

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

Bartira Araújo da Silva Viana

**CARACTERIZAÇÃO ESTRATIGRÁFICA, QUÍMICA E
MINERALÓGICA DO MASSARÁ E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS
ASSOCIADOS A SUA EXPLORAÇÃO EM TERESINA, PI, BRASIL**

Belo Horizonte - MG

2013

BARTIRA ARAÚJO DA SILVA VIANA

**CARACTERIZAÇÃO ESTRATIGRÁFICA, QUÍMICA E
MINERALÓGICA DO MASSARÁ E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS
ASSOCIADOS A SUA EXPLORAÇÃO EM TERESINA, PI, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira

Belo Horizonte - MG

2013

V614c Viana, Bartira Araújo da Silva.
2013 Caracterização estratigráfica, química e mineralógica do massará e conflitos socioambientais associados a sua exploração em Teresina, PI, Brasil [manuscrito] / Bartira Araújo da Silva Viana. – 2013.
212 f. : il. (color.).

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2013.

Área de concentração: Análise ambiental.

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira.

Bibliografia: f. 195-209.

Inclui apêndices.

1. Bacias sedimentares – Teses. 2. Construção civil – Teses. 3. Teresina (PI) – Teses. I. Oliveira, Cristiane Valéria de. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 624.131.3

Catálogo na fonte: Biblioteca do IGC / UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



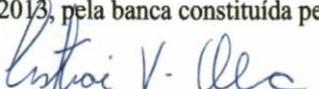
FOLHA DE APROVAÇÃO

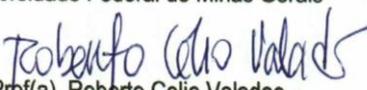
CARACTERIZAÇÃO ESTRATIGRÁFICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DO MASSARÁ E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS A SUA EXPLORAÇÃO EM TERESINA, PI, BRASIL

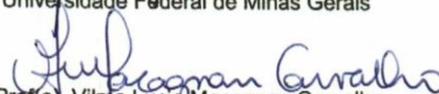
BARTIRA ARAUJO DA SILVA VIANA

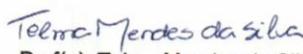
Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Doutor em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

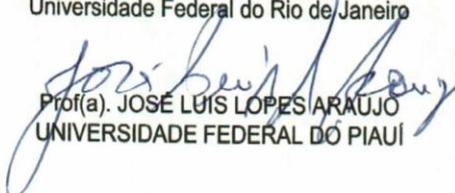
Aprovada em 22 de maio de 2013, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Cristiane Valeria de Oliveira - Orientador
Universidade Federal de Minas Gerais


Prof(a). Roberto Celio Valadao
Universidade Federal de Minas Gerais


Prof(a). Vilma Lucia Macagnan Carvalho
Universidade Federal de Minas Gerais


Prof(a). Telma Mendes da Silva
Universidade Federal do Rio de Janeiro


Prof(a). JOSÉ LUIS LOPES ARAUJO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

Belo Horizonte, 22 de abril de 2013.

Ao meu esposo, Sergio Carlos e à minha filha, Karla Maria, pelo amor, paciência e compreensão. Aos meus familiares, pelo apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por iluminar todos os dias da minha vida.

Aos meus familiares, Sérgio Carlos (esposo) e Karla Maria (filha), aos pais (Edésio e Lindalva), aos irmãos (Radamés, Minéa e Edésio), a sogra e sogro (Domingas e Antonio), aos avós (Rosa, Manoel e Constância, *in memória*), avô Paulino, tios, tias (Leonor, *in memória*), primos e primas, afilhados, Afonsina (comadre) e Doó (comadre), pela confiança e apoio em todos os momentos da minha vida.

À orientadora Prof. Dr^a. Cristiane Valéria de Oliveira, pela competência, sabedoria, e por colaborar para realização do meu sonho de ser doutora em Geografia.

Ao Magnífico Reitor da Universidade Federal do Piauí, Arimatéia Dantas e à Vice-Reitora Nadir Nogueira, ao ex-Reitor Luiz de S. Santos Júnior, à Chefe de Gabinete Carminda Fonseca e ao ex-Diretor do CCCHL e atual Pró-Reitor de Pesquisa, Pedro Vilarinho, ao Pró-Reitor de Pós-Graduação Helder Nunes e ao ex-Pró-Reitor Saulo Brandão, e a Coordenadora da CGPG Roseli Farias, ao Diretor do CCHL Nelson Juliano pelo incentivo e apoio.

Aos coordenadores do Programa de Pós-graduação em Geografia, Projeto de Doutorado Interinstitucional (DINTER), da UFMG (Antonio Magalhães e André Salgado) e da UFPI (José Luis L. Araújo).

Aos técnicos do laboratório de Geomorfologia do IGC, Nívea, Bruno e Ricardo, pelo auxílio na produção das análises das amostras de sedimentos.

À funcionária do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia do IGC, Maria Paula Borges pela presteza do atendimento na secretaria.

Aos professores do IGC (Sergio Martins, Heloísa, Geraldo, Cristina, Bernardo e André), em especial aos professores Roberto Valadão e Vilma Carvalho, pelos conhecimentos repassados, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas do DINTER (Wilson, Aderson, Nícia, Majaci e Djalma). Em especial, ao professor Mota Junior - *in memória* e à professora Iracilde Lima e José Luís pela sabedoria e compartilhamento dos conhecimentos, sempre incentivando e apoiando nos momentos difíceis do doutorado.

Aos colegas professores e funcionários do DGH (Nascimento, Mário Ângelo, Veloso, Teresa Cristina, Teresinha, Verônica, Edwar, Maryneves, Elizângela, Fernando, Elzimar, Evangeline, Melo, Ricardo, Socorro Rangel, Virgínia, Jesus, e outros) pelo apoio e incentivo. Em especial aos professores Gustavo Valladares, Cláudia Sabóia

e Antonio C. Façanha pelo compartilhamento de conhecimentos e experiências que contribuíram para enriquecimento do trabalho, ao Vice-diretor do CCHL, Carlos Sait, ao Coordenador de Geografia Raimundo Lenilde e à Mugiany Portela pela ajuda, amizade e compreensão.

À coordenadora Geral do Parfor, Gloria Ferro e, ex-coordenadora Adjunta Luciana Nobre, ao atual Adjunto, professor José Ribamar Batista, por compreender minhas ausências e compartilhar minhas angústias.

Aos coordenadores de curso do Parfor pelo companheirismo e amizade, especialmente à Aldora, Junia, Selma, Belina, Vânia, Evaldo, Maurisan, Elnora, Divina, Aldora, Célio, Melo e Gardene.

Aos tecnólogos em Geoprocessamento (IFPI) e graduados em Geografia (UFPI), Carla Iamara de Passos, Paulo Henrique e Marco Aurélio da Silva Lira Filho, e Felipe Monteiro, tecnólogo em Geoprocessamento (IFPI) e graduado em Arquitetura (UFPI), pela paciência e competência no geoprocessamento dos mapas e figuras do trabalho.

À Liriane Barbosa, graduada na UFPI e mestranda em Geografia na UNESP, pelas contribuições científicas, apoio e amizade.

À família Saviniana, aos colegas da UESPI e do IFPI, por compartilhar, mesmo à distância, momentos de alegria e ansiedade na elaboração desse trabalho.

Aos alunos da UFPI e ex-alunos da UESPI, CSCJ, IDB, São José e demais alunos que sempre acreditaram no meu trabalho.

Aos representantes das instituições (CPRM, PMT, DNPM, SDR, CREA, e Associação dos Dragueiros), com destaque para o chefe de residência da CPRM/Teresina, Francisco das Chagas Lages Correia Filho, pela importante colaboração na pesquisa.

Ao senhor Walter Brito (geólogo da CTDN) por ter contribuído com as análises químicas e mineralógicas da pesquisa.

Aos ex-bolsistas de Iniciação Científica Voluntária da UFPI (Carla Iamara, Helenildo, Joanne, Léa, Laís, Maria da Cruz, Renan, Sabrina, Everson, Liriane, Lucineide e Francei) pela busca compartilhada de conhecimentos sobre a atividade mineral e a cidade de Teresina.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboram para a realização do meu sonho e da minha realização profissional.

Uma nova forma de civilização,
fundamentada no aproveitamento
sustentável dos recursos naturais, não é
apenas possível, mas essencial.

M. S. Swaminathan

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1	Perfil esquemático de vale fluvial: em destaque planícies e terraços fluviais	25
Figura 2	Imagem com estratigrafia da planície flúvio-lacustre da Zona Norte de Teresina – Piauí	28
Figura 3	Mapa dos limites geológicos da Bacia do Parnaíba	30
Figura 4	Mapa de localização da bacia do Parnaíba na região meio-norte do Brasil, com indicação dos principais lineamentos estruturais que limitam suas margens.	31
Figura 5	Coluna estratigráfica do ciclo médio bacia Sedimentar do Parnaíba	32
Figura 6	Seção geológica esquemática da Bacia do Parnaíba	35
Figura 7	Classes texturais do solo e valores dos limites entre as frações granulométricas	39
Figura 8	Fotografia do Quartzo, mineral formador de rochas	41
Figura 9	Estrutura cristalográfica da caulinita	45
Figura 10	Mapa de localização da zona urbana de Teresina no Piauí e Brasil	60
Figura 11	Imagem de satélite destacando zona urbana e rede de drenagem de Teresina-Piauí	62
Figura 12	Localização das sub-bacias do rio Parnaíba	63
Figura 13	Fotografias em mosaico mostrando rede de drenagem de Teresina-Piauí	64
Figura 14	Mapa geológico do município de Teresina-Piauí	66
Figura 15	Imagem de satélite mostrando antigos canais da planície aluvionar da barra do Poti	67
Figura 16	Fotografia das lagoas da Zona Norte de Teresina-Piauí	67
Figura 17	Perfis topográficos transversais dos rios Parnaíba e Poti	68
Figura 18	Fotografia da lagoa Mazerine, bairro Nova Brasília, Zona Norte de Teresina-Piauí	69
Figura 19	Imagem SRTM destacando a zona urbana de Teresina-Piauí	71
Figura 20	Fotografia da Floresta subcaducifolia mesclada de babaçu em Teresina-Piauí	74
Figura 21	Fotografia mostrando ocupação na foz do rio Poti no rio Parnaíba, destacando a Zona Norte de Teresina-Piauí em períodos de cheia dos rios	76
Figura 22	Mapa localizando bairros de Teresina-Piauí e a atividade extrativa mineral	95
Figura 23	Mapa de unidades do relevo e atividades minerais de Teresina-Piauí	104
Figura 24	Mapa de hipsometria e atividade mineral de Teresina-Piauí	105
Figura 25	Fotografias de vista panorâmica de área extrativa de massará/seixos no bairro São Lourenço, Zona Sul de Teresina-PI	106
Figura 26	Fotografias que mostram a estratificação das camadas onde é encontrado o massará no Bairro Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	106
Figura 27	Perfil estratigráfico dos níveis deposicionais de coberturas superficiais, destacando camadas de massará no bairro Santo Antônio/ Bela Vista, na Zona Sul de Teresina-PI	108
Figura 28	Fotografia mostrando o massará e os seixos de quartzo presentes no perfil estratigráfico 1, localizado no Bairro Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	108
Figura 29	Fotografia mostrando cascalheira no perfil estratigráfico 1, localizado	

	no Bairro Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	109
Figura 30	Perfil estratigráfico dos níveis deposicionais de coberturas superficiais, destacando camadas de massará no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), na Zona Norte de Teresina-PI.	110
Figura 31	Imagem de satélite adaptada, mostrando o perfil topográfico do vale do rio Poti e localizando o perfil estratigráfico 1 (Bela Vista/Santo Antônio), na Zona Sul de Teresina-Piauí	113
Figura 32	Imagem de satélite adaptada mostrando o perfil topográfico do vale do rio Parnaíba e localizando o perfil estratigráfico 2 (barro Santa Maria da Codipi), na Zona Norte de Teresina-Piauí	113
Figura 33	Agrupamento das amostras da fração argila das camadas de sedimentos pela análise dos Componentes Principais (PCA), referentes ao Perfil estratigráfico 1 (Zona Sul) e do Perfil 2 (Zona Norte) de Teresina-Piauí	127
Figura 34	Agrupamento das amostras da fração argila das camadas de sedimentos pela análise dos Componentes Principais (PCA), destacando as variáveis referentes ao Perfil estratigráfico 1 (Zona Sul) e do Perfil 2 (Zona Norte) de Teresina-Piauí	128
Figura 35	Mapa localizando bairros de ocorrência e extração mineral em Teresina-Piauí	131
Figura 36	Imagem de satélite com localização de área extrativa de massára/seixos nos bairros Bela Vista / Santo Antônio (Perfil estratigráfico 1), Zona Sul de Teresina-Piauí	133
Figura 37	Fotografia em mosaico de áreas onde não ocorre mais a atividade extrativa mineral de massará/seixos em Teresina-Piauí	133
Figura 38	Imagem de satélite com localização de área extrativa de massára/seixos no bairro Santa Maria da codipi, Conjunto Monte Verde (Perfil estratigráfico 2), Zona Norte de Teresina-Piauí	135
Figura 39	Fotografia em mosaico mostrando ocorrência de seixos/massará em Teresina-Piauí	136
Figura 40	Fotografias em mosaico mostrando método de extração e transporte de massará/seixos nas Zonas Norte e Sul de Teresina-Piauí	137
Figura 41	Fotografias em mosaico mostrando local de separação dos seixos da matriz massará nos bairros Catarina (Zona Sul) e Pedra Mole (Zona Leste) de Teresina-Piauí	138
Figura 42	Fotografias em mosaico mostrando estrutura de extração e separação da massará/seixos na franja urbana norte de Teresina-Piauí (Povoado Gurupá).	139
Figura 43	Fotografias em mosaico mostrando estrutura de extração e separação da massará/seixos na franja urbana sul de Teresina-Piauí (Povoado Remanso)	140
Figura 44	Fotografias em mosaico mostrando danos ambientais no bairro Aroeiras, Zona Norte de Teresina-Piauí	145
Figura 45	Fotografias em mosaico mostrando danos ambientais nas proximidades dos bairros Mocambinho, Pedra Mole e Aroeiras, Zona Norte de Teresina-Piauí	146
Figura 46	Imagem de satélite adaptada e mosaico de fotografias com localização das lagoas da Zona Norte de Teresina	150
Figura 47	Fotografias em mosaico mostrando a qualificação urbana e ambiental implementadas pelo Projeto Lagoas do Norte, em Teresina-Piauí	152
Figura 48	Fotografia em mosaico de área extrativa de massará desativada no bairro Santa Maria da Codipi, Zona Norte de Teresina-Piauí	154

Figura 49	Fotografias em mosaico mostrando "rastros" de degradação e dano ambiental no bairro Piçarreira, na Zona Leste de Teresina-Piauí	156
Figura 50	Fotografia em mosaico mostrando área extrativa de massará/seixos extinta e abandonada na franja urbana sul de Teresina-Piauí	160
Figura 51	Mapa de Vetores de Tendência de Crescimento de Teresina-Piauí	163
Figura 52	Mapa de Uso e Ocupação do solo de Teresina – Piauí em 1985	164
Figura 53	Mapa de Uso e Ocupação do solo de Teresina – Piauí em 2010	165
Figura 54	Mapa de Evolução da mancha de ocupação urbana de Teresina-Piauí entre 1800 - 2000	166
Figura 55	Mapa de Litologia, Coberturas Superficiais e Atividade Mineral de Teresina-Piauí	167
Figura 56	Fotografia mostrando crescimento vertical da Zona Centro de Teresina-Piauí, com predomínio de prédios comerciais, 1999	171
Figura 57	Mapa de vilas e favelas e a atividade mineral em Teresina-Piauí	175
Figura 58	Imagem do traçado do Projeto do Rodoanel em Teresina-Piauí	177
Figura 59	Fotografia mostrando a verticalização dos bairros Ilhotas e Frei Serafim, Zona Centro de Teresina-Piauí	178
Figura 60	Fotografia de vista panorâmica da Zona Leste de Teresina-Piauí	179
Figura 61	Fotografias do conjunto habitacional Jacinta Andrade, bairro Santa Maria Codipi, Zona Norte de Teresina-Piauí.	180
Figura 62	Mapa dos empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida e a atividade mineral em Teresina-Piauí	183

GRÁFICOS

Gráfico 1	Valores médios mensais da temperatura máxima do ar, referentes a 2007 e ao período de 1980 a 2006. Teresina-Piauí	72
Gráfico 2	Valores médios mensais da temperatura mínima do ar, referentes a 2007 e ao período de 1980 a 2006. Teresina-Piauí	73
Gráfico 3	Participação das atividades econômicas no Valor Adicionado Bruto a preço de mercado corrente do Brasil, Piauí e Teresina-Piauí em 2007	86
Gráfico 4	Análise granulométrica das amostras coletadas em diferentes camadas do perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	111
Gráfico 5	Análise granulométrica das amostras coletadas em diferentes camadas do perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí	111
Gráfico 6	Teores de SiO ₂ na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	115
Gráfico 7	Teores de Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ e Na ₂ O, na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	116
Gráfico 8	Teores de SO ₃ , K ₂ O, CaO, TiO ₂ , BaO e P ₂ O ₅ , na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	116
Gráfico 9	Teores de SiO ₂ na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no bairro Monte Verde (Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí	117
Gráfico 10	Teores de Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ e Na ₂ O, na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí	118
Gráfico 11	Teores de SO ₃ , K ₂ O, CaO, TiO ₂ , BaO e P ₂ O ₅ , na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto	

	Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí	119
Gráfico 12	Teores de Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 e Na_2O , na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	123
Gráfico 13	Teores de Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 e Na_2O , na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.	124
Gráfico 14	Teores de MgO , SO_3 , K_2O , TiO_2 , Cr_2O_3 e BaO , na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.	124
Gráfico 15	Teores de MgO , SO_3 , K_2O , TiO_2 , Cr_2O_3 e BaO , na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.	125

QUADROS

Quadro 1	Coluna litoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Parnaíba	33
Quadro 2	Limites convencionais das frações granulométricas	40
Quadro 3	Propriedades das classes granulométricas dos constituintes minerais	42
Quadro 4	Critérios de tipificação dos impactos da atividade mineral de massará e seixos em Teresina - Piauí	100
Quadro 5	Lista de impactos potenciais sobre o meio biológico	101
Quadro 6	Lista de impactos potenciais sobre o meio físico	101
Quadro 7	Lista de impactos potenciais sobre a socioeconomia	102
Quadro 8	Minerais detectados na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	114
Quadro 9	Minerais detectados na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí	118
Quadro 10	Minerais detectados na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí	120
Quadro 11	Minerais detectados na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí	122
Quadro 12	Matriz Amostras x Variáveis representativas das amostras da fração argila das coletadas nos perfis estratigráficos 1 e 2, localizados nas Zonas Sul e Norte de Teresina-Piauí	126
Quadro 13	Autovalores e % da variação pela análise dos componentes principais para as amostras da fração argila das camadas de sedimentos referentes ao Perfil estratigráfico 1 (Zona Sul) e do Perfil 2 (Zona Norte) de Teresina-PI	126
Quadro 14	Descrição dos principais usos dos bens minerais presentes em Teresina	130
Quadro 15	Impactos potenciais sobre o meio biológico e sobre o meio físico de Teresina - Piauí	142
Quadro 16	Impactos potenciais sobre a socioeconomia de Teresina - Piauí	143
Quadro 17	Empreendimentos habitacionais implantados pelo Programa Minha Casa Minha Vida em Teresina-Piauí, na faixa etária de até 3 salários mínimos, 2010-2012	182

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Evolução da população no município de Teresina – 1970/2010	76
Tabela 2	Municípios da Grande Teresina, área e população - 2010	84
Tabela 3	Distribuição do emprego no município de Teresina, Piauí – 2008	85
Tabela 4	Evolução do salário médio pago nos estabelecimentos por porte em Teresina, 1985-2006	86
Tabela 5	Evolução do número de estabelecimentos formais por porte em Teresina, 1985-2006	87
Tabela 6	Evolução do índice de escolaridade por setor em Teresina, 1985-2006	87
Tabela 7	Classificação e quantificação do uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Teresina-Piauí em 1985 e 2012	162

LISTA DE SIGLAS

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADH	– Agência de Desenvolvimento Habitacional
AGESPISA	– Águas e Esgotos do Piauí S.A
AIA	– Avaliação de Impacto Ambiental
APP	– Áreas de Preservação Permanente
BNH	– Banco Nacional de Habitação
BNDES	– Banco Nacional de Desenvolvimento
CETEM	– Centro de Tecnologia Mineral
CDTN	– Centro de Desenvolvimento Tecnológico Nuclear
CODEVASF	– Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
COHAB-PI	– Companhia de Habitação do Piauí
CONAMA	– Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	– Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
DIT	– Distrito Industrial de Teresina
DNPM	– Departamento Nacional de Produção Mineral
EIA	– Estudo de Impacto Ambiental
ENGERPI	– Empresa de Gestão de Recursos do Piauí
EMBRAPA	– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EC	– Estatuto da Cidade
FAMCC	– Federação das Associações de Moradores e Conselhos Comunitários do Piauí
FGTS	– Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FIEPI	– Federação das Indústrias do Estado do Piauí
HIS	– Habitação de Interesse Social
IAPEP	– Instituto de Assistência e Previdência do Estado do Piauí
IBAMA	– Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INOCOOP	– Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais
INPE	– Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAM	– Instituto de Planejamento e Administração Municipal
IGC	– Instituto de Geociências
MCT	– Ministério de Ciência e Tecnologia
MCMV	– Minha Casa minha Vida
MMA	– Ministério do Meio Ambiente
MME	– Ministério de Minas e Energia
NBR	– Norma Brasileira
OGU	– Orçamento Geral da União
PCA	– Principal Component Analysis
PDDU	– Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PET	– Plano Estrutural de Teresina
PIB	– Produto Interno Bruto
PMT	– Prefeitura Municipal de Teresina
PNMA	– Política Nacional do Meio Ambiente
PRAD	– Planos de Recuperação de Áreas Degradadas
PAC	– Programa de Aceleração do Crescimento
PCA	– Plano de Controle Ambiental
RCA	– Relatório de Controle Ambiental
SDU	– Superintendência de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente
SFH	– Serviço Federal de Habitação e Urbanismo
SIG	– Sistema de Informações Geográficas
TFSA	– Terra Fina Seca ao Ar
UNB	– Universidade de Brasília

RESUMO

Este trabalho tem, como objetivo geral, a caracterização das camadas onde ocorre o massará quanto a seus aspectos estratigráficos, físicos, químicos e mineralógicos, destacando sua gênese e espacialização na cidade de Teresina e adjacências, assim como os conflitos socioambientais associados a essa atividade mineral. Os objetivos específicos estabelecidos foram: a) Discutir sobre a gênese da estratificação do massará; b) Analisar física, química e mineralogicamente diferentes camadas onde ocorre o massará na Zona Norte e Zona Sul de Teresina; c) Caracterizar os conflitos socioambientais associados à atividade mineral de massará. Foram utilizadas, como base da pesquisa, diferentes fontes bibliográficas sobre a temática e a superposição de mapas geológicos, geomorfológicos, hipsométricos e drenagem, assim como mapas de uso e ocupação do solo e de expansão da mancha urbana, visando à construção de um mapa de vetores de tendências espaciais de Teresina. Além disso, os trabalhos de campo, nas áreas onde há retirada desse material para construção civil, foram realizados para se observar, fotografar e analisar os diferentes impactos e conflitos socioambientais associados a essa atividade antrópica. Dessa forma, o trabalho partiu das seguintes hipóteses: a) Os sedimentos que compõem o massará têm características químicas e mineralógicas específicas que os tornam favoráveis para serem usados na construção civil. b) A mineração de materiais para a construção civil desenvolvida em Teresina tem importância econômica e social, porém, também causa conflitos socioambientais, devido à degradação ambiental e à desconfiguração da paisagem local. Observou-se que as camadas com ocorrência de massará são identificadas em vários pontos do entorno da cidade, aparecendo como coberturas superficiais em topos de baixos planaltos que, em algumas áreas da cidade, formam divisores topográficos dos rios Parnaíba e Poti, em cotas altiméricas que ultrapassam os 100m, portanto, na maioria das vezes, bem longe das atuais planícies e terraços fluviais desses rios. Também foi constatada a presença de porções de rochas sedimentares, as quais passam por processos de intemperização em camadas sedimentares presentes em áreas extrativas de massará. Assim sendo, esse sedimento configura-se como o manto de alteração e não como depósitos resultantes da dinâmica fluvial atual. A compreensão das características granulométricas de dois perfis estratigráficos com camadas de massará característicos de Teresina e as propriedades químicas e mineralógicas específicas visavam determinar suas propriedades ligantes. A análise das amostras dos perfis estratigráficos estudados (P1 e P2) demonstrou que a distribuição granulométrica, apesar de variar entre as camadas, aparece com padrões de distribuição semelhantes. Em termos gerais, nas camadas com presença de massará, predomina a textura arenosa. O maior teor de argila ocorre nas camadas com presença do “barro”. Os seixos de quartzo encontrados nos perfis possuem alto grau de arredondamento, sendo comumente achatados, apresentando-se foscos e polidos. Nas amostras, a fração areia apresenta os maiores picos de quartzo (SiO_2). Na fração argila, o elemento predominante é a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). As análises também determinaram a ocorrência de impurezas, como a hematita e a magnetita, sendo que os óxidos de ferro, mesmo em um percentual baixo, são os responsáveis pela coloração avermelhada do massará. A variação do Titânio, ao longo das camadas, evidenciou que são grandes as descontinuidades litológicas existentes nos perfis estratigráficos estudados. Foi detectada, em menores proporções, a presença de carbonatos (sais solúveis), como a Thermonatrita ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), a Trona ($\text{NaH}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e a Natrita (Na_2CO_3). Estes podem estar associados aos evaporitos da bacia do Parnaíba. Os resultados das análises em laboratório não permitiram constatar os elementos maiores que pudessem influenciar a liga do

massará, porém, eles permitiram identificar as diferenças químicas, a partir dos agrupamentos que separam os elementos presentes na argila dos componentes do massará, assim como as descontinuidades litológicas existentes nos perfis estratigráficos estudados. Isto posto, a utilização desse recurso mineral, como material para a construção civil, está na presença dominante da caulinita, na fração argila, e do quartzo, na fração arenosa, e no seu desempenho como agregado miúdo (substituindo a areia fina), mas também como composto ligante (cimentante), em substituição à cal hidratada. Detectou-se, no entanto, que a extração de massará e de seixos em Teresina tem gerado diversos danos ambientais, os quais estão bem visíveis na paisagem urbana, especialmente na direção dos vetores espaciais de crescimento Norte e Sul da cidade, assim como no vetor oeste, em Timon (MA). Os impactos positivos são de natureza socioeconômica e estão relacionados à geração de emprego e renda e ao abastecimento da cidade com materiais de baixo custo, essenciais para a construção civil. Os impactos negativos são representados por alterações ambientais, como a poluição do ar e das águas; as vibrações e ruídos; impactos visuais e o desconforto ambiental. Também são gerados conflitos devido ao uso irregular do solo, à depreciação de imóveis circunvizinhos, à geração de áreas degradadas, ao contribuir para processos erosivos, escorregamentos e queda de blocos das encostas dos morros, além dos transtornos causados ao tráfego urbano. Dessa forma, os impactos da mineração estão relacionados ao alto grau de ocupação urbana, que são agravados, face à proximidade entre as áreas mineradas e as áreas habitadas. Tais impactos são decorrentes da ineficiência do poder público, enquanto normatizador, fiscalizador e gestor das questões ambientais e legais relacionadas ao uso e ocupação do solo urbano. Por essa razão, a possibilidade de exploração mineral na capital piauiense está sendo cada vez mais limitada, devido a uma extração desordenada e predatória desses recursos naturais e, também, em decorrência da expansão horizontal da cidade, ou seja, pela construção de grandes conjuntos habitacionais pelo poder público ou empreendimentos privados, como os condomínios fechados de luxo. Também contribui para essa degradação a construção, por meio de ocupações irregulares de vilas ou favelas, e demais formas de uso e ocupação do solo, tornando aleatórias as perspectivas de garantia de suprimento futuro e inviabilizando a manutenção de uma atividade mineral sustentável.

Palavras-chave: Bacia sedimentar. Terraços Fluviais. Massará. Construção Civil.

ABSTRACT

The main objective of this research is the characterization of the layers where massará occurs, its stratigraphic, physical, chemical and mineralogical aspects, highlighting its genesis and spatialization in the city of Teresina and its surroundings, as well as environmental conflicts associated with this mineral activity. The specific objectives of this research were: a) to draw hypotheses about the genesis of stratification of massará; b) to analyze physically, chemically and mineralogically different layers where massará occurs in the northern and southern areas of Teresina; and c) to characterize the environmental conflicts associated with massará mineral activities. As the basis of the research, different bibliographic sources on the subject and on the overlay of geological, geomorphological, and hypsometric maps and drainage were used, and also maps of land utilization and expansion and of urban sprawl were used in order to build a vectors map of spatial trends of Teresina. Additionally, some field work was conducted, in areas where this material is removed for construction, aiming at observing, photographing and analyzing the different impacts and environmental conflicts associated with this anthropic activity. Therefore, the work followed these assumptions: a) the sediments that compose massará have specific chemical and mineralogical characteristics that make them favorable for being used in construction. b) Materials mining for construction carried out in Teresina has economic and social importance, but it also causes environmental conflicts, due to environmental degradation and mangling of the local landscape. It has been observed that the occurrence of layers with massará are identified in several pots around the city, appearing as surface coverage on the top of low plateaus that, in some areas of the city, form topographic divisors of the Parnaíba and Poti rivers, in altimetric quotas which exceed 100m; there for e, most of the time, very far away from the current plains and fluvial terraces of these rivers. It has also been confirmed the presence of portions of sedimentary rocks, which undergo processes of weathering in sedimentary layers present in extractive areas of massará. Thus, this sediment is configured as the alteration mantle and not as deposits resulting from the current fluvial dynamics. The understanding the granulometric characteristics of two stratigraphic profiles with layers of massará common in Teresina, and the specific chemical and mineralogical properties sought to determine their binding qualities. The analysis of the samples of the stratigraphic profiles studied (P1 and P2) revealed that the granulometric distribution, though varying between layers, appears with similar distribution patterns. In general terms, in layers with massará, there is a predominance of sandy textures. The highest clay percentage occurs in layers with "mud". The quartz pebbles found in the profiles have a high degree of rounding and are commonly flattened, being matte and polished. In the samples, the sand fraction shows the highest peaks of quartz (SiO_2). In the clay fraction, the predominant element is kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). The analyses also determined the occurrence of impurities, such as hematite and magnetite, and that iron oxides, evening a low percentage, are responsible for the reddish color of massará. The variation of titanium, along the layers, showed that the lithological discontinuities present in the stratigraphic profiles studied are large. It has been detected, in smaller proportions, the presence of carbonates (soluble salts) such as thermonatrite ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), trona ($\text{NaH}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and natrite (Na_2CO_3). These may be associated with evaporites from the Parnaíba basin. The laboratory analyses results failed to find out the major elements that could influence the binding of massará; however, they made it possible to identify the chemical differences, from the groupings that separate the elements present in the clay of the components of massará, as well as the lithological discontinuities which exist in the stratigraphic profiles studied. That said, the use of this mineral resource, as

a material for the construction industry, is in the dominant presence of kaolinite, in the clay fraction, and of quartz, in the sand fraction, and in its performance as a fine aggregate (replacing the fine sand), but also as a binding composite (cementing), replacing the hydrated lime. It has been detected, however, that the extraction of massará and pebbles in Teresina has generated several environmental impacts, which are clearly visible in the urban landscape, especially in the direction of the space vectors of northern and southern growth of the city, as well as in the western vector, in Timon (MA). The positive impacts have a socioeconomic nature and are related to the generation of employment and income and for supplying the city with low cost materials, essential for construction. The negative impacts are represented by environmental changes, such as air and water pollution, noise and vibrations, visual impacts and environmental discomfort. Conflicts derived from the irregular use of the soil, from the depreciation of neighboring properties, and from the generation of degraded areas also occur, contributing to erosive processes, landslides and falling blocks from the slopes of the hills, besides the inconvenience brought to the urban traffic. Thus, the impacts of mining are related to the high degree of urban occupation, which are exacerbated, due to the proximity of mined and inhabited areas. Such impacts exist because of the government inefficiency, as a normalizing, supervising and managing organ of legal and environmental issues related to the use and occupation of urban landing. For this reason, the possibility of mining exploration in the capital of Piauí is increasingly limited, due to a disorganized and predatory extraction of these natural resources and also to the horizontal expansion of the city, i.e., the construction of large housing projects by the government or private enterprises, such as luxurious condominiums. Irregular building, through illegal occupation of villages or slums, and other forms of landing use and occupation, also contributes to this problem, making perspectives of guarantee of future supplies random and preventing a sustainable mining activity.

Keywords: Sedimentary Basin. Fluvial Terraces. Massará. Construction.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	Gênese e estratigrafia de terraços	23
2.2	Gênese e caracterização da Bacia sedimentar do Parnaíba	29
2.3	Química e mineralogia de materiais sedimentares	37
2.4	Mineração e interferências antrópicas em ambientes urbanos	47
2.4.1	Meio Ambiente e impactos ambientais urbanos	47
2.4.2	Dano ambiental e atividades minerais no meio urbano	53
2.4.3	Conflitos socioambientais da atividade mineradora	55
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	59
3.1	Localização de Teresina	59
3.2	Ambiente físico da Bacia do Rio Parnaíba	61
3.2.1	A rede de drenagem de Teresina	61
3.2.2	Arcabouço geológico e geomorfológico de Teresina	65
3.2.3	As condições climáticas, solos e cobertura vegetal de Teresina	72
3.3	Aspectos históricos, espaciais e socioeconômicos de Teresina	75
3.3.1	Histórico da ocupação e expansão urbana teresinense	75
3.3.2	Aspectos socioeconômicos de Teresina	83
4	METODOLOGIA	89
4.1	Procedimentos metodológicos	89
4.2	Procedimentos da pesquisa de campo	93
4.2.1	Escolha da área e as pesquisas de campo	93
4.2.2	Coleta de amostras (campo)	96
4.3	Procedimentos de laboratório	97
4.3.1	Análise granulométrica e química (Dispersão Total) dos sedimentos das camadas onde ocorre o massará	97
4.3.2	Análise química	98
4.3.3	Análises mineralógicas	98
4.4	Avaliação de Impactos Ambientais	99
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
5.1	Estratigrafia e análise granulométrica das camadas onde ocorre o massará em Teresina-PI	103
5.2	Análises químicas e mineralógicas dos sedimentos presentes nas	

	camadas onde ocorre o massará em Teresina-PI	114
5.3	Conflitos socioambientais associados à mineração de massará em Teresina-PI	129
5.3.1	A atividade mineral desenvolvida em Teresina-Piauí	129
5.3.2	Conflitos socioambientais em áreas de mineração de massará e seixos	141
5.4	Vetores espaciais de crescimento e a atividade extrativa de massará/seixos em Teresina	161
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	191
	REFERÊNCIAS	195
	APÊNDICES	210

1 INTRODUÇÃO

A concentração urbana brasileira já ultrapassa a ordem de 80% de sua população, sendo acompanhada, de forma geral, por problemas relacionados à ocupação e ao uso desordenado do espaço urbano, o que se traduz em impactos socioambientais, notadamente pela falta de planejamento adequado. Esses impactos promovidos pelas aglomerações urbanas são, ao mesmo tempo, produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade nelas residente.

A configuração espacial urbana de Teresina adquiriu nova expansão a partir da década de 1970, através dos fluxos migratórios, da intensificação da política habitacional e da modernização do sistema viário. Essa expansão pode ser expressa pelo crescimento da população urbana, que triplicou entre as décadas de 1970 e 1990, passando de um total de 181.062 habitantes para 555.985 e quase quadruplicou entre a década de 1970 e o ano 2000, passando a corresponder a 677.470 habitantes (TERESINA, 2002a). No ano de 2010, o município de Teresina contava com 814.439 habitantes, sendo 767.777 pessoas vivendo na zona urbana (IBGE, 2010a), ou seja, mais de 94% de sua população total.

A expansão acelerada da área urbana de Teresina deve-se ao crescimento natural, associado aos elevados contingentes de imigrantes. Estes são oriundos tanto da zona rural, quanto de outras cidades piauienses, além de estados como Maranhão, Ceará e outros, atraídos pelo desenvolvimento e pela adoção de inovações tecnológicas e, principalmente, pelos serviços de educação e saúde oferecidos na capital piauiense (FAÇANHA, 1998).

A grande expansão urbana das últimas décadas trouxe, como efeito colateral, o aumento da utilização do “massará”¹ como matéria-prima em construções. Portanto, o crescimento populacional e o aumento das taxas de desenvolvimento urbano impõem a maior necessidade de consumo desse material presente em Teresina e em áreas de seu entorno.

¹ O massará é um termo regional, conhecido, apenas na região de Teresina, sendo que esta expressão serve para definir um sedimento conglomerático de cores e coloração variadas, creme, vinho, rosa, esbranquiçada, amarelada, arroxada e avermelhada, com matriz areno-argilosa, média a grosseira e, até conglomerático, ligante, de pouca consistência, facilmente desagregável (friável), contendo seixos brancos de sílica bem arredondados (CORREIA FILHO; MOITA, 1997).

Segundo Correia Filho e Moita (1997), diversos minerais usados na construção civil em Teresina seriam resultantes da decomposição dos materiais da Formação Pedra de Fogo, que compõe a Bacia Sedimentar do Parnaíba. Esta Formação, datada do Permiano, é a que exibe maior área de afloramento em Teresina. Quanto à constituição, Correia Filho e Moita (1997) destacam a alternância de silixitos, arenitos e siltitos, com afloramentos frequentes na área urbana. Os depósitos secundários são representados por areias, argilas e cascalhos em aluviões, lateritas e cangas lateríticas, barro, “massará” e seixos, encontrando-se estes em estreita ligação genética.

As “coberturas superficiais”, resultantes da alteração e desagregação das rochas que compõem essa Formação, são semelhantes aos depósitos aluviais dos terraços do baixo Poti em Teresina, devido à presença de seixos de quartzo. Essas características induziram à compreensão de que a origem desses materiais estivesse associada ao período Quaternário e à deposição atual da rede de drenagem. No entanto, serão apresentadas, ao longo deste trabalho, evidências de que a gênese desses depósitos relaciona-se às atividades intempéricas e à decomposição que deu origem ao “massará”.

A necessidade de analisar os aspectos espaciais, socioeconômicos, ambientais e físicos de Teresina, com destaque para a gênese e as características das coberturas superficiais resultantes da decomposição dos materiais da Formação Pedra de Fogo, assim como da atividade extrativa do massará e conflitos associados, justifica este estudo. Este trabalho torna-se importante pela contribuição que pode dar à pequena produção, ao desenvolvimento local sustentável no setor de mineração na capital, assim como à gestão e ao planejamento do uso e ocupação do espaço em Teresina, Piauí.

Nesse contexto, a pesquisa trata da caracterização estratigráfica, química e mineralógica das camadas onde ocorre o massará e dos conflitos associados à exploração desse recurso mineral em Teresina-PI. Estudos sobre os impactos ambientais da atividade mineral de materiais para a construção civil desenvolvida em Teresina já retratam a realidade na Zona Norte da capital. Há, no entanto, a necessidade de compreensão desse processo em outras áreas da cidade e do aprofundamento de pesquisas sobre os aspectos físicos do espaço geográfico teresinense.

A pesquisa se desenvolveu a partir dos seguintes questionamentos: Como se caracterizam as diferentes camadas onde ocorre o massará em Teresina, quanto aos aspectos físicos, químicos e mineralógicos? Qual a gênese dessas camadas, Terraços fluviais ou intemperismo *in situ* de material Paleozoico? Quais os conflitos socioambientais associados à extração e à separação dos seixos da matriz massará?

Diante da realidade local descrita anteriormente, busca-se verificar as seguintes hipóteses de trabalho:

a) Os sedimentos que compõem o massará têm características químicas e mineralógicas específicas que os tornam favoráveis para serem usados na construção civil. Em função de suas propriedades ligantes, o massará tem uso diversificado no setor da construção civil.

b) A mineração de materiais para a construção civil desenvolvida em Teresina tem importância econômica e social, devido à geração de emprego e renda, porém, também acarreta lesões ao ecossistema natural, pois a extração desses bens que adotam o método de lavra a céu aberto proporciona o desenvolvimento de focos acelerados de erosão e assoreamento de cursos d'água. Com a abertura de cavas profundas, dificulta-se a posterior utilização das áreas mineradas para outros usos, causando conflitos e danos, devido à degradação ambiental e à desconfiguração da paisagem local.

O objetivo geral deste trabalho foi caracterizar as camadas nas quais ocorre o massará, quanto a seus aspectos estratigráficos, físicos, químicos e mineralógicos, destacando sua gênese e espacialização na cidade de Teresina e adjacências, assim como os conflitos socioambientais associados a essa atividade mineral.

Como objetivos específicos foram estabelecidos: a) Discutir sobre a gênese da estratificação do massará; b) Analisar física, química e mineralogicamente diferentes camadas onde ocorre o massará na Zona Norte e Zona Sul de Teresina; c) Caracterizar os conflitos socioambientais associados à atividade mineral de massará em Teresina-Piauí.

Quanto aos instrumentos de investigação foram utilizadas diferentes fontes bibliográficas que tratavam das temáticas como meio ambiente, bacia sedimentar, terraços fluviais, impacto e dano ambiental, mineração entre outros. A pesquisa documental e cartográfica ocorreu junto aos órgãos competentes e em seus sítios na internet. A produção cartográfica correu a partir da superposição de mapas

geológicos, geomorfológicos, hipsométricos (dados SRTMs) e drenagem, como também ocorreu a elaboração de perfis topográficos. Foram produzidos e analisados mapas de uso e ocupação do solo e de expansão da mancha urbana, visando a construção de um mapa mostrando os vetores de tendências espaciais de Teresina. Os *softwares* utilizados foram o SPRING, o GLOBAL MAPPER 10.0 / 12 e o ARC GIS 9.2.

Os trabalhos de campo, nas áreas onde há retirada ou processo de separação da matriz massará/seixos usada na construção civil, foram realizados para se observar, fotografar e analisar os diferentes impactos e conflitos socioambientais associados a essa atividade antrópica. As visitas *in situ* também objetivaram a coleta de sedimentos em dois perfis estratigráficos (P1: Zona Sul e P2: Zona Norte) em camadas de massará característicos de Teresina, visando a compreensão da granulometria (técnica de Dispersão Total), das propriedades químicas (técnica de Fluorescência de raios-X) e mineralógicas (técnica de Difractometria de raios-x). Também foi utilizado o método estatístico multivariado (Análise de Componente Principal - PCA) para a análise simultânea de vários fatores e produção de gráficos bi/tridimensionais. Vale destacar que a metodologia do trabalho será detalhada na quarta seção.

A presente pesquisa tenta esclarecer o jogo de inter-relações dos componentes geoambientais, conjugados a fatores socioeconômicos, que formam o conjunto da cidade de Teresina, enfatizando os impactos, danos ambientais e conflitos socioambientais associados à atividade mineral de massará.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gênese e estratigrafia de terraços

Os terraços fluviais são constituídos por aluviões antigos e topograficamente mais elevados do que a planície ativa atual, representando, assim, um testemunho do processo de evolução da planície (FLORENZANO, 2008). Christofolletti (1981, p. 84) destaca que estes representam “antigas planícies de inundação que foram abandonadas”, sendo que, morfologicamente, os terraços surgem como patamares aplainados, de largura variada, limitados por uma escarpa em direção ao curso d’água. Christofolletti (1981, p. 253) relata que os terraços fluviais:

São compostos por material detrítico aluvional, cujas estruturas sedimentares refletem os mecanismos e os processos deposicionais do leito fluvial, dos diques marginais, das bacias de inundação e de outros elementos das planícies de inundação [...], também são designados como terraços aluviais [...].

Segundo Suguio (2003, p. 238), “os sedimentos fluviais são, comumente bimodais, exibindo assimetria positiva em termos granulométricos, especialmente, os sedimentos de paleocanais”. A tendência à granodrecresença ascendente, ou seja, de afinamento rumo ao topo nos tamanhos das partículas, em uma sequência vertical de depósitos fluviais, pode-se repetir por várias vezes.

