos ambientais para a população e não somente medidas paliativas para remediar a situação. Como ponto de discussão e ações a serem tomadas Figueira (2007) conclui que o problema dos riscos ambientais associados a Depósitos Tecnogênicos é tratado pelas administrações de forma compartimentada, ou seja, disposição de resíduos, de mineração e de riscos geológicos e não tratada de forma integrada para que os diversos fatores envolvidos e que criam uma sinergia de impactos ao ambiente, a sociedade e a economia sejam minimizados ou resolvidos.

O crescimento urbano da cidade de Goiânia (GO) nas últimas décadas acelerou o processo de formação de depósitos tecnogênicos associados aos sistemas fluviais. Com o objetivo de quantificar e separar nos depósitos os eventos de deposição humana e deposição natural dos sedimentos e materiais, Rubin et al (2008) realizaram a identificação de depósitos por fotografias aéreas, identificação do perfil e uso de vibro-testemunhador para a datação e estimativa dos sedimentos depositados nestas áreas.

De acordo com Rubin et al (2008), as taxas apresentadas de sedimentação de distribuição dos depósitos tecnogênicos em uma área de 25 km², espessura média de 2 metros, densidade de 1,2 g/cm³ e em um período de 25 anos apontam para valores de 0,143 t/km² ano e em conjunto com informações de moradores o crescimento de barras arenosas foram estimadas em 3 metros num período de 4 anos, ou seja, 75 cm por ano devido ao acréscimo das taxas de sedimentação.

Souza et al (2009) aplicou o estudo da produção de sedimentos com base na avaliação das fases de uso do solo rural e urbano em bacias hidrográficas, em especial com recorte para as áreas de depósitos tecnogênicos, através do método proposto por Oliveira (1994). A avaliação da evolução do uso do solo foi realizada através do uso de fotografias aéreas de diferentes períodos e imagens de satélite Quick Bird para a determinação das feições erosivas. A evolução histórica dos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos nesta microbacia demonstra diferentes taxas de deposição no fundo de vale, seguida de um período de estabilização e da fase de reentalhamento do canal, no qual as taxas de produção de sedimentos são similares as encontradas em outros trabalhos da mesma natureza.

2.4 Medidas de Controle de Impactos de Depósitos Tecnogênicos

De acordo com Pavao-Zuckerman (2008), os solos urbanos são formados em momentos históricos característicos de cada cultura refletindo o modo de ocupação de uma determinada área, sendo o resultado de interferências diretas e indiretas nos processos físicos, químicos e biológicos. Com a compreensão dos processos antrópicos e o conhecimento da dinâmica dos solos urbanos podem-se planejar uma intervenção mais adequada e com isto a restauração de ambientes será mais bem sucedida.

De acordo com Pavao-Zuckerman (2008) os materiais tecnogênicos podem variar seus impactos segundo:

The specific properties of an urban soil are a function of the nature of urbanization and how urban environment interacts with local environmental and climatic conditions. Different forms and types of cities (McIntyre et al, 2000) affect local ecosystems in different ways, such that urban density, economies and political organization can have implications for ecological patterns (Pavao-Zuckerman, 2008, p.643).

Segundo Pavao-Zuckerman (2008) áreas com DT nos Estados Unidos apresentaram significativas melhoras nas condições físicas, químicas e biológicas quando isolados e estabilizados por espécies vegetais (gramíneas, arbustos ou árvores para fins paisagísticos), resultando após alguns anos em área com disponibilidade para uso no lazer e com custos diminutos na recuperação.

O legado do uso do solo pré-urbano é mascarado pelas condições correntes, mas os efeitos residuais das atividades humanas podem complicar nossa compreensão para a restauração ambiental urbana, levando-se em consideração que nem todas as intervenções resultaram em degradação, como por exemplo: os solos da cidade de Phoenix, estado de Arizona (EUA) onde o uso agrícola passado aumentou os baixos níveis de C, N e micronutrientes resultando em melhor fertilidade. As cidades são as moradas de milhões de pessoas e a restauração da camada pedológica é premente para os possíveis usos do solo urbano e cada área e cada cidade deve utilizar as técnicas mais indicadas para cada tipo de alteração da camada pedológica segundo Pavao-Zuckerman (2008).

De acordo com Boscov (2008) o processo de geração de gases é mais frequente em depósitos com alta percentagem de materiais orgânicos. Na fase inicial é dominante os processos aeróbios e geralmente durando apenas uma semana devido aos altos teores de

oxigênio com geração de CO₂. A segunda fase inicia-se com a elevação da temperatura e início da fase anaeróbia durando de um a seis meses e com aumento significativo de CO₂. A terceira fase que dura de 3 meses a 6 anos marca a geração acelerada de CH₄ e na última fase com duração de 8 a mais de 40 anos, a geração de gases CH₄, N₂ e CO₂ diminui drasticamente.

Segundo Boscov (2008) para uma recuperação efetiva da área é necessário que:

A remoção do solo contaminado, compreendendo escavação, transporte e disposição, só é possível quando há pleno acesso aos contaminantes, além de acarretar impacto em outra área. O confinamento ou isolamento deve impedir a liberação de material tóxico da área contaminada para o meio ambiente e interceptar o material tóxico já liberado antes que atinja o receptor (Boscov,2008, p.165).

O macro-complexo da construção civil envolvendo a retirada, transformação e uso de matérias-primas naturais consome entre 20 e 50 % dos recursos naturais da sociedade segundo Sjöstrom (1996) apud John (2009), ressaltando que alguns recursos têm reservas limitadas. Atualmente, os resíduos da construção civil e de outras atividades são dispostos em aterros que permanecerão por tempo indefinido causando problemas a camada pedológica e águas subterrâneas, sendo a reciclagem a melhor forma a reduzir ao mínimo a quantidade de resíduos.

Os resíduos segundo Ângulo; Zordan; John (2001) são empregados com o devido tratamento na fabricação de tijolos, pavimentos, concreto simples, entre outros fins. Algumas cidades no Brasil como Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Vinhedo e São Paulo já possuem unidades para produzir artefatos com restos da construção civil e oferecendo preços menores que os similares comumente usados em casas e edifícios.

Os resíduos da construção civil podem ser aproveitados para diversos fins e de acordo com John (2009) e John et al (2009) a reciclagem de resíduos como material de construção envolve os seguintes aspectos: a caracterização física, química e da microestrutura dos resíduos incluindo o seu risco ambiental; busca de possíveis aplicações dentro da construção civil, considerando as características dos resíduos; o desenvolvimento de diferentes aplicações, incluindo o seu processo de aplicação; análise do impacto ambiental do novo produto e a viabilidade financeira do produto desenvolvido.

Diferentemente de outros países, a preocupação com resíduos é relativamente recente no Brasil, nos EUA já existia uma política no final de 1960 uma política para resíduos chamada Resource Conservation and Recovering Act (RCRA) e na Europa a reciclagem de resíduos da construção civil ganhou força logo após a II Guerra Mundial. No entanto, alguns municípios brasileiros operam com sucesso as centrais de reciclagem produzindo agregados utilizados como sub-base para a pavimentação de acordo com John e Agopyan (2009).

3. Gênese, Morfologia e Dinâmica de Depósitos Tecnogênicos

Os resíduos sólidos resultantes da implantação, transformação e demolição do processo de urbanização são depositados em ravinas, voçorocas, terrenos baldios, fundos de vale ou em ruas sem pavimentação para compactação no leito. 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. Além deste fator, verifica-se que o forte escoamento superficial concentrado nos períodos de intensa pluviosidade, arrasta quantidades significativas de resíduos sólidos para os fundos de vale dos rios, aumentando sensivelmente a acumulação de materiais no fundo do leito e nas pequenas planícies de sedimentação constituindo o que se chama de Depósitos Tecnogênicos.

Em áreas tropicais, a deposição de detritos de atividades humanas em topografias inclinadas são os fatores que propiciam o surgimento de diversos tipos de movimentos de massa iniciados geralmente por episódios de intensas chuvas nos meses de verão no litoral brasileiro. Além dos casos de prejuízos econômicos soma-se a este quadro a triste perda de vidas humanas, como o caso do Morro do Bumba no Rio de Janeiro em abril de 2010, vide figura 01, área esta de declividade acentuada com moradias erguidas sobre DT com resíduos domésticos que com o deslizamento provocou a morte de aproximadamente 200 pessoas.

O ambiente até então condicionado por processos naturais começa a incorporar elementos artificiais da atividade humana, a qual aumenta sua influência em função do crescimento populacional e do nível tecnológico. A área antropizada é modelada para atender as atividades humanas ao longo da evolução cultural e tecnológica de cada época. Em algumas cidades milenares como Roma, o sítio urbano foi continuamente reconstruído através das épocas sobre

antigas estruturas existentes, sendo posteriormente descobertas suas fundações e resquícios em formas de depósitos de materiais parcialmente ou integralmente incorporados ao ambiente.

Figura 01 – Deslizamento no Morro do Bumba (Rio de Janeiro)



Fonte: <http://www.jovensconectados.org.br/simbolos-da-jmj-passarao-por-morro-do-bumba-em-niteroi.html>

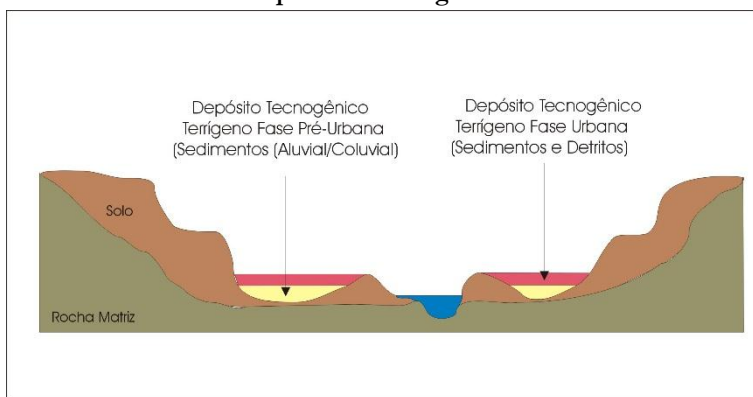
A rápida expansão urbana de cidades médias nas últimas duas décadas no Brasil favoreceu o avanço da ocupação de novas áreas, principalmente próximo aos fundos de vales dos diversos cursos d'água que atravessam a cidade. As administrações municipais atuais,

em geral, não possuem 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.

O entendimento do uso pretérito do solo urbano é necessário para analisar as primeiras alterações na camada pedológica local. No caso de algumas cidades brasileiras parte da malha urbana possuía a atividade de pecuária extensiva e de pequenas lavouras de subsistência não resultando em nenhum incremento significativo de adubos e fertilizantes.

Com a retirada da cobertura vegetal, os processos de erosão e lixiviação dos solos foram intensificados com diminuição sensível do horizonte orgânico quando comparado à área com vegetação nativa. A alteração das condições ambientais favorece a criação de depósitos tecnogênicos terrígenos anterior à urbanização com a deposição de materiais tecnogênicos diversificados, vide Figura 2.

Figura 2 – Perfil Esquemático de Formação Pré-Urbana de Depósitos Tecnogênicos



Arte: Machado, C. A. (2011)

Os DT criados incorporam-se ao ambiente local sendo encobertos pela sedimentação em fundos de vale e de difícil detecção pelo crescimento da vegetação e os quais mais tarde criam problemas para as estruturas das casas construídas sobre estes materiais. Ressalta-se que as administrações públicas até o presente momento não tem 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. É muito comum verificar pontos de afundamento de ruas e avenidas que foram pavimentadas sobre antigas ravinas e voçorocas aterradas indevidamente com lixo doméstico e resíduo da construção civil.

Segundo o Art. 4º da Resolução do CONAMA (2002) inciso 1º, “os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei”.

A Resolução do CONAMA (2002) de nº307, publicada em 5 de julho de 2002, classifica os resíduos sólidos urbanos conforme sua origem e formação para efeito de disposição final e reciclagem. No artigo Art. 3º desta resolução os resíduos da construção civil deverão ser classificados da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundo de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. *(nova redação dada pela Resolução CONAMA (2004) nº 348/04).*

Os Depósitos Tecnogênicos não proliferam somente em áreas tropicais, mas seus problemas remontam há séculos e décadas na Europa, Ásia e Oriente Médio e sua grande heterogeneidade requer métodos e técnicas adequadas para o tratamento de cada situação. Na última década, o mundo tem assistido a transformação do espaço geográfico em macro escalas, ou seja, as intervenções humanas em pequenas escalas sucessivas deram lugar a mega projetos de ocupação humana com grandes modificações.

Um exemplo de alteração no ambiente terrestre e marinho de grande escala é a construção no Oriente Médio, mais especificamente em Dubai nos Emirados Árabes Unidos, da gigantesca ilha artificial chamada Palm Beach com cerca de 30 Km² de área com a retirada e realocação de milhares de toneladas de rochas e solos e caso seja um sucesso haverá novas ilhas artificiais, outro caso de grande intervenção são as ilhas do Oceano Pacífico como as Maldivas formadas por

corais, os quais são constantemente aterrados para a expansão urbana por obras públicas, vide figuras 3 e 4.

Figura 3 – Ilha Artificial Palm Beach, Dubai



Fonte: realestate.themiratesnetwork.com

Figura 4 – Urbanização de Corais, Ilhas Maldivas



Fonte: <https://www.maleairport.com>

O monte Testaceo em Roma é um dos mais antigos exemplos de criação de um relevo tecnogênico, ou seja, com um depósito de ânforas de cerâmica de vinho e outros líquidos ergueu-se um monte artificial na paisagem, vide Figura 5.



Figura 5 – Monte Testaccio , Roma, Itália.

Fonte:<http://educavita.blogspot.com.br>

Em alguns locais, a retirada, remobilização e acréscimo de materiais tecnogênicos podem formar uma pequena, mas extensa capa superficial sobre a cobertura pedológica que expande à medida que as águas do escoamento superficial carregam os materiais vertente abaixo. Exemplos da diversidade de materiais tecnogênicos são expostos por Lehmann ; Starh (2007) na Alemanha, os quais podem ser visualizados na Figura 5.

A estruturação e organização de um ambiente é o resultado da evolução de um ambiente que se processou ao longo de milhares ou milhões de anos, sendo o conjunto resultante de processos endógenos e exógenos que atuam sobre a superfície terrestre.

Tanto verticalmente como horizontalmente a estruturação dos elementos pode agregar o resultado de inúmeros eventos que atuaram no passado conferindo maior heterogeneidade de fatores a serem estudados como base para o planejamento e desenvolvimento das cidades.

Figura 6 – Diversidade de Depósitos Tecnogênicos na Alemanha



Fonte: Lehmann ;Starh (2007)

Os materiais depositados em ravinas, voçorocas e aterros de fundo de vale são remobilizados pelos grandes volumes das enxurradas no período de verão, sendo posteriormente entulhado nos fundos de vale, o qual é estabilizado pelo crescimento da vegetação exótica e de pouca diversidade, mas adaptada a este tipo de ambiente, sendo comum a construção de residências sobre este tipo de depósito e geralmente apresentam problemas estruturais.

Em geral, as áreas particulares que acumulam os mais variados tipos de detritos de empresas que abriram falência somente têm os problemas ambientais resolvidos quando ocorre uma intervenção do poder público. No Brasil é recorrente o uso de recursos públicos para sanar problemas particulares e que poderiam ser destinados para outros fins ambientais.

Em recente viagem do autor ao Chile no ano de 2011, é visível a enorme quantidade de Depósitos Tecnogênicos existentes criados por rejeitos de mineração, os quais eram depositados e compactados em depressões do relevo ou simplesmente descartados em enormes pilhas a céu aberto nas periferias das cidades.

Estes rejeitos de mineração a céu aberto estão expostos a ação das águas pluviais, mesmo que mínima nesta região do Chile, mas principalmente a ação dos ventos que facilmente espalham o pó por toda a área.

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.

O carreamento para a calha fluvial de sedimentos arenosos e argilosos, geralmente formam depósitos estabilizados por uma vegetação adaptada as condições de poluição com o constante assoreamento, os quais precisam ser dragados anualmente para diminuição do risco de enchentes.

O aumento significativo de sedimentos em fundos de vale e canais fluviais representam importantes geoindicadores das condições de desequilíbrio ambiental. A necessidade de medidas preventivas e recuperativas, as quais não sendo implementadas rapidamente favorecerão o aumento da degradação da área.

Não bastasse a grande carga de sedimentos recebida pelos córregos, adiciona-se a este quadro os inúmeros poluentes orgânicos e inorgânicos, grande quantidade de resíduos sólidos domésticos e materiais de construção descartados próximos aos córregos para aterro e compactados para obras civis, os quais proporcionam uma grande heterogeneidade de materiais que formam os depósitos tecnogênicos fluviais.

Os resíduos da construção e demolição da construção civil contêm inúmeros elementos químicos que ao entrar em contato com a água na camada pedológica são dissolvidos e incorporam-se ao ambiente podendo ser absorvidos pelas plantas, microrganismos, peixes e seres humanos.

Além do papel da água dissolvendo e transportando os elementos químicos, deve-se citar o trabalho de térmitas e vermes no solo que produzem minúsculos canais facilitando a migração da água. Na Tabela 1 estão relacionados os elementos químicos presentes em cada tipo de material descartado.

O processo de regeneração de ambientes com DT 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 para ocorrer a decomposição do que um depósito com elementos orgânicos, mas quando se leva em consideração o efeito poluidor na área pode ser prolongado nos dois casos.

Tabela 1 – Problemas Causados no Ambiente Com o Descarte de Resíduos da Construção Civil

Tipo de Material	Efeitos Produzidos no Ambiente
<i>Cimento</i>²	Formação de Crostas no Solo, Acidez no Solo e Água.
<i>Cal</i>¹	Acidez no Solo e Água
<i>Ferro</i>⁴	Formação de Ferro-Bactérias e Modificação da Coloração da Água.
<i>Madeira</i>	Decomposição com Geração de Gases e Retirada de Nitrogênio do Solo.
<i>Plástico</i>⁵	Decomposição Lenta, Presença de Substâncias Tóxicas.
<i>Cerâmica</i>⁶	Presença de Produtos Químicos Tóxicos e Diminuição da Porosidade.
<i>Alumínio</i>²	Intoxicação Crônica
<i>Argila</i>² (Telhas)	Formação de crostas
<i>Amianto</i>³ (Telhas)	Doenças no Pulmão (Asbestose, Câncer e Mesotelioma)
<i>Tintas</i>²	Incorporação de Metais Pesados em Seres Vivos e Toxicidade da Água.
<i>Vidros</i>²	Acidez (Carbonato de Sódio) e Formação de Crostas (Sílica e Feldspato)

Fontes: www.inca.gov.br/ (1), www.reciclagem.pcc.usp.br/ (2), [www.bu.ufsc.br/cac/reciclagem.pdf/](http://www.bu.ufsc.br/cac/reciclagem.pdf) (3), <http://www.cetesb.sp.gov.br/> (4), www.biodigital.pt (5), <http://www.ebah.com.br/> (6)

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, os quais podem ser

analisados na Tabela 2. Na cidade de Araguaína, os DT apresentam-se em alguns casos como uma camada superficial de espessura média de 30 cm, porém com pouca expressão areal, que com a compactação, decomposição e sedimentação formando um horizonte superficial enrijecido.

Tabela 2 – Características dos componentes em DT

Componente	Características
Resíduos Alimentares	Muito úmido, putrescível, degradável, inflamável
Papel e trapos	Seco a úmido, compressível, degradável, inflamável
Resíduos de jardinagem	Úmido, putrescível, degradável, inflamável
Plástico	Seco, compressível, pouco degradável, inflamável
Metais Ocos	Seco, corrosível, amassável
Metais maciços	Seco, fracamente corrosível, rígido
Borracha	Seco, inflamável, compressível, não amassável, pouco degradável
Vidro	Seco, amassável, pouco degradável
Madeiras e espumas	Seco, amassável, erodível, degradável, inflamável
Entulhos de construção	Úmido, amassável, erodível, pouco degradável
Cinzas e pó	Úmido, possui características de solo, compressível, ativo quimicamente e parcialmente solúvel.

Fonte: Sower (1973) apud Boscov (2008)

As taxas de estabilização e incorporação ao ambiente dos DT podem variar significativamente devido às diferenciações dos materiais em suas diversas fases de formação, visto que segundo Boscov (2008):

O crescimento populacional, as modificações na distribuição demográfica e nos hábitos da população, as flutuações na economia, a evolução tecnológica, entre outros fatores, acarretam alterações na composição dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ao longo do tempo. A evolução tecnológica, por exemplo, continuamente introduz novos produtos nos RSU, tais como plásticos, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, produtos químicos e chips. Por exemplo, na cidade de São Paulo, o teor de materiais putrescíveis diminuiu de 82,5 % em 1927 para 58% em 2003, enquanto plásticos inexistentes na composição dos RSU até a década de 1960 representavam 16% da massa total dos RSU em 2003 (IPT, 2003; Limpurb, 2003) apud (Boscov, 2008, p. 36).

Dentre os estudos analisados sobre quantidade e produção de resíduos da construção civil, os dados mais atualizados constam no trabalho de Júnior (2005), os quais apontam para uma redução de 2.325 toneladas/dia no ano de 2.000 para 1.795 toneladas/dia no ano de 2004. Esta diminuição é resultante de uma fiscalização mais efetiva, do reaproveitamento, diminuição de resíduos nos canteiros de obras e reciclagem dos materiais pela Prefeitura de Belo Horizonte.

De acordo com a idade do DT, 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.

A geração de resíduos difere de cidade para cidade e neste sentido Ângulo ; Miranda ; John (2009) apresentam alguns totais de cidades brasileiras, os quais podem ser visualizados na Tabela 3.

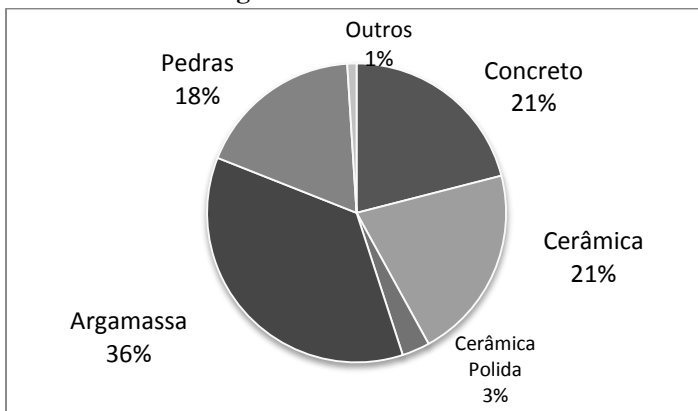
Tabela 3 – Quantidade de Resíduos de Demolição e Construção (RCD) de Cidades no Brasil

Cidade	Estado	População	RCD (Ton/Ano)	RCD Per Capta (Kg/Ano)	Dados do Ano
Santo André	São Paulo	625.564	369.745	591	1997
Vitória da Conquista	Bahia	242.155	113.150	467	1998
Ribeirão Preto	São Paulo	456.252	380.695	834	1995
São José do Rio Preto	São Paulo	323.627	250.755	775	1997

Fonte: Pinto (1999) apud Ângulo ; Miranda ; John (2009)

Zordan e Paulon (2009) em um estudo desenvolvido para analisar a reciclagem da parte mineral do entulho para confecção de concreto determinaram as percentagens do entulho, as quais podem ser visualizadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Percentagem Média dos Constituintes do Entulho



Fonte: Zordan ; Paulon (2009)

4. Influência dos Ambientes na Análise de Depósitos Tecnogênicos

A remodelação do ambiente urbano para assentamentos alteram a geomorfologia local, seja com acréscimo ou retirada de material provocando o aumento na erosão, transporte e deposição de sedimentos pelo escoamento superficial. No caso específico dos solos, a formação de DT em alguns casos promove a impermeabilização aumentando o fluxo do escoamento superficial aumentando o aporte de matéria e energia que os cursos d'água devem transportar.

Os DT tendem a expandir sua área de influência, tanto horizontalmente como verticalmente, dependendo da textura do solo mais arenosa como nas Unidades Ambientais I e II, por meio da migração das partículas acionadas pela percolação da água, ação mecânica das raízes das plantas, bem como carregados pelas águas pluviais.

O comportamento e a evolução dos DT desde sua formação até a fase final de estabilização pode ser identificada e simplificada em três fases principais analisadas por Machado (2012), as quais são:

1. **Formação:** estágio de baixa atividade ou inerte com acumulação de matéria.
2. **Decomposição:** estágio de alta atividade transformadora da matéria.
3. **Estabilização:** fase na qual os elementos são decompostos totalmente e incorporados ao solo.

