

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO

GÊNESE E MORFOLOGIA DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA
ÁREA URBANA DE ARAGUAÍNA (TO)

CARLOS AUGUSTO MACHADO

UBERLÂNDIA – MG

2012

CARLOS AUGUSTO MACHADO

**GÊNESE E MORFOLOGIA DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA
ÁREA URBANA DE ARAGUAÍNA (TO)**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território

Orientador: Prof. Dr Silvio Carlos Rodrigues

Uberlândia/MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil

M149g Machado, Carlos Augusto, 1970-
2012 Gênese e morfologia de depósitos tecnogênicos na área urbana de
 Araguaína (TO) / Carlos Augusto Machado. - - 2012.
 151 f.: il..

 Orientador: Silvio Carlos Rodrigues
 Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de
Pós-Graduação em Geografia.
 Inclui bibliografia

 1. Geografia - Teses 2. Geografia μ Ambiental – Araguaína (TO) – Teses.
 3. Geomorfologia μ Araguaína (TO) - Teses I. Rodrigues, Silvio Carlos. II.
 Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
 Geografia. III. Título

CDU: 910.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CARLOS AUGUSTO MACHADO

**GÊNESE E MORFOLOGIA DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA
ÁREA URBANA DE ARAGUAÍNA (TO)**

Prof. Dr Silvio Carlos Rodrigues
(Orientador)

Prof. Dr Antonio de Sousa Pedrosa
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr Luis Nishiyama
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr Nina Simone Vilaverde Moura Fujimoto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr João Osvaldo Rodrigues Nunes
Universidade Estadual Paulista

Data: ____/____ de ____

Resultado: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais

Carlos Alberto Machado

Mércia Aparecida Delanhese

A Minha Tia

Nirva Delanhese (In Memoriam)

AGRADECIMENTOS

A minha esposa

Lidiane Alves Nobre Machado

Ao meu Orientador

Prof. Dr Silvio Carlos Rodrigues, pelo empenho e orientação nesta caminhada

Aos Amigos

Benilson Sousa (GIS Help) e Família

Vanderlei M. de Oliveira & Regina, Lylia & Kleber, Euzimar & Família

Euzamar & Francisco Concesso, Euzirene, Wadya, José Manoel e S., Domingos

Ao Amigo

Prof. Dr Hideo Sudo (Professor, Orientador e bom conselheiro)

Aos meus Irmãos, Sobrinhos e Familiares (Regente Feijó)

Fabiana D. Machado, Rafael D. Machado, Juliana e Uellington,

Gabriel e Mirela D. Lorente

Zuleika, Josefina e Sueli Delanhese, Lourdes, Sueli e Osvaldo, Paty e irmãos

Antonio (Sr Tuty) e Srta Helena Lorente

Aos meus Familiares (Araguaína)

Valdizélia Alves, Edgar Rabelo, Igor A. Nobre e Lenicé, Aline A. Nobre,

Vinicius, Luis Miguel, Kauana e Kairos

Amigos em Pres. Prudente (SP)

Geolindo e Família, Everson e Jaqueline, Jailton e Luciana, Aparecido Pretel e Selma, Luciano e

Rosângela, Vinicius e Neuza, Carlos Feliciano, Shirley e esposo

Amigos em Araguaína (TO)

Iana e Darlei & Família, Thallita e Israel & Família, Lidiane Cristina & Família,

Daniela e Abenailton & Família, Sr Domingos e Família

Curso de Geografia (UFT)

Aos professores do Curso de Geografia, em especial Marivaldo (pelas discussões filosóficas) Airton

(Tereré & Chimarrão e outras especulações do ramo) e Jean Carlos (Coordenador), funcionários da

Secretaria e Biblioteca

Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (LAGES)

A todos os Bolsistas, Mestrados, Doutorandos e em especial ao Sr. Malaquias (Técnico)

Programa DINTER e CAPES

Pelo auxílio financeiro

Banca de Qualificação

*Aos professores Antonio de Sousa Pedrosa e Luis Nishiyama pela
dedicação, leitura e apontamentos na qualificação*

Instituto de Geografia

A todos os funcionários da Secretaria

***Aos professores do Programa DINTER UFU/UFT e do Curso de
Pós-Graduação em Geografia***

Roberto Rosa, Samuel do Carmo Lima e Vania Rosolen

Aos Amigos em Uberlândia

Tulio Barbosa

Washington L. Assunção

RESUMO

GÊNESE E MORFOLOGIA DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA ÁREA URBANA DE ARAGUAÍNA (BRASIL)

As alterações dos processos ambientais resultam na geração de uma nova configuração geomorfológica e pedológica composta de materiais descartados pelas atividades industriais, comerciais e domésticas. Tais depósitos reconhecidos como Tecnogênicos causam inúmeros problemas sociais, econômicos, ambientais e causam entraves para o planejamento urbano. O foco central deste trabalho na área urbana de Araguaína situado no norte do estado de Tocantins (Brasil) reside no aprimoramento da metodologia de estudo desses corpos artificiais em sua gênese e morfologias, com vistas a proposição de medidas destinadas à mitigação dos impactos e facilitar as atividades de planejamento ambiental. A metodologia utilizada baseou-se na revisão bibliográfica, caracterização e mapeamento da área de estudo, caracterização da expansão urbana, análise morfológica e textural e análise da dinâmica dos Depósitos Tecnogênicos. Os resultados apontam grande dificuldade na identificação por imagens de satélite dos DT indiretamente 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 movimentação de material. Os DT na cidade de Araguaína tendem a expandir sua área original por carreamento do material pelo escoamento superficial com uma estruturação em camadas e seleção dos materiais tecnogênicos nos fundos de vale. A intensidade e o volume das águas pluviais sobre os DT somados a declividades menos acentuadas causam movimentos de massa afetando a estabilidade das estruturas de edificações civis em várias áreas da cidade de Araguaína. Outro fato observado é quantidade de área com DT que se tornam obsoletas para o uso público como parques, áreas verdes, bem como para o assentamento urbano. Neste sentido, as técnicas de remediação e recuperação foram determinadas em função das características específicas de cada depósito e do ambiente em que se insere na cidade de Araguaína.

Palavras-chave: Depósitos Tecnogênicos, Áreas de Risco, Medidas Preventivas

ABSTRACT

GENESIS AND MORPHOLOGY OF TECHNOGENIC DEPOSITS IN THE URBAN AREA OF ARAGUAÍNA (BRAZIL)

The changes in environmental processes results in the generation of a new geomorphological and pedological configuration consisting of materials wasted by industrial, commercial and domestic activities. Such deposits recognized as Technogenic causing innumerable social, economic, environmental problems and barriers for the urban planning. The central focus of this work in urban area of Araguaína located in the northern state of Tocantins (Brazil) lies in the improvement of the methodology of study of these artificial bodies in genesis and morphologies and in a propose of measures to mitigate the impacts and facilitate the activities of environmental planning. The methodology used was based on literature review, characterization and mapping of the study area, characterization of urban sprawl, and morphological and textural analysis of the dynamics of Technogenic Deposits. The results show great difficulty in identifying with satellite images of the DT indirectly as differentiated vegetation (exotic), emergence of new fluvial deposits, erosional features exposed by stormwater and areas with exposure of pedological layer and material handling. The DT in the city of Araguaína tends to expand its original area by entrainment of material by runoff with a layered structure and selection of tecnogenic materials in bottoms valleys. The intensity and volume of stormwater on DT added the slopes less steep causes mass movements affecting the stability of civilians building structures in several areas of the Araguaína city. Another observed fact is the amount of area with DT will become obsolete for use as public parks, green areas, as well as for the urban settlement. In this meaning, the techniques of remediation and recovery were determined according to the specific characteristics of each deposit and the environment in which it operates in the city of Araguaína.

Key Words: Technogenic Deposits, Risky Areas, Preventive Measures

LISTA DE ABREVIATURAS

APP – Área de Preservação Permanente

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DT – Depósito Tecnogênico

DTT – Depósito Tecnogênico Terrestre

DTTI – Depósito Tecnogênico Terrestre Inorgânico

DTTO – Depósito Tecnogênico Terrestre Orgânico

DTTT – Depósito Tecnogênico Terrestre Terrígeno

DTF – Depósito Tecnogênico Fluvial

DTFI – Depósito Tecnogênico Fluvial Inorgânico

DTFO – Depósito Tecnogênico Fluvial Orgânico

DTFT – Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno

DTL – Depósito Tecnogênico Lagunar

DTLI – Depósito Tecnogênico Lagunar Inorgânico

DTLO – Depósito Tecnogênico Lagunar Orgânico

DTLT – Depósito Tecnogênico Lagunar Terrígeno

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

UA – Unidade Ambiental

PMA – Prefeitura Municipal de Araguaína

LISTA DE MAPAS

Mapa 01 - Localização do Município e da Cidade de Araguaína.....	03
Mapa 02 - Área Urbana da Cidade de Araguaína (TO).....	04
Mapa 03 - Unidades Ambientais da Área Urbana de Araguaína.....	58
Mapa 04 - Altimetria da Área Urbana de Araguaína.....	60
Mapa 05 - Expansão Urbana da Cidade de Araguaína (1945- 2010).....	68
Mapa 06 – Uso do Solo Urbano da Cidade de Araguaína	70
Mapa 07 – Principais Depósitos Tecnogênicos em Araguaína.....	74
Mapa 08 – Localização dos Perfis de DT analisados em Araguaína.....	87

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 01 - Quantidade de Resíduos de Demolição e Construção (RCD) de Cidades no Brasil.....	40
Tabela 02 - Tipos e Quantidade dos Principais Depósitos Tecnogênicos.....	75
Tabela 03 – Tipos de Medidas para Recuperação de Depósitos Tecnogênicos.....	132
Gráfico 01 - Percentagem Média dos Constituintes do Entulho.....	41
Gráfico 02 – Quantidade e Tipos de DT na Cidade de Araguaína.....	77
Gráfico 03 – Distribuição Percentual dos Tipos de DT em Araguaína.....	77
Gráfico 04 – Variação Anual da Pluviosidade e Temperatura na Cidade de Araguaína (1981-2011).....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Classificação de DT segundo o Ambiente de Formação e Material Constituinte.....	44
Figura 02 – Fluxograma de Análise de Depósitos Tecnogênicos.....	55
Figura 03 - Perfil de Neossolo Quartzarênico na Unidade Ambiental I.....	57
Figura 04 – Perfil de Nitossolo na Unidade Ambiental III.....	62
Figura 05 - Perfil de Gleysolo na Unidade Ambiental IV.....	64
Figura 06 - Oscilação Hipotética da Água no Depósito Tecnogênico.....	83
Figura 07 – Carta de Declividades da Área Urbana de Araguaína.....	84
Figura 08 – Depósitos Tecnogênicos Terrestres Inorgânicos, Setor Cimba.....	91
Figura 09 – Assoreamento de Canais Fluviais por Materiais Tecnogênicos.....	92
Figura 10 – Perfil de Depósito Tecnogênico Inorgânico, Setor Cimba.....	94
Figura 11 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Cimba.....	95
Figura 12 – Vista do Perfil e Geral de Depósito Tecnogênico Inorgânico.....	97
Figura 13 – Perfil de Depósito Tecnogênico Orgânico, Setor Raizal.....	99
Figura 14 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Raizal.....	100
Figura 15 – Exposição de DT Orgânico na Via Pública (A) e Fendas Reformadas nas Habitações (B).....	101
Figura 16 – Perfil de Depósito Tecnogênico Terrestre Terrígeno, Setor Cimba.	103
Figura 17 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Cimba.....	104
Figura 18 - Perfil Esquemático de Formação Pré-Urbana de Depósitos Tecnogênicos.....	106
Figura 19 - Assoreamento de Fundo de Vale por Sedimentos e Materiais Tecnogênicos.....	106
Figura 20 - Posicionamento de Depósitos Tecnogênicos no Canal Fluvial.....	108

Figura 21 - Depósito Tecnogênico Inorgânico nas Nascentes do Córrego da Bica.....	110
Figura 22 - Habitações em Risco de Desabamento, Setor Cimba (A) e Habitações Demolidas por Desabamento Parcial (B).....	111
Figura 23 – Perfil de Depósito Tecnogênico Inorgânico no Fundo de Vale, Córrego Cimba.....	112
Figura 24 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Cimba.....	113
Figura 25 – Depósitos Tecnogênicos Terrígenos em Antiga Área de Várzea do Córrego Neblina.....	115
Figura 26 - Perfil Topográfico de Depósito Tecnogênico Fluvial no Córrego Neblina.....	115
Figura 27 – Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina (2007).	117
Figura 28 – Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina (2011).	117
Figura 29 - Perfil de Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina.....	119
Figura 30 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Córrego Neblina.....	120
Figura 31 – Depósito Tecnogênico Lagunar com Materiais Terrígenos.....	123
Figura 32 - Depósito Tecnogênico Lagunares Terrígeno (A) e Orgânico (B), Represa Corujão.....	124
Figura 33 – Lago Assoreado e Preenchido com Materiais Tecnogênicos.....	126
Figura 34 – Perfil de Depósito Tecnogênico Lagunar Inorgânico, Represa Corujão.....	127
Figura 35 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Represa Corujão.....	128

SUMÁRIO

Resumo.....	I
Abstract.....	II
Lista de Abreviaturas.....	III
Lista de Mapas.....	IV
Lista de Tabelas e Gráficos.....	IV
Lista de Figuras.....	V
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	06
2.1 Objetivo geral.....	06
2.2 Objetivos específicos.....	06
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	07
3.1 Evolução do Conceito e Propostas de Classificação.....	07
3.2 Impactos Ambientais de Depósitos Tecnogênicos.....	10
3.3 Metodologias de Estudo de Depósitos Tecnogênicos.....	25
3.4 Medidas de Controle de Impactos de Depósitos Tecnogênicos.....	37
4. METODOLOGIA.....	42
4.1 Caracterização da Área de Estudo e Unidades Ambientais.....	42
4.2 Identificação e Classificação dos Depósitos Tecnogênicos.....	43
4.3 Localização e Mapeamento dos Depósitos Tecnogênicos.....	46
4.4 Caracterização e Análise dos Depósitos Tecnogênicos.....	47
4.4.1 Análise Granulométrica dos Sedimentos e Materiais Tecnogênicos.....	47
4.4.2 Perfil Topográfico e Transversal dos Depósitos Tecnogênicos.....	49
4.4.3 Disposição do Material.....	50
4.4.4 Área, Espessura e Idade.....	50
4.5 Dinâmica do Depósito.....	51

4.5.1 Influência da Pluviosidade e Temperatura.....	51
4.5.2 Movimentos de Massa: Subsidência, Fendilhamento e Movimentação.....	52
4.5.3 Decomposição do Material Tecnogênico.....	52
4.6 Estabilidade e Instabilidade do Depósito.....	52
4.6.1 Tipo de Relevo e Inclinação das Vertentes.....	52
4.6.2 Tipo de Solo e Textura.....	53
4.6.3 Cobertura Vegetal.....	54
4.7 Destinação Final e Estabilização dos Depósitos Tecnogênicos.....	54
5. UNIDADES AMBIENTAIS DA ÁREA URBANA DE ARAGUAÍNA.....	56
6. EXPANSÃO URBANA E A PROBLEMÁTICA DOS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA CIDADE DE ARAGUAÍNA.....	65
7. INFLUÊNCIA DOS AMBIENTES E PARÂMETROS NA ANÁLISE DE DEPÓSITOS TECNÔGENICOS.....	79
8. ANÁLISE DOS DEPÓSITOS TECNÔGENICOS DE ARAGUAÍNA.....	86
8.4.1 Depósitos Tecnogênicos Terrestres.....	88
8.4.1.1 Depósitos Tecnogênicos Terrestres Inorgânicos (DTTI).....	88
8.4.1.2 Depósitos Tecnogênicos Terrestres Orgânicos (DTTO).....	97
8.4.1.3 Depósitos Tecnogênicos Terrestres Terrígenos (DTTT).....	101
8.4.2 Depósitos Tecnogênicos Fluviais.....	104
8.4.2.1 Depósitos Tecnogênicos Fluviais Inorgânicos (DTFI).....	109
8.4.2.2 Depósitos Tecnogênicos Fluviais Terrígenos (DTFT).....	114
8.4.3 Depósitos Tecnogênicos Lagunares.....	121
8.4.3.1 Depósitos Tecnogênicos Lagunares Terrígenos (DTLT).....	122
8.4.3.2 Depósitos Tecnogênicos Lagunares Inorgânicos (DTLI).....	125
9. ALTERNATIVAS AOS IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS RESULTANTES DE DEPÓSITOS TECNÔGENICOS.....	129
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	135

11. REFERÊNCIAS	139
------------------------------	------------

ANEXO

ANEXO

Ficha de Campo 01
Análise Estrutural e Textural de Depósitos Tecnogênicos em Áreas Urbanas

Caracterização e Classificação													
Localização										Data da Análise:			
Coordenadas		Lat: 07° 11' 09" 03 S Long: 48° 12' 01" 04 Wgr Alt:											
Área													
Profundidade													
Ambiente de Deposição		Terrestre () Fluvial () Lagunar () Marinho ()											
Tipo de Material		Inorgânico () Orgânico () Terrígeno () Químico ()											
Tempo de Existência													
Ambiente de Deposição													
Tipo de Rocha													
Tipo de Solo													
Textura													
Tipo de Relevo													
Posição na Vertente		Fundo de Vale () Meia Encosta () Topo ()											
Inclinação													
Cobertura Vegetal		Tipo: Inexistente () Rala () Densa ()											
Pluviosidade e Temperatura		Tropical (2 estações definidas, seca e quente/ chuvosa e quente) 1.600 mm anuais											
Análise Estrutural e Textural		Cor	Matiz	Textura	Estrutura da Camada	Estrutura Granular	Consistência	Plasticidade Concreções/ Nódulos					
Camada 01													
Camada 02													
Camada 03													
Camada 04													
Observações:													
Dinâmica do Depósito													
Presença de Água													
Estado de Decomposição		Inicial () Parcial () Avançada ()											
Subsidência													
Carreamento													
Deposição de Sedimentos		Aluviais () Coluviais () Antrópicos ()											
Análise Granulométrica		Matacão	Bloco	Seixo	Grânulo	Areia Muito Grossa	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Areia Muito Fina	Argila	Silte	M.O.
Camada 01													
Camada 02													
Camada 03													
Camada 04													
Outros													
Observações													

Elaborado por Carlos A. Machado (2010)

1. INTRODUÇÃO

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 geram os Depósitos Tecnogênicos (DT), cujas estruturas materiais advêm das mais diversas origens da atividade humana que se incorporam e influenciam negativamente os processos ambientais.

Os DT são formados em função da constante criação, destruição e reconstrução de edificações e pela adequação dos elementos do ambiente em áreas urbanas e rurais. 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 amplificando os problemas especificamente em áreas urbanas.

O sistema ambiental submetido a perturbações de ordem natural ou antropogênica provoca irregularidades na dinâmica dos processos de transferência de matéria e energia, tais como: aceleração da sedimentação, através dos quais a pesquisa científica pode utilizar-se para detecção e monitoramento destas anomalias para prever estados passados ou futuros da dinâmica de

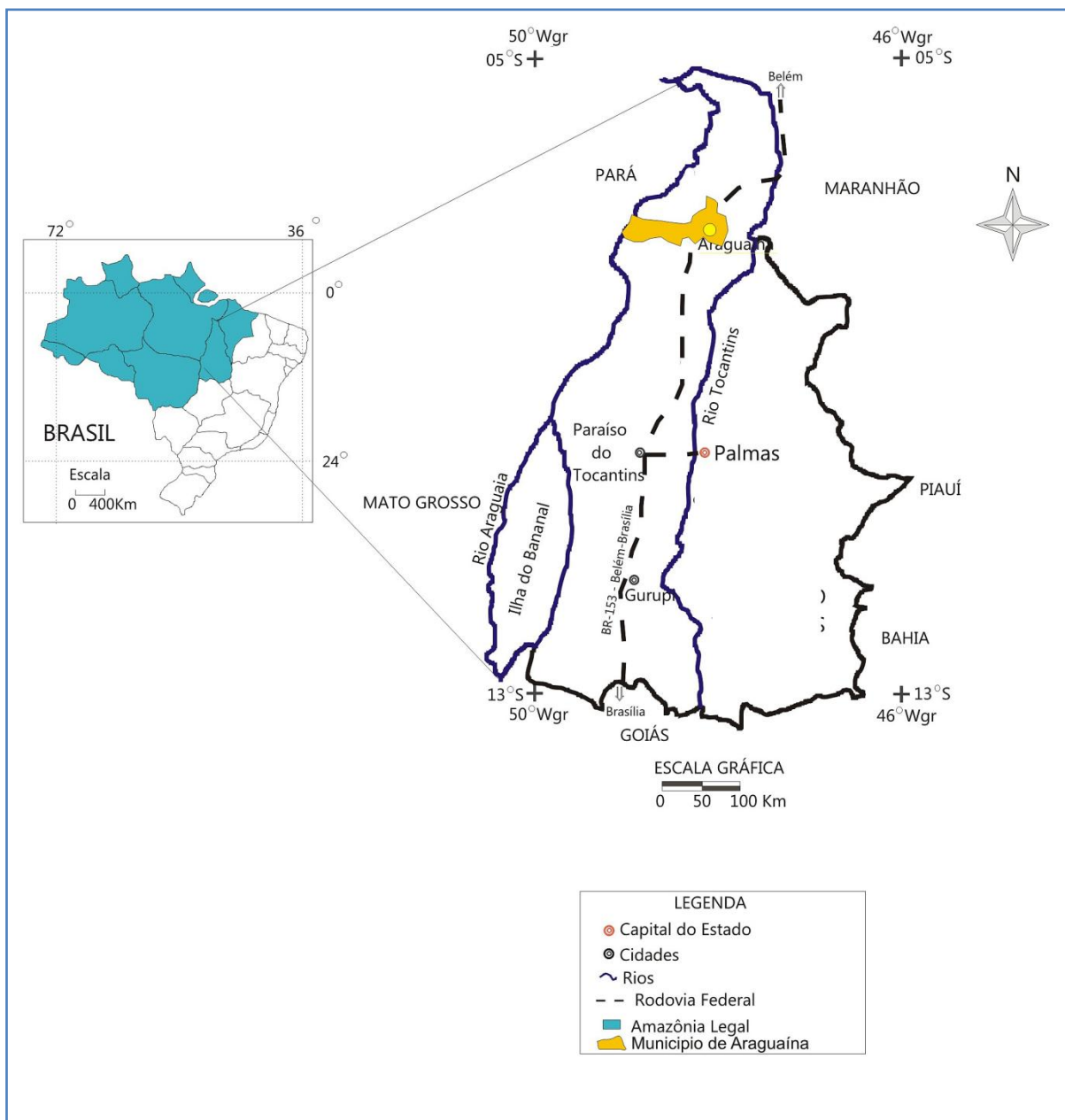
funcionamento de um conjunto, a citar-se como exemplo, a mensuração das taxas de erosão, transporte e sedimentação em uma bacia hidrográfica.

A cidade de Araguaína, localizada no norte do estado do Tocantins, (vide Mapas 1 e 2), constitui-se num pólo de atração de investimentos e negócios, fato que gerou 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 (MACHADO e OLIVEIRA, 2005).

Os estudos dos DT baseiam-se na formação e na descrição dos problemas resultantes destes materiais, sendo mais empregado nesta área o levantamento, descrição, análise física e química. 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 maioria dos estudos sobre DT está circunscrita à região sudeste, mais especificamente ao estado de São Paulo, região metropolitana de Porto Alegre 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.