Os depósitos de terraço são resultado, portanto, de sedimentação fluvial de alta energia (sistema *braided*), com gradações para condições meandranes psamíticos, pontilhados por esporádicos lagos, de controle neotectônico. Estes depósitos, normalmente, “ocorrem às margens dos principais canais de drenagem, associados aos depósitos aluviais recentes” (NEVES; MORALES; SAAD, 2005, p. 301). De acordo com Zancopé (2004, p. 40):

Os terraços fluviais são superfícies horizontalizadas, localizadas, de maneira geral, entre a margem externa do leito maior e as vertentes do vale ou escarpas de terraços mais elevados. Podem encontrar-se isolados e descontínuos na planície fluvial em virtude da migração contínua do canal e das ações erosivas a que estão expostos. Estas formas são entendidas como planícies de inundação antigas, conseqüentemente são formadas pela deposição de material aluvial transportado pelos rios em épocas passadas, obedecendo aos processos e estruturas sedimentares dos ambientes fluviais.

Christofolletti (1981, p. 261) afirma que, na formação de terraços, existe a necessidade de duas fases distintas: “a) fase deposicional, na feitura da planície de

inundação, quando o fornecimento detrítico se acumula nessas áreas; b) fase de entalhamento, quando o canal fluvial escava e aprofunda o leito”. Conforme Bigarella e Mousinho (1965, p. 174-175):

[...] camadas de cascalho e areia dispõem-se normalmente em planos, sendo ricas em estruturas primárias, evidenciando transporte antes em lençol do que em canal. Intercaladas nos cascalhos, encontram-se lentes de argilas turfosas ricas em detritos vegetais, as quais possivelmente atestam flutuações climáticas dentro da época semi-árida. [...] O resultado da ação meandrante dos rios no preenchimento das várzeas origina camadas de areia dispostas irregularmente no espaço [...]. Dessa forma o conjunto sedimentar da várzea representa duas épocas climáticas distintas, respectivamente, seca e úmida.”

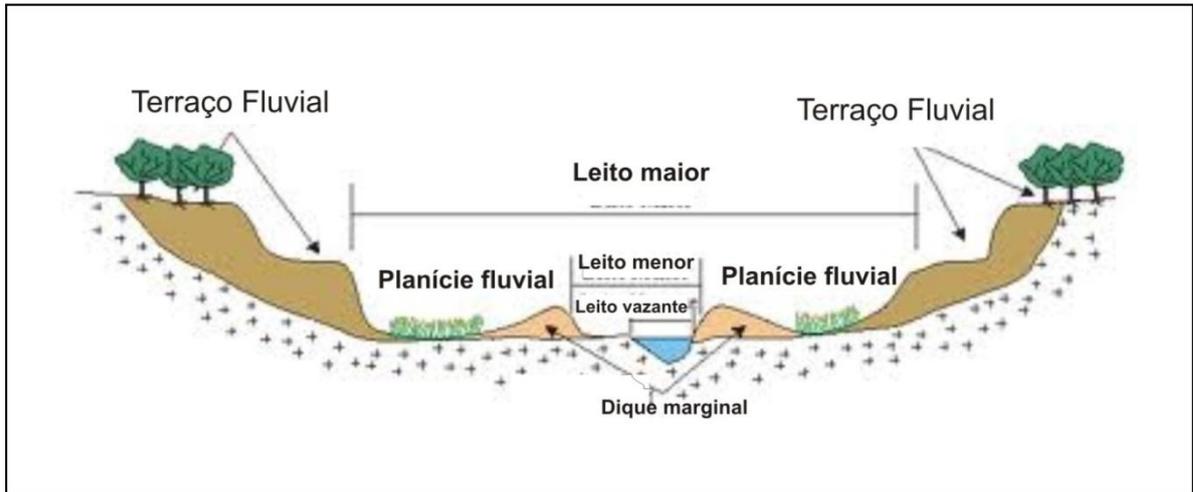
Ab’Sáber (1969), em relação às características sedimentológicas dos depósitos de cobertura, esclarece que as diferentes espessuras e granulometria dos sedimentos relacionam-se ao processo de transição de um estágio de clima seco a um clima mais úmido. Segundo Neves et al.(2005, p. 298):

Os depósitos de terraços são constituídos por sedimentos aluviais pré-atuais depositados em um sistema de drenagem semelhante ao atual. Estes depósitos compõem patamares elevados de 2 a 5 m acima das planícies aluviais recentes e sua constituição é idêntica à dos depósitos aluviais, ou seja, são cascalhos e areias formados pela ação de corrente canalizada e argilas depositadas em planícies de inundação. Eles podem ser facilmente confundidos com os depósitos terciários ou com os colúvio-eluviais, distinguindo-se dos primeiros pela ausência de outras fácies associadas e dos segundos pela presença de estruturas sedimentares formadas por fluxo canalizado, além da melhor seleção e arredondamento dos clastos.

Os terraços são, portanto, os níveis topográficos mais elevados das planícies fluviais (Figura 1), sendo livres dos transbordamentos frequentes. Para Zancopé (2004, p. 29-30):

Sua gênese está ligada a dois períodos morfogenéticos fluviais distintos: um deles ligado à acumulação do material detrítico aluvial, na planície de inundação antepassada, e outro ao entalhamento do leito fluvial (aprofundamento do talvegue), que marca o fim do período anterior, abandonando a paleo-planície em um nível mais elevado, delimitando o terraço. Esses períodos podem estar relacionados às oscilações climáticas ou à influência tectônica sobre a bacia, podendo ainda, ambos atuarem concomitantemente.

Figura 1 – Perfil esquemático de vale fluvial: em destaque planícies e terraços fluviais



Fonte: Adaptado de UNESP – Rio Claro (2009). In: Pedro e Nunes (2012).

Segundo Miller e Leopold (1963), as mudanças climáticas estão associadas ao abandono das planícies de inundação e à consequente formação de terraços fluviais, sendo que a identificação e análise da estratigrafia dos terraços constitui um importante método de estudo sobre as oscilações climáticas no passado geológico.

Dessa forma, diversas pesquisas sobre terraços fluviais estão sendo desenvolvidas dentro de um contexto geomorfológico fluvial e de interpretações estratigráficas. Essa discussão foi desenvolvida, por exemplo, por Pinto e Magalhães Junior (2009), ao analisarem os níveis e sequências deposicionais fluviais ao longo de um trecho do médio vale do Rio das Velhas, do vale do Ribeirão da Mata e do vale do Ribeirão Jequitibá. Para esses autores, os depósitos superficiais são os registros paleoambientais mais eficientes, pois contribuem para a reconstituição da dinâmica fluvial Cenozóica ao longo dos vales estudados, através da análise estratigráfica dos níveis deposicionais levantados.

No referido estudo, foram identificados, mapeados e descritos quatro níveis deposicionais aluviais ao longo desses vales, sendo um nível de Várzea e três níveis de Terraços (Terraço Superior, Terraço Intermediário e Terraço Inferior). Os níveis indicam a ocorrência de alterações, ao longo do tempo, no padrão de drenagem e de regime hidrológico da área, possivelmente associadas ao condicionamento tectônico.

Conforme Pinto e Magalhães Junior (2009), nesses vales merecem destaque os terraços sob forma de grandes feições sedimentares acanaladas (Terraço

Superior), atualmente na posição de topos de colinas suavizadas, sendo que os espessos pacotes heterogêneos de material fino indicam fases de acentuado entulhamento na evolução da rede de drenagem. Os níveis de Terraço Intermediário e Terraço Inferior apresentam-se, por sua vez, escalonados.

Nos estudos de Valadão (1998), também se percebem questões relacionadas à origem dos terraços fluviais. O autor atesta em sua tese que o decréscimo progressivo na intensidade do soerguimento pliocênico ocorrido no território brasileiro resultou, ao longo do Quaternário, na abertura e ampliação das depressões e na formação de terraços fluviais que bordejam as principais calhas fluviais. O referido autor destaca, ainda, que, nas depressões interplanálticas e sublitorâneas,

[...] estão comumente inseridos o baixo e o médio curso dos principais rios que drenam não só a fachada atlântica, como também o interior continental. Essa incisão da rede hidrográfica, embora iniciada no Plioceno Superior, se prolongou até o Quaternário, quando a intensidade e velocidade da deformação tectônica diminuiu progressivamente. O reajustamento do perfil longitudinal dos rios a essa atenuação do soerguimento resultou na formação dos terraços fluviais que atualmente bordejam as principais calhas de drenagem, os quais constituem excelente indicador dos diversos estágios de agradação e degradação a que os leitos fluviais estiveram submetidos (VALADÃO, 1998, p.199).

Rocha, Costa e Fonseca (2009) desenvolveram, de forma semelhante, estudos relacionados aos terraços fluviais. Ao realizarem uma pesquisa no município de Gouveia–MG, região que se localiza na porção Meridional da Serra do Espinhaço, detectaram que a Depressão de Gouveia passou por diversos eventos ao longo do Quaternário, sendo a neotectônica um fator representativo. Tal evento gerou uma nova reorganização na rede drenagem, com entalhamento de vales e recuo de cabeceira. Essa nova dinâmica reativou processos erosivos na região, sendo que, ao analisarem os perfis estratigráficos dos terraços do Córrego Gameleira, observou-se que estes sedimentos ora são espessos, ora se estreitam.

Valadão e Silveira (1992) também analisaram os depósitos fluviais que revestem os interflúvios aplainados na Depressão de Gouveia e demonstraram que esses depósitos preenchem calhas rasas moderadas no substrato pré-cambriano. Essas calhas são preenchidas por seixos, grânulos e areias quartzosas imaturas que, em direção ao topo, associam-se a camadas argilosas de composição caulínica. Estes autores destacam que todo esse conjunto chega a alcançar uma

espessura de até 15 m e uma extensão lateral de algumas dezenas de metros, sendo essa sequência organizada internamente em seis fácies sedimentares principais.

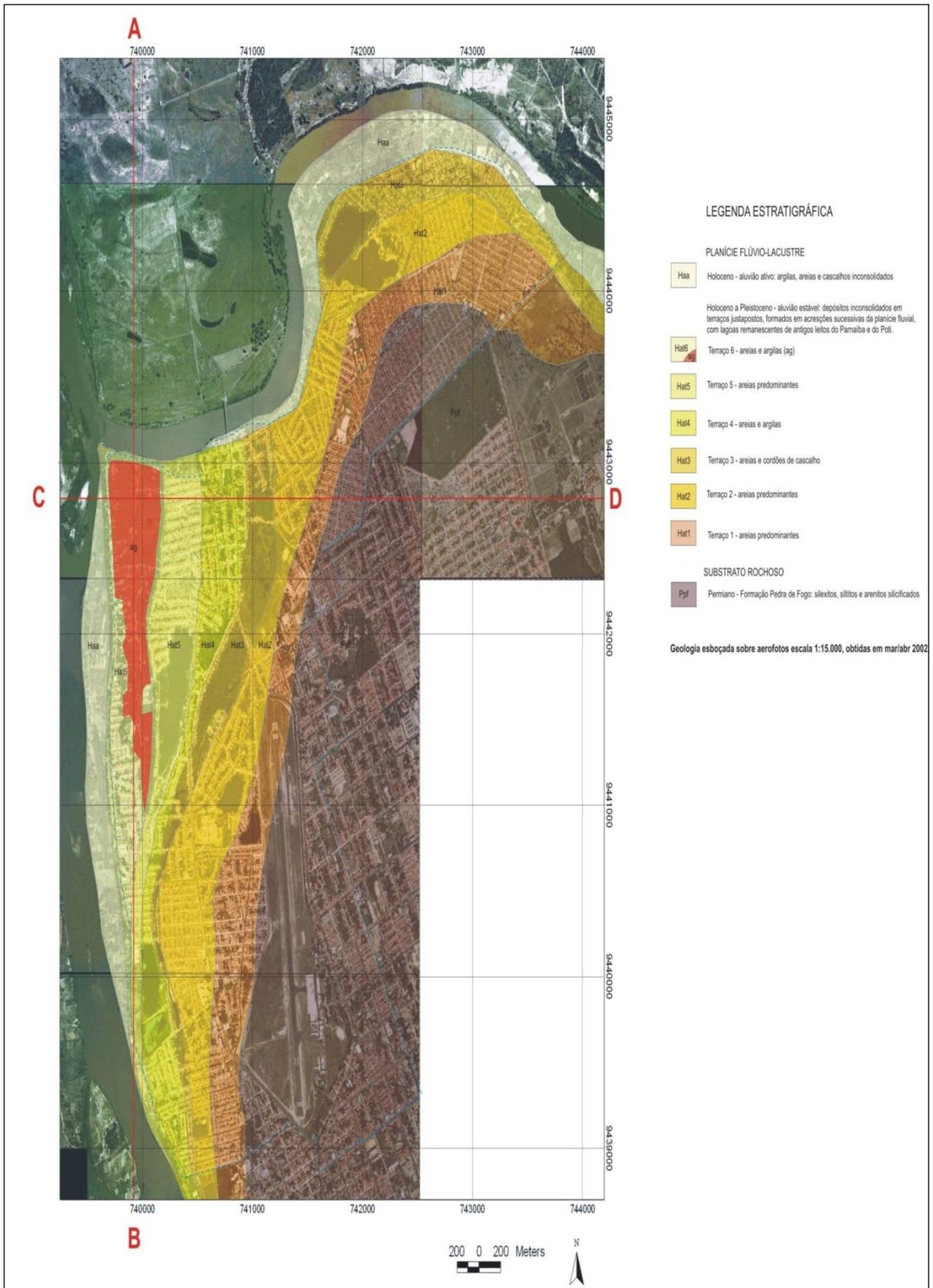
Magalhães Junior (1993), em um estudo de identificação, mapeamento e interpretação de níveis e sequências deposicionais aluviais no trecho de transição entre o alto e o médio vale do Rio das Velhas, e, com base em interpretações estratigráficas, identificou três níveis de terraços fluviais com características distintas. Estes refletem o importante papel da Serra do Curral (borda norte do Quadrilátero Ferrífero), no controle dos eventos deposicionais Cenozoicos e a marcante influência do condicionamento estrutural e tectônico na evolução da geomorfologia fluvial regional.

Santos, Magalhães Junior e Cherem (2009) também realizaram um estudo no alto vale do Rio das Velhas, identificando quatro níveis deposicionais aluviais, sendo três níveis de terraços – Nível Superior (T3), Nível Intermediário (T2) e Nível Inferior (T1) e um Nível de planície. Estes autores constataram que os registros sedimentares dos terraços mais antigos são pouco representativos e fragmentados espacialmente, enquanto os níveis apresentam tipologias variadas (escalonado, embutido, de recobrimento), refletindo, assim, o condicionamento neotectônico ao longo do vale, que associa o soerguimento do Escudo Brasileiro com a movimentação diferencial de blocos.

A Figura 2 identifica a localização de uma das áreas de depósitos das planícies fluviais e de lagoas ciliares atuais, formadas por atuação conjunta dos rios Parnaíba e Poti em Teresina-Piauí, na barra deste último, cortando uma das áreas de ocorrência dos terraços fluviais. Esses são compostos em superfície pelos sedimentos mais recentes, transportados e depositados atualmente por esses rios (LIMA, 2011).

Bigarella, Becker e Passos (2007, p.1373) destacam também que “[...] as estruturas primárias, a mineralogia e a textura dos sedimentos fornecem elementos importantes para a reconstituição das características ambientais e dos paleoclimas regionais”. Dessa forma, diferentes critérios devem ser empregados a fim de melhor correlacionar e precisar a sucessão de terraços de uma região. “Entre os mais importantes estão os sedimentológicos (composição, granulometria, sucessão vertical), estratigráficos, pedogenéticos, morfométricos, entre outros (BIGARELLA; BECKER; PASSOS, 2007, p.1375)”.

Figura 2 – Imagem com estratigrafia da planície flúvio-lacustre da Zona Norte de Teresina–Piauí



Fonte: Teresina (2005).

A partir das discussões estabelecidas anteriormente, é importante destacar que, dentro de um contexto geomorfológico, as feições de terraços fluviais de acumulação surgem como importante significado morfoestratigráfico (MOURA, 2003 citado por SILVA; CORRÊA, 2009), sendo formas topográficas associadas à deposição e vinculadas a uma dinâmica complexa que possibilita a reconstituição dos processos que contribuíram para a evolução da paisagem.

A compreensão da gênese dos terraços fluviais, enfatizando a superfície geomorfológica como uma importante escala de análise para estudar os depósitos Quaternários, contribui para diferenciação entre sedimentos mais recentes e aquelas coberturas superficiais que compõem terrenos de idade Paleozoica, presentes na bacia do Parnaíba, na cidade de Teresina e seu entorno.

2.2 Gênese e caracterização da Bacia sedimentar do Parnaíba

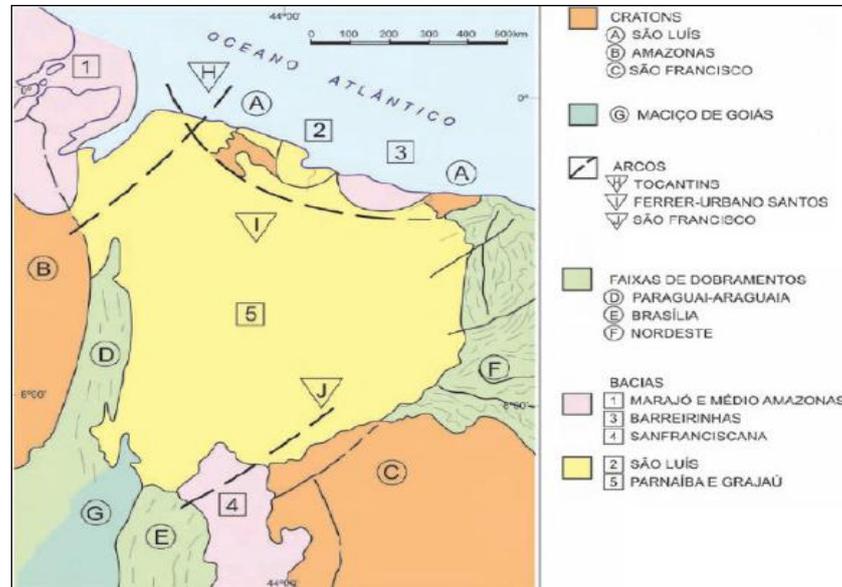
A maior parte da estrutura geológica do Piauí é formada por terrenos sedimentares da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que abrange grande parte dos estados do Maranhão e Piauí, do nordeste do Pará, do extremo nordeste de Tocantins, de uma pequena porção da Bahia e ainda de uma estreita faixa do noroeste do Ceará.

A Província Parnaíba possui uma área de cerca de 600.000 Km² e espessura de 3.500 metros na sua porção central. A sua formação se deu a partir da alternância de deposições sedimentares em ambientes marinho e continental até o final do Paleozoico e em ambiente continental durante o Mesozoico. É formada a partir de quatro sítios deposicionais separados por discordâncias, coincidentes com as superseqüências em que se dividiram as rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba: Bacia do Parnaíba propriamente dita, Bacia das Alpercatas, Bacia do Grajaú e Bacia do Espigão-Mestre. Essa Província limita-se a norte pelo Arco Ferrer; a leste pela Falha de Tauá; a sudeste pelo Lineamento Senador Pompeu; a oeste pelo Lineamento Tocantins–Araguaia; e, a noroeste, pelo Arco Tocantins (BIZZI et al., 2003). Segundo Santos e Carvalho (2004, p. 10):

Os limites com o embasamento são efetuados ao norte pelo Cráton de São Luís; a oeste pelo Cráton do Amazonas, a Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia e o Maciço de Goiás; ao sul pela Faixa de Dobramentos Brasília, e a leste pelo Cráton do São Francisco e pela Faixa de Dobramentos Nordeste. A compartimentação estrutural é feita pelo Arco do Tocantins localizado a noroeste, separando- a das bacias de Marajó e Médio Amazonas;

pelo Arco de São Francisco situado a sul e sudeste, separando-a da Bacia Sanfranciscana (Figura 3).

Figura 3 – Mapa dos limites geológicos da Bacia do Parnaíba



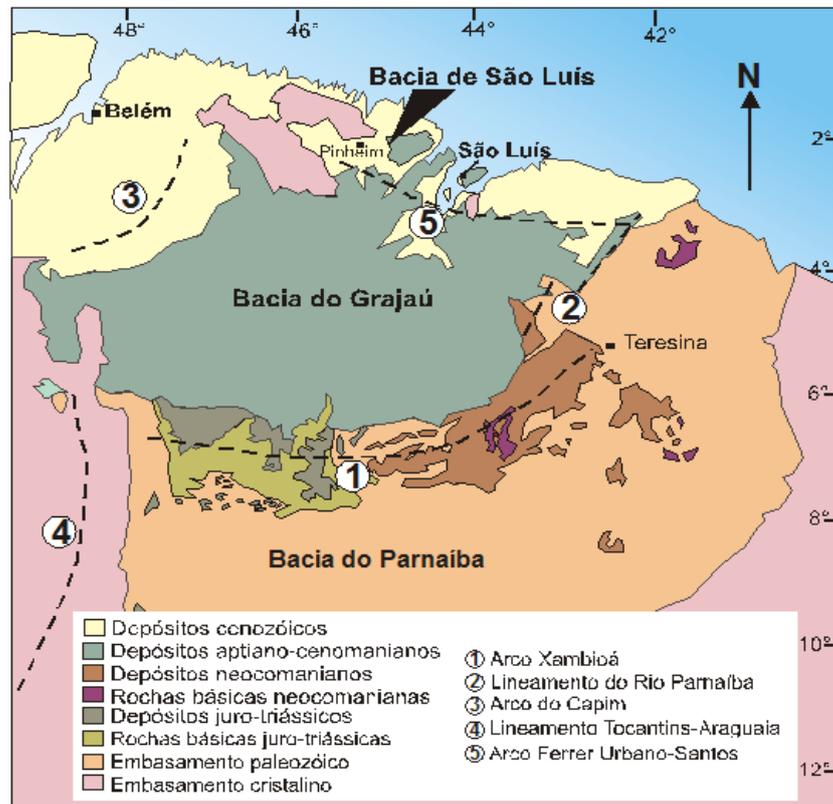
Fonte: Santos e Carvalho (2004).

Dessa forma, a sinéclise do Parnaíba (Figura 4) limita-se a leste e a sul com rochas do embasamento cristalino, ao norte pelas fossas tectônicas de São Luís e Barreirinhas e a oeste seu contato é mascarado por sedimentos recentes. Sua estrutura geológica é homoclinal, com seus respectivos estratos rochosos, mergulhando suavemente rumo ao centro da bacia, o qual coincide com o leito traçado pelo rio Parnaíba, que serve de marco de separação de suas duas bordas. A bacia é formada por aproximadamente 3.000 metros de sedimentos, sendo que 2.500 metros foram depositados durante o período Paleozoico e o restante são sedimentos do Mesozoico e Cenozoico (BRASIL, 1982).

Trata-se de uma Bacia Paleozoica intracratônica, com recobrimento de sedimentos Cretáceos e Terciários, com uma área total de aproximadamente 600.000 Km². A Bacia do Parnaíba desenvolveu-se sobre um embasamento continental durante o estágio de estabilização da plataforma Sul-Americana (ALMEIDA; CARNEIRO, 2004). Com relação ao embasamento, são encontradas rochas ígneas, metamórficas e, até mesmo rochas sedimentares, com idades que variam desde o Arqueano até o Ordoviciano; no entanto, possivelmente,

predominam as rochas formadas entre o final do Proterozoico e início do Paleozoico, que corresponde ao tempo de consolidação dessa plataforma (VAZ et al., 2007).

Figura 4 – Mapa de localização da bacia do Parnaíba na região meio-norte do Brasil, com indicação dos principais lineamentos estruturais que limitam suas margens



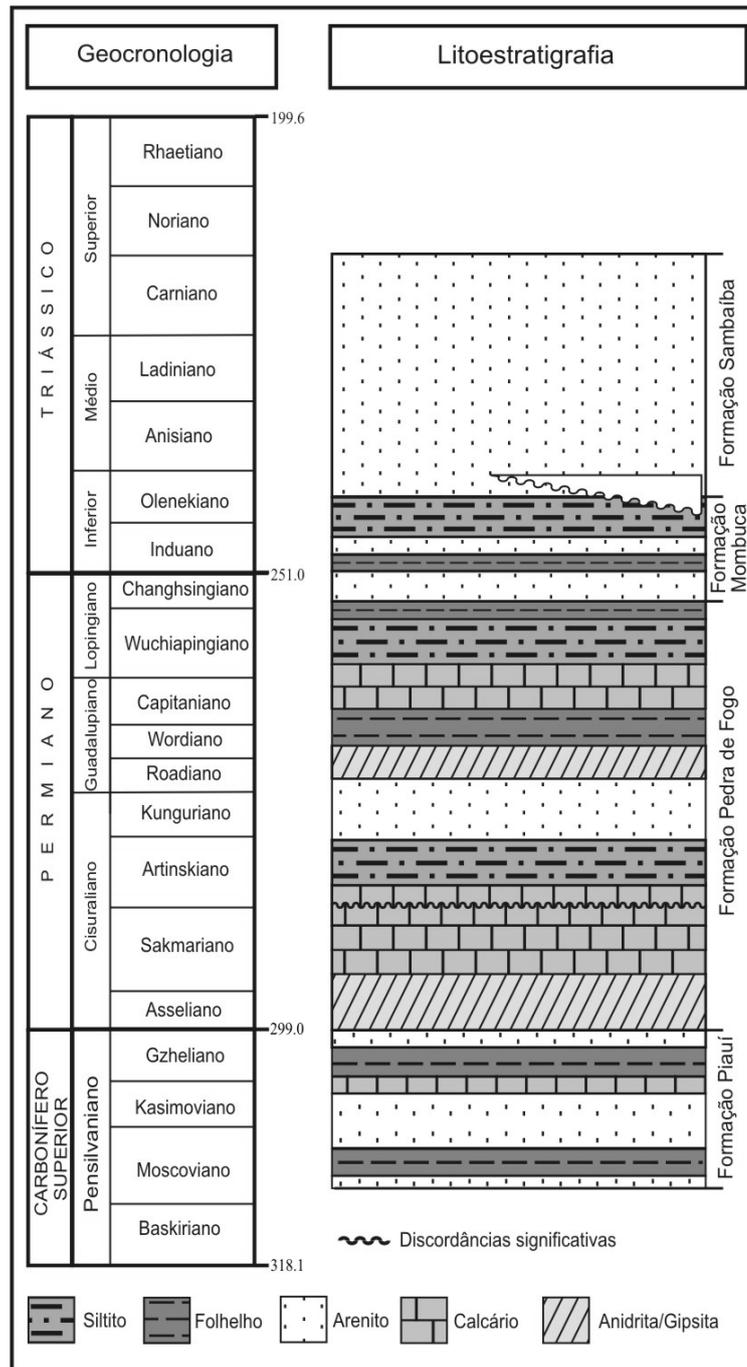
Fonte: Rossetti (2003).

Conforme Mesner e Wooldridge (1964 citado por BRASIL, 1982), a história geológica da bacia do Parnaíba foi dividida em três grandes ciclos de sedimentação, separados entre si por duas discordâncias de erosão. No ciclo inferior, o Neossiluriano, a Formação Serra Grande (clásticos continentais) foi depositada diretamente sobre as rochas do embasamento cristalino, constituído de rochas Pré-cambrianas Cambro-ordovicianas. Em seguida, a sedimentação passou à marinha durante todo o Devoniano, quando se depositaram as Formações Pimenteiras, Cabeças e Longá, concluindo no Mississipiano, com a deposição da Formação Poti (clásticos deltaicos e continentais). Os sedimentos deste ciclo são, sobretudo, clásticos e formaram-se sob condições de clima úmido.

No ciclo médio, depositaram-se camadas vermelhas de anidritas, dolomitos, calcários, arenitos continentais (fluviais e eólicos) e “echert”, de idade pensilvaniana

(Formação Piauí), Permiana (Formação Pedra de Fogo) e Permo-triássica (Formação Motuca, Pastos Bons e Sambaíba). Os sedimentos deste ciclo refletem um ambiente de deposição, sobretudo continental e de mar interior remanescente, com episódicas ligações marinhas e sob clima quente e semiárido. O período Jurássico foi marcado por vulcanismo básico, com a intrusão de diabásio e derrames basálticos sobre a superfície de erosão do ciclo anterior (Figura 5 e Quadro 1).

Figura 5 - Coluna estratigráfica do ciclo médio bacia Sedimentar do Parnaíba



Fonte: Adaptado de Vaz et al. (2007). In: Souza et al. (2010).

Quadro 1 - Coluna litoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Parnaíba

PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO		LITOLOGIA
QUATERNÁRIO		QI	Aluviões	Areias, siltes e argilas.
TERCIÁRIO	Barreiras	Enb		Arenitos friáveis e níveis de argilas.
CRETÁCIO		K1	Sardinha	Derrames de basáltos e diabásios.
JURÁSSICO	Mearim	J2c	Corda	Arenitos homogêneos, friáveis e siltitos
		J2pb	Pastos Bons	Arenitos argilosos fino a médio
TRIÁSSICO	Balsas	T12s	Sambaíba	Arenitos homogêneos, friáveis.
PERMIANO		Ppf	Pedra de Fogo	Arenitos, siltitos, folhelhos e calcários
CARBONÍFERO		C2pi	Piauí	Arenitos finos a grossos com níveis de siltitos
DEVONIANO	Canindé	C1po	Poti	Arenitos finos a clásticos com intercalações de siltitos na parte superior.
		D3c1l	Longá	Folhelhos cinza escuro, com níveis de arenitos e siltitos.
		D2c	Cabeças	Arenitos médios a grossos de cores claras com subordinadas intercalações de folhelhos e siltitos cinza e vermelho.
		D2p	Pimenteiras	Folhelhos e siltitos (cor vermelha), com finos níveis de arenito
SILURIANO	Serra Grande	Ssgj	Jaicós	Arenitos muito grossos e conglomerados.
		Ssgt	Tianguá	Folhelhos, siltitos e arenitos finos.
		Ssgi	Ipú	Arenitos grossos.
PRÉ-CAMBRIANO				Granitos, gnaisses e micaxistos.

Fonte: BRASIL (2012).

Ao discorrer sobre estrutura geológica da bacia do Parnaíba, Bizzi et al. (2003, p. 68) explicam que:

As formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba compõem o Grupo Balsas, que representa a Superseqüência Carbonífero-Triássica da Bacia do Parnaíba. A Formação Piauí, examinada a nordeste da cidade de Floriano (PI), consiste-se de depósitos de dunas eólicas, de interdunas e planícies de deflação. A Formação Pedra de Fogo apresenta duas seqüências de arenitos: os arenitos inferiores correspondem a dunas; os superiores a um ambiente litorâneo com presença localizada de biostromas com estromatólitos hemisféricos. Estes, por sua vez, são superpostos por arenitos com estratificação cruzada sigmoidal e alternâncias de folhelho e arenito,

depositados em planície de maré. A Formação Motuca consiste de folhelhos vermelhos com níveis de siltito, localmente com estromatólitos dômicos, representando deposição em ambiente lacustre ou lagunar. Finalmente, a Formação Sambaíba consiste-se de arenito fino, caolínico, com granulometria bimodal, interpretado como eólico.

Finalmente, o ciclo superior, que ocupa a porção norte da bacia, é constituído pela parte superior do Jurássico e inferior do Cretáceo. Compreende as Formações Corda (continental flúvio-eólica), Codó (lagunar evaporíticas e ligações marinhas breves) e Itapecuru (clásticos de origem complexa).

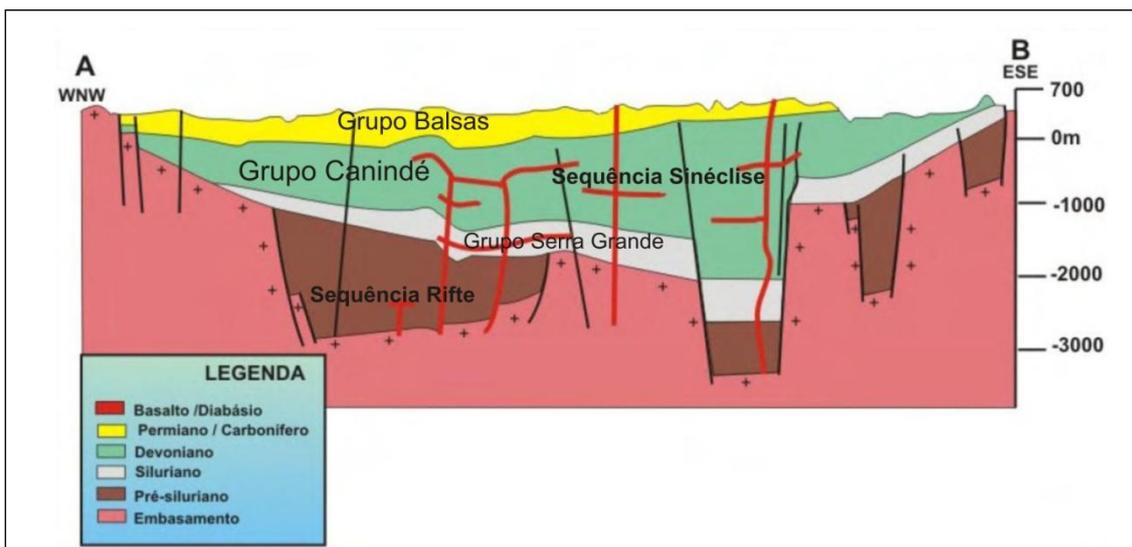
Dessa forma, os processos de subsidência e sedimentação cratônica pós-brasiliana foram iniciados no Meso-Ordoviciano. A sucessão sedimentar inicial da bacia do Parnaíba, assim como outras bacias, arranhou-se num hemicyclo transgressivo, que culminou em condições de amplo afogamento marinho, já no Siluriano. O segundo hemicyclo transgressivo Fanerozoico é documentado pelo Sistema Devoniano das bacias sedimentares brasileiras, onde seu pacote basal constitui-se de natureza arenosa. Sobre os depósitos Siluri-devonianos, ocorre um espesso intervalo de folhelhos marinhos de plataforma distal, muito fossilíferos e com potencial gerador de hidrocarbonetos (MILANI et al., 2007).

Os referidos autores destacam ainda que o Devoniano foi sucedido por importantes modificações climáticas e paleofisiográficas, de tal sorte que o pacote Permo-carbonífero das sinéclises brasileiras registra uma grande diversidade de ambientes de sedimentação e sistemas deposicionais associados. O contexto marinho raso em clima árido ocorreu também na Formação Pedra de Fogo, na Bacia do Parnaíba, com seus característicos depósitos de *evaporitos*. Rumo ao final deste período, todas as sinéclises brasileiras passaram a experimentar condições crescentes de aridez, em função do fechamento definitivo ao ingresso de águas oceânicas por sobre o Gondwana. Contextos flúvio-lacustres que, com o ressecamento progressivo, evoluíram, no adentrar do Triássico, para desertos arenosos, aparecem como o registro sedimentar final da longa história Paleozoica dessa bacia. Segundo Dias-Brito et al. (2007, p.3):

A Formação Pedra de Fogo resultou de sedimentação em ambientes marinhos rasos restritos, costeiros e continentais, sob clima predominantemente quente, com variações na umidade ao longo da sua história; *carbonatos* e *evaporitos* acumularam-se quando a bacia apresentava balanço hídrico negativo (Grifo nosso).

Já para Vaz et al. (2007), a sucessão de rochas sedimentares e magmáticas que compõem a bacia do Parnaíba está disposta em cinco supersequências que, em seu depocentro, atinge a ordem de 3.500 m de espessura. Da base para o topo, as unidades foram denominadas como “Supersequências Siluriana” (litoestratigraficamente correspondente ao Grupo Serra Grande); “Supersequência Mesodevoniana-Eocarbonífera” (Grupo Canindé); “Supersequência Neocarbonífera-Triássica” (Grupo Balsas); “Supersequência Jurássica” (Formação Pastos Bons), “Supersequência Cretácea” (Formações Codó, Corda, Grajaú e Itapecuru). Além disso, as rochas ígneas intrusivas (diques e soleiras) e extrusivas presentes, de composição básica, foram divididas em duas unidades, Formação Mosquito (Neotriássico/ Eojurássico) e Formação Sardinha (Eocretáceo). O Grupo Balsas é composto pelas formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba (Figura 6).

Figura 6 - Seção geológica esquemática da Bacia do Parnaíba



Fonte: Petrobrás. Adaptado de Góes et al. (1994).

A maior parte da Formação Pedra de Fogo é tida, assim, como continental e de mar remanescente, sendo que a silicificação dos sedimentos é epigenética. Andrade (1972 citado por SUGUIO; FULFARO, 1977) sugere ambiente marinho para toda a formação, apesar da ausência de fósseis marinhos, por causa da constância litológica de suas camadas basais por toda a bacia.

A sedimentação de granulação fina das camadas Paleozoicas e a sua preservação na área em blocos de falha rebaixados sugerem, dessa forma, que a margem ocidental da atual bacia estrutural do Parnaíba é uma margem tectônica e não deposicional. Suguio e Fulfaro (1977) reforçam esta ideia ao afirmarem que,

mesmo se as características gerais da sedimentação da bacia do Parnaíba indicassem uma deposição em bacia intracratônica rasa ou ambiente de plataforma, faltam as fácies de sedimentação mais enérgicas, mesmo em tais tipos de ambiente, comuns nas margens de bacias deposicionais.

Ainda segundo esses autores, os sedimentos Neocenoicos da área encontram-se associados a linhas de falhas, acompanhando as linhas de drenagem da região e sua maior área de deposição está sempre a montante das falhas. Parece representar um mecanismo de barragem desses cursos d'água por reativações dessas linhas de falha com conseqüente assoreamento a montante. Essas formações terciárias estão, assim, intimamente ligadas a esses processos de reativação tectônica.

O estudo de um perfil referente ao intervalo superior da Formação Pedra de Fogo permitiu reconhecer, em ordem ascendente, seis associações faciológicas. As três inferiores são predominantemente siliciclásticas (arenitos e arenitos/dolomitos; pelito com níveis carbonáticos e silicosos; pelito síltico-argiloso), enquanto que as três superiores são mistas, com maior frequência de calcário e sílex (marga, dolomito, pelito e sílex; arenito calcífero e calcário; calcilutito e sílex). Assume-se uma origem marinha restrita (ausência de “sinais” de mar aberto) para o pacote sedimentar, aumentando a aridez para o topo (DIAS-BRITO et al., 2007).

A Formação Piauí possui litologia clástica, representada por bancos homogêneos de arenitos de coloração cinzenta a esbranquiçada, amarelados e avermelhados, de granulometria geralmente fina a média e bem selecionados, por vezes conglomeráticos, intercalados com folhelhos vermelhos e calcários esbranquiçados, aflorando ao norte da cidade de Teresina, próximo ao rio Parnaíba (CORREIA FILHO; MOITA, 1997). Vale enfatizar que a Formação Piauí é constituída por material formado em ambientes marinho raso e litorâneo.

Deve-se destacar que os sedimentos que compõem essas formações geológicas se dispõem em camadas horizontalizadas ou com mergulhos suaves, denotando o basculamento de blocos por efeito de falhamentos. Na porção sul do Município de Teresina, essas rochas são cortadas por soleiras e diques de rochas ígneas básicas (diabásios), de idade Cretácea (MENDONÇA, 2005).

A sedimentação que se deu sobre o embasamento cristalino e sobre o entulhamento Paleozoico rebaixou a antiga extensão e, com os terrenos marinhos do devoniano, iniciou-se a sedimentação culminada no Triássico, limitando a bacia

sedimentar com as falhas que se apresentam no curso inferior do Poti, sendo que em Teresina ocorreu diaclase, cortando arenito 35° oeste, com influência na hidrografia (BAPTISTA, 1981).

A parte sedimentar do Devoniano, por força de seu peso, provoca depressões de leste para oeste, constituindo modificações na bacia e confirmando o que já ficou exposto. Estes dados tornaram-se responsáveis pelas irregularidades das camadas, nas quais os movimentos tectônicos influenciaram o dobramento. “Durante o Triássico e o Cretáceo, a recorrência dos sedimentos terrígenos foi extensiva, posto que irregular, desde o Maranhão e Piauí até o oeste da Bahia”. (AB’ SABER, 1980 citado por BAPTISTA, 1981, p. 59).

A principal estrutura do embasamento que afetou a área da bacia sedimentar do Parnaíba, na sua origem, foi o Lineamento Transbrasiliano, sendo que os movimentos tectônicos que ocorreram durante a sua formação podem ser identificados no Piauí no bordo leste da bacia (formando planaltos, “cuestas”) e nos dobramentos e falhamentos de pacotes de rochas.

Dessa forma, além dos aspectos geológicos da bacia, torna-se necessária, neste trabalho, a análise química e mineralógica dos terrenos sedimentares que ocorrem em Teresina-Piauí, visando à caracterização dos elementos que compõe as diferentes camadas onde ocorre o massará.

2.3 Química e mineralogia de materiais sedimentares

A bacia do Parnaíba é uma bacia sedimentar Paleozoica que possui embasamento constituído por rochas ígneas ou metamórficas, sobre as quais se encontram as diversas formações sedimentares. Os processos envolvidos na formação das rochas sedimentares são o intemperismo físico e químico das rochas preexistentes; o transporte de produtos intemperizados pela água corrente e pelos ventos; a deposição do material na Bacia de Sedimentação; além da transformação pela diagênese do sedimento em rocha compacta.

O processo de diagênese é caracterizado pela redução de volume dos sedimentos, devido ao próprio peso dos sedimentos que vão se depositando por cima. Nos sedimentos mais profundos, os espaços vazios são reduzidos e estes começam a sofrer agregação e compactação. Associada à compactação dos sedimentos, ocorre o processo de cimentação, que consiste no aparecimento de uma matriz, ou seja, um material muito fino entre os grãos dos sedimentos. Este

material também pode ser um cimento resultante da precipitação de substâncias, geralmente carbonato ou sílica, conferindo uma maior consistência. Assim, a formação de uma rocha sedimentar decorre de uma sucessão de eventos, que constituem o chamado ciclo sedimentar (ZEFERINO; MARTINS, 2010). De acordo com Cunha e Guerra (2011, p.61),

[...] as rochas sedimentares são constituídas basicamente de clastos (fragmentos visíveis a olho nu) e matriz (material fino). O tamanho dos grãos (ou clastos), a variação do tamanho do grão (seleção) e a composição dos grãos e/ou da matriz constituem as mais importantes feições para a classificação dessas rochas. No entanto, a geometria dos corpos e a presença e tipo de estruturas sedimentares têm-se tornado características fundamentais para a descrição e o entendimento da evolução das bacias sedimentares.

Geneticamente, as rochas sedimentares podem ser residuais, detríticas, e químicas (quimiogênicas e quimiobiogênicas). As rochas clásticas (detríticas) podem ser divididas em rochas não consolidadas (residuais ou móveis): areia quartzífera, cascalho, argila; em rochas consolidadas ou epiclásticas (conglomerados, arenito) e em rochas piroclásticas (tufitos).

Nos depósitos detríticos mais grosseiros, encontra-se, principalmente, o quartzo, que possui dureza 7. Tendo sido o último mineral a se formar, houve o preenchimento dos vazios entre os minerais, e, por isso, o intemperismo químico atua lentamente sobre esse mineral, sendo, portanto, praticamente inalterável, sofrendo apenas ligeiro desgaste e arredondamento pelo transporte. Estes podem ser carregados a longas distâncias e depositados nos terraços fluviais, a exemplo do que ocorre em Teresina-Pi.

As rochas sedimentares, de maneira geral, são muito importantes na formação dos solos. De modo especial, destacam-se as sedimentares clásticas por serem, muitas vezes, material de origem para a formação de muitos solos. Dessa forma, a pesquisa sobre a qualidade dos sedimentos surgiu em decorrência do crescimento das atividades econômicas e sociais humanas e da maior utilização do solo. Como “fator de produção”, cresceu também a necessidade de entendê-lo como um sistema fonte de sedimentos para a construção civil.