Devido à composição heterogênea dos materiais constituintes e o tipo de ambiente é difícil estimar o tempo necessário para a estabilização final do DT, de modo grosseiro, depósitos com maior

fração orgânica e arenosa podem se estabilizar de modo mais acelerado e depósitos com materiais inorgânicos e fragmentos demandará um espaço de tempo maior. Ressalta-se ainda que o DT podem ter *inputs* e *outputs* de matéria em função da movimentação de sedimentos e materiais do escoamento superficial e percolação da água.

A dinâmica do clima na decomposição do depósito determinará a velocidade de incorporação dos materiais à camada pedogenética e as novas formas de relevo produzidas pela ação antrópica, sendo basicamente quando:

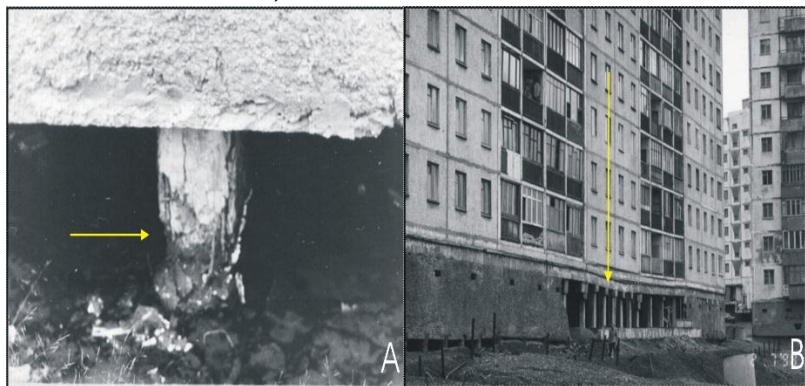
- Quente e úmido: maior decomposição e atuação durante a maior parte do ano.
- Quente e seco: decomposição lenta e acelerada por chuvas sazonais.
- Temperado: decomposição acelerada no verão e retração no inverno.
- Frio: decomposição limitada pelo degelo e restrita no período de inverno dominante durante o ano.

Os DT decompõem-se diferentemente de acordo com as características ambientais de cada área. No caso de regiões tropicais, as temperaturas e o acúmulo de umidade no solo aceleram a degradação dos materiais e promovem a diminuição do volume e as características químicas resultando em problemas estruturais em obras públicas e de edifícios.

Inversamente das áreas tropicais, Grebenets (2009) destaca que em áreas polares ou periglaciais, apesar de inexistência de verões quentes, o depósito expande com o congelamento da água no inverno

e com o degelo a decomposição do material se processa resultando na corrosão das estruturas e desestabilização de edifícios, vide Figura 7.

Figura 7 – Corrosão de Estruturas (A) e Afundamento dos Alicerces em Conjuntos Habitacionais na Rússia



Fonte: Grebnet (2009)

No tocante a análise de DT, em ambientes tropicais destaca-se a dinâmica climática de dois fatores como a pluviosidade e temperatura nos processos ambientais. As altas temperaturas aceleraram a atividade microbiana, principalmente em materiais tecnogênicos orgânicos e as chuvas intensificarão a dissolução e dispersão dos materiais.

A variação das chuvas e temperaturas em DT tropicais promove basicamente dois tipos de comportamento dos processos ambientais em ambientes tecnogênicos. No primeiro estado, o material estará submetido à saturação da água *in situ* e no solo adjacente, principalmente em texturas argilosas, predominando condições anaeróbias de decomposição das partes orgânicas com presença de chorume. O segundo estado promove a diminuição da decomposição na camada superficial do depósito com a época de

estiagem atuando na redução da água em profundidade com o rebaixamento do lençol freático.

Apesar da disposição irregular e da variedade de materiais presentes nos DT da cidade de Araguaína, a grande quantidade de chuvas no período de dezembro a abril, mantém o solo saturado de água em profundidade, seja este de textura argilosa ou arenosa no material tecnogênico, fato este verificado em campo por meio da abertura de trincheiras.

A presença da água é essencial no entendimento da dinâmica dos processos em DT, seja na influência dos processos biológicos aeróbios e anaeróbios, na atuação da dissolução do material orgânico e inorgânico e no transporte de partículas dissolvidas nas diferentes camadas do depósito. Deve-se ressaltar que, além do tipo de material constante no depósito é necessário atentar para o material pedológico no entorno, o qual pode facilitar ou dificultar a dispersão de partículas em função da textura. A capacidade de reter umidade pode variar em função do tipo de material contido no depósito (Machado, 2012).

O fator declividade aumenta o poder de carreamento das águas pluviais em um determinado local, sendo necessário correlacionar estes parâmetros em conjunto com o tipo de material tecnogênico visando determinar a possibilidade de maior ou menor instabilidade de depósito.

Um fato observado em campo por Machado (2012), é que mesmo em baixas inclinações, o material pedológico circundante do DT de textura arenosa, somado as altas taxas de pluviosidade registradas na região provocam o carreamento de grande parte do material tecnogênico, ressaltando-se o fato de boa parte dos materiais tecnogênicos foram depositados em antigas ravinas e voçorocas.

5. Metodologia de Análise de Depósitos Tecnogênicos

5.1 Gênese e Caracterização dos Depósitos Tecnogênicos

Os Depósitos Tecnogênicos podem ter sua gênese ligada a deposição de materiais em um determinado local de forma direta ou indireta pela ação humana ou em ambos os casos. Nos estudos utilizados para este trabalho identificou-se que grande parte dos depósitos tem sua formação ligada a disposição inadequada de materiais em erosões como ravinas e voçorocas nas áreas periféricas das cidades brasileiras e outros depósitos estão ligados ao transporte do material do topo para a base da vertente e ainda formados pelo transporte e deposição fluvial em várzeas.

Inúmeros sítios urbanos tiveram uma fase pré-urbana, na qual ocorreram desmatamentos para ocupação agrícola ou pecuária. Esta ocupação anterior atuou influenciando nas taxas de erosão, transporte e sedimentação dos canais fluviais e nas áreas de fundos de vale com a deposição de materiais.

Em determinados casos, as áreas de sedimentação fluvial podem exibir duas camadas distintas, sendo a primeira camada, parte inferior, dominada por sedimentos e fragmentos de pequenas dimensões no caso de interferência nula ou mínima de ordem antrópica e a segunda, parte superior, com nítida presença de materiais tecnogênicos entremeados por sedimentos.

Para a definição da gênese de depósitos, aplicou-se 2 estágios iniciais para a classificação, a saber:

- **Gênese Pré Urbana:** depósitos com ocupação agropecuária ou de mineração (depósitos somente com materiais terrígenos) anterior a urbanização.

- **Gênese Urbana:** depósitos com presença de resíduos sólidos domésticos, industriais, resíduos da construção civil, entre outros, geralmente formados para aterramento de ravinas e voçorocas.

5.1.1 Caracterização da Área de Estudo e da Expansão Urbana

Na caracterização da expansão urbana de cidades é possível a utilização de um leque de fontes bibliográficas como monografias, publicações e dissertações realizadas por universidades particulares, estaduais e federais, Censos Demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Planas Diretores e publicações de secretaria de planejamento e meio ambiente entre outros, entre outros.

A elaboração dos mapas de expansão urbana demonstrando a área, direcionamento e temporalidades da urbanização podem ser realizados através de fontes como os mapas municipais, Planos Diretores, Imagens de satélite, cartas topográficas e materiais de órgãos como empresas de saneamento e energia elétrica, bem como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Na caracterização ambiental da área em estudo e no mapeamento das características ambientais encontram-se disponíveis diversos trabalhos dos governos estaduais e federal, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), Comissão de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), entre outros.

Para melhor detalhamento de dados e informações, o estudo deve ser complementado com trabalhos de campo e entrevista com profissionais de órgãos públicos.

5.1.2 Classificação dos Depósitos Tecnogênicos

A identificação e a caracterização de DT a serem realizadas devem levar em consideração a predominância de um material (orgânico, inorgânico, terrígeno ou químico), visto que é comum a diversidade de materiais presentes nos depósitos.

As propostas elaboradas para a classificação de DT por Chemekov (1983), Fanning e Fanning (1989), Peloggia (1998) e Oliveira (2005) utilizadas na maioria dos estudos levam em consideração a gênese e a composição do material.

Nesse sentido, a proposta de classificação empregada nesta metodologia 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) aplicada no estudo de Machado (2012), vide Figura 8.

A opção pela classificação do material acrescentando o tipo de ambiente baseia-se no fato, que em geral, os depósitos são constituídos em sua maioria de uma mescla de resíduos domésticos, industriais e de sedimentos e os processos diferenciam-se de acordo com a dinâmica de cada ambiente em que ocorre a deposição, como por exemplo: infiltração e escoamento das águas pluviais, ação hidráulica dos cursos d'água, acomodação e decomposição do material, movimentação de sedimentos e migração de elementos químicos.

A influência do ambiente no qual o depósito foi gerado, seja este terrestre, fluvial, lagunar ou marinho é essencial para entender a dinâmica dos processos em atuação nos materiais contidos no corpo artificial, bem como facilitar as possíveis medidas mitigadoras da questão.

Em Depósitos Tecnogênicos Terrestres (DTT) destaca-se que o tipo de material pode aumentar ou diminuir a instabilidade do terreno, em função da acomodação ou movimentação em áreas habitadas. Com relação aos processos ambientais, os DT podem influenciar a infiltração e o escoamento superficial, modificação da composição química das águas subsuperficiais, composição da fauna endopodônica e o tipo de cobertura vegetal, que é extremamente seletiva para este tipo de ambiente.

Os Depósitos Tecnogênicos Fluviais (DTF) são gerados pela deposição humana em planícies de sedimentação de forma direta ou indireta através do material transportado pelo canal fluvial do material retirado das vertentes. O DTF é o tipo que tem maiores alterações das características químicas e estruturais em função da constante atuação da água.

O depósito fluvial será influenciado conforme a maior ou menor vazão dos cursos d'água pela incorporação do material em suspensão em relação à dinâmica da pluviosidade. As áreas com depósitos em grandes centros urbanos causam danos na estrutura das casas e facilitam a ocorrência dos alagamentos e enchentes devido à diminuição do leito dos rios.

Figura 8 – Classificação de DT segundo o Ambiente de Formação e Material Constituinte



Organização: Machado, C. A. (2012)

Em Depósitos Tecnogênicos Lagunares (DTL) formados por aterros ou em bancos de sedimentação com o encontro dos rios e lagos, a influência dos depósitos diz respeito à diminuição da área útil do lago, diminuição da qualidade da água, favorecendo os processos de eutrofização e oligotrofização quando presentes em maior quantidade no espelho d'água de acordo com Machado (2011).

Caso o espelho d'água possua grandes dimensões, a ação do vento aumentará significativamente a atuação das ondas sobre o material, causando rupturas na estrutura e tal como nos canais fluviais,

o movimento ascendente e descendente das águas atuará na dissolução dos minerais.

Em Depósitos Tecnogênicos Marinhos (DTM) a exemplo dos lagunares tem sua formação ligada à aterros para expansão urbana costeira de acordo com Lisboa (2004), os quais influenciam a qualidade da água em seu entorno, bem como dependendo da extensão interferir na dinâmica nas ondas no encontro com a praia e sua mobilidade ou estabilidade dependerá do fluxo e refluxo sobre o material. Os depósitos marinhos sofrem influência da água salina marinha na parte frontal e água doce na retaguarda pelo escoamento pluvial.

5.1.3 Localização de Depósitos Tecnogênicos por Imagens de Satélite

A localização dos DT por imagens de satélites é dificultada pelo fato do material geralmente estar coberto por aterros, vegetação e construções civis. Para facilitar a identificação podem ser utilizados fatores indiretos, tais como: manchas diferenciadas de vegetação (exóticas), surgimento de novos depósitos fluviais, feições erosivas expostas pelas águas pluviais e áreas com exposição da camada pedológica e acréscimo de solos diferente do original.

A localização dos DT deve utilizar-se da análise comparativa das imagens de satélite, disponíveis por órgãos estaduais e federais como o IBAMA e Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (INPE) através dos programas CIBERS e Google Earth®. A interpretação das imagens de satélite além de auxiliar na localização e identificação pode ser usada para avaliação dos impactos ambientais

Devido à grande quantidade de DT de pequenas dimensões encontrados nas áreas urbanas, adotou para esta proposta somente depósitos com área superior a 500 m², em virtude da dificuldade de localização em imagens de satélite e em trabalhos de campo. A mensuração das áreas analisadas pode ser obtida através da utilização dos softwares mais usados como ARCGIS, SPRING e IDRISI.

Como exemplo de identificação de DT por imagens de satélite temos na Figura 9 dois casos diferenciados. Na Figura 2(A) as feições erosivas como ravinas indicadas pela seta branca podem expor o

material ou identificar áreas propícias de depósitos a serem confirmados em campo.

Em grande parte de nosso país, empresas e até mesmo órgãos de prefeituras utilizam-se de ravinas e voçorocas para descartar resíduos da construção civil e lixo doméstico como posterior aterramento.

Na Figura 10, a exposição da camada pedológica para construção civil e a diferenciação da coloração dos sedimentos pode indicar depósitos tecnogênicos.

Os trabalhos de campo são essenciais para complementar a identificação e o mapeamento de DT em áreas de antigos lixões e “bota-foras”, áreas que sofreram intervenções com a construção de obras públicas de grande porte, principalmente a canalização de cursos de água. Informações complementares podem ser obtidas por meio de informações junto aos órgãos ambientais e antigos moradores dos bairros.

**Figura 9– Identificação de Depósitos Tecnogênicos
por Imagens de Satélite**



Coordenadas: 809674.54 mE / 920451.56 mS

Fonte: GoogleEarth - Spot 4 - 08/08/2011

UTC – 10 metros pancromática

Figura 10 – Identificação de Depósitos Tecnogênicos por Imagens de Satélite



Coordenadas: 806852.50 mE / 9203012.76

Fonte: GoogleEarth - Spot 4 - 08/08/2011

UTC – 10 metros pancromática

5.1.4 Mapeamento de Depósitos Tecnogênicos

Para melhor visualização, o mapa de classes dos principais DT em cada cidade deve ser dividido em tipos de ambiente (fluvial, terrestre, lagunar e marinho) e subdivididos em (inorgânico, orgânico, terrígeno e químico) na escala de 1:10.000. O mapa de localização e tipos de Depósitos Tecnogênicos devem vir acompanhado de uma tabela com a área em m², idade e coordenadas geográficas.

5.2 Identificação de Áreas de Risco Tecnogênico

5.2.1 Cartas Geomorfológica e Pedológica

A elaboração da carta geomorfológica tem como objetivo demonstrar como se inserem os Depósitos Tecnogênicos nos diversos tipos de relevo, vertentes e sua relação com os processos geomorfológicos atuais do ambiente. Para o estudo de DT em áreas urbanas é ideal o uso de cartas na escala de 1:50.000 ou de maior

detalhe, ais quais proporcionarão maiores informações sobre a área pesquisa.

A Carta Pedológica é de fundamental importância no estudo de DT, pois, além de da espacialização dos diversos tipos de solos e suas características físicas, químicas e biológicas, a mesma demonstrará qual tipo de solo está sendo mais usado para a alocação do material tecnogênico. Em geral, as informações sobre os tipos de solos em áreas urbanas são utilizadas de estudos com pouco detalhamento, sendo necessários trabalhos de campo para complemento das informações.

5.2.2 Carta de Declividades

O tipo de relevo e suas declividades associado ao comportamento da pluviosidade são fatores que auxiliarão na possibilidade de identificação de locais com DT sujeitos à movimentos de massa ou de instabilidade do terreno. Como subsídio para a análise deste parâmetro torna-se necessária a elaboração de uma carta de declividade, a qual pode ser gerada através de programas como ARCGIS ou SPRING, a partir da imagem de radar SRTM SB-22-Z-D da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), se possível com equidistância das curvas de nível de 10 metros.

As classes de declividade devem ser definidas de acordo com as predominâncias das inclinações reinantes em cada sítio urbano, deve forma a demonstrar de forma mais efetiva a realidade local.

5.2.3 Movimentos de Massa: Subsidência, Fendilhamento e Deslizamentos

Nos trabalhos de campo, os aspectos referentes à movimentação do material, tais como: subsidência, fendilhamento, carreamento, ravinamento, movimentação e compactação do material podem comprometer as estruturas das habitações e obras públicas, sinalizando o surgimento de problemas em áreas de risco associadas à existência de depósitos tecnogênicos e potencializando a situação. A carta de declividades pode indicar as áreas mais propícias a risco de

movimentos de massa em conjunto com o mapa de existência de material tecnogênico.

5.3 Morfologias de Depósitos Tecnogênicos

A evolução das morfologias de DT é facilitada por meio do uso de imagens de satélites e fotografias aéreas. Quando for possível a existência de uma série temporal de imagens, além da variação das morfologias é possível estimar o aumento ou diminuição da área do depósito.

Em campo, o estudo deve complementar informações sobre o depósito como, por exemplo, no caso da composição da estrutura do material ser predominantemente de contribuição fluvial, de material carregado das vertentes ou mesmo de acréscimo de forma direta por ação antrópica.

A evolução das morfologias pode ser complementada pela elaboração de perfis transversais e sua posição topográfica nos diversos tipos de relevo.

Na análise dos DT relativo à estruturação do material será evidenciada a ação antrópica direta e/ou indireta na deposição de sedimentos e materiais antrópicos, visando o entendimento de seu processo de formação, bem como da estratificação do material utilizando os critérios expostos em Suguio (1973) e Suguio (2003) para classificação do processo deposicional.

5.3.1 Perfil Topográfico e Transversal dos Depósitos Tecnogênicos

A elaboração dos perfis transversais em conjunto com as cartas de declividade e geomorfológica objetiva evidenciar o posicionamento e a estrutura do DT na vertente. Tanto na carta altimétrica como os perfis utilizou-se do programa ARCGIS 9.3, com equidistância de 10 metros da imagem de radar SRTM SB-22-Z-D, obtidas no site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de 2012.

A posição topográfica do DT na vertente, seja esta transversal ou perpendicular e acrescida da inclinação existente é essencial para fins de definição da situação de estabilidade ou instabilidade, ou seja,

DT em inclinações mais acentuadas favorecem os efeitos de deslocamento de material potencializado por cortes para a construção de residências ou vias públicas.

Além dos materiais cartográficos e imagens de satélite, a elaboração dos perfis transversais deve contar com a abertura de trincheiras para mensuração da profundidade. Em depósitos mais profundos e com material resistente (restos de demolição) a mensuração aproveitou a existência dos cortes provocados pelos ravinamentos. Tal procedimento pode ser adotado em razão da falta de aparelhos mais sofisticados.

5.4 Caracterização de Depósitos Tecnogênicos

5.4.1 Análise Granulométrica dos Sedimentos e Materiais Tecnogênicos

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 adeterminação dos percentuais de areia (fina, média e grossa), argila, silte e matéria orgânica segundo a escala de Wentworth.

Para análise em laboratório foram retiradas amostras de 500 g de cada camada do perfil, posteriormente peneiradas para a separação dos sedimentos e materiais tecnogênicos, os quais foram medidos e pesados posteriormente tendo seus resultados expressos em porcentagem.

Na análise do material dos perfis em campo, o parâmetro **cor** teve sua a definição obtida através do uso da Carta de Munsell; a **textura** por meio da análise granulométrica; a **estrutura** das camadas (plana, blocos ou irregular), **consistência** (friável ou compactada) e **concreções** (tipo e forma). Suguio (1973) ressalta que a composição e disposição da deposição de sedimentos são essenciais para o entendimento da funcionalidade de depósitos inconsolidados.

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).
- Grande (> 10 cm).

5.4.2. Estratificação do material

Na análise dos DT relativo à estruturação do material será evidenciada a ação antrópica direta e/ou indireta na deposição de sedimentos e materiais antrópicos, visando o entendimento de seu processo de formação, bem como da estratificação do material (plana, transversal, cruzada), vide Figura 1, bem como a espessura das camadas utilizando os critérios expostos em Suguio (1973) e Suguio (2003) para classificação do processo deposicional de depósitos inconsolidados destacando: a) tempo de formação, b) tamanho, c) tipo de estratificação das camadas, d) concreções e e) natureza do material.

Os depósitos de origem antrópica são recentes na América do Sul e Norte (< 200 anos) e mais antigos na Europa e Ásia (< 10.000 anos) e vem se diferenciando em materiais e tipos de deposição, principalmente em área urbanizadas e de sistemas agrícolas modernos como afirmam Smith ; Zeder (2013).

Em recentes discussões do Anthropocene Working Group (AWG) da Subcommission on Quaternary Stratigraphy (SQS) estabelecida em 2009 evidenciou-se a necessidade de uma assinatura preservada nas sucessões sedimentares da formação de corpos estratigráficos compostos por materiais antrópicos para a proposta do Antropoceno como novo período geológico segundo Zalasiewicz et al. (2014).

Com relação às novas camadas estratigráficas criadas pela ação antrópica que servem como registro para definição do Antropoceno, Zalasiewicz (2014) aponta que:

This category may be regarded as both lithostratigraphical and biostratigraphical, for it comprises the built environment (a kind of trace fossil system in the making) that humans have created, particularly in urban areas [27]. These are robust,

largely made of modified geological materials (e.g. sand, gravel, limestone, mudstone, oil shale, coal and mineral spoil, and hard rock), together with more or less novel materials (plastics, metal alloys, glass). (Zalasiewicz, 2014, p. 1039)

A subcomissão (AWG) indica como mais relevantes, os registros nos sedimentos entre o período do ano 1.800 (Revolução Industrial) até 1945 (Aceleração Econômica) de acordo com Waters et al. (2014), Zalasiewicz et al. (2014) e Smith ; Zeder (2004). Alguns estudos como os de Seilacher (1982) e Stinchcomb et al. (2013) propõem que a inclusão do Antropoceno com um Evento Estratigráfico, afirmando que satisfazem os 3 critérios, sendo, (1) registro fisicamente, quimicamente e biologicamente proeminente e diferente das camadas acima e abaixo, (2) medida e extensão mapeável e (3) curta duração ($1 < 10^3$ anos) do registro.

A espessura, disposição e a diversidade do material, contido em cada camada dos depósitos facilitarão ou dificultarão a decomposição e a estabilização e as possíveis soluções para cada caso. Camadas de materiais com baixa permeabilidade no perfil podem dificultar a infiltração da água, migração de material decomposto para a área circundante do depósito, do ar e de microrganismos, dificultando a dissolução do material.

Neste trabalho adotaram-se os seguintes tipos de disposição:

- **Disposição em Camadas Homogêneas:** Sedimentos e fragmentos de mesma granulometria.
- **Disposição em Camadas Heterogêneas:** Sedimentos e fragmentos de granulometria diversa.
- **Disposição Caótica:** Material diversificado e disperso no depósito.

A disposição e a diversidade do material contido em cada tipo de depósito facilitarão ou dificultarão a decomposição e a estabilização pelos processos ambientais e as possíveis soluções para cada caso. Camadas de materiais com baixa permeabilidade no perfil podem dificultar a infiltração da água, migração de material decomposto para

a área circundante do depósito, do ar e de microrganismos, dificultando a dissolução do material.

5.4.3 Área, Espessura e Idade

O estudo de fatores como a área e espessura dos depósitos tem como finalidade subsidiar a análise em relação à instabilidade e à periculosidade, aos quais serão somados os percentuais de declividade das vertentes para melhor compreensão da situação individual de cada DT e na mitigação dos problemas.

A idade do depósito auxiliará no entendimento do estado de decomposição e a influência do tipo de ambiente em que se encontram os materiais tecnogênicos. A época de formação do depósito foi obtida através de registro em secretarias municipais, trabalhos técnicos, artigos ou por meio de entrevistas com moradores do entorno.

A mensuração da forma e profundidade de DT pouco espesso (< 1 metro) tiveram as medidas determinadas por meio do uso do trado quando possível a perfuração do material ou abertura de pequenas trincheiras em três pontos de uma secção transversal para medição com o emprego da trena. Em depósitos mais espessos (> 1 metro) foram aproveitados locais com a exposição do material pelas águas pluviais (ravinas) ou a abertura de uma trincheira para determinação do ponto com maior profundidade.

5.5 Dinâmica dos Depósitos Tecnogênicos

5.5.1 Influência da Pluviosidade e Temperatura

A ação do clima é essencial na análise dos DT em ambientes tropicais, pois quanto maior a pluviosidade em conjunto com a temperatura, mais rapidamente o material será decomposto ou carreado e incorporado ao ambiente pela ação da água e agentes biológicos. O comportamento local dos elementos pluviosidade e temperatura podem ser analisados por meio da construção do gráfico ombrotérmico, através dos dados de Estações Climatológicas. Outro fator importante a ser considerado nas análises é o relativo a

intensidade das chuvas em cada área de estudo, pois diferentes áreas podem ter totais pluviométricos semelhantes mas com intensidades diferentes, resultando em maior carreamento de material.