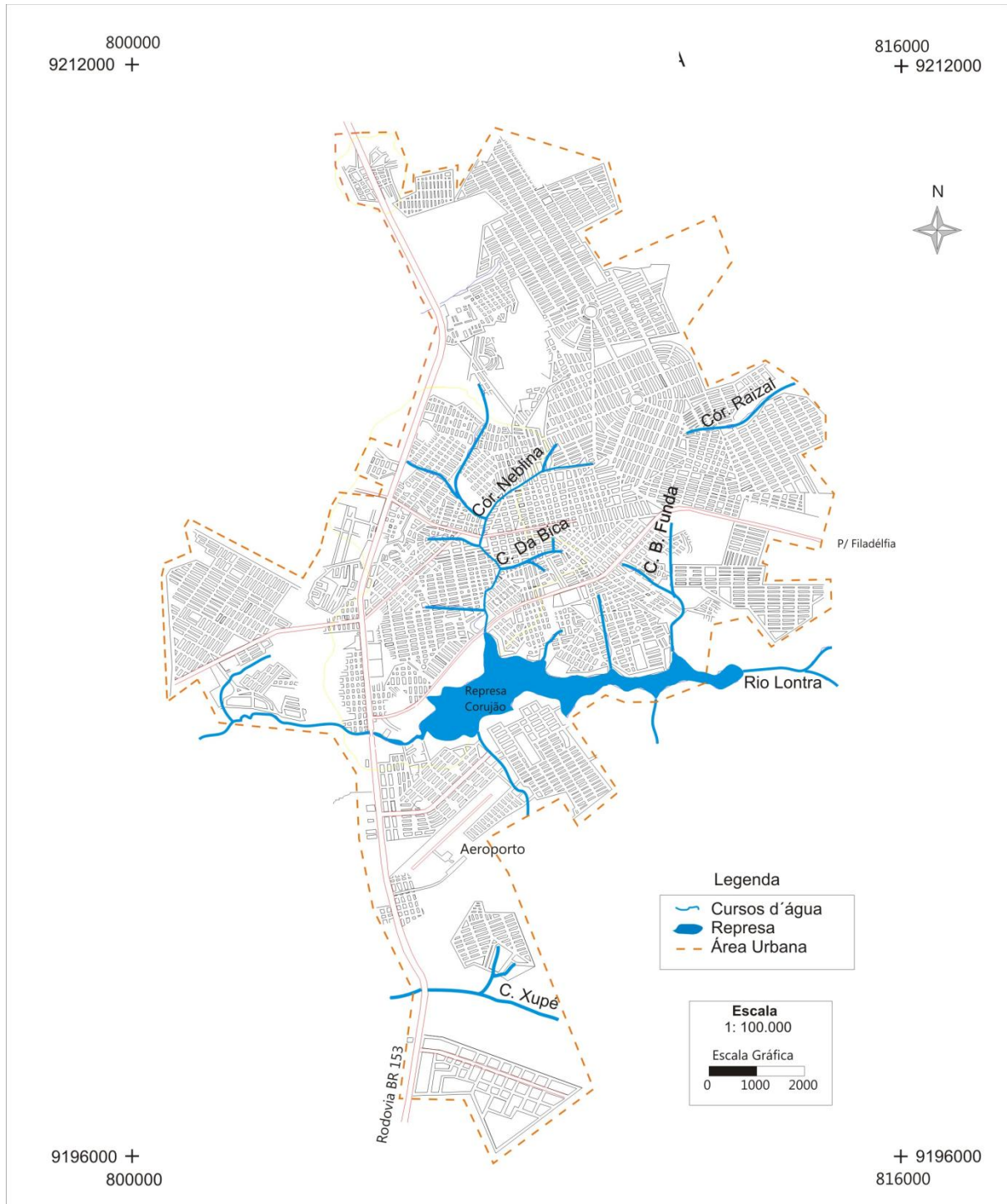
Mapa 1 – Localização do Município e da Cidade de Araguaína



Fonte Base Cartográfica: Tocantins (1999)

Autor: Machado, C. A. (2011)

Mapa 2 – Área Urbana da Cidade de Araguaína (TO)



Fonte: PMA (2005)
Adaptação: Machado, C. A. (2011)

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. A *International Union of Soil Science* (IUSS) (2010) referendou o *World Reference Base for Soil Resources* (WRB), apontando para uma divisão no grupo dos Anthropossolos (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.

No Brasil, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (2006) elaborado em 1999 classifica os solos originados por inserção de elementos artificiais na camada pedológica de Antropossolos, tendo como característica uma camada superior de 40 cm, composta de materiais orgânicos e inorgânicos, em diferentes proporções.

Em função da idade recente dos depósitos estudados em Araguaína optou-se pelo termo Tecnogênico, visto que o material ainda não passou por grandes transformações químicas, físicas e biológicas com formação de horizontes pedológicos.

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.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

A presente proposta de trabalho consiste no entendimento da gênese e morfologia de Depósitos Tecnogênicos no sítio urbano da cidade de Araguaína de modo a servir como base para o aprimoramento de metodologia de análise de tais feições e possíveis caminhos para minimização ou solução da questão.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar, classificar, mensurar e mapear os tipos de DT em Unidades Ambientais.
- Analisar as estruturas e morfologias dos depósitos e suas conseqüências 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.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 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 (washed up), dragagem (rewashed), obras de terra (construction), camadas cultivadas (cultural layers), deposição em reservatórios (precipitação), assoreamento de canais (linear aggradation), depósitos naturais com componentes tecnogênicos (technogenically changed) e sedimentação natural em reservatórios (technogenically caused) (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 detríticos 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 pedológica 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.

3.2 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 deve ser acompanhada 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 freqüência 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).

A Resolução do CONAMA (2002), de nº 307, 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 oriundos 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*).

Grebenets (2003) chama a atenção para problemas geológicos e geocriológicos 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.

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.

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

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, Lehmann e Stahr (2007, p. 251) 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.

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 Csimá (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).

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

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 pessoas 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, entulhamento 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 urbanização acelerada verificada no Brasil a partir de 1970 segundo Coltrinari (1996) produziu drásticas mudanças no uso e ocupação do solo urbano nas principais metrópoles. A inexistência de planejamento urbano ordenado e a velocidade das transformações de feições geomorfológicas, pedológicas e conseqüentemente da dinâmica fluvial impuseram uma nova dinâmica a estes processos. O incremento de novos tipos de materiais a superfície urbana, tais como: disposição de resíduos sólidos e descarte de materiais da construção civil, contribuíram inevitavelmente para o surgimento ou amplificação dos problemas

ambientais, notadamente alagamentos, enchentes, movimentos de massa, entre outros.

Coltrinari (1996) destaca que a importância da formação de feições antropogenéticas na superfície terrestre representa um novo campo de estudos geológicos e geográficos enquadrados nos estudos do quaternário. Tais feições resultam na alteração da dinâmica ambiental, tanto em áreas urbanas como rurais, devendo ser estudados com base em uma metodologia adequada a cada situação existente, que resulte no entendimento da variação no tempo, espaço e magnitude destes novos processos ambientais sob influência humana.

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 de 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.

Pedron et al (2004) focaliza em seu trabalho uma ampla revisão bibliográfica sobre o tema dos solos urbanos, destacando o uso geral no meio agrônômico dos termos “solos urbanos” e “solos antrópicos”, sendo o primeiro corretamente designado para os solos modificados e criados pelas atividades humanas acrescida de materiais diversos e o segundo empregado para aqueles solos modificados pelo uso intenso e continuado da atividade agrícola, como solução aponta-se a criação da ordem dos Antropossolos e suas respectivas subdivisões.

Outra vertente discutida no trabalho de Pedron et al (2004) diz respeito às funções do solo no ambiente urbano, entre as quais cita-se: suporte e fonte de materiais para obras civis, sustento da agricultura urbana, suburbana e de áreas verdes, meio para descarte dos resíduos, armazenamento e filtragem das águas pluviais. Em todos os aspectos anteriormente destacados verifica-se a necessidade de levantamento e reconhecimento das características dos solos urbanos para cada atividade em função da destinação a que área estará sujeita. No processo de urbanização planejado o uso dos solos urbanos deve respeitar suas potencialidades, limitações e fragilidades (PEDRON et al, 2004).

Os depósitos tecnogênicos enfocados no estudo de Lisbôa (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.

A caracterização, análise e proposição de medidas de uso ou mitigação de problemas com depósitos tecnogênicos, em especial compostos de materiais tóxicos são essenciais para elaboração de projetos visando o planejamento urbano, visto que, tais depósitos encontram-se na maior parte dos casos em áreas urbanas densamente povoadas gerando transtornos a população de acordo com Gomes et al (2006).

Silva e Nunes (2009) em função do reconhecimento da intensa atividade humana na geomorfologia da cidade de Presidente Prudente, oeste do estado de São Paulo desenvolveram uma análise com a identificação e caracterização dos depósitos tecnogênicos em planícies fluviais. Em complemento a identificação e localização foram retiradas amostras do material para posterior análise em laboratório para determinação das quantidades e diferenças na composição.

Os resultados obtidos apontam para a diminuição do escoamento superficial, contaminação das águas superficial e subsuperfície e aceleração de processos erosivos, tais como as voçorocas (Silva e Nunes, 2009).

3.3 Metodologias de Estudo de Depósitos Tecnogênicos

Osterkamp (1996) enfoca em seu trabalho o uso de geoindicadores para o monitoramento de processos fluviais e de áreas adjacentes nos trópicos úmidos, mais especificamente direcionados aos estudos da variação dos volumes de água e transporte de sedimentos, bem como o acompanhamento da variação climática dos locais estudados. A alteração na dinâmica das formas naturais e de depósitos de sedimentos constitui-se como a base da observação e monitoramento para elaboração de modelos de prevenção de eventos catastróficos, mais especificamente controle de enchentes e deslizamentos.

Com as intervenções humanas em escala local, regional e global, os processos fluviais e em específico a sedimentação tem sido alterada drasticamente, tanto no volume, tipo de sedimentos, como de materiais antrópicos de diversas granulometrias. Os depósitos sedimentares fluviais pretéritos e atuais podem fornecer parâmetros e informações sobre o desequilíbrio e possibilidade de degradação e incorporação destes materiais humanos aos processos ambientais específicos de cada local (OSTERKAMP, 1996).

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 predizer 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 Soil Survey 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 antropogenéticos 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 Soil Survey 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

ambiente 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 dificultosa a sua 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.

A necessidade de estudos, mapeamentos e classificação dos solos urbanos de acordo com Rossiter (2007) avançou com a inclusão de um novo grupo no World Reference Base for Soil Resources (WRB) na edição de 2006 referente a inclusão da categoria Technosolos. Os Technosolos segundo a nova classificação são aqueles corpos cujas propriedades e funções são dominadas pela técnica humana evidenciando a presença de artefatos, camadas impermeáveis e sedimentos sendo subdivididos em *Ekranic*, *Linic*, *Urbic*, *Spolic* ou *Garbic*. Segundo Rossiter (2007) ocorre ainda a dificuldade de identificação dos tipos de Technosolos no campo quando os mesmos são submetidos à pedogênese.

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 colmatação 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 reside 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 avaliadas 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.

Os DT analisados por Candido e Zaine (2005) constituem-se de antigas cavas resultantes da atividade de mineração de argila, que constituem um problema para a recuperação ambiental apresentando grandes extensões de área e com profundidades superiores a 5 metros desativadas por terem atingido o lençol freático. Estas cavas quando apresentam menor quantidade de água são preenchidas por inúmeros tipos de resíduos provenientes de materiais de construção, os quais apresentam pouca permeabilidade devido à compactação e discordância da topografia original acarretando mudanças no escoamento superficial das águas pluviais.

Candido e Zaine (2005) além da identificação desenvolvem um mapeamento geológico e geotécnico, apresentando a classificação dos inúmeros materiais que compõem os depósitos tecnogênicos urbanos e sua influência na

dinâmica pedológica e geomorfológica do ambiente local. Os depósitos tecnogênicos identificados foram preenchidos para solucionar os problemas de impactos ambientais oriundos da atividade mineradora de argila, o que nem sempre é possível, pois o novo corpo além de não possuir uma estabilidade acaba sendo exumados pelos processos erosivos novamente.

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.

3.4 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, p.643) 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).

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 freqüente 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 CO_2 . 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 CO_2 . A terceira fase que dura de 3 meses a 6 anos marca a geração acelerada de CH_4 e na última fase com duração de 8 a mais de 40 anos, a geração de gases CH_4 , N_2 e CO_2 diminui drasticamente.

Segundo Boscov (2008, p. 165) 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.

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).

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 01.

Tabela 01 – 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

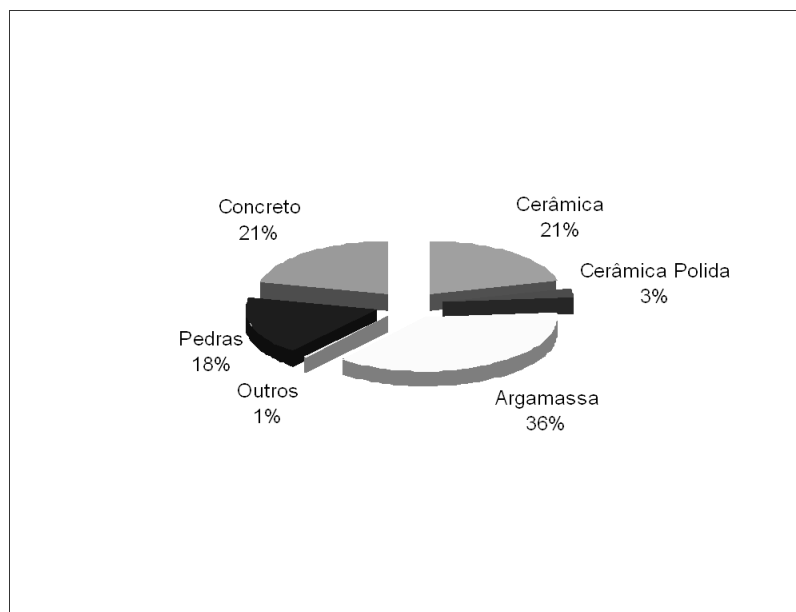
Fonte: Pinto (1999) apud Ângulo ; Miranda ; John (2009)

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.

Zordan e Paulon (2009) em um estudo desenvolvido para analisar a reciclagem da parte mineral do entulho para confecção de concreto determinaram que os materiais que constituíam o entulho apresentam percentagens bem distintas, as quais podem ser visualizadas no Gráfico 01.

A maior parte dos materiais concentram-se em três tipos principais, a saber: concreto com 21 %, cerâmica 21 % e argamassa 36 %, somando as pedras e demais constituintes após serem britados em granulometrias adequadas segundo Zordan e Paulon (2009) são utilizados para a fabricação de bloquetes para calçamento de ruas, estruturas de concretos para casas, tijolos, entre outras aplicações. Ressalta-se que resíduos como ferro, alumínio, cobre geralmente são retirados na planta de reciclagem de resíduos ou anteriormente por recolhedores de de resíduos recicláveis, os quais rendem bons preços para este tipo de trabalhadores.

Gráfico 01 – Percentagem Média dos Constituintes do Entulho



Fonte: Zordan ; Paulon (2009)

4. METODOLOGIA

O desenvolvimento do tema proposto neste estudo obedecerá à seguinte estrutura visando à caracterização e análise das propriedades texturais e estruturais em correlação com a dinâmica ambiental da área. A estrutura da metodologia pode ser visualizada na Figura 02.

Para melhor entendimento do desenvolvimento dos estudos do Tecnógeno, a revisão bibliográfica versará inicialmente sobre a evolução do conceito de Depósitos Tecnogênicos, sendo posteriormente analisados os estudos sobre impactos ambientais nesta questão. Na seqüência, destacar-se-ão os tipos de metodologias empregados e finalizando com os tipos de medidas empregados para a solução dos problemas existentes.

4.1 Caracterização da Área de Estudo e de Unidades Ambientais

Para caracterizar a expansão urbana da cidade de Araguaína buscou-se um leque de fontes bibliográficas como monografias, publicações e dissertações realizadas pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Censos Demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uso do solo por meio do Plano Diretor da Cidade de Araguaína (2005) e publicações da Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins (SEPLAN) entre os quais TOCANTINS (1999), (2001) e (2004).

A elaboração do mapa de crescimento urbano da cidade de Araguaína (1945 - 2010) teve como fontes os Mapas Municipais de Araguaína PMA (1980) e PMA (1990), Plano Diretor da Prefeitura Municipal de Araguaína (PMA) (2005) e Carta

Topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), escala 1:100.000 de 1975.

Na caracterização ambiental da área em estudo e no mapeamento das Unidades Ambientais utilizou-se como base o mapa geológico de CPRM (1994), por se tratar do documento do qual se assentam as demais fontes cartográficas para representação dos aspectos geomorfológicos, pedológicos e hidrográficos do estado do Tocantins para a área de estudo, os quais são: Tocantins (1999), Tocantins (2001), Menk et al (2004) e Tocantins (2004).

Para melhor detalhamento as informações foram complementadas com trabalhos de campo. Na área urbana de Araguaína não se identifica nenhum fragmento de vegetação nativa e inexistem parques ou bosques urbanos, sendo as áreas sem edificações civis ocupadas por diferentes tipos de vegetação exótica, em geral gramíneas e pequenos arbustos.

4.2 Identificação e Classificação dos Depósitos

A identificação e a caracterização de DT realizadas neste estudo levaram em consideração a predominância de um material (orgânico, inorgânico, terrígeno ou químico), visto que é comum a diversidade de materiais presentes nos depósitos. Em campo, os DT foram identificados e localizados pela exposição do material tecnogênico pelas águas pluviais, sendo que na maior parte dos casos encontram-se encoberto por uma camada compactada de solos.

As propostas elaboradas para a classificação de Depósitos Tecnogênicos 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 neste estudo está baseada no tipo de material originalmente proposta por Ter-Stepanian (1988) como materiais terrígenos (solos), químicos (resíduos industriais), orgânicos (resíduos domésticos), inorgânicos (resíduos da construção civil), acrescidos do fator ambiente de deposição (Terrestre, Fluvial, Lagunar e Marinho), vide Figura 01.

Figura 01 – Classificação de DT segundo o Ambiente de Formação e Material Constituinte



Organização: Machado, C. A. (2010)

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 processa alterações químicas e estruturais em função da constante presença e atuação da água.

O depósito fluvial sofrerá influência constante da 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.

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.

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.

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. Na classificação proposta, apesar de não haverem depósitos marinhos em Araguaína, o mesmo foi incluído por alguns trabalhos analisados para estudo se localizarem em áreas costeiras.

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.

Neste estudo optou-se pelo uso da abreviação do tipo de depósito, ou seja, caso seja identificado usar-se-á as iniciais das palavras para a sigla, como no exemplo: Depósito Tecnogênico Terrestres Inorgânico (DTTI).

4.3 Localização e Mapeamento dos Depósitos Tecnogênicos

A localização dos DT por imagens de satélites é dificultada pelo fato de o material geralmente ter sido recoberto por aterros, crescimento da vegetação e por construções civis. Para facilitar a identificação foram usados alguns 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 movimentação de material

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

Devido à grande quantidade de DT de pequenas dimensões foram estudados somente depósitos com área superior a 500 m², em virtude da dificuldade de localização em imagens de satélite e em trabalhos de campo. A mensuração das áreas analisadas foi obtida através da utilização do software ARCGIS 9.3.

O mapa de classes dos principais DT na cidade de Araguaína foi dividido em três tipos de ambiente (fluvial, terrestre e lagunar) e subdivididos em (inorgânico, orgânico, terrígeno) na escala de 1:100.000.

Os trabalhos de campo complementaram 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 foram obtidas por meio de informações junto aos órgãos ambientais e antigos moradores dos bairros.

Na determinação das coordenadas geográficas dos depósitos utilizou-se o aparelho de Sistema de Posicionamento Geográfico (GPS, sigla em inglês) modelo Garmin Hcx. A mensuração em campo foi obtida através do uso da trena.

4.4 Caracterização e Análise dos Depósitos Tecnogênicos

4.4.1 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 a determinação 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 de dimensões maiores foram medidos posteriormente.

Na análise do material dos perfis em campo, o parâmetro **cor** teve sua adefinição obtida através do uso da Carta de Munsell; a **textura** por meio da análise granulométrica realizada pelo Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (LAGES) do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia; 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) e
- Grande (> 10 cm),

Os resíduos sólidos gerados pelas atividades urbanas no caso da cidade de Araguaína são de dois tipos principais. O primeiro, derivado do lixo doméstico, comercial e industrial compostos na maior parte por plásticos, madeiras e papel e, o segundo, de Resíduos da Construção Civil (RCD) compostos de tijolos, telhas, cerâmicas e concretos. Na cidade de Araguaína não existe nenhum estudo

demonstrando a composição do lixo urbano por parte da Prefeitura Municipal ou da Empresa responsável pela coleta urbana.

4.4.2 Perfil Topográfico e Transversal dos Depósitos Tecnogênicos

A elaboração dos perfis transversais e da carta altimétrica teve como objetivo evidenciar o posicionamento e a estrutura do DT na vertente, em conjunto com os percentuais de inclinação, tipo de vertente e disposição do material tecnogênico. Tanto na carta altimétrica como os perfis utilizou-se o 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.

Além dos materiais cartográficos e imagens de satélite, a elaboração dos perfis transversais contou com 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 foi adotado em razão da falta de aparelhos mais sofisticados para a área em questão.

A posição topográfica do DT na vertente acrescida da inclinação existente são essenciais 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.

4.4.3 Disposição do Material

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 microorganismos, 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.

4.4.4 Área, Espessura e Idade

O estudo dos fatores 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.

4.5 Dinâmica do Depósito

4.5.1 Influência da Pluviosidade e Temperatura

A ação do clima é essencial na análise dos Depósitos Tecnogênicos 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 foram analisados por meio da construção do gráfico ombrotérmico, através dos dados da Estação Climatológica da Universidade Federal do Tocantins (UFT) em Araguaína.

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.

4.5.2 Movimentos de Massa: Subsidência, Fendilhamento e Movimentação

Nos trabalhos de campo analisaram-se aspectos referentes à movimentação do material que podem sinalizar o surgimento de problemas em áreas de risco, tais como: subsidência, fendilhamento, carreamento, ravinamento, movimentação e compactação do material que podem comprometer as estruturas das habitações, obras públicas, entre outros.

4.5.3 Decomposição do Material Tecnogênico

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. 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 se verifica parte do material apresentando alteração.
- Total: decomposição avançada do material

4.6 Estabilidade e Instabilidade do Depósito

4.6.1 Tipo de Relevo e Inclinação das Vertentes

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 foi gerada através do programa ARCGIS 9.3 na escala de 1:100.000 a partir da imagem de radar SRTM SB-22-Z-D da EMBRAPA (2012) com eqüidistância das curvas de nível de 10 metros.

Para a carta de declividades definiu-se 4 classes que demonstram melhor a topografia com poucas variações da área urbana de Araguaína, as quais são 0 – 3 %, 3 – 5 %, 5 – 9 % e 9 a 12 %.

4.6.2 Tipo de Solo e Textura

O tipo de solo em conjunto com outros fatores (inclinação, pluviosidade e tipo de material) no qual se insere o depósito poderá apresentar maior ou menor instabilidade do material. A vulnerabilidade dos solos frente ao impacto das águas pluviais será determinada em função da textura do material. Como exemplo, solos argilosos em topografia acentuada serão mais susceptíveis a movimentos de massa.