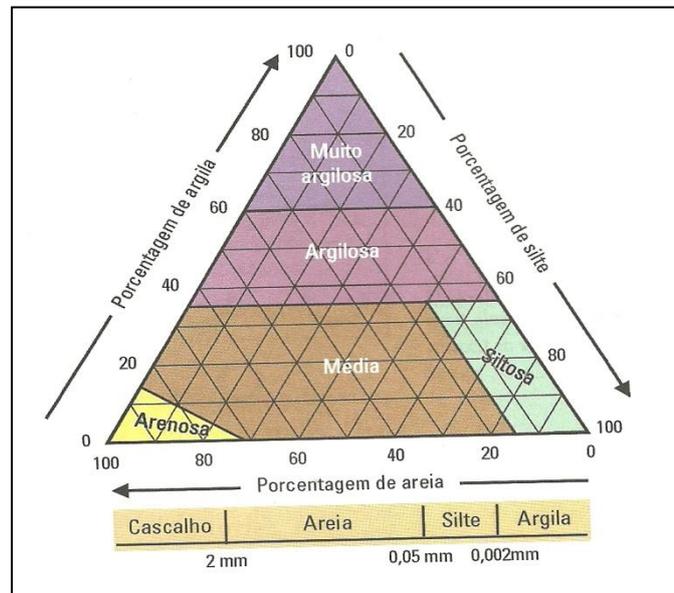
As partículas minerais e orgânicas do solo interagem entre si, conferindo a este propriedades que lhe são fundamentais, seja do ponto de vista do solo em si, ou do ponto de vista da produção e da qualidade de seus sedimentos. A primeira dessas propriedades é a textura, a qual está relacionada a características

fundamentais à qualidade dos sedimentos, pois à medida que há frações de sedimentos em tamanho menor e, em maior proporção, maior será sua capacidade de troca de cátions, de armazenagem de água, de ligação orgânica, estabilidade e estrutura. De acordo com Santos et al. (2005, p. 17), a textura refere-se “à proporção relativa das frações granulométricas – areia (a mais grosseira), silte e argila (a mais fina) – que compõem a massa do solo”

Ainda segundo Santos et al. (2005, p. 20), as 13 classes texturais (Figura 7) utilizadas no Brasil são organizadas em 5 grupamentos:

- **Textura arenosa** – compreende as classes texturais areia e areia franca;
- **Textura argilosa** – compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica de 35 a 60% de argila;
- **Textura muito argilosa** - compreende classe textural argilosa com mais de 60% de argila;
- **Textura média** - compreende classes texturais ou parte delas que apresentam na composição granulométrica menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes areia e areia franca;
- **Textura silteosa** – compreende parte das classes texturais que tenham silte maior que 50%, areia menor que 15% e argila menor que 35%.

Figura 7 – Classes texturais do solo e valores dos limites entre as frações granulométricas



Fonte: Adaptado de Lemos e Santos (1996). In: Venturi (2009).

Para que essas partículas sejam estudadas, é necessário classificá-las em frações cujos limites convencionais sejam estabelecidos conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Limites convencionais das frações granulométricas

FRAÇÃO	DIÂMETRO MÉDIO
Matacão	Maior que 200 mm
Calhaus (ou pedras)	De 20 a 200 mm
Cascalho	De 2 mm a 20 mm
Areia grossa	De 2 a 0,2 mm
Areia fina	De 0,2 a 0,05 mm
Silte (ou "limo")	De 0,05 a 0,002 mm
Argila	Menor que 0,002 mm

Fonte: Santos et al. (2005).

Dessa forma, os solos são compostos por elementos grosseiros, a exemplo dos minerais primários e fragmentos de rocha, sendo que estes são variáveis de acordo com a rocha e praticamente inertes química e fisicamente. Para as frações grosseiras, independentemente da natureza do material, são adotadas as denominações cascalho, calhaus e matacão.

A ocorrência de cascalhos é registrada como qualitativo da textura nas descrições morfológicas: muito cascalhenta (quanto tiver mais de 50% de cascalho), cascalhenta (quanto tiver de 15 a 50% de cascalho), com cascalho (quanto tiver de 8 a 15% de cascalho). O termo seixo é utilizado para as frações grosseiras que apresentam contornos arredondados (rolados), a exemplo dos cascalhos de quartzo (SANTOS et al.2005).

A fração arenosa dos solos é fundamentalmente composta por minerais primários. É constituída de minerais resistentes ao intemperismo (quartzo, turmalina, ilmenita), parcialmente intemperizados (feldspatos, micas e ferrosos, representados pela hematita, magnetita, limonita e goethita), e por agregados de quartzo e argila e agregados de minerais de argila, aparecendo na forma de areia grossa ou areia fina.

Dentre as características da areia grossa estão: fraco poder de retenção da água e substâncias dissolvidas; permeabilidade; falta de plasticidade. Além disso, a areia grossa é solta e incoerente quando seca; quando umedecida é relativamente inerte. Já a areia fina possui propriedades intermediárias entre a areia grossa e o silte (SAMPAIO, 2006).

Para Fontes (1996), o quartzo (Figura 8) é o elemento mais frequente na natureza, por ser mais duro, resistente e estável quimicamente. Quando outros componentes entram na composição dos arenitos em quantidades apreciáveis, estes passam a denominar-se *paraarenitos ou gravaucas*, ou ainda, arenitos sujos, pois apresentam, em sua composição, além de grãos de quartzo e feldspato, fragmentos líticos e argilas. Essa constituição é devida ao transporte por suspensão sob vigência de climas secos. Os arenitos limpos são constituídos predominantemente por grãos de quartzo, que sofreram um transporte bastante efetivo, suficiente para eliminar os demais constituintes de natureza instável e produzir alto grau de arredondamento nos grãos de quartzo. Estes arenitos denominam-se *ortoarenitos* e encontram-se frequentemente em canais fluviais (POPP, 2004).

Figura 8- Fotografia do quartzo, mineral formador de rochas



Fonte: Quartzo (2011).

Quanto à forma cristalina, ou seja, a estrutura das moléculas que compõem o mineral, por se tratar de material quartzoso, apresenta o sistema hexagonal, ou seja, tem três eixos com ângulos de 120° , arranjados num plano e um quarto eixo formando um ângulo reto (90°) com aqueles. Exemplo: quartzo, berilo, calcita, turmalina etc. (MARTINS JUNIOR, 2001).

Segundo Diniz Filho (2008), os recursos e reservas de quartzo no Brasil estão associados a dois tipos de jazimentos: depósitos primários (quartzo de veios hidrotermais e de pegmatitos) e secundários (quartzo ocorrente em sedimentos eluviais, coluviais e aluviões, resultantes do trabalho geológico pelas forças da natureza em depósitos primários).

A fração siltosa é composta por minerais primários de reduzida dimensão, material ferruginoso e calcário, agregados de quartzo e agregados de argila. Dentre as suas características estão o considerável poder de retenção da água; a difícil penetração da água no solo; a plasticidade quando úmida; pouco ou nada pegajosa; relativamente tenaz quando seca; relativamente inerte quimicamente.

As argilas têm como propriedade comum a coesão, que lhes confere plasticidade, ou seja, a propriedade de ser conformada e moldada quando misturada com água, sendo que elas se tornam plásticas para teores de umidade relativamente baixos (Quadro 3). São minerais geralmente encontrados próximos às margens de rios sob as formas de lama e barro e nas cores branca e vermelha. As referidas propriedades mecânicas determinam seu uso na confecção de artefatos artesanais, tijolos e telhas para construção civil e na fabricação de semicondutores elétricos usados em computadores.

Quadro 3 – Propriedades das classes granulométricas dos constituintes minerais

CLASSE GRANULOMÉTRICA	RETENÇÃO IÔNICA	RETENÇÃO DE ÁGUA	PERMEABILIDADE	PROPRIEDADES MECÂNICAS
ARGILA	Forte	Forte	Fraca	Seco – tenaz; Úmido - plástico e pegajoso
LIMO	Fraca	Média	Fraca	Seco – pouco tenaz; Úmido – plástico e Pegajoso
AREIA FINA	Nula	Fraca	Forte	Seco – pouco tenaz e Solto; Úmido – pouco plástico
AREIA GROSSA	Nula	Nula	Forte	Seco – solto Úmido - solto

Fonte: Sampaio (2006).

As argilas são partículas cristalinas extremamente pequenas de elementos denominados argilominerais, que são compostos por silicatos hidratados de alumínio magnésio e ferro, contendo, ainda, geralmente, certo teor de elementos alcalinos e alcalino-terrosos. Os tipos de argila ocorrem de acordo com as relações moleculares sílica/alumina ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) e sílica/sesquióxidos [$\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$]. Os tipos de relações moleculares da argila $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$, ou seja, R_2O_3 é $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$: Sialítica ($> 2 > 2$), Fersialítica ($> 2 < 2$) e Ferralítica ($< 2 < 2$) (SAMPAIO, 2006).

A argila é, portanto, um material natural, terroso, de granulação fina. (SANTOS, 1975), sendo que esses sedimentos podem ser formados por apenas um mineral argiloso, mas o mais comum é ser formada por uma mistura deles, com predomínio de um. Vale destacar que um mineral se define como “um sólido homogêneo, cristalino, inorgânico, de ocorrência natural e composição química definida” (JORDT-EVANGELISTA, 2002, p. 2).

Esta autora explica que os minerais são: homogêneos por serem formados por uma única fase cristalina. São cristalinos, porque seus átomos e íons são organizados conforme um padrão interno tridimensional; inorgânico, por não excluir os sólidos de origem animal e vegetal; natural, por se tratar de elementos originados a partir da ocorrência de processos geológicos e de composição química definida e por poder esta ser expressa por uma fórmula.

Normalmente os minerais são divididos em dois grupos principais, os silicatados e não silicatados. O primeiro responde por um percentual aproximado de 42% dos minerais que constituem a fase sólida do solo. Nesse grupo, estão inseridos os argilominerais, representados pelas argilas, as quais, juntamente com os óxidos e a matéria orgânica, compõem a fração coloidal do solo. Esse grupo de minerais é composto por silicatos e dividido conforme sua estrutura molecular (MERTEM; POLETO, 2006, p. 63). Conforme Menezes (2007, p. 87), a argila ou argilomineral: “[...] integra um grupo complexo de hidrossilicatados, finamente cristalinos, metacoloidais ou amorfos, essencialmente constituídos de alumínio e, às vezes, magnésio e ferro, além de impurezas”.

Todas as argilas contêm água, mas ela é mantida de duas maneiras completamente diferentes. Cada partícula de argilomineral é envolvida e separada de suas vizinhas por um envoltório aquoso. Em geral, quanto maior for a capacidade de troca catiônica do argilomineral, mais largo o envoltório de água, e conseqüentemente, mais plástica será a argila. Também existe a água de constituição. Esta água é parte estrutural das camadas de silicato de alumínio hidratado e aparece como grupos (OH) na fórmula química dos minerais (BROWN; MARTINS, 1995).

O grupo dos minerais silicatados é assim denominado por possuir silício em sua composição. O silício é um elemento não metálico que existe em abundância na natureza e, devido à sua capacidade elétrica, é bastante utilizado para fins de confecção de dispositivos eletrônicos. O silício é encontrado na natureza sob uma

formação tetraédrica, cuja combinação comporta mais quatro átomos de oxigênio, sendo representado pela fórmula: SiO_2 (WHITE, 2009).

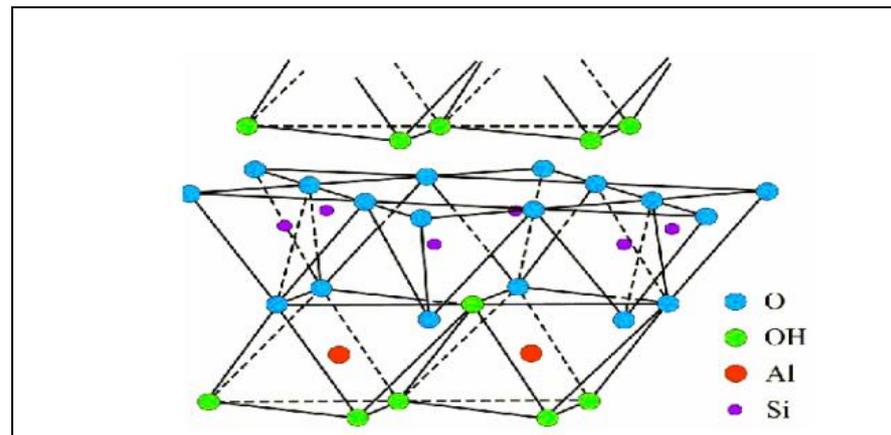
Os argilominerais são constituintes importantes dos solos, sedimentos e rochas sedimentares. São formados basicamente por camadas de sílica (SiO_2) e hidróxido de alumínio $\text{Al}_2(\text{OH})_3$, sendo que a camada de sílica une-se à camada de alumina pela camada de oxigênio e hidroxila. São classificados em duas categorias. Uma formada pela repetição do arranjo de uma lâmina de tetraedros para uma lâmina de octaedros e outra formada por uma lâmina de tetraedros e duas lâminas de octaedros. Essa classificação só é permitida graças à combinação de lâminas originadas pelo agrupamento dos tetraedros de silício (MERTEM; POLETO, 2006, p.68).

Os argilominerais possuem cargas positivas e negativas provenientes da troca iônica entre a parte mineral e a orgânica, presentes nas superfícies das partículas sólidas do solo. Mertem e Poletto (2006) apontam dois processos responsáveis pela geração de cargas nas superfícies dos minerais. O primeiro processo diz respeito à substituição isomórfica, com a qual ocorre a substituição de um elemento por outro, de raio iônico semelhante e de carga elétrica diferente. O segundo se refere ao processo responsável pela origem das cargas variáveis, podendo estas existirem ou não no solo. Esse processo vai depender do pH do meio. As cargas são geradas nos grupos superficiais terminais dos argilominerais, formados basicamente por grupos OH, coordenados pelo Al, que forma aluminol, pelo silício, que forma silanol, apresentando, assim, desbalanço de cargas.

Os principais argilominerais são a caulinita, as micas (representadas pela illita, a flogopita, a muscovita e a biotita), a esmectita (montmorilonita) e a vermiculita. Estes argilominerais se diferenciam de acordo com o tipo de estrutura e as substituições que podem ocorrer.

A caulinita (Figura 9) é o principal mineral dos solos desenvolvidos sob condições tropicais úmidas. É o argilomineral mais frequentemente encontrado na natureza, sendo formado pelo empilhamento regular de camadas 1:1 com estrutura filossilicatada em que cada camada consiste em uma folha de tetraedros SiO_4 e uma folha de octaedros $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ (MELO; ALLEONI, 2009), que também é chamada de folha de gibbsita, ligadas, entre si, em uma única camada, através de oxigênio em comum, dando uma estrutura fortemente polar.

Figura 9 – Estrutura cristalográfica da caulinita



Azul: oxigênio; verde: hidróxido; vermelho: alumínio; roxo: silício.
 Fonte: Scapin (2003).

Este argilomineral é estável na presença de água, pois a adsorção superficial é incipiente, devido à estrutura ser quase eletricamente neutra, por não ocorrer ou ocorrer muito pouca substituição isomórfica. Pode existir pequena substituição de Al por Fe e/ou Si nas variedades relativamente menos cristalinas (GRIM, 1969 citado por PEREIRA, 2004). A sua fórmula é $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (MELO; ALLEONI, 2009).

A caulinita é o principal mineral argiloso, sendo que seus cristais têm geralmente a forma pseudo-hexagonal. Em comparação com outras partículas de argila, apresentam tamanho grande, variando de 0,10 a $5\mu\text{m}$, com a maioria entre 0,2 e $2\mu\text{m}$ (SAMPAIO, 2006). A caulinita representa estágio avançado de intemperismo, mais pronunciado do que quaisquer dos outros tipos principais de argilas silicatadas. Por seu turno, esse mineral está sujeito à decomposição, especialmente nos trópicos.

A formação pedológica da caulinita se deve ao intemperismo gerado pela hidrólise parcial de feldspatos ou outros argilominerais. Com esse intemperismo, todo o potássio e ou outros cátions são eliminados. É formada pela decomposição de silicatos sob condições de intemperismo moderado a fortemente ácido, o que resulta na remoção de íons mais solúveis, como Ca, Mg e Na e de alguma sílica. Os íons solúveis de alumínio e silício que são liberados poderão recristalizar-se, sob a forma de novos minerais de argilas silicatadas, como a gibbsita, ou o que é mais comum, formar minerais insolúveis, tais como hidróxidos de ferro e de alumínio. Esse processo ocorre, assim, a partir da desagregação química de minerais primários (SENGIK, 2003, pp. 9 e 10).

Argilas constituídas essencialmente pelo argilomineral caulinita são as mais refratárias, pois são constituídas essencialmente de sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3). Também vale destacar que, segundo Marangon (2008, p. 1), a caulinita é um argilomineral lamelar de vasta aplicação. Esta é

[...] matéria-prima básica da indústria cerâmica, para a fabricação da porcelana, louça sanitária etc., em mistura com outros produtos minerais pode também ser empregada na preparação de pigmentos à base de anilina, veículo inerte para inseticidas, abrasivos suaves, endurecedor na indústria têxtil, carga na fabricação de papel, carga e revestimento de linóleos e oleados, em sabões e pós dentífrícos, carga para gesso de parede, constituinte do cimento Portland branco, em tintas, e outros. Em medicina, como absorvente de toxinas do aparelho digestivo e como base para muitos desinfetantes. Na fabricação de borracha de alta qualidade, empregada na confecção de luvas para fins médicos e de revestimentos de fusíveis. Em cosméticos e certos plásticos a caulinita também pode ser utilizada como carga inorgânica. Substâncias inertes, como barita e talco podem ser substituídas pelo caulim, em muitos casos. Porém, a maior aplicação industrial da caulinita está relacionada à indústria papeleira, onde a caulinita é utilizada como carga e material de superfície. No futuro poderá ser empregado, em escala comercial, como fonte de alumina e na produção de alumínio metálico. Além disso, novas contribuições para o uso da caulinita em alta-tecnologia são de importância estratégica para o país, uma vez que o Brasil possui a segunda maior reserva mundial deste mineral e é um dos maiores produtores e exportadores mundiais.

Dentre os minerais de argila, existem, também, os óxidos de Fe e Al. Os óxidos de ferro figuram entre os principais agentes responsáveis pela cor dos solos. São a Hematita: Fe_2O_3 (cor vermelha) e a Goethita: $\text{FeO}(\text{OH})$ (cor amarela). Os óxidos de Fe provêm da oxidação do ferro presente na estrutura dos silicatos (olivinas, piroxênios, hornblenda, biotita) das rochas ou podem ser herdados de rochas sedimentares ou mesmo de algumas metamórficas, como é o caso da hematita do itabirito (MELO; ALLEONI, 2009).

A Hematita é um óxido de Fe encontrado em abundância na natureza. Quando estão presentes em sedimentos são, em sua maioria, de origem diagenética. As condições (pedo)ambientais que favorecem a ocorrência de ferrihidrita e sua transformação em hematita são: clima com temperaturas mais elevadas ou menor atividade da água; pH próximo de 7; alto teor de ferro na rocha original; vegetação nativa de cerrado, floresta ou caatinga; relevo suavizado, resultando em elevada taxa de liberação de ferro, e longo tempo de intemperismo de minerais de ferro na sua estrutura (MELO; ALLEONI, 2009).

Entre os óxidos de alumínio, destaca-se a Gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$ - cor branca). A Gibbsita é o hidróxido de Al (alumínio) mais abundante nos solos, especialmente os solos muito evoluídos. Formam camadas octaédricas (dioctaédricas), que crescem pouco segundo a direção z (vertical) (SAMPAIO, 2006). A Gibbsita e a Caulinita são produtos de alteração do silício.

Enquanto as argilas silicatadas possuem forma laminar, os óxidos de Fe e de Al apresentam forma relativamente granular ou equidimensional. Resulta que estes últimos, principalmente a Gibbsita, talvez por se apresentar com maior tamanho, atuam como agentes desorganizadores do arranjo paralelo e de máximo contato mútuo das partículas laminares dos solos. A presença dos hidróxidos de Fe e de Al, como agentes desorganizadores no solo, diminui as forças de coesão e adesão, reduzindo, assim, o encrostamento, a plasticidade, a pegajosidade e a dureza do solo, aumentando, por sua vez, a capacidade de drenagem.

Após o exposto deve-se destacar que as diversas concentrações de minerais na crosta terrestre constituem os depósitos ou jazidas minerais que podem ser explorados economicamente. Porém, a extração de bens minerais que adotam o método de lavra a céu aberto, a exemplo dos materiais voltados para a construção civil (“massará” ou saibro, areias e cascalhos), geram impactos ambientais e conflitos com outras formas de uso e ocupação do solo, assim como tem contribuído para a diminuição crescente de jazidas disponíveis para o atendimento da demanda decorrente da expansão urbana.

2.4 Mineração e interferências antrópicas em ambientes urbanos

2.4.1 Meio Ambiente e impacto ambiental urbano

A preocupação com a proteção ao meio ambiente ocupa lugar de destaque entre aquelas de maior importância para toda a sociedade atual. Cada vez mais, se voltam as atenções para a inviabilidade da ideia de explorar os bens naturais como se estes fossem inesgotáveis. Assim, percebeu-se que o desenvolvimento indiscriminado pode afetar o equilíbrio ecológico, a qualidade de vida e a própria vida, passando o meio ambiente a ser discutido crescentemente.

Dessa forma, a conceituação do que vem a ser o meio ambiente e, principalmente, a sua degradação é um tópico de conhecimento necessário para

quem inicia uma análise mais extensa no que se refere às interferências antrópicas causados ao ambiente urbano, decorrentes da mineração.

O meio ambiente é entendido, segundo Troppmair (1987, p.7), como “O complexo de elementos e fatores físicos, químicos e biológicos que interagem entre si com reflexos recíprocos afetando de forma direta e visível, os seres vivos”. Segundo a Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, é o conjunto de condições, leis, influências e interações que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. (BRASIL, 1981).

Christofolletti (2002, p. 128), por outro lado, mostra que o meio ambiente representa o conjunto dos componentes da geosfera-biosfera e revela que:

[...] A natureza organiza-se e alcança um equilíbrio ao nível dos ecossistemas e geossistemas [...]. Por meio da ocupação e estabelecimento das suas atividades, os seres humanos vão usufruindo esse potencial e modificando os aspectos do meio ambiente, inserindo-se como agente que influencia nas características visuais e nos fluxos de matéria e energia, modificando o ‘equilíbrio natural’ dos ecossistemas e geossistemas. Para avaliar a intensidade da ação humana na modificação do meio ambiente, ao longo dos séculos, penetra-se nos estudos dos impactos ambientais, que têm origem e são causados pelas atividades socioeconômicas.

O meio ambiente representa, também, segundo Corrêa (2001), o resultado material da ação humana sobre a segunda natureza, a natureza transformada pelo trabalho social. A materialidade social, assim criada, constitui, de um lado, o reflexo dos conflitos sociais e, de outro, é o resultado do desenvolvimento das forças produtivas, que geram novas tecnologias e novos meios de produção de ambientes.

O meio ambiente, portanto, deve ser visto como resultado das relações entre o natural e o social, a partir da dimensão temporal, enfatizando as formas como se articulam ou entram em contradição as duas escalas temporais, a da natureza e da sociedade (SPOSITO, 2003).

Para Teixeira (2004), parece indispensável observar-se que, à medida que a espécie humana veio incorporando suas forças à natureza trabalhada, esta foi adquirindo novos contornos, novas silhuetas e foi, sobremaneira, se incorporando de uma nova qualidade social, refletindo, a cada interferência, novos valores de uso do próprio espaço construído e do ambiente gerado, expressos na qualidade, quantidade e variedade dos recursos naturais disponíveis em uma determinada parte do espaço terrestre.

A sociedade está, como um todo, indiscutivelmente, refazendo e ampliando o entendimento de que, ao atuar na natureza, o homem produz mudanças de todas as ordens na forma da matéria, mas também sofre um efeito paralelo, como decorrência direta dessa atuação, ou seja, trata-se de uma via de mão dupla que, no caso particularíssimo da espécie humana, não se restringe apenas a um esquema de relacionamento entre uma espécie e o ambiente que ela ocupa, mas também a um complexo sistema de trocas energéticas e transformações que vão desde os materiais, passando pelas comportamentais, e chegando até as econômico-culturais.

O conceito de meio ambiente, dessa forma, está entrelaçado ao ambiente natural e ao sistema econômico. O ambiente ocupa uma posição vital e indispensável ao funcionamento do sistema econômico, fornecendo-lhe os recursos materiais e energéticos e recebendo os seus rejeitos, afetando e sendo afetado por este. Isto faz com que se estabeleça uma relação de complementaridade do ambiente com o sistema (AMAZONAS, 1996).

A Lei de Bases do Ambiente, da República Portuguesa, no seu art. 5º, dispõe que “Ambiente é o conjunto dos sistemas físicos, químicos, biológicos e suas relações e dos factores económicos, sociais e culturais com efeito directo ou indirecto, mediato ou imediato, sobre os seres vivos e a qualidade de vida do homem” (PORTUGAL, 1987, p. 2). Segundo Marques (2005), a inclusão da expressão qualidade de vida no conceito de meio ambiente leva ao reconhecimento de que dele fazem parte os aspectos do trabalho, cultural e artificial, representados pelos factores económicos, sociais e culturais.

Após a discussão conceitual, deve-se ressaltar que os processos de industrialização, e a conseqüente urbanização, resultantes das ações humanas, contribuíram para a intensificação dos impactos ao meio ambiente. Sendo a urbanização uma transformação da sociedade, os impactos ambientais promovidos pelas aglomerações urbanas são, ao mesmo tempo, produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturada em classes (COELHO, 2004). Leite (2002, p.143), ao tratar da relação entre natureza e cidade, enfatiza o aspecto urbano ao mostrar que:

Natureza e cidade separam-se da consciência social, do valor da vida, da miséria criada e é agravada por um processo de urbanização que, ao não definir as funções desempenhadas pelo

natural e pelo construído, reduz-se à mesma dimensão, estabelecendo e perpetuando uma grosseira confusão entre causas e efeitos do próprio processo urbano.

Leite (2002, p. 144) destaca, ainda, que “as novas relações entre a natureza e a cidade pedem a integração efetiva, a contextualização, e não apenas a simultaneidade dos processos sociais, econômicos, culturais e naturais que contribuem para estruturar o urbano”. A problemática ambiental, portanto, se torna cada vez mais fundamental para pensar o presente e o futuro, pautado na análise da produção socioespacial (RODRIGUES, 1997).

O ambiente urbano ou artificial, nesse contexto, é representado pelas cidades, entendidas como aglomerações humanas dotadas de edificações e infraestrutura (MARQUES, 2005). É um ambiente radicalmente alterado pela ação humana, sendo, antes de tudo, cultural, no qual se concentram os efeitos do modelo industrial-urbano, que predominou como forma de organização socioeconômica das sociedades ocidentais. Corrigir esses efeitos não é tarefa para uma só geração, embora mitigá-los seja desejável e inadiável (BRASIL, 2002a).

Considera-se, portanto, neste trabalho, que o meio ambiente, ao interagir com todas as atividades humanas, principalmente, com um conjunto de atividades urbanas, é modificado continuamente por essas atividades, passando a constituir um ambiente que reflete a dinâmica da própria sociedade. Dessa forma, é para atender eminentemente às necessidades de um modo de vida urbano que se dá a predatória relação com os recursos naturais, provocando diversos impactos ambientais.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução Nº 001 (23/1/86), considera, no art. 1.º, impacto ambiental:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p.1).

Desde modo, juridicamente, o conceito de impacto ambiental refere-se exclusivamente aos efeitos da ação humana sobre o meio ambiente. Portanto, fenômenos naturais, como: tempestades, enchentes, incêndios florestais por causa natural, terremotos e outros, apesar de poderem provocar as alterações ressaltadas, não se caracterizam como impacto ambiental.

Conforme a Norma Brasileira (NBR) ISO 14001 (ABNT, 2004, p. 2), impacto ambiental “é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais de uma organização”. Impacto ambiental é definido, assim, como sendo uma mudança sensível, nas condições de saúde e bem estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema do qual depende a sobrevivência humana. Essas mudanças podem resultar de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta ou indiretamente. Segundo Genrich (2002, p. 23):

Qualquer ação empreendida para a implantação e o desenvolvimento de ações ou atividades de ocupação e uso antrópico sobre o meio ambiente que possibilitem as transformações sobre meios físicos, bióticos e socioeconômicos, podem promover impactos negativos ou positivos.

Assim, as alterações no ambiente causadas por atividades antrópicas podem ser negativas, quando destruidoras ou degradadoras dos recursos naturais, ou positivas, quando regeneradoras de áreas e/ou funções naturais anteriormente destruídas. Havendo, portanto, a necessidade da análise dos impactos ambientais urbanos a partir da investigação das localizações, das distâncias, das condições ecológicas, do acesso diferencial a terra, das ações e formas de apropriação social dos espaços da cidade. Sánchez (2008, p. 31) afirma que:

A possibilidade de ocorrerem impactos ambientais positivos é uma noção que deve ser bem assimilada. Um exemplo corriqueiro de impacto positivo, [...] é descrito como “criação de empregos”. Trata-se, como é evidente, de um impacto social e econômico, campo em que é relativamente fácil compreender que possa haver impactos benéficos. Mas também há impactos positivos sobre componentes físicos e bióticos do meio [...].

Conforme Coelho (2004, p. 24), impacto ambiental é, portanto:

[...] o processo de mudanças sociais e econômicas causado por perturbações [...] no ambiente. Diz respeito à evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações das forças externas e internas à unidade espacial ecológica, histórica ou socialmente determinada.

Com o intuito de tentar explicitar a dinâmica espaço-temporal, La Rovere (2001, p. 10-11) enfatiza as classificações de impacto ambiental. Eis as classificações:

- impactos diretos (ou primários) e indiretos (ou secundários), que consistem na alteração de determinados aspectos ambientais por ação do homem, sendo de mais fácil identificação. Exemplos de impactos diretos são os desgastes impostos aos recursos utilizados, os efeitos sobre os empregos gerados etc. Como impacto indireto decorrente dos anteriores, pode-se citar, por exemplo, o crescimento demográfico resultante do assentamento da população atraída pelo projeto.
- impactos de curto e longo prazo, sendo que impactos ambientais de curto prazo ocorrem normalmente logo após a realização da ação, podendo até desaparecer em seguida. Um exemplo deste tipo de impacto é a produção de ruído e poeira na fase de construção de um projeto. O impacto ambiental de longo prazo verifica-se depois de certo tempo da realização da ação, como, por exemplo, a modificação do regime de rios e a incidência de doenças respiratórias causadas pela inalação de poluentes por períodos prolongados.
- impactos reversíveis e irreversíveis, em que está em jogo o caráter reversível ou não das alterações provocadas sobre o meio.
- impactos cumulativos e sinérgicos, que consideram a acumulação no tempo e no espaço de efeitos sobre o meio ambiente.

O autor destaca, ainda, que inúmeros aspectos determinam um processo para avaliação de impactos ambientais. São eles:

- o conhecimento das possíveis alternativas da proposta em estudo (localização e / ou processo operacional);
- a descrição do local do estudo;
- a descrição do empreendimento projetado;
- definição dos limites espaciais da área estudada;
- a avaliação dos impactos previstos (nas etapas de implantação, operação, planejamento e desativação);
- a definição de medidas mitigadoras;
- a definição de um programa de monitoramento;
- a definição de um padrão de qualidade ambiental desejado após a implementação do projeto (LA ROVERE, 2001, pp. 11- 12).

Na avaliação dos impactos, não se pode desconsiderar sua complexidade no ambiente urbano apresenta um duplo desafio: “[...] De um lado, é preciso problematizar a realidade e construir um objeto de investigação. De outro, é necessário articular uma interpretação coerente dos processos ecológicos (biofísico-químicos) e sociais à degradação do ambiente urbano”. (COELHO, 2004, p. 19).

Esta autora destaca, ainda, que “o impacto ambiental não é, obviamente, só resultado (de uma determinada ação realizada sobre o ambiente): é relação (de mudanças sociais e ecológicas em movimento)”. (COELHO, 2004, p. 25).

Tomando por base as definições é seguro afirmar que atividades importantes para a dinâmica da cidade de Teresina, a exemplo da extração mineral de materiais

voltados para a construção civil, têm colaborado para a ocorrência de impactos ambientais positivos (benéficos) e negativos de natureza física e socioeconômica, assim como também tem gerado danos ambientais, pois tem causado alterações adversas nas características do meio urbano, através de ações antrópicas, diretas e ou indiretas, com reais prejuízos à coletividade.

2.4.2 Dano ambiental e atividades minerais no meio urbano

O dano ambiental surge quando a garantia constitucional que assegura à coletividade um meio ambiente ecologicamente equilibrado é desrespeitada. Segundo Oliveira (1995 citado por ARAÚJO, 2004, p.350), dano ambiental é “qualquer lesão ao meio ambiente causada por ação de pessoa, seja ela física ou jurídica, de direito público ou privado”. Porém, “para a concretização do dano, não basta que certo comportamento altere negativamente ou prejudique o meio ambiente”. (BRITTO, 2003, p.1). Esta autora esclarece que deve haver uma norma proibitiva da atividade ou que proteja certo bem ambiental.

Dessa forma, as lesões causadas ao meio ambiente natural, como também ao meio artificial ou urbano, ao cultural e ao meio ambiente do trabalho, com consequente alteração adversa do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida, pode gerar modificações nos elementos naturais de tal ordem que estes percam parcial ou totalmente, sua propriedade de uso. Assim, o dano ambiental será concretizado caso haja alteração das propriedades físicas e químicas dos recursos naturais, a ação poluente configure-se como significativa e relevante, sendo bastante difícil a reestruturação do meio ambiente ao seu *status quo ante* (BRITTO, 2003).

Deve-se destacar que a atividade mineradora de materiais para a construção civil contribui para a ocorrência de danos ambientais do tipo moral, pois atingem valores imateriais da sociedade, como a degradação do meio ambiente ecologicamente equilibrado ou da qualidade de vida. Neste contexto há o estabelecimento da responsabilidade civil, onde o infrator passa a ter o dever de ressarcir qualquer dano, de ordem moral ou patrimonial. Britto (2003, p.13) destaca também que:

[...], a legislação brasileira abraçou a modalidade da teoria do risco integral. Essa ideia é a forma mais rigorosa de imputação de responsabilidade por dano ambiental e sugere a inexistência de excludentes de responsabilidade. Por essa teoria, basta à atividade contribuir para a concretude do evento danoso para haver

responsabilização civil. [...]. Isso significa que quem danificar o ambiente tem o dever jurídico de repará-lo, bastando, apenas, o binômio dano/reparação. A obrigação de reparação decorre somente do fato danoso, excluindo-se qualquer outra determinante externa a ele, [...].

A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81), ao regular em seu artigo 14, § 1º, estabelece que,

Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente de existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, efetuados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente. (BRASIL, 1981, p.11).

De acordo com o ordenamento jurídico brasileiro, o principal responsável pelo dano ambiental é o poluidor. Entende-se como poluidor a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental (BRASIL, 1981). A lei nº 6.938/81 estabelece, assim, que o poluidor pagador deve reparar os danos causados segundo o princípio da responsabilidade objetiva (ou sem culpa). Portanto, a reparação dos danos é um componente essencial da responsabilidade civil.

Conforme Lima-e-Silva, Guerra e Dutra (2010) uma parte dos efeitos danosos dos empreendimentos, a exemplo da mineração, frequentemente relegada à segundo plano pelas partes interessadas, são danos advindos da implantação e, posteriormente, do encerramento da atividade, pois implantar uma atividade requer a ocupação de uma área, consumo dos recursos naturais e geração de poluição.

Estes autores destacam também que outra questão importante sobre a estimativa de impactos potenciais de empreendimentos refere-se à avaliação das conseqüências dos eventos inesperados, os acidentes, e explicam que:

Acidentes são aqueles eventos que não estão programados para ocorrer dentro do processo normal de produção, [...] e que podem ocasionar danos inesperados, expressos tanto em prejuízos financeiros diretos [...], quanto danos ambientais, incluídas vidas humanas (LIMA-E-SILVA; GUERRA; DUTRA, 2010, p.242).

Deve-se enfatizar que a exploração, o transporte e o manuseio dos minerais podem causar uma série de danos ambientais. Sendo que estes representam, prejuízo para todos, pois o meio ambiente não é um bem divisível, sendo que a

proteção e manutenção de qualidade é dever e direitos de todos, das gerações presentes e futuras.

Dessa forma, faz-se necessário o uso do conhecimento e de tecnologias disponíveis para reduzir os impactos e danos ao meio ambiente. Também urge o estabelecimento de uma sociedade civil global que crie novas oportunidades para construir um mundo democrático e humano. Os desafios ambientais, econômicos, políticos e sociais estão interligados, podendo-se, dessa forma, estabelecer soluções includentes que contribuam para a minimização dos conflitos socioambientais, necessárias para a construção de sociedades sustentáveis.

2.4.3 Conflitos socioambientais da atividade mineradora

Devido à exploração desenfreada dos recursos minerais, ao alto consumo e às elevadas taxas de crescimento populacional nos anos de 1970, surge a preocupação com o meio ambiente. Dentre as atividades geradoras de impactos e danos ambientais, está a mineração, sendo que os principais problemas oriundos dessa atividade, no território brasileiro, podem ser englobados em quatro categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora e subsidência do terreno.

Segundo Bitar (1997), a mineração provoca um conjunto de efeitos não desejados, que podem ser denominados de externalidades, tais como: alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos, geração de áreas degradadas e transtornos ao tráfego urbano. Dessa forma, essas externalidades geram conflitos com a comunidade, os quais, normalmente, têm origem quando da implantação do empreendimento, pois o empreendedor não se informa sobre as expectativas, anseios e preocupações da comunidade que vive nas proximidades da empresa de mineração.

Sánchez (2008) esclarece também que, do ponto de vista dos empresários, existe uma tendência de ver os impactos causados pela mineração unicamente sob as formas de poluição, que são objeto de regulamentação pelo poder público, o qual estabelece padrões ambientais: poluição do ar e das águas, vibrações e ruídos, gerando, assim, diversos conflitos com a comunidade do entorno da atividade mineral.

As percepções acerca dos problemas ambientais de cada uma das partes envolvidas, normalmente, são diferentes daquela do empresário. As partes envolvidas na mineração, uma vez informadas sobre a atividade, têm condições de

interferir no processo de gerenciamento dos impactos socioambientais, para a busca de soluções que minimizem as situações de conflito.

É notório que os impactos causados pela mineração, associados à competição pelo uso e ocupação do solo, geram conflitos socioambientais em decorrência da falta de metodologias de intervenção, que reconheçam a pluralidade dos interesses envolvidos. Dessa forma, os conflitos gerados pela expansão desordenada e sem controle dos loteamentos nas áreas limítrofes aos locais de extração mineral exigem uma constante evolução na condução dessa atividade para evitar situações de impasse (FARIAS, 2002).

Os impactos da mineração em áreas urbanas estão relacionados, portanto, à acelerada expansão horizontal. Esses impactos são agravados, em razão da proximidade entre as áreas mineradas e as áreas habitadas. A construção de grandes conjuntos habitacionais pelo poder público ou empreendimentos particulares, as ocupações irregulares de vilas ou favelas e demais formas de uso e ocupação do solo tornam aleatórias as perspectivas de garantia de suprimento futuro, inviabilizando a manutenção de uma atividade mineral sustentável.

O empreendedor deve, portanto, tomar ações preventivas para minimizar os conflitos, a exemplo da compra ou do arrendamento de áreas no entorno do empreendimento, para que possa ocorrer a melhoria das relações com os proprietários das terras vizinhas, além do planejamento das operações de lavra e de beneficiamento de acordo com as disposições legais que regulam o uso e ocupação do solo na região (FREIRE, 2000 citado por FARIAS, 2002).

A atividade extrativa mineral tem gerado diversos danos ambientais nas Áreas de Preservação Permanente (APP), devendo, então, haver a proteção dessas áreas por parte dos poderes públicos que atuam no setor mineral, em conjunto com a sociedade civil e com os empresários, de modo que sejam implementadas normas e procedimentos com critérios claros.

A mineração de materiais de uso imediato na construção civil, desenvolvida a céu aberto, a exemplo da extração de areia, massará e seixos, tem provocado problemas ambientais e diversos conflitos com outras formas de uso e ocupação do solo, sendo que tais atividades minerais vêm conduzindo a uma diminuição crescente de jazidas disponíveis para o atendimento da demanda desses materiais pelas principais regiões metropolitanas.

Segundo Fonseca (1995), os impactos da mineração a céu aberto decorrem da destruição completa da área da jazida e das áreas vizinhas, porém, é possível conduzir a operação de lavra no sentido de recuperar a aparência e o equilíbrio natural das áreas lavradas. A referida autora destaca que:

Ao tratar do impacto da mineração a céu aberto sobre a área da jazida e da recuperação da área minerada, devem-se distinguir três casos: áreas e jazidas onde é possível a volta à situação igual, ou muito próxima, à anterior da existência da mina; áreas e jazidas onde a mineração altera irreversivelmente a paisagem e não é possível a volta à situação anterior; áreas e jazidas onde, a critério da sociedade e/ou das autoridades, existem razões que recomendem que a mineração não se implante. [...] A maior parte das minerações brasileiras [...] se enquadram no segundo caso, de áreas que ficam irremediavelmente alteradas pela mineração. [...]. Em geral são corpos minerais situados em topografia elevada, e uma vez minerados não há como reconstituir a topografia [...]. (FONSECA, 1995, p. 178).

Segundo Borges e Martinez (2001, p. 37-38), existem alguns pontos relevantes para a sustentabilidade da atividade mineradora e para a redução dos impactos ambientais, a saber:

- Buscar atuar sempre de forma a prevenir a degradação ambiental;
- Minimizar ao máximo os impactos, buscando, sempre que possível, a condição mais próxima da natural de origem dos terrenos trabalhados;
- Restaurar satisfatoriamente os sítios degradados;
- Controlar os processos erosivos e de estabilidade do terreno;
- Garantir a segurança e a estabilidade física, química e biológica das áreas mineradas e adjacentes;
- Revegetar de forma contínua as áreas desmatadas e outras adjacentes ao projeto;
- Gerenciar e monitorar de forma contínua todas as áreas de influência do projeto mineiro;
- Reduzir a níveis satisfatórios a emissão de poeiras e gases na atmosfera;
- Minimizar os impactos visuais;
- Garantir a segurança, a saúde e a higiene da comunidade e das áreas públicas;
- Promover e manter a autossustentabilidade dos ecossistemas, bem como sua biodiversidade, protegendo a vida e os espécimes da fauna e da flora;
- Prever o desmonte e a remoção das instalações, equipamentos e materiais;
- Assegurar o uso viável da terra e a qualidade de vida da comunidade local após a atividade de mineração;
- Prever medidas complementares e corretivas após a exaustão da mina;
- Promover medidas compensatórias como forma de amenizar os impactos relevantes.

Farias (2002) ressalta, ainda, que a incorporação da questão social, além da ambiental, é de suma importância ao tratar dos processos de fechamento das minas, dentro da concepção do desenvolvimento sustentável, pois o fechamento de minas acarreta problemas sociais mais graves e de difícil solução. O planejamento efetivo da atividade mineradora deve ser realizado, desde a implantação do projeto, de modo que, quando do seu fechamento, os impactos sociais e ambientais sejam minimizados, especialmente a mineração realizada a céu aberto.