Quanto maiores os índices de pluviosidade e a concentração sazonal, maiores serão as possibilidades de carreamento de materiais em DT localizados em vertentes e áreas de fundo de vale em determinada época e das novas morfologias adquiridas na evolução temporal por imagens de satélite.

Técnicas como o monitoramento por pinos podem ser empregadas para a avaliação de carreamento do material e seu deslocamento resultando em alterações das morfologias. O emprego desta técnica é problemática em áreas urbanas, já que os pinos podem ser retirados por populares, sendo necessário o isolamento da área com DT.

5.5.2 Decomposição do Material

O estado de decomposição é um importante indicador do início de estabilização do material tecnogênico, assinalando a diminuição e incorporação dos elementos poluidores no ambiente. Contudo, determinar taxas de decomposição em um corpo que contém materiais tão heterogêneos pode ser muito subjetivo, vide Tabela 04, e o uso de fotos com detalhe dos materiais pode expor melhor o estado de alteração.

Um DT pode ser formado em diferentes fases e idades, fato este que refletirá nos tipos de materiais de sua composição. Em DT mais antigos (> 50 anos) não se evidencia presença de plásticos e alguns tipos de produtos como baterias de celulares e em geral apresentam maior presença de resíduos da construção, madeiras e artefatos metálicos, sendo estes últimos raros em depósitos recentes devido ao seu valor para reciclagem. Zalasiewicz et al. (2014) e Ford et al. (2014) afirmam que as taxas de decomposição física e química em depósitos serão controladas, como nos sedimentos naturais, pela temperatura, oxigênio, pH e água.

Tabela 04 – Tempo de Decomposição de Principais Materiais em Depósitos Tecnogênicos

Tipo de Material	Tempo de Decomposição
Orgânicos (Restos de Alimentos)	2 -12 meses
Papel	3 – 6 meses
Garrafas PET e Vidro	400 anos
Alumínio	200 – 500 anos
Borrachas	Indeterminado
Madeira Pintada	13 anos
Latas de Conserva	100 anos

Fonte: <http://dgi.unifesp.br/ecounifesp> (2014)

Para verificação do estado de decomposição do DT foram adotadas três classes para classificar a situação dos materiais tecnogênicos, as quais são:

- **Inerte:** sem decomposição visível ou com estado mínimo de alteração.
- **Parcial:** estágio em que se verifica parte do material apresentando alteração.
- **Total:** decomposição avançada do material

5.5.3 Cobertura Vegetal

O tipo de cobertura vegetal presente em cada depósito será determinada em campo visando determinar o papel da vegetação na estabilização do material. Neste sentido, utilizou-se três tipos: Densa, Esparsa e Rala destacando-se o porte de vegetação (Arbórea, Arbustiva e Gramíneas).

5.6 Periculosidade, Estabilização e Destinação Final

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.

Por meio da análise dos parâmetros elencados na metodologia será possível definir determinadas soluções ou medidas mitigadoras para cada situação retratada, tais como:

- Retirada do material para aproveitamento (resíduos da construção civil) ou destinação para aterros de resíduos sólidos.
- Isolamento e contenção com técnicas de bioengenharia, quando da impossibilidade de retirada do material.
- Remoção do material e disposição em Aterros de Resíduos Sólidos

- Soluções de Engenharia Ambiental, tais como: Encapsulamento Geotécnico (confinamento com barreiras físicas de baixa permeabilidade), Coberturas (Impedimento da entrada de água e escape de gases), Barreiras Verticais (Barreiras para impedimento do fluxo horizontal de água), Atenuação Natural (biodegradação do material, principalmente em DT terrígenos e orgânicos) BOSCOV (2008).

- Retirada e reaproveitamento do material de pequenos DT na fabricação de tijolos e blocos, ideal para depósitos contendo somente RCD.

- Adequação da área para fins de lazer (bosque ou praças), preferencialmente quando os DT tem somente materiais terrígenos.

6. Gênese, Morfologias e Dinâmica de Depósitos Tecnogênicos da Cidade de Araguaína

A crescente especulação imobiliária urbana nas últimas décadas no Brasil acelerou a busca por áreas com maior valor imobiliário e com isto aumentou a ocupação de locais com restrições geomorfológicas ou hidrológicas.

O uso principalmente de resíduos de construção e demolição (RCD) é amplamente usado para aterrar erosões, superfícies inclinadas e áreas de fundos de vale para a implantação de habitações, fenômeno comum em grandes metrópoles e que vem ganhando intensidade em cidades médias.

A cidade de Araguaína, localizada no norte do estado do Tocantins, vide Mapa 1, constitui-se num pólo de atração de investimentos e negócios, fato que acabou gerando um crescimento acelerado a partir de 1975 com a pavimentação da BR-153 e a instalação de diversos empreendimentos fomentados pelo governo federal através da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e do Banco da Amazônia S.A. (BASA). Tal aporte de investimentos culminou na expansão da malha urbana e no crescimento demográfico acelerado, gerando inúmeros problemas ambientais comuns a outras cidades brasileiras (MACHADO e OLIVEIRA, 2005).

A distribuição espacial e a mensuração das áreas afetadas por DT podem revelar uma estimativa das perdas de áreas úteis a população sejam estas para a expansão urbana com ocupação inadequada ou áreas de lazer, além disso, deve-se ressaltar que boa parte dos DT localiza-se em áreas de preservação ambiental como nascentes e várzeas.

A presente proposta de trabalho consiste no entendimento da gênese e morfologia de Depósitos Tecnogênicos no sítio urbano da cidade Araguaína de modo a servir como base para o aprimoramento

de metodologia de análise demonstrando a problemática de tais feições e possíveis caminhos para minimização ou solução da questão.

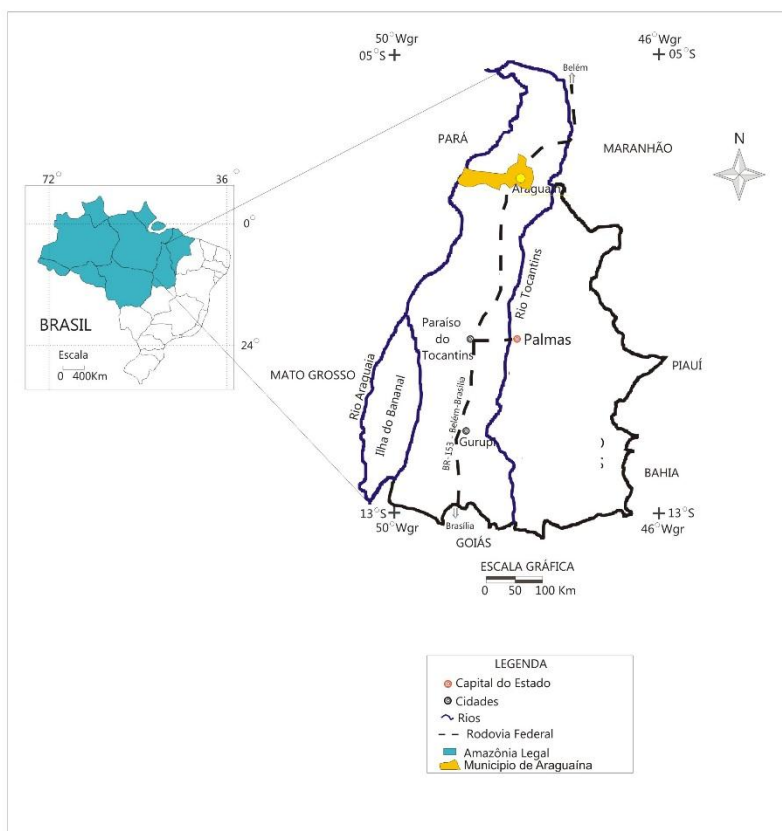
A pesquisa foi dividida em quatro etapas, as quais são:

- Identificar, classificar, mensurar e mapear os tipos de DT em Unidades Ambientais.
- Analisar as estruturas e morfologias dos depósitos e suas consequências para a expansão urbana.
- Adequar a metodologia de análise de DT visando entender não somente a caracterização e estruturação, mas também a dinâmica que ocorre em cada tipo de ambiente específico, seja este terrestre, fluvial ou lagunar.
- Propor medidas ou estratégias que minimizem os impactos dos DT.

Os três tipos principais de DT encontrados em Araguaína segundo a classificação de Ter-Stepanian (1988) são aqueles compostos por elementos inorgânicos, orgânicos e terrígenos, a saber: resíduos da construção civil, resíduos domésticos e aterros. Não se verificou a existência de depósitos químicos de atividade industrial, bem como depósitos marinhos por se tratar de uma área continental.

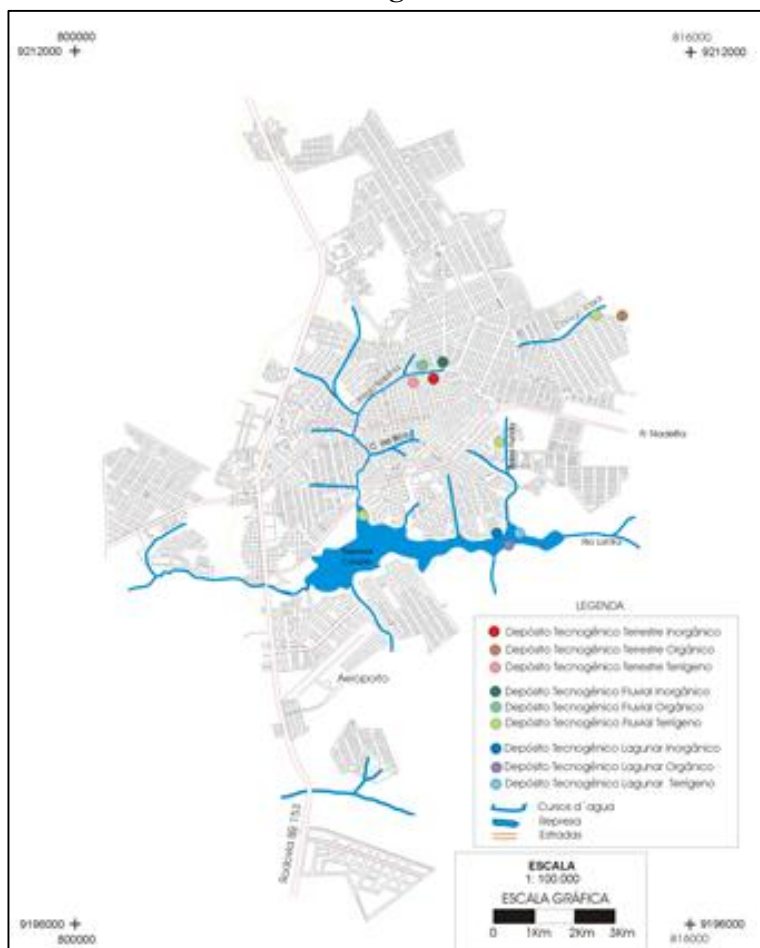
Os perfis de DT selecionados para análise levaram em consideração o exemplo mais representativo do tipo em relação à composição dos materiais e de ambiente na classificação, vide Mapa 02.

Mapa 1 – Localização da Cidade de Araguaína



Fonte: Tocantins (1999)
Autor: Machado, C. A. (2011)

Mapa 02 - Localização dos Perfis de DT Analisados em Araguaína



Autor: Machado, C. A. (2011)

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 destes 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.

O recorte temporal das maiores modificações da cidade de Araguaína passa por dois períodos de intensa modificação urbana, o primeiro entre 1975 e 1985 com a construção da Belém-Brasília (BR-153) e a intensa atividade de garimpo na região e na Serra Pelada na qual a cidade é o ponto de partida e de abastecimento para inúmeras pessoas e o segundo a partir principalmente do ano de 2000 acompanhando o crescimento econômico observado em quase todo o território nacional até os dias atuais.

Segundo os censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1960 e 1980, Araguaína neste período praticamente dobra sua população passando de 48.000 habitantes para 98.000 habitantes e sua malha urbana expande-se grandemente, vide Mapa 03, porém sem a adequada infraestrutura, que se encerra com o declínio do garimpo e a migração de pessoas para a recém fundada capital do estado Palmas em virtude do desmembramento do estado de Goiás.

Após um hiato de crescimento de 10 anos, especificamente a partir de 1999, com uma população estimada em 150.000 habitantes em uma área urbana de 78 Km², a cidade começa a receber investimentos de empresas de ensino universitário e algumas empresas visando o suporte técnico e mecânico para a estruturação da agricultura de grãos para exportação (soja e milho). Tal incremento de

atividades inflaciona o mercado imobiliário e que se consolida a partir de 2006 com o enorme aporte de verbas públicas para obras civis e financiamento de casas gerando um enorme crescimento horizontal que perdura até os dias atuais.

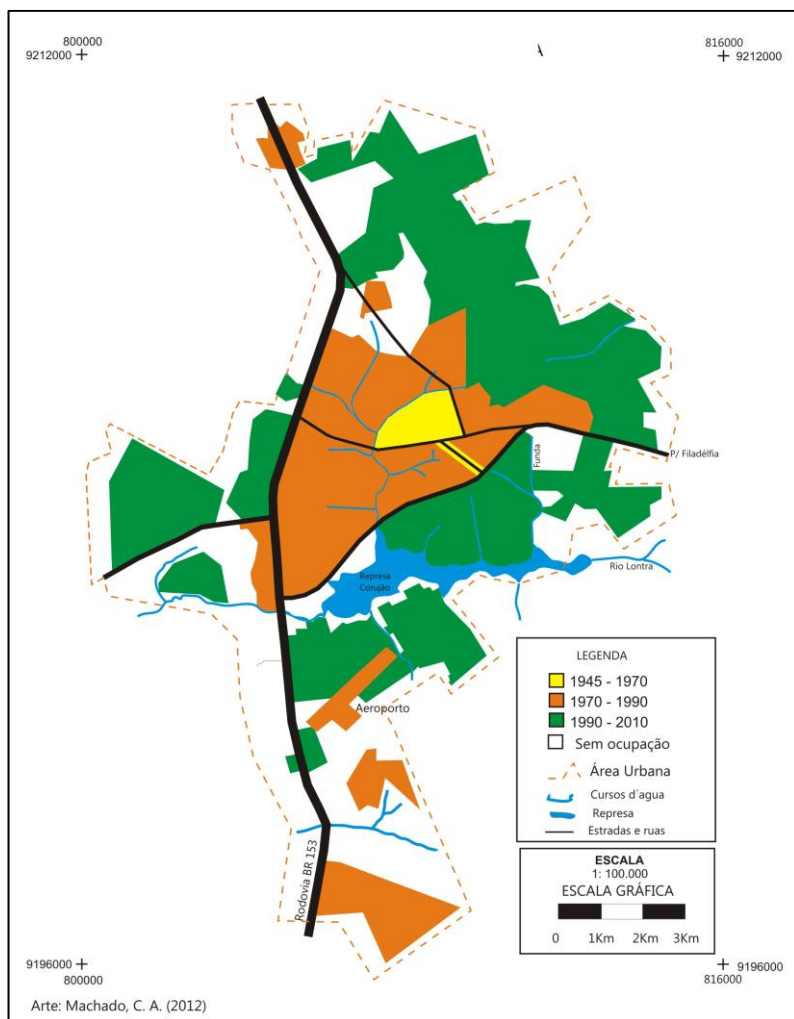
O uso do solo urbano, tal como a expansão da cidade de Araguaína, ocorreu sem uma regulamentação ou direcionamento por parte do poder público, sendo comum a existência de pequenas e médias indústrias em áreas residenciais, fato este que cria problemas tais como a poluição sonora e atmosférica.

Nos últimos anos verifica-se uma tendência de reordenamento urbano como, por exemplo, a concentração de empresas de peças para automóveis junto a BR-153 que antes estavam próximas ao centro da cidade, o mesmo se verifica com as indústrias de transformação e artefatos da construção civil que migraram para o distrito industrial devido aos incentivos municipais e exigências dos órgãos ambientais.

A área central detinha grande concentração de residências junto ao comércio, mas devido à valorização dos imóveis e problemas relacionados ao trânsito e a poluição sonora, grande parte das residências com estruturas antigas e comprometidas tem sido derrubadas e em seus locais as novas lojas comerciais ocupam o espaço atual.

As áreas próximas ao córrego Neblina, o qual atravessa o centro da cidade e a que possui maior concentração de DT ainda possui grande número de residências e alguns comércios, que em muitos casos ocupam áreas irregulares da Área de Proteção Permanente (APP). Nos últimos anos, a valorização imobiliária e as melhorias de infraestrutura como a abertura de avenidas e a canalização dos córregos tornou o espaço local de grande interesse e inúmeros comércios, clínicas médicas e empresas de serviços instalaram-se principalmente na avenida Neblina construída nas áreas de várzea do córrego homônimo .

Mapa 03 - Expansão Urbana da Cidade de Araguaína (1945 - 2010)



Autor: Machado, C. A. (2012)

Segundo o Art. 4º da Resolução do CONAMA (2002) inciso 1º, “os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei”, ou seja, grande parte dos DT da cidade Araguaína situa-se justamente em áreas indevidas, mesmo com a existência de um Aterro de Resíduos Sólidos distante apenas 5 Km do centro da cidade, o qual apenas pode ser enquadrado na categoria de Aterro Controlado, devido as várias falhas na acomodação dos resíduos.

De acordo com as análises em campo os resíduos gerados na cidade de Araguaína enquadram-se na parte na classe A (concretos, restos de pavimentos, etc.) e em menor parte na classe B (tijolos, telhas, cerâmicas, etc.) e uma pequena parte classe C (derivados do gesso), conforme o Art. 3º, incisos I e II da Resolução nº 307 do CONAMA (2002).

Com relação à política ambiental do município de Araguaína aprovada em 30 de dezembro de 1996, disposta na Lei nº-1.659 na subseção V que consta em PMA (1996) que trata dos Resíduos e Dejetos Perigosos, seria necessário acrescentar especificamente tópicos relativos à tipificação, coleta e disposição adequada dos diversos tipos de resíduos sólidos, bem como estímulos a empresas que reciclam os materiais resultantes destas atividades.

A área mais crítica em virtude da expansão urbana com formação de DT localiza-se na bacia hidrográfica do córrego Neblina assentada na maior parte sobre Neossolos quartzarênicos, a qual atravessa o centro da cidade e atualmente está sendo alvo de inúmeras modificações geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas em função de inúmeras obras civis.

A localização e tamanho dos DT na cidade de Araguaína e sua distribuição pode ser visualizada no Mapa 04 e na Tabela 06.

Mapa 5 - Principais Depósitos Tecnogênicos em Araguaína

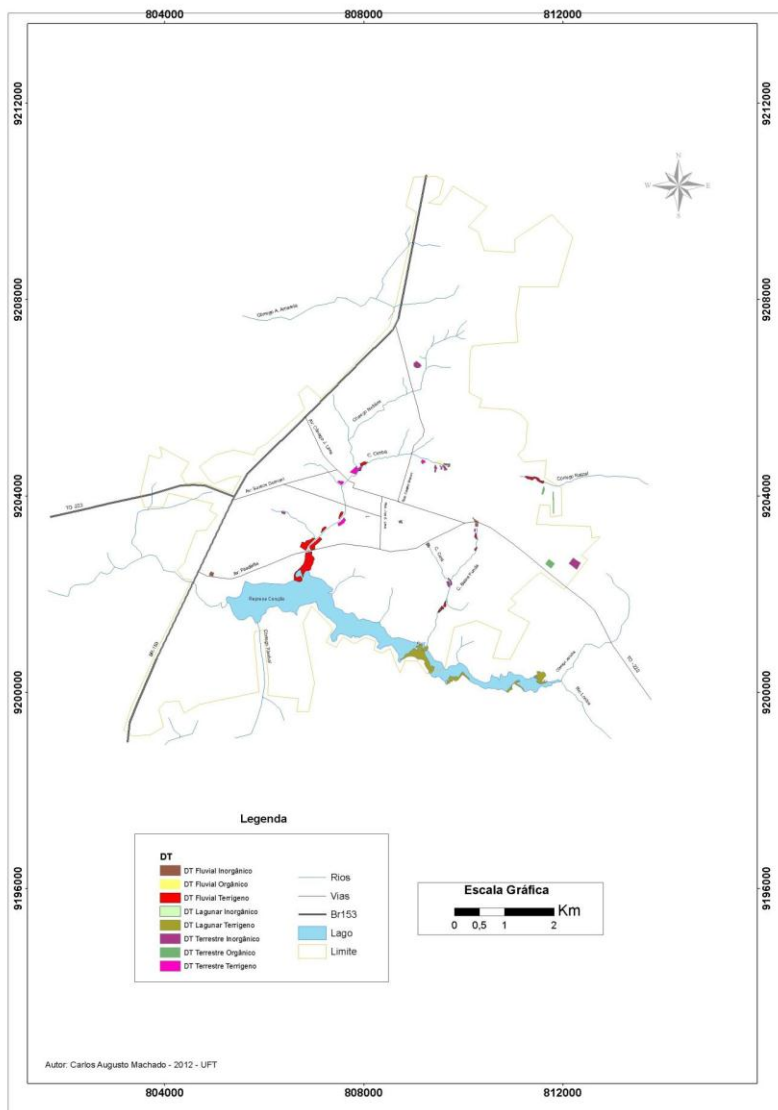


Tabela 06 – Tipos e Quantidades dos Depósitos Tecnogênicos

Depósitos Terrestres	Área (m²)	Idade
Inorgânicos		
Jardim das Flores (Estrada Córrego Xupé)	28.710	11
Bairro Sta Teresinha (Córrego Cará)	3.634	09
Bairro S. João (Cabeceira Córrego da Bica)	1.312	14
Bairro Cimba (Cabeceira Córrego Cimba)	5.211	18
Setor Tecnorte (Próximo ao ITPAC)	5.823	8
Orgânicos		
Jardim das Flores (Centro Recreativo)	19.054	10
Bairro Raizal (Próximo ao SESC)	14.526	13
Bairro Cimba (Cabeceira Córrego Cimba)	4.296	18
Terrígenos		
Médio Curso/Fundos do SESI	4.420	12
Depósitos Fluviais	Área	
Inorgânicos		
Alto curso Córrego Cimba	4.401	13
Alto Curso Córrego Cará	3.634	10
Bairro S. João (Cabeceira Córrego da Bica)	3.274	09
Bairro S. João (Cabeceira Córrego B. Funda)	3.979	15
Orgânicos		
Médio Curso Córrego Cimba	4.296	15
Terrígenos		
Bairro Raizal (Médio Curso Córrego Raizal)	16.855	18
Centro (Próximo Chácara Murad)	8.761	14
Alto Curso Córrego Baixa Funda	4.697	14
Médio Curso Córrego Baixa Funda	2.327	13
Baixo Curso Córrego Baixa Funda	8.427	8
Médio Curso Córrego Neblina	11.007	5
Jusante Córrego Neblina	138.940	19
Depósitos Lagunares	Área	
Inorgânicos		
Jd Paulista (as Margens da Represa Corujão)	2.150	09
Orgânicos		
Centro da Represa Corujão (Jardim Paulista)	93.018	07
Confluência Rio Lontra e Jacuba	36.890	08
Centro da Represa Corujão (Cên Azul)	44.874	12
Terrígenos		
Jardim Paulista (Margens Lago Azul)	15.081	08
	489.547	

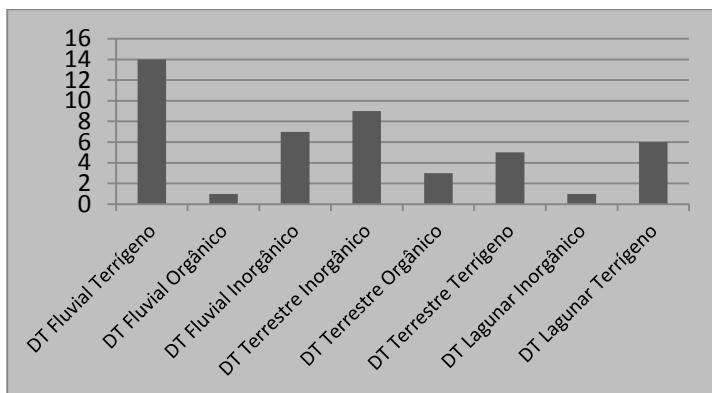
Os DT da cidade de Araguaína estão localizados na área central e na maior parte dos casos próximos a nascentes ou em vertentes inclinadas, áreas estas ocupadas por moradias e loteamentos irregulares construídos sobre material instável, os quais com o passar do tempo causam problemas estruturais as casas já precariamente edificadas, fato este comum nas cidades brasileiras.

Em alguns casos, o material depositado foi coberto por sedimentos das partes mais elevadas das vertentes e deste modo ocultando o problema, o qual somente é identificado quando da realização de obras públicas e constituindo mais um ônus no uso de verbas públicas.