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

4.6.3 Cobertura Vegetal

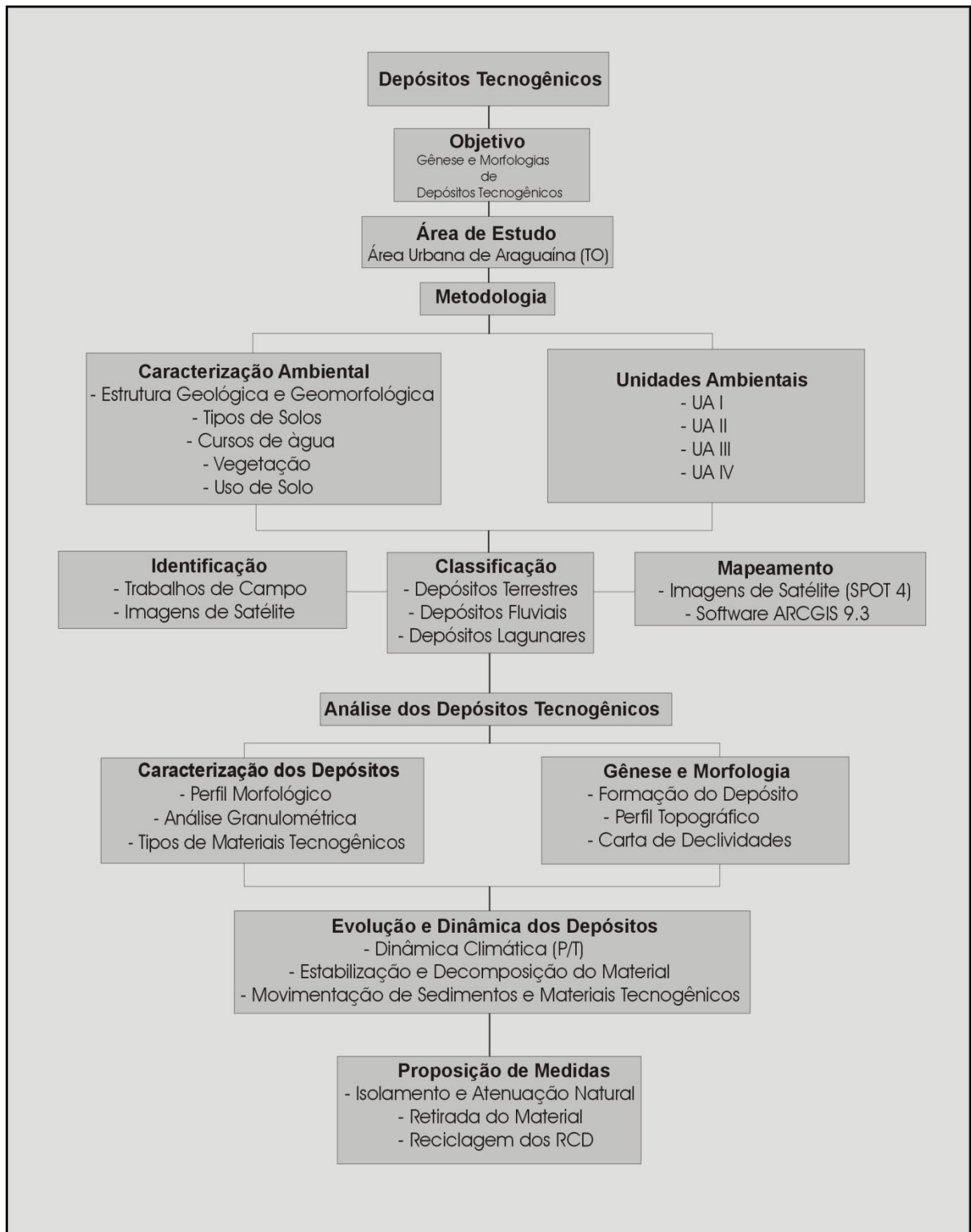
O tipo de cobertura vegetal presente em cada depósito será determinada em campo visando determinar o papel da vegetação na estabilização do material. Neste sentido, utilizou-se três tipos: Densa, Esparsa e Rala destacando-se o tipo de vegetação (Arbórea, Arbustiva e Gramíneas).

4.7 Destinação Final e Estabilização dos Depósitos Tecnogênicos

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

- Isolamento e contenção com revegetação.
- 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 (O ambiente biodegradando o material, principalmente em DT terrígenos e orgânicos) BOSCOV (2008).
- Retirada e reaproveitamento do material de pequenos DT na fabricação de tijolos e blocos.
- Formas de utilização da área (Parques ou Praças Públicas).

Figura 02 – Fluxograma de Análise de Depósitos Tecnogênicos



Organização: Machado, C. A. (2012)

5. UNIDADES AMBIENTAIS DA ÁREA URBANA DE ARAGUAÍNA

A caracterização da área de estudo foi dividida em quatro unidades ambientais, vide Mapa 03, 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 Unidade Ambiental 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, vide Mapa 04, 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 03. 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 carrearam grande parte do solo superficial. Nos Neossolos quartzarênicos da área de estudo, os horizontes apresentam transição gradual, friáveis e sem plasticidade. A análise física realizada neste estudo indicou uma granulometria média nos horizontes de 56 a 61 g.kg⁻¹ de areia grossa, 30 a 36 g.kg⁻¹ de areia fina, 0,8 g.kg⁻¹ de silte e 0,3 a 0,9 g.kg⁻¹ argila e o teor de matéria orgânica entre 0,5 e 1 g.kg⁻¹.

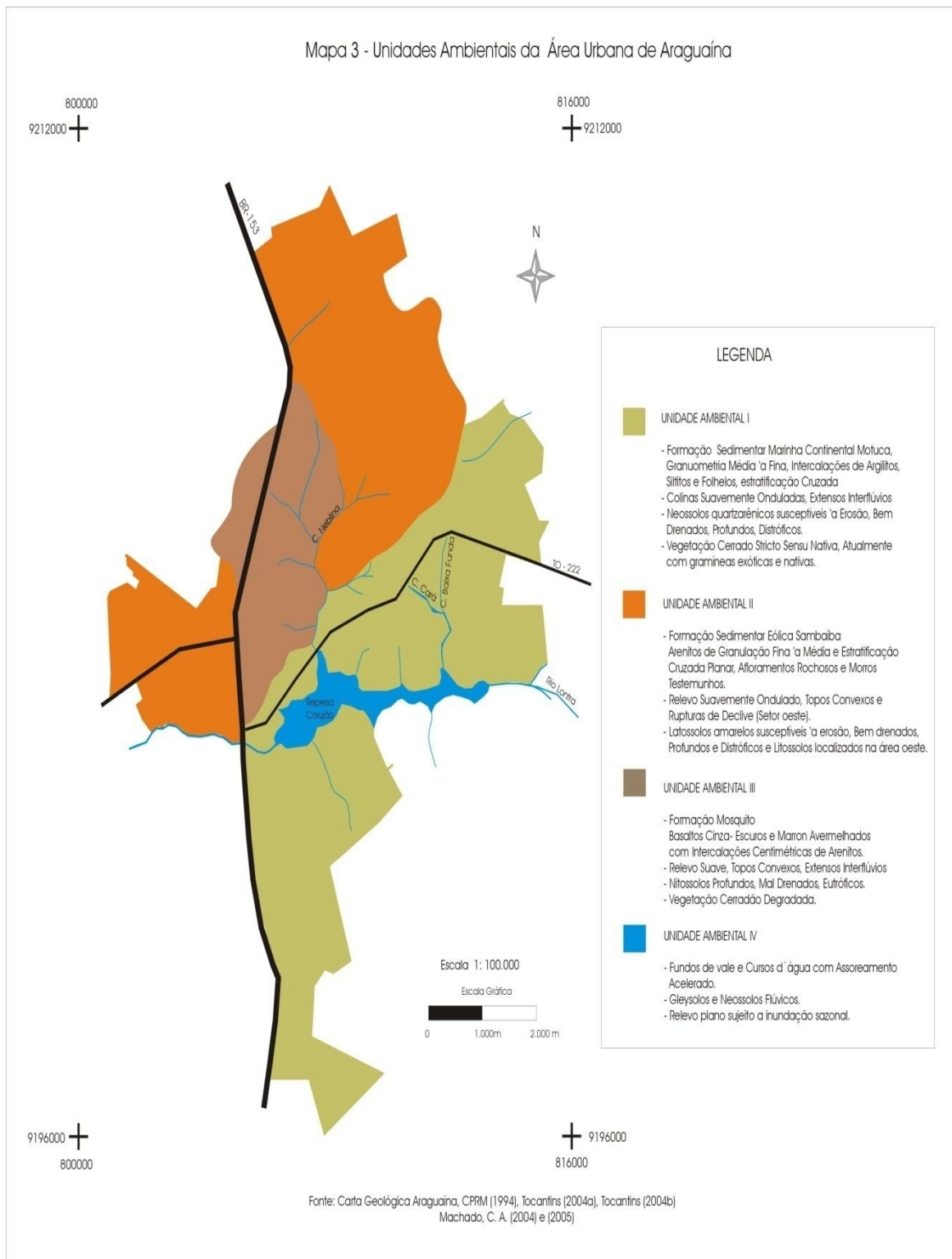
A textura arenosa facilita a lixiviação e a formação de ravinas com a retirada da cobertura vegetal dos Cerrados, já inexistente na área, a qual era anteriormente composta por árvores de pequeno porte, espaçadas, galhos retorcidos, cascas grossas e com raízes profundas.

Figura 03 – Perfil de Neossolo Quartzarênico na Unidade Ambiental I



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

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



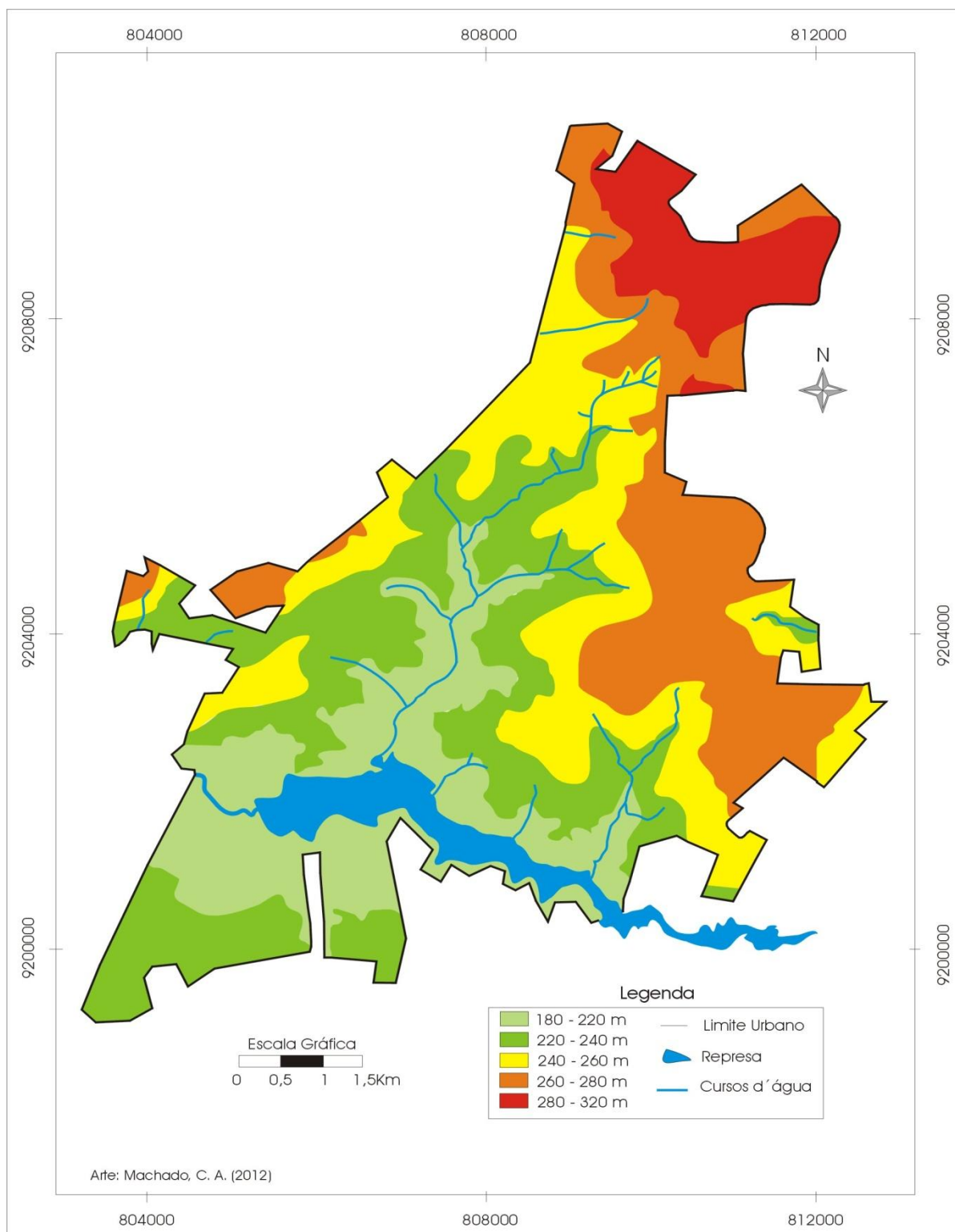
A pluviosidade anual apresenta totais entre 1.400 e 1.700 mm com duas estações bem definidas, uma chuvosa e quente e outra seca e quente. No período entre os meses de janeiro e abril, os totais mensais variam entre 250 e 300 mm com chuvas intensas, sendo comuns nesta unidade as ravinas que evoluem para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

A Unidade Ambiental 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).

Nesta unidade, especificamente a 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 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 04 – Altimetria da Área Urbana de Araguaína



Elaboração: Machado, C. A. (2012)

Predominam nesta unidade os Latossolos amarelos e em menor parte os Neossolos Litólicos, intensamente lixiviados, profundos, bem drenados e com grande quantidade de ravinas devido à retirada da cobertura vegetal e a ação das águas pluviais.

A Formação Mosquito composta de rochas magmáticas caracteriza a Unidade Ambiental 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-escura a esverdeada e marrom avermelhada, 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 de acordo com Menk et al (2004). Nos trabalhos de campo detectou-se que os Nitossolos apresentam fendilhamento na época de estiagem alcançando até 50 cm de profundidade, vide Figura 04.

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 43 a 55 g.kg⁻¹

argila, 07 a 09 g.kg⁻¹ de areia grossa, 04 a 06 g.kg⁻¹ de areia fina, 15 a 31 g.kg⁻¹ de silte e o teor de matéria orgânica situou-se entre 3 e 7 g.kg⁻¹.

Figura 04 – Perfil de Nitossolo na Unidade Ambiental III

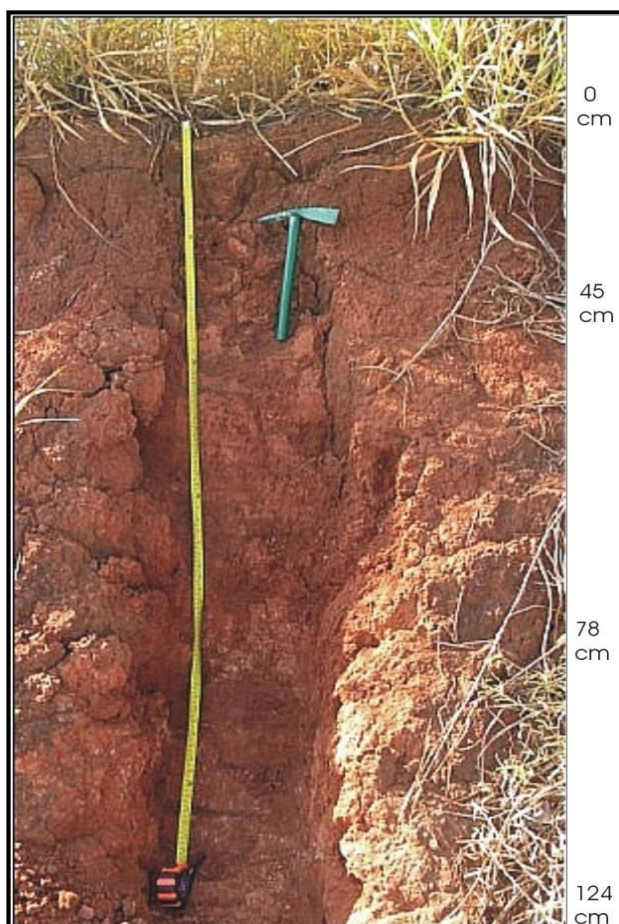


Foto: Machado, C. A. (Set/2011)
Coordenadas: 805438.22 E / 9203925.61 S / UTM Zone 22 S

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 vossorocas. 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.

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. Estas áreas caracterizam-se por um relevo plano com no máximo 3 % de inclinação e altitudes entre 200 e 225 metros sujeito as inundações freqüentes com ocorrência de deposição de grande quantidade de sedimentos das vertentes.

As pequenas planícies aluviais presentes na malha urbana de Araguaína mesmo representando um terreno instável é alvo da especulação imobiliária com a construção constante de moradias, as quais com o passar do tempo acabam sofrendo 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 alguma instabilidade quando ocorre a instalação de uma vegetação de gramíneas e arbustos adaptados a esta situação.

Devido à ocupação antrópica com a geração de grande quantidade de detritos, poluentes orgânicos e inorgânicos acabam gerando a formando de DT de grande heterogeneidade. Os solos predominantes são os Neossolos Flúvicos e Gleyssolos, vide Figura 05, de composição areno-argilosa e mal drenados. A análise física apontou uma granulometria média de 50 a 75 g.kg⁻¹ de areia grossa, 21 a 44 g.kg⁻¹ de areia fina, 0,2 a 0,8 g.kg⁻¹ de silte e 02 a 09 g.kg⁻¹ argila e o teor de matéria orgânica situou-se entre 1 e 3 g.kg⁻¹.

Figura 05 – Perfil de Gleysolo na Unidade Ambiental IV

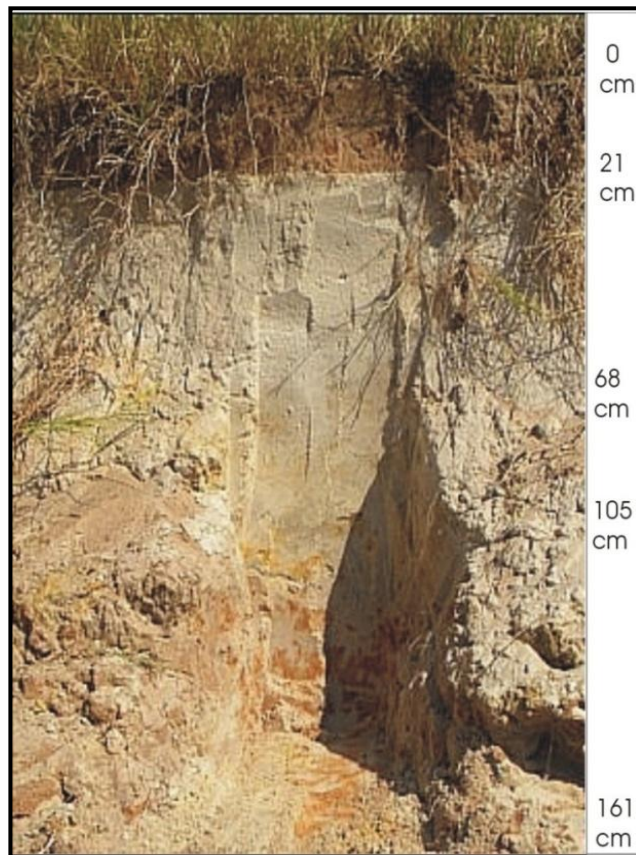


Foto: Machado, C. A. (Set/2011)
Coordenadas: 810254.14 E / 9203237.37 S / UTM Zone 22 S

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. EXPANSÃO URBANA E A PROBLEMÁTICA DOS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA CIDADE DE ARAGUAÍNA

Os resíduos sólidos resultantes da implantação, transformação e demolição de edificações são depositados em ravinas, voçorocas, terrenos baldios, fundos de vale ou em ruas sem pavimentação para compactação no leito na cidade de Araguaína. Estas áreas não possuem nenhum aparato necessário para a disposição dos resíduos, fator este que contribuirá, e que provavelmente ocorrerá, com a mobilização dos sólidos e líquidos gerados na decomposição dos materiais orgânicos e inorgânicos.

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 nas pequenas planícies de sedimentação constituindo os Depósitos Tecnogênicos.

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.

Em áreas tropicais, a deposição de detritos de atividades humanas em topografias inclinadas é um dos 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, área esta de declividade acentuada com moradias erguidas sobre DT com resíduos domésticos que com o deslizamento provocou a morte de aproximadamente 200 pessoas.

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

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 (Pará) 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.

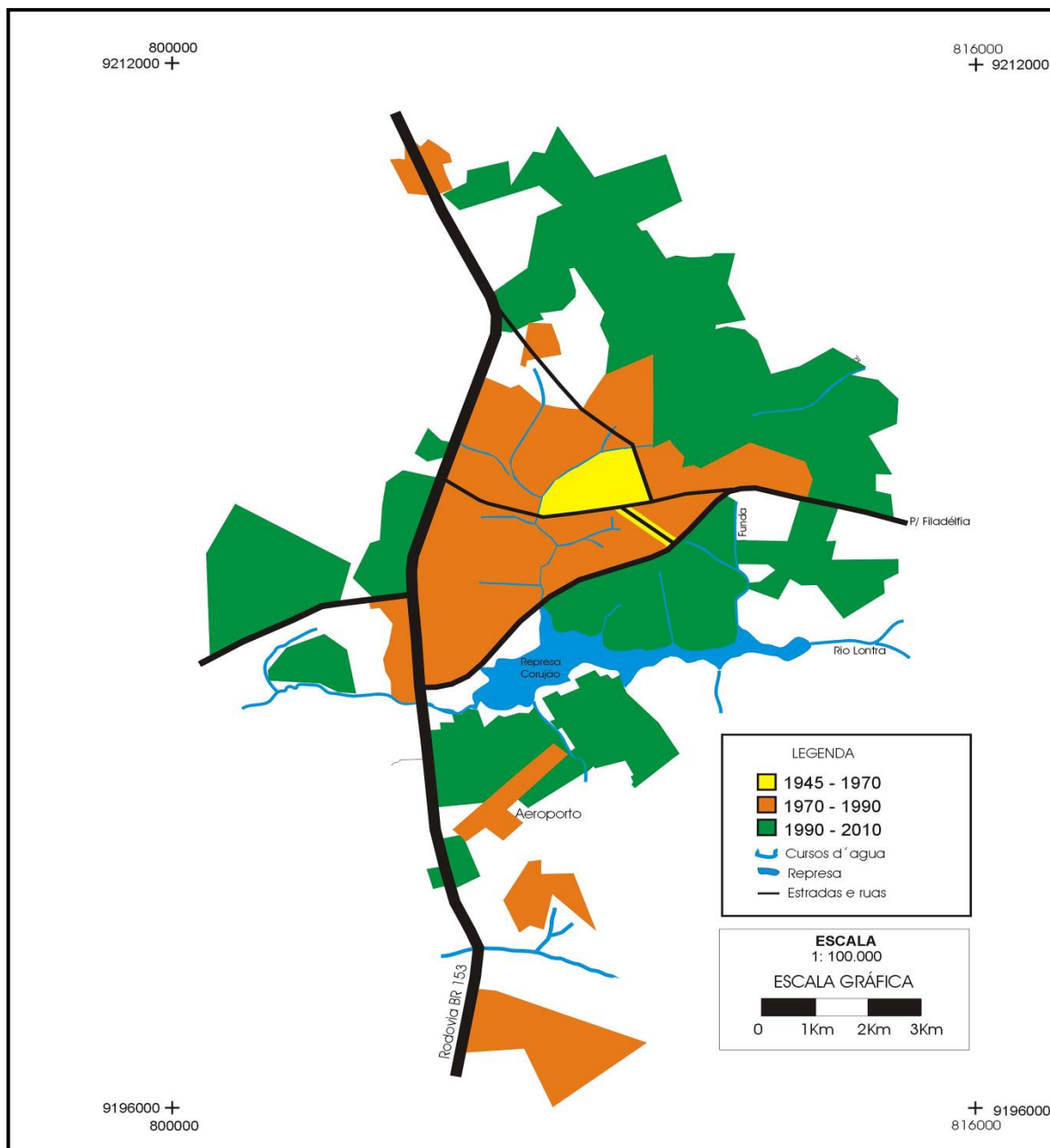
Segundo os censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1960 e 1980, Araguaína neste período praticamente dobra sua população passando de 48.000 habitantes para 98.000 habitantes e sua malha urbana expande-se grandemente, porém sem a adequada infraestrutura, que se encerra com o declínio do garimpo e a migração de pessoas para a recém fundada capital do estado Palmas (1990) em virtude do desmembramento do estado de Goiás. Para melhor visualizar a expansão urbana vide Mapa 05.