O enfoque dado à mineração de pequeno, médio ou grande porte, relacionada à produção de areia, seixos, massará e de outros agregados para a construção civil, tem estabelecido, portanto, dimensões ambientais, além das socioeconômicas muito relevantes e disseminadas em todo o país, pois contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população que dela depende direta ou indiretamente. Porém, a solução dos conflitos decorrentes da atividade mineral passa por estudos que contemplem os benefícios e malefícios gerados pela mineração local, a exemplo do que ocorre em Teresina, no Piauí.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

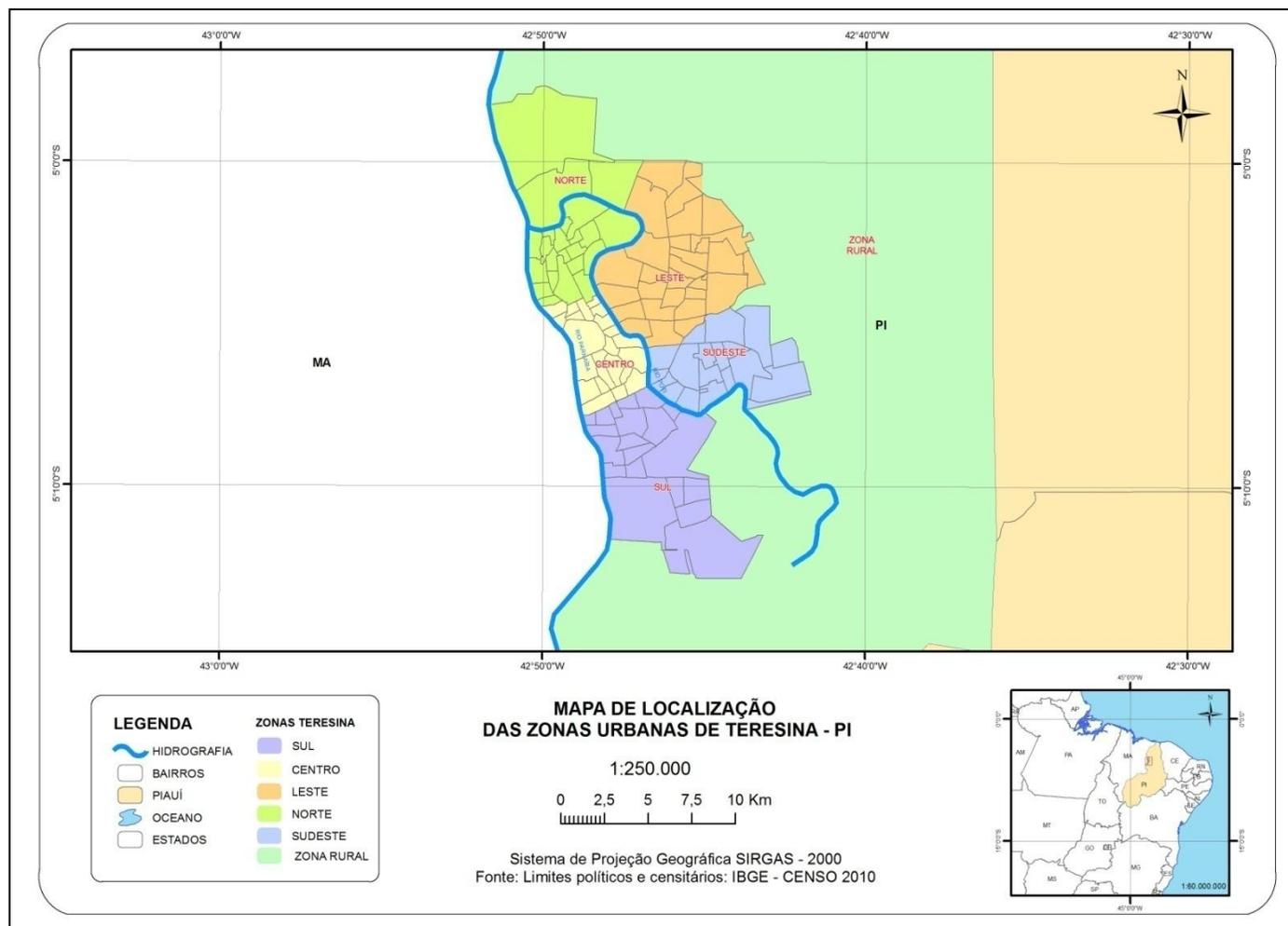
3.1 Localização de Teresina

Teresina, capital do estado do Piauí, possui coordenadas geográficas 05°05'12" Sul e 42°48'42" Oeste. A altitude média da Zona urbana é de 72m e do município de 100-150m. Ocupa uma área territorial de aproximadamente 1.392 km² (IBGE, 2010). Limita-se ao norte com José de Freitas e União; a leste com Altos, Lagoa do Piauí e Pau d' Arco do Piauí; ao sul com Demerval Lobão, Monsenhor Gil, Currálinhos, Nazária e Palmeirais; e a oeste com Timon, no estado do Maranhão; (FORTES, 2010) (Figura 10). Cumpre enfatizar que a cidade de Timon se separa de Teresina apenas pelo rio Parnaíba, ocupando uma área aproximada de 1.743 km², onde moram cerca de 155.460 habitantes (IBGE, 2010a). Esta cidade possui forte dependência econômica e social com Teresina.

Localiza-se na região norte do Piauí, em uma região conhecida como Meio Norte, constituindo uma área de transição entre o Semi-árido nordestino e a região da Amazônia. Teresina é a única capital do Nordeste a situar-se no interior, a 350 km do litoral. É favorecida por se encontrar num importante entroncamento rodoviário nordestino, que interliga seus estados à região Norte e facilita a comunicação com os principais centros urbanos das regiões Sudeste e Centro-oeste, tendo, como principais vias de acesso, as BRs: 316 (São Luís-Teresina-Recife), 343 (Florianópolis-Teresina-Parnaíba) e 226 (Teresina-Fortaleza-Natal) (FORTES, 2010).

A parte central da cidade de Teresina está situada entre o Rio Parnaíba e o Rio Poti, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Parnaíba. Por essa característica, a capital piauiense é conhecida como Mesopotâmia do Nordeste.

Figura 10 - Mapa de localização da zona urbana de Teresina no Piauí e Brasil



Banco de dados: IBGE (2010b). Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Paulo Henrique Santana Sousa (2013).

3.2 Ambiente físico da Bacia do Rio Parnaíba

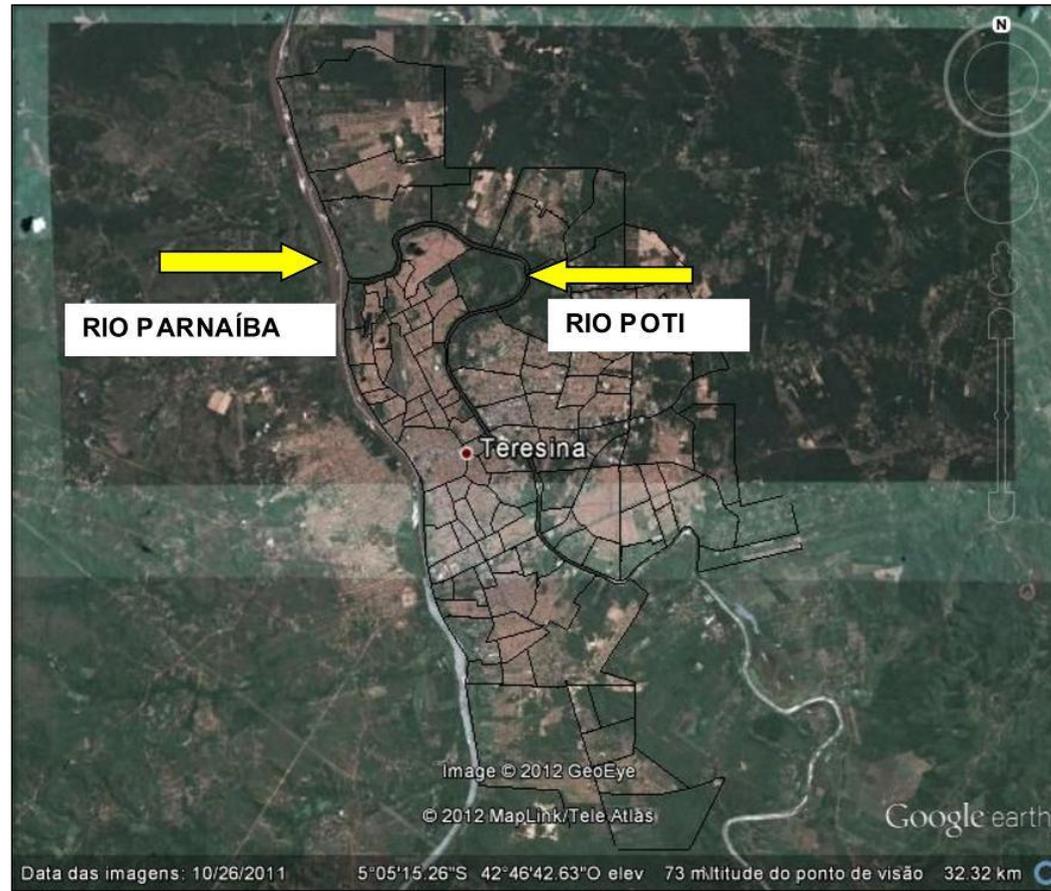
3.2.1 A rede de drenagem de Teresina

A cidade de Teresina é cortada por dois grandes rios (Figura 11), os quais cruzam todo o estado do Piauí: o Parnaíba e o Poti. A bacia hidrográfica do rio Parnaíba (Figura 12), que tem como um dos seus grandes afluentes o rio Poti, está situada na porção ocidental da região Nordeste do Brasil, com uma área drenada de 339.390 Km², da qual 75% correspondem ao estado do Piauí, 19% ao estado do Maranhão e 6% ao estado do Ceará. A bacia caracteriza-se por uma configuração assimétrica com maior concentração de afluentes na margem direita, sendo os principais os rios Longá, Poti, Canindé e Gurguéia (RIVAS, 1996).

O rio Parnaíba nasce numa das soleiras da Chapada das Mangabeiras, nas confluências dos estados de Tocantins, Bahia, Maranhão e Piauí. Suas nascentes principais localizam-se a 10° 15' 09" de latitude Sul e 45° 56' 54" de longitude Oeste, onde recebe o nome de riacho Água Quente. A partir daí, percorre 1.480 km até a sua foz no oceano Atlântico, onde se bifurca em cinco braços, formando um grande delta, com cerca de oitenta ilhas. O rio Parnaíba é o principal rio piauiense, perene em todo o seu curso, porém, a maioria de seus afluentes da margem piauiense tem regime temporário, como o Poti, que tem sua foz na cidade de Teresina (TERESINA, 2002a).

Devido à redução de velocidade das suas águas, ainda no seu alto curso, ocorre a diminuição da capacidade de transporte de sedimentos em suspensão, ocasionando a redução progressiva da profundidade do leito e a formação de bancos de areia, comuns nas paisagens dos trechos dos médio e baixo cursos (Figura 13).

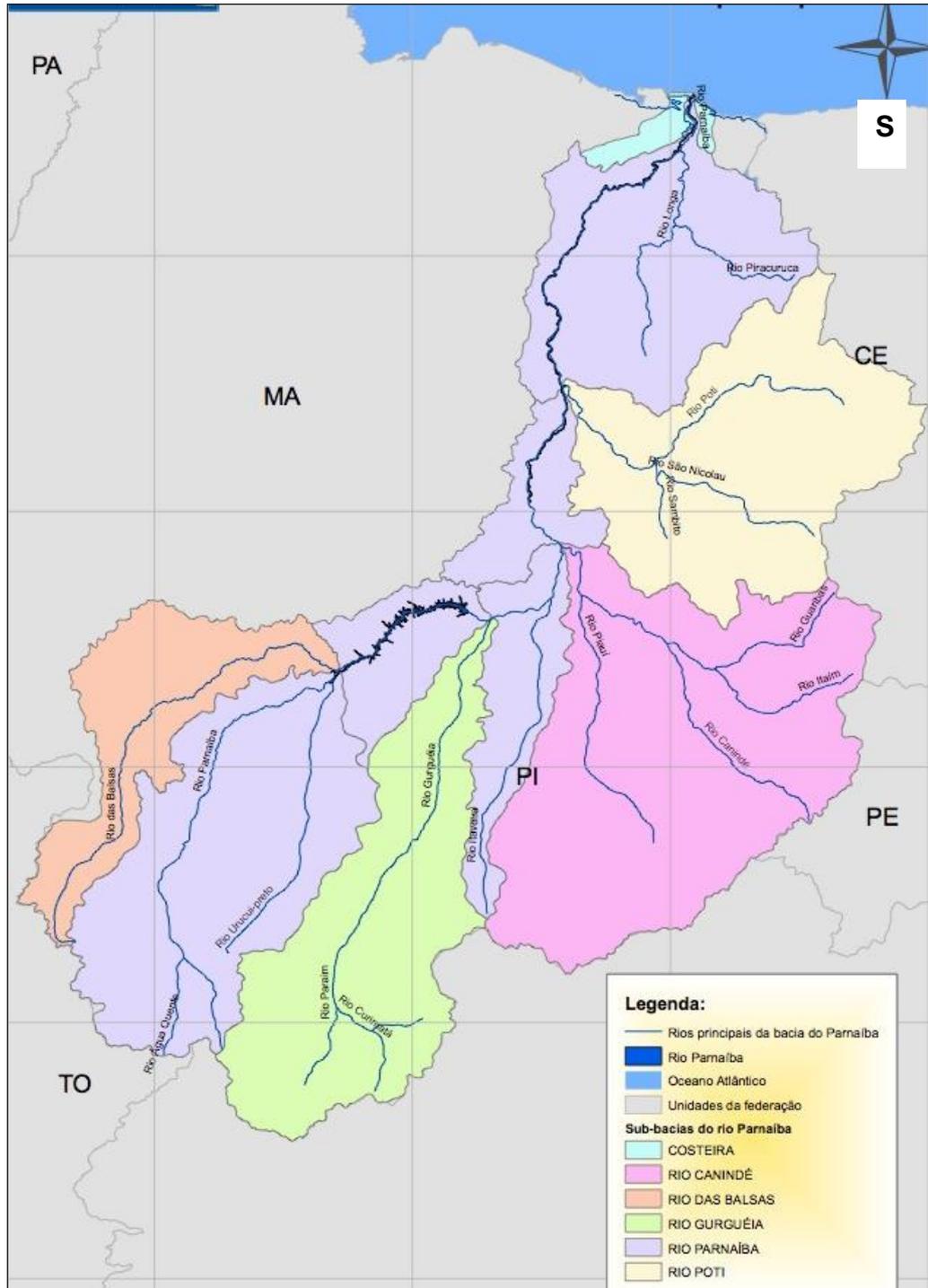
Figura 11 - Imagem de satélite destacando zona urbana e rede de drenagem da zona urbana de Teresina-Piauí



A imagem de satélite adaptada destaca a rede de drenagem na zona urbana de Teresina-Piauí.

Banco de dados: Google Eart (2011). Acesso em: 26 out. 2012. Teresina (2010).
Organização: Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla lamara de Passos Vieira (2011).

Figura 12 – Localização das sub-bacias do rio Parnaíba



Fonte: Condevasf (2012?).

Figura 13 – Fotografias em mosaico mostrando rede de drenagem de Teresina-Piauí



A: Vista panorâmica do rio Parnaíba, com destaque para o material aluvionar no leito. No primeiro plano do lado esquerdo da foto, parte da área de lagoas da Zona Norte de Teresina. B: Paisagem do encontro das águas dos rios Poti e Parnaíba, na Zona Norte de Teresina - PI.

Fonte: Müller (2002) e Meneses (2005).

Conforme Lima (1982), a bacia hidrográfica do Poti apresenta uma área de aproximadamente 49.800 Km², estando localizada na porção centro-norte do estado do Piauí e oeste do Ceará. A geologia do trecho cearense da bacia, representada pelo embasamento cristalino, compreende o grupo Caraíba, que é formado por um conjunto de rochas gnáissicas, intensamente migmitizadas, nas quais se destacam a biotita-gnaïsse cinza associada a anfibólios, quartzitos e micaxistos, datados do Pré-Cambriano Indiviso. A “área testemunha a atuação de longos processos de erosão, sendo considerada [...] como área de circundesnudação periférica [...]”. (LIMA, 1982, p.13).

Lima (1982) destaca ainda que a geologia das regiões periféricas do médio e baixo curso da bacia do Poti é constituída por rochas sedimentares e que suas Formações se dispõem sucessiva e paralelamente em camadas sub-horizontais, com mergulho suave no sentido leste para oeste, portanto, para o interior da bacia do Parnaíba.

O rio Poti tem sua origem, assim, nos contrafortes orientais da serra Grande, no estado do Ceará (na depressão cristalina), com altitude de cerca de 600m, sendo formado pela confluência dos riachos Santa Maria e Algodões, com uma extensão de 350 km. À jusante do município de Prata do Piauí, o rio Poti sofre uma inflexão de 90° e toma o rumo noroeste até desaguar na jusante da cidade de Teresina (RIVAS, 1996).

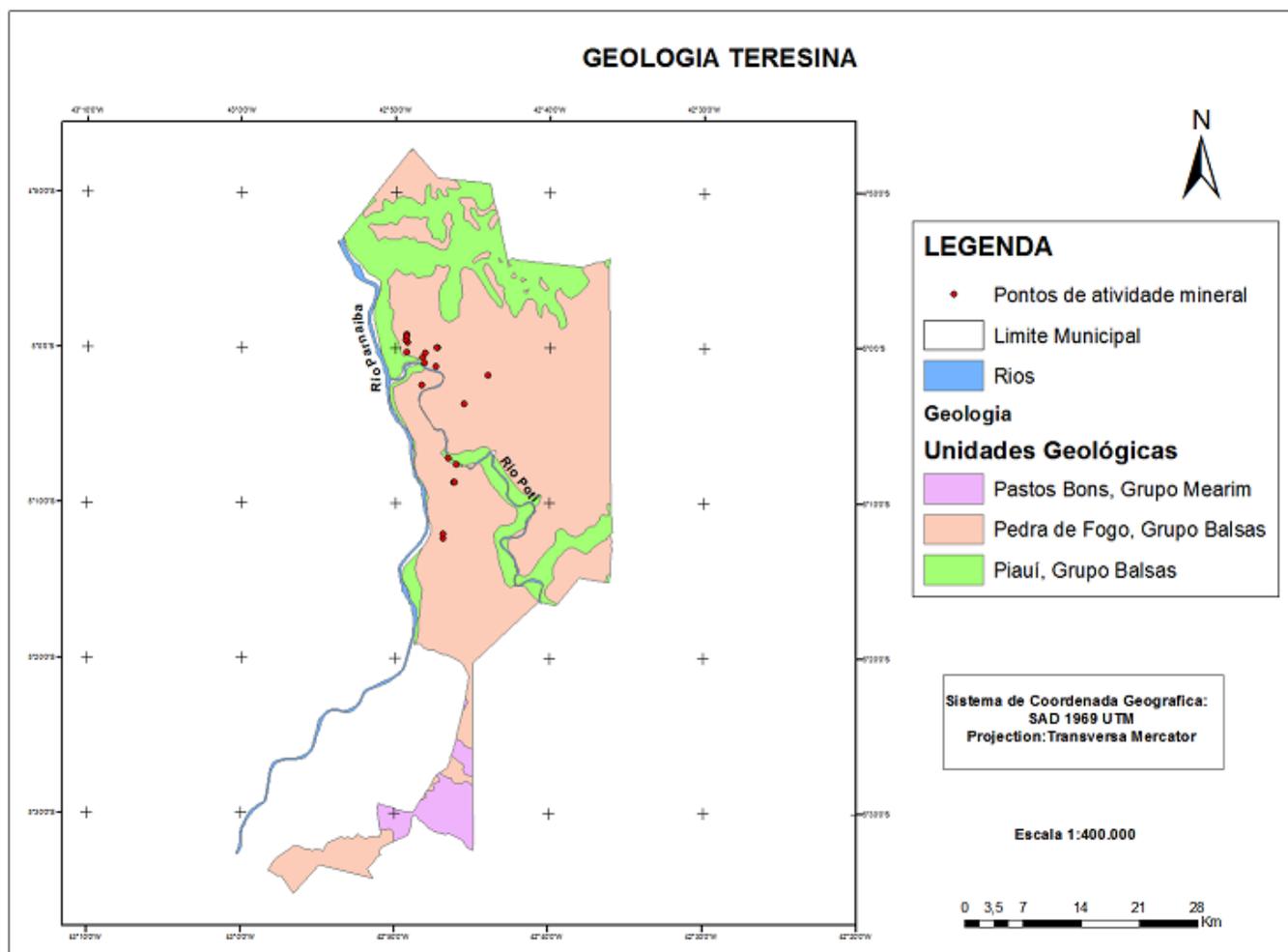
Na cidade de Teresina, esses dois grandes rios recebem afluentes de pequena extensão, inclusive alguns formados na área urbana, mas com regime temporário.

3.2.2 Arcabouço geológico e geomorfológico de Teresina

As rochas aflorantes em Teresina são sedimentos permianos integrantes das Formações Pedra de Fogo e Formação Piauí (Figura 14), do Carbonífero Superior. A primeira formação é composta por alternância de arenitos amarelados de granulação fina a média, siltitos e folhelhos de coloração variada, predominando as tonalidades arroxeadas e avermelhadas e anidrita branca. Ao longo desse pacote, intercalam-se níveis de silexitos, ocasionalmente oolíticos, e, mais raramente, ocorrem finas lentes de calcário com fragmentos de sílex (BRASIL, 1982). Este material possui um largo emprego na construção civil, pois sua alteração e desagregação formam a maioria dos depósitos secundários, denominados “formações superficiais”, representadas por areias, argilas, barro, “massará” e seixos (CORREIA FILHO; MOITA, 1997).

Refletindo sobre essa estrutura geológica, tem-se que os grandes compartimentos do relevo dessa bacia sedimentar apresentam uma topografia de topos tabulares e sub-horizontais, apresentando cerca de 900m de altitude no limite com o Ceará e descendo de forma escalonada pelo desdobramento da cuesta da Ibiapaba em planaltos e depressões interplanálticas, para o interior da bacia, caindo para altitudes de 150 metros no entorno da cidade de Teresina. Esses baixos planaltos que se apresentam nas Zonas Sul e Norte da cidade são compartimentados pelos rios Poti e Parnaíba e dissecados pelos seus afluentes de pequenas dimensões, que cortam a cidade (LIMA, 2002).

Figura 14 - Mapa geológico do município de Teresina-Piauí



Banco de dados: CPRM (BRASIL, 2010). Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla lamara de Passos Vieira (2012).

A partir de observações *in loco*, constatou-se a formação de vários depósitos aluviais arenosos no interior do leito menor do rio Parnaíba, demonstrando que, na área do entorno da foz do rio Poti, o Parnaíba também contribuiu para a formação dos terraços fluviais que ocorrem na capital piauiense.

Teresina tem, na Zona Norte, uma área naturalmente inundável, caracterizando-se como um ambiente deposicional extremamente dinâmico, sendo que as lagoas estão dispostas em cordões subparalelos (Figuras 15 e 16), correspondentes a antigos leitos do rio Parnaíba. Resultam da migração para oeste do leito do rio, em curso, nos últimos 10.000 anos.

Figura 15 – Imagem de satélite mostrando antigos canais da planície aluvionar da barra do Poti



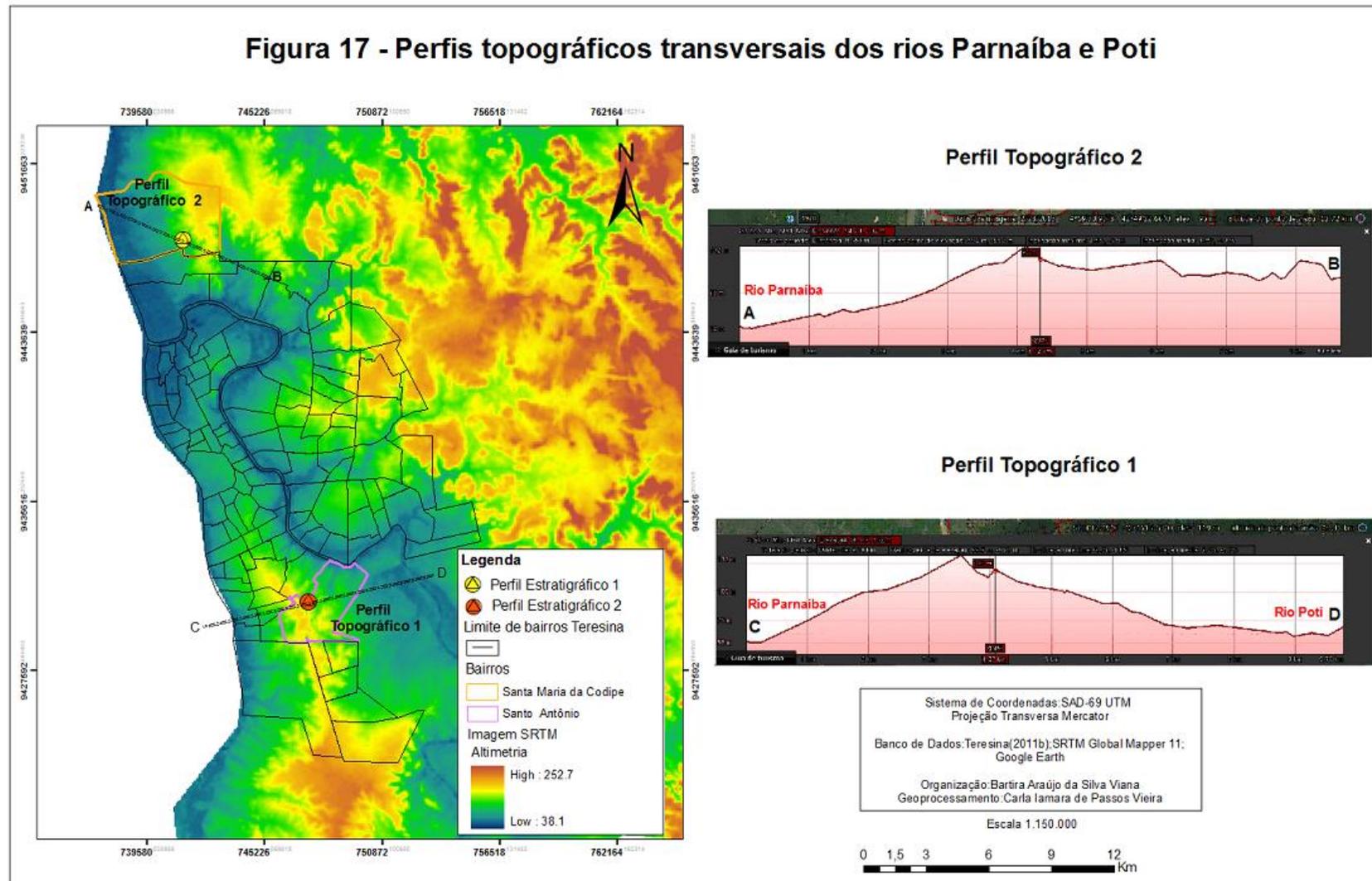
No detalhe, os antigos canais e principais linhas de deposição reconhecidos na planície aluvionar da barra do Poti (números 1, 2, 3 e 4). À direita da figura, o rio Poti e seus meandros e, à esquerda, o rio Parnaíba.
Fonte: Mendonça (2005).

Figura 16 – Fotografia das lagoas da Zona Norte de Teresina-Piauí



Vista panorâmica da Zona Norte de Teresina, com destaque para as lagoas do bairro São Joaquim.
Fonte: Meneses (2005).

Observando-se a Figura 17 (perfil topográfico C-D), percebe-se que, ao entrar no sítio urbano de Teresina (limite sul da cidade), o rio Parnaíba forma um vale bem encaixado, enquanto o vale do rio Poti encontra-se já bem alargado. Percebe-se, também, que, nesse ponto, o divisor topográfico entre as duas bacias fica bem próximo do rio Parnaíba, o qual, depois da sua confluência com o rio Poti (perfil topográfico A-B), apresenta o seu vale bem alargado.



Perfis topográficos transversais aos leitos dos rios Parnaíba e Poti, nas Zonas Norte e Sul de Teresina-Piauí. Escala - 1: 150.000. Banco de dados: Teresina (2011b); STM Global Mapper 11; Google Earth (2013). Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla Tamara de Passos Vieira (2013).

Os depósitos aluvionares estão sujeitos aos alagamentos periódicos pela cheia dos rios Poti e Parnaíba, bem como aos alagamentos permanentes, nas antigas cavas, geradas pela extração de cascalho e de argila, posteriormente abandonadas sem recomposição ou com recuperação ambiental inadequada. (Figura 18) (MENDONÇA, 2005).

Figura 18 - Fotografia da lagoa Mazerine, bairro Nova Brasília, Zona Norte de Teresina-Piauí



Fonte: Viana (2012).

Acrescenta-se que o trabalho de deposição de sedimentos nas planícies de inundação do rio Parnaíba, no trecho da cidade de Teresina, ocorreu de forma conjunta com a deposição do rio Poti, uma vez que o divisor topográfico dessa drenagem apresenta-se imperceptível nessa área. Mesmo com o curso formando meandros com curvas muito suaves, ao contrário do Poti, que tem, nesse trecho, curvas fortemente acentuadas. Nos períodos de transbordamento das águas fluviais, esses dois rios formam lagoas e faixas de sedimentos de grande extensão no entorno da confluência Poti/Parnaíba. Destaca-se, também, que, nessa área, as inundações desses rios trazem, periodicamente, grandes problemas sanitários à população, ao mesmo tempo em que amplia as fontes de argilas, largamente usadas pelos oleiros² da região. Note-se que essas lagoas têm caráter permanente devido ao fato de estarem no nível do leito dos rios e serem abastecidas, também, pelo nível freático.

² Os oleiros utilizam argila para confeccionar tijolos para a construção civil e peças artesanais de cerâmica, sendo que estas ganharam mais destaque depois da criação do Polo Cerâmico do Poti Velho. São 23 boxes usados para comercialização de Mandalas, jarros, esculturas, aparelhos de jantar, jóias entre outras peças.

Os platôs e colinas mais baixos desse interflúvio Poti/Parnaíba (Figura19), antes chamados Chapada do Corisco, chegam até próximo da foz do Poti no Parnaíba, onde seu topo apresenta-se com apenas 90 metros de altitude, na área do Parque da Cidade e arredores, tendo um nível de base local de 55m, na barra do Poti (LIMA, 2002). Moreira (1972) destaca que as topografias que descem suavemente da parte mais elevada do interflúvio Poti/Parnaíba não constituíram obstáculo ao crescimento da cidade em direção da chapada, ao contrário, sendo alongado de sul para norte, favoreceu a sua inicial expansão nessas direções.

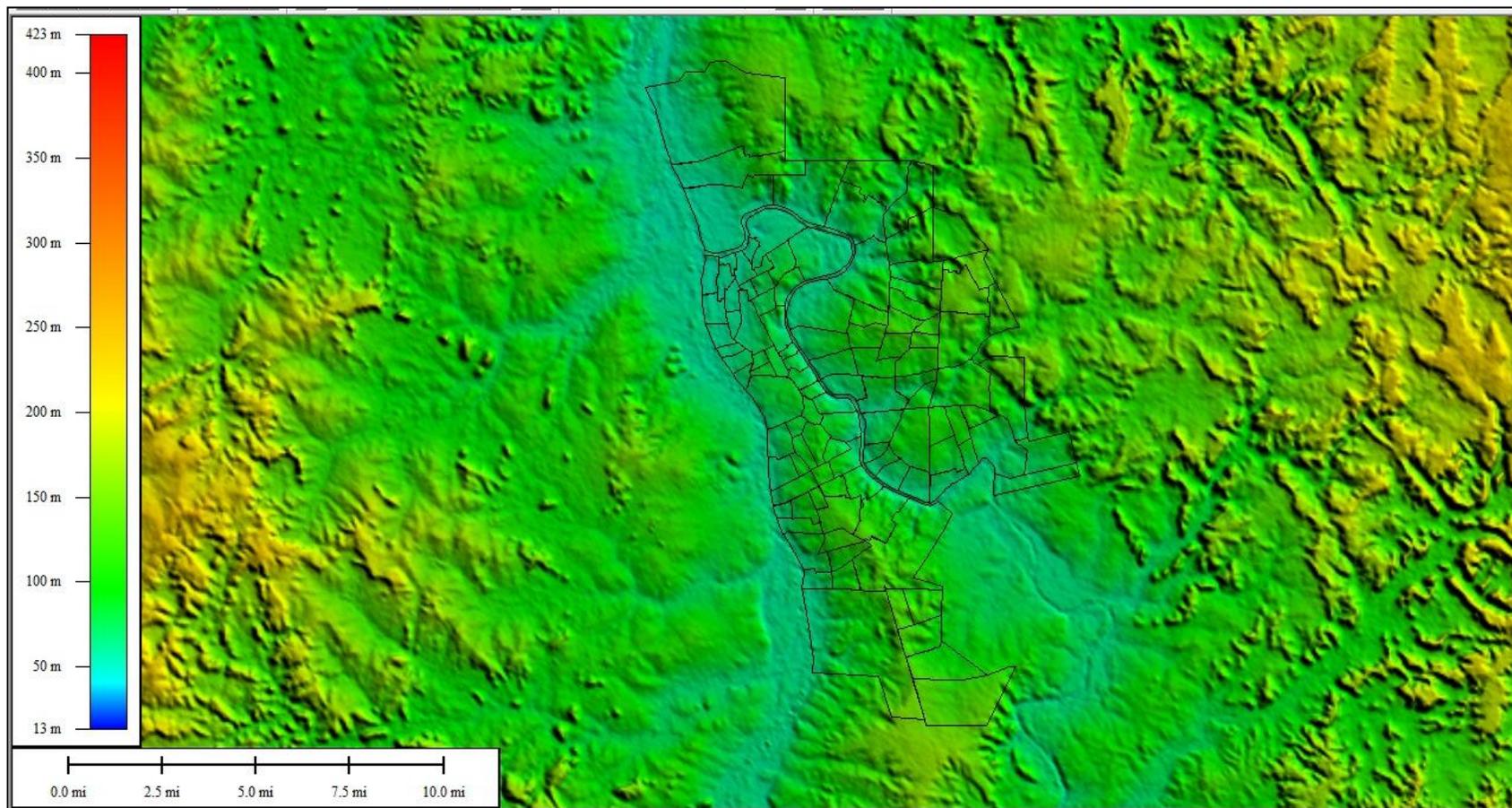
O rio Poti, na cidade de Teresina, por encontrar-se no seu baixo curso, apresenta traçado meandrante, desviando seu curso ao encontrar, como obstáculos principais, as baixas colinas sustentadas por depósitos aluvionais antigos, com destaque para o “massará”. Este se apresenta como camada superficial de baixas colinas, tendo seu entorno rebaixado por erosão.

Dessa forma, as condições geomorfológicas do sítio urbano teresinense são caracterizadas pela presença dos baixos planaltos e dos baixos platôs interfluviais, seccionados por trechos dos rios Poti e Parnaíba, apresentando a direção geral sul-norte, acompanhados por seus respectivos terraços aluviais. No trecho de confluência, esses terraços são mais estreitos no rio Parnaíba, pois se trata do seu médio curso, e mais largos no rio Poti, onde corresponde ao seu baixo curso.

Destaque-se, também, a presença de pequenas planícies lacustres que se formam sobre os terraços do Poti e Parnaíba, onde esses grandes rios recebem seus pequenos afluentes. Nessas áreas, ocorre crescente ocupação habitacional, tanto no entorno dessas lagoas fluviais (inclusive com frequentes aterramentos das mesmas na área urbana), como ao longo do rio Poti, em Teresina.

Na confluência do rio Poti com o Parnaíba, a planície areno-argilosa abriga um conjunto de lagoas alongadas ocupadas, parcialmente, por conjuntos habitacionais construídos pelo poder público e habitações precárias constituídas por vilas e favelas. Esse fato gerou uma situação de vulnerabilidade ambiental e social decorrente da ocupação irregular e da ausência de saneamento básico. Para amenizar a problemática em questão criou-se o Projeto Lagoas do Norte pela Prefeitura Municipal de Teresina visando a melhoria das condições habitacionais e ambientais do local.

Figura 19 – Imagem SRTM destacando a zona urbana de Teresina-Piauí



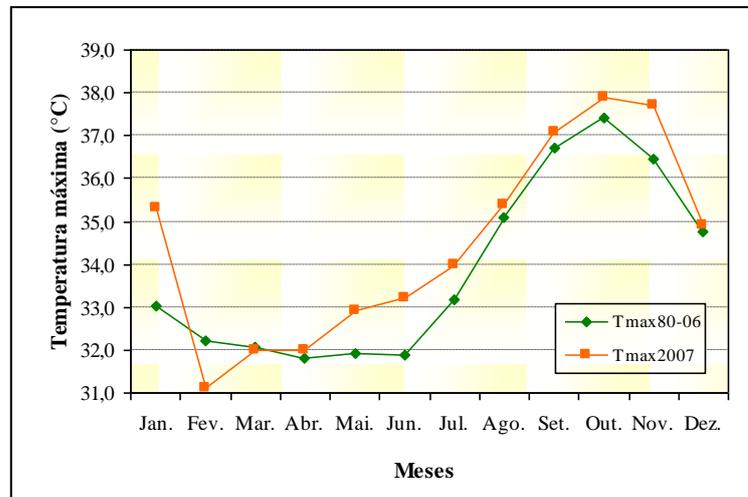
Banco de dados: IBGE (2010b); TOPODATA, INPE (2007). Teresina (2011b). Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2012).

3.2.3 As condições climáticas, solos e cobertura vegetal de Teresina

Com relação aos aspectos climáticos, a bacia do Parnaíba apresenta uma grande variedade, o que reforça a sua condição de transição entre o clima semiárido do Nordeste e o clima úmido da Amazônia. As causas principais desta diversidade climática dão-se em função de fatores meteorológicos e circulação atmosférica e, em segundo plano, por condições de relevo (RIVAS, 1996).

O clima de Teresina é tropical subúmido quente, megatérmico, com duas estações bem definidas quanto ao regime das chuvas: seca de junho a dezembro; chuvosa de janeiro a maio. A temperatura média anual foi de 28,2°C (2007) e 28,4°C (Período 1980-2006), com as maiores temperaturas registradas nos meses de agosto, setembro e outubro (Gráfico 1), nos quais a média das temperaturas máximas foi de 34,5 °C (2007) e 33,9 °C (Período 1980-2006), mas sem diferenças significativas ao longo do ano (BASTOS; ANDRADE JUNIOR, 2007).

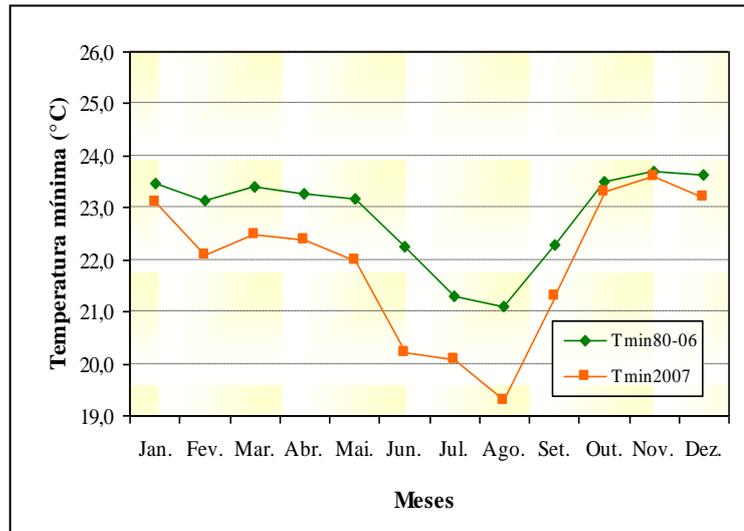
Gráfico 1 - Valores médios mensais da temperatura máxima do ar, referentes a 2007 e ao período de 1980 a 2006. Teresina-Piauí



Fonte: EMBRAPA. Bastos e Andrade Junior (2007).

Em Teresina, a diferença entre as temperaturas mínimas também é muito pequena, sendo 21,9 °C (2007) e 22,8 °C (Período 1980-2006), sendo o mês de agosto o mais frio (Gráfico 2) (BASTOS; ANDRADE JUNIOR, 2007).

Gráfico 2 - Valores médios mensais da temperatura mínima do ar, referentes a 2007 e ao período de 1980 a 2006. Teresina-Piauí



Fonte: EMBRAPA. Bastos e Andrade Junior (2007).

As amplitudes térmicas são elevadas no intervalo dia/noite, o que causa desconforto aos teresinenses. Além desse fato, há, ainda, pequena velocidade dos ventos, sendo registrado $1,2 \text{ m.s}^{-1}$ (2007) e $1,1 \text{ m.s}^{-1}$ (Período 1980-2006) (BASTOS; ANDRADE JUNIOR, 2007). O aumento térmico, ao longo dos anos, ocorre devido à ação antrópica, com a elevação do índice de asfaltamento, com a redução de espaços livres para a circulação do ar, com o advento da verticalização e sua intensificação, com a redução do verde e dos corpos líquidos e com a liberação crescente de gases poluentes pela frota crescente de veículos da capital.

A precipitação média anual de Teresina equivaleu, em 2007, a 1.413,1mm e 1.336,5mm, segundo registros de 1980-2006 (BASTOS; ANDRADE JUNIOR, 2007). No entanto, sabe-se que há anos atípicos, como pode ser observado na grande variabilidade constatada ao longo dos anos: por exemplo, em 1950, a precipitação alcançou 4.013mm, contra 120 mm, em 1958 (TERESINA, 2003).

Embora Teresina esteja localizada numa faixa geográfica de clima mais úmido, em relação à área leste/sudeste do estado do Piauí, de clima semiárido, também ocorrem, de forma esporádica, os tão conhecidos fenômenos das “secas”, que se alternam com períodos de grandes enchentes dos rios Poti e Parnaíba, trazendo transtornos à cidade (LIMA, 2002, p.10).

Quanto aos solos, predominam, em Teresina, os Latossolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos. Ambos se caracterizam pela forte acidez e pouca

fertilidade. Consequentemente, predomina o baixo nível de nutrientes. Entretanto, faz-se presente ainda em Teresina, só que em menor escala, Chernossolos Argilúvicos, que têm como uma de suas características o alto teor de argila, baixo nível de acidez e elevado nível nutricional. (FORTES, 2010).

A resposta às condições climáticas e aos solos é observada na vegetação que coloniza a área em estudo. A vegetação presente em Teresina resulta principalmente dos fatores climáticos. Os fatores edáficos e topográficos são determinantes apenas dentro das zonas de transição das formações vegetais dos tipos floresta subcaducifólia, cerrado e caatinga. No sítio urbano, predomina a floresta subcaducifólia mesclada de babaçu (*Attaleya speciosa* ou *Orbygniamartiana*) (Figura 20), que pode ser observada tanto nos parques ambientais do Mocambinho, Parque da Cidade e Zoobotânico, no bairro Santa Maria do Codipi, no entorno norte do sítio urbano (TERESINA, 2002a).

Figura 20 – Fotografia da Floresta subcaducifólia mesclada de babaçu em Teresina-Piauí



A floresta subcaducifólia mesclada de babaçu é encontrada na Zona Norte e áreas circunvizinhas de Teresina.
Fonte: Viana (2010).

Nas matas teresinenses, ocorre a presença de elementos de cocais, como os buritizais – *Mauritiavivifera* L. f., nas áreas úmidas; os carnaubais – *Copernicea prunifera* (Mill) H. E. Moore; as macaubeiras – *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddex Mart.; e, os tucunzeiros - *Bactris marajá* Mart., nas demais áreas do Bioma Mata dos Cocais, que prevalece a leste do Maranhão, norte do Piauí e oeste do Ceará,

chegando a ocupar parte do estado do Rio Grande do Norte. A composição da cobertura vegetal de Teresina também tem forte influência do bioma Cerrado (SANTOS FILHO, 2005).

A fauna silvestre se mantém habitando a vegetação nativa e é composta por uma significativa população de aves, destacando-se *Guiraguira* (anum branco), *Sporophilalineaola* (bigode), *Pitangussulfuratus* (bem-ti-vis), *Sicalisflaveola* (canários), *Paroaria dominicana* (cabeças-vermelhas), além dos *Passerdomesticus* (pardais), que são uma espécie exótica. Essa população de aves é alvo de caça ilegal. Na capital, funcionam feiras de comercialização de animais silvestres, tendo Teresina se tornado um ponto da rota de tráfico desses (SANTOS FILHO, 2005).

A atividade extrativa mineral, realizada nos baixos planaltos e nas margens dos rios em Teresina, e a ocupação humana intensa têm provocado intensos desmatamentos, destruindo, assim, os recursos florísticos e faunísticos da cidade, o que provoca, por consequência, desequilíbrios ambientais.

3.3 Aspectos históricos e econômicos de Teresina

3.3.1 Histórico da ocupação e expansão urbana

Com a observação dos mapas do município de Teresina e plantas da cidade, percebe-se que, ao longo do tempo, a redução da zona rural, em mais da metade de sua área original, foi acompanhada da ampliação do sítio urbano que, em cem anos, veio a ocupar todo o espaço entre os seus dois grandes rios: Parnaíba e Poti. Na década de 1990, a área urbana passou a ocupar 176,68 Km², ou seja, mais de 4 vezes de sua área original (VIANA et al., 2010c).