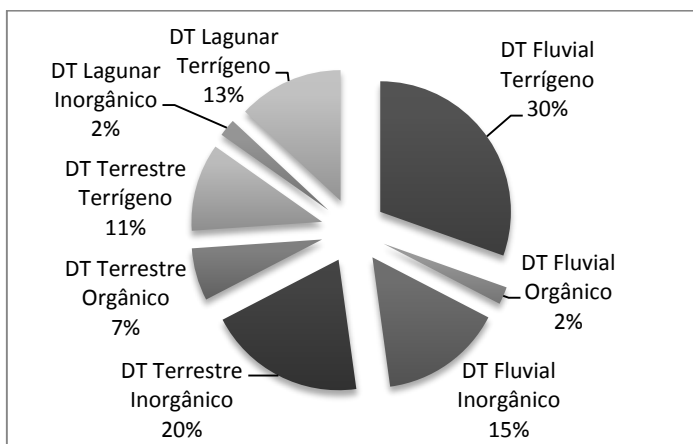
O entendimento do comportamento atual da camada pedológica com a inserção de materiais e criação de DT é vital para a compreensão da dinâmica dos processos físicos, químicos e biológicos deste corpo artificial em diferentes ambientes e com diferenciação de comportamento dos materiais presentes para que medidas mais específicas possam ser tomadas.

Na cidade de Araguaína, os DT apresentam-se em alguns casos como uma camada superficial de espessura média de 30 cm, sendo, porém bem extensos, os quais com a compactação, decomposição e sedimentação misturam-se com a camada pedológica formando um horizonte superficial enrijecido, que se tornam um entrave para a construção de casas de pequeno e médio porte.

Para melhor análise dos tipos de DT e quantidades encontrados, os dados expostos nos Gráficos 02 e 03 demonstram que os DT fluviais terrígenos encontram-se em maior quantidade com 14 depósitos, representando 24 % do total, na sequência temos os DT terrestre inorgânicos com 9 áreas com 18 % do total. Os dois tipos menos encontrados são o DT fluvial inorgânico e lagunar inorgânico tendo uma área cada representando 2 % cada um do total.

Gráfico 02 – Quantidade e Tipos de DT na Cidade de Araguaína

Autor: Machado, C. A. (2012)

Gráfico 03 – Distribuição Percentual dos Tipos de DT em Araguaína

Autor: Machado, C. A. (2012)

Inúmeras áreas com DT em Araguaína representam entraves ao crescimento urbano e perdas econômicas que somados perfazem uma área de 95.041 m², com exceção dos existentes em APPs. Tendo em média o metro quadrado no valor de R\$ 75,00 obtêm-se o valor de R\$ 7.128.075,00 perdidos em negociação de lotes urbanos. Com a recuperação das áreas degradadas de pequenas dimensões abrem-se espaços para construção e moradias, bem como a valorização imobiliária do local.

6.1 Caracterização Ambiental da Área de Estudo

A caracterização ambiental foi dividida em 04 áreas principais com base na estrutura geológica, vide Mapa 05, as quais apresentam certa homogeneidade de fatores, tais como: tipos de rochas e relevo, clima, solos e topografia, deste modo facilitando o estudo do ambiente nos quais os DT estão inseridos.

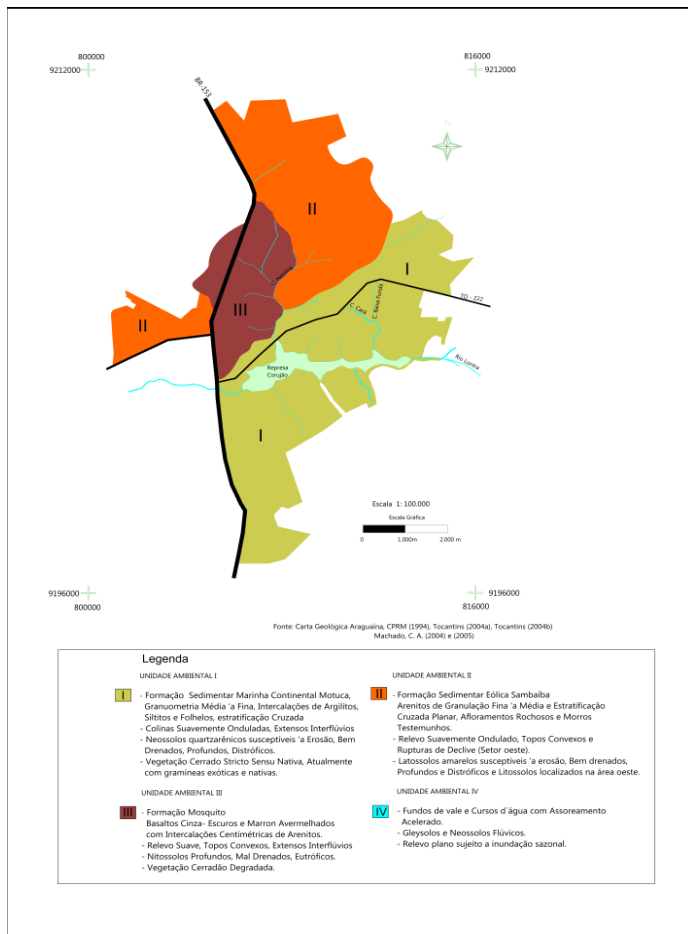
A área I é composta pelos arenitos da Formação Motuca estruturada no período Permiano e pertencente à Bacia Sedimentar do Parnaíba. Esta formação apresenta rochas sedimentares de origem continental, flúvio-eólica, tendo havido algumas incursões marinhas, com implantação de ambientes lagunares com estratificação cruzada e intercalações de argilitos e siltitos, tendo sua gênese datada entre 230 e 220 m.a. resultante de regressões marinhas na bacia sedimentar do rio Parnaíba segundo CPRM (1994).

Os arenitos apresentam um relevo de colinas amplas e de baixa amplitude com cotas de 200 a 250 metros, suavemente onduladas com inclinação média de 3 % a 7 %, somente sendo identificadas inclinações mais incisivas nas cabeceiras de drenagem.

Devido à composição arenosa das rochas Formação Motuca, a pedogênese gerou solos friáveis do tipo Neossolo quartzarênico segundo Menk et al (2004), com baixo teor de matéria orgânica,

grande percentual de areia fina, bem drenados, de boa permeabilidade e com mais de 3 metros de profundidade, vide Figura 11.

Mapa 5 – Mapa de Unidades Ambientais da Área Urbana de Araguaína



Nos fundos de vale encontram-se Gleysolos minerais e a formação de Neossolos flúvicos de formação recente em virtude da grande deposição de sedimentos na calha fluvial.

Nos perfis analisados para melhor detalhamento dos tipos de solos existentes na área urbana, verificou-se que o horizonte orgânico inexistiu devido à forte erosão laminar e de ravinamento que carrearam grande parte do solo superficial.

Nos Neossolos quartzarênicos da área de estudo, vide mapa 6, os horizontes apresentam transição gradual, friáveis e sem plasticidade. A análise física realizada neste estudo indicou uma granulometria média nos horizontes de 560 a 610 g kg⁻¹ de areia grossa, 300 a 360 g kg⁻¹ de areia fina, 80 g kg⁻¹ de silte e 30 a 90 g kg⁻¹ argila e o teor de matéria orgânica entre 50 e 10 g kg⁻¹.

A textura arenosa facilita a lixiviação e a formação de ravinas com a retirada da cobertura vegetal dos Cerrados, já inexistente na área, a qual era anteriormente composta por árvores de pequeno porte, espaçadas, galhos retorcidos, cascas grossas e com raízes profundas.

A pluviosidade anual apresenta totais entre 1.400 e 1.700 mm com duas estações bem definidas, uma chuvosa e quente e outra seca e quente. No período entre os meses de janeiro e abril, os totais mensais variam entre 250 e 300 mm com chuvas intensas, sendo comuns nesta unidade as ravinas que evoluem para voçorocas dificultando a ocupação de áreas para assentamentos urbanos.

A impermeabilização da área urbana, mais especificamente na área central, somada a exposição dos solos arenosos a ação pluvial acarreta um forte escoamento superficial da água com cargas de sedimentos e detritos para os fundos de vale e conseqüentemente para a rede de drenagem resultando no assoreamento dos cursos d'água e constantes alagamentos e enchentes.

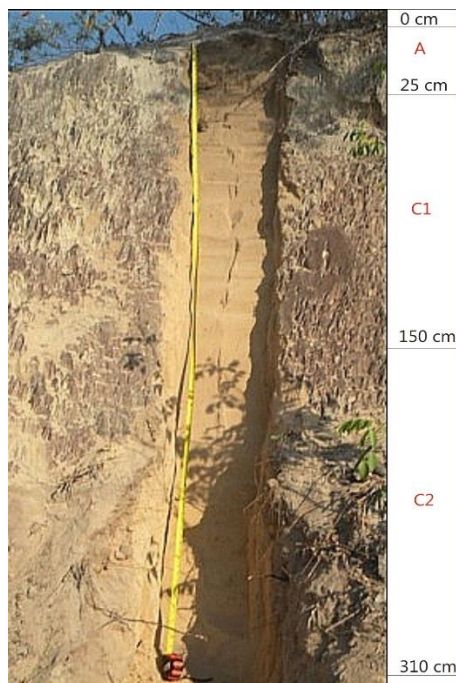
Figura 11 – Perfil de Neossolo Quartzarênico na área I

Foto: Machado, C. A. (10/2010)

Coordenadas: 812139.91 E / 9201312.21 S / UTM Zone 22 S

A área II é composta por arenitos eólicos da Formação Sambaíba, pertencentes à Bacia do Parnaíba, os quais são predominante na área norte e oeste da cidade de Araguaína. Estas rochas sedimentares formaram-se no período Triássico entre 220 e 200 milhões de anos passados, a qual se constitui de arenitos médios à finos com estratificações cruzada e acanalada de grande a médio porte, localmente aparecem arenitos finos com estratificação cruzada tangencial e alguns locais estratificação planar de acordo com Tocantins (2004) e CPRM (1994).

O fator declividade aumenta o poder de carreamento das águas pluviais em um determinado local, sendo necessário correlacionar estes parâmetros em conjunto com o tipo de material tecnogênico visando determinar a possibilidade de maior ou menor instabilidade de depósito.

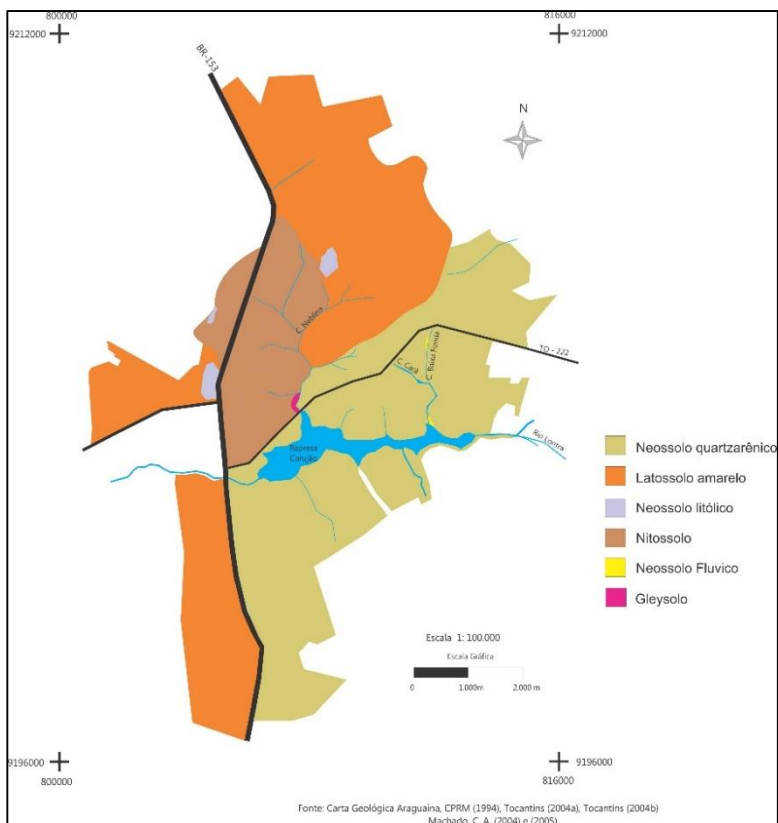
No caso específico da cidade de Araguaína, o sítio urbano não possui declividades significativas, apresentando na maior parte da área valores entre 0 e 3 %, sendo seguidos de valores entre 3 e 5 % nas cabeceiras de drenagem e por último as classes entre 5 a 9 % e 9 a 12 % aparecendo em manchas isoladas na área norte e oeste da malha urbana.

A maior parte dos DT abarcando cerca de treze áreas, principalmente DT fluviais estão em inclinações entre 0 e 3 %, já os DT terrestres estão situados em inclinações entre 3 e 5 % e somente 3 DT estão em inclinações entre a 5 e 9 %.

Um fato observado em campo, é que mesmo em baixas inclinações, o material pedológico circundante do DT de textura arenosa, somado as altas taxas de pluviosidade registradas na região provocam o carreamento de grande parte do material tecnogênico, ressaltando-se o fato de boa parte foram depositados em antigas ravinas e voçorocas.

Nesta unidade, especificamente na área oeste junto a BR-153, os arenitos apresentam camadas silicosas que esculpidas pela ação pluvial resultaram em relevos testemunhos de pequena extensão. Em outras áreas desta unidade, os arenitos apresentam a formação de um relevo de colinas amplas, vide mapa 7 e de baixa amplitude variando entre 275 a 300 metros, suavemente onduladas com inclinação média de 5 % a 9 %, somente sendo identificadas inclinações mais incisivas nas cabeceiras de drenagem e próximo aos fundos de vale.

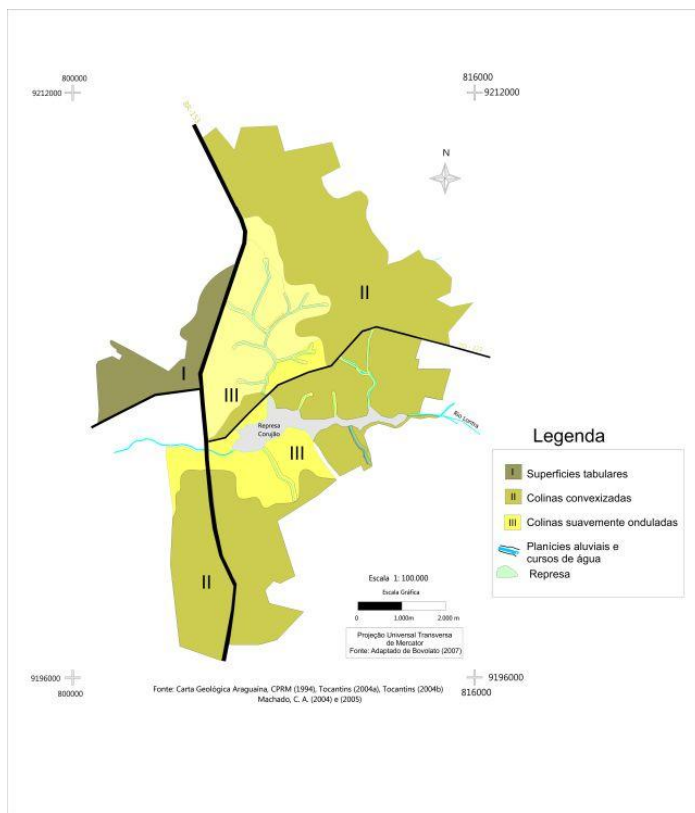
Mapa 6 – Mapa de Solos da Área Urbana de Araguaína



Autor: Machado, C. A. (2012)

Predominam nesta unidade os Latossolos amarelos e em menor parte os Litossolos, intensamente lixiviados, profundos, bem drenados e com grande quantidade de ravinas devido à retirada da cobertura vegetal.

Mapa7 – Unidades Geomorfológicas da Área Urbana de Araguaína



A Formação Mosquito composta de rochas magmáticas caracteriza a área III localizada na porção oeste da malha urbana de Araguaína dominando o lado direito do córrego Neblina e junto a BR-153. Esta área é formada por rochas magmáticas básicas datadas em 200 m.a., originados em forma de derrames, com coloração cinza-escuro a esverdeado e marrom avermelhado, estrutura maciça e

amigdaloidal Tocantins (2004) e CPRM (1994). No contato com a Formação Sambaíba é comum a ocorrência de arenitos metamorfizados.

A Formação Mosquito originou um conjunto de relevos suavemente ondulados, amplos interflúvios e vertentes extensas, com inclinações variando entre 7 e 15 % e altitudes média de 250 metros.

Os solos deste tipo de formação são os característicos Nitossolos vermelhos, profundos com presença de matacões próximos a superfície, de alta plasticidade, cores vermelho escura, boa fertilidade natural, apresentando altos teores de ferro e manganês. Nos trabalhos de campo detectou-se que os Nitossolos apresentam fendilhamento na época de estiagem alcançando até 50 cm de profundidade, vide Figura 11.

Os Nitossolos apresentam horizonte B textural, caracterizado mais pela presença de estrutura em blocos e cerosidade do que por grandes diferenças de textura entre os horizontes A e B. A textura varia de argilosa a muito argilosa e são bastante porosos e normalmente a porosidade total é superior a 50% segundo Menk et al (2004). A análise física indicou uma granulometria média de 430 a 550 g kg⁻¹ argila, 70 a 90g kg⁻¹ de areia grossa, 40 a 60g kg⁻¹ de areia fina, 150 a 310 g kg⁻¹ de silte e o teor de matéria orgânica situou-se entre 30 e 70g kg⁻¹.

A fertilidade natural dos Nitossolos sustentou no passado uma densa vegetação de transição formada por Cerradões e a Floresta Ombrófila (Mata de Cocais) atualmente totalmente devastada na área urbana e na área rural.

A resistência à ação pluvial dos Nitossolos restringe a atuação os processos erosivos somente ao escoamento superficial, sendo rara a ocorrência de ravinamentos e voçorocas. Com a retirada da cobertura vegetal e a camada de serrapilheira é comum nas épocas de estiagem e o calor intenso a ocorrência de fendilhamento dos solos.

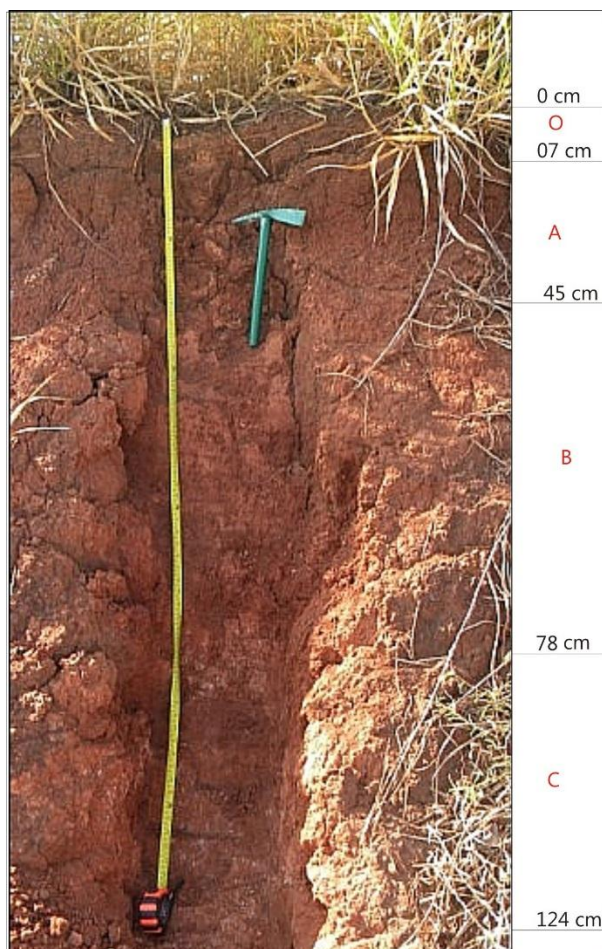
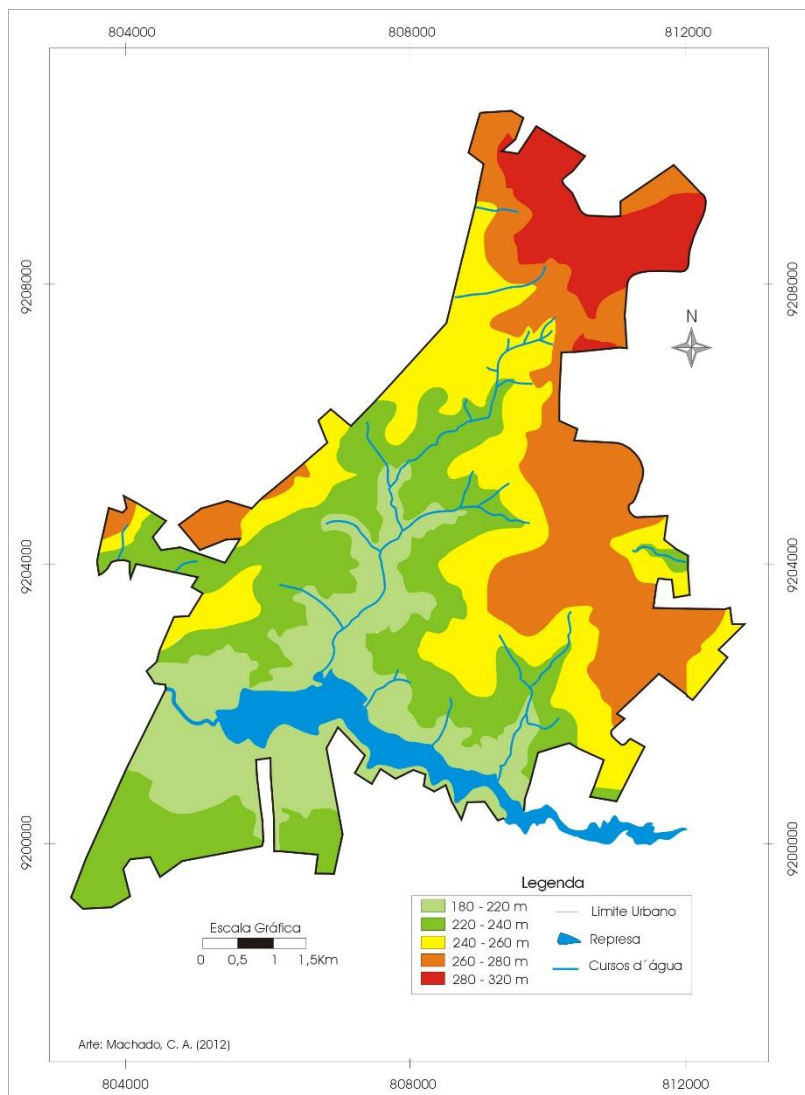
Figura 11 – Perfil de Nitossolo na Unidade III

Foto: Machado, C. A. (Set/2011)

Coordenadas: 805438.22 E / 9203925.61 S / UTM Zone 22 S

Mapa 12 – Altimetria da Área Urbana de Araguaína



A delimitação da Unidade Ambiental IV é formada pela área de fundos de vale que apresentam sedimentos depositados nas planícies aluviais, principalmente no córrego Neblina que corta a malha urbana, sujeito as inundações frequentes com ocorrência de deposição de grande quantidade de sedimentos das vertentes.

Estas áreas caracterizam-se por um relevo plano esculpido sobre rochas areníticas das Formações Sambaíba e Motuca com no máximo 3 % de inclinação e altitudes entre 200 e 225 metros e apresentando colinas côncavas.

Devido à ocupação antrópica com a geração de grande quantidade de detritos, poluentes orgânicos e inorgânicos acabam gerando a formação de DT de grande heterogeneidade.

Os solos predominantes são os Neossolos Flúvicos, vide Figura 12 e Gleysolos, de composição areno-argilosa e mal drenados. A análise física apontou uma granulometria média de 500 a 750g kg⁻¹ de areia grossa, 210 a 440g kg⁻¹ de areia fina, 02 a 08g kg⁻¹ de silte e 20 a 90 g kg⁻¹ argila e o teor de matéria orgânica situou-se entre 10 e 30 g kg⁻¹.

As pequenas planícies aluviais presentes na malha urbana de Araguaína mesmo representando um terreno instável sujeita a elevação do lençol freático e de frequentes inundações é alvo da especulação imobiliária com a construção constante de moradias. Essas moradias com o passar do tempo acabam apresentando deformações em função de aterros em área com flutuação da água no solo e materiais inadequados para a compactação do solo.

As áreas de DT em fundos de vale somente apresentam maior instabilidade quando ocorre o desenvolvimento de uma vegetação de gramíneas e arbustos adaptados a ambientes alterados pela ação antrópica e geralmente identificados pela presença de plantas como por exemplo: a mamona (*Ricinus communis*) e o capim colônia (*Panicum maximum*).