Após um hiato de crescimento de 10 anos, especificamente a partir de 1999, atingindo atualmente 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 a partir de 2006 com o enorme aporte de verbas públicas para obras civis e financiamento de casas gerando um acentuado 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 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.

Mapa 05 - Expansão Urbana da Cidade de Araguaína (1945 - 2010)



Fonte: PMA (1980), (1990), PMA (2005) e IBGE (1975)
Autor: Machado, C. A. (2012)

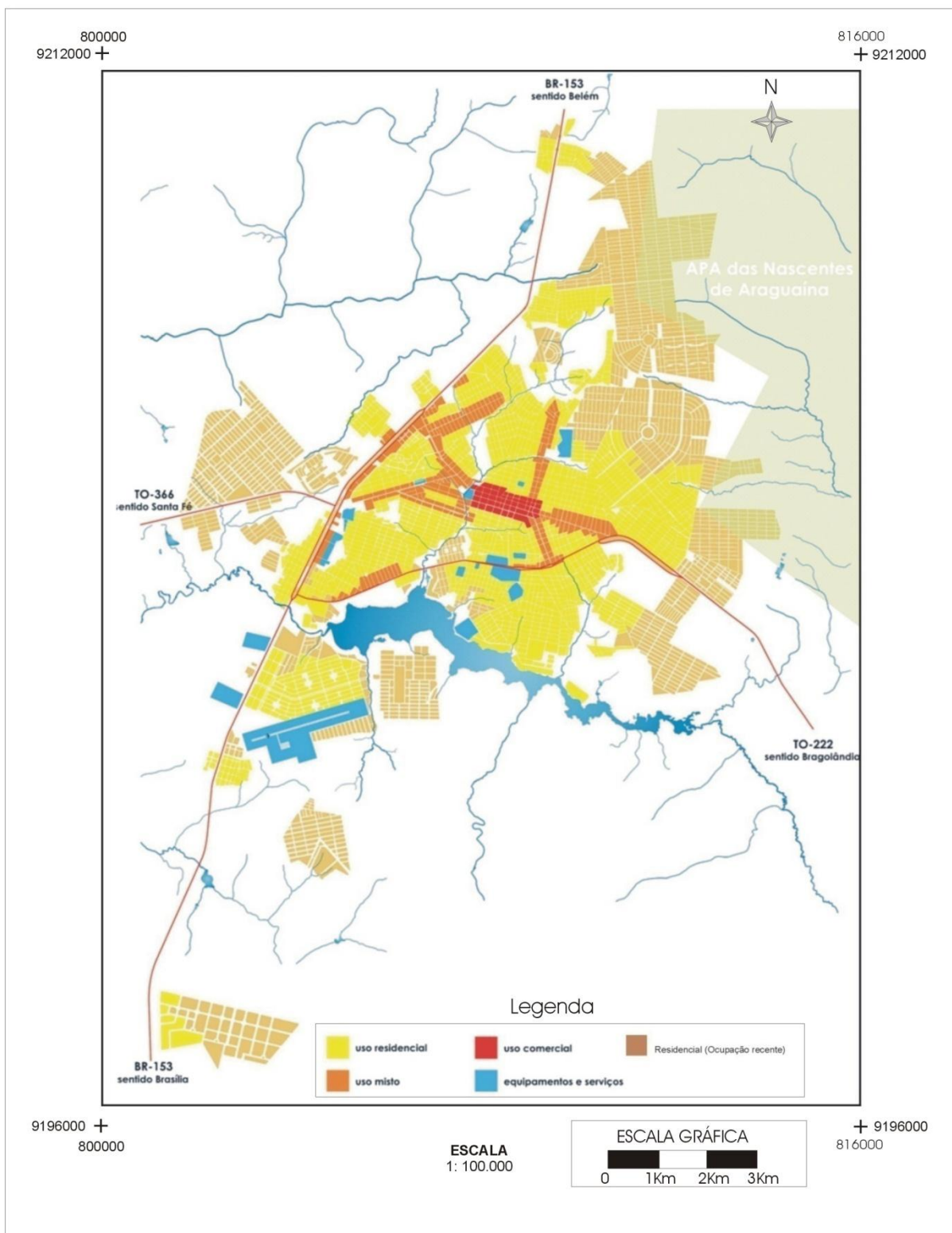
O entendimento do uso pretérito do solo urbano é necessário para analisar as primeiras alterações na camada pedológica local. No caso da cidade de Araguaína grande parte da malha urbana possuía a atividade de pecuária extensiva e de pequenas lavouras de subsistência não resultando em nenhum incremento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

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 .

A cidade de Araguaína nos últimos 5 anos verificou uma expansão acentuada de loteamentos, os quais foram rapidamente ocupados por moradias com sua construção estimulada pela política do governo atual de casas próprias. Alguns loteamentos tiveram sua aprovação anterior à aprovação do Plano Diretor em 2005 e deste modo não obrigados a dotar estas áreas de infraestrutura básica como, por exemplo, o asfaltamento, rede de esgoto e drenagem das águas pluviais e evidentemente causando inúmeros impactos ambientais.

Mapa 06 – Uso do Solo Urbano da Cidade de Araguaína



Fonte: PMA (2005)
Adaptação: Machado, C. A. (2012)

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”, 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.

De acordo com as análises em campo, os resíduos da construção civil 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.

Os DT não proliferam somente em cidades de áreas tropicais, mas seus problemas remontam a décadas na Europa, Ásia e Oriente Médio e sua grande

heterogeneidade requer métodos e técnicas adequadas para o tratamento de cada situação.

A dinâmica ambiental na área urbana de Araguaína está sujeita a duas sazonalidades marcantes determinadas pelo clima regional. A primeira, com forte atuação da morfogênese resultando no aplainamento de fundos de vale ocorre no período de verão com intensa atividade das águas pluviais promovendo forte movimentação de sedimentos e água sendo mais incisiva onde dominam os Neossolos quartzarênicos situados nas áreas leste e noroeste da cidade e menos intensa nas áreas recobertas por Nitossolos no oeste e norte. No segundo período, devido à estiagem os processos de movimentação e decomposição perdem a intensidade devido aos totais irrisórios da pluviosidade.

Em alguns locais, a retirada, remobilização e acréscimo de materiais formam 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. As casas construídas nestas áreas apresentam rupturas nas paredes, problemas nas fundações, sendo algumas famílias indenizadas posteriormente. Tal fato circunscreve-se a área leste da cidade de Araguaína, onde bairros como Jardim das Flores, Patrocínio, Morada do Sol I e II tiveram a implantação de moradias populares pelo governo municipal e federal tendo conhecimento do fato que o local era um depósito de resíduos sólidos.

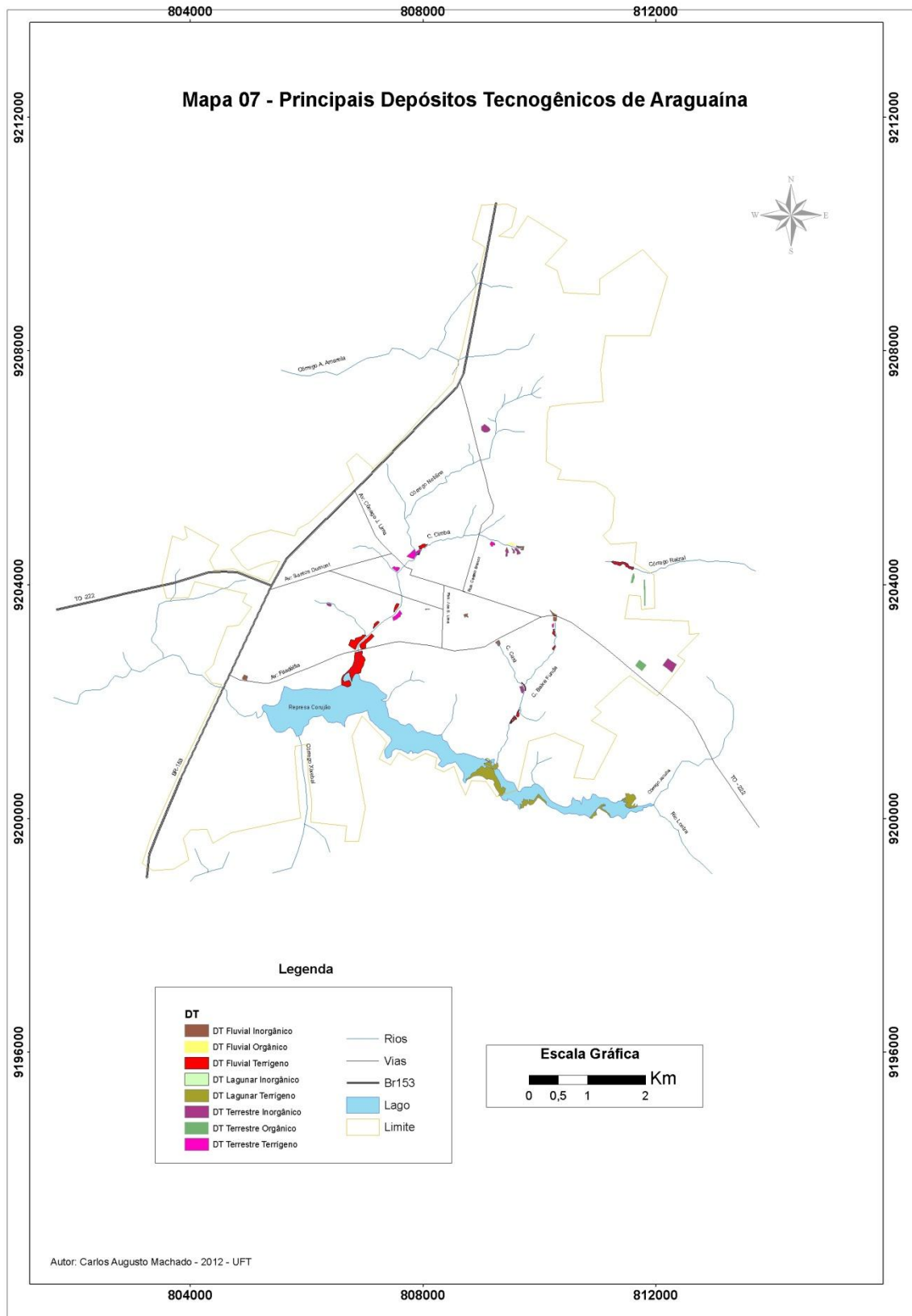
A área mais crítica em virtude da expansão urbana com formação de DT localiza-se nas áreas de Proteção Permanente na (APPs) da bacia hidrográfica do córrego Neblina, a qual atravessa o centro da cidade e atualmente está sendo alvo de inúmeras modificações geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas em função

de inúmeras obras civis que modificam principalmente sua drenagem com obras de retificação, canalização, estreitamento e alargamento da calha fluvial.

A localização e tamanho dos DT na cidade de Araguaína e sua distribuição por material e ambiente pode ser visualizada no Mapa 07 e Tabela 02.

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. 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 mistura-se com a camada pedológica formando um horizonte superficial enrijecido.

Mapa 07 - Principais Depósitos Tecnogênicos em Araguaína



Fonte Base Cartográfica: EMBRAPA (2012)

Autor: Machado, C. A. (2012)

Tabela 02 – Tipos e Quantidades dos Principais Depósitos Tecnogênicos

Depósitos Terrestres	Quantidade	Área (m²)	Idade (anos)
Inorgânicos			
Jardim das Flores (Estrada Córrego Xupé)	01	28.710	11
Bairro Santa Teresinha (Cabeceira Córrego Cará)	01	3.634	09
Bairro S. João (Cabeceira Córrego da Bica)	01	1.312	14
Bairro Cimba (Cabeceira Córrego Cimba)	02	5.211	18
Setor Tecnorte (Próximo ao ITPAC)	01	5.823	08
Orgânicos			
Jardim das Flores (Centro Recreativo)	01	19.054	10
Bairro Raizal (Próximo ao SESC)	02	14.526	13
Bairro Cimba (Cabeceira Córrego Cimba)	02	4.296	18
Terrígenos			
Médio Curso/Fundos do SESI	01	4.420	12
Depósitos Fluviais	Quantidade	Área	
Inorgânicos			
Alto curso Córrego Cimba	01	4.401	13
Alto Curso Córrego Cará	01	3.634	10
Bairro S. João (Cabeceira Córrego da Bica)	01	3.274	09
Bairro S. João (Cabeceira Córrego Baixa Funda)	01	3.979	15
Orgânicos			
Médio Curso Córrego Cimba	02	4.296	15
Terrígenos			
Bairro Raizal (Médio Curso Córrego Raizal)	01	16.855	18
Centro (Próximo Chácara Murad)	01	8.761	14
Alto Curso Córrego Baixa Funda	03	4.697	14
Médio Curso Córrego Baixa Funda	03	2.327	13
Baixo Curso Córrego Baixa Funda	03	8.427	8
Médio Curso Córrego Neblina	02	11.007	5
Jusante Córrego Neblina	03	138.940	19
Depósitos Lagunares	Quantidade	Área	
Inorgânicos			
Jardim Paulista (as Margens da Represa Corujão)	01	2.150	09
Orgânicos			
Centro da Represa Corujão (Jardim Paulista)	01	93.018	07
Confluência Rio Lontra e Jacuba	01	36.890	08
Centro da Represa Corujão (Céu Azul)	02	44.874	12
Terrígenos			
Jardim Paulista (Margens Lago Azul)	04	15.081	08
	Total Geral	489.547	

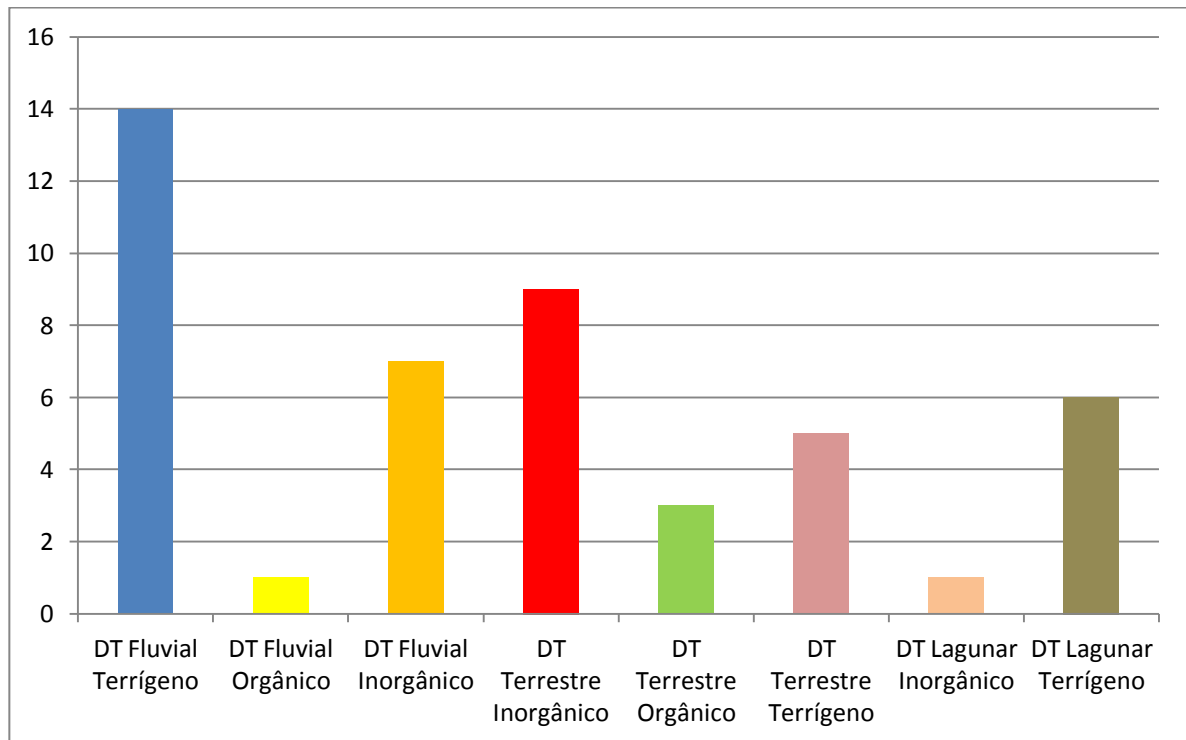
Organização: Machado, C. A. (2011)

Os DT da cidade de Araguaína estão localizados na maior parte na área central e próximos as 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.

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 30 % do total, na seqüência temos os DT terrestre inorgânicos com 9 áreas com 20 % 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.

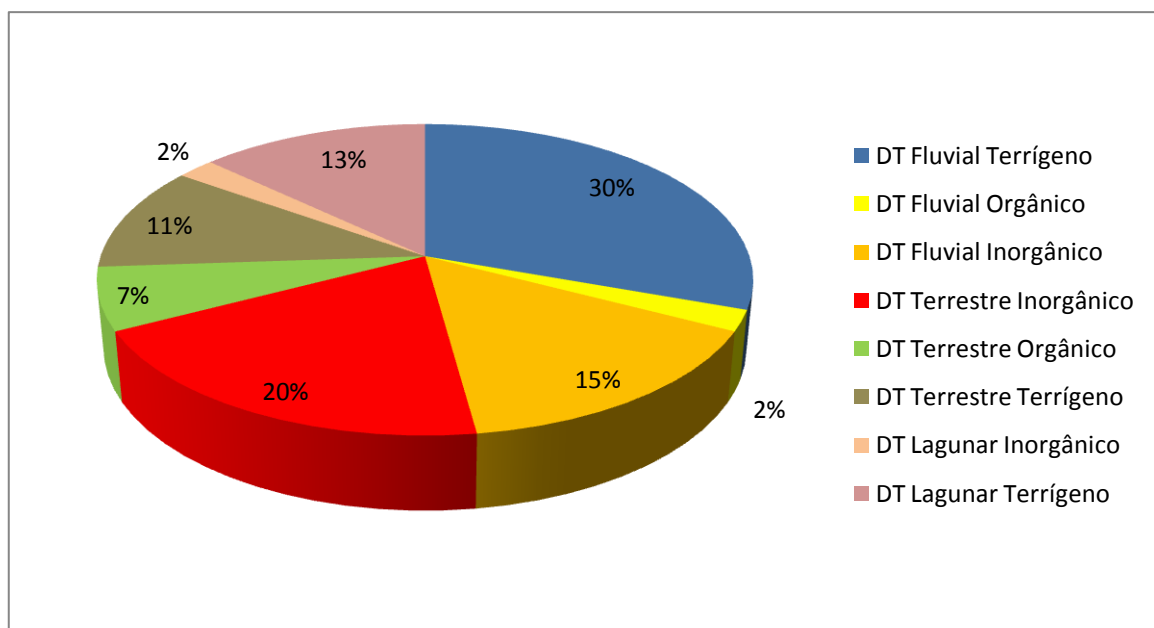
O carreamento para a calha fluvial de sedimentos arenosos dos Neossolos quartzarênicos e Latossolos amarelos e sedimentos argilosos, em menor parte, dos Nitossolos dominantes na área urbana formam depósitos estabilizados por uma vegetação adaptada as condições de poluição com o constante assoreamento, 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 e a necessidade de medidas preventivas e recuperativas.

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)

Os materiais depositados em antigas voçorocas e aterros 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.

Não bastasse a grande carga de sedimentos recebida pelo córrego, 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.

7. INFLUÊNCIA DOS AMBIENTES E FATORES 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 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 na maior parte dos casos pode ser identificada e simplificada em três fases principais observadas neste estudo, 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 a camada pedológica.

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.
- Frio e úmido: decomposição acelerada no verão e retração no inverno.
- Frio e seco: decomposição limitada pelo degelo e restrita no período de inverno dominante durante o ano.

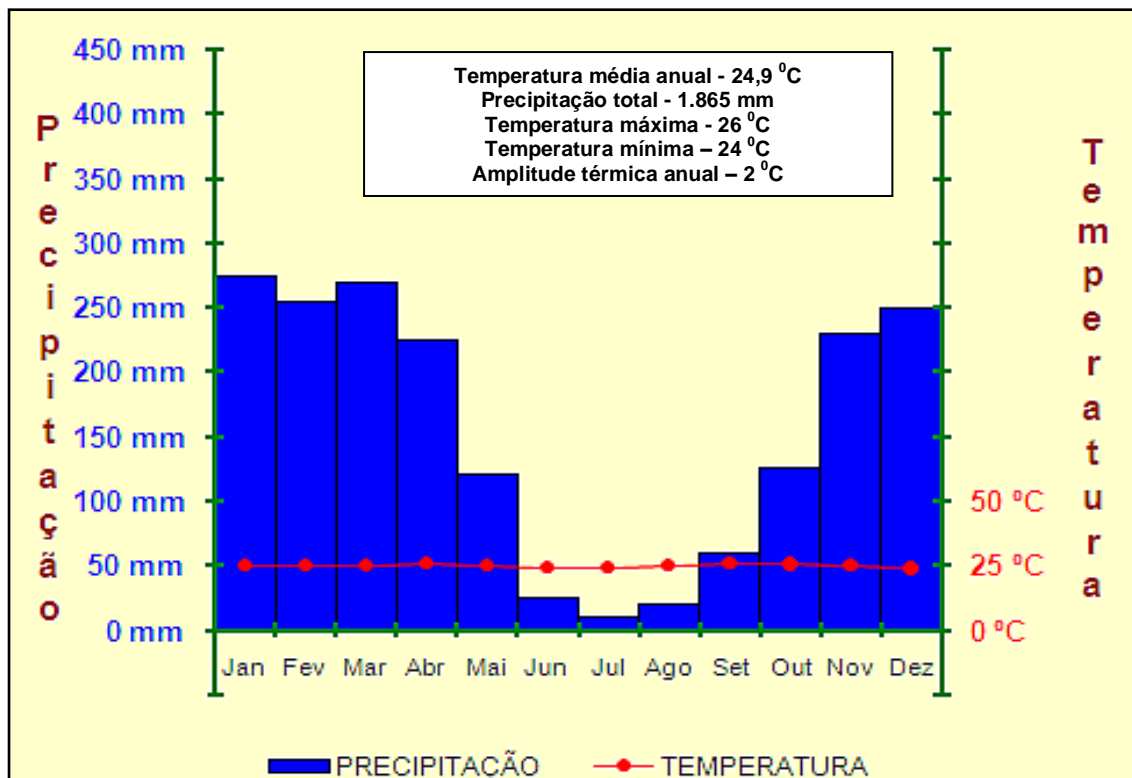
Os DT decompõem-se diferentemente de acordo com as características ambientais de cada área. No caso de regiões tropicais, as temperaturas e o acúmulo de umidade no solo aceleram a degradação dos materiais e promovem a diminuição do volume e as características químicas resultando em problemas estruturais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

No tocante a análise de DT, em ambientes tropicais, específico da cidade de Araguaína, 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.