A Figura 21 mostra que essa ocupação se deu preferencialmente ao longo dos rios Parnaíba e Poti, o que motivou a volta dos problemas decorrentes das inundações por ocasião das grandes cheias desses rios. Ironicamente, esse constituiu o motivo principal da escolha de um local, a salvo dessas inundações, para abrigar a nova capital do Piauí, em 1850. É importante ressaltar que, nas quatro últimas décadas, esse problema passou a ocorrer, também, nos terraços do rio Poti, a partir do momento que o sítio urbano ultrapassou o leito desse rio, se estendendo para a Zona Leste.

Figura 21 – Fotografia mostrando ocupação na foz do rio Poti no rio Parnaíba, destacando a Zona Norte de Teresina-Piauí em períodos de cheia dos rios.



Fonte: Viana photography (2009).

As políticas públicas e ações privadas implementadas em Teresina, a partir da década de 1950, contribuíram para transformar Teresina em um polo de atração populacional, intensificando o processo de urbanização (VIANA, 2003) (Tabela 1).

Tabela 1 - Evolução da população no município de Teresina – 1970/2010

Ano	População total	População urbana	%	População rural	%
1950	90.723	51.417	56,67	39.306	43,33
1960	142.691	98.329	68,9	44.362	31,09
1970	220.487	181.062	82,11	39.425	17,88
1980	377.174	339.042	89,74	38.732	10,25
1991	598.323	555.985	92,92	42.338	7,07
1996	654.273	613.767	93,80	40.509	6,19
2000	715.360	677.470	94,70	37.890	5,30
2010	814.439	767.777	94,27	46.662	5,73

Fonte: IBGE, Censo Demográfico de 1950 a 2010 e Contagem da população de 1996. Teresina (2002a); IBGE (2010a).

Na década de 1950, Teresina possuía uma população de 90.723 habitantes, sendo 51.417 pessoas vivendo na zona urbana e 39.306 na zona rural (TERESINA, 20012a). A cidade tem seu processo de expansão direcionado para o sentido Leste-Nordeste, devido, entre outros fatores, à criação da ponte dos Noivos. Os bairros que surgiram nessa área foram: Fátima, Jóquei e São Cristovão. Nestes, era e ainda

é marcante a presença da população de alto poder aquisitivo (LIMA, 2010a). Segundo essa autora:

A constituição geográfica da cidade, delimitada pelos rios Parnaíba e Poti, que se entrecruzam na região Norte, determinou o crescimento dessa zona apenas pela ocupação ou complementação de áreas vazias. Na verdade, os maiores investimentos governamentais nas décadas de 1950 e 1960 concentraram-se na parte sul, [...]. Essas inversões, ao tempo em que conferiram um novo formato ao espaço urbano, beneficiaram e supervalorizaram grandes propriedades dessa região, ampliando-se, desse modo, os mecanismos de especulação imobiliária (LIMA, 2010a, p. 34-35).

Na década de 1960, a população urbana ultrapassou o dobro da população rural, pois haviam 98.326 habitantes na cidade e 44.463 na zona rural (TERESINA, 20012a). Esse rápido crescimento populacional contribuiu para um expressivo déficit habitacional, que também ocorria em outras capitais e cidades do Brasil. Nesse contexto, o Banco Nacional de Habitação (BNH) e o Serviço Federal de Habitação e Urbanismo (SFH) foram criados, em 1964, pelo governo federal, objetivando a construção de conjuntos habitacionais populares.

Em Teresina, essas medidas do Governo Federal, quanto à política habitacional, foram colocadas em prática por volta de 1966. Neste ano, foram construídos os conjuntos habitacionais Primavera I (187 unidades), São Raimundo (49), Tabuleta (118), Monte Castelo (302), com destaque para Conjunto Parque Piauí, com 2.294 unidades habitacionais em 1967 (CRISANTO, 2002). Conforme (LIMA, 2010a, p.35-36), esse conjunto foi construído fora do perímetro urbano, provocando assim grandes vazios,

[...] cujo desenho foi-se compondo de áreas densamente habitadas (na maioria, por imigrantes do interior e de estados vizinhos) e de vastas propriedades ociosas, beneficiadas com extensão de rede de serviços até o Conjunto. Os contrastes ensejavam mais tarde diversos conflitos em áreas ocupadas, decorrentes do processo migratório e da ausência de uma política estatal de ocupação e uso do solo urbano.

A cidade de Teresina já possuía, na década de 1970, uma população total de 220.487 habitantes, com 181.062 pessoas residindo na Zona Urbana, o que equivale a 82,11% (TERESINA, 20012a). Nessa década foram construídas, ainda, 7.043 unidades habitacionais em diferentes zonas da cidade. O Conjunto Itararé (atual Dirceu Arcoverde) foi construídos com suas 3.040 unidades.

Nessa década a cidade ganha nova configuração com a criação de onze conjuntos habitacionais, como o Dirceu Arcoverde, em 1977, com 3.040 unidades

(CRISANTO, 2002). Assim, esse vetor, na década de 1970, continuou representando a principal área de expansão da cidade com tendência alta. Lima (2010a, p. 37) explica também que:

[...] em fins dos anos de 1970 novos e extensos conjuntos habitacionais implantaram-se na zona Sul, como o Bela Vista (912 unidades) e o Saci (2.034), também fora do adensamento urbano, o que contribuiu, de forma decisiva, para a expansão do processo de periferização³ e o aumento dos conflitos por terra.

A segunda metade da década de 1970 marcou o início do processo de produção verticalizada em Teresina, fenômeno cada vez mais presente nas médias e grandes cidades brasileiras. Nessa década, o crescimento vertical da cidade ocorreu com a produção de edifícios comerciais na Zona Centro da capital (VIANA, 2003).

Na década de 1980, a população total de Teresina era de 377.174 pessoas, com 339.042 habitantes residindo na zona Urbana, o que equivale a 89,75% (TERESINA, 20012a). Essa década é caracterizada por Crisanto (2002, p. 35) como a época de maior produção habitacional da COHAB-PI. Nesse período, foram construídos novos e extensos conjuntos, chegando a serem produzidas 31.891 unidades habitacionais, quase 70% da produção da COHAB entre 1966 e 2000.

Nesse período ainda, verificava-se o padrão de grandes conjuntos habitacionais, sendo que somente $\frac{1}{4}$ das unidades se localizava em conjuntos menores, com até 300 unidades. Cinco conjuntos de Teresina, construídos na década de 1980, possuíam mais de 1.000 unidades cada. A cidade começa a se expandir com a construção dos conjuntos na direção do vetor Norte, como o Mocambinho I (1982), Mocambinho II (1984) e Mocambinho III (1985), totalizando 5.135 unidades habitacionais. Na Zona Sul, é inaugurado o Conjunto Itararé II (atual Dirceu Arcoverde), com 4.254 unidades e o Promorar – Angelim I, com 4.696 unidades.

³ Entende-se por periferização o “processo caracterizado pela expulsão de populações pobres de áreas centrais dos bairros que, em face do encarecimento da terra urbana e da retenção de grandes espaços vazios visando à valorização imobiliária, são empurradas para fora da malha urbana, abrindo frentes de expansão [...]” (LIMA, 2010a, p.37).

Nos anos de 1980, com 4.254 unidades, o Conjunto Itararé passou a ser o mais populoso conjunto da cidade. Nos anos de 1986 e 1989, foi ampliado o Conjunto Renascença, totalizando 2.350 unidades habitacionais. Façanha (1998, p. 170) relata que:

Ao final da década de 80, foram construídas na cidade aproximadamente 23.179 unidades habitacionais, representando uma quantidade superior ao triplo da existente na década anterior. Essa produção expressiva de habitações, nas décadas de 70 e 80, demonstrou o grau de importância e de complexidade que adquiriram os conjuntos habitacionais na produção do espaço urbano de Teresina, estimulando a expansão da cidade em todas as direções.

Lima (2010a) enfatiza que, nos anos de 1980, foram construídos conjuntos habitacionais em todas as direções da malha urbana, sendo 10.220 unidades ao sul, 7.243 a leste e 6.399 ao norte, totalizando 23.862 unidades, sem obedecer a critérios de organização espacial da cidade. Ainda segundo essa autora:

O desempenho de Teresina nos anos de 1980, fruto dos ganhos e das vicissitudes da urbanização (grandes avenidas, pontes sobre o rio Poti, extensos conjuntos habitacionais para a população de baixa renda), traz, nas suas marcas físico-espaciais, a imagem de uma cidade em expansão, num quadro de grandes contradições e conflitos sociais, com fortes traços segregadores e excludentes das populações pobres. [...]. (LIMA, 2003, p.43).

Nos anos de 1980, ocorre uma maior atuação dos promotores imobiliários no crescimento vertical. Os bairros Cabral, Frei Serafim e Ilhotas são ilustrativos deste caso. Ao final da década de 1980, o processo de verticalização acelerou-se fortemente com o “aparecimento de edifícios de apartamentos residenciais de luxo [...]”. (FAÇANHA, 1998, p. 210).

Já na década de 1990, o município apresentava uma população total de 599.272 habitantes, sendo que 556.911 residiam na Zona Urbana, o que equivale a 92,93% (TERESINA, 20012a). Esta década passa a ser caracterizada pela crise no setor habitacional, em virtude da redução das políticas habitacionais na “forma e qualidade”, inibindo a produção de habitações voltadas para população de baixa renda. Não se pode ignorar que a produção da COHAB-PI foi reduzida drasticamente nessa década, sendo que, entre 1990 e 1994, a COHAB apenas continuou administrando os créditos do SFH e prestando assessoria técnica a construtores locais, porém, sem contratar novos financiamentos para construção (PONTES et al., 2010).

Ainda na década de 1990, foram construídos 25 conjuntos habitacionais, os quais possuíam poucas unidades, caso do Mocambinho IV (1996) com apenas 78 e do Lagoa Azul I (1998) com apenas 19 unidades construídas na direção do vetor Norte. Na direção do vetor Sul, são construídos o Protótipo/Mutirão (1995), com 07 unidades; Conjunto o Dignidade I (1996), com 87; e o Eurípedes de Aguiar (1997), com 30 casas. O Conjunto Deus Quer I (1996) foi construído com 126 unidades na Zona Sudeste (CRISANTO, 2002).

Deve-se destacar que, no período de 1995 a 2000, a COHAB-PI readquire capacidade relativa para reativar a construção de habitações, edificando 48 conjuntos habitacionais, totalizando 5.153 unidades. Nesse período, também foram construídos alguns conjuntos em parceria com a iniciativa privada, por meio do sistema de Autofinanciamento (construção realizada com recursos de poupança do adquirente e da COHAB) e a Auto-gestão (construção contratada pelo adquirente com a utilização de seu FGTS), mas também com investimento públicos do IAPEP (Estadual) e do Habitar-Brasil (Federal). Assim também foram comercializados lotes urbanizados nos anos de 2000 e 2001.

É notório que a ampliação da ocupação do espaço urbano contribuiu também para o aumento de vilas e favelas na cidade, ocorrendo o agravamento das condições de vida dos cidadãos (LIMA, 2010b). Ressalta-se que o Censo de Vilas e Favelas 1999 (TERESINA, 2000) levantou a existência, em Teresina, de 150 vilas e favelas, nas quais moravam 38.852 famílias com uma população de 133.857 habitantes, ocupando 37.820 domicílios. Nesse documento, destaca-se que, em 1993, surgiram 39 vilas e favelas na Zona Sul, sendo que, em 1996, este número chegou a 48, caindo para 45, em 1999, o que corresponde a 30% do total de vilas e favelas presentes no município.

Muitos desses aglomerados surgiram de ocupações recentes, mas outros existem há vários anos sem os serviços básicos necessários. É o caso, por exemplo, da Vila da Paz e Vila Centro Administrativo, localizadas na Zona Sul, e da Vila Bandeirantes (Zona Leste), as quais, mesmo sendo consideradas bairros, conservam características de favela, com moradores vivendo em encostas, próximas a grotões ou em ruas mal definidas (PEREIRA, 2011).

No Bairro Santo Antonio existiam nessa década 10 vilas e favelas, que correspondiam a 22,2% da Zona Sul e 6,6% em relação a Teresina. A média de domicílio por núcleo neste bairro era de 156 unidades, tendo destaque o Parque

Dagmar Mazza, com 405 unidades e a vila São Francisco I, II, III, com 195 unidades. Somando os núcleos do bairro Santo Antonio, Bela Vista e Santa Cruz, chega-se a um total de 57,7% da Zona Sul e 17,3% de Teresina (FAÇANHA; LEAL; CHAVES, 2003).

Ainda na década de 1990, há a consolidação do processo de verticalização em Teresina, deixando mais evidente a segregação socioespacial existente na cidade. Também se presenciam as diversas formas de atuação dos agentes imobiliários, que agem sobre o espaço urbano produzindo e reproduzindo o seu capital. (VIANA, 2005)

O crescimento vertical da capital piauiense vem ocorrendo de forma contínua, privilegiando alguns bairros da Zona Leste, especialmente o Jôquei Clube, Fátima, São Cristóvão e Horto Florestal, que receberam maiores investimentos. Na Zona Centro da cidade, se destacam condomínios verticais de alto padrão, a exemplo da sofisticação dos edifícios residenciais Beverly Hills, o primeiro condomínio fechado de Teresina, entre outros.

Porém, na Zona Sul da cidade, também existem edifícios verticais nos bairros Redenção (prédio da FIEPI e Justiça Federal); Cristo Rei (Condomínios João Emílio Falcão, Dei Rei Residence, Portal do Cristo Rei e Condomínio Santa Marta); Santa Luzia (Condomínio Verde Te Quero Verde), Morada Nova (Condomínios Morada Nova I e II e Condomínio Tropical); Cidade Nova (Condomínios Angical e São José), dentre outros, que são resultado da ação da antiga Companhia de Habitação do Piauí (COHAB), Agência de Desenvolvimento Habitacional (ADH)/ Empresa de Gestão de Recursos do Piauí (ENGERPI), e/ou de investimentos privados dos promotores imobiliários da capital.

Na década de 1990 e nos anos 2000, os empreendimentos públicos e privados contribuíram para a construção de habitações voltadas às classes média e alta. O mercado imobiliário formal direcionou investimentos para a produção de produtos de luxo (condomínios verticais e horizontais), enquanto a classe média acessou diretamente o mercado formal através de financiamentos com recursos públicos destinados a programas habitacionais, como mostrou a experiência do BNH. Conforme Pontes et al. (2009, p. 7):

Em Teresina, durante o período de vigência do BNH, foram produzidos 43 conjuntos habitacionais (34.594 unidades) por grandes empreiteiras. Depois, nos anos 1990, foram construídas mais unidades (quase dez mil) com recursos do FGTS ou pelo INOCOOP

(Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais). A COHAB-PI também produziu, entre 1995 e 2001, 22 empreendimentos com 4.086 unidades. Esses empreendimentos em geral não atenderam a população de menor renda e, seguindo tendência nacional, a implantação dos conjuntos habitacionais em Teresina foi feita em áreas periféricas, com a formação de vazios urbanos entre a área urbana consolidada e os conjuntos.

A oferta pública de habitação pode ser dividida em: produção pela COHAB-PI, entre 1963 e 2007; produção pela ADH, a partir de 2007; produção por outros órgãos estaduais e federais, exemplificada com o Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social (PSH) e com Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS); produção pelos municípios; e produção por entidades sem fins lucrativos com financiamento público (PONTES et al., 2010, p. 103-104).

Os referidos autores destacam ainda que a política habitacional do BNH baseou-se na produção da casa própria, construída pelo sistema formal da construção civil, sem qualquer apoio à produção de moradia ou urbanização por processos alternativos. Dessa forma, essa escolha permitiu garantir o apoio à população pressionada pela política de contenção salarial, assim como estimulou as indústrias básicas fornecedoras da construção civil, já que esta podia contar com uma fonte de financiamento estável.

No município de Teresina, a população residente alcançou 715.360 habitantes no ano 2000 (IBGE, 2000). Em 2010, o município de Teresina contava com 814.439 habitantes, sendo 767.777 pessoas vivendo na zona urbana (IBGE, 2010a), ou seja, mais de 94% de sua população total. Vale destacar que a taxa de crescimento populacional vem diminuindo ao longo das últimas décadas, o que se considera benéfico, já que reduz a pressão sobre os equipamentos urbanos e sociais, sobre os recursos naturais e sobre o meio ambiente urbano (TERESINA, 2002a)

Nos anos 2000 a expansão urbana de Teresina foi reflexo da atuação do poder privado e do público com a atuação expressiva da ADH. Destaca-se o conjunto residencial Jacinta Andrade localizado no bairro Santa Maria Codipi, Zona Norte, composto por aproximadamente 4.300 unidades habitacionais (PIAÚÍ, ADH, 2012), tendo sido construído com recursos do Pró-moradia, programa vinculado ao FGTS. Este conjunto residencial é o maior conjunto habitacional do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Também estão sendo construídos na Zona Norte, o conjunto Mirante Santa Maria da Codipi e o Cidade 2000, assim como se

deve fazer referência ao conjunto residencial Nova Theresina, a 18 km do centro de Teresina, com 527 unidades, o qual utilizou recursos do Orçamento Geral da União (OGU) (PONTES et al., 2010).

A ação dos agentes produtores do espaço urbano também é percebida em Teresina através de investimentos que vêm ocorrendo na cidade com a construção de condomínios horizontais de alto padrão, como o Condomínio Teresina Residence, que oferece casas unifamiliares, além dos Condomínios Alphaville, Mirante dos Lagos e Aldebaran Ville, entre outros empreendimentos que, diferentemente do primeiro, oferecem lotes residenciais.

A atração populacional para Teresina foi impulsionada pelo crescimento da economia teresinense e por ser a capital do estado e centro político-administrativo, sediando instituições de todos os níveis de governo; a sua localização num entroncamento rodoviário regional e nacional, torna a cidade um importante elo na cadeia de distribuição e comercialização de mercadorias; e, também, a sua configuração como submetrópole regional, fornecendo produtos e serviços para a sua área de influência.

3.3.2 Aspectos socioeconômicos de Teresina

Características Gerais

A cidade de Teresina foi classificada como um dos 24 centros submetropolitanos do país. A sua área de influência alcança regiões dos estados do Maranhão, Ceará e Tocantins, atingindo ainda parte do Pará. Em 2001, foi criada a “Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina”, com o objetivo de articular as ações do poder público na área. A região é formada pelos municípios que compõem a microrregião de Teresina, acrescidos do vizinho município de Timon, no Maranhão, cuja sede forma uma conurbação com a cidade de Teresina. Em 2010, os 15 municípios (Tabela 2) da Grande Teresina possuíam uma população residente que superava 1,1 milhão de habitantes (IBGE, 2010a)

Tabela 2 – Municípios da Grande Teresina, área e população – 2010.

MUNICÍPIO	ÁREA (km ²)	POPULAÇÃO (HAB.)
Altos	957,62	38.823
Beneditinos	792,56	9.911
Coivaras	506,72	3.811
Currálinhos	362,80	4.182
Demerval Lobão	221,02	13.274
José de Freitas	1.538,21	37.095
Lagoa Alegre	394,66	8.008
Lagoa do Piauí	427,20	3.863
Miguel Leão	74,52	1.253
Monsenhor Gil	582,06	10.337
Nazária	363,8	8.039
Teresina	1.391,9	814.439
União	1.173,45	42.657
Timon (MA)	1.713,00	155.396
Pau d`Arco do Piauí	426,63	3.757

Fonte: IBGE. Diretoria de geociências, 2002 (Área). Censo (2010). In: CEPRO (2010).

O município de Teresina tem como base principal da sua economia, o setor terciário, que compreende as atividades de governo, comércio e de prestação de serviços. Em 2008, o Cadastro Geral de Empresas do IBGE registrou que 84,48% do pessoal ocupado no município pertencem ao setor terciário, sendo que o setor da educação é o maior empregador, com 21,18% do total. O comércio também é importante empregador, com 18,49 % dos trabalhadores (IBGE, 2010c) (Tabela 3).

Vale destacar que o setor terciário é o mais passível de exploração de atividades informais, principalmente, nos setores de comércio de mercadorias, assim como prestação de serviços às unidades de consumo, aos indivíduos, ao comércio, vendedores ambulantes, e trabalhadores autônomos, entre outros. Segundo Saboia e Saboia (2004) e conforme dados do IBGE (2000), 54% da mão-de-obra local teresinense encontrava-se na informalidade.

O setor secundário tem importante papel à medida que a indústria de transformação gera postos de trabalho formais e qualificados, e demanda serviços mais modernos, enquanto o setor de construção civil é empregador de mão-de-obra menos qualificada. Os dois em conjunto, mais o setor extrativo, empregavam 15,30% da população (indústria de transformação, 7,24%, e construção civil, 8,01%) (IBGE, 2010c).

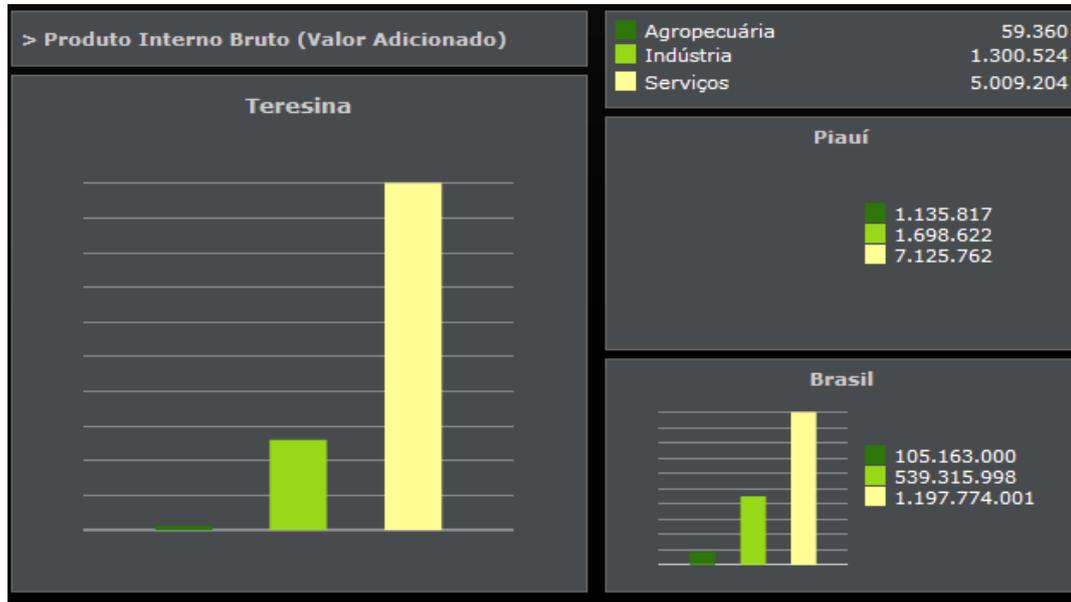
Tabela 3 – Distribuição do emprego no município de Teresina, Piauí–2008.

DESCRIÇÃO	NÚMERO DE EMPREGOS	%
PRIMÁRIO		
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	504	0,22
SECUNDÁRIO	36.725	15,30
Transformação	17.373	7,24
Construção Civil	19.234	8,01
Extrativo	84	0,04
Outras	34	0,01
TERCIÁRIO	202.692	84,48
Administração Pública, defesa e seguridade social	41.409	17,26
Comércio, recuperação de veículos automotores e motocicletas	44.339	18,49
Atividades Imobiliárias	519	0,22
Educação	50.812	21,18
Saúde humana e Serviços Sociais	14.670	6,11
Atividades Financeiras, de seguros e serviços relacionados	3.410	1,42
Alojamento e Alimentação	5.530	2,30
Transporte, Armazenagem e Correio	7.665	3,19
Informação e comunicação	1.921	0,81
Atividades profissionais científicas e técnicas	4.464	1,86
Atividades administrativas e serviços complementares	17.853	7,44
Arte, cultura, esporte e recreação	649	0,27
Outras ativ. de serviços	9.451	3,93
TOTAL	239.921	100,0

Fonte: Adaptado das Estatísticas do Cadastro Central de Empresas (2008); IBGE (2010c).

Quanto ao Produto Interno Bruto (PIB) de Teresina, a participação do setor de prestação de serviços representou 64,8% do PIB a preço de mercado corrente em 2007, enquanto as atividades industriais representaram 16,8% do valor adicionado bruto. A contribuição predominante do setor terciário também se repete em relação ao PIB do Piauí e do Brasil (CEPRO, 2010). (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Participação das atividades econômicas no Valor Adicionado Bruto a preço de mercado corrente do Brasil, Piauí e Teresina em 2007



Fonte: IBGE Cidades (2007). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 15 maio 2011.

A população empregada em Teresina, quanto à evolução dos salários médios, tinha, nas empresas de médio e pequeno porte, as que pagavam os melhores salários, em 1985 (R\$ 2.412,4 e R\$ 910,59, respectivamente). Em 2006, as empresas de médio porte mantiveram o primeiro lugar quanto à média de salários pagos (R\$ 1.567,13) (CEPRO, 2010) (Tabela 4).

Tabela 4 – Evolução do salário médio pago nos estabelecimentos por porte em Teresina, 1985-2006.

PORTE	1985	1990	1995	2000	2005	2006
Micro	580,75	399,52	426,13	386,74	481,65	554,33
Pequena	910,59	717,98	809,92	652,93	722,17	823,34
Média	2.412,24	1.073,90	1.344,78	1.139,23	1.347,37	1.567,13
Grande	787,00	657,61	787,07	1.041,87	1.030,27	1.283,51
Total	980,96	701,99	831,67	848,84	940,48	1.128,47

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (RAIS). Fundação CEPRO (2010).

A atividade econômica piauiense é fortemente concentrada na capital, sendo que, dentre os estabelecimentos formais teresinenses, predominam as microempresas. Em 1985 eram 1.960 estabelecimentos, e, em 2006, já existiam 8.728 empreendimentos, em Teresina. Dessa forma, percebe-se que quadruplicou o

número de estabelecimentos no período de duas décadas na capital (CEPRO, 2010) (Tabela 5).

Tabela 5 – Evolução do número de estabelecimentos formais por porte em Teresina, 1985-2006.

PORTE	1985	1990	1995	2000	2005	2006
Micro	1.960	2.578	4.198	6.672	8.197	8.728
Pequena	326	327	416	610	764	826
Média	102	89	108	124	163	173
Grande	36	40	33	33	35	38
Total	2.424	3.034	4.755	7.439	9.159	9.765

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (RAIS). Fundação CEPRO (2010).

O mercado de trabalho é limitado para as pessoas que não tiveram acesso à educação. A maior qualificação é necessária para a empregabilidade da população, sendo que em Teresina existe uma população de aproximadamente 13,2% de não alfabetizados, com mais de 10 anos, e somente 2,1% deles estão inseridos no mercado de trabalho formal. A maior presença no mercado de trabalho é de pessoas que obtiveram o Ensino Médio (32,4%), ou que o iniciaram, mas não concluíram (15,8%) (TERESINA, 2002a).

O setor de serviços possui trabalhadores com os maiores índices de escolaridade, enquanto a construção civil encontra-se com os trabalhadores menos qualificados, sendo um segmento da economia onde a informalidade é mais intensa. Em 1995, este setor chegou a possuir um índice de escolaridade menor do que o do setor agropecuário (0,044), já em 2006 passou a possuir o segundo menor índice de escolaridade entre os setores de atividades econômicas da capital, 0,095 (CEPRO, 2010) (Tabela 6).

Tabela 6 – Evolução do índice de escolaridade por setor em Teresina, 1985-2006

Setor	1985	1990	1995	2000	2005	2006
Indústria	0,113	0,138	0,126	0,127	0,156	0,161
Construção Civil	0,045	0,063	0,044	0,059	0,082	0,095
Comércio	0,141	0,147	0,153	0,183	0,215	0,226
Serviços	0,206	0,187	0,180	0,200	0,224	0,258
Agropecuária	0,039	0,033	0,063	0,043	0,081	0,090
Total	0,193	0,170	0,164	0,175	0,208	0,233

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (RAIS). Fundação CEPRO (2010).

Dentre as atividades econômicas desenvolvidas em Teresina, está a extração de bens minerais voltados para a construção civil, sendo que, conforme Cavalcanti (1990), existe um impasse quanto a essa produção, pois, se por um lado, a sociedade gera demanda cada vez maior por insumos minerais, por outro, essa mesma sociedade impõe limitações ou restrições à sua exploração, uma vez que a maior demanda de minerais ocorre próxima às áreas urbanas. Como consequência disso, o crescimento da cidade limita o acesso aos recursos minerais, a exemplo do massará, tornando inviável o estabelecimento de áreas de lavra. A partir do contexto referido acima, constata-se que a atividade mineradora permite o atendimento de necessidades básicas da população, porém, gera conflitos, ou seja, impactos socioeconômicos e ambientais na capital.

4 METODOLOGIA

4.1. Procedimentos metodológicos

Os referenciais teóricos deste trabalho fundamentam-se nos conceitos de meio ambiente, bacia sedimentar, terraços fluviais, impacto ambiental, estratigrafia, mineralogia, dentre outros.

Quanto aos instrumentos de investigação apresenta-se, inicialmente, a pesquisa bibliográfica, realizada através de consulta em livros, artigos científicos e fontes pesquisadas em *websites*, referentes a estudos realizados sobre os aspectos geoambientais, socioeconômicos e à extração de materiais para construção civil (areias, massará e seixos) na cidade de Teresina.

A pesquisa documental e cartográfica ocorreu junto aos órgãos competentes e em seus sítios na internet. No caso dos órgãos, procurou-se os setores da construção civil (Associação dos Pequenos e Médios Proprietários de Dragas do Estado do Piauí) e de Meio Ambiente (Prefeitura Municipal de Teresina [PMT]/SDU Centro Norte, CETEM/MCT, MMA, MME, CPRM, IBAMA, DNPM, entre outros) e instituições representativas da sociedade civil organizada (FAMCC).

Concomitantemente, realizou-se o levantamento e a análise dos estudos sobre a geologia, a geomorfologia e a drenagem do/no município de Teresina (PI), com base em imagens e dados hipsométricos, com a utilização do SRTM da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (MIRANDA, 2005).

Vale destacar que a aquisição dos dados SRTMs foi realizada no sítio da Embrapa (disponível em: <<http://www.embrapa.br/>>). Esses produtos foram gerados por meio de dados de radar, obtidos através de sensores a bordo do ônibus espacial *Endeavour*, no projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI). O arranjo do radar foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre, através de interferometria. Outras características da imagem adquirida são: Formato GEOTIFF (16 bits); Unidade de altitude em metros; Sistema de Coordenadas Geográficas; Datum WGS- 84 (depois transformado para *UTM*).

Também foram utilizadas as malhas digitais do IBGE (2010b), disponíveis *online*, assim como dados sobre as formações geológicas no mapeamento do Projeto Teresina-Norte (BRASIL, 2006) e informações sobre o perímetro urbano de

Teresina (TERESINA, 2011b), adquiridas nos arquivos eletrônicos (*websites*) da Prefeitura de Teresina. Esses mapas e imagens, produzidas na escala 1:150.000, foram trabalhados nos programas GLOBAL MAPPER 10.0 e 12 e ARC GIS 9.2 (ESRI, 1999), efetuando-se superposições dos mesmos e elaborando-se perfis topográficos. Vale enfatizar que a superposição de mapas geológicos, geomorfológicos, hipsométricos e drenagem, assim como mapas de uso e ocupação da terra e a observação da expansão da mancha urbana (direção e tamanho) nas últimas cinco décadas, também contribuíram para a produção de um mapa de vetores de tendências espaciais (baixa, média e alta) da cidade de Teresina.

O vetor de tendência espacial alta em Teresina caracteriza-se, de forma geral, por orientar a ocupação progressiva e indiscriminada de áreas periféricas, motivadas pela ação dos especuladores imobiliários. Muitas vezes essas áreas não são consolidadas do ponto de vista urbanístico, sendo carentes de diversos serviços de infraestrutura, porém promovem a expansão da cidade, pois serão alvo de intervenções futuras, privadas ou públicas. Esse vetor orienta a direção das novas habitações e empreendimentos numa ação a princípio promovida pelo Estado. Já o vetor de tendência espacial que contribuiu para o crescimento vertical da cidade foi orientado pela ocupação de áreas possuidoras de terrenos ociosos e supervalorizados, que passaram a receber investimentos no setor de serviços, ou localizavam-se próximos à infraestrutura já instalada e com valor paisagístico.

O vetor de tendência espacial média em Teresina, assim como em Timon (MA), configuram-se pela orientação da ocupação de áreas que estabelecem dificuldades de investimentos e ocupação de seu entorno, devido à valorização das terras, tornando-se pouco acessíveis às classes de menor poder aquisitivo. Também orientam investimentos em áreas periféricas com a presença de relevo com maior altitude e cobertura vegetal preservada, contribuindo para a ocorrência de maior conforto térmico. Enquanto o vetor de tendência espacial baixa caracteriza-se por direcionar a ocupação de áreas com cotas altimétricas mais elevadas, sendo considerados como locais desfavoráveis ou restritos para a expansão urbana, pois são menos valorizados e pouco interessantes para o mercado imobiliário da cidade.

Para o processo de classificação do uso e ocupação do solo do sítio urbano de Teresina, foi utilizado o *software* SPRING, com o qual, pelo processo de classificação MAXVER das imagens do satélite LANDSAT-5, que foram gerados os mapas. A classificação dos dados compreende um período que vai de 1985 a 2010.

As duas imagens selecionadas e disponibilizadas pelo INPE, no catálogo eletrônico de sua página (<<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>), estão inseridas na Órbita-ponto 219/064, em duas datas distintas, sendo uma no dia 04/09/1985, horário da captura: 12h30min GMT (INPE, 1985) e outra do dia 21/06/2010, horário da captura: 12h50min GMT (INPE, 2010).

Essas imagens foram escolhidas por oferecer resolução espacial de 30 metros, a mais adequada para o período estudado, de acordo com a disponibilidade de imagens. Esse satélite possui sensores que cobrem as faixas do verde (banda 2), vermelho (banda 3) e infravermelho (banda 4). Foram escolhidas essas bandas por serem as que melhor se definem para trabalhos relativos à cobertura vegetal (NOVO, 1992).

As imagens georeferenciadas do satélite LANDSAT 5 foram, posteriormente, classificadas com uso do *software* SPRING, através de técnica de classificação supervisionada, sugerida por Moreira (2005 citado por FEITOSA, 2010), que consiste em selecionar amostras de elementos encontrados na imagem, para que sejam usadas como referência na classificação da imagem por inteiro. A classificação usa, como critério, a similaridade espectral, na qual elementos da imagem, que se apresentem semelhantes às amostras predeterminadas como referência, são agrupados em uma mesma classe.

As classes geradas nos mapas de uso e ocupação do solo, resultantes da classificação a partir do SPRING, são matrizes em formato *raster*. Estas foram transformadas em formato vetorial (*shapefile*) pelo próprio sistema para serem usadas no ArcGIS, visando à obtenção de dados quantitativos por classe temática, contribuindo, assim, para realização de uma análise da evolução da ocupação espacial de Teresina (REIS FILHO, 2012).

As plantas, juntamente com imagens de satélite capturadas através do programa *Google Earth* (2010; 2011; 2012), foram utilizadas para a produção de figuras que permitiram sobrepor uma visão vertical com uma visão horizontal da área de estudo, esclarecendo a localização geográfica dos terraços fluviais e de áreas extrativas e de separação dos seixos da matriz massará, contribuindo para a investigação da degradação ambiental gerada pela mineração desses materiais em Teresina. A produção cartográfica contribuiu para compreensão da espacialização da problemática envolvendo a atividade extrativa em questão e uma percepção mais concreta dos danos ambientais gerados pela referida atividade.

Na pesquisa, também foi utilizada a Análise de Componente Principal (*Principal Component Analysis* - PCA), que, segundo Valladares et al. (2009a), trata-se de um método estatístico multivariado, em que cada componente principal (fator) é uma combinação linear das variáveis originais. O PCA é utilizado para a análise simultânea de vários fatores e é uma técnica que explica a variabilidade dos dados durante a redução de um grande número de variáveis de alguns componentes independentes.

Os referidos autores destacam ainda que, no PCA, são estimados os fatores que se referem a informações sobre todas as variáveis. Estas são descritas pelas novas variáveis (fatores), que tornam possível localizá-las como um ponto num gráfico bi/tridimensional, no qual aquelas que estão mais juntas são as mais semelhantes.

Outro elemento fundamental para a viabilidade do projeto de estudo e para a concretização da pesquisa, já referenciado, corresponde ao diário de campo, pois permite o registro dos fatos ambientais, econômicos e sociais de modo imediato, objetivando a disponibilização dos dados e fatos em períodos posteriores à pesquisa, durante e após a produção do texto final.

O registro fotográfico dos aspectos físicos e antrópicos de Teresina, com destaque para as áreas com atividade mineral de massará/seixos ativa ou desativada, foi realizado, não somente através de fotografias com seção estratigráfica, retiradas em todas as visitas de campo, mas também a partir de fotos aéreas (verticais), conseguidas na obra de Meneses (2005) e de Müller (2002), assim como fotografias cedidas por Araújo (2006) ou pertencentes à própria autora (2009 a 2012). Tais fotografias permitiram compreender os conflitos e impactos socioeconômicos e ambientais gerados pela atividade extrativa, a partir de um processo evolutivo de degradação local.

Os principais recursos materiais utilizados no desenvolvimento da pesquisa foram os seguintes: mapas e plantas; imagens de satélites; máquina fotográfica digital; GPS; notebook; Computador pessoal (PC); gravador de voz; livros; revistas; internet, entre outros.

Além desses recursos, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi importante para o desenvolvimento da pesquisa, pois este permitiu a criação de um banco de dados que armazena a localização geográfica (coordenadas) dos diversos elementos presentes na área de estudo. Com base nesses dados, procurou-se obter

a espacialização dos elementos naturais, com o fim de se estabelecer a relação entre eles e o desenvolvimento da atividade mineral. Com os materiais produzidos e com as informações adquiridas da área de estudo, do aprofundamento teórico, e da análise dos conflitos gerados pela mineração de massará e seixos verificados em campo, foi elaborada essa discussão do referido trabalho.

4.2 Procedimentos da pesquisa de campo

4.2.1 Escolha da área e as pesquisas de campo

Os terraços fluviais, nos quais são encontrados depósitos de areia e cascalhos, assim como as coberturas superficiais em relevo do tipo tabular, onde ocorrem camadas de massará e seixos (materiais usados amplamente na construção civil em Teresina e suas adjacências), foram as áreas escolhidas para realização desta pesquisa, devido aos impactos da atividade mineral realizada de forma desordenada e predatória nesses locais, e pela possibilidade e facilidade de coleta das amostras em frentes de exploração ativas ou desativadas, na atualidade.

As pesquisas de campo foram iniciadas em julho de 2004, quando da idealização de um projeto de pesquisa para seleção no Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, objetivando um estudo sobre impactos socioambientais da mineração de materiais para construção civil na Zona Norte de Teresina-PI. Vale ressaltar que o enfoque ambiental da referida pesquisa, com destaque para os impactos da mineração, suscitou a continuidade do estudo dessa problemática a partir de um trabalho de doutorado voltado para compreensão dos aspectos físicos, químicos e mineralógicos referentes às áreas de coberturas superficiais com presença de massará da capital, estudos incipientes até o momento.

As pesquisas de campo voltadas para produção da tese tiveram início, assim, no mês de outubro de 2009, com visita *in loco*, à frente de lavra extinta com presença de massará, na Zona Sul de Teresina. Essa visita foi realizada com a presença da orientadora, visando à escolha do local para a coleta das amostras representativas para o estudo na cidade de Teresina e em seu entorno.

Foram realizadas outras visitas de campo nos meses de fevereiro, outubro e dezembro de 2010, maio e junho de 2011, assim como em janeiro e maio de 2012, e em março de 2013, para observação da evolução da atividade mineral e seus

impactos em áreas ativas e outras desativadas, com o registro fotográfico das mesmas. Nessas visitas, foram aplicados questionários (formulários de campo) com perguntas abertas e de múltipla escolha (Apêndices A e B) e realizadas entrevistas não-estruturadas com uma amostra intencional de 35 moradores que vivem próximos às áreas extrativas minerais de massará e seixo.

Também foram pesquisados os locais onde essa atividade já foi extinta, devido ao esgotamento das reservas minerais ou em decorrência de proibições da Prefeitura Municipal de Teresina, em razão dos riscos da atividade para os trabalhadores. Esse levantamento de informações contribuiu para se detectar os impactos socioambientais e conflitos decorrentes do extrativismo de minerais usados na construção civil em Teresina.

O critério escolhido para a amostragem da pesquisa, ou seja, para a determinação da quantidade de questionários a serem aplicados nas áreas objeto de estudo, foi a ocorrência, em determinado momento da aplicação, da não variabilidade e/ou a ocorrência de respostas semelhantes. Por isso, julgou-se que o número de questionários aplicados refletia o pensamento comum da comunidade sobre o assunto que estava sendo abordado.

As pesquisas foram realizadas nos meses de maio e de junho de 2011, nos bairros São Joaquim e na Vila Carlos Feitosa, nas imediações das lagoas da Zona Norte de Teresina. Na Zona Sul, foram aplicados questionários nos bairros Santo Antônio e Bela Vista, e, na Zona Leste, no Bairro Piçarreira e na Vila Madre Teresa, sendo que nestes bairros e vilas a atividade encontrava-se extinta. Também foram aplicados questionários no bairro Santa Maria da Codipi, nos conjuntos Monte Verde, Residencial Francisca Trindade e Parque Brasil I, todos situados na Zona Norte de Teresina-PI, que evidenciavam as relações dos moradores com a atividade mineral ativa e seus respectivos conflitos e impactos socioambientais (Figura 22).

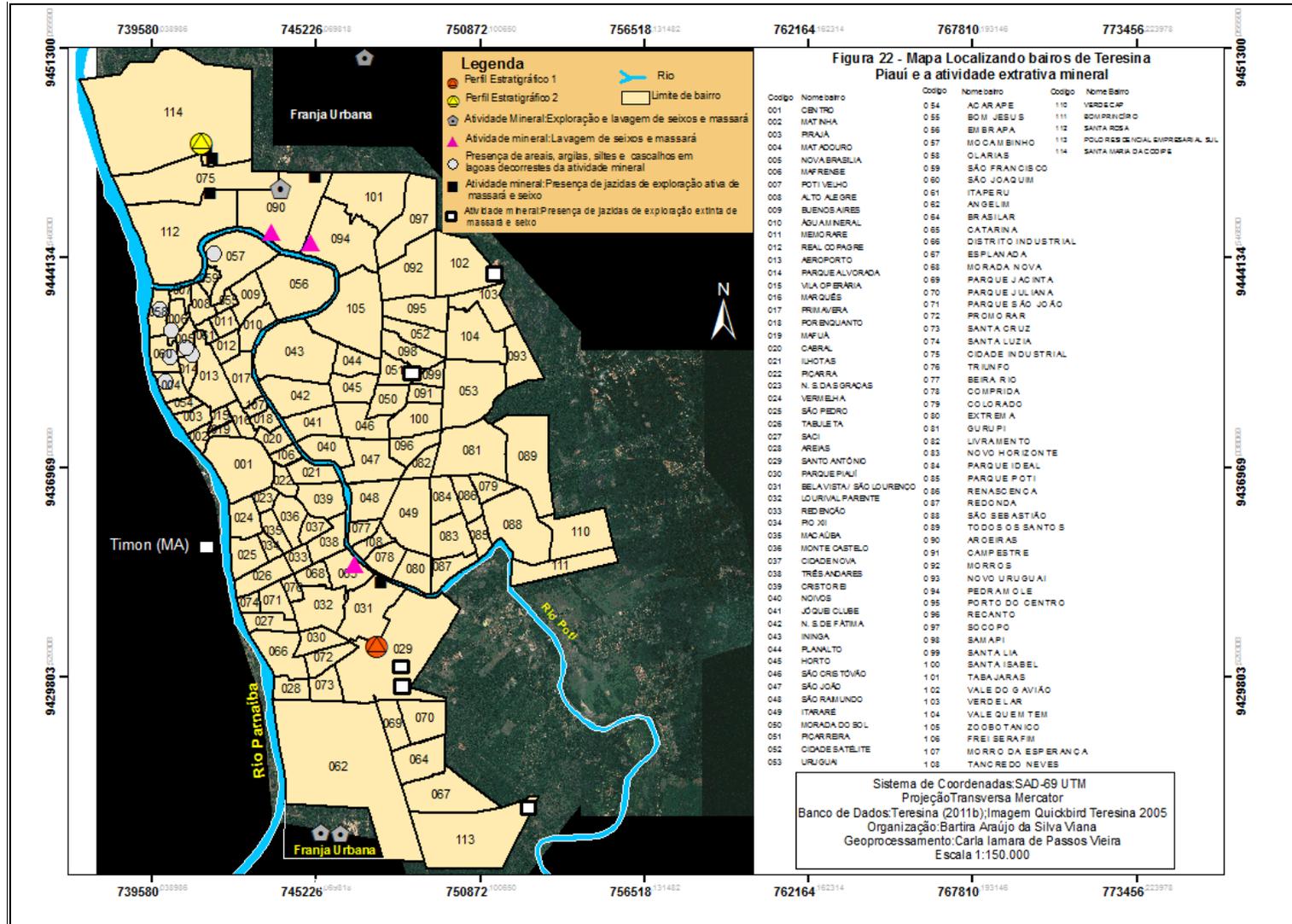


Imagem de satélite adaptada destaca a rede de drenagem Zona urbana de Teresina.
 Banco de dados: Teresina (2011b). Imagem Quickbird, Teresina 2005. Organização: Bartira Araújo da S. Viana.
 Geoprocessamento: Carla Iamara de P. Vieira (2013).