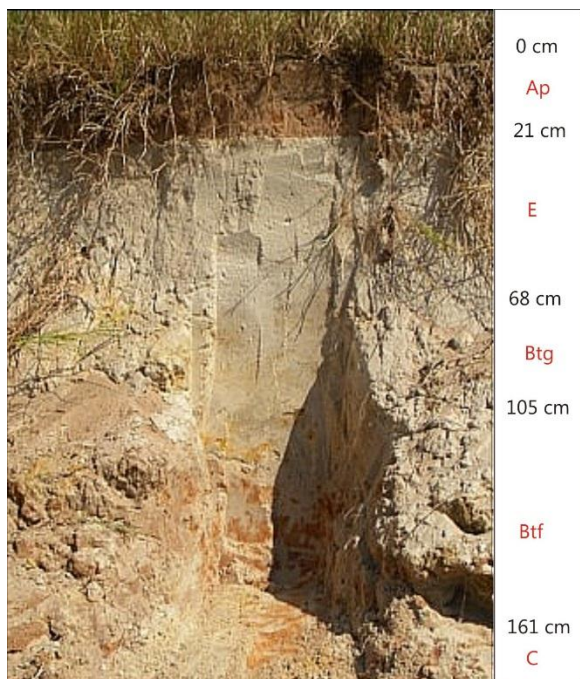
Figura 12 – Perfil de NeossoloFlúvico na Unidade IV

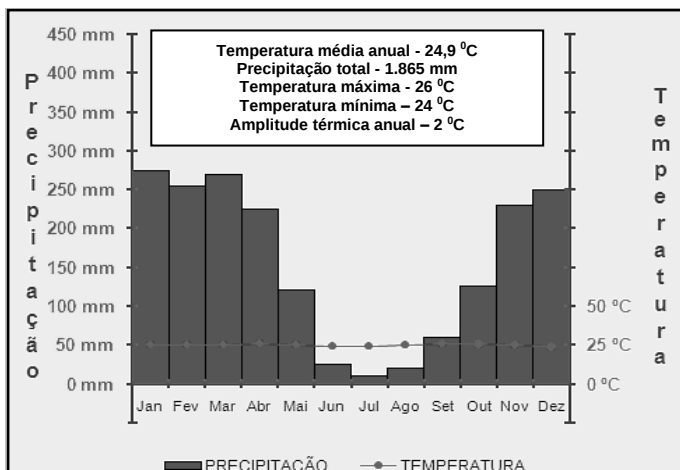
Foto: Machado, C. A. (Set/2011)

Coordenadas: 810254.14 E / 9203237.37 S / UTM Zone 22 S

Na região dos Cerrados, especificamente na área de Araguaína, a dinâmica climática distingue-se em dois períodos bem definidos, vide Gráfico 04. No período seco e quente, com totais mensais inferiores a 30 mm compreendendo os meses de junho a setembro e outro úmido e chuvoso entre outubro e maio com totais mensais variando entre 275 e 225 mm mensais, ou seja, durante metade do ano o DT sofrerá intensa ação da água com a percolação, dissolução e carreamento de materiais pelas águas pluviais e na outra metade a ação

decompositora da água diminuirá nos depósitos terrestres e em depósitos fluviais no fundo de vale.

Gráfico 04 – Variação Anual da Pluviosidade e Temperatura na Cidade de Araguaína (1981-2011)



Fonte: Estação Meteorológica de Araguaína (UFT)

Deve-se ressaltar que na área de estudo, a temperatura média mensal mais alta registrada é de 26 °C em setembro e decrescendo levemente para 24 °C em julho representando pouca variação. Destaca-se que no período diurno, as temperaturas diárias alcançam facilmente os 40 °C intensificando a decomposição do material.

Devido à inexistência de planejamento urbano para instalação de loteamentos sem a instalação de sistemas de drenagem das águas ou áreas verdes para infiltração das águas pluviais, o grande fluxo de água no período de verão acarreta grande mobilidade dos sedimentos e detritos. O grande volume de água e sedimentos existentes nas calhas fluviais proporciona em alguns locais uma deposição acentuada do material nos córregos que cortam a malha urbana de Araguaína.

6.2 Depósitos Tecnogênicos Terrestres

6.2.1 Depósitos Tecnogênicos Terrestres Inorgânicos (DTTI)

Os Depósitos Tecnogênicos Terrestres Inorgânicos (DTTI) vêm aumentando significativamente em Araguaína na última década, principalmente os de pequenas dimensões, em função do aumento da atividade da construção civil e o descarte inadequado.

A administração municipal de Araguaína possui um aterro para resíduos sólidos, mas a localização distante do núcleo urbano, cerca de 6 km, faz com que o mesmo receba pouco material para ser disposto de maneira adequada. Geralmente, os proprietários dos terrenos utilizam os resíduos da construção civil para preencher pequenas ravinas, aterrar lotes e, em alguns casos, os materiais são jogados em terrenos baldios e cobertos com terra, mas tão logo as águas pluviais torrenciais do período chuvoso iniciam-se, ocorre a exposição.

Em alguns locais, a intensa ocupação irregular de áreas pela população acaba por construir moradias sobre grandes quantidades de material inorgânico, tanto na periferia como em áreas próximas ao centro, edificações estas que apresentam problemas estruturais com risco aos ocupantes e ruas pavimentadas que afundam com a infiltração das águas da chuva e da acomodação do material.

Os fragmentos de pequenas dimensões e o material particulado são facilmente carregados pelas águas pluviais de superfície, bem como translocados em profundidade através das fendas provocadas pela movimentação do material e pela infiltração da água verificando-se como passar do tempo a formação de crostas.

Os materiais provenientes da construção civil, além dos impactos diretos provocados no solo e nas águas subsuperficiais, dificultam os trabalhos de pavimentação e de obras civis públicas, sendo necessárias mais verbas públicas para a retirada e realocação do material adequadamente em outras áreas.

As áreas urbanas afetadas pelos vários tipos de DT causam uma série de problemas ao planejamento e a administração municipal, dentre os quais podem ser citados:

- A expansão urbana, em geral de classe sociais menos favorecidas, acabará se realizando sobre os DT.
- Movimentação do material afetando as estruturas de casas e edifícios.
- A qualidade das águas superficiais e subterrâneas afetada por metais pesados.
- Flora e fauna adaptadas a espécies invasoras.
- Desvalorização em áreas com DT e no entorno.
- Elevação dos custos de construção com a retirada do material.
- Inutilização de áreas para assentamentos urbanos.
- Diminuição da infiltração.
- Em algumas áreas o depósito é amplo (contínuo), mas em outras o material pode formar “manchas”, ou seja, um mosaico de materiais diversos recobrimdo os solos, dificultando ainda mais projetos de recuperação.

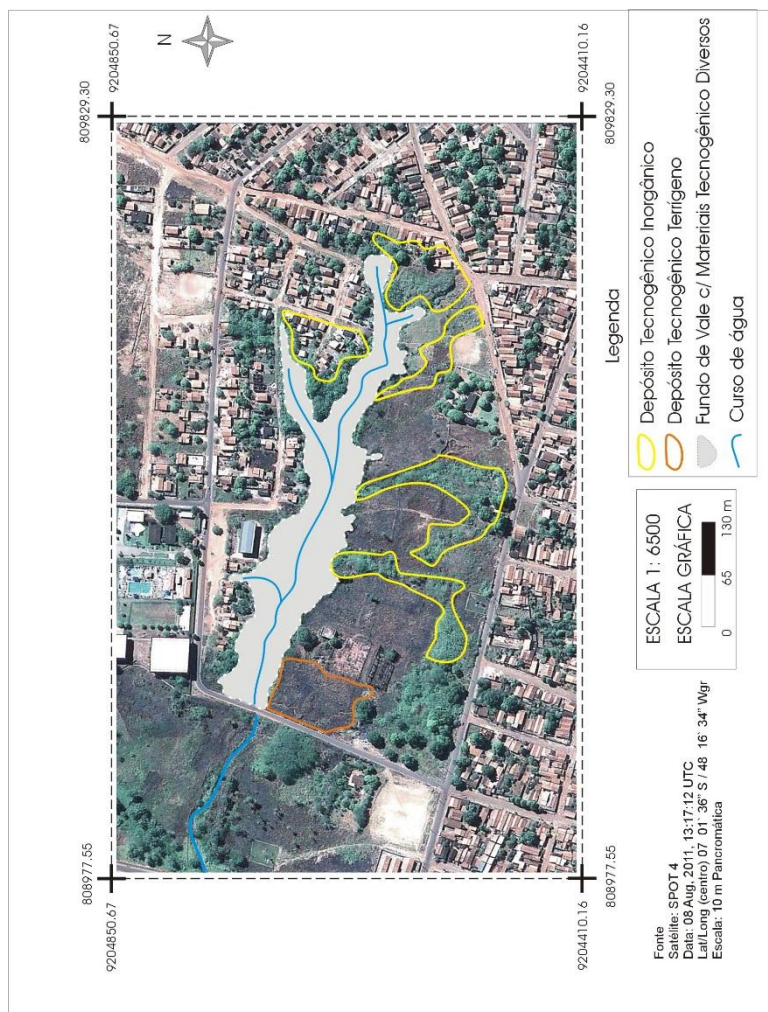
Os DTII possuem grandes extensões na cidade de Araguaína como, por exemplo, a área localizada no Jardim das Flores, sendo um antigo aterro de resíduos sólidos, porém construído sem nenhum

projeto elaborado por parte do poder público. Neste local, além dos resíduos da construção civil, ocorria descarte de resíduos de podas de árvores, pneus, lixo orgânico e, em geral, esses resíduos eram queimados para diminuição do volume. Após a construção de outro aterro mais distante do núcleo urbano, a área foi aterrada e permaneceu sem ocupação facilitando o crescimento de uma vegetação de gramíneas exóticas e naturais.

Além dos problemas ambientais causados pelos DT acrescentam-se ainda problemas sociais e econômicos como a desvalorização econômica das áreas para o mercado imobiliário. Como exemplo dos fatos anteriormente descritos pode-se destacar seis DT resultantes do preenchimento voçorocas, com uma área aproximada de 6.250 m² e em uma vertente apresentando uma inclinação média de 9 %, sobre a qual estão sendo construídas casas para a população de baixa renda e que, possivelmente, sofrerão danos quando da acomodação do material. Além do local inicial ocupado, os DT expandiram seu tamanho e forma em direção ao fundo do vale, resultando no assoreamento por materiais finos e detritos das mais variadas dimensões, vide Figura 13.

A estrutura e composição dos DT analisados em Araguaína diferem em função da do tipo de formação, ou seja, de forma direta por ação antrópica ou indireta com o retrabalhamento do material e carreamento para outras áreas. No primeiro caso, os materiais armazenados em estado bruto e sem estruturação nas partes mais elevadas das vertentes tende a manter os fragmentos maiores e a decompor os fragmentos menores e menos resistentes. Já no segundo caso, os depósitos no alto da vertente fornecem materiais tecnogênicos por meio do escoamento superficial com a formação de um novo corpo em topografias inferiores, apresentando estruturação em camadas e materiais selecionados pelas suas dimensões.

**Figura 13 – Depósitos Tecnogênicos Terrestres
Inorgânicos, Setor Cimba**



Na Figura 14 (A) pode-se visualizar o solapamento de base de um DT inorgânico formado no fundo de vale do córrego Cimba que resultou no entulhamento da calha por resíduos da construção civil e sedimentos, sendo os fragmentos de granulometria mais fina carregados pela força das águas fluviais e os fragmentos de maiores dimensões formando um “tapete” que impede o entalhamento no canal. Na Figura 14 (B), ocorre o inverso dos fatos citados anteriormente. Como não há vegetação nas margens o trabalho de erosão lateral e mudança do leito fluvial é constante devido à forte ação das águas e da grande quantidade de sedimentos.

Figura 14 – Entulhamento de Canais Fluviais por Materiais Tecnogênicos



Coordenadas:

(A) 809441.49 E / 9204673.80 S

(B) 8102270.21 E / 9203213.03 SUTM Zone 22 S

Foto: Machado, C. A. (2010)

O ponto selecionado para a análise estrutural e textural de um DT^{TI} localiza-se no setor Cimba, próximo do centro de Araguaína, Unidade Ambiental I, com uma área de 5.212 m², profundidade de 2.70 metros e idade aproximada de 18 anos.

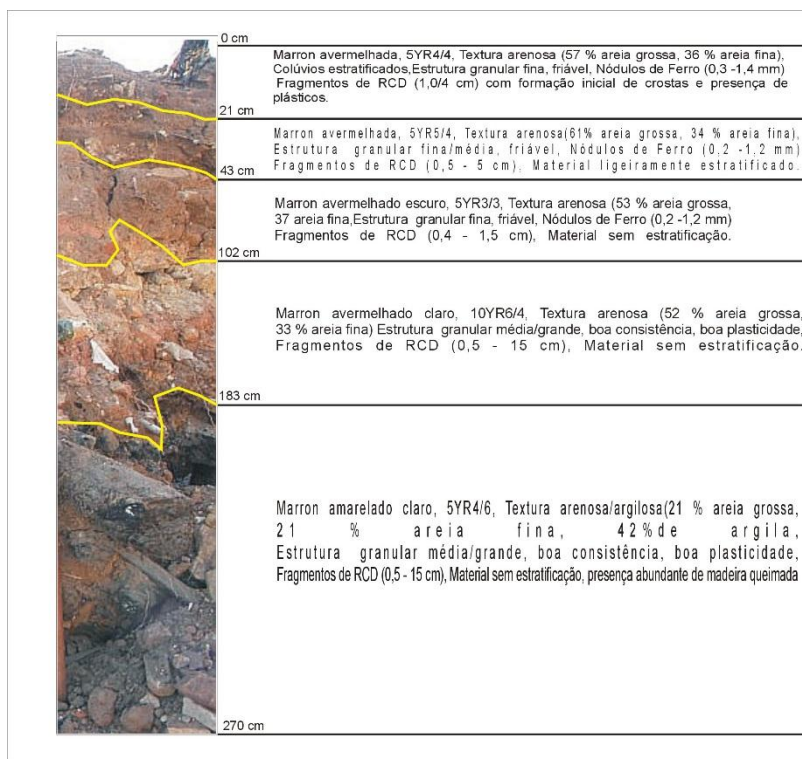
O DT foi formado sobre Latossolos amarelos situado na meia encosta e com declividade de 5 %, vide figura 16, demonstrou que as camadas superficiais de sedimentos entre 0 e 102 cm apresentaram maior fragilidade devido à textura arenosa e friável, vide Figura15, porém estão estruturadas em camadas planas 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 matriz argilosa, porém os RCD encontram-se dispersos de forma caótica e com grandes dimensões (> 15 cm), sendo que alguns se desagregam facilmente devido ao estado de decomposição avançado. O fato que aumenta a instabilidade do depósito é que na base encontram-se troncos de madeira queimados, os quais podem movimentar-se sob pressão.

A formação deste DT está ligada ao surgimento de três grandes voçorocas existentes na área, as quais são constantemente preenchidas com lixo e resíduos da construção civil, segundo os moradores locais.

Recentemente, em abril de 2012, a Prefeitura Municipal construiu um duto de concreto para canalizar as águas pluviais diretamente para o córrego Cimba. Tal obra foi realizada em meio ao DT, não sendo retirado todo o material e o mesmo sendo compactado com solo e materiais da construção civil, fato este que provavelmente comprometerá a durabilidade e a estrutura da obra.

**Figura 15 – Perfil de Depósito Terrestre Inorgânico,
Setor Cimba**



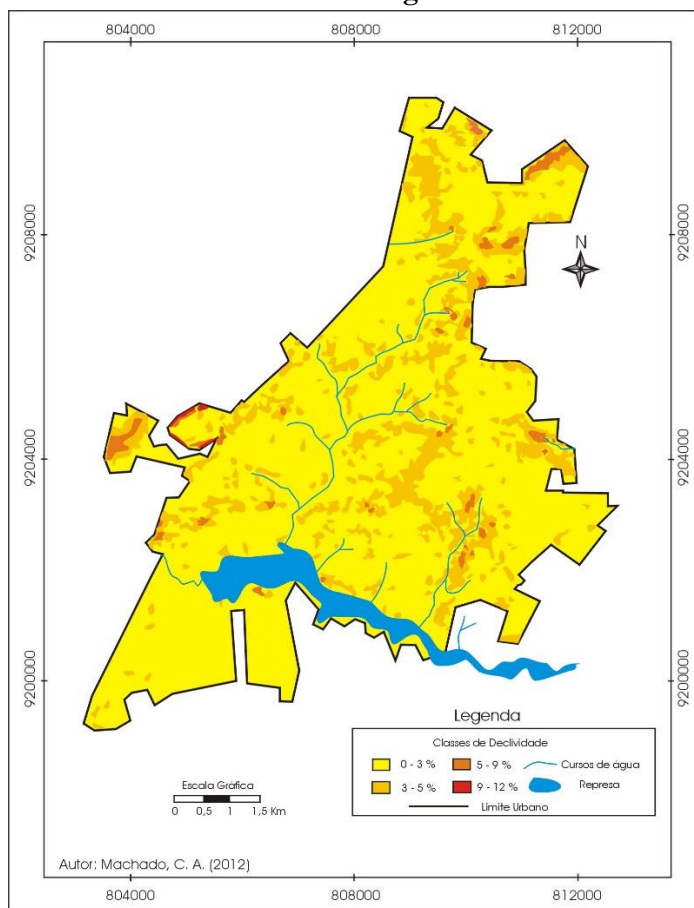
Coordenadas: 809638.69 E / 9204543.34 S / UTM Zone 22 S

Foto: Machado, C. A. (Set/2011)

De acordo com o perfil topográfico, vide Figura 17, 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 carreados 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

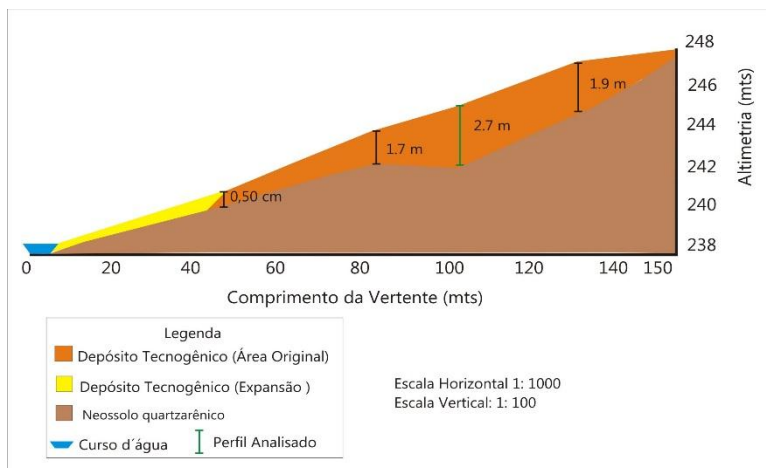
encontrados em Araguaína e com grande quantidade de material inorgânico seria necessária uma soma razoável para sua retirada e deposição em uma área adequada.

Figura 16 – Carta de Declividades da Área Urbana de Araguaína



Autor: Machado, C. A. (2012)

Figura 17– Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Cimba



Fonte: EMBRAPA (2012) e IBGE (1975)

Autor: Machado, C. A. (2012)

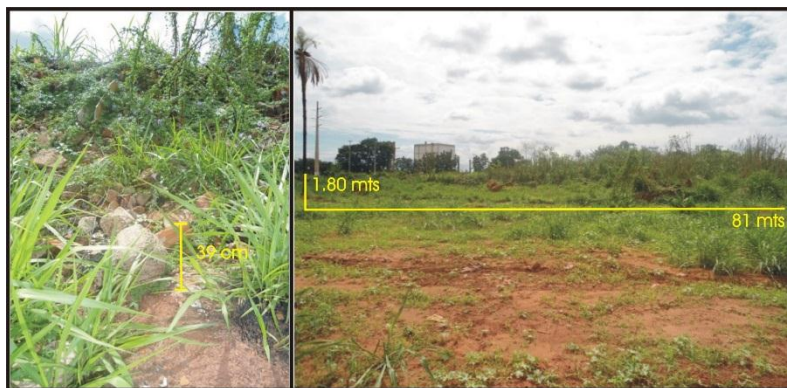
Depósitos Inorgânicos apresentam um maior tempo para a estabilização devido aos componentes cimentantes usados na construção civil e estruturas de aço, além de fragmentos de grandes dimensões resistentes ao intemperismo e quando localizados em inclinações significativas facilmente desestabilizam-se com deslizamento de material. A vegetação que se desenvolve nestes ambientes na cidade de Araguaína baseia-se em estrutura composta de gramíneas com arbustos esparsos, a qual concede relativa estabilidade ao material em inclinações reduzidas.

O processo de regeneração de ambientes com DT 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 para ocorrer a decomposição do que um depósito com elementos orgânicos, mas

quando se leva em consideração o efeito poluidor na área pode ser prolongado nos dois casos.

Durante os trabalhos de campo detectou-se que devido à necessidade de apresentar uma guia e o pagamento de taxa para descarte no Depósito de Resíduos Sólidos Municipal, os veículos das empresas que recolhem os rejeitos da construção civil depositam o material em terrenos baldios com a permissão dos proprietários para aterramento da área. Como exemplo do caso descrito anteriormente pode-se observar na Figura 18, onde encontra-se um DT inorgânico de aproximadamente 5.823 m² e 1.80 metros de profundidade média e fragmentos com mais de 35 cm, encobertos por solo e uma vegetação de gramíneas que futuramente gerará um custo razoável para retirada e limpeza da área.

Figura 18 – Vista do Perfil e Geral de Depósito Tecnogênico Inorgânico



Coordenadas: 804932.57 E / 9202410.80 S / UTM Zone 22 S

Foto: Machado, C. A. (04/2012)

De acordo com a idade do DT, os tipos de materiais podem diferir significativamente, seja por substituição tecnológica de novos materiais, seja pelo fato de 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.

6.2.2 Depósitos Tecnogênicos Terrestres Orgânicos (DTTO)

A disposição inadequada do lixo urbano é problema ambiental de grandes dimensões para a cidade de Araguaína, pois não existe nenhuma iniciativa por parte do poder público e também pouca conscientização da população que descarta os resíduos em todo local possível, geralmente em terrenos baldios ou erosões, bem como ainda realizam a queima do material.

Todos os Depósitos Tecnogênicos Terrestres Orgânicos (DTTO) foram formados em ambiente terrestre e criados pela própria administração pública, visando resolver o problema do surgimento de voçorocas, mais especificamente em Neossolos quartzarênicos nas antigas áreas periféricas da cidade que, com a expansão urbana, estão sendo rapidamente ocupadas nos últimos anos com a construção de moradias populares.

Os dois maiores DTTO localizam-se na área leste da cidade com dimensões aproximadas de 10.000 m², tendo em média uma profundidade de 3 a 4 metros, sendo construído em seu entorno um conjunto habitacional com verbas federais chamado de Jardim das Flores. A área dos depósitos situa-se no topo de uma colina suavemente ondulada e de grande extensão interfluvial, próximo a uma rodovia estadual.

A área central da cidade de Araguaína apresenta inúmeros DTTO resultantes de aterramentos de grandes voçorocas que se desenvolveram em Neossolos quartzarênicos. Atualmente ainda é

comum a existência de vazios demográficos visando a valorização pelo mercado imobiliário e nos quais ocorre o descarte irregular de resíduos da construção civil.

As edificações e as obras públicas, em específico o asfaltamento, frequentemente são danificadas com o arraste do material em épocas de intensa pluviosidade e com a acomodação na época de seca, fato este que se agrava no período seco em que ocorrem as queimadas ficando o solo desnudo e facilitam o trabalho das águas pluviais.

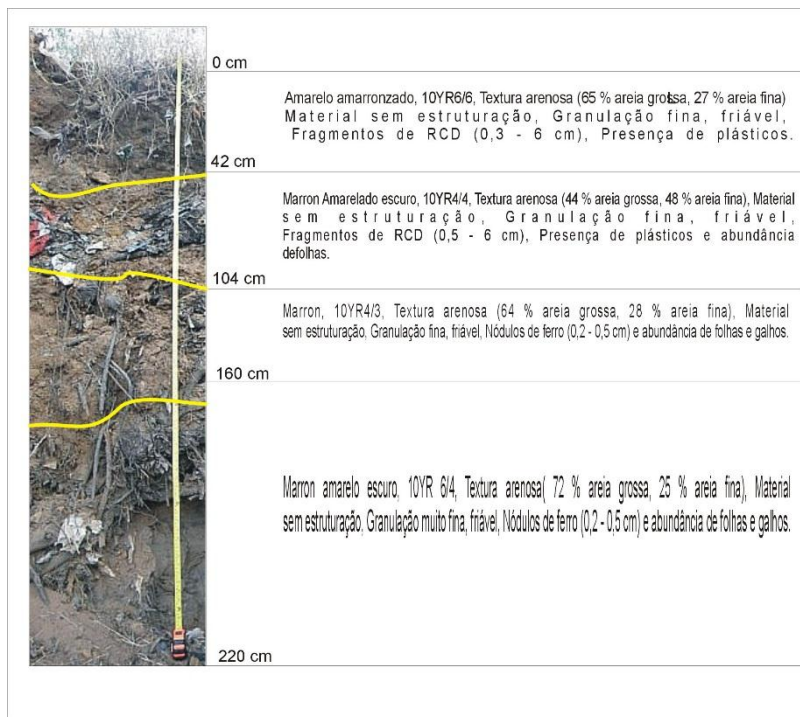
O DTTO analisado localiza-se no setor Raizal, área periférica de Araguaína, formado pelo preenchimento de uma voçoroca desenvolvida em Neossolos quartzarênicos. O depósito apresenta uma área de 5.829 m² e com profundidade média de 1.45 metros, situado na meia encosta com declividade média de 5 %em um relevo suavemente ondulado.