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.

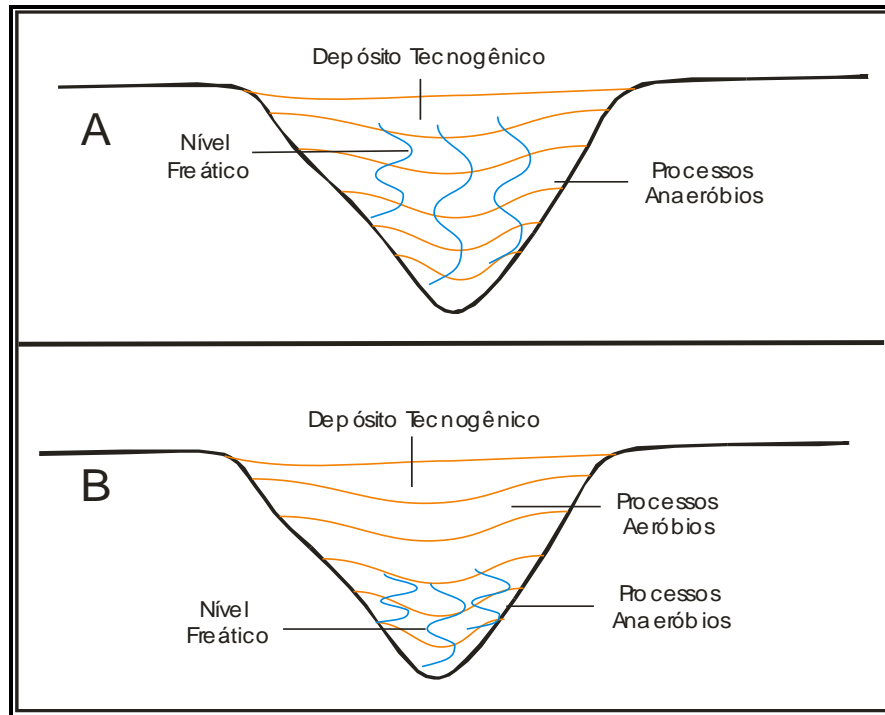
A variação das chuvas e temperaturas em DTT na cidade de Araguaína promove basicamente dois tipos de comportamento dos processos ambientais em ambientes tecnogênicos, destacados em Boscov (2008) e verificados em campo com a abertura de trincheiras, principalmente em áreas planas ou de pouca inclinação. 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, vide Figura 06A. 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, vide Figura 06B.

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 a presença de água no depósito na época seca, seja este de textura argilosa ou arenosa 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.

Figura 06 – Oscilação Hipotética da Água no Depósito Tecnogênico

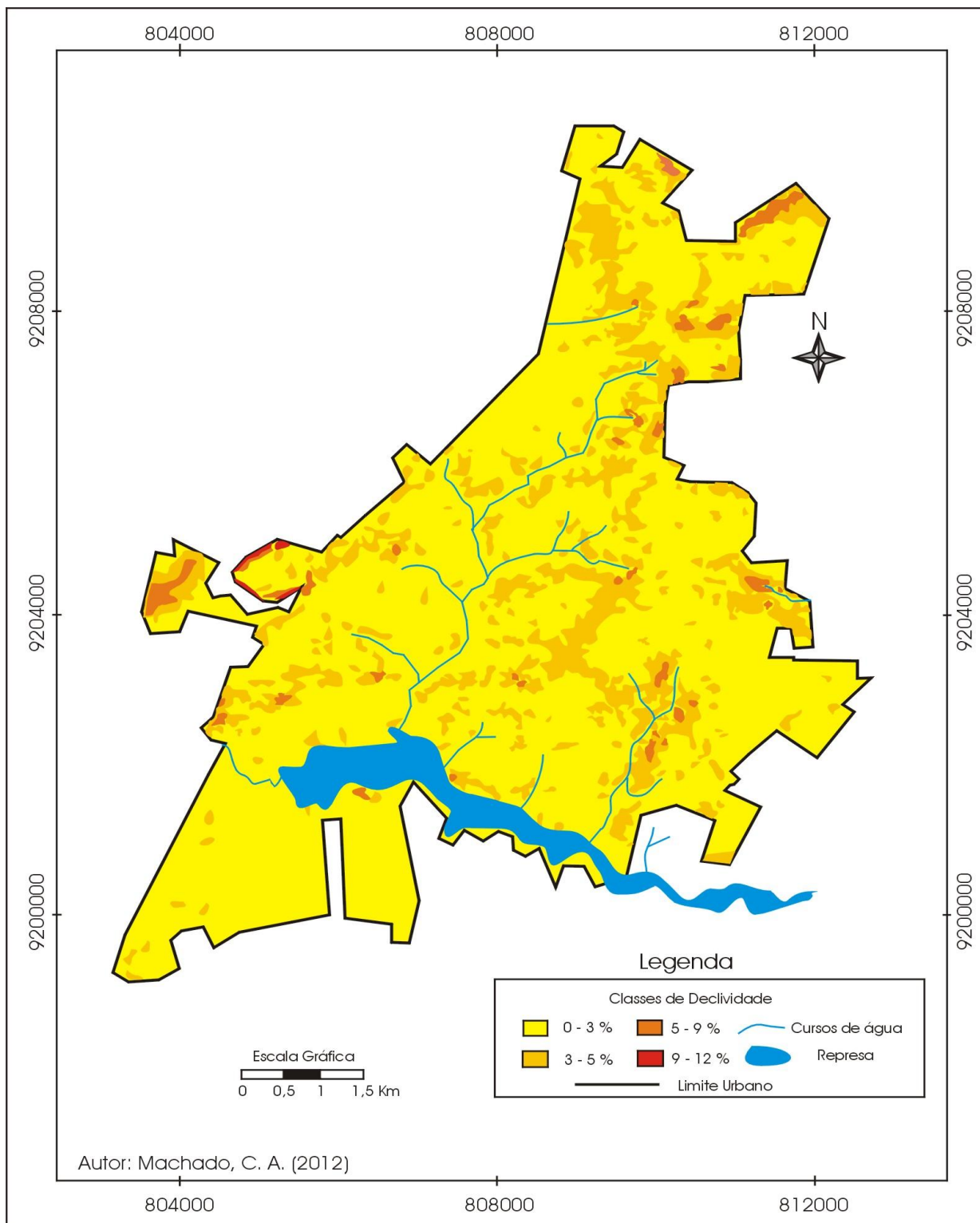


Autor: Machado, C. A. (2011)

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, vide Figura 07, 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.

Figura 07 – Carta de Declividades da Área Urbana de Araguaína



Fonte : EMBRAPA (2012)

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 declividades, 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.

8. ANÁLISES DOS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS DE ARAGUAÍNA

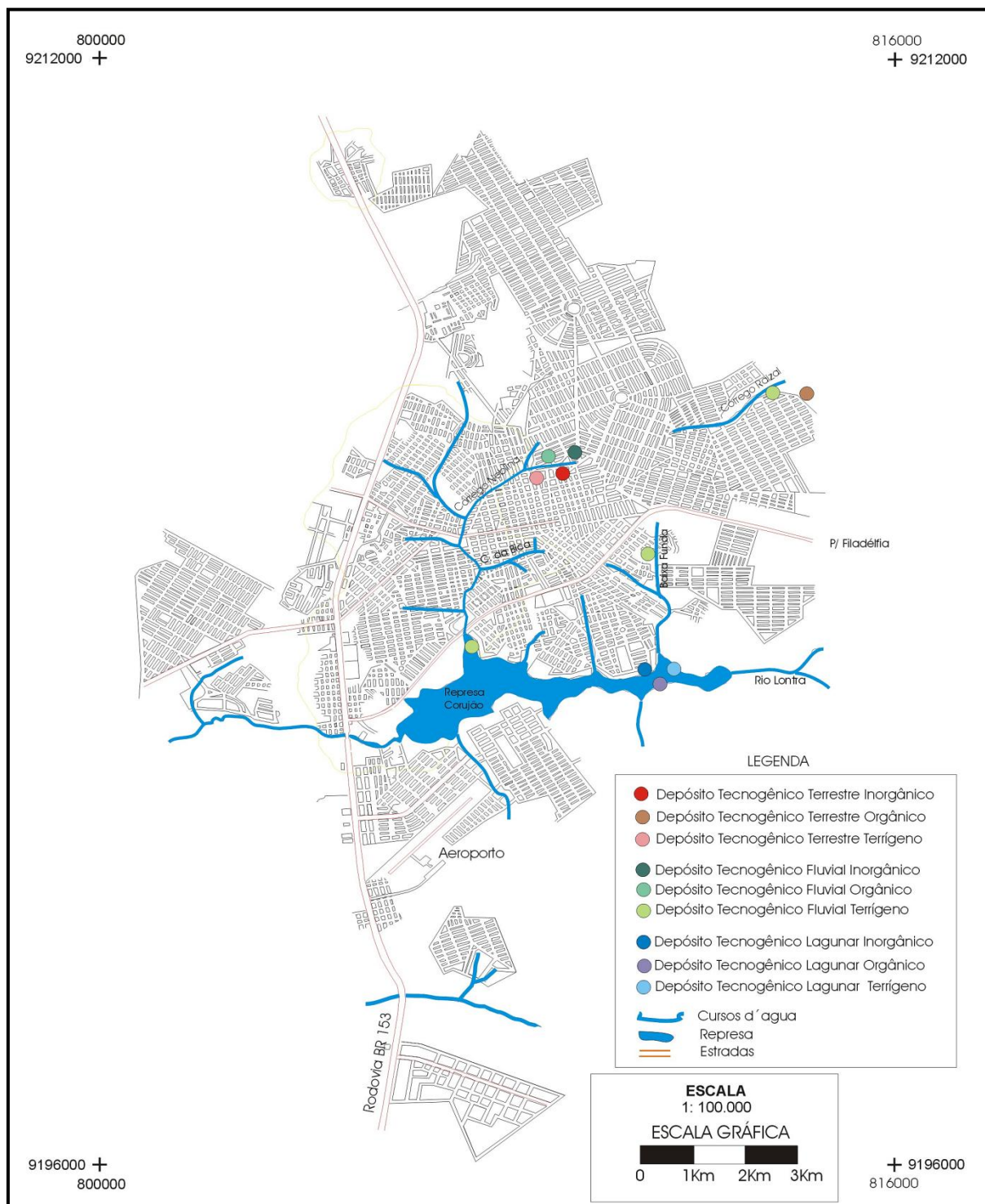
A crescente especulação imobiliária urbana nas últimas décadas no Brasil acelerou a busca por áreas com maior valor imobiliário e com isto aumentou a ocupação de locais com restrições geomorfológicas ou hidrológicas. Deste modo, o uso principalmente de resíduos de construção e demolição (RCD) é amplamente usado para aterrar ravinas e voçorocas, 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 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.

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 08.

Mapa 08 - Localização dos Perfis de DT Analisados em Araguaína



Fonte: Base: PMA (2005)
Localização: Trabalhos de Campo (2010/11)
Autor: Machado, C. A. (2011)

8.4.1 Depósitos Tecnogênicos Terrestres

8.4.1.1 Depósitos 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 com o 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:

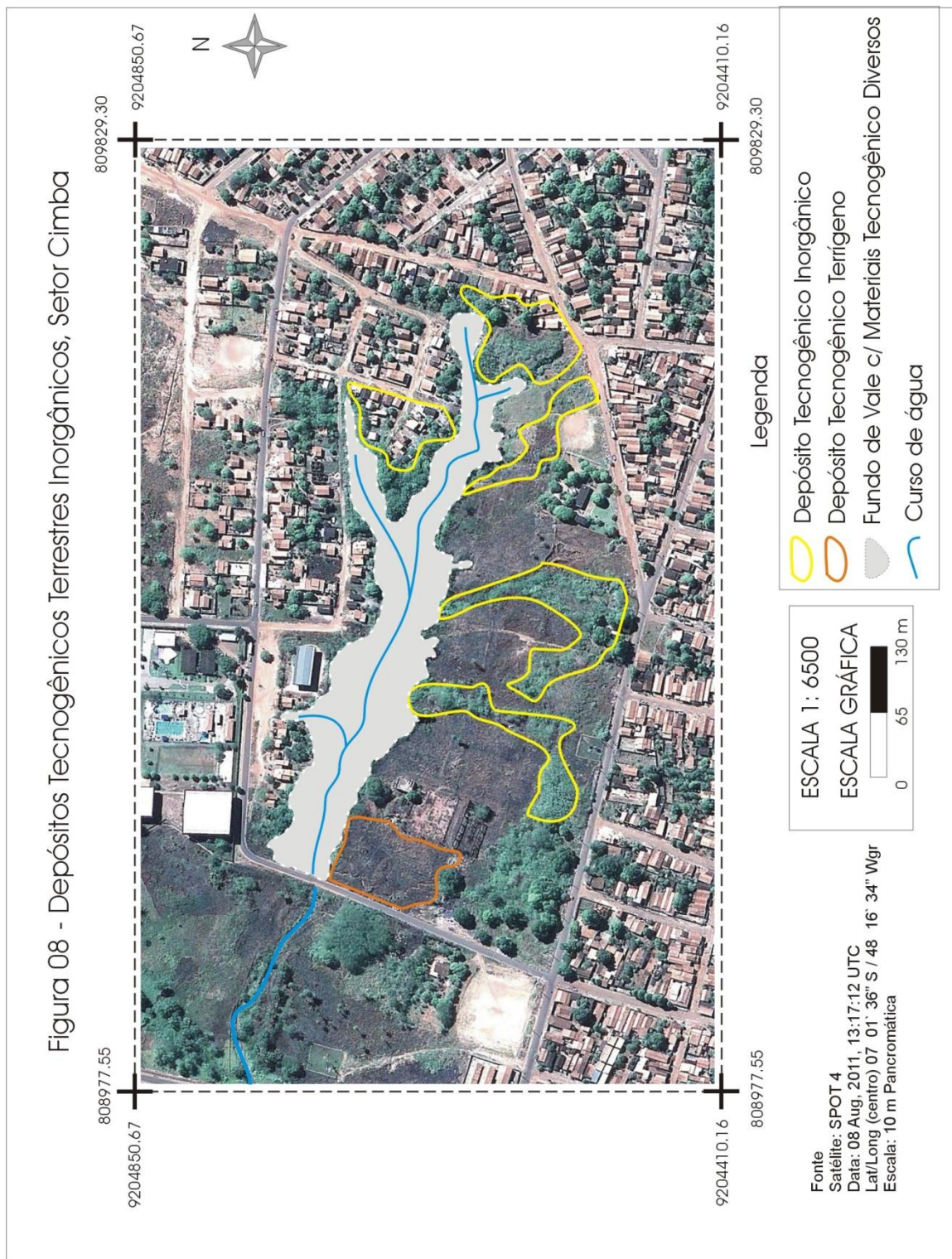
- A expansão urbana, em geral de classe sociais menos favorecidas, acabará se realizando sobre os DT.
- Movimentação do material afetando as estruturas de casas e edifícios.
- A qualidade das águas superficiais e subterrâneas afetada por metais pesados.
- Flora e fauna adaptadas a espécies invasoras (exóticas).
- 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 recobrando os solos, dificultando ainda mais projetos de recuperação.

Os DTTI 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.

A estrutura e composição dos DT analisados em Araguaína diferem em função 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.

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 de voçorocas, com uma área aproximada de 6.250 m^2 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 08).



Arte: Machado, C. A. (2011)

Na Figura 09 (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. Em outros canais da cidade ocorre o inverso dos fatos citados anteriormente e como não há vegetação nas margens, o trabalho de erosão lateral promove a mudança do leito fluvial constante devido à forte ação das águas e da grande quantidade de sedimentos. Na Figura 09B pode-se observar inúmeros fragmentos de grandes dimensões.

Figura 09 – Assoreamento de Canais Fluviais por Materiais Tecnogênicos



Coordenadas: (A) 809441.49 E / 9204673.80 S B) 8102270.21 E / 9203213.03 S UTM Zone 22 S
Foto: Machado, C. A. (2010)

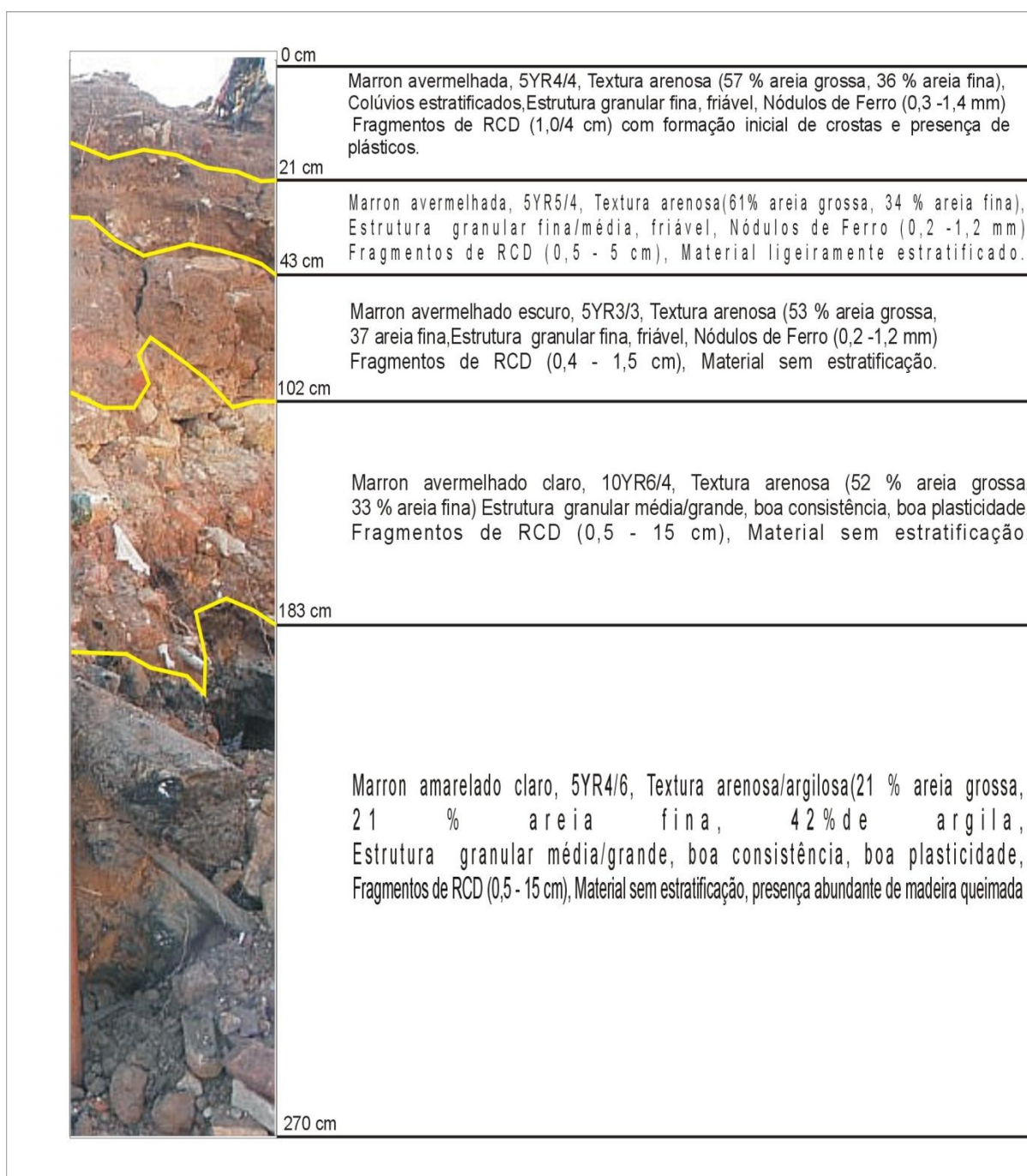
O ponto selecionado para a análise estrutural e textural de um DTTI localiza-se no setor Cimba, próximo do centro de Araguaína, Unidade Ambiental I, com uma área de 5.212 m², profundidade de 2.70 metros e idade aproximada de 18 anos.

O DT foi formado sobre Latossolos Amarelos situado na meia encosta e com declividade de 5 %, demonstrou que as camadas superficiais de sedimentos entre 0 e 102 cm apresentaram maior fragilidade devido à textura arenosa e friável, (vide Figura 10), porém estão estruturadas em camadas planas contando com a presença de nódulos de ferro e resíduos de construção e demolição (RCD) de pequenas dimensões de 0, 3 até 5 cm e com a formação de pequenas crostas de 0,4 a 0,7 mm nas camadas entre 0 e 43 cm.

As demais camadas deste DT, situadas entre 102 e 270 cm, apresentam maior consistência e resistência devido à quantidade de material argiloso, porém os 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 vossorocas 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.

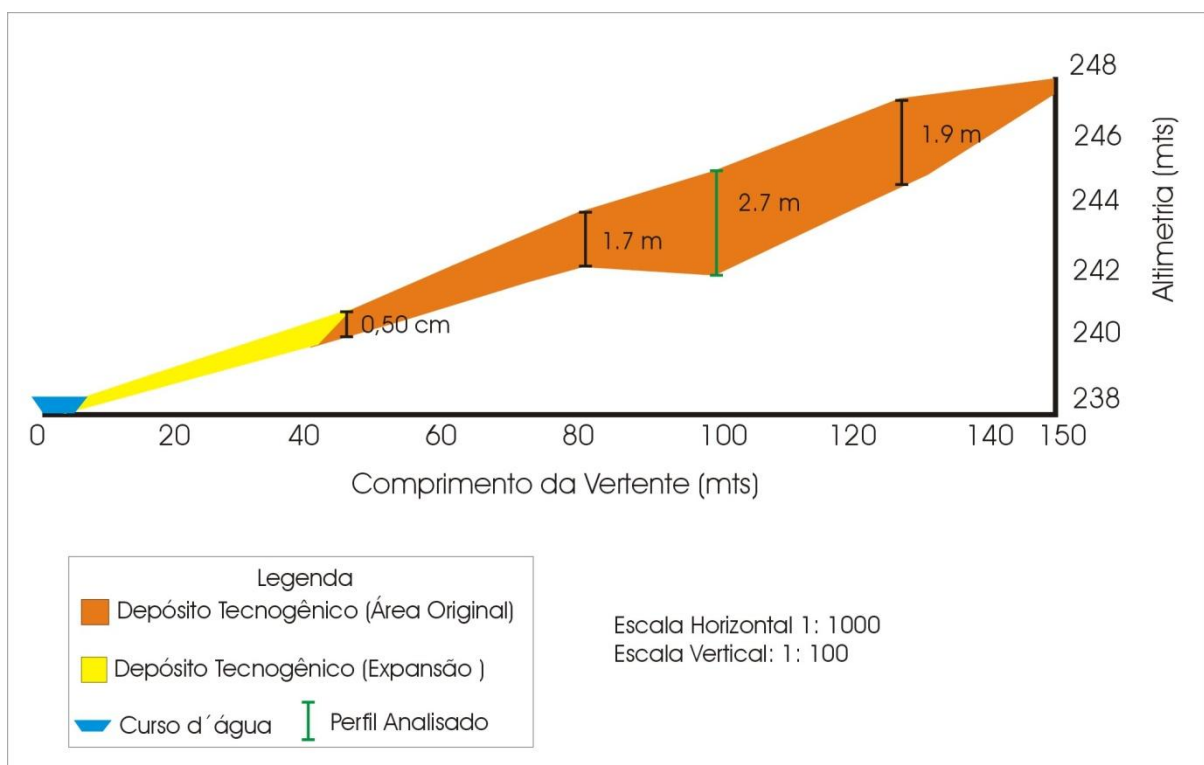
Figura 10 – Perfil de Depósito Terrestre Inorgânico, Setor Cimba



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

Figura 11 – Perfil Transversal de Depósito Tecnológico, Setor Cimba



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.