Foram observados aspectos relacionados ao tempo de moradia no bairro; tempo de duração da atividade mineral e extinção da mesma; razões que influenciaram no estabelecimento de alguns moradores próximos às áreas extintas de extração mineral; os impactos socioambientais positivos e negativos; no processo de valorização ou desvalorização dos imóveis próximos às atividades. Por fim, buscou-se saber se existe algum tipo de representação comunitária que reivindica melhorias nas condições de vida da população dos bairros próximos às atividades de extração mineral já em extinção.

As questões que nortearam a pesquisa na área ativa foram baseadas no tempo de residência dos moradores: se já havia extração mineral quando o morador foi para aquele lugar; as razões que levaram os moradores a residir próximos aos locais de extração; quais os principais impactos socioambientais benéficos e os negativos relacionados à extração mineral no entorno do seu bairro; processo de valorização ou desvalorização dos imóveis, e, por fim, se há ou existiu algum tipo de organização das famílias do entorno para realizar alguma ação conjunta, objetivando a melhoria das condições ambientais da área, decorrente do processo de exploração mineral para a construção civil.

4.2.2 Coleta de amostras (campo)

Após os estudos iniciais, foram coletadas amostras de dois perfis estratigráficos com presença de diferentes camadas de massará característicos da região, sendo um perfil localizado na Zona Sul e outro na Zona Norte de Teresina. O perfil 1, localizado na Zona Sul da cidade, encontra-se à montante da foz do rio Poti com o Parnaíba, enquanto o perfil 2, localizado na Zona Norte, encontra-se à jusante da foz do rio Poti. Esses perfis foram devidamente georreferenciados com auxílio do GPS, sendo que o perfil da Zona Norte, Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), localiza-se nas coordenadas 04° 59' 23,5"S e 42° 49' 25,5"W, enquanto o perfil da Zona Sul, bairros Santo Antonio/Bela Vista, localiza-se nas coordenadas 05° 08' 41,9"S e 42° 46' 08,7"W.

Faz-se oportuno destacar que o arcabouço morfoestratigráfico foi utilizado como guia para a coleta de amostras para as análises, tomando-se, como base, as descontinuidades deposicionais encontradas ao longo do perfil, sendo que as amostras foram coletadas no mês de fevereiro de 2010, com auxílio do Geólogo da

CPRM/Teresina, Francisco Lages Correa Filho e do professor José Ferreira Mota Junior, que era professor de Pedologia e Geologia da UFPI. Dessa forma, foram identificadas 7 camadas diferentes no perfil da Zona Sul e 5 camadas no perfil da Zona Norte. Porém, somente foram coletadas 5 amostras em cada frente de lavra, pois duas camadas superiores do perfil dos bairros Bela Vista/Santo Antônio (Zona Sul), devido às dificuldades de acesso ao topo, e, por não representarem camadas de massará, não foram coletadas.

4.3 Procedimentos de laboratório

A análise granulométrica das amostras coletadas nos perfis estratigráficos 1 e 2 foi realizada nos meses de fevereiro-março/2010 e novembro-dezembro/2010, no Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais. As análises químicas e mineralógicas foram realizadas no Laboratório de Mineralogia e Raios-X do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)/UFMG. As referidas análises das amostras extraídas em Teresina visam avaliar a composição das camadas e caracterizar melhor o “massará”.

4.3.1 Análise granulométrica (Dispersão Total) dos sedimentos das camadas de massará

A análise granulométrica compreende a ação executada para se fazer o reconhecimento do tamanho dos grãos de um solo de duas maneiras: por peneiramento e por sedimentação. Para o conhecimento da distribuição granulométrica da porção mais fina dos solos, emprega-se a técnica da sedimentação, que se baseia na Lei de Stokes: a velocidade de queda de partículas esféricas num fluido atinge um valor limite que depende do peso específico do material da esfera (Y_s), do peso específico do fluido (Y_w), da viscosidade do fluido (μ), e do diâmetro da esfera (D), conforme a expressão:

$$V = \frac{Y_s - Y_w}{18 \cdot \mu} \cdot D^2$$

Os procedimentos metodológicos para a análise física (Dispersão Total) foram baseados nas normas da Embrapa (1997), sendo que os dados de análise granulométrica foram obtidos a partir dos seguintes cálculos:

a) Cálculo de massa da areia, dispersante e argila

$$M^*_{\text{areia total}} (\text{g}) = (\text{Peso areia total} + \text{tara}) - (\text{Tara})$$

$$M_{\text{dispersante}} (\text{g}) = (\text{Peso dispersante} + \text{tara}) - (\text{Tara}) \rightarrow (\text{Branco})$$

$$M_{\text{argila}} (\text{g}) = [(\text{Peso argila}(\text{g}) + \text{dispersante} + \text{tara}) - (\text{Tara}) - (M_{\text{dispersante}})] \times (1000\text{ml}/50\text{ml}).$$

*M = massa

b)

álculo percentual do teor de areia, argila e silte

$$\text{Teor de areia (\%)} = M_{\text{areia total}} (\text{g}) \times 100/20(\text{g})$$

$$\text{Teor de argila (\%)} = M_{\text{argila}} (\text{g}) \times 100/20(\text{g})$$

$$\text{Teor de silte (\%)} = 100\% - (\% \text{ areia total} - \% \text{ argila})$$

4.3.2 Análises químicas

A determinação dos elementos totais nas frações argila e areia foi feita através da Fluorescência de raios-X. Os elementos maiores foram determinados em discos fundidos, utilizando-se Tetraborato de Lítio como matriz numa relação 1:5 (TFSA: $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$), enquanto os elementos traços foram determinados em discos prensados, utilizando-se Ácido Bórico como base (HALLETT; KYLE, 1993; GERMANIQUE, 1994).

Amostras padrões, nas quais os teores dos elementos eram conhecidos, foram utilizadas como calibração para obtenção de curvas.

4.3.3 Análises mineralógicas

Difratometria de raios-x

A difratometria de raio-X, segundo Resende et al. (2005, p. 17), “é a mais poderosa ferramenta para estudo de minerais do solo, particularmente aqueles presentes na fração argila”. Conforme Merten e Poletto (2006), a identificação de

minerais de sedimentos pode ser realizada através de estudos de raio - X do comportamento da rede cristalina destes minerais.

Os raio-X estão sujeitos a fenômenos de difração, reflexão, refração, entre outros. Assim, a interação entre os raio-X e as partículas de uma amostra pode respeitar a lei de Bragg, isto é, se a reflexão dos raio -X for coerente, como também os planos anatômicos de estruturas cristalinas.

A análise através da difratometria de raio - X utiliza amostra de argila em estado pastoso ou em suspensão, sendo esta colocada em lâmina de vidro sob a forma de uma fina película para que as lamelas dos minerais planares fiquem paralelas uma às outras, intensificando, assim, seus picos diagnósticos. A identificação de minerais não planares, como quartzo, feldspato, óxidos cristalinos de ferro e alumínio, pode ser feita na amostra seca, em pó, montada em porta amostra do tipo “janela” (EMBRAPA, 1997).

A argila 2:1 é identificada através das mudanças de comportamento mineral ao ser submetida a tratamentos químicos e térmicos, sendo que, a cada etapa, a amostra é levada ao difratômetro, quando possibilidades de identificação vão sendo confirmadas ou eliminadas.

Além da fração argila, também foi analisada a fração areia das amostras, que é feita na amostra seca, em pó, montada em porta amostra do tipo “janela” (EMBRAPA, 1997).

4.4 Avaliação de Impactos Ambientais

Existem distintas linhas metodológicas para Avaliação de Impactos Ambientais (AIA). Neste trabalho, utilizou-se a Lista de Verificação ou “Checklist”. A Lista de Verificação representa um dos métodos mais utilizados em AIA. Essa metodologia caracteriza-se por uma listagem dos indicadores do meio natural e do meio antrópico, utilizada na análise dos efeitos dos projetos e de suas alternativas locais e tecnológicas (BASTOS; ALMEIDA, 2010).

Tal metodologia contribuiu para a identificação e enumeração dos impactos presentes em Teresina em áreas com presença de cascalhos e areia, assim como nas áreas extrativas e de separação dos seixos da matriz massará, a partir da diagnose ambiental dos elementos dos meios físico, biótico e socioeconômico. Os impactos foram discriminados a partir dos efeitos ambientais potenciais e seguirão

os seguintes critérios: valor - positivos (benéficos) e negativos (adversos); Ordem - diretos e indiretos (cadeia de efeitos); Tempo - imediato, curto, médio e longo prazos; Dinâmica – temporários, permanentes e cíclicos, conforme o tipo da modificação antrópica que foi introduzido no sistema analisado (Quadro 4).

Quadro 4 - Critérios de tipificação dos impactos da atividade mineradora de massará e seixos em Teresina-Piauí

Critério de Valor	Positivo	- Quando uma ação causa melhoria da qualidade do ambiente
	Negativo	- Quando uma ação causa um dano à qualidade do ambiente
Critério de Ordem	Direto	- Resulta de uma simples relação de causa e efeito
	Indireto	- Quando é parte de uma cadeia de reações - Decorrente de um impacto direto sobre outro meio que tem reflexos em um segundo meio
Critério de Tempo	Imediato	- Ocorrem imediatamente após a ação impactante
	Curto Prazo	- Ocorrem em até dois anos após a ação impactante
	Médio Prazo	- Ocorrem entre dois e 10 anos após a ação impactante
	Longo Prazo	- Ocorrem depois de dez anos após a ação impactante
Critério de Dinâmica	Temporário	- Quando permanece por um tempo determinado, após a realização da ação - Tem seu início e fim previamente definidos
	Permanente	- Quando uma vez executada a ação, os impactos não param de se manifestar num horizonte temporal conhecido
	Cíclico	- Quando o impacto se faz sentir em determinados ciclos, que podem ser ou não constantes ao longo do tempo

Fonte: Silva (1994). Adaptado por Bartira Viana (2013).

Os 35 questionários aplicados com os moradores do entorno das áreas extrativas de massará e seixos (mineração extinta e em áreas de mineração ativa) serviram para direcionar a avaliação dos impactos, tendo como vantagem metodológica o emprego imediato na avaliação qualitativa de impactos relevantes.

De acordo com o disposto na metodologia apresentada, foram analisados os seguintes aspectos impactados pela atividade mineral em Teresina, ou seja, as áreas de influência direta e indireta dos empreendimentos extrativistas:

- **Meio Físico** - o ar, as águas, o solo, a topografia, os corpos d'água etc.;

- **Meio Biológico** – a fauna e a flora;
- **Meio Socioeconômico** – o uso e ocupação do solo, destacando as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais/minerais e a potencial utilização futura desses recursos.

Para uma averiguação dos potenciais impactos ambientais decorrentes da atividade extrativa na área, foi feito uso das Listas de Verificação, sendo que tais impactos foram subdivididos em grupos, de acordo com o ambiente afetado. As três listas (Quadros 5, 6 e 7) a seguir trazem descritos os impactos potenciais da mineração, em particular a extração de massará e de seixos em Teresina, sobre o meio biológico, físico e socioeconômico local. A principal justificativa para o emprego deste método foi o baixo custo, o emprego desnecessário de maiores recursos, a necessidade de um método que permitisse seu uso em visitas de verificação e a facilidade de manuseio.

Quadro 5– Lista de impactos potenciais sobre o meio biológico

Descrição dos impactos	Verificação dos impactos	
	Existente	Inexistente
Alteração parcial/total da flora na área de extração/circundante		
Impedimento ao processo natural de recuperação da vegetação		

Fonte: Martins Junior (2001). Adaptado por Bartira Viana (2012).

Quadro 6 – Lista de Impactos potenciais sobre o meio físico

Descrição dos impactos	Verificação dos impactos	
	Existente	Inexistente
Instabilidade dos taludes		
Alteração da drenagem superficial		
Desencadeamento de processos erosivos e assoreamento		
Compactação do solo, devido ao trânsito de máquinas		
Perigo de inundação/alagamentos após afloramento do lençol freático		
Aterramento das lagoas		
Ruídos e vibrações em geral		
Formação de poeira, pelo tráfego e mobilização do material		
Gases de escapamento		
Formação de crateras		
Formação de depósitos de rejeitos		
Carreamento de material para os rios, córregos e lagoas		

Fonte: Martins Junior (2001). Adaptado por Bartira Viana (2012).

Quadro 7 – Lista de impactos potenciais sobre a socioeconomia

Descrição dos impactos	Verificação dos impactos	
	Existente	Inexistente
Exploração sem autorização do proprietário		
Conflitos de uso do solo e/ou recursos hídricos		
Estabelecimento de populações a partir da área de mineração		
Danos às habitações, por possíveis inundações decorrentes da obra		
Acúmulo de lixo e proliferação de doenças		
Choques entre a população local e os técnicos/operários		
Geração de emprego e renda		
Baixos preços dos materiais de construção civil		
Desvalorização dos terrenos no entorno do empreendimento mineral		

Fonte: Martins Junior (2001). Adaptado por Bartira Viana (2012).

Dessa forma, os efeitos ambientais de determinada intervenção nas áreas de mineração de massará e seixos em Teresina foram verificados através da identificação das condições iniciais do meio, das consequências das ações e dos seus efeitos na área pesquisada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

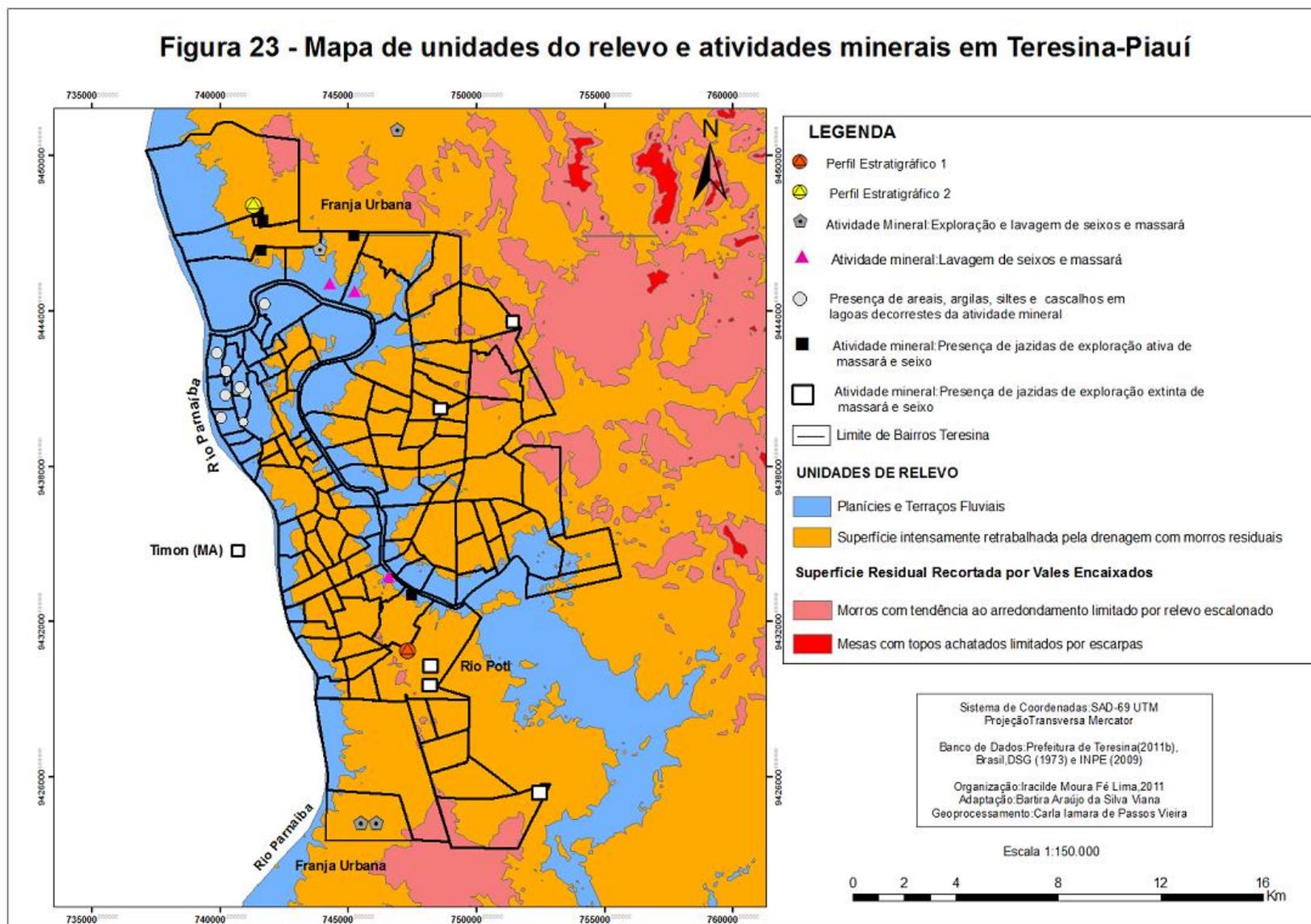
5.1 Estratigrafia e análise granulométrica das camadas de massará e seixos em Teresina-PI

Na cidade de Teresina, ocorrem coberturas superficiais em relevo do tipo tabular (Figura 23) em alguns trechos, sobre a Formação Pedra de Fogo, de idade Permiana, e, em outros, sobre a Formação Piauí, do Carbonífero, em altitudes que variam de cerca de 70 a 120 metros (Figura 24). Essas coberturas formam os topos de elevações residuais, no espaço urbano de Teresina-PI (margem direita do Parnaíba) e de Timon-MA (margem esquerda do Parnaíba).

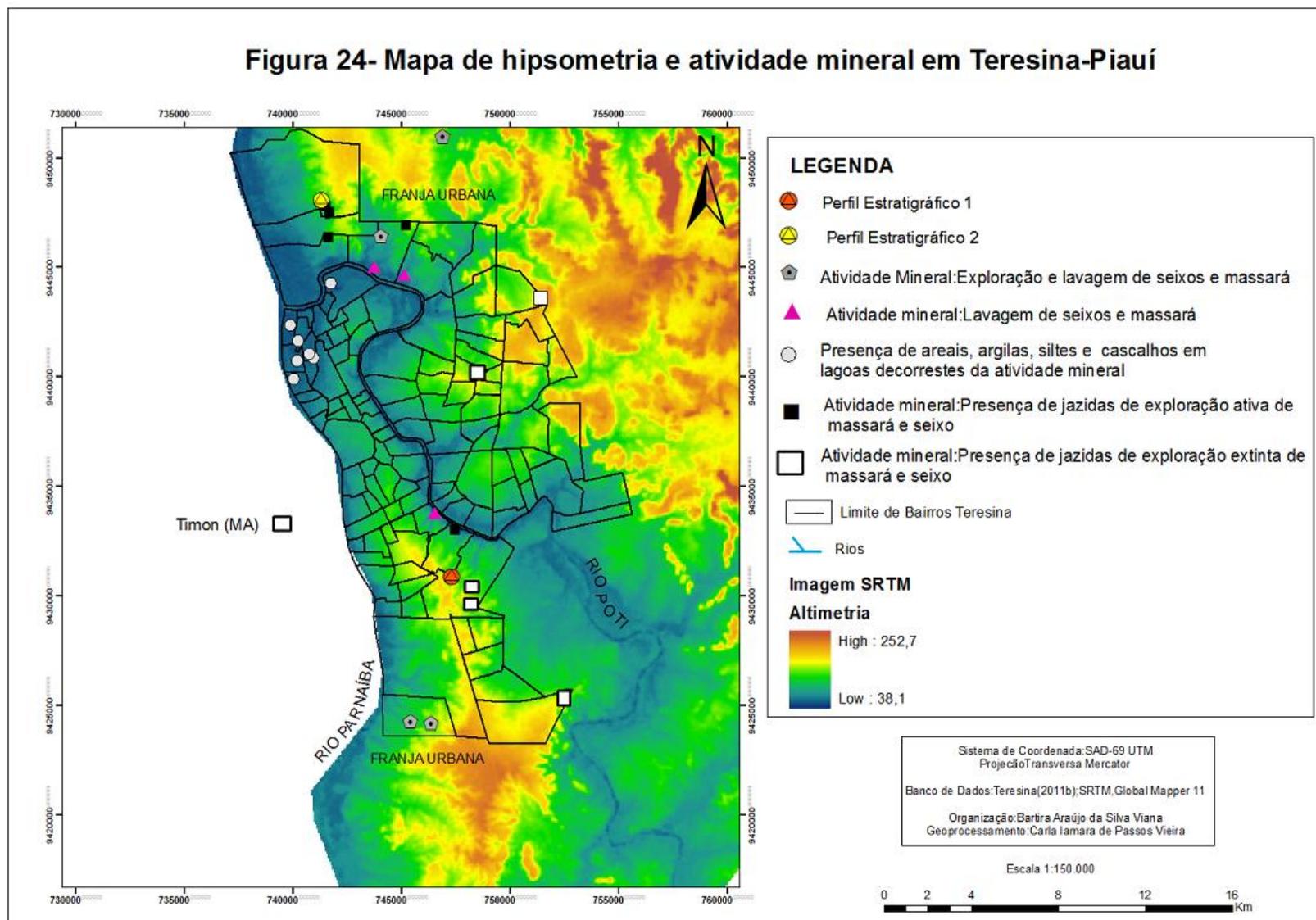
As coberturas superficiais que repousam diretamente sobre o substrato rochoso, principalmente da Formação Pedra de Fogo, a exemplo do “massará”, são resultantes da alteração e desagregação das rochas, especialmente o arenito caulínico, que compõe essa Formação. Esses recursos minerais são semelhantes aos depósitos aluviais dos terraços do baixo Poti em Teresina, devido à presença de seixos de quartzo. Estas coberturas, no entanto, são resultantes da decomposição *in situ* das rochas (Figura 25).

Enquanto os depósitos de cascalhos e areia, que compõem os terraços fluviais de Teresina, situam-se dentro e nas proximidades da cidade, em pequena quantidade e em área limitante, constituindo importantes reservas de minerais primários, o massará resulta da atuação dos agentes intempéricos em rochas da bacia sedimentar do Parnaíba, ocorrendo em diversos bairros de Teresina, assim como na franja urbana, e na cidade de Timon (MA), o que lhe confere características específicas e importância econômica, ao ser utilizado como material para construção civil, juntamente com os seixos que ocorrem na matriz conglomerática.

O “massará”, que é um material coeso e formado por camadas de seixos numa matriz areno-argilosa, juntamente com o material de granulometria mais fina encontrado nas camadas superiores (Figura 26), permanece, pois, até os dias atuais, como material estratificado em acamamentos, os quais já sofreram litificação (diagênese) e são continuamente dissecados por processos erosivos, principalmente por águas pluviais.



Banco de dados: TERESINA (2011b); BRASIL, DSG (1973); INPE (2009); Organização: Iracilde Maria de M. F. Lima (2011); Adaptação: Bartira A. da S. Viana (2012). Geoprocessamento: Carla Lamara de Passos Vieira (2012).



Banco de dados: Teresina (2011b); SRTM Global Mapper 11. Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla Iamara de Passos Vieira (2012).

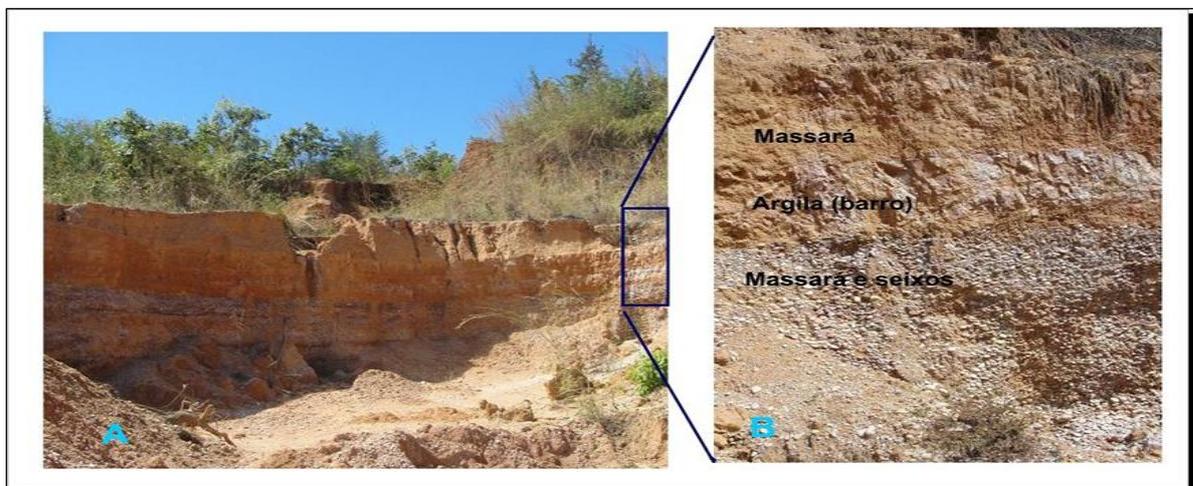
Figura 25 – Fotografias de vista panorâmica de área extrativa de massará/seixos no bairro São Lourenço, Zona Sul de Teresina-Piauí



A: Porções de rocha em camadas onde ocorre o massará. B: Vista panorâmica de área extrativa de massará/seixos no bairro São Lourenço, com destaque para o depósito de minerais.

Fonte: Viana (2012).

Figura 26 – Fotografias que mostram a estratificação das camadas onde é encontrado o massará no Bairro Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí



A: Vista panorâmica dos depósitos superficiais de massará. B: Perfil litológico exibindo, em detalhe, a estratificação e destacando o contato entre sedimento areno-argiloso marrom-avermelhado (barro) e a fração grosseira do “massará” com camadas de seixos de quartzo.

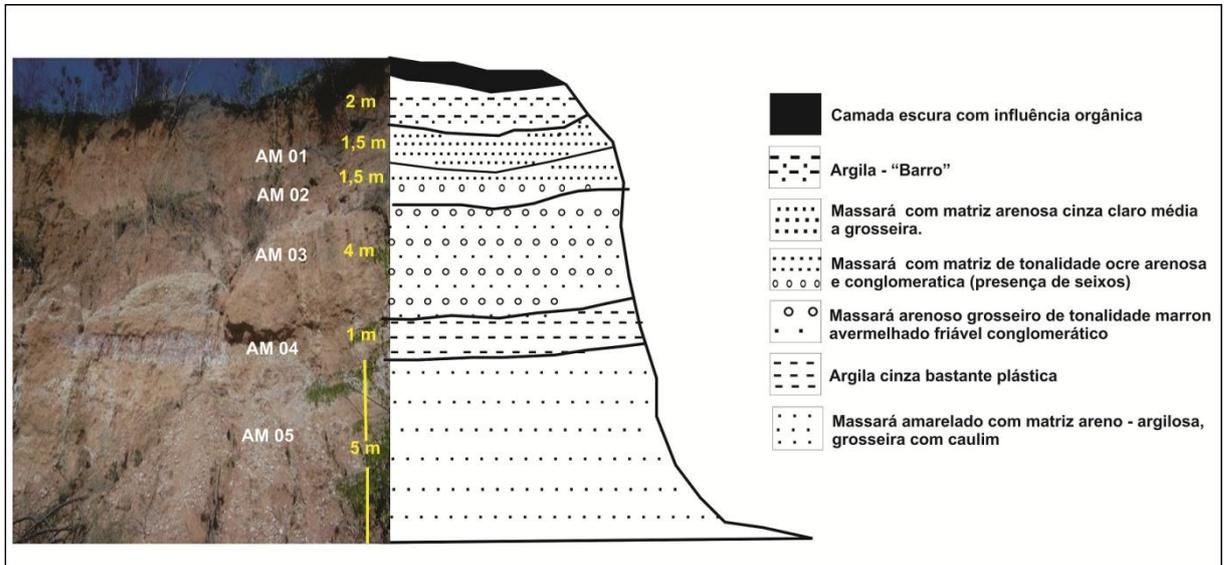
Fonte: Viana (2011).

Faz-se importante frisar que, nos níveis conglomeráticos, a matriz é o mesmo arenito caulínico, extremamente friável, porém, com seixos mal selecionados, nos quais os clastos menores de 0,5cm são, em sua maioria, angulosos; enquanto os seixos maiores são, quase sempre, bem arredondados. Correia Filho e Moita (1997, p.18-19), ao discorrerem sobre o massará, confirmam que a origem fluvial dos sedimentos presentes na Formação Pedra de Fogo construiu-se no momento da formação da bacia sedimentar. Segundo esses autores:

A matriz apresenta grãos tanto angulosos como arredondados, aparentemente sem classe modal predominante, comumente com leitos conglomeráticos, cimento sílico-caulínico, [...], conferindo-lhe suas propriedades ligantes. [...]. É tipicamente de *origem fluvial* formado em *ambiente de alta energia*, como demonstra a natureza clástica e estruturas sedimentares. *A fonte tem estreita ligação com rochas da formação Pedra de Fogo*, que sugere ser a grande fornecedora de material aportado na bacia de deposição, inclusive com a contribuição dos clastos. (Grifos nossos).

Ao analisar o perfil estratigráfico 1, localizado no bairro Santo Antônio/Bela Vista (Figura 27), que aflora em antigo corte de frente de lavra a céu aberto com cerca de 20 metros de altura, observa-se um processo deposicional com massará amarelado com matriz areno-argilosa, grosseira com caulim na base do perfil. Em seguida, ocorre uma camada com argila cinza bastante plástica, com cerca de 1 metro de espessura. Na sequência, o massará se apresenta com textura arenosa, com tonalidade marrom avermelhada friável e conglomerático. Sobre esta se encontra outra camada de massará com matriz de tonalidade ocre arenosa e também conglomerática (seixos de quartzo). A seguir, aparece uma camada de massará com matriz arenosa cinza clara, média a grosseira e, por último, um acréscimo de um sedimento areno-argiloso de tonalidade amarronzada e cimento argiloso conhecido como “barro”. No topo do pacote, ocorre uma camada escura com influência orgânica com cerca 1 metro de espessura e presença de vegetação de pequeno porte, gramínea. Assim sendo, pode-se comprovar, pela diferença de cores, e, pela análise granulométrica, a alternância entre camadas finas e grosseiras, de coloração variada.

Figura 27 - Perfil estratigráfico dos níveis deposicionais de coberturas superficiais, destacando camadas de massará no bairro Santo Antônio/ Bela Vista, na Zona Sul de Teresina-Piauí



Os seixos de quartzo (Figura 28) encontrados no perfil estratigráfico 1 possuem alto grau de arredondamento, sendo comumente achatados. Apresentam-se bastante foscos e polidos.

Figura 28 – Fotografia mostrando o massará e os seixos de quartzo presentes no perfil estratigráfico 1, localizado no Bairro Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí



Fonte: Viana (2010).

A ocorrência de cascalheira (Figura 29) é muito comum nas áreas de exposição do massará, originada pela remoção do material areno-argiloso, através das águas pluviais em áreas sem cobertura vegetal.

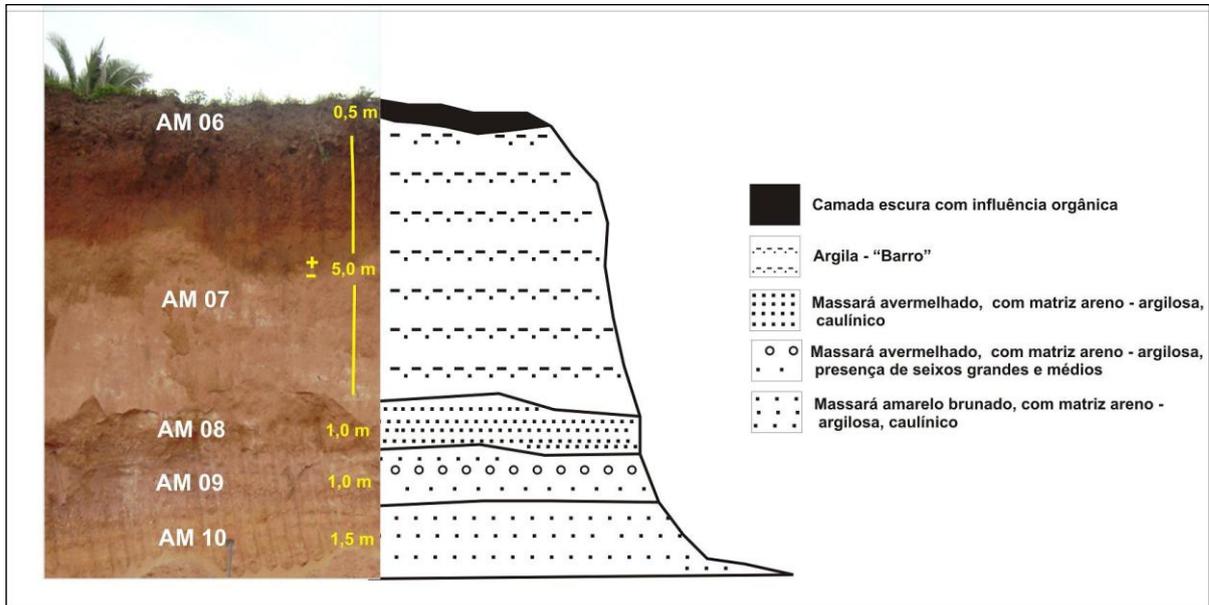
Figura 29 – Fotografia mostrando cascalheira no perfil estratigráfico 1, localizado no Bairro Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí



Fonte: Viana (2010).

Analisando o perfil estratigráfico 2, localizado no bairro Santa Maria da Codipi (Conjunto Monte Verde) (Figura 30), Zona Norte de Teresina–Piauí, que aflora em corte de frente de lavra a céu aberto com cerca de 10 metros de altura, constatou-se a ocorrência de um processo deposicional com massará areno-argiloso, caulínico, cor amarela brunada. Sobre esta se encontra outra camada de massará avermelhado com matriz areno-argilosa e presença de seixos de quartzo, médios a grandes. Na sequência, aparece outra camada de massará avermelhado com matriz areno-argilosa caulínica. Em seguida, percebe-se um acréscimo de camada argilosa, popularmente conhecida como barro. Faz-se oportuno mencionar que este material, ocorre frequentemente sobre o massará. Também é importante destacar a presença de uma camada escura, contendo matéria orgânica no topo do pacote e presença de vegetação graminosa.

Figura 30 - Perfil estratigráfico dos níveis deposicionais de coberturas superficiais, destacando camadas de massará no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), na Zona Norte de Teresina-Piauí.



A partir das análises de laboratório, detectou-se que os depósitos de “massará” presentes nos perfis pesquisados em Teresina, nas Zonas Sul e Norte, são constituídos, essencialmente, por areia quartzosa, de granulometria média. Os grãos de quartzo são, em sua maioria, transparentes e alguns leitosos. A fração argilosa, caulínica, nas diferentes camadas com presença de massará, aparece variando de 4% a 9% na distribuição granulométrica das amostras analisadas (Gráficos 4 e 5).

A análise granulométrica dos materiais pode estabelecer indicadores que auxiliam na interpretação de processos associados à dinâmica da evolução da paisagem. Entretanto, esses processos podem estar associados tanto àqueles de natureza sedimentológicas, derivada de suas condições deposicionais, quanto à sua evolução pedológica.

Gráfico 4 – Análise granulométrica das amostras coletadas em diferentes camadas do perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.

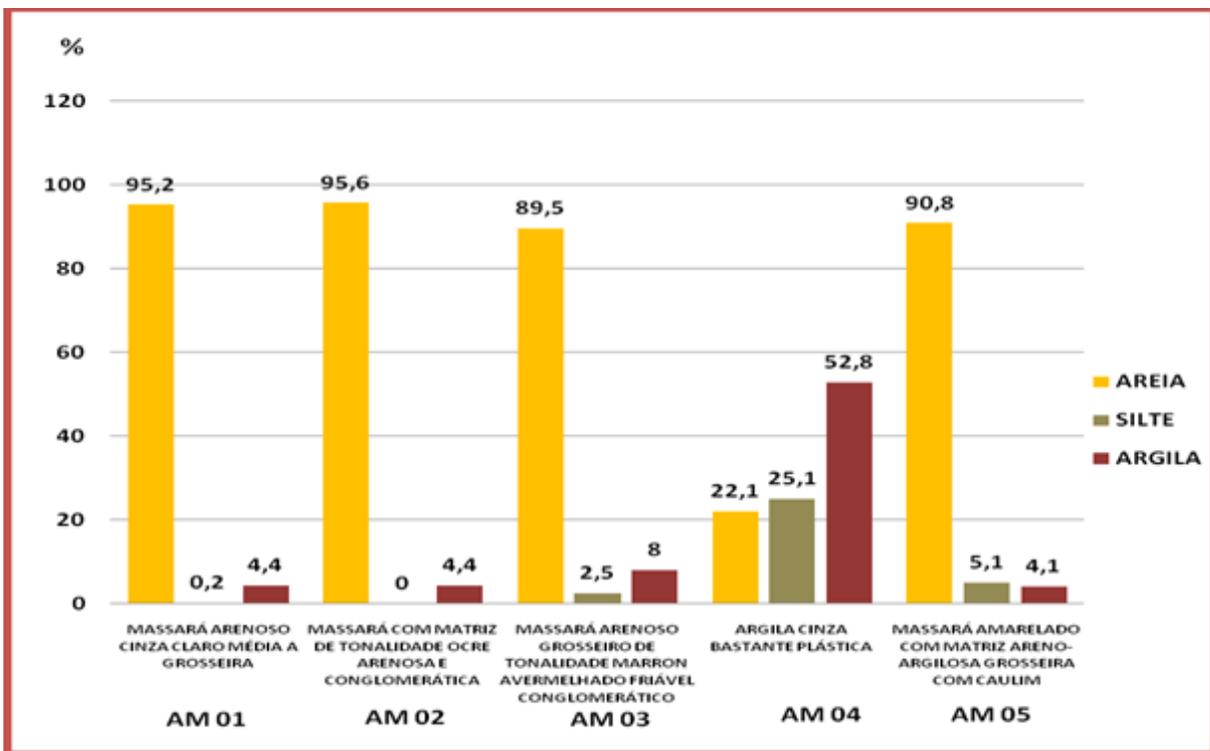
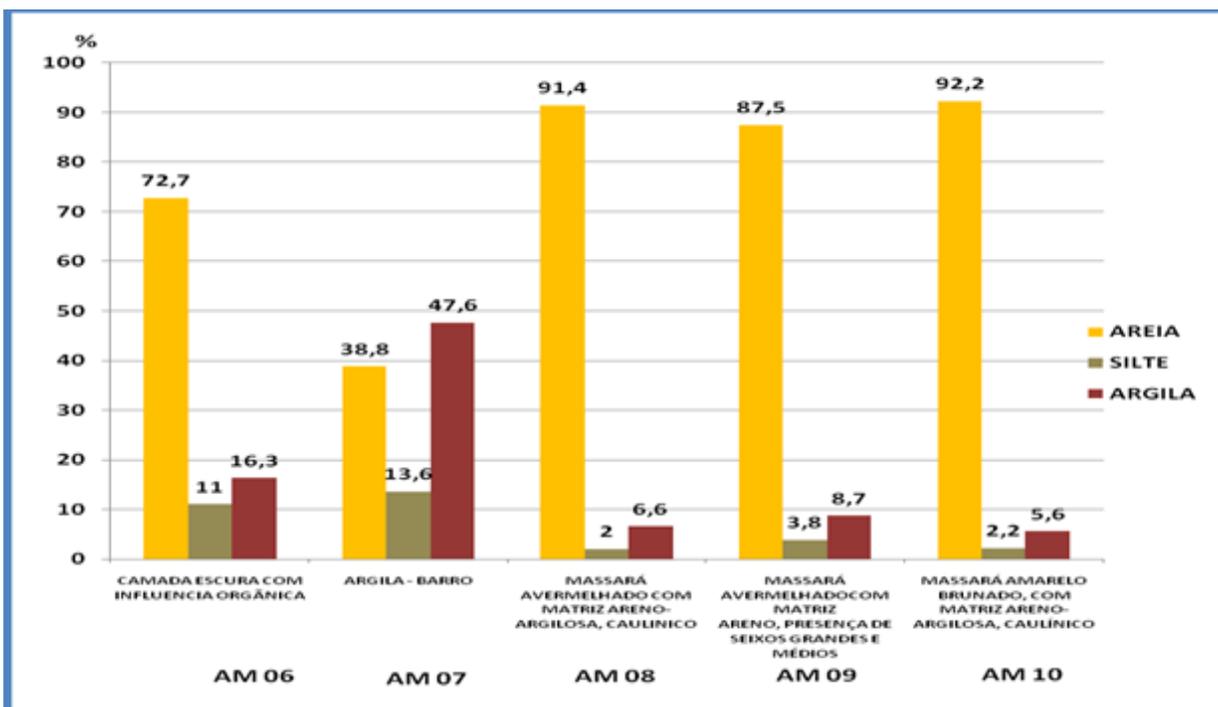


Gráfico 5 – Análise granulométrica das amostras coletadas em diferentes camadas do perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.



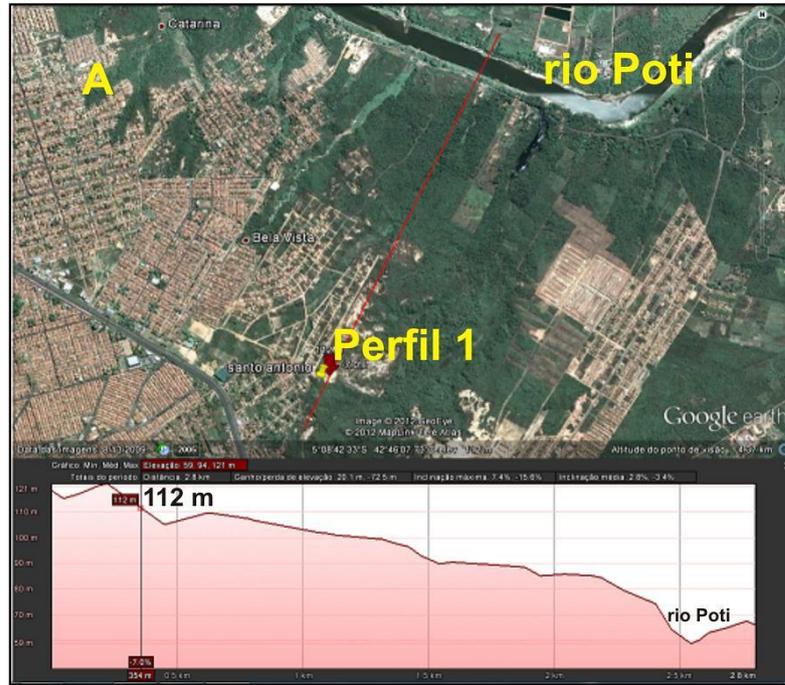
Observou-se, no perfil estratigráfico 1, que havia lentes de areia entre os níveis de seixos pelo tato mais arenoso, sendo tal fato comprovado, visto que há mais de 89% de fração areia no total granulométrico nas amostras. Dessa forma, com os valores obtidos, observa-se que o massará possui um baixo índice de plasticidade. Os sais hidratados ocorrem de forma insignificante, determinando, assim, baixa salinidade do massará, além de reduzida capacidade de troca de cátions.