O material é composto por grande heterogeneidade de plásticos, galhos e abundante presença de folhas em decomposição e RCD de pequenas dimensões, vide Figura 19. Não existe nas camadas do perfil observado estruturação do material, sendo os fragmentos e materiais tecnogênicos envolvidos em uma matriz arenosa, de granulação muito fina e extremamente friável, facilmente carregável pelas águas pluviais.

No setor Raizal foram identificados mais quatro áreas com material tecnogênico depositados em ravinas e aterrados para dificuldade de identificação. Com a crescente urbanização e a abertura de loteamentos algumas ruas foram pavimentadas sem a retirada do material.

Como grande parte do material tecnogênico do depósito é carregado pelas águas pluviais, as administrações passadas constantemente preenchiam novamente a voçoroca com solo e galhos e até mesmo de entulho.

**Figura 19 – Perfil de Depósito Tecnogênico Orgânico,
Setor Raizal**



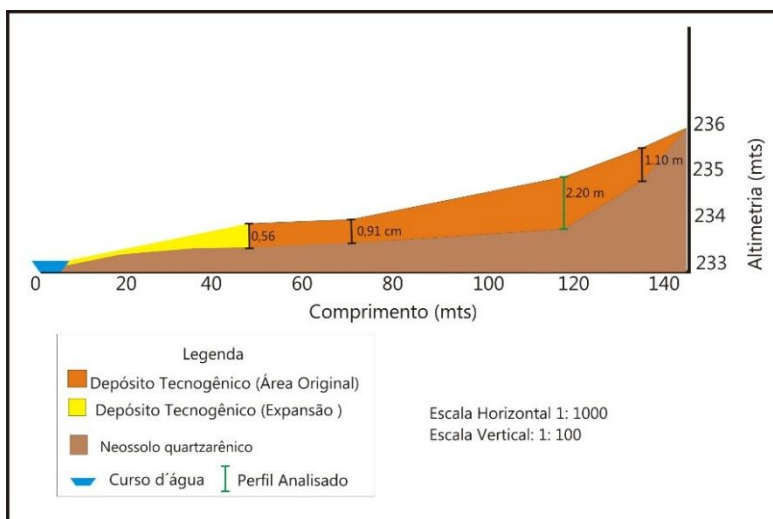
Coordenadas: 811582.63 E / 9204060.82 S / UTM Zone 22 S

Arte: Carlos A. Machado (2011)

Segundo o perfil topográfico, vide Figura 20, as maiores profundidades verificadas estão entre 1.10 e 2.20 metros na área original de deposição, tendo cerca de 105 metros de extensão longitudinal, mas com pouca extensão lateral. Com o escoamento superficial, grande parte do material fino e detritos de pequenas dimensões foram carregados encosta abaixo por cerca de 45 metros,

formando uma camada com profundidade média de 25 cm e com parte do material depositado no leito fluvial do córrego Cimba.

Figura 20– Perfil Topográfico de Depósito Tecnogênico, Setor Raizal



Fonte: EMBRAPA (2012) E IBGE (1975)

Autor: Machado, C. A. (2012)

Devido ao pouco volume de material existente, a Prefeitura Municipal poderia retirar e depositar em um local adequado, mas o que se verifica através dos relatos dos moradores é o aterramento e compactação com solo quando o DT é exposto pelas águas pluviais.

A instabilidade dos depósitos orgânicos nesta área é visível com a presença constante de rachaduras nas casas construídas sobre os materiais tecnogênicos que são expostos nas ruas locais, vide Figura

21 (A) e (B), sendo necessárias contínuas reformas para melhoria da estrutura das residências.

Algumas residências já foram removidas e outras correm risco iminente de desabamento pelo ativamento do processo erosivo e o material frágil depositado, sendo que a administração pública na época não tinha nenhum projeto ou mesmo ação paliativa para evitar o desabamento de casas ou minimização do problema.

Figura 21 – Exposição de Depósito Tecnogênico Terrestre Orgânico na Via Pública (A) e Fendas Reformadas nas Habitações (B)



Coordenadas: 812356.19 E / 9202777.02 S / UTM Zone 22 S

Autor: Machado, C. A. (2012)

6.2.3 Depósitos Tecnogênicos Terrestres Terrígenos (DTTT)

Os Depósitos Tecnogênicos Terrestres Terrígenos (DTTT) devido a sua composição de sedimentos e fragmentos de pequenas dimensões é o tipo que menos propicia impactos ao ambiente local. Geralmente, as alterações nos processos ambientais ficam circunscritas às diferentes taxas de infiltração das águas pluviais entre a

camada superficial depositada e a camada inferior, que se compõe da camada pedológica ou ainda de uma camada concrecionária no perfil.

Os DTTT podem se originar de forma direta pela deposição antrópica ou de forma indireta pela retirada da cobertura vegetal e a consequente movimentação de sedimentos autóctones ou alóctones existentes na área.

Como exemplo de composição de DTTT, selecionou-se o depósito existente na vertente do médio curso do córrego Cimba possuindo uma área de 4.420 m², espessura média de 70 cm e com 12 anos de existência aproximadamente, vide Figura22. O material encontra-se depositado sobre Latossolos amarelos, de textura arenosa média a fina, em relevo suavemente ondulado com topografia oscilando entre 5 e 10 % de inclinação em vegetação de gramíneas rala.

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, porém compostas por camadas planas centimétricas.

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. A existência de uma camada concrecionária de calcário, variando de 05 até 15 cm representa uma barreira para a movimentação da água no sentido vertical para a última camada de textura arenosa, muito friável. Os fragmentos existentes estão em estágio de avançada decomposição e quebram-se facilmente de modo a incorporar-se aos sedimentos.

Recentemente, no início de 2015 esta área está reformulada para a construção de parque de uso múltiplo para a população local, mas grande parte dos materiais, principalmente resíduos da construção civil de pequenas dimensões não foram retirados, sendo somente encobertos por aterro.

**Figura 22 – Perfil de Depósito Tecnogênico Terrestre
Terrígeno, Setor Cimba**

	0 cm	Marron claro, 2.5Y5/3, Textura arenosa (51 % areia fina, 42 % areia grossa), Material estruturado em camadas, Granulação fina, Friável, Fragmentos inexistentes
	22 cm	
	31 cm	Marron avermelhado, 5Y5/4, Textura arenosa (57 % areia grossa, 36 % areia fina), Material estruturado em camadas, Granulação fina, Friável, Nódulos de ferro (0,3 - 0,8 mm) e Fragmentos de RCD (2 - 6 cm)
	56 cm	Cinza avermelhado, 5Y2/2, Textura arenosa (48 % Areia grossa, 44 % Areia Fina) Material estruturado em camadas, Granulação fina, Friável, Fragmentos de RCD (1 - 5 cm)
	59 cm	Branca, Estrutura planar fina, Granulação fina, Endurecido, Concreção de calcário e pequeno nódulos de ferro.
	92 cm	Marron acinzentado, 10Y5/2, Textura arenosa (50 % Areia fina, 41 % Areia grossa, Sem estruturação em camadas, Granulação fina, e Nódulos de ferro (0,2 - 0,5 mm)

Coordenadas: 809189.91 E / 9204726.80 S / UTM Zone 22 S

Arte: Machado, C. A. (Set/2011)

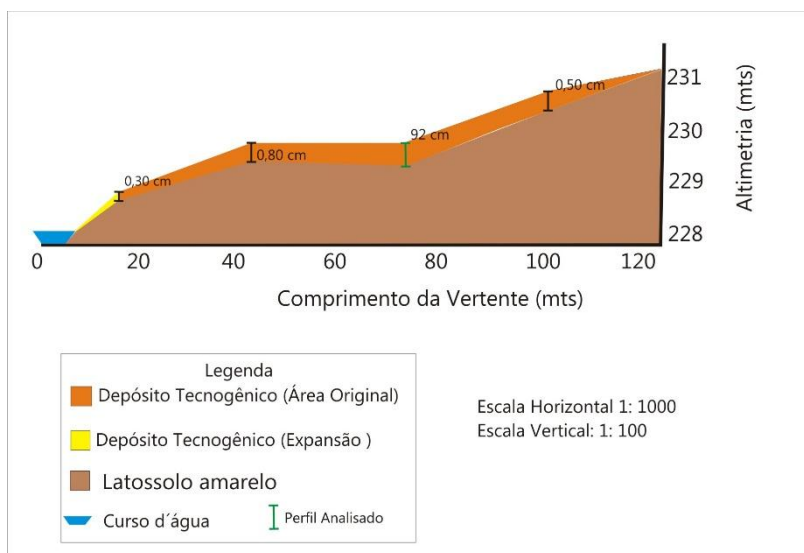
Especificamente na cidade de Araguaína, a maioria dos depósitos terrígenos é formada nos fundos de vale resultante do aterramento de planícies de inundação ou ainda formada em antigas ravinas aterradas pela administração municipal, as quais acabam sendo reativadas em épocas de altas pluviosidades.

A textura arenosa da maioria das camadas e a compactação do material mantém certa estabilidade da área em conjunto com uma vegetação de gramíneas, com a visualização de processos erosivos laminares de pouca expressão.

No perfil topográfico, vide Figura 23, 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 carregados

formando uma camada com uma profundidade média de menos 25 cm até a deposição no leito fluvial do córrego Cimba. Por se tratar de DT com grande parte de material terrígeno em terreno relativamente plano, pouca presença de detritos, bastaria apenas a terraplanagem e o plantio de gramíneas para a estabilização do material.

Figura 23– Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Cimba



Fonte: EMBRAPA (2012) E IBGE (1975)

Autor: Machado, C. A. (2012)

Do ponto de vista da estabilidade, a maioria dos DTTT analisados apresentou boa compactação e localizam-se em áreas de baixa declividade e, devido ao material, constituem-se nas áreas de mais fácil recuperação.

6.3 Depósitos Tecnogênicos Fluviais

Os Depósitos Tecnogênicos Fluviais (DTF) são formados de forma direta ou indireta pela ação antrópica, sendo o primeiro caso pela inserção de material no ambiente fluvial e no segundo caso por transporte de sedimentos e artefatos pelo canal fluvial. Os DTF existem em grandes quantidades na área de estudo e foram considerados fluviais não somente os localizados dentro do canal fluvial, mas também, os depósitos formados nos fundos de vale devido à influência da oscilação do lençol freático e sujeitos a inundações frequentes ou intermitentes.

Os processos fluviais de erosão, transporte e deposição atuam constantemente de forma direta e indireta no comportamento e estruturação dos materiais, visto que ocorre a retirada e o aporte de materiais de forma mais intensa que depósitos em ambientes terrestres e lagunares. Os DTF podem adquirir três formas específicas, sendo a primeira estruturada somente a partir de materiais tecnogênicos em bacias rapidamente urbanizadas; no segundo caso ocupando a parte superior das camadas de deposição anteriores a atividade antrópica e, no terceiro caso, sendo totalmente retrabalhado pela força das águas fluviais com a dispersão dos materiais e sedimentos no depósito.

O presente estudo circunscreve-se a área urbana de Araguaína, mas deve-se ressaltar que inúmeros sítios urbanos tiveram uma fase pré-urbana, na qual ocorreram desmatamentos para ocupação agrícola ou pecuária. Esta ocupação anterior atuou influenciando nas taxas de erosão, transporte e sedimentação dos canais fluviais e nas áreas de fundos de vale com a deposição de materiais provindos das vertentes gerando influência antrópica e posteriormente com acréscimo de materiais tecnogênicos diretamente nas várzeas.

Em determinados casos, as áreas de sedimentação fluvial podem exibir duas camadas distintas, sendo a primeira camada, parte

inferior, dominada por sedimentos e fragmentos de pequenas dimensões no caso de interferência nula ou mínima de ordem antrópica e a segunda, parte superior, com nítida presença de materiais tecnogênicos entremeados por sedimentos, vide Figura24.

Figura 24 – Assoreamento de Fundo de Vale do córrego Raizal por Sedimentos e Materiais Tecnogênicos



Coordenadas: 811627.77 E / 9204280.90 S / UTM Zone 22 S

Foto: Machado, C. A. (07/2011)

Os ambientes fluviais em áreas com mínima interferência antrópica desenvolvem seus processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos e materiais orgânicos retirando e depositando segundo a intensidade da força e volume do fluxo hidráulico. Os materiais tecnogênicos com suas respectivas dimensões e pesos estarão sujeitos às oscilações da força da água no canal para o transporte em sua extensão.

Como a maior parte da área urbana da cidade de Araguaína situa-se sobre solos arenosos, a retirada da cobertura vegetal das vertentes e fundos de vale somados aos intensos eventos de pluviosidades da região proporcionam o arraste de grandes quantidades de sedimentos, bem como a desestruturação do canal fluvial em relação ao assoreamento do fundo de vale e forte erosão lateral.

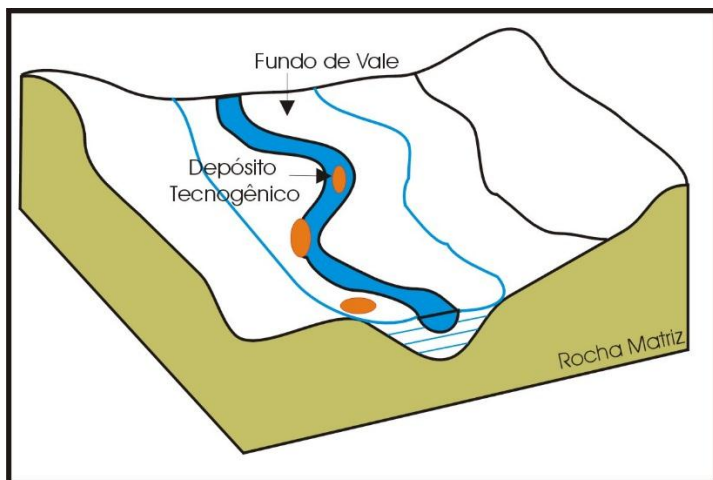
A posição do DT no canal fluvial, vide figura 25, influenciará o comportamento resultante na sua formação e na dinâmica, no tocante à erosão, transporte e deposição de material, sendo sua forma e processos resultados diretos da oscilação da vazão fluvial no período anual.

O DT na parte central do curso d'água estará sujeito a um trabalho mais intenso do fluxo hidráulico, que no caso da cidade de Araguaína promoverá intenso transporte de sedimentos e fragmentos no período chuvoso concentrado e a deposição acentuada no período de estiagem.

Quando o DT localiza-se junto à margem do canal, o mesmo terá uma retirada de material mais intensa por meio do solapamento da base e a outra parte retirada pelo fluxo do escoamento superficial, além da deposição de sedimentos oriundos da vertente.

No tocante ao DT localizado na planície de inundação, este estará sujeito somente aos processos de erosão, transporte e deposição nos períodos de inundação, sendo influenciado em parte pelo comportamento da água nos solos mal drenados existentes nestas áreas.

As modificações nas feições fluviais sob influência tecnogênica podem ser aceleradas ou estagnadas, a citar-se como exemplo, no alto curso do córrego Cimba, o entalhe do talvegue está interrompido em função do pacote de materiais tecnogênicos de grandes dimensões que propiciou um aumento da erosão lateral com forte solapamento da base em áreas com pouca vegetação.

Figura 25 – Depósitos Tecnogênicos no Canal Fluvial

Autor: Machado (2010)

No córrego Baixa Funda, principalmente no alto curso, a erosão lateral ampliou-se grandemente com forte solapamento de base e deslocamento de grandes sedimentos fluviais e coluviais. Ao contrário dos córregos canalizados, os DT no leito fluvial não estão estabilizados pela vegetação e são constantemente retrabalhados pela ação das águas.

6.3.1 Depósitos Tecnogênicos Fluviais Inorgânicos (DTFI)

Os Depósitos Tecnogênicos Fluviais Inorgânicos (DTFI) são constantemente formados devido à necessidade de aterros para construção de edifícios comerciais na área central cortada por três córregos, os quais com a ação das águas fluviais ocorrem a desestruturação do material devido ao solapamento da base e o consequente deslocamento para o canal fluvial. Deve-se ressaltar que

em nenhum momento a Prefeitura Municipal coíbe este tipo de construções nestes locais.

A área das nascentes do córrego Cimba, afluente do córrego Neblina, que atravessa o centro da cidade, apresenta grande quantidade de Depósitos Inorgânicos sobre os quais existem inúmeras construções erguidas de forma irregular e nas áreas de preservação permanente esses depósitos constituem-se em áreas de risco para a população.

A presença de problemas com o carreamento de materiais foi amenizada nos cursos d'água canalizados na área central de Araguaína, mas o problema persiste devido a não retirada dos materiais tecnogênicos. Um exemplo de uso de materiais de construção como aterros em fundo de vale, locais de Área de Preservação Permanente (APP) e que são proibidos pela legislação ambiental brasileira e municipal pode ser visualizado na Figura 26, a qual devido à alta valorização dos terrenos vem se ampliando frequentemente.

Em algumas áreas com declividades mais acentuadas, o deslocamento do material tecnogênico com edificações provoca ruptura nas casas, sendo carreado pelas águas pluviais para o leito dos cursos d'água.

No alto curso dos córregos Raizal e Cará, algumas residências em topografias mais acentuadas na margem esquerda desabaram e várias vide Figura 26, pois não foram realizados trabalhos de contenção das encostas facilmente carreáveis pela característica dos Neossolos quartzarênicos e materiais tecnogênicos.

Tanto os depósitos de pequena ou grande dimensão tornaram-se um entrave para a pavimentação ou para as edificações civis sendo necessários gastos públicos ou privados para a retirada do material que os proprietários nem sempre estão dispostos a realizar devido ao descarte irregular nos terrenos baldios.

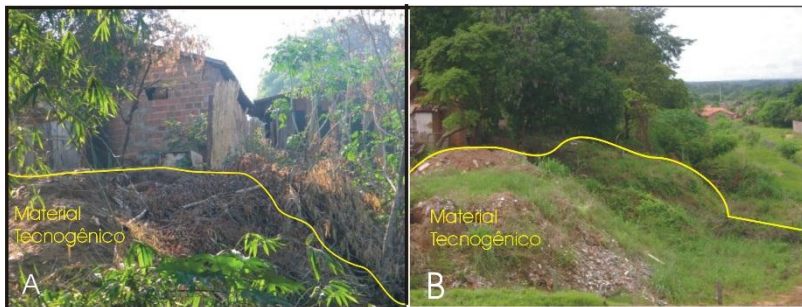
Figura 26 – Depósito Tecnogênico Inorgânico nas Nascentes do Córrego da Bica



Coordenadas: 808726.28 E / 9203472.44 S / UTM Zone 22 S

Autor - Machado, C. A. (06/2010)

Figura 27 – Habitações em Risco de Desabamento, Setor Cimba (A) e Habitações Demolidas por Desabamento Parcial (B)



Coordenadas: (A) 809728.48 E / 9204639 S

(B) 811574.93 E / 9204059.06 S / UTM Zone 22 S

Autor: Machado, C. A. (Ago/2011)

O DTFI analisado faz parte de uma grande área aterrada com RCD, contando com 4.296 m² de área nas nascentes do córrego Cimba para a construção de moradias irregulares do ponto de vista jurídico e ambiental e que atualmente tornou-se uma área extremamente problemática para a administração municipal e moradores.

A constituição do DTFI está estruturada em quatro camadas espessas com material de textura arenosa, vide Figura 28, granulação fina e fragmentos de grandes dimensões que tornam o terreno totalmente instável em épocas de pluviosidade elevada e a força hidráulica das águas fluviais com intenso solapamento da base e deslizamento do material.

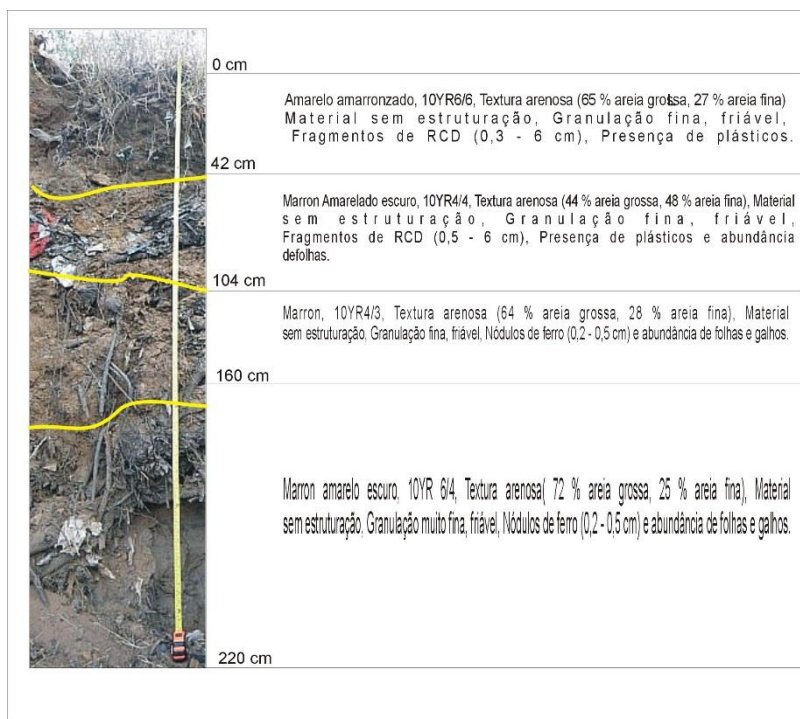
No perfil, as camadas entre 0 e 48 cm apresentam, apesar da matriz arenosa, certa estabilidade dos fragmentos de pequena dimensão (0 – 8 cm) pela estrutura radicular de gramíneas e arbustos. Na terceira camada, os fragmentos de grandes dimensões, variando entre 3 e 15 cm, favorecem a instabilidade criada pela camada inferior de granulometria muito fina e facilmente transportada pelas águas pluviais. Observa-se que fragmentos de menores dimensões são mais facilmente decompostos pela movimentação da água, formando uma camada homogênea e mais coesa.

Devido ao alto custo dos terrenos na cidade, nos últimos anos proprietários locais aterram os lotes com resíduos de construção, visando ao aproveitamento para construção de moradias, porém o material assentado sobre um material instável pode provocar rupturas nas construções.

De acordo com o perfil topográfico, vide Figura 29, a maior profundidade verificada é de 1.83 metros na área original de deposição, com apenas 10 metros de extensão longitudinal e extensão lateral 61 metros. Este DT foi formado pelo aterramento de parte das nascentes do córrego Cimba, sendo o material solapado quando dos grandes volumes de água em épocas de altas pluviosidades. Devido ao

pouco volume de material existente, a Prefeitura Municipal poderia retirar e depositar em um local adequado, mas o que se verifica através dos relatos dos moradores é o descaso com a situação sem a adoção de nenhuma medida paliativa ou permanente.

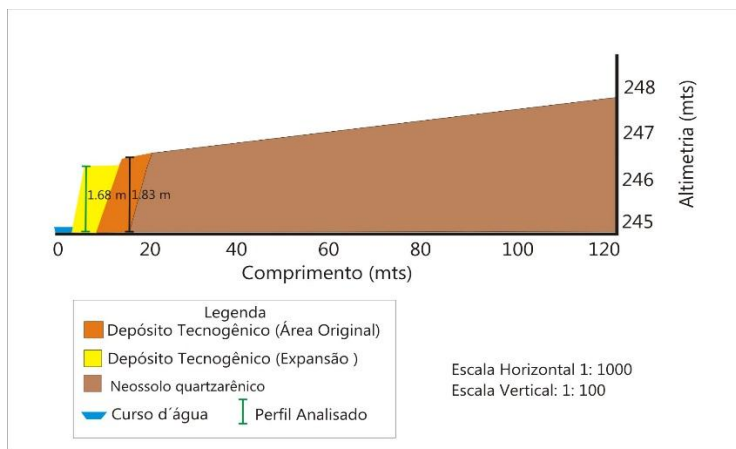
Figura 28 - Perfil de Depósito Tecnogênico Inorgânico no Fundo de Vale, Córrego Cimba



Coordenadas: 809698.78 E / 9204633.87 S / UTM Zone 22 S

Autor: Machado, C. A. (10/2011)

Figura 29– Perfil Topográfico de Depósito Tecnogênico, Setor Cimba



Fonte: EMBRAPA (2012) e IBGE (19750

Autor: Machado, C. A. (2012)

6.3.2 Depósitos Tecnogênicos Fluviais Terrígenos (DTFT)

Os Depósitos Tecnogênicos Fluviais Terrígenos (DTFT) utilizam principalmente material extraído de Latossolos vermelho-amarelo e Latossolos amarelos na construção de aterros, os quais são preferencialmente usados devido a sua textura que proporciona melhor acomodação e compactação.