De acordo com a época em são formados os DT, os tipos de materiais podem diferir significativamente devido a necessidade da indústria e criação de novos tipos, ou seja pelo fato de alguns materiais tornarem-se economicamente viáveis para a reciclagem ou reuso, como por exemplo, a inexistência de alumínio, zinco e cobre em depósitos mais recentes, comumente retirados por catadores de empresas de reciclagem.

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 coletoras 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 12, 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, cobertos por solo e uma vegetação de gramíneas que futuramente gerará um custo razoável para retirada e limpeza da área.

Figura 12 – 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)

8.4.1.2 Depósitos Tecnogênicos Terrestres Orgânicos (DTTO)

A disposição inadequada dos resíduos sólidos domésticos 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 através da abertura de lixões, 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.

A área central da cidade de Araguaína apresenta inúmeros DTTO resultantes de aterramentos de grandes voçorocas que se desenvolveram em Neossolos quartzarênicos. As edificações e as obras públicas como asfaltamento freqüentemente 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.

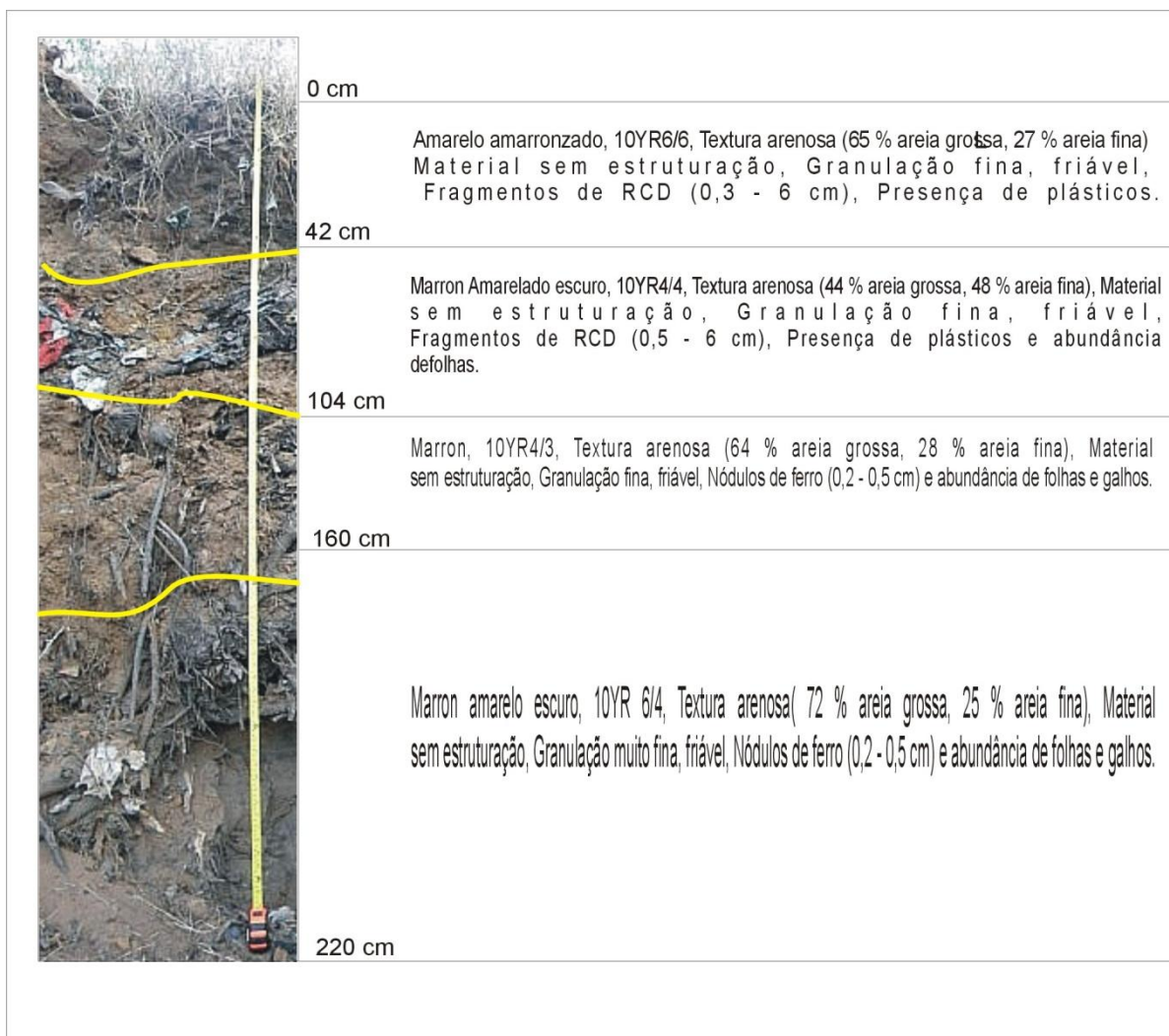
Os dois maiores DTTO localizam-se na área leste da cidade com dimensões aproximadas de 10.000 m², tendo em média uma profundidade de 3 a 4 metros, sendo construído em seu entorno um conjunto habitacional com verbas federais chamado de Jardim das Flores. A área dos depósitos situa-se no topo de uma colina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

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 13). O material tecnogênico encontra-se disperso de forma caótica nas camadas do perfil, sendo envolvidos por sedimentos arenosos, de granulação muito fina e extremamente friável.

Figura 13 – Perfil de Depósito Tecnogênico Orgânico, Setor Raizal



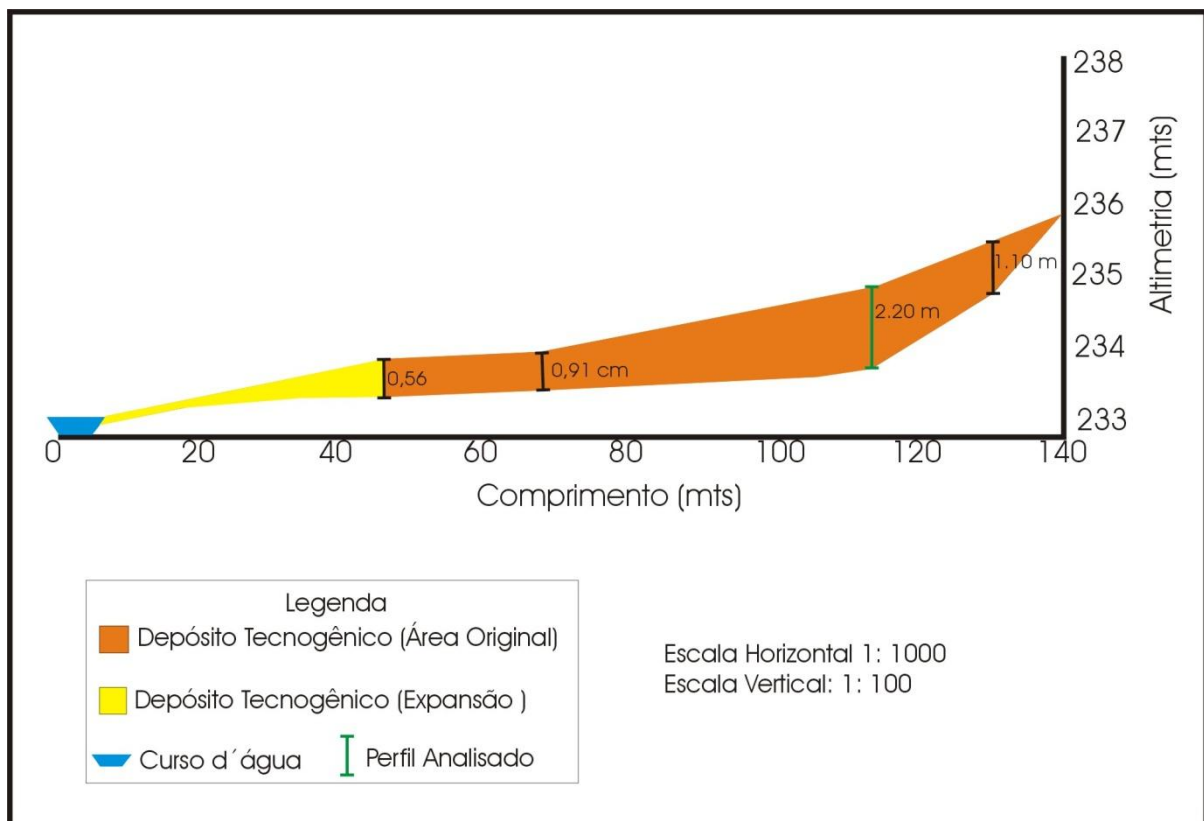
Coordenadas: 811582.63 E / 9204060.82 S / UTM Zone 22 S

Arte: Carlos A. Machado (2011)

Segundo o perfil topográfico (vide Figura 14), 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 14 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Setor Raizal



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 terra na maior parte dos casos pela própria administração municipal.

A instabilidade dos depósitos orgânicos nesta área é visível com a presença de várias rachaduras nas casas construídas sobre os materiais tecnogênicos que

são expostos nas ruas locais (vide Figura 15), sendo necessárias contínuas reformas para melhoria da estrutura das residências.

Figura 15 – 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)

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.

8.4.1.3 Depósitos Tecnogênicos Terrestres Terrígenos

Os Depósitos Tecnogênicos Terrestres Terrígenos (DTTT) devido a sua composição oriunda de sedimentos e fragmentos de pequenas dimensões é o tipo

mais fácil de ser resolvido, pois geralmente não acarreta impactos ambientais devido a inexistência de substâncias poluidoras.

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

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.

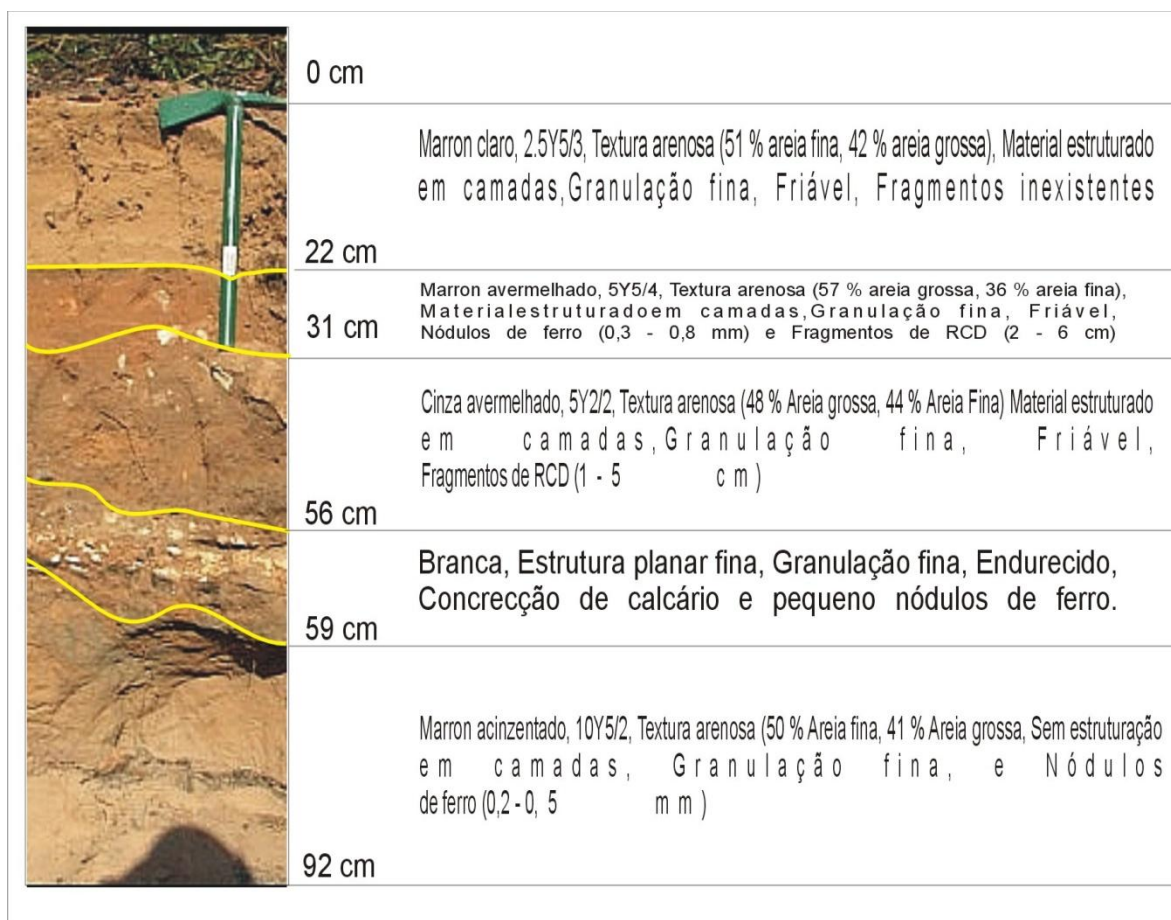
Do ponto de vista da estabilidade, a maioria dos DTTT analisados apresentou boa compactação e localizam-se em áreas de baixa declividade e, devido ao material, constituem-se nas áreas de mais fácil recuperação.

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 Figura 16). 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 como plásticos ou RCD. 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 camada entre 56 e 59 cm apresenta a existência de uma camada concreccionária de calcário oriunda de materiais da construção civil, variando de 05 até 15 cm. Os fragmentos existentes estão em estágio de avançada decomposição e quebram-se facilmente de modo a incorporar-se aos sedimentos.

Figura 16 – Perfil de Depósito Tecnogênico Terrestre Terrígeno, Setor Cimba



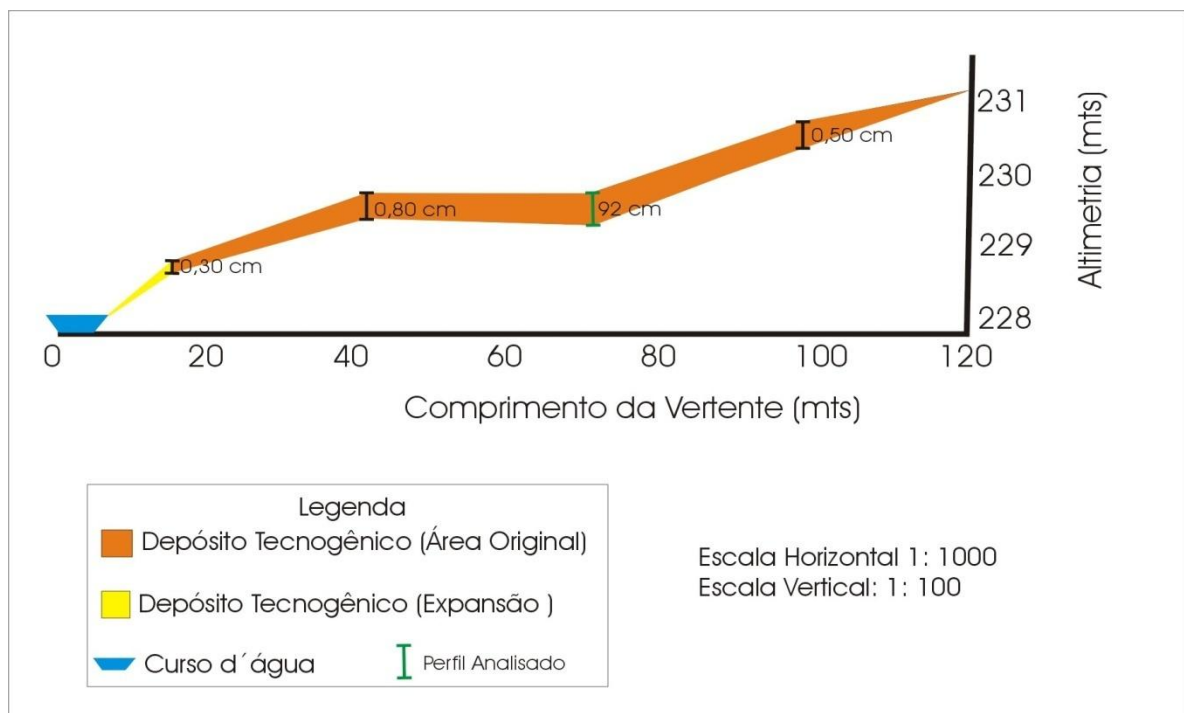
Coordenadas: 809189.91 E / 9204726.80 S / UTM Zone 22 S
Arte: Machado, C. A. (Set/2011)

A textura arenosa da maioria das camadas e com boa compactação 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 17), as maiores profundidades verificadas estão entre 50 e 92 centímetros na área original de deposição, com cerca de 100

metros de extensão longitudinal e 68 metros extensão lateral. Com o escoamento superficial boa parte do material fino e detritos de pequenas dimensões foram carreados formando uma camada com uma profundidade média de menos 25 cm até a deposição no leito fluvial do córrego Cimba.

Figura 17 – Perfil Transversal de Depósito Tecnológico, Setor Cimba



Autor: Machado, C. A. (2012)

8.4.2 Depósitos Tecnológicos Fluviais

Os Depósitos Tecnológicos Fluviais (DTF) de Araguaína na maior parte são formados de diretamente pela ação antrópica pela inserção de material no ambiente fluvial e conseqüentemente o surgimento de novos depósitos pelo transporte fluvial, porém com constituição e estruturas diferenciadas. Os DTF existem em grandes quantidades na área de estudo e foram considerados fluviais não somente os localizados dentro do canal fluvial.

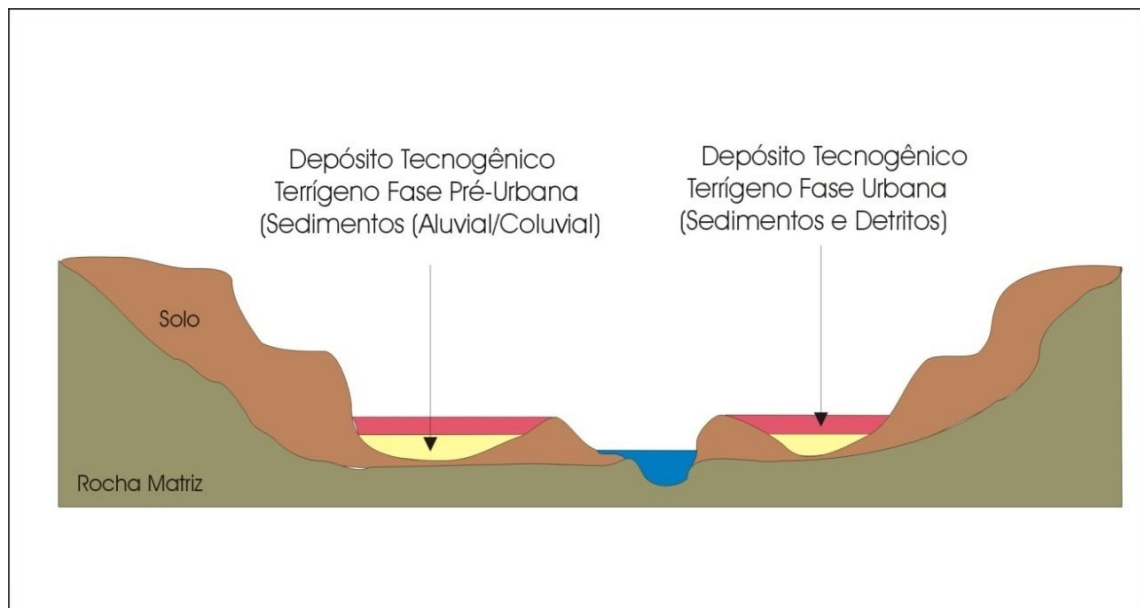
Os processos fluviais de erosão, transporte e deposição atuam constantemente de forma direta e indireta no comportamento e estruturação dos materiais, visto que ocorre a retirada e o aporte de materiais de forma mais intensa que depósitos em ambientes terrestres e lagunares.

Os DTF em Araguaína apresentaram 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 planícies de sedimentação.

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 Figuras 18 e 19).

Figura 18 – Perfil Esquemático de Formação Pré-Urbana de Depósitos Tecnogênicos



Arte: Machado, C. A. (2011)

Figura 19 – 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.

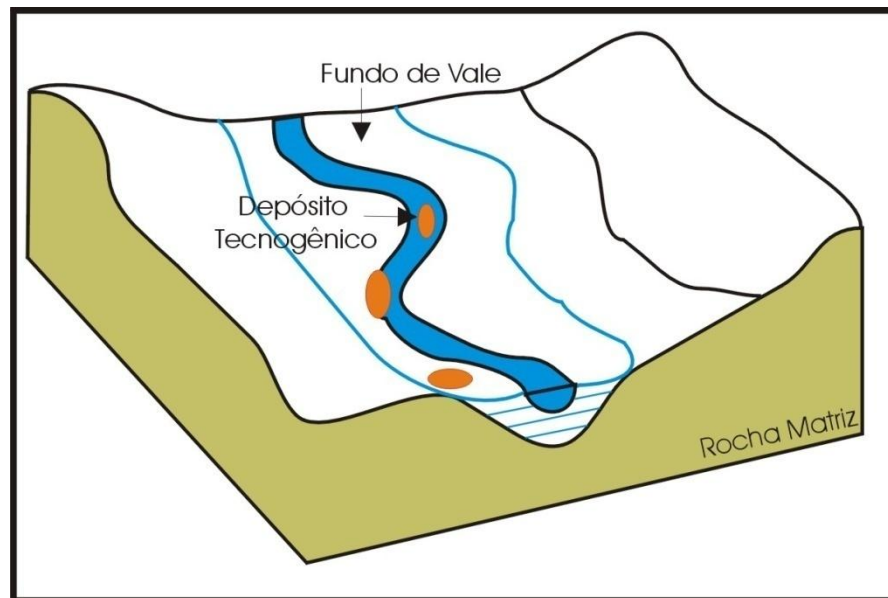
A posição do DT no canal fluvial (vide figura 20) influenciará o comportamento resultante na sua formação e na dinâmica, no tocante à erosão, transporte e deposição de material, sendo sua forma e processos resultados diretos da oscilação da vazão fluvial no período anual.

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.

Figura 20 – Posicionamento de Depósitos Tecnogênicos no Canal Fluvial



Autor: Machado (2010)

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.

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

8.4.2.1 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 conseqüente 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 21, a qual devido à alta valorização dos terrenos vem se ampliando freqüentemente.