A análise das amostras dos perfis estudados (bairros Bela Vista/ Santo Antônio e Santa Maria da Codipi) demonstra que a distribuição granulométrica, apesar de variar entre as camadas, aparece com padrões de distribuição semelhantes. Em termos gerais, nas camadas com presença de massará, predomina a textura arenosa e pequena proporção de argila. As amostras com maior teor de argila pertencem às camadas nas quais ocorre o “barro”, importante recurso mineral utilizado na construção civil em Teresina, até o final da década de 1970. Porém, o setor da construção civil da cidade vivenciou, a partir daquela década, um processo de mudança no modo de preparação da argamassa, principalmente da argamassa para assentamento, substituindo o uso do barro pelo massará.

Ao analisar os perfis estratigráficos 1 e 2 e os perfis topográficos (Figuras 31 e 32), observa-se que as camadas com ocorrência de massará são identificadas em vários pontos do entorno da cidade, em topos de baixos planaltos. Estes, em algumas áreas, formam divisores topográficos de dois grandes rios que passam no espaço teresinense, em cotas altiméricas que ultrapassam os 100m, o que, na maioria das vezes, fica bem longe das atuais planícies e terraços fluviais desses rios. No perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Bela Vista/Santo Antônio, o nível de altitude registrado foi de 112 m, e, no perfil estratigráfico 2, localizado no bairro Santa Maria da Codipi, a altitude corresponde a 111 m.

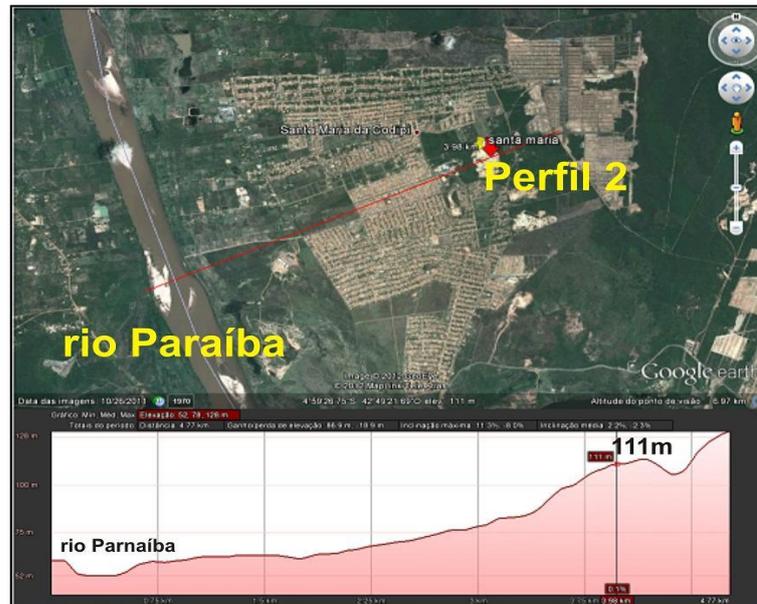
Também foram constatadas porções de rochas sedimentares (Figura 25), as quais estão passando por processos de intemperização em camadas sedimentares presentes em áreas extrativas de massará, a exemplo do Bairro São Lourenço. Esse sedimento configura-se, então, como manto de alteração, segurando as colinas mais altas.

Figuras 31 – Imagem de satélite adaptada, mostrando o perfil topográfico do vale do rio Poti e localizando o perfil estratigráfico 1 (Bela Vista/Santo Antônio), na Zona Sul de Teresina-Piauí.



Banco de dados: Google Earth (2012). Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla lamara de P. Vieira (2012).

Figuras 32 – Imagem de satélite adaptada mostrando o perfil topográfico do vale do rio Parnaíba e localizando o perfil estratigráfico 2 (bairro Santa Maria da Codipi), na Zona Norte de Teresina-Piauí.



Banco de dados: Google Earth (2012). Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla lamara de P. Vieira (2012).

Ficou bastante nítido que estes depósitos não são resultado da dinâmica fluvial atual, pois, apesar do selecionamento das partículas, com acréscimo gradual de argila em direção ao topo e do grau de arredondamento dos seixos, os rios Poti e Parnaíba, atualmente, não têm capacidade de carreamento para depositar sedimentos nas cotas altimétricas dos perfis estudados.

5.2 Análises químicas e mineralógicas dos sedimentos presentes nas camadas de massará em Teresina-PI

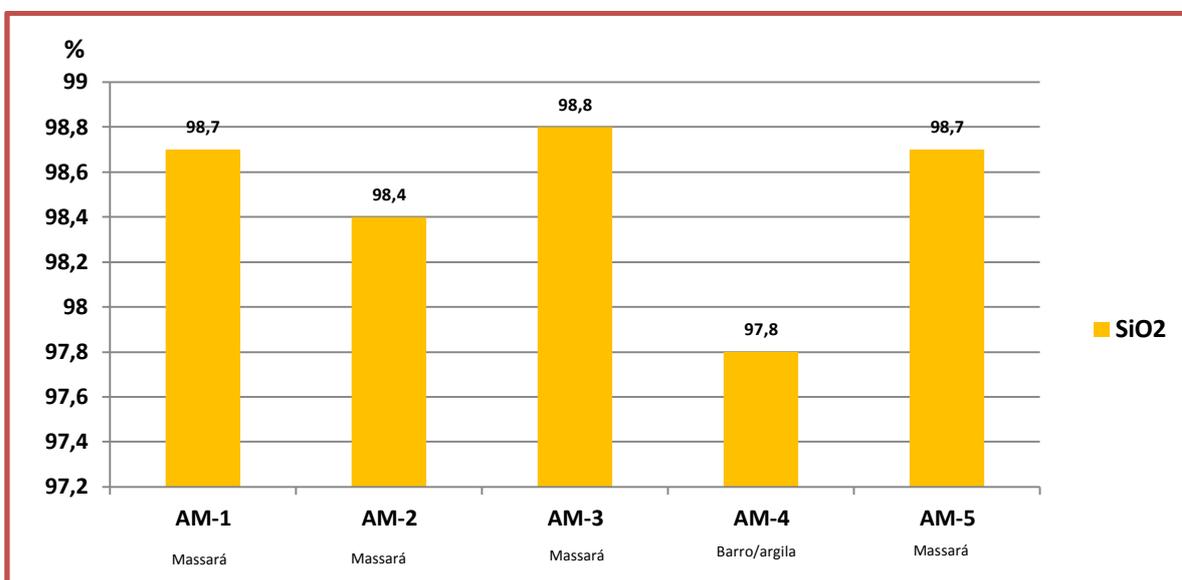
A difratometria de raios X (DRX) nas amostras da fração areia (Apêndice C), coletadas em diferentes camadas com presença de massará (AM-01, AM-02, AM-03 e 05), no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Bela Vista / Santo Antônio, na Zona Sul de Teresina, indicou que os principais minerais constituintes da areia são o quartzo (SiO_2) com valores (>98%). De acordo com Fontes (1996), o quartzo é o elemento mais frequente na natureza, por ser mais duro, resistente e estável quimicamente. Nessas amostras, foram diagnosticados picos reduzidos de caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) no DRX (<1%) (Quadro 8).

Quadro 8 – Minerais detectados na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.

Amostra	Características	Mineral Identificado	
		Predominante (>98%)	Minoritário (<1%)
AM 01	Massará c/ matriz arenosa cinza claro média a grosseira	Quartzo	Caulinita
AM 02	Massará c/ matriz tonalidade ocre arenosa e conglomerática (presença de seixos)	Quartzo	Caulinita
AM 03	Massará arenoso grosseiro marron avermelhado friável conglomerático	Quartzo	-
AM 04	Argila cinza bastante plástica	Quartzo	Magnetita
AM 05	Massará amarelado c/ matriz areno-argilosa grosseira com caulim	Quartzo	-

Verifica-se, assim, que as amostras analisadas apresentam um teor altíssimo de sílica, com valores acima de 98% nas amostras de massará, caracterizando este material como um material extremamente arenoso (Gráfico 6). Na camada com presença de argila cinza bastante plástica (AM 04), além do quartzo, o difratograma de raios X identificou a magnetita (Fe_3O_4), (mineral magnético associado às rochas magmáticas).

Gráfico 6 – Teores de SiO_2 na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.



A hematita não foi identificada pela difratometria de raios-x, porém, a coloração do massará e a presença de Fe_2O_3 , constatadas na análise química, indicam presença desse mineral (Gráfico 7). Deve-se destacar que as hematitas em sedimentos são, em sua maioria, de origem diagenética (MELO; ALLEONI, 2009). Os outros elementos detectados nas análises químicas aparecem sob a forma de traços e/ou possível ocorrência (Gráfico 8).

Gráfico 7 – Teores de Al₂O₃, Fe₂O₃ e Na₂O, na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.

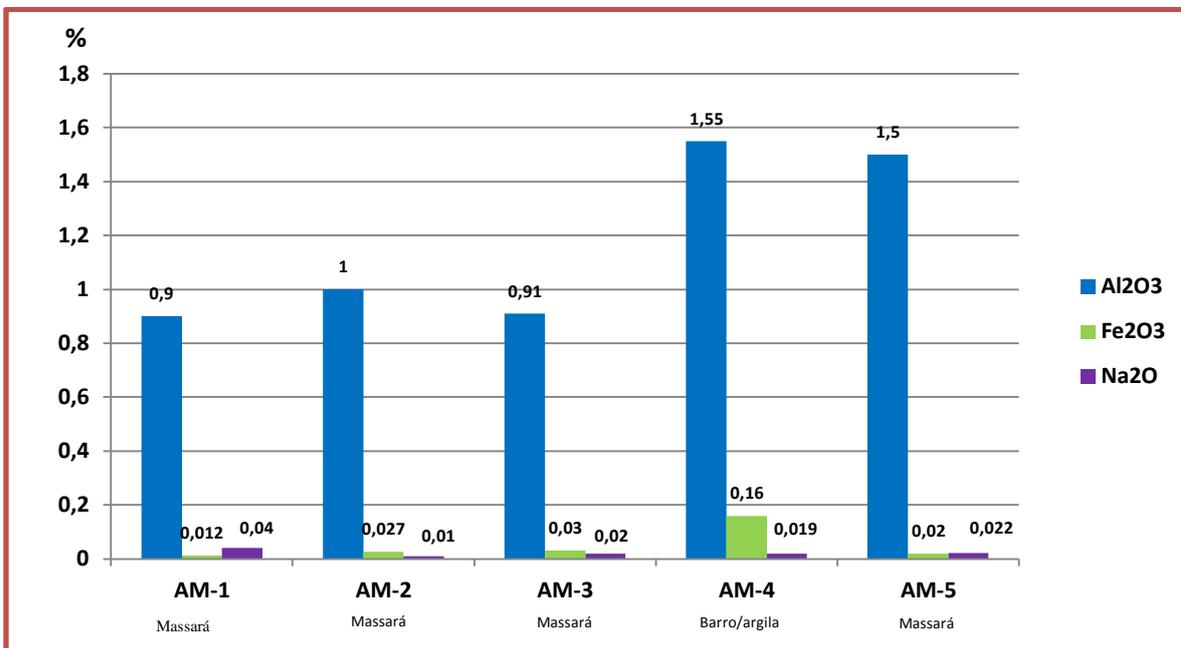
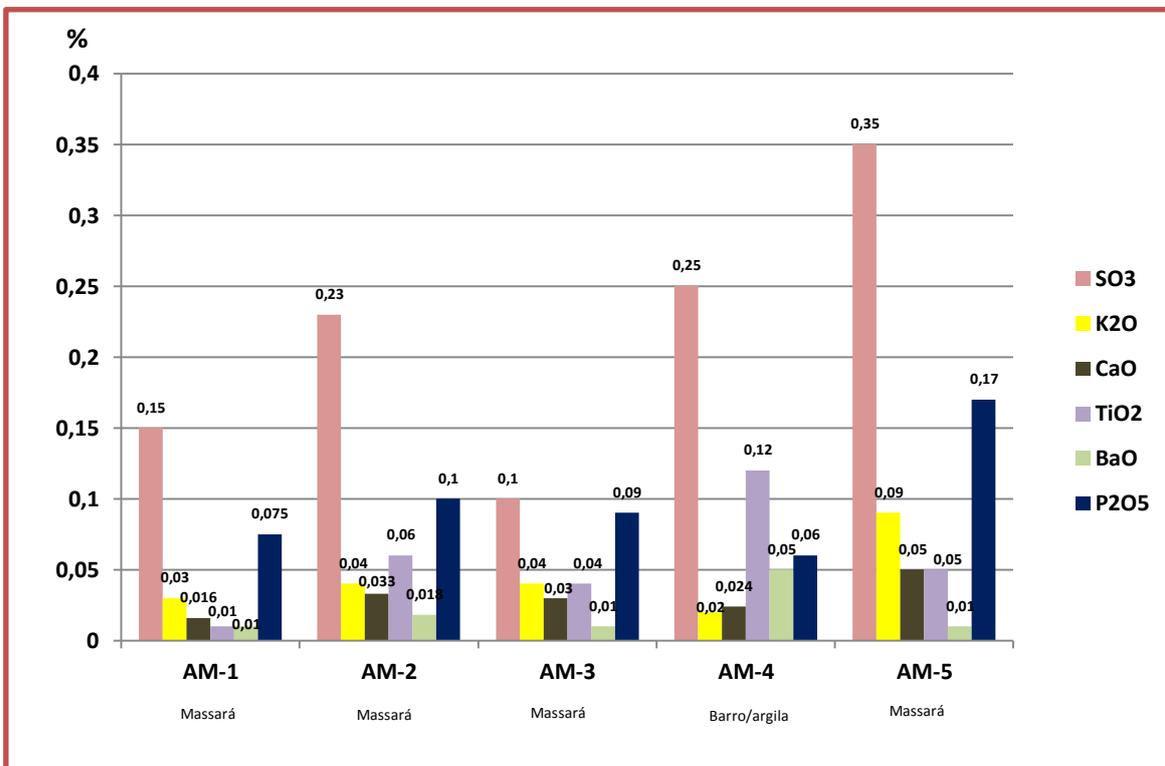


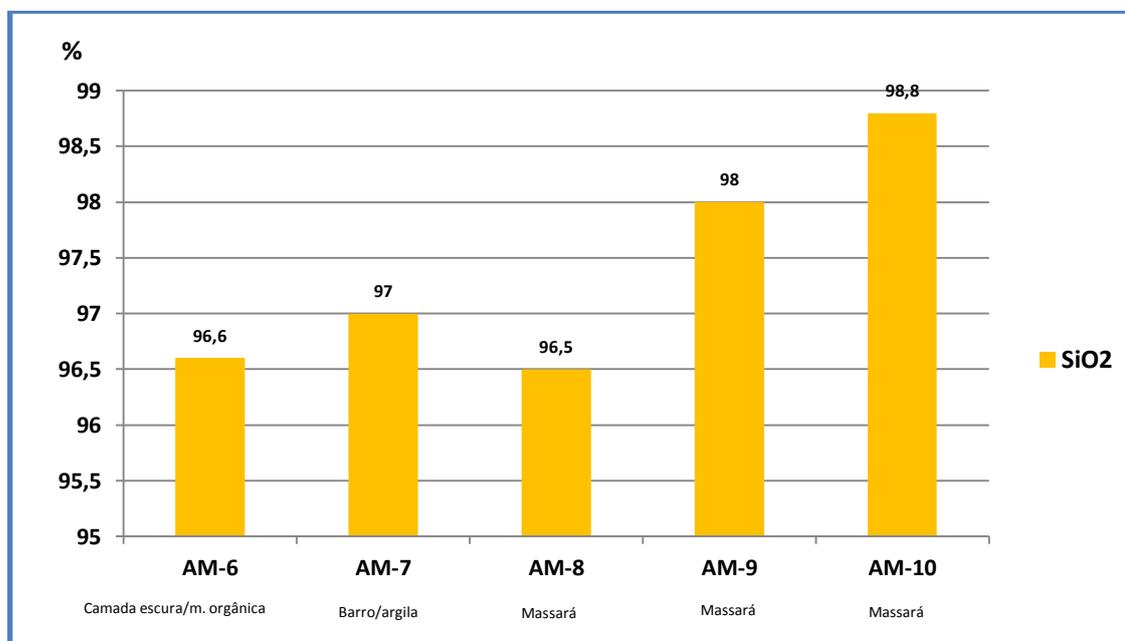
Gráfico 8 – Teores de SO₃, K₂O, CaO, TiO₂, BaO e P₂O₅, na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.



As análises químicas da fração areia das amostras de massará (AM 08, 09 e 10), coletadas no bairro Santa Maria da Codipi, na Zona Norte de Teresina, revelaram que esses sedimentos são constituídos praticamente de sílica (valores acima de 96% de SiO₂) (Gráfico 9), confirmando os elevados picos de quartzo. Este aparece como a principal fase cristalina identificada nos estudos mineralógicos do perfil 2 (Quadro 9), como também ocorre no perfil 1; enquanto nas amostras com presença de matéria orgânica (AM 06) e de argila/barro (AM 07), esse mineral aparece em menores proporções, assim como a caulinita.

No perfil 2, também ocorrem impurezas, como a hematita e a magnetita (Quadro 9), materiais parcialmente intemperizados que colaboram com os teores de Fe₂O₃. Dessa forma, as análises químicas das amostras de massará (AM 08, 09 e 10) desse perfil mostraram que a ocorrência de Fe₂O₃, mesmo em proporções mínimas, determina uma coloração avermelhada ao massará (Gráfico 10). Os outros elementos diagnosticados nessas análises aparecem sob a forma de traços e/ou possível ocorrência (Gráfico 11).

Gráfico 9 – Teores de SiO₂ na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.



Quadro 9 – Minerais detectados na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.

Amostra	Características	Mineral Identificado	
		Predominante (>98%)	Minoritário (<1%)
AM 06	Camada escura com influência orgânica	Quartzo	Hematita Magnetita
AM 07	Argila – “barro”	Quartzo	Caulinita Hematita Magnetita
AM 08	Massará avermelhado c/ matriz areno-argilosa, caulínico	Quartzo	-
AM 09	Massará avermelhado c/ matriz areno-argilosa, com presença de seixos médios e grandes	Quartzo	-
AM 10	Massará amarelo brunado c/ matriz areno-argilosa, caulínico	Quartzo	-

Gráfico 10 – Teores de Al_2O_3 , Fe_2O_3 e Na_2O , na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.

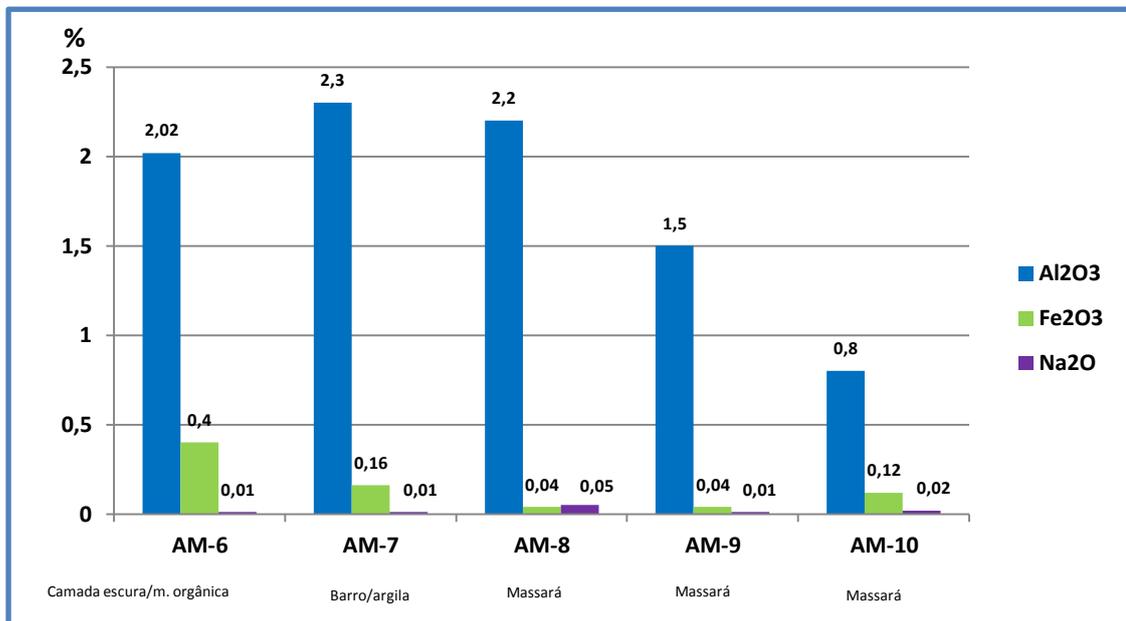
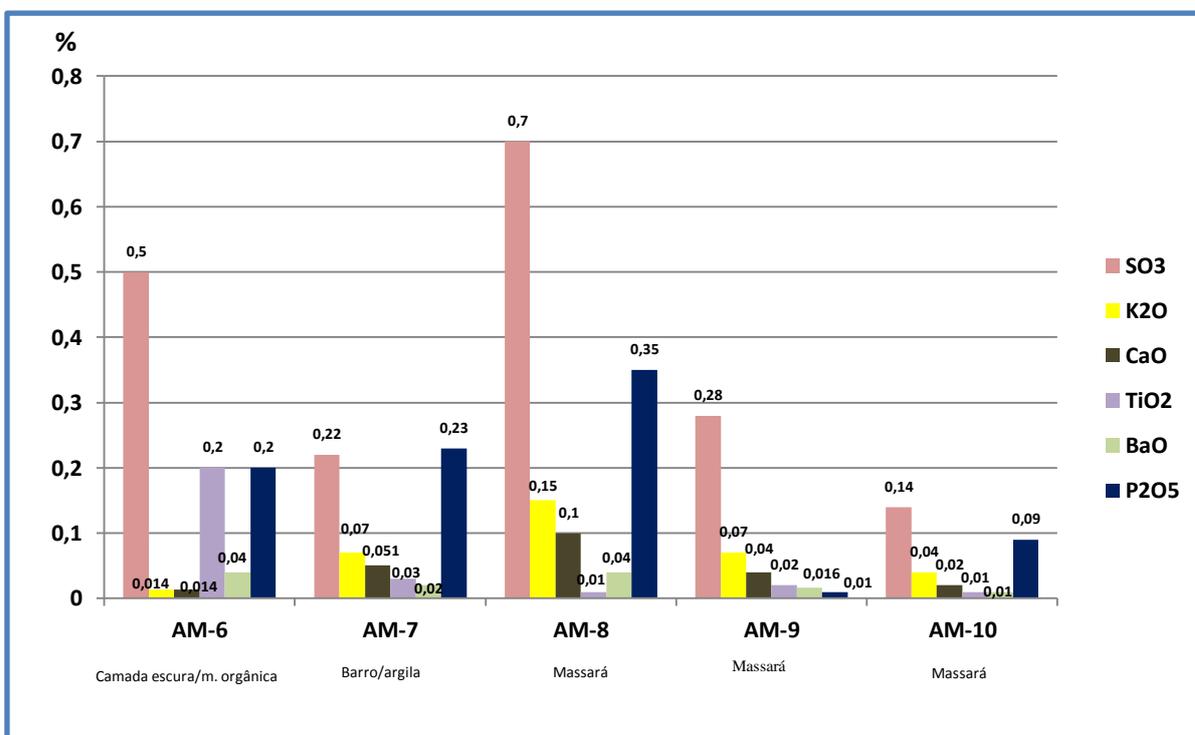


Gráfico 11 – Teores de SO_3 , K_2O , CaO , TiO_2 , BaO e P_2O_5 , na fração areia das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.



A análise mineralógica da fração argila, coletada em diferentes camadas com presença de massará (AM 01, 02, 03 e 05), no perfil dos bairros Bela Vista/Santo Antônio, identificou que os maiores picos ou picos principais são da caulinita (>30%) (Quadro 10). Essas camadas possuem, portanto, grandes teores de $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, fato comprovado pelas análises químicas que serão discutidas posteriormente. De acordo com Melo e Alleoni (2009), a caulinita é o argilomineral mais frequentemente encontrado na natureza, sendo formado pelo empilhamento regular de camadas 1:1. Esse mineral é um filossilicato formado por uma lâmina tetraédrica de sílica e uma octaédrica de alumínio, indicando elevado grau de intemperismo do material argiloso.

Entre os óxidos de alumínio, destaca-se a Gibbsita, presente de forma minoritária, nas cinco amostras estudadas do perfil 1, na proporção de (<10% a < 3%). . Enquanto as argilas silicatadas possuem forma laminar, os óxidos de Fe e de Al apresentam forma relativamente granular ou equidimensional. Assim, a presença de Al_2O_3 (óxidos de alumínio) nas camadas estudadas determina a pequena plasticidade e pouca resistência mecânica da argila. Melo e Alleoni (2009) explicam

também que a presença hidróxidos de Fe e de Al ocorre como agentes desorganizadores no solo, diminuindo as forças de coesão e adesão, assim como o encrostamento, a plasticidade, e a pegajosidade.

Quadro 10 – Minerais detectados na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.

Amostra	Características	Mineral Identificado			
		Predominante (>30%)	Maior (<30%)	Menor (<10%)	Minoritário (<3)
AM 01	Massará c/ matriz arenosa cinza claro média a grosseira	Caulinita	Quartzo Thermonatrita	Trona	Gibbsita Natrita
AM 02	Massará c/ matriz tonalidade ocre arenosa e conglomerática (presença de seixos)	Caulinita	Quartzo Thermonatrita Trona	Natrita	Gibbsita
AM 03	Massará arenoso grosseiro marron avermelhado friável conglomerático	Caulinita	Trona	Quartzo Thermonatrita	Gibbsita
AM 04	Argila cinza bastante plástica	Caulinita	Quartzo	Gibbsita Trona	Gibbsita Natrita Thermonatrita
AM 05	Massará amarelado c/ matriz areno-argilosa grosseira com caulim	Caulinita	Quartzo	Thermonatrita Trona	Gibbsita

Na análise mineralógica do perfil 1 (Zona Sul), também foi detectada, nas amostras da fração argila, a presença de quartzo em menores proporções (< 30%), assim como a presença de carbonatos (sais solúveis), como a Thermonatrita: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, nas proporções (<30% a < 3%); a Trona: $\text{NaH}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (<30% a < 10%); e a Natrita: Na_2CO_3 (<10% a < 3%) (Quadro 6). Tais sais podem estar associados aos evaporitos da bacia do Parnaíba. Conforme Milani et al. (2007), foi, no contexto marinho raso, em clima árido, que ocorreu, na Formação Pedra de Fogo, seus característicos depósitos de evaporitos. Reforçando essa hipótese, Lima e Leite (1978) explicam que o ambiente deposicional dessa bacia é de natureza continental lagunar e fluvial, com contribuição eólica, incursões marinhas e ciclos evaporíticos, variando de oxidante a redutor com variações climáticas de úmida a árida.

A Natrita (Na_2CO_3) é um carbonato alcalino, deca-hidrato, também denominado de Natrite, Sódio ou Soda, que tem sua composição química constituída por CO_2 e Na_2O . A sua ocorrência está relacionada à deposição por evaporação em águas portadoras de carbonato de sódio, preferencialmente de salinas, durante os meses de verão, mas, no inverno, aparece como Thermonatrita ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, hidrato). Em grande parte é resultado da decomposição de silicatos alcalinos.

A Trona (NaHCO_3 ; $\text{NaH}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), pertencente ao grupo Thermonatrita-Natron, constitui um complexo de carbonato e bicarbonato hidratado de sódio. Também tem sua ocorrência relacionada a evaporitos lacustres, comuns em regiões áridas (SILVA; SCHREIBER; SANTOS, 2000). Dias-Brito et al. (2007) enfatizam que a Formação Pedra de Fogo resultou de sedimentação em ambientes marinhos rasos restritos, costeiros e continentais, sob clima predominantemente quente, momento em que carbonatos e evaporitos acumularam-se quando a Bacia Sedimentar do Parnaíba apresentava balanço hídrico negativo.

Esses carbonatos foram depositados em lagos salinos e ao longo das margens do rio como eflorescências em regiões áridas (MINERAL DATA PUBLISHING, 2005). São caracterizados como sais solúveis que se cristalizam na parte externa de materiais, tendo se originado durante o processo de formação do solo ou então são trazidos por movimentos de águas subterrâneas.

O termo sais solúveis, quando aplicado ao solo, designa aqueles constituintes que apresentam apreciável solubilidade em água. Estes sais são o principal agente da degradação dos materiais usados na construção civil, principalmente os materiais porosos. A solubilidade do sal tem relação importante com o seu grau de dissociação iônica, uma vez que apresentam um elevado grau de dissociação, o que origina soluções com grande quantidade de íons (iônicas) e, por isso, são considerados bons eletrólitos (BAUER, 2001).

Dessa forma, a presença desses carbonatos pode estar relacionada aos sais solúveis presentes na fração argila do massará ou a problemas metodológicos, haja vista que o hidróxido de sódio foi o reagente utilizado para dispersão e separação das diferentes frações granulométricas.

Na análise mineralógica (Apêndices C e D) do perfil 2 (Zona Norte), observam-se semelhanças com os difratogramas das amostras coletadas na Zona Sul de Teresina, pois, em ambos, predominam a caulinita (>30%), sendo que o

quartzo e a gibbsita ocorrem em proporções muito pequenas (<3%). Os minerais carbonáticos, a exemplo da Trona: $\text{NaH}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (<30% a <3%); da Thermonatrita: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (< 10% a < 3%) e da Natrita: Na_2CO_3 (<3%), também estão presentes nesse perfil, apesar das proporções variarem. Deve-se destacar que, na AM 06, há presença do Natron: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Este carbonato somente ocorre no perfil 2, aparecendo em proporções pequenas (< 10%) (Quadro 11).

Quadro 11 – Minerais detectados na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.

Amostra	Características	Mineral Identificado			
		Predominante (>30%)	Maior (<30%)	Menor (<10%)	Minoritário (<3)
AM 06	Camada escura com influência orgânica	Caulinita	-	Natron	Gibbsita Natrita Quartzo Thermonatrita Trona
AM 07	Argila – “barro”	Caulinita	-	-	Gibbsita Natrita Quartzo Thermonatrita Trona
AM 08	Massará avermelhado c/ matriz areno-argilosa, caulínico	Caulinita	-	Thermonatrita Trona	Gibbsita Quartzo
AM 09	Massará avermelhado c/ matriz areno-argilosa, com presença de seixos médios e grandes	Caulinita	-	Thermonatrita Trona	Gibbsita Natrita Quartzo
AM 10	Massará amarelo brunado c/ matriz areno-argilosa, caulínico	Caulinita	Trona	Thermonatrita	Gibbsita Natrita Quartzo

A matriz areno-argilosa do massará, nas amostras estudadas, presente nos perfis das Zonas Sul e Norte de Teresina, apresenta grãos tanto angulosos como arredondados, comumente com leitos conglomeráticos (cimento sílico-caulínico), sendo que a literatura mostra que a presença do caulinita confere ao material propriedades ligantes, denotando um elevado estado de aglomeração, determinando o seu uso em argamassas para reboco, para assentamentos de tijolos em alvenaria e pisos cerâmicos e em revestimentos (CORREIA FILHO; MOITA, 1997).

O ponto fundamental na caracterização do massará estudado, visando à sua utilização como material para a construção civil, está na presença dominante da

caulinita, na fração argila, e do quartzo, na fração arenosa. O desempenho principal do sedimento massará encontra-se, assim, na sua constituição como agregado miúdo (substituindo a areia fina), mas também como composto ligante (cimentante), em substituição à cal hidratada. Importante mencionar que os seixos encontrados em associação como o massará, nos perfis estratigráficos, são o produto mais nobre, utilizados como aglomerado em concreto e recapeamentos, inclusive asfáltico.

Segundo Zeferino e Martins (2010), o processo de cimentação, a exemplo do que ocorre em rochas sedimentares clásticas, como o arenito, consiste no aparecimento de uma matriz, ou seja, um material muito fino entre os grãos dos sedimentos. Este material também pode ser um cimento resultante da precipitação de substâncias, geralmente constituído por sílica, sulfatos de cálcio, carbonato de cálcio e magnésio ou óxidos e hidróxidos de ferro, conferindo uma maior coesão ao material (Gráficos 12, 13, 14 e 15).

Gráfico 12 – Teores de Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 e Na_2O , na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/ Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.

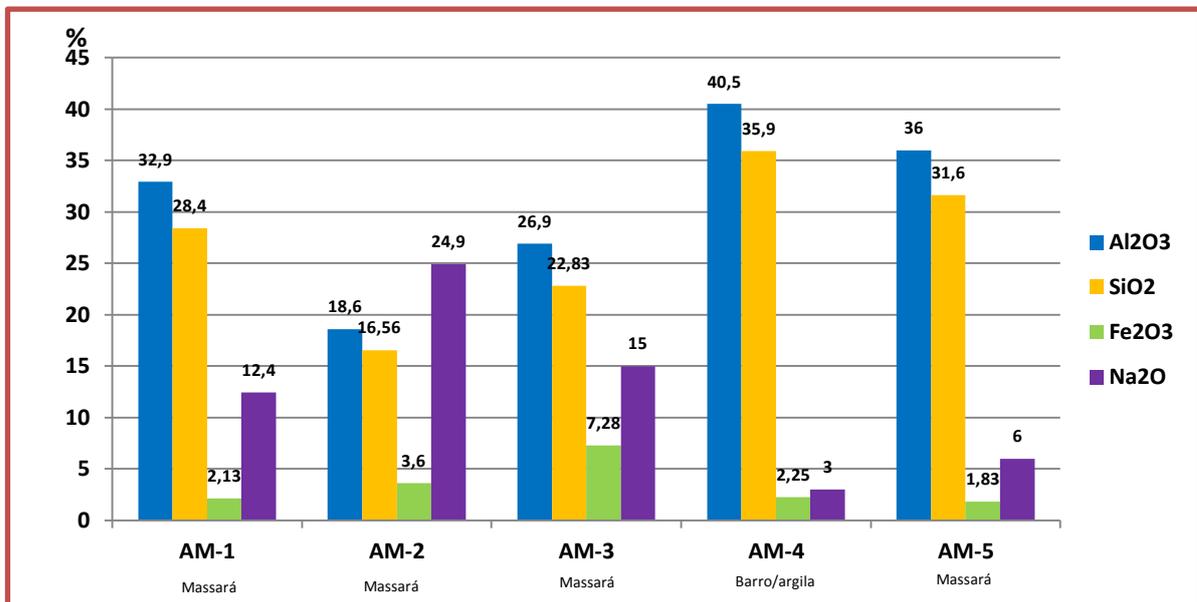


Gráfico 13 – Teores de Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 e Na_2O , na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.

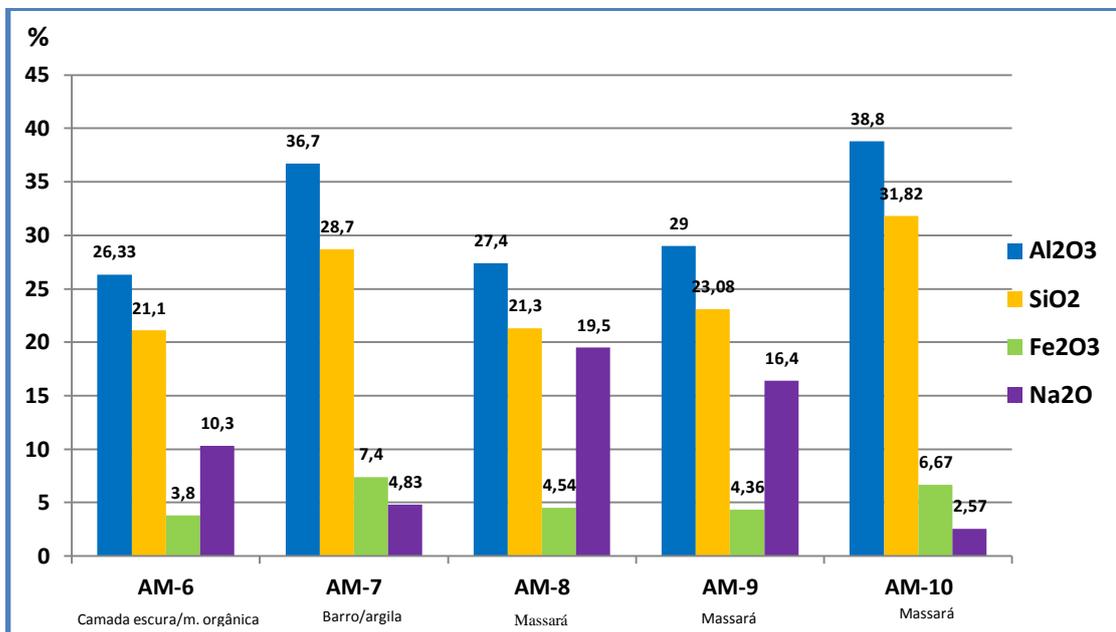


Gráfico 14 – Teores de MgO , SO_3 , K_2O , TiO_2 , Cr_2O_3 e BaO , na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 1, localizado nos bairros Santo Antônio/Bela Vista, Zona Sul de Teresina-Piauí.

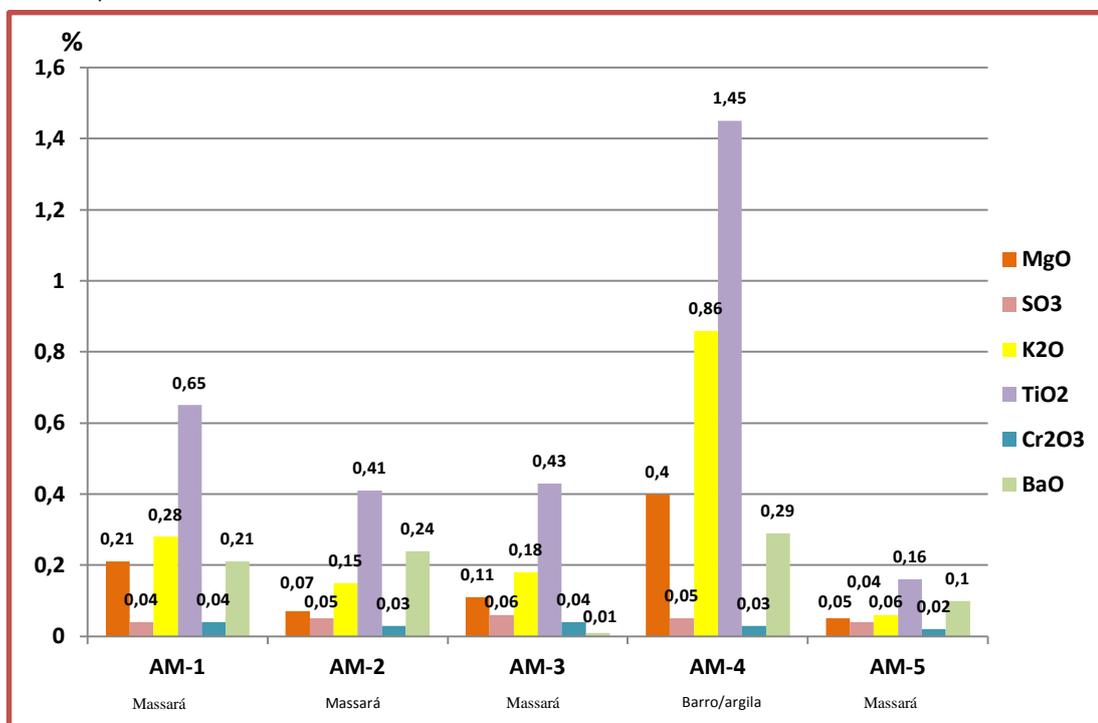
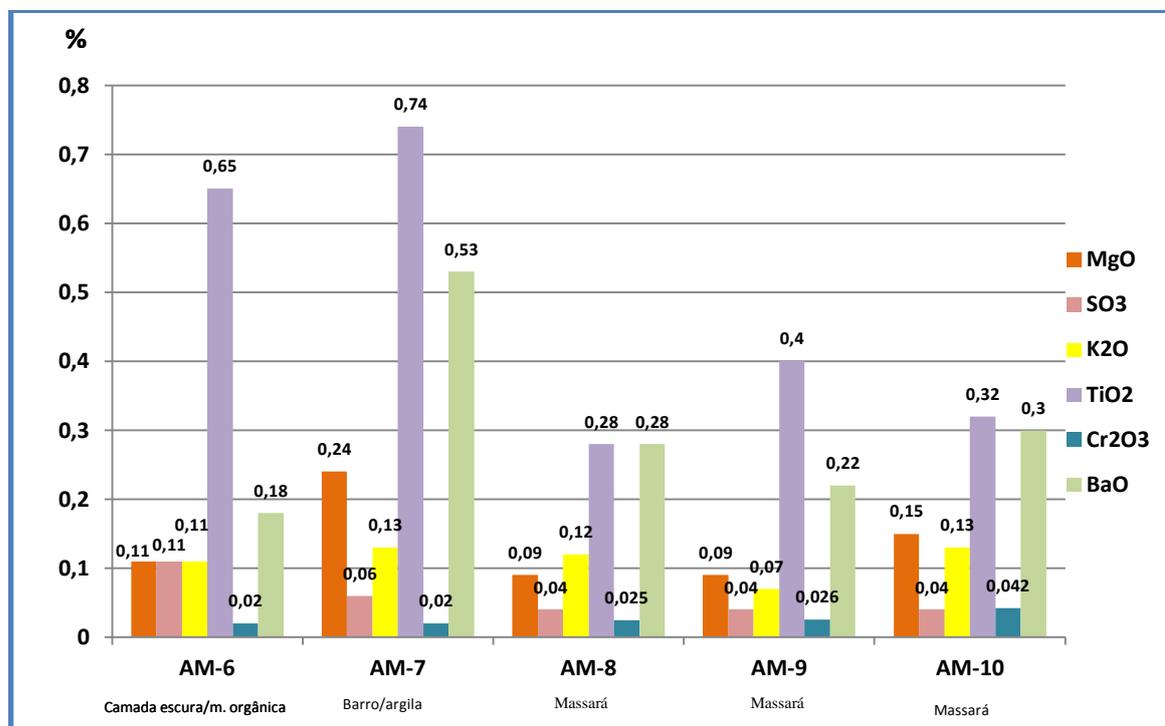


Gráfico 15 – Teores de MgO, SO₃, K₂O, TiO₂, Cr₂O₃ e BaO, na fração argila das amostras coletadas no perfil estratigráfico 2, localizado no Conjunto Monte Verde (bairro Santa Maria da Codipi), Zona Norte de Teresina-Piauí.



A análise estatística utilizada no estudo fundamentou-se na Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis* - PCA). A partir do PCA, foram estimados os fatores que se referem às variáveis estabelecidas entre os componentes químicos presentes nas camadas de sedimentos dos perfis estratigráficos 1 e 2.

As variáveis mencionadas são descritas pelas novas variáveis (fatores), que tornam possível localizá-las como um ponto num gráfico bi/tridimensional. Vale destacar que os pontos mais próximos são os mais semelhantes. Assim, os métodos estatísticos multivariados consideram as amostras e as variáveis em seu conjunto, permitindo extrair informações complementares que a análise univariada não consegue evidenciar (MOURA et al., 2006 citado por VALLADARES et al., 2009b).

Com os dados do Quadro 12, foi montada a matriz N x P, na qual N representa as amostras (análises físico-químicas) e P as variáveis escolhidas. Esses dados permitiram esclarecer informações que não foram explicadas sobre os elementos que determinam a liga nas camadas de massará, o que possibilitou, por

sua vez, identificar as diferenças químicas, a partir dos agrupamentos que separam os elementos presentes no massará daqueles presentes nas outras camadas.

Ao observar o comportamento dos elementos presentes nas amostras em estudo na fração argila, no Gráfico 14 (Perfil 1) e Gráfico 15 (Perfil 2); assim como no Quadro 12 e no Apêndice E, constatou-se que o Titânio varia muito ao longo das camadas, evidenciando que são muito grandes as discontinuidades litológicas existentes nos perfis estratigráficos 1 (bairro Bela Vista/Santo Antônio) e perfil 2 (bairro Santa Maria da Codipi).