No caso da cidade de Araguaína, os DT acabam por formar duas camadas distintas, sendo a superior de textura arenosa e a inferior de textura argilosa, fato que proporciona diferentes velocidades de infiltração das águas pluviais.

A área com maior quantidade de Depósitos Tecnogênicos Fluviais Terrígenos (DTFT) localiza-se na parte central da cidade de Araguaína no fundo de vale do córrego Neblina. Praticamente em

toda a extensão de ambas as margens formaram-se faixas de 5 a 10 metros de largura e com 2 metros de profundidade, vide Figuras 30 e 31, com a presença de depósitos com resíduos de construção cobertos com solo para melhor compactação, os quais são reforçados com muros de arrimo para melhor estabilidade.

Os DTFT são resultantes de dragagem de cursos d'água ou aterramento e representam a menor expressão numérica, porém de grandes extensões na cidade de Araguaína com apenas quatro áreas localizadas no médio curso do córrego Neblina e no Córrego Cará. Estas áreas, mesmo com a canalização com o uso de gabiões e o aterramento acima do leito fluvial, são atingidas pelos alagamentos e enchentes com grande deposição de sedimentos, matéria orgânica e lixo urbano.

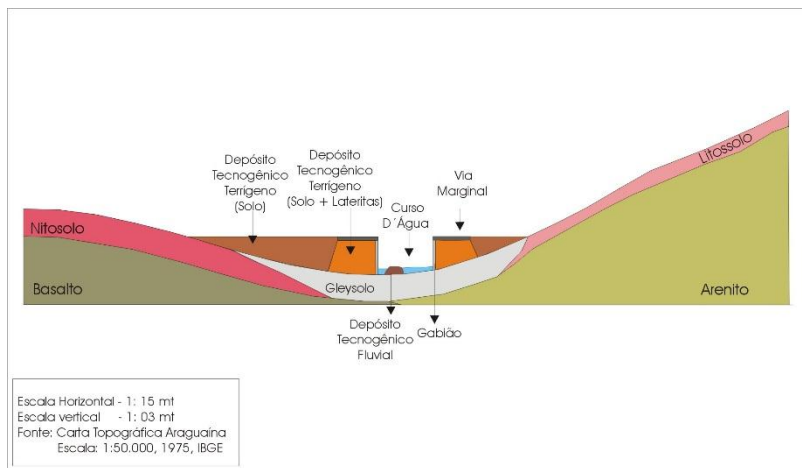
Figura 30 – Depósitos Tecnogênicos Terrígenos em Antiga Área de Várzea do Córrego Neblina



Coordenadas: 806940.80 E / 92032969.90 S / UTM Zone 22 S

Foto: Machado, C. A. (Ago/2011)

Figura 31 – Perfil Topográfico de Depósito Tecnogênico Fluvial no Córrego Neblina

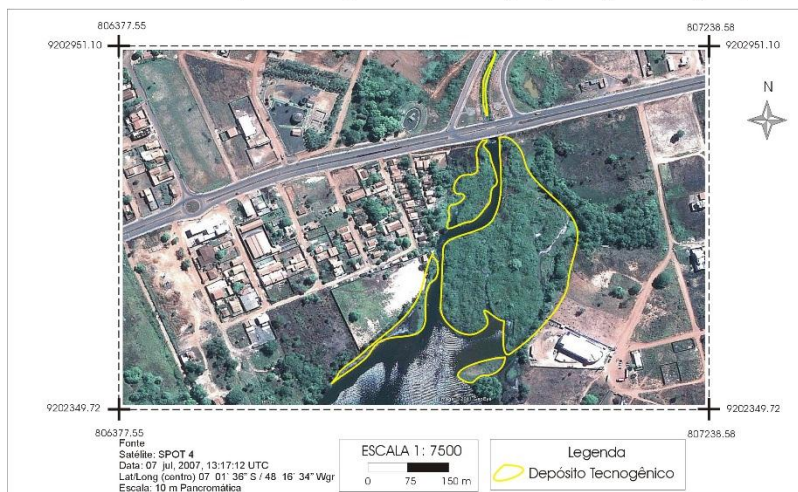
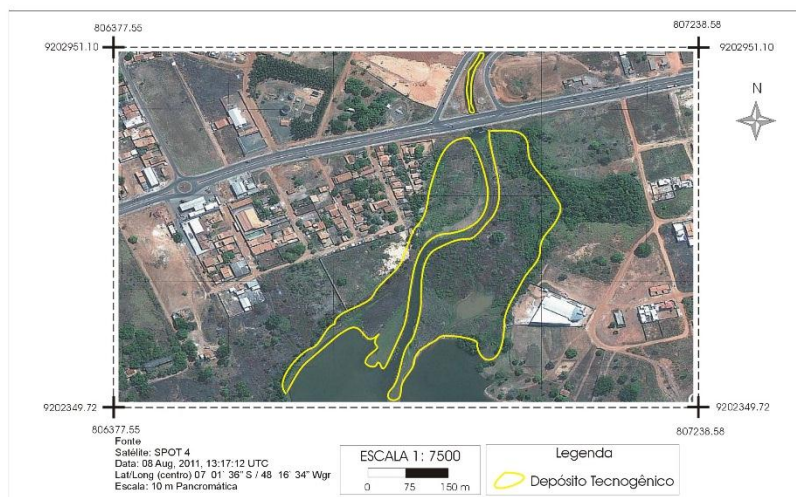


Autor: Machado, C. A. (2011)

A existência de DTFT em ambientes fluviais resultante de assoreamento aumentou devido ao constante alagamento das planícies de inundação, principalmente após a elevação do nível de base pela construção da Represa Corujão, na década de 1970.

Estes depósitos são compostos por camadas horizontais alternadas de sedimentos argilosos, arenosos, orgânicos e faixas de fragmentos de materiais de construção e lixo urbano, que são constantemente remobilizados pela ação das águas fluviais, vide Figuras 32 e 33.

O aterramento de várzeas e pequenas depressões do relevo são práticas comuns para a instalação de residências em áreas centrais ou de grande valor econômico, as quais após alguns anos apresentam inevitavelmente problemas estruturais para os atuais proprietários.

Figura 32 - Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina (2007)**Figura 33** - Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina (2011)

Arte: Machado, C. A. (2011)

Tal fato ocorre também na área central da cidade de Araguaína para uso comercial e residencial não levou em consideração o escoamento das águas pluviais provinda das vertentes, sendo comum o alagamento de locais que anteriormente não tinham este tipo de problema e tornando necessária a construção de sistemas de drenagem.

No período chuvoso, o impacto do grande volume de água, bem como a infiltração e elevação do nível freático tornam o material tecnogênico usado em aterros instáveis, provocando inúmeros problemas para as casas e edifícios no local, além dos problemas correntes com alagamentos.

Devido aos problemas com as edificações, algumas obras privadas próximas ao córrego foram abandonadas após a constatação óbvia de prejuízo, sendo posteriormente demolidas frente ao prejuízo. Um fato interessante é que não existe no plano ambiental multa por aterramento por resíduos de construções civis.

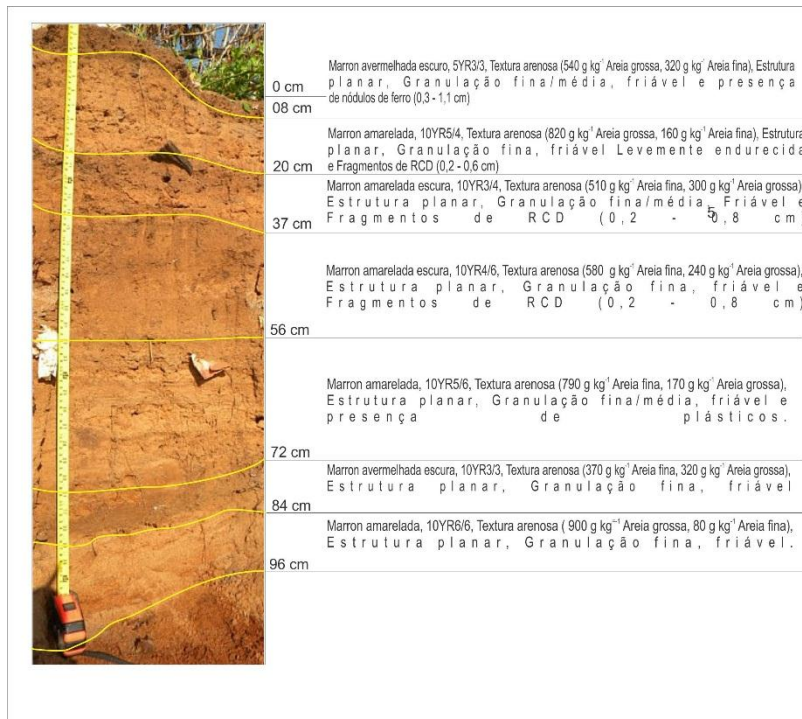
Em praticamente todos os cursos de água que cortam a malha urbana da cidade de Araguaína existem a formação de DT, em função do grande volume de sedimentos transportados pela água e a diversidade e dimensões de fragmentos dissolvidos e carregados de aterramentos nas nascentes, produzindo um mosaico de diferentes colorações e combinações das camadas.

O DT analisado na jusante do córrego Neblina possui uma área de 89.313 m², vide Figura 34, e 42 cm de profundidade média, exibindo inúmeras camadas com tons amarronzados, devido provavelmente aos diferentes teores de óxidos de ferro presentes na água e oriundos de Neossolos quartzarênicos e Nitossolos existentes na bacia hidrográfica.

As sete camadas existentes nesta estrutura apresentam homogeneidade de fatores como a: cor marrom, textura arenosa, friável e fragmentos de pequenas dimensões, tendo as camadas orientação plana do depósito, o qual é reforçado pela estrutura

radicular de gramíneas e de árvores com até 4 metros e com boa densidade, apontando para a boa fertilidade do material.

Figura 34 – Perfil de Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina



Coordenadas:806894.25 E / 9202830.42 S/ UTM Zone 22 S

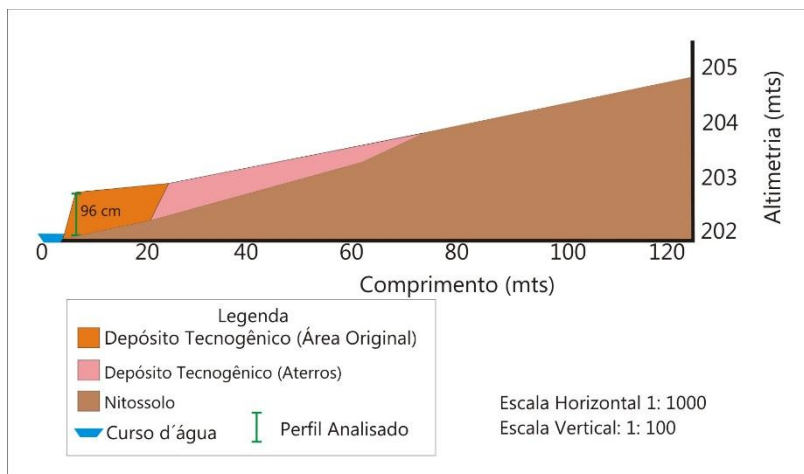
Arte: Machado, C. A. (10/2011)

O tempo de formação deste DTFT é de provavelmente 20 anos, segundo informações de antigos moradores e vem se expandindo constantemente em função do acelerado estado de assoreamento da represa. Esta questão será melhor apresentada no item dos depósitos tecnogênicos lagunares

De acordo com o perfil topográfico, vide Figura 35, a profundidade dominante é de 96 cm em média na área original de deposição, com extensão de 20 metros e pouca variação da inclinação, na qual é constante a deposição e retirada de materiais terrígenos pelo córrego Neblina.

A medida para tentar a diminuição deste DT seria o trabalho de conservação dos solos a montante da bacia do córrego Neblina evitando o grande transporte de sedimentos pelas águas fluviais. Devido ao grande volume de material, em grande parte terrígenos, torna-se inviável a retirada e deposição destes DT em uma área adequada.

Figura 35– Perfil Topográfico de Depósito Tecnogênico, Córrego Neblina



Fonte: EMBRAPA (2012) e IBGE (1975)

Autor: Machado, C. A. (2012)

A ação constante da água, seja no transporte e deposição de sedimentos em épocas de alta pluviosidade que retrabalham o depósito ou na oscilação no perfil provocam a decomposição mais acelerada dos fragmentos de pequenas dimensões que predominam em praticamente todas as camadas.

6.4 Depósitos Tecnogênicos Lagunares

Os Depósitos Tecnogênicos Lagunares (DTL) existentes na cidade de Araguaína localizam-se na represa Corujão, cujo surgimento foi provocado pela ação do represamento das águas, por ser uma área receptora de grande quantidade de sedimentos e resíduos orgânicos dos cursos de água que deságuam na represa.

Os DTL apresentam uma textura areno/argilosa, pequenos fragmentos e com grande quantidade de matéria orgânica que facilita o crescimento de plantas aquáticas que estabilizam o material que se concentra nas margens, diminuindo sensivelmente a área útil.

Os DTL formam-se principalmente nas margens das represas e próximas à desembocadura dos cursos d'água que transportam o material tecnogênico em suspensão, além do material coluvial carreado pelo escoamento superficial das vertentes. Somente com o assoreamento acelerado e a diminuição da lâmina de água podem surgir depósitos em áreas centrais de represas e lagos, como no caso da represa analisada.

Estudos desenvolvidos em reservatórios realizados por Rossato; Basso; Suertegaray (2002), Korb (2006) e Oliveira (1994) em vários lagos na região Sul e Sudeste apontam que a formação e a diferenciação na composição de DTL correlacionam-se com as variações de uso de solo no entorno do corpo d'água, os quais foram estudados através da coleta e análise do material em laboratório, visando identificar as características físicas e elementos tóxicos para subsidiar os diferentes tipos de uso da água.

Os processos de decomposição e deposição em DTL variam sazonalmente, ou seja, em boa parte do ano ficam submersos e estando sujeito a condições anaeróbias. Com a diminuição da lâmina d'água parte do material submerso e acrescido com novas camadas fica submetido a condições aeróbias.

A deposição com camadas de materiais terrígenos e orgânicos alternados apresenta grande concentração de matéria orgânica e sedimentos resultantes de resíduos urbanos, fato este que favorece o processo de eutrofização, que acaba estabilizando os depósitos.

6.4.1 Depósitos Tecnogênicos Lagunares Terrígenos (DTLT)

Em algumas áreas da represa, a erosão das vertentes provocada pela intensa ocupação urbana sobre Neossolos quartzarênicos e a grande quantidade de sedimentos carreados para as margens da represa formam extensas áreas de eutrofização e estabilização de bancos de areia com materiais tecnogênicos, diminuindo sensivelmente a área útil do reservatório. vide Figura36.

Devido à pouca movimentação das águas do lago, a formação e a modificação da estrutura de DTLT está sujeita às oscilações de subida e descida do nível de água que facilita a deposição de camadas de detritos e sedimentos formando uma estrutura plana e homogênea. O DT possui uma área 15.081 m², tendo a camada A, vide Figura 36, apresentando predominância total de areia grossa (910 g.kg⁻¹) sobre areia fina (70 g.kg⁻¹), argila (10 g.kg⁻¹), além de detritos, galhos e lixo segundo as análises realizadas. Na camada B, o percentual de areia grossa decai para 630 g.kg⁻¹ e areia fina aumenta para 340g.kg⁻¹ e argila 20 g.kg⁻¹ e, por último, na camada C mantém-se a predominância da areia grossa com 760g.kg⁻¹e 22 g.kg⁻¹ de areia fina.

**Figura 36 – Depósito Tecnogênico Lagunar com
Materiais Terrígenos**



Coordenadas: 809278.63 E / 9200846.68 S / UTM Zone 22 S

Foto: Machado, C. A. (06/2011)

As três últimas administrações municipais tentaram desenvolver projetos de recuperação da represa, mas todas falharam por basear as ações somente no reservatório e não no entorno e cursos d'água que se alimentam de água e sedimentos.

Em algumas áreas os depósitos lagunares foram criados diretamente pela ação humana através do aterramento de áreas do lago com solo e materiais da construção civis, geralmente localizados em solos mal drenados e usados para instalação de cais para pequenos barcos. Com a erosão lateral provocada pelo movimento da água, os DTL necessitam de deposição de material como medida de reforço.

**Figura 37 – Depósitos Tecnogênicos Lagunares
Terrígenos (A) e Orgânicos (B)**



Arte: Machado, C. A. (2011)

6.4.2 Depósitos Tecnogênicos Lagunares Inorgânicos (DTLI)

A Companhia Elétrica do Estado do Tocantins (CELTINS) em 2001 esvaziou o reservatório para realizar uma dragagem e aumentar a quantidade de volume de água disponível para geração de energia, porém, a mesma empresa e administração municipal pouco investiram na eliminação do problema, ou seja, a diminuição da erosão, sedimentação e geração de resíduos domésticos nos cursos de água que conectam-se ao lago.

A dragagem dos sedimentos diminuiu temporariamente o problema, que devido à rápida expansão da malha urbana e geração de resíduos vêm aumentando a expansão dos depósitos tecnogênicos lagunares, visto que a conservação do solos nas cabeceiras dos cursos d'água que alimentam o lago continua intensa.

Recentemente, no mês de fevereiro de 2012, a empresa CELTINS, responsável pela produção de energia elétrica na represa, abriu novamente as comportas para a manutenção dos equipamentos da central elétrica e verificação da sedimentação do lago, porém, o cenário visto foi desolador, com a constatação da morte do espelho de água pelo grande volume de sedimentos e uma enorme variedade de materiais tecnogênicos como pode ser verificado na Figura 38.

Alguns trabalhos paliativos de limpeza da represa foram realizados por entidades não governamentais, porém de pouco impacto frente à grande quantidade de sedimentos e lixo urbano que o corpo hídrico recebe diariamente. A área da represa poderia ser usada para inúmeras atividades, como por exemplo, natação, esportes aquáticos, lazer, entre outros.

Esta paisagem poderia ser recuperada para o uso público, mas após o enchimento do lago proliferou a venda de chácaras e a instalação de conjuntos habitacionais em torno do lago, mesmo com a situação de degradação ambiental.

**Figura 38– Lago Assoreado e Preenchido com
Materiais Tecnogênicos**



Coordenadas: 809177.49 E / 9200844.75 S / UTM Zone 22 S

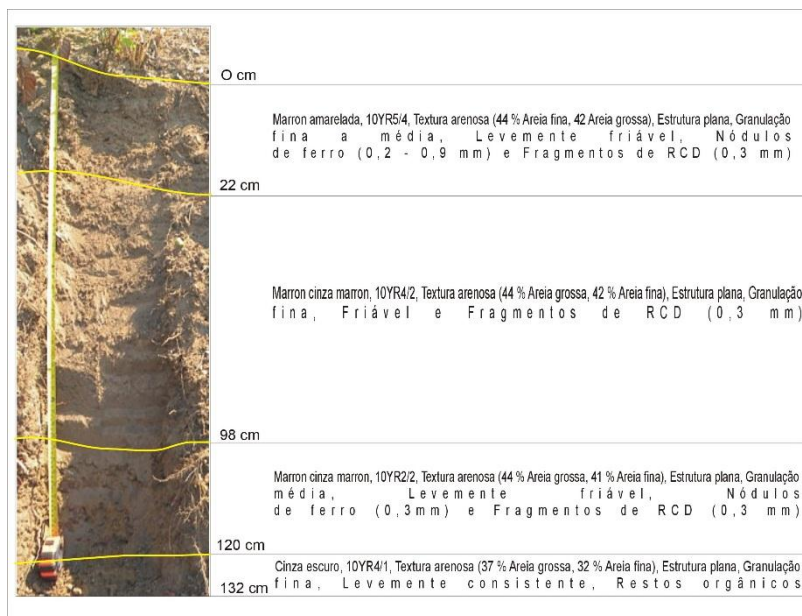
Foto: Machado, C. A. (02/2012)

O perfil do DTLI analisado, vide Figura 39, consiste em uma área às margens da represa aterrada para uso de descida de barcos e ampliação da área útil da propriedade, perfazendo uma área 2.150 m². A camada superficial com espessura de 0 a 22 cm apresenta estrutura plana, textura arenosa e abundância de nódulos e fragmentos de RCD, principalmente lateritas utilizadas para maior estabilidade do depósito.

A camada entre 22 e 98 cm apresenta uma matriz essencialmente arenosa de granulometria muito fina, extremamente friável e que pode facilmente ser desestabilizada pela subida das águas como ocorre em parte do depósito e em outros depósitos observados. A camada entre 98 e 120 cm apresenta lateritas depositadas e se encontram em avançado estado de decomposição devido à ação das águas constantes neste perfil. A última camada possui textura arenosa e grande quantidade de matéria orgânica resultante do trabalho de

deposição das águas lagunares e com cor acinzentada devido ao ambiente redutor.

Figura 39 – Perfil de Depósito Tecnogênico Lagunar Inorgânico, Represa Corujão



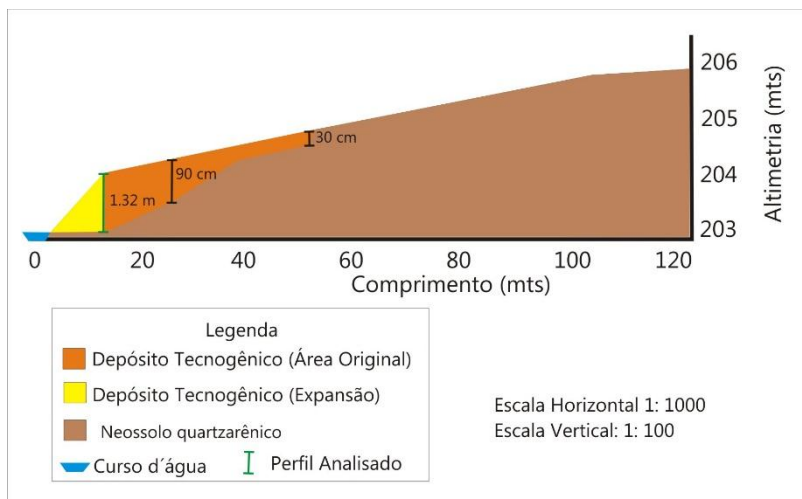
Coordenadas: 809146.15 E / 9200976.79 S / UTM Zone 22 S

Autor: Machado, C. A. (10/2011)

As profundidades neste perfil topográfico variam de 30 cm a 1.32 metros, vide Figura 40, na área original de deposição e com extensão de 35 metros com pouca variação da inclinação. Por localizar-se junto às margens, o DT expandiu minimamente sua área (9 mts) em função do transporte pelas águas pluviais. Como grande parte do material é terrígeno e de lateritas, torna-se desnecessária sua

retirada, mas deve-se executar trabalhos de estabilização do material como, por exemplo, o plantio de gramíneas.

Figura 40– Perfil Topográfico de Depósito Tecnogênico, Represa Corujão



Fonte: EMBRAPA (2012) e IBGE (1975)

Autor: Machado, C. A. (2012)

7. Medidas de Prevenção e Recuperação de Áreas Tecnogênicas

As soluções existentes para resolver os problemas de ordem ambiental, econômica e social causadas pelos DT são variadas conforme aumenta a heterogeneidade de materiais existentes e o tempo de existência. As soluções adequadas nem sempre são executadas em função dos altos custos de remediação e tratamento, da extensão do problema e falta de interesse por parte das administrações públicas.

Os resíduos depositados irregularmente causam enchentes, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdição parcial de vias e degradação do ambiente urbano. Além destas consequências, a remoção de resíduos acumulados irregularmente onera os cofres públicos municipais.

As administrações municipais devem investir em campanhas para redução do volume de resíduos sólidos, como por exemplo, o uso doméstico dos materiais orgânicos em adubos para jardins e pequenas hortas. Materiais e substâncias altamente tóxicas como pilhas, baterias e lâmpadas devem ter lugares de descarte específicos, a fim de serem enviados para a devida destinação.

O estímulo a criação de pequenas empresas que colem e selecionam materiais, bem como de empresas que reciclam deve ser auxiliadas com a redução de impostos, vantagens fiscais e linhas de crédito.