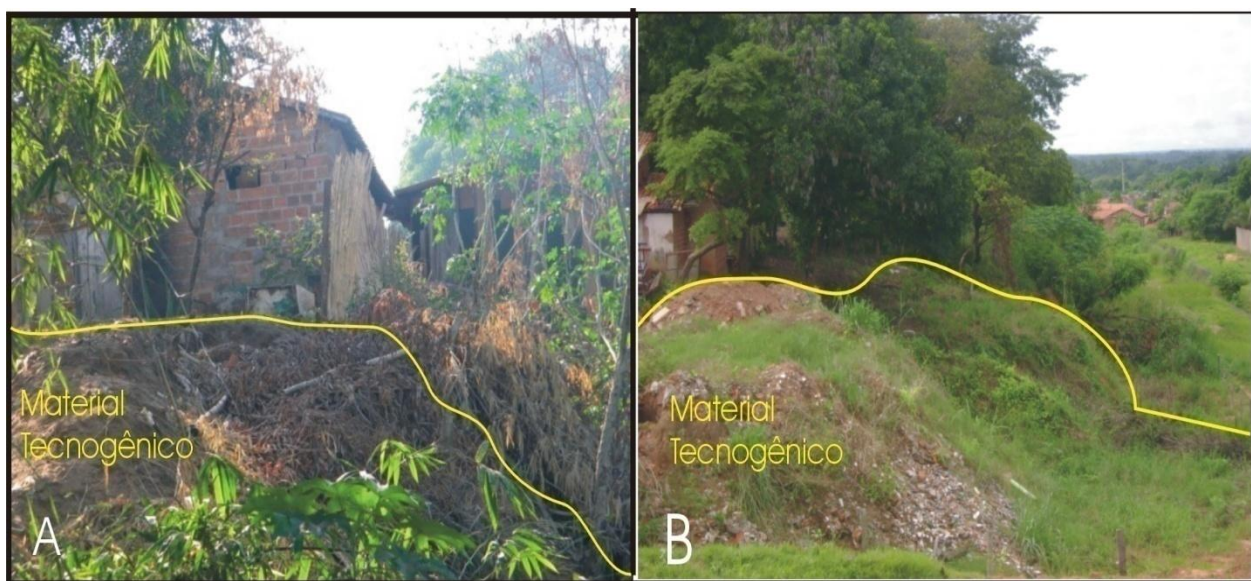
Figura 21 – Depósito Tecnogênico Inorgânico nas Nascentes do Córrego da Bica



Coordenadas: 808726.28 E / 9203472.44 S / UTM Zone 22 S
Autor - Machado, C. A. (06/2010)

Em algumas áreas com declividades mais acentuadas, o deslocamento do material tecnogênico com edificações provoca ruptura nas casas, sendo carregado pelas águas pluviais para o leito dos cursos d'água. No alto curso dos córregos Raizal e Cará, algumas residências localizadas em inclinações mais acentuadas na margem esquerda desabaram e várias (vide Figura 22), pois não foram realizados trabalhos de contenção das encostas facilmente carregáveis pela característica dos Neossolos Quartzarênicos e materiais tecnogênicos.

Figura 22 – 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)

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.

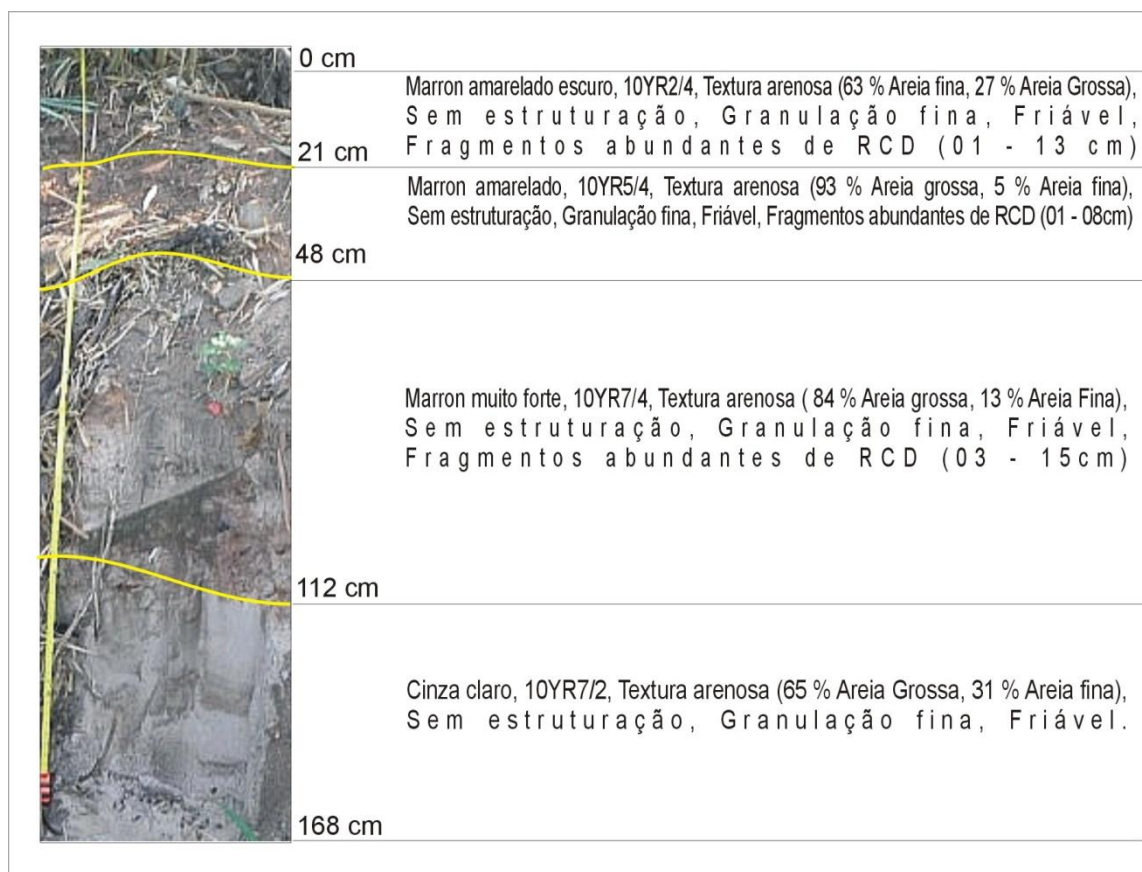
O DTFI analisado faz parte de uma grande área aterrada com RCD, contando com 4.296 m² de área nas nascentes do córrego Cimba para a construção de moradias irregulares do ponto de vista jurídico e ambiental e que atualmente tornou-se uma área extremamente problemática para a administração municipal e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

A constituição do DTFI está estruturada em quatro camadas espessas com material de textura arenosa (vide Figura 23), 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.

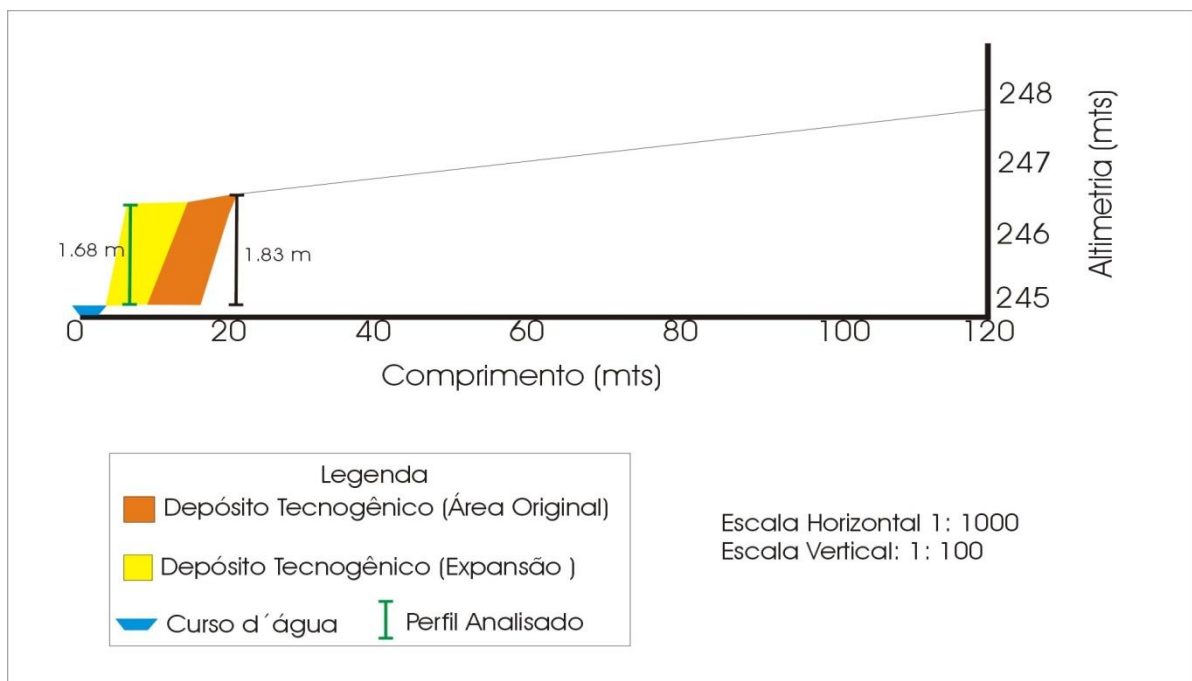
Figura 23 - Perfil de Depósito Tecnogênico Inorgânico no Fundo de Vale, Córrego Cimba



Coordenadas: 809698.78 E / 9204633.87 S / UTM Zone 22 S
Autor: Machado, C. A. (10/2011)

De acordo com o perfil topográfico (vide Figura 24), 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.

Figura 24 – Perfil Transversal de Depósito Tecnológico, Setor Cimba



Autor: Machado, C. A. (2012)

8.4.2.2 Depósitos Tecnogênicos Fluviais Terrígenos (DTFT)

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. 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.

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 25 e 26), 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.

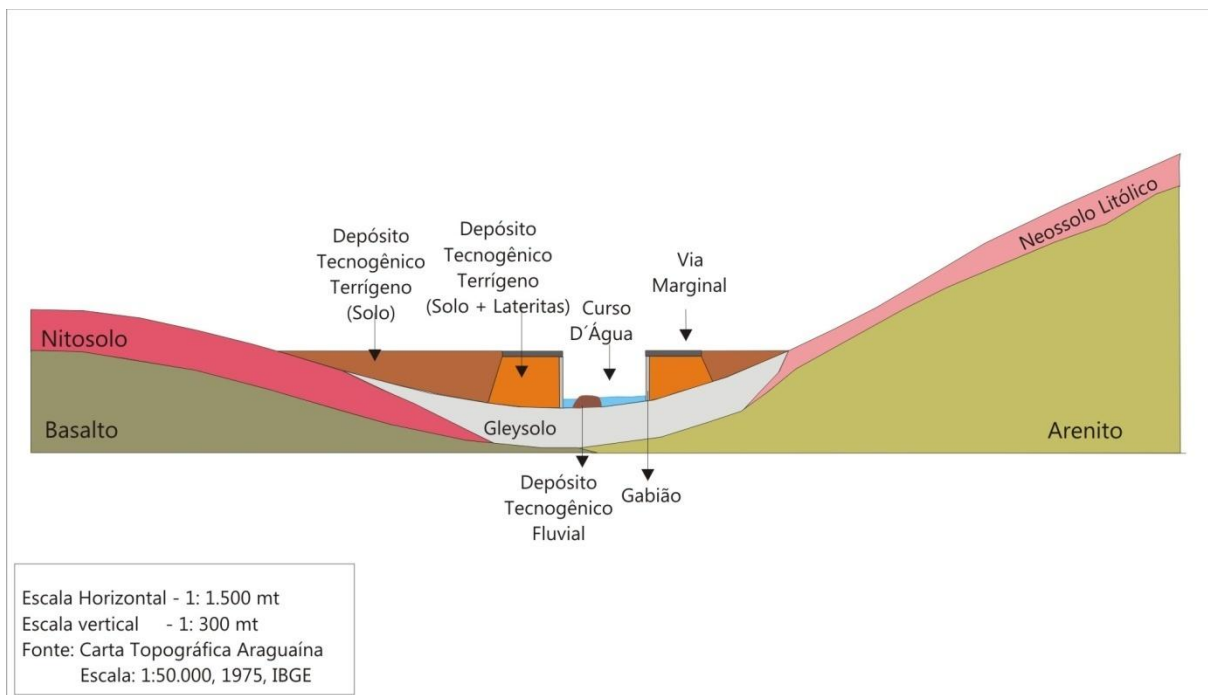
Figura 25 – Depósitos Tecnogênicos Terrígenos em Antiga Área de Várzea do Córrego Neblina



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

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

Figura 26 – Perfil Topográfico de Depósito Tecnogênico Fluvial no Córrego Neblina



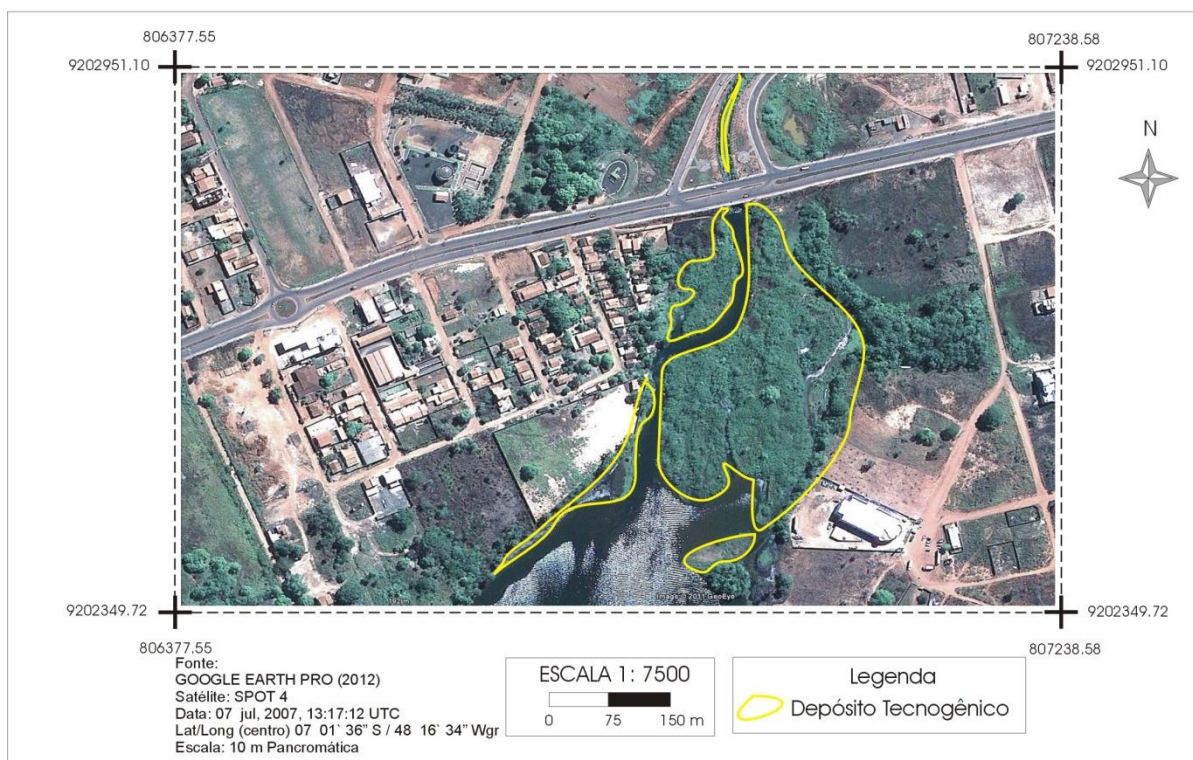
Autor: Machado, C. A. (2011)

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.

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. A natureza dos Neossolos quartzarênicos em toda extensão da bacia facilitam o carreamento de grande quantidade de sedimentos para os fundos de vale resultando no assoreamento.

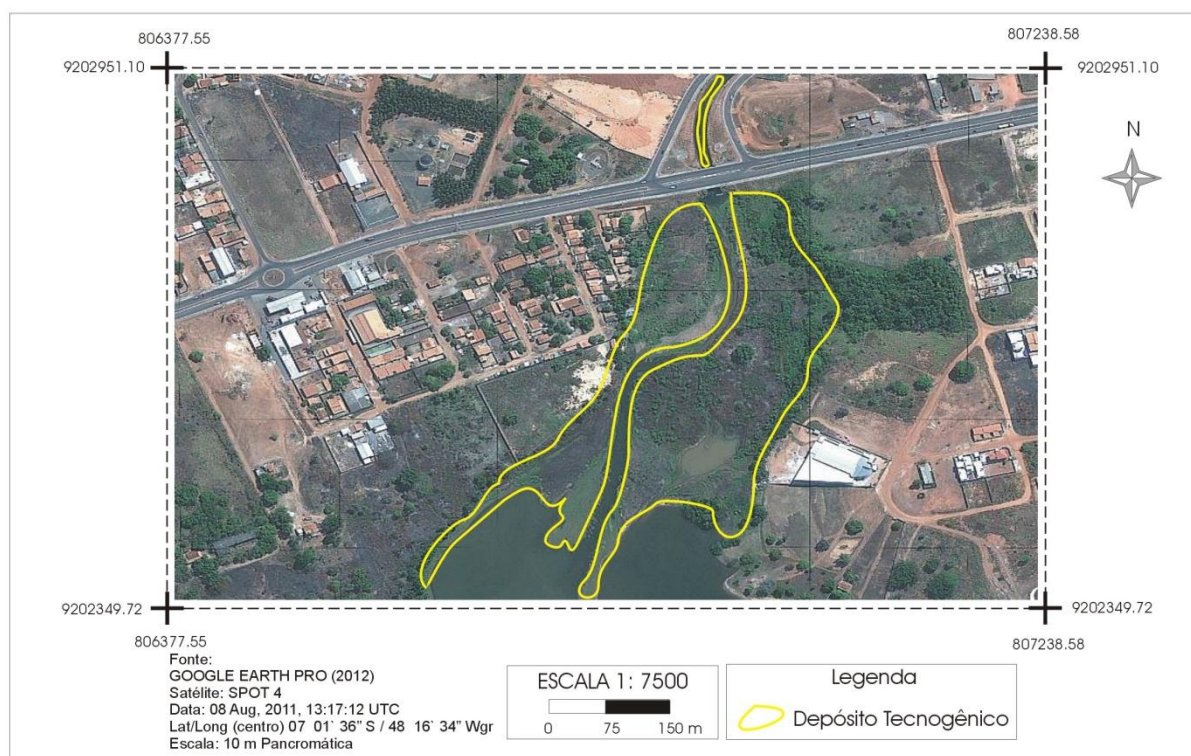
A existência de DTFT em ambientes fluviais resultante de assoreamento aumentou devido ao constante alagamento das planícies de inundação, principalmente após a elevação do nível de base pela construção da Represa Corujão, na década de 1970. Estes depósitos são compostos por camadas horizontais alternadas 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 27 e 28).

Figura 27 - Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina (2007)



Autor: Machado, C. A. (2012)

Figura 28 - Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina (2011)



Autor: Machado, C. A. (2012)

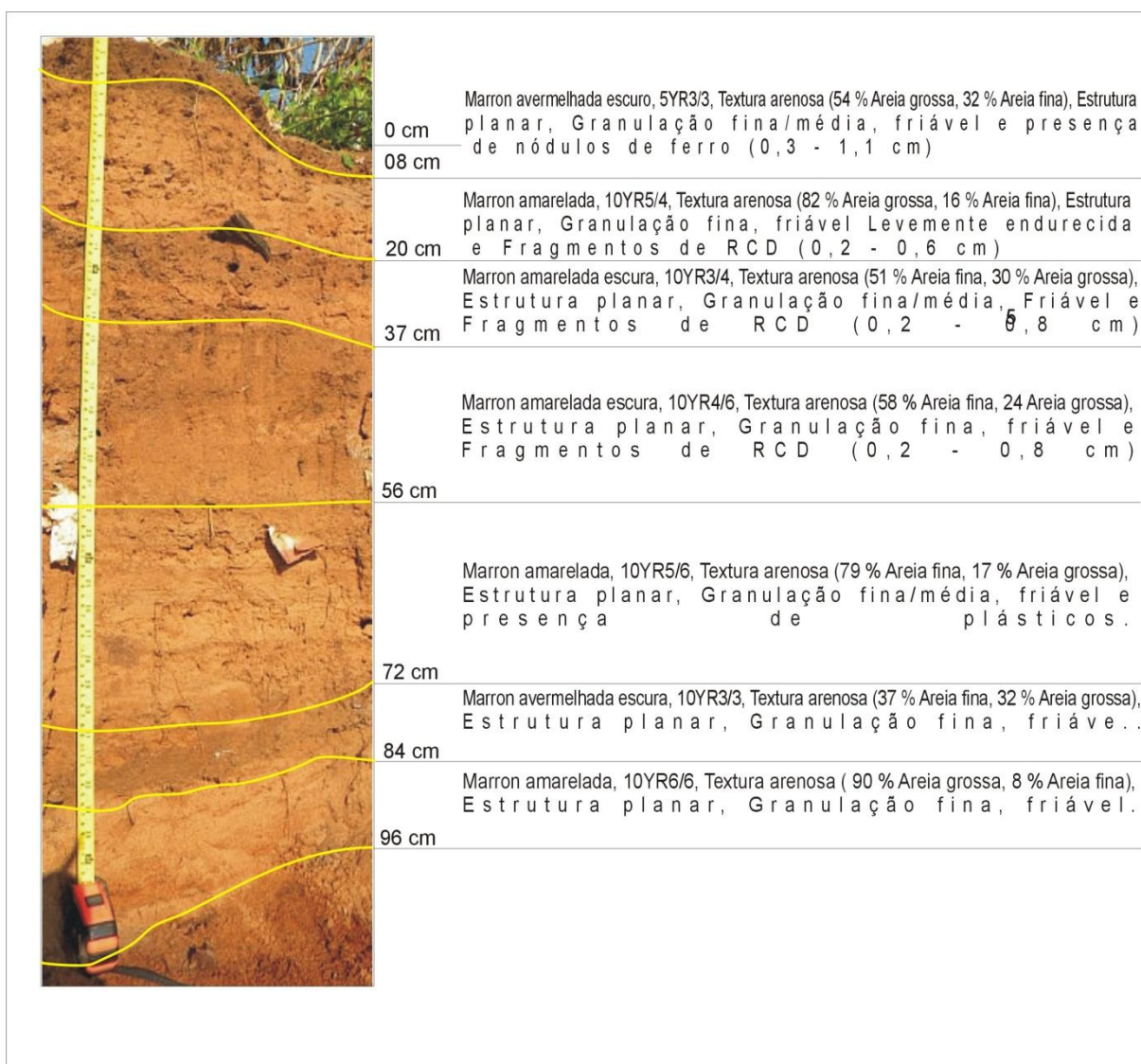
Em praticamente todos os cursos de água que cortam a malha urbana da cidade de Araguaína existem DT, em função do grande volume de sedimentos transportados pela água e a diversidade e dimensões de fragmentos dissolvidos e carregados de aterramentos nas nascentes, produzindo um mosaico de diferentes colorações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

O DT analisado na jusante do córrego Neblina possui uma área de 89.313 m², (vide Figura 29), e 42 cm de espessura média, exibindo inúmeras camadas com tons amarronzados, devido provavelmente aos diferentes teores de óxidos de ferro presentes nos sedimentos e oriundos de Neossolos Quartzarênicos e Nitossolos existentes na bacia hidrográfica.

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.

As sete camadas existentes nesta estrutura apresentam homogeneidade de fatores como a: cor marrom, textura arenosa, friabilidade 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.

Figura 29 – Perfil de Depósito Tecnogênico Fluvial Terrígeno, Córrego Neblina

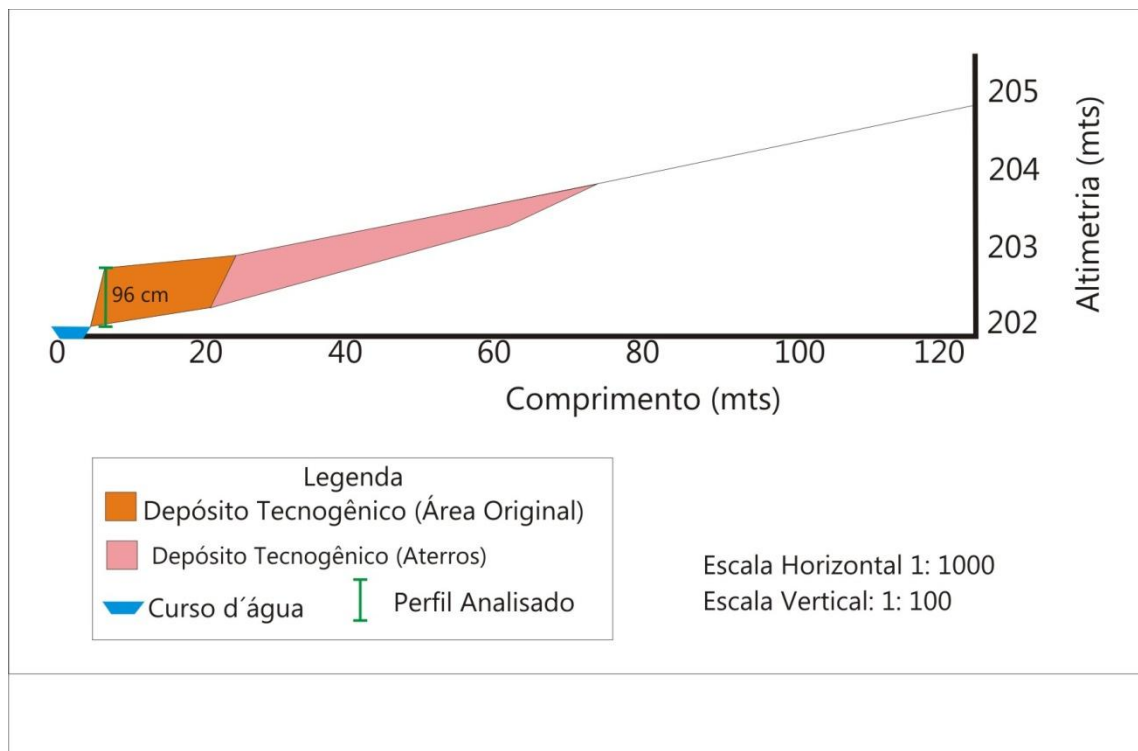


Coordenadas: 806894.25 E / 9202830.42 S / UTM Zone 22 S
Arte: Machado, C. A. (10/2011)

De acordo com o perfil topográfico (vide Figura 30), 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 30 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Córrego Neblina



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.

8.4.3 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 e a grande quantidade de sedimentos transportados pelos cursos de água que deságuam nesta represa. Por ser uma área receptora de grande quantidade de sedimentos e resíduos orgânicos dos cursos de água que deságuam na represa.

Os DTL apresentam na maior parte dos casos analisados 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 das encostas carregado pelo escoamento superficial das vertentes. Com o assoreamento acelerado e a diminuição da lâmina de água surgiram inúmeros depósitos em áreas centrais 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 é 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.

8.4.3.1 Depósitos Tecnogênicos Lagunares Terrígenos (DTLT)

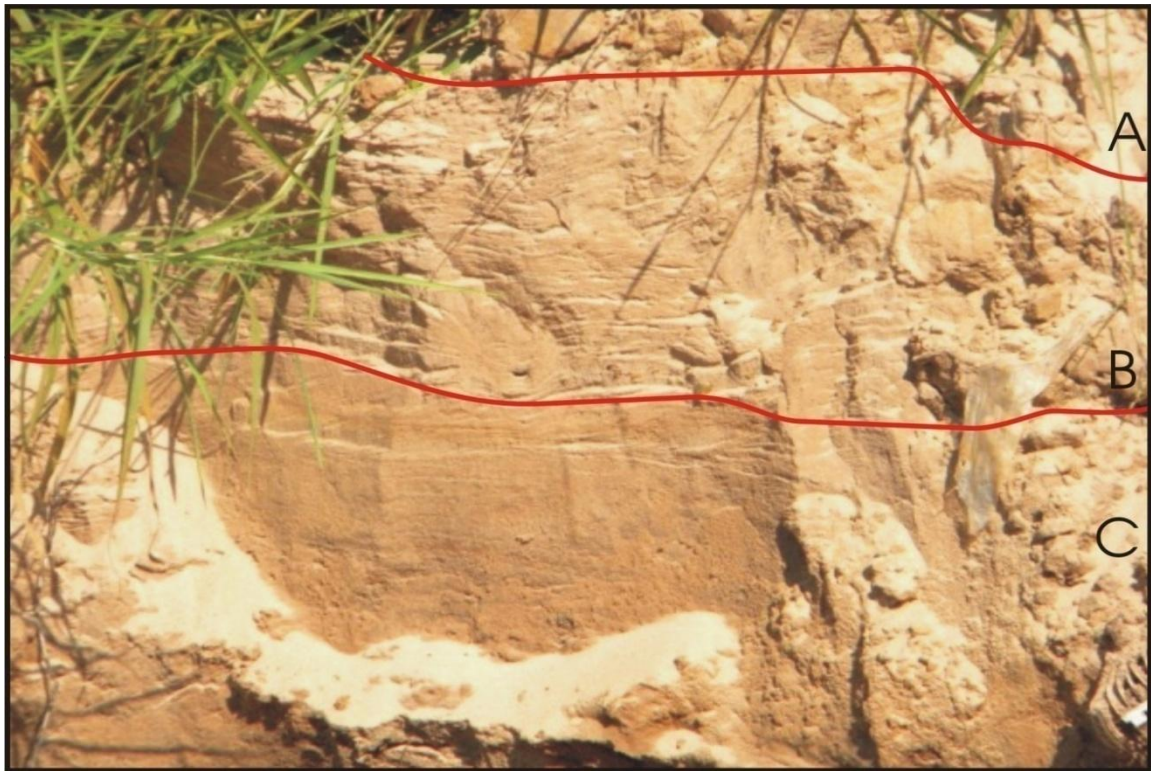
Em algumas áreas da represa, os sedimentos carregados das vertentes devido a intensa ocupação urbana em Neossolos Quartzarênicos somados aos sedimentos trazidos pelos cursos de água para as margens da represa formam extensas áreas de eutrofização e estabilização de bancos de areia com materiais tecnogênicos, diminuindo sensivelmente a área útil do reservatório (vide Figura 32).

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 trazem água e sedimentos.

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 31), apresentando predominância total de areia grossa (91 %) sobre areia fina (7 %), argila (1%), além de detritos, galhos e lixo segundo as análises realizadas. Na camada B, o percentual de areia grossa decai

para 63 % e areia fina aumenta para 34 % e argila 2 % e, por último, na camada C mantém-se a predominância da areia grossa com 76 % e 22 % de areia fina.

Figura 31 – Depósito Tecnogênico Lagunar com Materiais Terrígenos



Coordenadas: 809278.63 E / 9200846.68 S / UTM Zone 22 S
Foto: Machado, C. A. (06/2011)

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 32 - Depósitos Tecnogênicos Lagunares Terrígeno (A) e Orgânico (B)



Autor: Machado, C. A. (2012)

8.4.3.2 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.

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.

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 do intenso assoreamento do espelho e de uma enorme variedade de materiais tecnogênicos como pode ser verificado na Figura 33.

Figura 33 – Lago Assoreado e Preenchido com Materiais Tecnogênicos



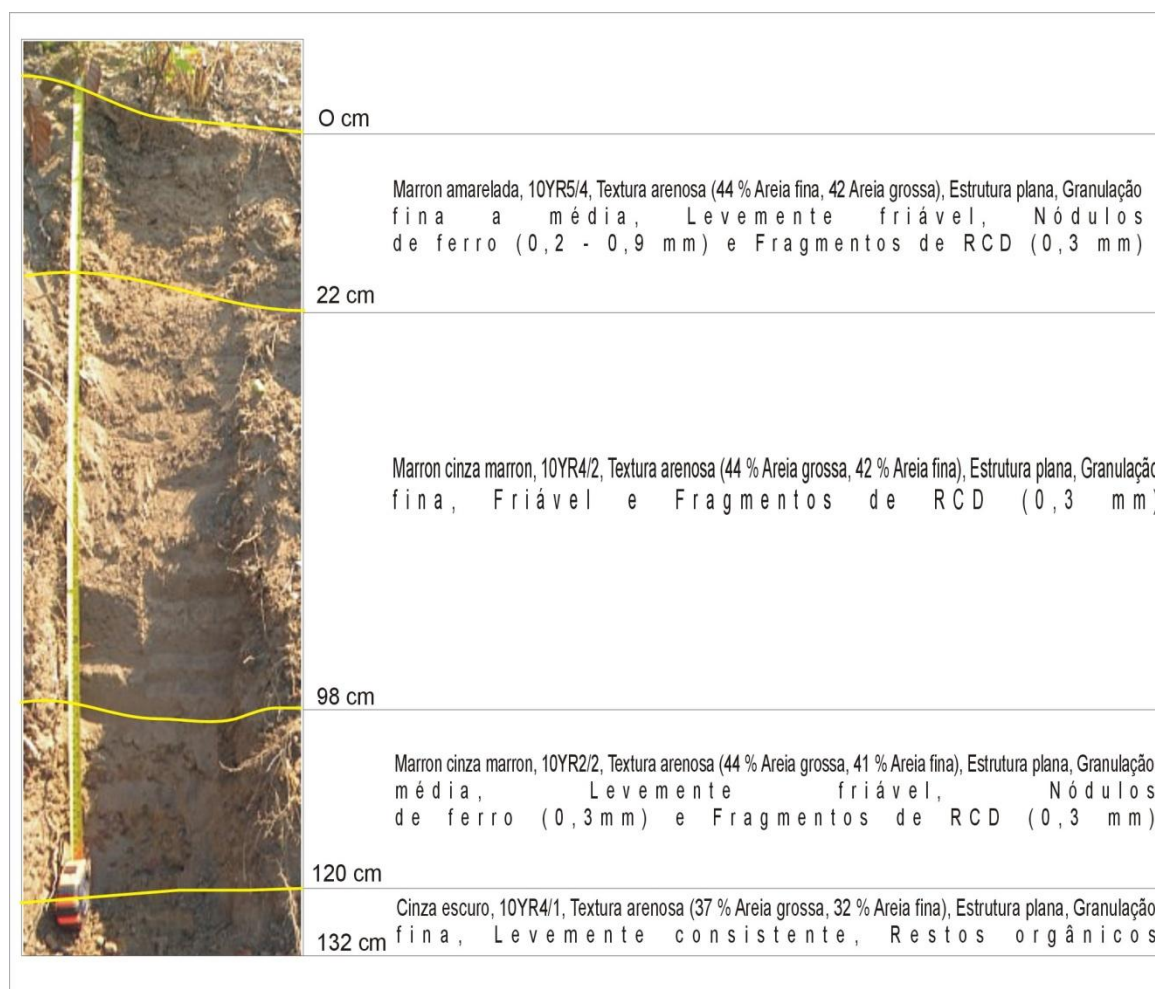
Coordenadas: 809177.49 E / 9200844.75 S / UTM Zone 22 S
Foto: Machado, C. A. (02/2012)

O perfil do DTLI analisado (vide Figura 34) 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.

Logo abaixo, 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.

Figura 34 – Perfil de Depósito Tecnogênico Lagunar Inorgânico, Represa Corujão



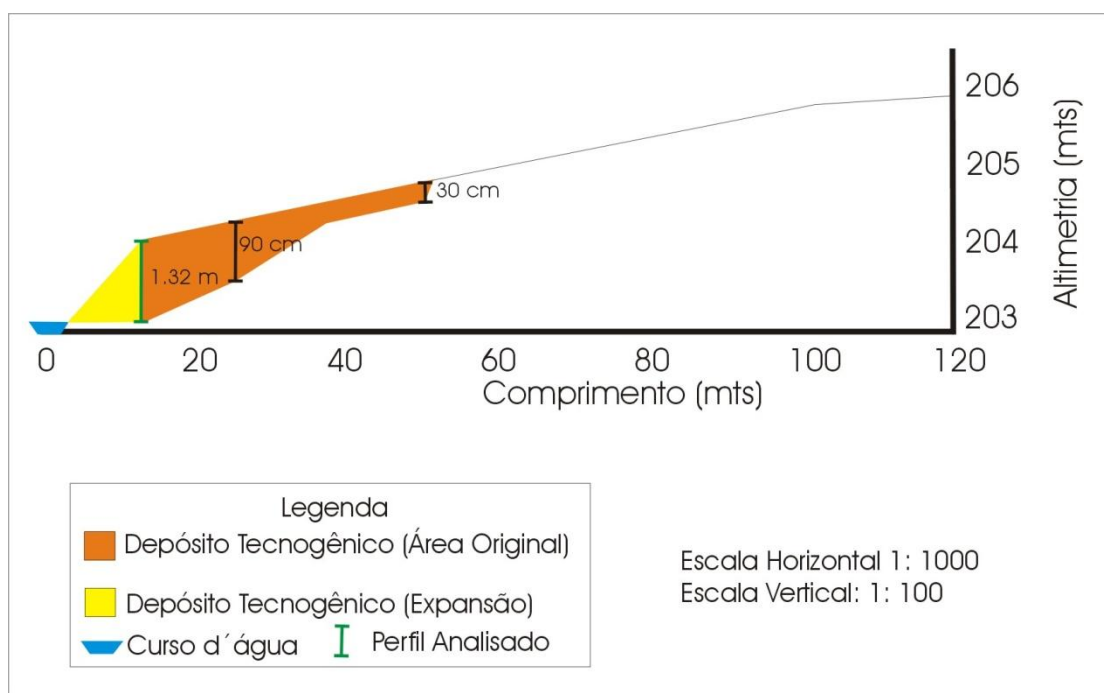
Coordenadas: 809146.15 E / 9200976.79 S / UTM Zone 22 S

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

As profundidades neste perfil topográfico variam de 30 cm a 1.32 metros, (vide Figura 35), 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 35 – Perfil Transversal de Depósito Tecnogênico, Represa Corujão



Autor: Machado, C. A. (2012)

9. ALTERNATIVAS AOS IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS RESULTANTES DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS

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 principalmente por falta de interesse por parte das administrações públicas. Ressalta-se que a falta de conscientização da população que costumeiramente descarta resíduos em lotes e erosões.

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

Os DT mais antigos da cidade de Araguaína apresentam uma decomposição avançada dos materiais e com formação de crostas, principalmente nos que contém 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 Araguaína 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.

Inúmeras áreas com DT em Araguaína representam entraves ao crescimento urbano e perdas econômicas com a não ocupação destes espaços 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 e que apresentam dificuldades para construção de moradias abrem-se espaços para o assentamento de famílias, bem como a valorização imobiliária do local.

Apenas em três áreas existem depósitos de grande porte e com moradias sob estes, tornando inviável a retirada do material, 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 fitorremediação **que** podem ser aproveitadas para fins de lazer.

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 da cidade de Araguaína para os principais depósitos foram apontadas possíveis medidas na Tabela 03 , levando em consideração em primeiro lugar o tamanho, em segundo o tipo de material e o custo envolvido para a medida principal e secundária.

Deve-se ressaltar que a maior parte dos DT localizados em trabalhos de campo possui dimensões menores que 500 m² e de pouca profundidade, apresentando pouco volume e baixo custo para retirada pelos proprietários de lotes particulares e em áreas públicas pela Prefeitura Municipal. Infelizmente, inexistente a fiscalização e penalização por parte do poder municipal, sendo visível a proliferação de DT na área urbana de Araguaína.

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.

Como exemplo de regeneração de ambientes tecnogênicos cita-se a área do médio curso do córrego Cará, onde o material foi estabilizado por uma vegetação exótica adaptada às condições locais e encontra-se em processo de decomposição.

Tabela 03 – Tipos de Medidas para Recuperação de Depósitos Tecnogênicos

Depósitos Terrestres	Área (m²)	Tipo de Medida	
Inorgânicos		<i>Medida Principal</i>	<i>Medida Secundária</i>
Jardim das Flores (Estrada Córrego Xupé)	28.710	Remoção e Descarte (Aterro de RCD)	Isolamento e Revegetação
Bairro Sta Teresinha (Cabeceira Cór. Cará)	3.634	Remoção e Descarte (Aterro de RCD)	Isolamento e Revegetação
Bairro S. João (Cabeceira Cór. da Bica)	1.312	Remoção e Descarte (Aterro de RCD)	Isolamento e Revegetação
Bairro Cimba (Cabeceira Córrego Cimba)	5.211	Remoção de Moradias	Remoção e Descarte (Aterro de RCD)
Setor Tecnorte (Próximo ao ITPAC)	5.823	Remoção e Reciclagem dos RCD	Isolamento e Revegetação
Orgânicos			
Jardim das Flores (Centro Recreativo)	19.054	Remoção e Descarte (Aterro Sanitário)	Isolamento e Revegetação
Bairro Raizal (Próximo ao SESC)	14.526	Remoção e Descarte (Aterro Sanitário)	Isolamento e Revegetação
Bairro Cimba (Cabeceira Córrego Cimba)	4.296	Remoção e Descarte (Aterro Sanitário)	Isolamento e Revegetação
Terrígenos			
Médio Curso/Fundos do SESI	4.420	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Depósitos Fluviais			
Inorgânicos			
Alto curso Córrego Cimba	4.401	Remoção e Descarte (Aterro de RCD)	Isolamento e Revegetação
Alto Curso Córrego Cará	3.634	Remoção de Moradias	Remoção e Descarte (Aterro de RCD)
Bairro S. João (Cabeceira Cór. da Bica)	3.274	Remoção e Descarte (Aterro de RCD)	Isolamento e Revegetação
Bairro S. João (Cabeceira Cór. B. Funda)	3.979	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Orgânicos			
Médio Curso Córrego Cimba	4.296	Remoção e Descarte (Aterro Sanitário)	Isolamento e Revegetação
Terrígenos			
Bairro Raizal (Médio Curso Cór. Raizal)	16.855	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Centro (Próximo Chácara Murad)	8.761	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Alto Curso Córrego Baixa Funda	4.697	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Médio Curso Córrego Baixa Funda	2.327	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Baixo Curso Córrego Baixa Funda	8.427	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Médio Curso Córrego Neblina	11.007	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Jusante Córrego Neblina	138.940	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Depósitos Lagunares	Área		
Inorgânicos			
Jd. Paulista (Margens Represa Corujão)	2.150	Remoção e Descarte (Aterro de RCD)	Isolamento e Revegetação
Orgânicos			
Centro da Represa Corujão (Jd. Paulista)	93.018	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Confluência Rio Lontra e Jacuba	36.890	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Centro da Represa Corujão (Céu Azul)	44.874	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
Terrígenos			
Jardim Paulista (Margens Lago Azul)	15.081	Isolamento e Revegetação	Atenuação Natural
	489.547		

Organização: Machado, C. A. (2012)

Geralmente, os DT tornam-se impermeáveis com a compactação, mas no caso específico desta área, a ação mecânica em função do aprofundamento e crescimento das raízes facilita a entrada da água.

Um dos problemas mais sérios a serem resolvidos pela administração municipal diz respeito à fragilidade em relação à erosão dos Neossolos Quartzarênicos e Latossolos Amarelos existentes na área urbana de Araguaína. A grande quantidade de ravinas e voçorocas 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.

A retirada de materiais tecnógenos para a destinação em áreas adequadas como os aterros de resíduos sólidos ou o reaproveitamento dos resíduos da construção civil/ doméstico resolveria parte do descarte ilegal e esta medida seria viável para cerca de 12 depósitos em função de serem áreas pequenas e com pouco volume de materiais sem custos elevados para tal operação.

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).

10. 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.

Os DT mais antigos da cidade de Araguaína presentes nas Unidades Ambientais I e II apresentam uma decomposição avançada dos materiais, principalmente com maior parte de materiais orgânicos.

Os depósitos onde predominam os materiais inorgânicos apresentam a formação de crostas endurecidas resultante da dissolução de resíduos da construção que dificultam a infiltração das águas. Devido à decomposição, o material sofreu uma acomodação proporcionando maior estabilidade contra a ação das águas pluviais, principalmente em áreas mais planas. Os DT analisados na Unidade Ambiental III, onde há predominância de solos argilosos são de pequenas

dimensões ($< 100 \text{ m}^2$) e de pouca profundidade, sendo a retirada e recuperação da área facilitada.

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. Na cidade de Araguaína, os DT apresentam enorme dificuldade de tratamento devido à grande variedade de materiais e a presença de moradias. As altas pluviosidades e forte fluxo superficial da região Amazônica tornam os DT muito instáveis e sujeitos a deslizamentos e afundamentos, mesmo em inclinações suaves, devido à rápida decomposição da fração orgânica.

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.

No caso dos DT da cidade de Araguaína, apesar das baixas inclinações com variação de 3 a 9 % na maior parte da área, a granulometria arenosa dos solos circundantes e materiais tecnogênicos na maior parte de dimensões diminutas (0 – 5 cm) facilitam o deslocamento vertente abaixo em épocas de elevadas pluviosidades, expandindo a área original do depósito.

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.

A cidade de Araguaína nos últimos 5 anos verificou uma expansão acentuada de loteamentos, os quais foram rapidamente ocupados por moradias com sua construção estimulada pela política do governo federal atual de casas próprias. Alguns loteamentos tiveram sua aprovação anterior à aprovação do Plano Diretor em 2005 e deste modo não foram obrigados a dotar estas áreas de infraestrutura básica como, por exemplo, o asfaltamento, rede de esgoto e drenagem das águas pluviais e evidentemente causando inúmeros impactos ambientais.

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.

11. 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>. Acessado em 10/02/2012.

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

CURSIO, G. R. ; LIMA, V. C. ; GIAROLA, N. F. B. **Antropossolos: Proposta de Ordem (1ª aproximação)**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2004.

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 Encuentro de Geógrafos de América Latina, 2009, Montevideo. Anales del 12 Encuentro de Geógrafos de América Latina. , 2009. Disponível em 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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 2006.

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 em http://reserach.iar.uaf.edu/icop2003permafrost/pdf/chapter_055pdf. Acessado em 20/10/2009.

GUPTA, A. **Geoindicators 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.

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. ; 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 all (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, Rio Grande do Sul, Brasil.** In: Revista Bibliográfica de Geografia 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.

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

TER-STEPANIAN, G. **The Beginning of Technogene.** In: Bulletin of International Association of Engineering Geology, nº 38, 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.

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

Websites

www.biodigital.pt / acessado em 03/03/2011

www.bu.ufsc.br/cac/reciclagem.pdf/ acessado em 03/03/2011

www.cetesb.sp.gov.br/ acessado em 03/03/2011

www.ebah.com.br/ acessado em 03/03/2011

www.inca.gov.br/ acessado em 03/03/2011

www.reciclagem.pcc.usp.br/ acessado em 03/03/2011