Em DT mais antigos os materiais apresentam uma decomposição avançada dos materiais e com formação de crostas, principalmente nos que contêm resíduos de construção. Devido à decomposição, o material sofreu uma acomodação proporcionando maior estabilidade contra a ação das águas pluviais, principalmente em áreas mais planas.

O rápido crescimento do núcleo urbano de cidades médias na última década aumentou o preço de lotes, sendo inviável a compra

pelas populações pobres, as quais acabam por invadir ou adquirir terras em locais impróprios como os fundos de vales, encostas e com DT. No tocante às áreas com depósitos tecnogênicos, seria essencial que a administração pública adotasse as seguintes alternativas:

- retirada dos moradores e realocação em áreas adequadas.
- proibição de aterros em lotes urbanos com resíduos da construção civil e lixo urbano.
- mapeamento e disseminação da informação sobre as áreas de risco.
- fiscalização para o combate a invasão de terras e deposição ilegal de resíduos.

Como medida para diminuição do problema com os resíduos da construção civil algumas cidades no Brasil, já adotaram a produção de artefatos para uso público como bloquetes para calçamento, sargetas, tijolos, entre outros com redução de custo em comparação ao material original usado nas obras. Um exemplo de planta de reaproveitamento de resíduos da construção civil pode ser observado nas Figuras 41 e 42.

Em áreas onde existem depósitos de grande porte e com moradias sob estes, torna-se inviável a retirada do material devido ao alto custo, sendo a medida mais aceitável a retirada dos moradores e o isolamento da área para o emprego de técnicas de engenharia no isolamento e estabilização do corpo. Posteriormente, podem-se empregar técnicas ambientais para revitalização de áreas com menor periculosidade com o plantio de espécies usadas em fitoremediação que podem ser aproveitadas para fins de lazer.

Figura 41 – Máquina de Trituração de Resíduos da Construção Civil



Fonte: Junior (2005)

Figura 42– Produtos da Reaproveitamento (Tijolos e Bloquetes)



Fonte: Junior (2005)

As técnicas de engenharia para tratamento dos resíduos urbanos podem ser *in situ*, na qual as ações são realizadas para tratamento do contaminante no próprio solo, como por exemplo, o encapsulamento geotécnico confinando o material com barreiras de baixa permeabilidade, coberturas impedindo a entrada de águas das chuvas e o uso de barreiras verticais impedindo os fluxos horizontais para o solo adjacente. As técnicas *ex situ* compreendem a retirada do material para posterior tratamento, dentre as quais: a remoção e tratamento do solo por fito e bioremediação, incineração ou solidificação segundo Boscov (2008).

Para cada situação de remediação de DT devem-se considerar os custos envolvidos, eficácia e duração da solução empregada. No caso de cidades médias para os principais depósitos podem ser apontadas possíveis medidas, levando em consideração em primeiro lugar o tamanho, em segundo o tipo de material e o custo envolvido para a medida principal e secundária.

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 depósitos de pequeno porte em função de serem áreas pequenas e com pouco volume de materiais sem custos elevados para tal operação.

Em alguns casos, como por exemplo, DT de pequenas dimensões sem resíduos industriais, o próprio ambiente pode estabilizar o material ao longo do tempo por uma atenuação natural.

A atenuação natural envolve os processos naturais físicos, químicos e biológicos na redução do volume, mobilidade e concentração de contaminantes deve ser acompanhada da avaliação dos impactos de curto, médio e longo prazo visando ao monitoramento do material tecnogênico.

Geralmente, os DT tornam-se impermeáveis com a compactação por máquinas em áreas de aterro. A ação mecânica em

função do aprofundamento e crescimento das raízes facilita a entrada da água, bem como aproveita a concentração de matéria orgânica existente no depósito para a absorção e incorporação ao tecido vegetal.

A grande quantidade de ravinas e voçorocas que surgem em áreas com construção de loteamentos e terrenos baldios, os quais sem o devido emprego de técnicas para a conservação do solo resultam no carreamento de grande quantidade de sedimentos para os fundos de vales. A implantação de galerias de águas pluviais e o asfaltamento contribuiriam para drenagem adequada dos grandes volumes de águas pluviais.

A retirada do material contido nos 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.

As técnicas de bioengenharia compreendem o uso de vegetação, produtos a base fibras vegetais, entre outros para proteção de encostas contra a erosão, as quais em substituição as obras de engenharias com o uso de concreto tornam-se mais economicamente e ambientalmente viáveis.

Quando existem inclinações acentuadas e solo arenosos mais susceptíveis as águas pluviais podem-se empregar o uso combinado de vegetação, biomantas e estruturas de madeiras para amenizar o volume e impacto das águas vertente abaixo. Alguns produtos utilizados em bioengenharia podem ser observados nas Figuras 43 e 44.

Figura 43- Biomantas antierosivas (fibra de coco e palha agrícola)



Fonte: Laércio Couto et al (2010)

Figura 44- Proteção de Encosta com Biomantas Anti erosivas



Fonte: Laércio Couto et al (2010)

Para cada tipo de DT é necessário um tratamento diferenciado, principalmente aqueles localizados em terrenos inclinados e próximos a fundos de vale, os quais possuem maior periculosidade para construções civis. Em alguns países da Europa e nos Estados Unidos, a solução geral para depósitos de maiores dimensões e que tem como maiores componentes materiais terrígenos e orgânicos tem sido a adequação destes locais para áreas verdes como parques e bosques em cidades como New York e Tucson, ressaltando-se que as espécies de gramíneas, arbustos e árvores são escolhidas de acordo com as novas condições do local, sendo uma mescla de nativas e exóticas (Pavao-Zuckerman, 2008).

8. Considerações Finais

A identificação, localização e a formação dos DT nos variados tipos de ambientes podem auxiliar a tomada de decisões pela administração pública no tocante à recuperação ou diminuição dos problemas relacionados a estes corpos artificiais, a fim de destacar as áreas propensas a movimentos de massa e poluição química. A grande variedade de tipos e ambientes de deposição requer um tratamento diferenciado para as medidas mitigadoras, ressaltando-se o fato de que o processo de aumento da urbanização no Brasil e no mundo vem intensificando a criação e expansão de DT.

Os primeiros resultados apontam a grande dificuldade na identificação via imagens de satélite, variação do comportamento dos diversos materiais nos diferentes tipos de ambientes, estrutura dos depósitos instável em momentos de elevada pluviosidade e a aplicação de técnicas de recuperação específicas para cada caso.

Historicamente, DT mais antigos possuem maior concentração de matéria orgânica e os DT mais recentes uma maior concentração da fração inorgânica identificados nos trabalhos de campo. Os corpos artificiais criados incorporam-se ao ambiente local encoberto pela sedimentação nos fundos de vale e de difícil detecção pelo crescimento da vegetação. Os DT em ambientes aquáticos têm grande mobilidade de materiais e modificação constante das formas devido à força hidráulica das águas e a grande quantidade de matéria orgânica facilita o desenvolvimento de uma vegetação de grande porte, porém com reduzida biodiversidade.

Para reduzir os volumes dos resíduos, primeiramente seria necessária a implantação de projetos de educação ambiental nas empresas construtoras visando à redução dos resíduos da construção civil e com a população local para a redução do lixo doméstico e eliminar o descarte em terrenos baldios. Os projetos de educação

devem ter caráter permanente, pois os resultados em geral são obtidos em longo prazo.

A diminuição da geração e destinação final dos resíduos sólidos urbanos deve-se tornar uma prioridade dentre as políticas públicas de reciclagem. Algumas cidades brasileiras já possuem sistemas de produção de artefatos a serem utilizados na construção civil e pavimentação urbana com ganhos ambientais, sociais e econômicos.

As administrações municipais em conjunto com as empresas do setor devem investir primeiramente na redução dos volumes de RCD nos canteiros de obras como já ocorre em cidades como São Paulo, em segundo plano promover investimentos para a reutilização dos RCD em obras públicas de contenção de pequenas encostas. A terceira etapa e talvez uma das mais importantes é a reciclagem dos resíduos com a produção de artefatos de concretos e por último o descarte de forma adequada em aterros de resíduos sólidos.

O comportamento dos processos ambientais é variável no tempo e no espaço e modificações mais acentuadas são o produto da evolução de uma determinada área, as quais podem ser incorporadas ao ambiente local pelos processos físico-químico ou biológicos, mesmo em locais sob intensa atividade antrópica. O entendimento da composição e dinâmica destes corpos reside na importância da definição de tratamento dos impactos e recuperação com medidas específicas para cada caso, sejam na implantação de áreas verdes, áreas agrícolas, urbanização ou retirada do material.

Com a valorização das áreas urbanas e a procura por locais para a edificação civil, torna-se necessário a implantação de medidas como a destinação adequada dos resíduos ou retirada quando possível. O mapeamento e a mensuração das áreas afetadas por DT auxiliam na estimativa das perdas de áreas úteis à população, ou seja, áreas de preservação ambiental como nascentes, várzeas, áreas de interesse turístico e de lazer em uma cidade, evitando a ocupação inadequada e facilitando os projetos de recuperação de áreas degradadas.

9. Referências

ÂNGULO, S. C. ; ZORDAN, S. E. ; JOHN, V. M. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil.** In: IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Materiais Reciclados e Suas Aplicações. São Paulo, 2001. p. 43-56.

ÂNGULO, S. C. ; MIRANDA, L. F. R. ; JOHN, V. M. **Construction and Demolition Waste, It's Variability and Recycling in Brazil.** Disponível em www.reciclagem.pcc.usp.br/. Acessado em 08/10/2009.

ARCGIS 9.3 **Software de Digitalização de Imagens.** ESRI, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **Resíduos Sólidos: Classificação ABNT NBR 10004/2004.** ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

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.), págs. 36 – 44.

COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) **Carta Geológica Araguaína – Folha SB.22-Z-D, Estados do Tocantins e do Pará.** Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, Escala 1:250.000 / Araújo, V. A. de ; Oliatti, O (Orgs). – Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 1994.

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

CANDIDO, L. W. e ZAINÉ, J. E. **Identificação e Mapeamento de Cavas e Pilhas de Bota-Fora de Mineração como Unidade Geológico-Geotécnica no Município de Estiva Gerbi – SP, Brasil.** Revista Geociências: UNESP (SP) número 6, p. 35-44, dezembro de 2005.

CHEMEKOV, Y. F. **Technogenic Deposits.** In: Inqua Congress, 11, Moscow, 1983, Abstracts v. 3, p. 62.

CSIMA, P. **Urban Development and Anthropogenic Geomorphology.** In: Szabó, J. et al. Anthropogenic Geomorphology, London: Springer, 2010, p. 179 – 187.

COLTRINARI, L. **Natural and Anthropogenic Interactions In The Brazilian Tropics.** In: BERGER, A. R. ; IAMS, W. (Orgs), Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems. Rotterdam:Brookfield, 1996. p. 295-310.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) **Resolução nº 307, de julho de 2002.**Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acessado em 10/02/2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) **Resolução nº 348, de agosto de 2004.** Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acessadoem 10/02/2012.

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

DUMITH, R. C. ; LUCAS, L. M. ; TELLES, R. M. **O Uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) na Identificação dos Avanços de Depósitos Tecnogênicos nas Margens do Saco da Mangueira – Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.** In: XII Encontro de Geógrafos de América Latina, 2009, Montevideo. Anales del 12 Encuentro de Geógrafos de América Latina. , 2009. Disponível http://egal2009.easyplanners.info/area04/4046_Dumith_Raquel_de_Carvalho.pdf. Acessado em 10/06/2010.

EFLAND, W. R. e POUYAT, R. V. **The Genesis, Classification and Mapping of Soils in Urban Areas.** In: Urban Ecosystem, nº 01, 1997. p. 217-228.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) **Brasil em Relevo. Imagem de Radar SRTM SB-22-Z-D.** Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>. Acessado em fevereiro de 2012.

FANNING, D. J.; FANNING, M. C. B. **Soil: Morphology, Genesis and Classification.** New York, John Wiley & Sons, 1989.

FIGUEIRA, R. M. **Evolução dos Sistemas Tecnogênicos no Município de São Paulo.** São Paulo: USP (Instituto de Geociências), Dissertação de Mestrado, 2007, 126 págs.

FUJIMOTO, N. S. V. M. **Considerações Sobre o Ambiente Urbano: Um Estudo com Ênfase na Geomorfologia Urbana.** In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, nº 16, 2005. p. 76-80.

GODOY, M. C. T. F. ; SILVA, L. E. R. ; SOUZA FILHO, A. **O Risco Tecnogênico no Planejamento Físico-Territorial:**

Exemplo de Área de Ampliação do Distrito Industrial de Presidente Prudente – SP. Caderno Prudentino de Geografia, nº 24, Vol. 01, 2002. Disponível em <http://www.agbpp.com/doc/godoyn24.pdf>. Acessado em 20/05/2011.

GOMES, D. C. H. ; COELHO, R. M. ; ROSSI, M. ; GUADALUPE, G. W. **Solos Antropogênicos da Bacia do Ribeirão das Anhumas: Caracterização, Legenda e Implicações Ambientais.** Campinas (SP), Projeto Anhumas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2006. p.103 – 127.

GOOGLE EARTH PRO **Imagens de Satélites 2007 – 2011/ SPOT.** Escala: 10 metros, pancromática, 2012.

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.

GREBENETS, V. I. **Geocryological – Geoecological Problems Occurring in Urbanised Territories in Northern Rússia and Methods For Improvement and Restoration of Foundations.** In: Permafrost, Springman ; Arensons (Eds), 2003. p. 303-307 Disponível http://reserach.iar.uaf.edu/icop2003permafrost/pdf/c_hapter_055pdf. Acessado em 20/10/2009.

GUPTA, A. **Ge indicators for Tropical Urbanization.** In: International Journal of Geosciences: Environmental Geology. Volume 42. 1997. p.736-742.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Carta Topográfica do Município de Araguaína**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. Escala 1:100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Censos Demográficos (1991) (1996) (2000) (2010)**. IBGE, Rio de Janeiro.

INTERNATIONAL UNION OF SOIL SCIENCE (IUSS) **World Reference Base for Soil Resources (WRB)2010**Disponível em: <http://www.fao.org/nr/land/soils/soil/en>. Acessado em 10/10/2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT) **Movimentos de Massa**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Sestini-M-F-1999/cap2.pdf>. Acessado em 10/10/2011.

JÚNIOR, N. B. C. (Coord.) **Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil**. SINDUSCON – MG, 2005.

JOHN, V. M. **Desenvolvimento Sustentável, Construção Civil, Reciclagem e Trabalho Multidisciplinar**. Disponível em www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm. Acessado em 08/10/2009.

JOHN, V. M. e AGOPYAN, V. **Reciclagem de Resíduos da Construção**. Disponível em www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm. Acessado em 08/10/2009.

JOHN, V. M. et al **Strategies For Innovation in Construction Demolition Waste Management in Brazil**. Disponível em www.reciclagem.pcc.usp.br/. Acessado em 08/10/2009.

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.

LAÉRCIO COUTO et al **Técnicas de Bioengenharia para revegetação de Taludes**. Viçosa (MG), CBCN, 2010

LEHMANN, A. e STAHR, K. **Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils**. In: Journal of Soils and Sediments, nº 07 (4), 2007. p. 247-260.

LISBÔA, T. H. C. **Os Depósitos Tecnogênicos e a Alteração da Linha de Costa do Distrito Sede de Florianópolis (SC)**. Dissertação de Mestrado, Florianópolis (SC), UFSC, 2004.

MACHADO, C. A. **Diagnóstico Ambiental da Cidade de Araguaína (TO)**. Relatório de Pesquisa Institucional, Palmas (TO), Universidade Federal do Tocantins (UFT), 2004.

MACHADO, C. A. e OLIVEIRA, V. M. de **Planejamento Ambiental Para a Cidade de Araguaína – TO**. In. Revista Interface, Porto Nacional (TO), v.02, n.02, maio 2005.p.52-65.

MACHADO, C. A. ; RODRIGUES, S. C. **Genesis and Dynamics of Technogenic Deposits in the Urban Area of Araguaína**

(Brazil). In: Anais of International Geographic Union (IGU) 2011, Santiago (Chile), 2011.

MACHADO, C. A. ; RODRIGUES, S. C. **Formação e Dinâmica de Technosolos na Cidade de Araguaína (TO).** In: Anais XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia, 2011. CD-rom.

MACHADO, C. A. ; RODRIGUES, S. C. **Alternativas Ambientais, Econômicas e Sociais aos Impactos dos Depósitos Tecnogênicos na Cidade de Araguaína (TO).** In: Anais do XIV Simpósio de Geografia Física Aplicada, UFGD, Dourados (MS), 2001. Cd-rom.

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

MACHADO, C.A. ; GUEDES, L. S. ; BOVOLATO, L. E. **Características Fisiográficas de Araguaína.** In: Estudos Multidisciplinares Para a Educação Ambiental: O Tocantins em Destaque. SILVA, N. L. ; CASTRO, J. G. D. ; CASTILHO, M. W. V. (Orgs). Goiânia (GO), UFT, 2008, p. 11-30.

MARKER, B. **Urbanisation and The Geoenvironment.** In: Geology and Ecosystems. Igor S. Zektser (Org.) New York: Springer, 2006. p. 123-147.

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.

NEBER, A. ;AUBEL, J. ; CLASSON, F. ; HOEFER, S ; KUNZ, A. ; SOBISCH, H. G.**From The Devonian to the Present: Landscape and Technogenic Relief Evolution in na Urban Environment.** In: IAG, n. 517, 2006. p. 01-12.

NEW YORK CITY SOIL SURVEY (NYCSSS) STAFF **New York City Reconnaissance Soil Survey.** United State Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Staten Island (NY), 2005).

NORRA, S. e STÜBEN, D. **Urban Soils.** Journal of Soils and Sediments, nº 03 (4), 2003. p. 230 - 233.

OSTERKAMP, W.R. e SHUMM, S. A.**Geoindicators For a River Valley Monitoring** In: BERGER, A. R. ; IAMS, W. (Orgs), Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems. Rotterdam:Brookfield, 1996. p. 97-114.

OLIVEIRA, A. M. S. e QUEIROZ NETO, J. P. de**Depósitos Tecnogênicos Induzidos Pela Erosão Acelerada no Planalto Ocidental Paulista.** In: Boletim Paulista de Geografia, nº 73, 1993, p. 91-104.

OLIVEIRA, A. M. dos S. **Depósitos Tecnogênicos e Assoreamento de Reservatórios: Exemplo do Reservatório de**

Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR. Tese apresentada ao Departamento de geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do grau de Doutor em Geografia Física. Vol. 1, São Paulo: 1994.

OLIVEIRA, A. M. dos S. ; Brannstrom, C. ; Nolasco, M. C. ; Peloggia, A. U. G. ; Peixoto, M. N. de O. ; Coltrinari, I. **Tecnógeno: Registro da Ação Geológica do Homem.** In: Quaternário do Brasil. Souza, C. R. de G. et al (Orgs). Ribeirão Preto (SP): Holos, 2005. p. 363-378.

PAVAO-ZUCKERMAN, M. A. **The Nature of Urban Soils and Their Role in Ecological Restoration in Cities.**In: Restoration Ecology, Vol. 16, nº 04, Dez. 2008. p. 642-649.

PEDRON, F. de A. et al **Solos Urbanos.** Revista Ciência Rural, v. 34, n.05, p. 1647-1653, set-out, 2004.

PEDRON, F. de A. et al **Levantamento e Classificação de Solos em Áreas Urbanas: Importância, Limitações e Aplicações.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 13, n.12, p. 147-151, abr-jun, 2007.

PELOGGIA, A. U. G. **O Homem e o Ambiente Geológico: Geologia, Sociedade e Ocupação Urbana no Município de São Paulo.** São Paulo, Xamã, 1998.

PELOGGIA, A. U. G. **A Cidade, As Vertentes e as Várzeas: A Transformação do Relevo Pela Ação do Homem no Município de São Paulo.** In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, nº 16, 2005, p. 24-31.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAGUAÍNA (PMA) **Mapa da Cidade de Araguaína 1980.**

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAGUAÍNA (PMA) **Mapa da Cidade de Araguaína 1980.**

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAGUAÍNA (PMA) **Política Ambiental do Município de Araguaína.** Lei nº 1.659 de 30 de dezembro de 1996.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAGUAÍNA (PMA) **Plano Diretor Municipal de Araguaína.** 2005.

RODRIGUES, C. **Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na Definição de Unidades Espaciais de Planejamento Urbano: Exemplo na Metrópole Paulista.**In: Revista do Departamento de Geografia, nº 17, USP, 2005. p. 101-11.

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.

ROSSATO, M. S. e SUERTEGARAY, D. **Repensando o Tempo da Natureza em Transformação.** Núcleo de Estudos Geografia e Ambiente. Disponível em <http://www.ufrgs.br/nega/textos.html>. Acessado em 10/10/2010.

ROSSITER, D. G. **Classification of Urban and Industrial Soils in the World Reference Base for Soil Resources.** Journal of Soils and Sediments, nº 07 (2), 2007. p. 96 – 100.

ROSSATO, M. S. ; BASSO, L. A. ; SUERTEGARAY, D. M. A.: **Formação de Depósitos Tecnogênicos em Barragens: O Caso**

da Lomba do Sabão, RioGrande do Sul, Brasil. In: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Vol. 07, nº 407, out. 2002. Disponível em:<http://www.ub.es/geocrit>. Acesso em 10/11/2009.

RUBIN, J. C. R. de; OLIVEIRA, A. M. dos S.; SAAD, A. R.; BRITO, G. S. de **Amostragem dos Depósitos Tecnogênicos Associados ao Rio Meia Ponte na Área Urbana de Goiânia (GO).** In: Revista Brasileira de Geomorfologia.v. 09, n. 02, 2008. p. 03 – 14.

SILVA, E. C. N. e NUNES, J. O. R. **Formação de Depósitos Tecnogênicos: Ação Geomorfológica da Sociedade nas Planícies Aluviais da Cidade de Presidente Prudente.** Disponível em www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos.../007.pdf. Acessado em 04/05/2010.

SOUZA, O. de, OLIVEIRA; A. M.dos S.; QUEIROZ, W. **Produção de Sedimentos na Região Metropolitana de São Paulo. O Caso da Microbacia do Córrego do Pau D'Alho, Guarulhos, SP.**In: Revista Brasileira de Geomorfologia, Vol.10, nº 1, 2009. P. 63 – 72.

SEILACHER, A. **General Remarks About Event Deposits.** In: Einsele, G., Seilacher, A. (Eds.), *Cyclic and Event Stratification*. Springer-Verlag, New York, 1982, pp. 161–174.

SMITH, B. D. ; ZEDER, M. A. **The Onset of The Anthropocene.** Anthropocene, 2013, In:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2013.05.001>. Acessado em 02/02/2016.

STINCHCOMB, G. E., STEWART, R. M., MESSNER, T. C., NORDT, L. C., DRIESE, S. G., ALLEN, P. M. **Using Event Stratigraphy To Map the Anthropocene – An example from the historic coal mining region in eastern Pennsylvania, USA.** In: *Anthropocene: Geomorphology of the Anthropocene: Understanding The Surficial Legacy of Past and Present Human Activities Volume 2*,

Pages 1-102 (October 2013),
link <http://www.sciencedirect.com/science/journal/22133054/2>, accessed on 01/09/2014.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia**. São Paulo: Blücher, 1973.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo; Blücher, 2003.

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. **Atlas do Tocantins: Subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Palmas: SEPLAN, Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico – DEZ-Planos: SEPLAN, 1999.

TOCANTINS (ESTADO) Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente. **Diagnóstico dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Lontra e Corda, na Região do Bico do Papagaio - TO**. Palmas: SEPLAN, 2001.

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.

ZALASIEWICZ, J., WILLIAMS, M., FORTEY, R., SMITH, A., BARRY, T., COE, A., BOWNO, P., RAWSON, P., GALE, A., GIBBARD, P., GREGORY, F., HOUNSLOW, M., KERR, A., PEARSON, P., KNOX, R., POWELL, J., WATERS, C., MARSHALL, J., OATES, M., STONE, P., **Stratigraphy of the Anthropocene**. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 2011,p.1036–1055. In:

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1938/1036.full.pdf+html>. Acessado em 01/09/2014.

ZALASIEWICZ, J. ,WILLIAMS, M., WATERS, C. N., BARNOSKY, A. D., HAFF, P. **The technofossil record of humans**. In: The AnthropoceneReview, 2014, Vol. 1(1) 34– 43.

UNIFESP. Tempo de Decomposição In: de <http://dgi.unifesp.br/ecounifesp>, Acessado em 02/03/2106.

ZORDAN, S. E. ; PAULON, V. A. **A Utilização do Entulho Como Agregado de Concreto**. Disponível em www.reciclagem.pcc.usp.br/a_utilizacão_entulho.htm Acessado em 08/10/2009.