Quadro 12 - Matriz Amostras x Variáveis representativas das amostras da fração argila das coletadas nos perfis estratigráficos 1 e 2, localizados nas Zonas Sul e Norte de Teresina-Piauí.

ELEMEN-TO	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	ZnO	BaO	ZrO ₂	PbO	Perda-fogo	KI	ZrO ₂ /TiO ₂
AM-1	12,4	0,21	32,9	28,4	0,04	0,28	0,02	0,65	0,04	<0,01	2,13	<0,01	<0,01	0,21	0,01	0,006	22,8	1,47	0,015
AM-2	24,9	0,07	18,6	16,56	0,05	0,15	<0,01	0,41	0,03	<0,01	3,6	<0,01	<0,01	0,24	0,01	0,009	35,7	1,51	0,024
AM-3	15	0,11	26,9	22,83	0,06	0,18	<0,01	0,43	0,04	<0,01	7,28	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,001	27,66	1,44	0,023
AM-4	3	0,4	40,5	35,9	0,05	0,86	<0,01	1,45	0,03	<0,01	2,25	<0,01	<0,01	0,29	0,016	<0,001	15,38	1,51	0,011
AM-5	6	0,05	36	31,6	0,04	0,06	<0,01	0,16	0,02	<0,01	1,83	<0,01	<0,01	0,1	0,01	0,008	24,12	1,49	0,063
AM-6	10,3	0,11	26,33	21,1	0,11	0,11	0,51	0,65	0,02	0,026	3,8	0,012	<0,01	0,18	0,011	<0,001	33,7	1,36	0,017
AM-7	4,83	0,24	36,7	28,7	0,06	0,13	<0,01	0,74	0,02	<0,01	7,4	<0,01	<0,01	0,53	0,017	0,005	20,74	1,33	0,023
AM-8	19,5	0,09	27,4	21,3	0,04	0,12	<0,01	0,28	0,025	<0,01	4,54	<0,01	<0,01	0,28	0,01	<0,001	26,7	1,32	0,036
AM-9	16,4	0,09	29	23,08	0,04	0,07	<0,01	0,4	0,026	<0,01	4,36	<0,01	<0,01	0,22	0,01	<0,001	26,4	1,35	0,025
AM-10	2,57	0,15	38,8	31,82	0,04	0,13	0,02	0,32	0,042	<0,01	6,67	0,017	0,013	0,3	0,01	<0,001	21,11	1,39	0,031

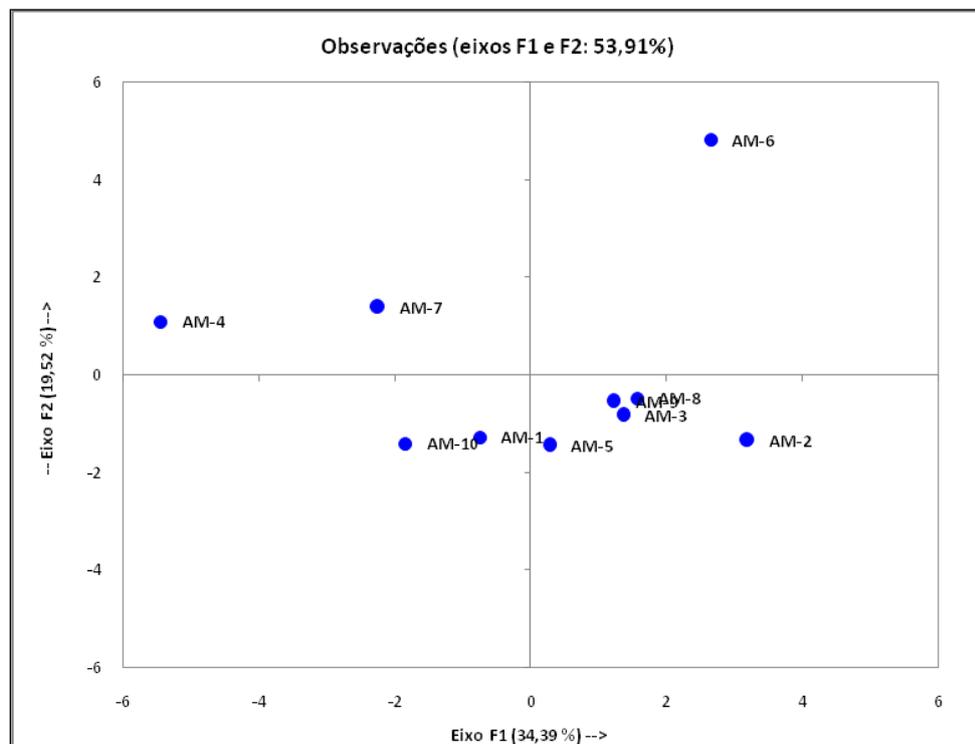
Outra análise importante diz respeito à Figura 33, resultante das análises estatísticas (PCA), pois, nesta, é marcante a constatação de grupamentos diferenciados entre as amostras estudadas. Deve-se enfatizar que os dois perfis estratigráficos possuem composição similar, apesar de organizações diferenciadas, pois foram formadas na bacia sedimentar, e que a PCA é eficiente no agrupamento de sedimentos originários de mesmo material de origem. Nos estudos, foram considerados os fatores (F1 e F2) que explicam 53,91 da variação. (Quadro 13 e Apêndice F).

Quadro 13 – Autovalores e % da variação pela análise dos componentes principais para as amostras da fração argila das camadas de sedimentos referentes ao Perfil estratigráfico 1 (Zona Sul) e do Perfil 2 (Zona Norte) de Teresina-Piauí

	F1	F2
Autovalores	6,190	3,513
% Variância	34,390	19,519
% Acumulado	34,390	53,909

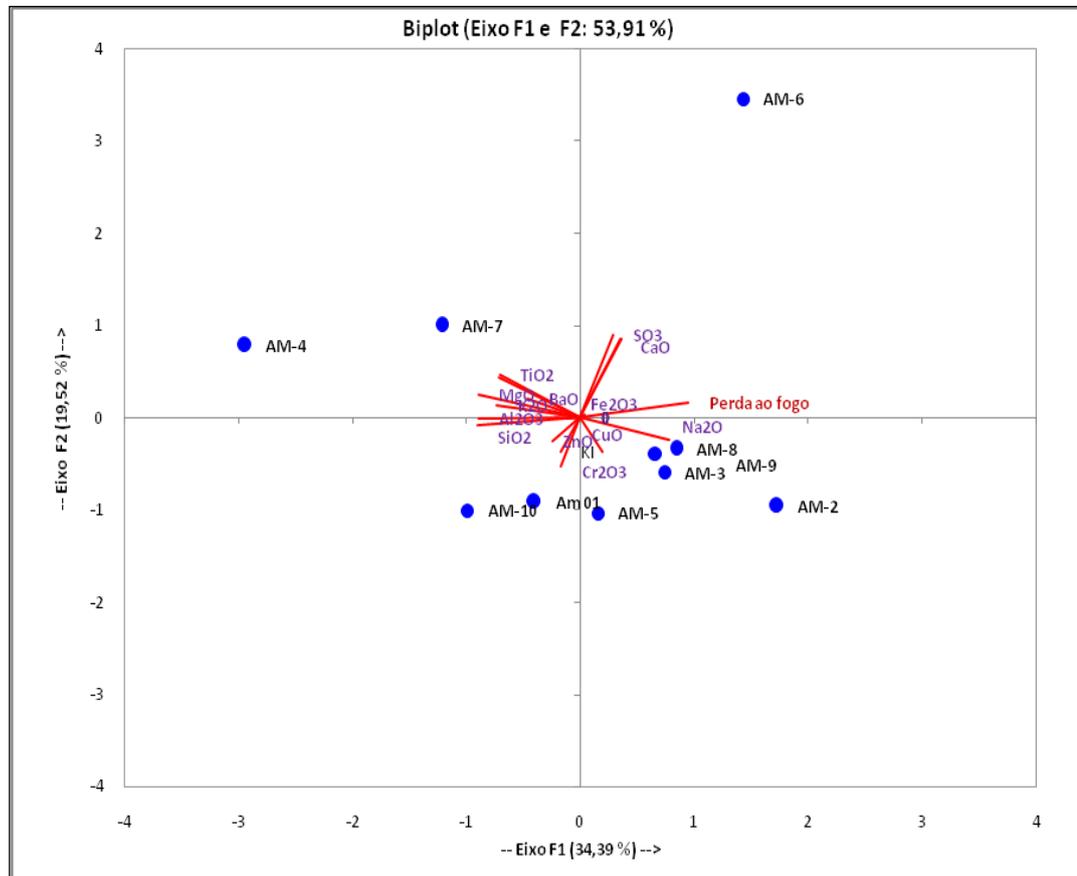
A partir dessa análise, fica nítida a separação das amostras das camadas que são massará (AM-01; AM-02; AM-03; AM-05; AM-08; AM-09; AM-10 – Figuras 33 e 34), coletadas nos perfis estratigráficos das Zonas Sul e Norte, em relação às camadas que não representam esse material, como a amostra AM-6 (Zona Norte), e as amostras AM-04 e AM-07, que representam a argila ou barro, respectivamente nas Zonas Sul e Norte de Teresina. Deve-se enfatizar que a amostra AM-06 encontra-se isolada das demais, vez que é uma camada com influência orgânica, ocorrente na superfície do perfil.

Figura 33 – Agrupamento das amostras da fração argila das camadas de sedimentos pela análise dos Componentes Principais (PCA), referentes ao Perfil estratigráfico 1 (Zona Sul) e do Perfil 2 (Zona Norte) de Teresina-Piauí



Na análise da Figura 34, observou-se que amostras com valores negativos de F1 são a AM-04 e AM-07, no 2º quadrante, e a AM-10 e AM-01, no 3º quadrante, mostrando que essas amostras têm baixos valores dos elementos aos quais estão associadas, a exemplo do Titânio e do Magnésio nas amostras AM-04 e AM-07. As amostras positivas são, por seu turno, a AM-06, no 1º quadrante, e a AM-02, AM-03, AM-05, AM-08 e AM-09, no quarto quadrante.

Figura 34 – Agrupamento das amostras da fração argila das camadas de sedimentos pela análise dos Componentes Principais (PCA), destacando as variáveis referentes ao Perfil estratigráfico 1 (Zona Sul) e do Perfil 2 (Zona Norte) de Teresina-Piauí



Quando analisada a relação molecular K_i , percebe-se que os valores são baixos, devido à maior concentração das argilas de baixa atividade, como a caulinita nas amostras estudadas. Na análise do K_i , considera-se que valores menores que 2,2 indicam argilas de baixa atividade, com predomínio de minerais 1:1 e óxidos. Quando a composição da argila é predominantemente oxidíca, é comum encontrar valores de K_i abaixo de 0,8 (RESENDE; CORREA, 1997), ou seja, quanto menor o K_i mais intemperizado é o material analisado. Constatou-se, assim, nos perfis estratigráficos 1 e 2, que o perfil 2 mostrou maior grau de Intemperismo, pois o K_i da AM-08 chega a 1,32, sendo este o valor mais baixo.

O estudo em questão permitiu constatar que as análises químicas e mineralógicas (argila e areia) não indicaram o que traz as características ligantes, mas a análise estatística (Figuras 33 e 34) mostrou claramente a separação do massará das outras camadas, associadas à presença de alguns elementos. Assim

sendo, quando se consideram os elementos químicos maiores, não há nenhuma diferença significativa entre as camadas de massará e as outras, sem propriedades ligantes. Isto posto, não foram identificados elementos maiores influenciando a liga do massará, não sendo possível, nesta pesquisa, portanto, ver, em termos de tendência, o que determina a liga.

Existe uma hipótese de atuação da sílica amorfa, que pode atuar como agente cimentante, dando ao massará sua propriedade ligante. No entanto, como as análises realizadas não permitiram identificar o que dá ao massará essa característica, existe a necessidade de estudos posteriores, que visem à identificação dos fatores e dos elementos que determinam a capacidade de liga do massará que ocorre em Teresina e em seus arredores.

5.3 Conflitos socioambientais associados à mineração de massará e seixos em Teresina-PI

5.3.1 A atividade mineral desenvolvida em Teresina-Piauí

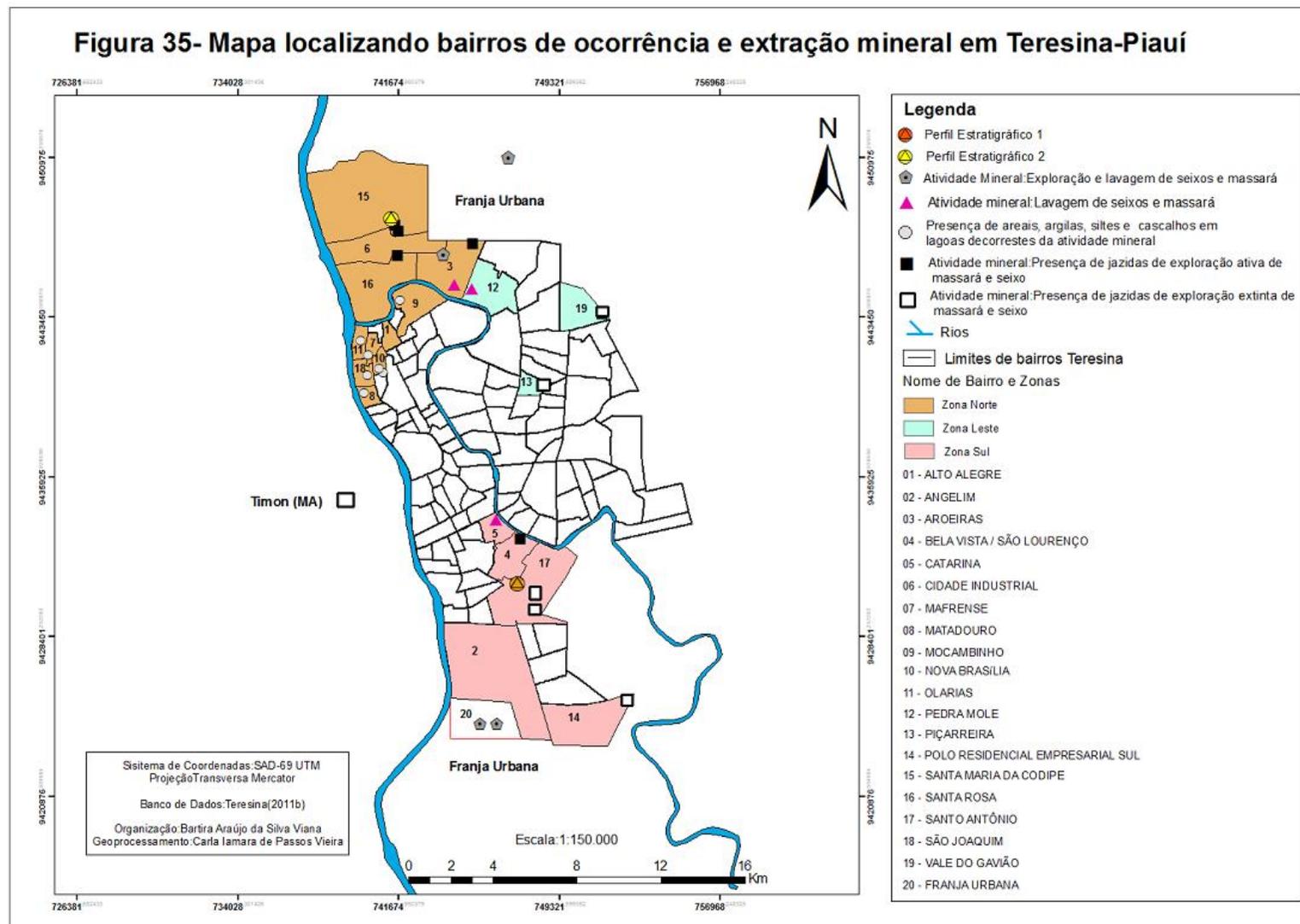
Entre os principais tipos de agregados usados na construção civil na região de Teresina, destacam-se as areias e os seixos, encontrados nas planícies e terraços fluviais da capital, assim como o “massará”, encontrado como coberturas superficiais de morros residuais, onde também ocorrem seixos misturados a essa matriz areno-argilosa. (Quadro 14). É entre as latitudes 05°15’S e 5°30’S e as longitudes 42°40’W e 42°55’W que são encontradas as maiores reservas desses minerais, dispostas ao longo dos vales dos rios Parnaíba e Poti e em seu interflúvio, constituindo as maiores fontes de materiais para a construção civil regional (Figura 35) (CORREIA FILHO; MOITA, 1997).

Quadro 14 - Descrição dos principais usos dos bens minerais presentes em Teresina

SIGLA	BEM MINERAL	GEOLOGIA E PRINCIPAIS USOS
Qa	Argilas, areias, siltes e cascalho	Aluviões constituídos de argilas, areias, siltes e cascalhos, condicionados aos leitos atuais dos rios e à zonas de transbordamentos. São de grande importância econômica na exploração de bens minerais para a construção civil. av: Argilas para cerâmica vermelha; ac: areias para concreto, emulsão asfáltica e argamassa.
Sl	Solos	Coberturas arenosas e areno-argilosas, desagregadas, localmente com fragmento de rochas e cascalhos, laterizados ou não, usadas como fonte de areias e matérias para revestimentos de estradas, construção de aterro e explorados para fins agrícolas.
Mc	Material Eluvio-Coluvionar	Coberturas com matriz arenosa ou areno-argilosa, contendo seixos de sílica, fragmentos e blocos de rochas, laterizados ou não, utilizadas com revestimento e base de estradas e como pedra em fundações.
Lt	Laterita e Canga Laterita	Material concrecionar e pedregoso de tonalidade avermelhadas e amarronzados, com matriz areno-argilosa, contendo, por vezes, fragmentos de rochas, seixos, usados em revestimento de estradas, construção de muros e em revestimentos de paredes como fachadas.
Br	Barro	Sedimento areno-argiloso e/ou argilo-arenosos, de pouca consistência, facilmente desagregável (friável), utilizado na argamassa, como base e revestimento de estradas, construção de aterros e pequenas barragens, além da boa aptidão agrícola e pastoril. É muito usada pela população de baixa renda na construção de casas de taipa. Conhecido popularmente como "barro".
Ms	Massará/Seixos	Sedimento com matriz areno-argilosa ligante de pouca consistência, facilmente desagregável (friável), contendo seixos de sílica bem arredondados, com emprego diversificado na construção civil, como aglomerante e aglomerados e fonte de seixos para concreto. É conhecido como "massará".
PRm	Calcário	Formação Motuca (PTRm): folhelhos e siltitos arroxeados e avermelhados, miudamente fragmentados, com estreitas camadas e lente de calcário silicificado.
Sx	Silexitos	Rochas olíticas e pisolíticas, estratificadas, maciças ou amorfas, intensamente silicificadas, empregadas como pedras em fundações, pavimentos poliédricas de vias públicas, concreto ciclópico e revestimentos de muros e paredes.
Ppf	Silexitos, silito/arenito	Formação Pedra de Fogo (Ppf): siltitos arroxeados e avermelhados, arenito Creme, rosados e avermelhados, granulação fina, localmente silicificado, com intercalações de silexitos e níveis de sílex.

Fonte: CPRM (BRASIL, 2006).

Esses agregados são fragmentos de rocha originados de ação mecânica promovida pelo homem (pedra britada e areia de britagem) ou por ação da natureza (cascalhos, seixos e areias) (CAMPOS; FERNANDES, 2006). Para Cavalcanti (1990, p. 19), os agregados são:



Banco de dados: Teresina (2011b). Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla Iamara de Passos Vieira (2012).

[...] materiais duros, inertes, adequados por formar uma massa estável, pela adição de cimento ou materiais aglomerantes (de liga) que produzem concreto, ou pela compactação ou peso natural para produzir uma base de estrada ou fundação. Eles provêm de 80 a 100% do volume de material nas argamassas nas quais são usados

O “massará” extraído nos “barreiros” entra na composição de argamassa utilizada tanto para assentamento como para revestimento de paredes. Segundo Fernandes (2010), na condição de agregado, o “massará” possui dosagem ideal para a preparação de argamassa, passando a ser um material de grande importância no mercado da construção civil teresinense (FERNANDES, 2010). O referido autor destaca ainda que:

Apesar de exigir para o seu uso um tratamento prévio de simples peneiramento, onde se descarta a fração mais grossa que é o seixo, cujo aproveitamento é feito na composição do concreto, o massará entra na composição da argamassa substituindo o barro e a areia. A justificativa desta substituição encontra-se na descoberta de que o massará contém naturalmente a dosagem certa entre barro e areia, [...]. (FERNANDES, 2010, p. 12).

O uso do “massará” foi tão difundido na região de Teresina que a prefeitura da capital implantou um programa denominado “Massará do Povo”, de cunho puramente social e político. O programa objetivava atender a população de baixa renda, na construção de casas populares. A prefeitura, através desse programa, fornecia gratuitamente o “massará” e outros materiais, sendo que a própria população, em regime de mutirão ou isoladamente, construía suas casas. (CORREIA FILHO; MOITA, 1997). De acordo com Fernandes (2010, p.12), “Do final dos anos 80 até meados da década de 90, o massará comportou-se como o material para construção civil mais demandado, principalmente para a construção de moradias de parcela da população de menor poder aquisitivo”.

A atividade extrativa de massará/seixos em Teresina permanece ativa na atualidade em diversas Zonas da cidade. Na Zona Sul, essa atividade está presente nas proximidades da Vila Irmã Dulce, no Povoado Remanso, na franja urbana sul, assim como na franja urbana norte, no Povoado Gurupá. Na Zona Norte, a mineração de massará ocorre nos bairros Santa Maria da Codipi, Cidade Industrial e Aroeiras. Porém, em determinadas áreas da cidade, a extração mineral encontra-se paralisada há mais de duas décadas, como nos bairros Piçarreira (Zona Leste) e nos bairro Bela Vista e Santo Antônio, na Zona Sul (Figura 36), por ter sido realizada de modo desordenado e degradante nessas Zonas da cidade. (Figura 37), gerado

danos ambientais ao meio urbano e à qualidade de vida devido ao desencadeamento de processos erosivos, escorregamento e queda de blocos, produção de poeira e ruídos entre outros danos.

Figura 36 – Imagem de satélite com localização de área extrativa extinta de massára/seixos nos bairros Bela Vista / Santo Antônio (Perfil estratigráfico 1), Zona Sul de Teresina-Piauí

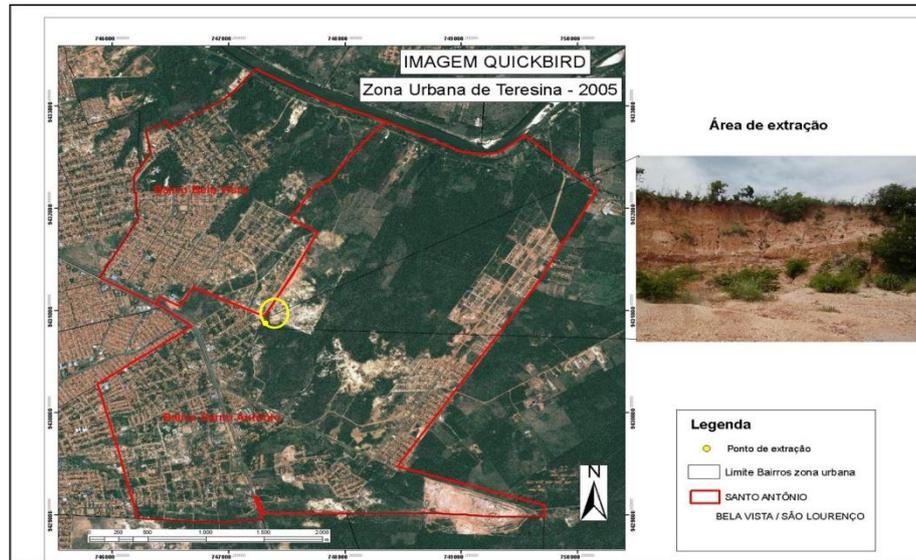
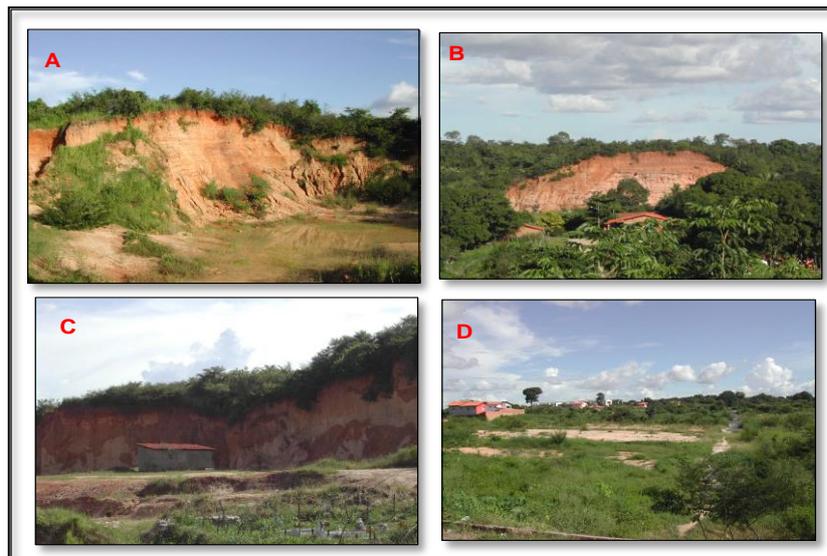


Imagem de satélite adaptada, destacando o perfil estratigráfico 1, B. Vista e Santo Antônio. Banco de dados: IBGE (2007b) e Quickbird (2005). Viana (2010d). Organização: Bartira Viana. Geoprocessamento: Carla lamara de Passos Vieira (2011).

Figura 37 – Fotografias em mosaico de áreas onde não ocorrem mais a atividade extrativa mineral de massará/seixos em Teresina-P



Antiga área extrativa de massará e seixos. A: Bairros Bela Vista (Zona Sul); B: Km 6 (Zona Sul); C: São Lourenço/Alegria (Zona Sul) - Atualmente encontra-se ativa; D: Piçarreira (Zona Leste).
Fonte: Araújo (2006).

Segundo informações dos produtores e comerciantes de bens minerais para a construção civil na Região de Teresina, nas últimas duas décadas, ocorreu uma nova configuração do uso de materiais na construção civil da capital, com o crescimento da demanda por massará. Tal fato decorreu das inadequações tecnológicas que o “barro” revelou, ao exibir “bolhas” que estouravam quando a argamassa encontrava-se seca. Por isso, o barro foi paulatinamente sendo substituído pelo “massará” na argamassa, principalmente na aplicação de reboco de paredes. De acordo com Fernandes (2010, p.14):

Com a entrada do massará em cena, o quadro da construção civil em Teresina começa a sofrer mudanças, pois este dispensa a cal e a areia, compondo-se com o cimento portland num traço básico em volume tipo 1:8 (cimento:massará). Assim, o traço feito com cal, barro e areia começa a sair de cena, dando lugar para o traço de cimento e massará numa razão que varia de 1: 4 a 1:12.

Há quase duas décadas, a maioria dos pontos de extração de massará e seixos ao redor de Teresina utilizava métodos rudimentares de extração, caracterizando uma típica atividade garimpeira, sendo que o desmonte era feito com picaretas e alavancas. Porém, nos últimos anos, os investimentos em recursos tecnológicos nos equipamentos usados para a extração de minerais voltados para a construção civil foram evoluindo, sendo utilizados, atualmente, equipamentos mecânicos, que visam à extração a seco, a exemplo das pás carregadeiras com comando hidráulico. O descarregamento é realizado por “peões”, com uso de pás, quando o transporte é realizado por caminhões com carroceria de madeira, ou depositados diretamente no local quando são usados caminhões tipo caçamba (VIANA, 2007).

Dependendo da composição do “massará”, com maior ou menor presença de seixos, são realizados processos de extração diversificados. Nos locais em que material areno-argiloso é predominante, a atividade é simplificada, pois a procura é pelo massará, que será usado diretamente em aterros ou na construção de casas populares, onde esse agregado é utilizado na composição da argamassa, a exemplo do que ocorre no Conjunto Monte Verde, no bairro Santa Maria da Codipi, Zona Norte de Teresina (Figura 38). Neste bairro, o “massará” contém pouco seixo, sendo utilizada uma pá carregadeira para a remoção do capeamento (laterita) e carregamento dos caminhões, já que não é necessário o peneiramento para a separação dos seixos.

Figura 38 – Imagem de satélite com localização de área extrativa ativa de massará/seixos no bairro Santa Maria da Codipi, Conjunto Monte Verde (Perfil estratigráfico 2), Zona Norte de Teresina–Piauí.

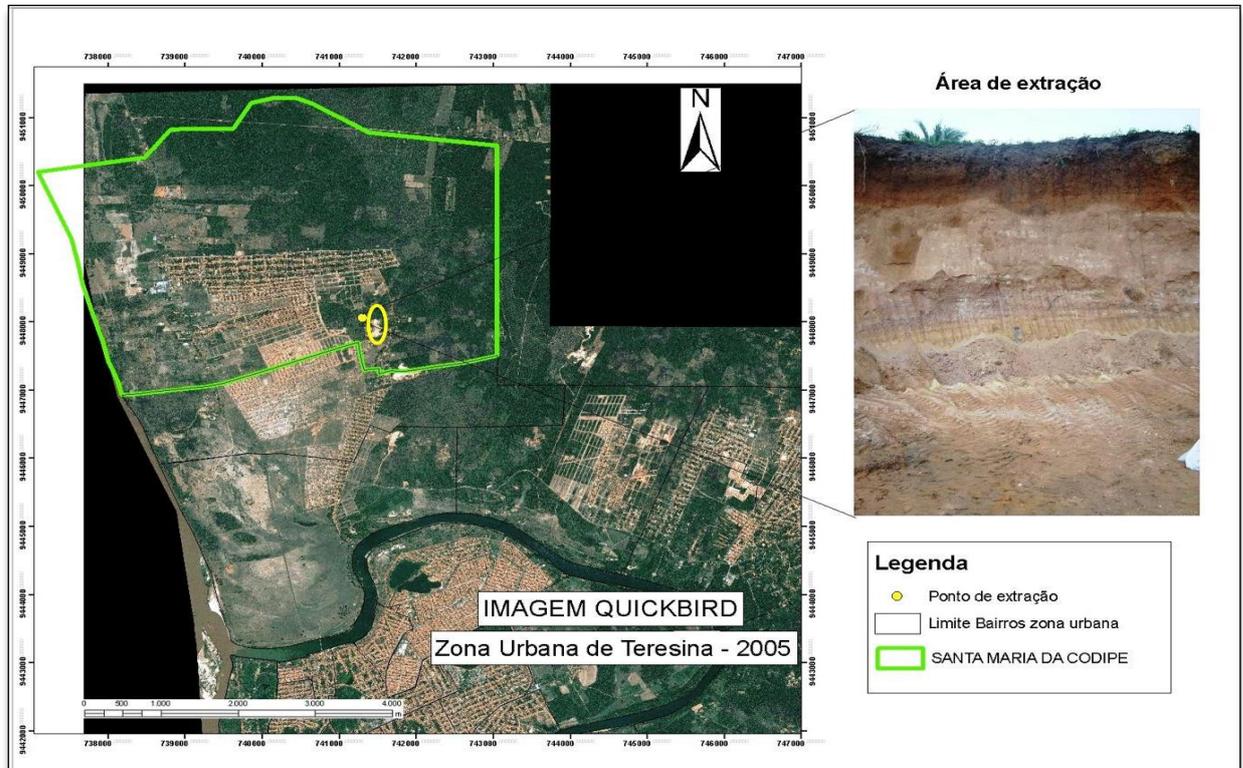


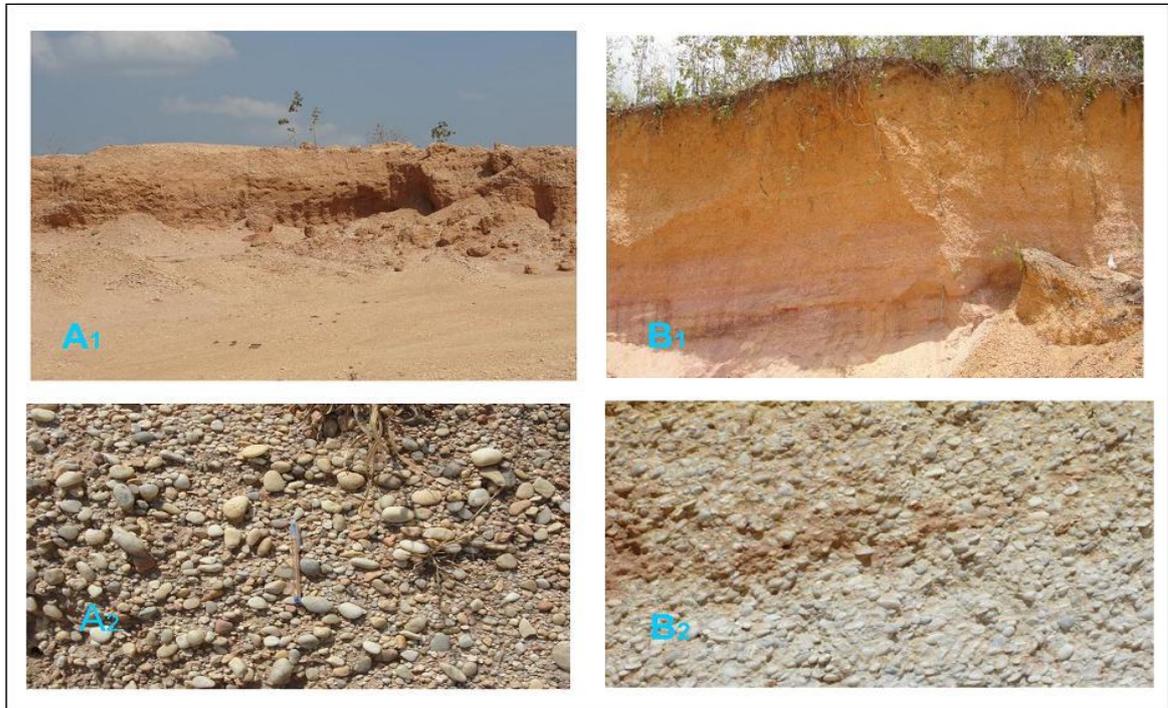
Imagem de satélite adaptada do perfil estratigráfico 2, localizado no bairro Santa M. da Codipi. Banco de dados: IBGE (2007b) e Quickbird (2005). Viana (2010d). Organização: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla Iamara de P. Vieira (2011).

Nas proximidades dos bairros Angelim, no entorno da Vila Irmã Dulce (Figura 39A), na franja urbana Sul de Teresina, no Bairro Aroeiras (Figura 39B), assim como na franja urbana norte, nos arredores desses bairros, o seixo aparece em maiores proporções em associação com o “massará”. A etapa inicial de extração é o desmonte do material para peneiramento, com uso de peneira com abertura que vai de 7 a 12 mm, separando os seixos da matriz areno-argilosa.

Após esse processo, os caminhões são carregados mecanicamente, sendo o “massará” comercializado para uso em argamassa, e os seixos para concreto (viga, coluna, radier, piso e outros) e recapeamento, inclusive asfáltico. Depois que o seixo é separado do “massará”, este é direcionado para uma lagoa de decantação onde será lavado. Com o auxílio de um motor-bomba, movido a óleo diesel, a água é sugada e, por um sistema de canalizações, o excesso da água será jogado para fora

da lagoa, ocorrendo, dessa forma, a secagem dele para que possa ser comercializado (VIANA, 2007).

Figura 39 – Fotografias em mosaico mostrando a ocorrência de seixos/massará em Teresina-Piauí



A₁: Vista panorâmica de antiga área extrativa de massará/seixos nas proximidades dos bairros Angelim/Vila Irmã Dulce (franja urbana sul). A₂: Detalhe dos seixos presentes nas proximidades da Vila Irmã Dulce. B₁: Vista panorâmica de área extrativa de massará/seixos no bairro Aroeiras. B₂: Detalhe dos seixos presentes no bairro Aroeiras.

Fonte: Viana (2010d).

Nos bairros Cidade Industrial (Figura 40A), Santa Maria da Codipi (Figura 40B) e Aroeiras (Figura 40C) na Zona Norte, assim como no bairro São Lourenço - Planalto Bela Vista (Figura 40D) , na Zona Sul de Teresina-PI, não há o peneiramento para a separação dos seixos da matriz massará. Depois de preenchidos com uso de pás carregadeiras, os caminhões conduzem os sedimentos extraídos para depósitos de materiais de construção civil, diretamente para consumidores ou para o local da obra onde será utilizado, assim como para locais que realizarão a separação do seixo e do massará. Porém, foi constatado que o processo de separação dos seixos/massará já ocorreu em momentos esporádicos no bairro Santa Maria da Codipi (Conjunto Monte Verde).

Figura 40 – Fotografias em mosaico mostrando método de extração e transporte de massará/seixos nas Zonas Norte e Sul de Teresina-Piauí



Extração e transporte de massará/seixos. A: Bairro Cidade Industrial (Zona Norte); B: Bairro Santa Maria da Codipi (Conjunto Monte Verde, Zona Norte); C: Bairro Aroeiras (Zona Norte); D: Bairro São Lourenço (Planalto Bela Vista, Zona Sul).

Fonte: Viana (2010d; 2011; 2012).

O processo de separação do seixo da matriz massará através de peneiramento é realizado em Teresina também em diversas Zonas da cidade. No Parque Rodoviário (no bairro Catarina), a lavagem de seixos é realizada por pequenos empreendedores nas proximidades das margens do rio Poti, utilizando um equipamento simples, chamado “jacaré” (Figura 41A). Este é usado para separar os grãos de quartzo do massará e selecioná-los de acordo com sua granulometria, usando a água extraída desse rio. No bairro Pedra Mole, a atividade também se resume à lavagem dos seixos e à armazenagem (Figura 41C) desse recurso, juntamente como o “massará. Nessas áreas, também são utilizadas pás carregadeiras (Figura 41B/D), com comando hidráulico, para estocagem do material que será comercializado e para o carregamento dos caminhões.

Figura 41 - Fotografias em mosaico mostrando local de separação dos seixos da matriz massará nos bairros Catarina (Zona Sul) e Pedra Mole (Zona Leste) de Teresina–Piauí



Local de lavagem e depósito de seixos e massará, com uso de pás carregadeiras. A/B - Bairro Catarina; C/D – Bairro Pedra Mole.
Fonte: Viana (2010; 2011).

Na franja urbana de Teresina (Povoado Gurupá), as retroescavadeiras ou pás-carregadeiras são utilizadas para extração do massará/seixos e para carregamento dos caminhões. Neste local, há o peneiramento para a separação dos seixos/massará com a utilização também de um equipamento chamado pelos mineradores de “jacaré”. Este equipamento separa os seixos de dimensões pequena, média e grande. Os seixos pequenos são usados em radie e os maiores na produção de piso bruto, para concretar pilares de prédios, entre outros usos. A mineradora que atua na área dispõe de grande estrutura extrativa (Figura 42), fornecendo o massará e, principalmente os seixos, devido à sua abundância no local, com o maior valor pago por esse recurso mineral pelas construtoras e depósitos da cidade e redondezas. Cumpre mencionar que o pacote de massará

com seixos são encontrados em camadas de cerca de 10 m de espessura nessa área.

Figura 42 – Fotografias em mosaico mostrando estrutura de extração e separação da matriz massará/seixos na franja urbana norte de Teresina-Piauí (Povoado Gurupá)



A: Vista panorâmica de área extrativa de massará/seixos. B: Método de extração de massará/seixos com uso de retroscavadeiras. C: Equipamento de lavagem do massará/seixos. D: Depósito de seixos e lagoa de decantação.

Fonte: Viana (2011).

Na Zona Sul de Teresina, na franja urbana, destacam-se a exploração e a separação de massará/seixos realizadas por um importante grupo empresarial atuante no setor da construção civil da capital. Essa empresa se destaca como agente modificador do espaço urbano teresinense pela sua atuação também na mineração de massará e seixos. Extensa área da Zona Sul já foi modificada/degradada pela atividade que visa atender a crescente demanda desse recurso mineral, decorrente do crescimento populacional da capital e da necessidade de redução do déficit de habitação (Figura 43).

Na atualidade, o setor da construção civil em Teresina está passando por um incremento significativo, principalmente na área da habitação popular ou Habitação de Interesse Social (HIS). Dessa forma, há necessidade de buscar alternativas que

objetivem contribuir para o barateamento dos custos de execução de obras, sendo o massará uma alternativa viável para essa nova conjuntura.

Figura 43 – Fotografias em mosaico mostrando estrutura de extração e separação da matriz massará/seixos na franja urbana sul de Teresina-Piauí (Povoado Remanso).



A: Equipamento moderno de lavagem do massará/seixos. B: Depósito de seixos e estrutura de apoio; C: Lagoa de decantação; D: Vista panorâmica de área extrativa de massará/seixos na franja urbana sul de Teresina abandonada e degradada.

Fonte: Viana (2012).

Deve-se destacar também a necessidade de inserção da mineração no âmbito da sustentabilidade do desenvolvimento. Esta só pode ser estabelecida a partir da aceitação de que o desenvolvimento dessa atividade impacta o meio ambiente, necessitando, assim, de medidas voltadas para a proteção e recuperação de áreas degradadas que afetam diretamente a sociedade local. Faz-se necessária, assim, a compreensão de que existem relações entre os impactos ambientais gerados pela atividade, com benefícios socioeconômicos estabelecidos nos âmbitos local, nacional e até mundial.

5.3.2 Conflitos socioambientais em áreas de mineração de massará e seixos

A materialidade social criada pela ocupação e estabelecimento das atividades antrópicas constitui o reflexo dos conflitos sociais, assim como é o resultado do desenvolvimento das forças produtivas, que geram novas tecnologias e novos meios de produção de ambientes (CORRÊA, 2001). O homem, ao produzir mudanças de todas as ordens na forma da matéria, sofre efeitos benéficos ou adversos em decorrência direta ou indireta dessa atuação. Assim, os impactos ambientais promovidos pelas aglomerações urbanas são, ao mesmo tempo, produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturada em classes (COELHO, 2004).

Cumprir lembrar que impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa (alteração negativa) ou benéfica (alteração positiva) que resulte no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização. É uma mudança sensível nas condições de saúde e bem estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema, resultante de ações acidentais ou planejadas no ambiente. (ABNT, 2004). Enquanto dano ambiental é “qualquer lesão ao meio ambiente causada por ação de pessoa, seja ela física ou jurídica, de direito público ou privado” (OLIVEIRA, 1995 citado por ARAÚJO, 2004, p.350). Esses danos contribuem para alterar de forma adversa o equilíbrio ecológico e a qualidade de vida, podendo gerar modificações nos elementos naturais e na sua propriedade de uso.

Dessa forma, ao analisar a atividade extrativa de materiais usados na construção civil em Teresina, constatou-se a geração de impactos positivos e negativos; diretos e indiretos; imediatos, de curto, médio e de longo prazo; temporários, cíclicos e permanentes (Quadros 15 e 16).

Quadro 15 – Impactos potenciais sobre o meio biológico e sobre o meio físico de Teresina - Piauí

IMPACTOS POTENCIAIS SOBRE O MEIO BIOLÓGICO											
DESCRIÇÃO DOS IMPACTOS	CRITÉRIO DE TIPIFICAÇÃO DO IMPACTO				ZONA NORTE			ZONA LESTE	ZONA SUL		
	VALOR	ORDEM	TEMPO	DINÂMICA	SITUAÇÃO DA EXTRAÇÃO MINERAL						
					ATIVA	ATIVA	ATIVA	INATIVA	INATIVA	ATIVA	INATIVA
	P/N	D/I	E/C/ML	T/O/P	Bairro Pedra Mole	Bairro Aroeiras	Bairro Santa Maria da Codipi	Bairro São Joaquim e Vila Carlos Feitosa	Bairro Piçarreira e Vila Madre Teresa	Bairro Catarina	Bairros Bela Vista e Santo Antônio
Alteração parcial/total da flora na área de extração/ circundante	N	I	E/L	P	NIEP	NIEP	NIEP	NIEP	NIEP	NIEP	NIEP
Impedimento ao processo natural de recuperação da vegetação	N	I	C/L	T	NICP	NICP	NICP	NICP	NIP	NICP	NIP
IMPACTOS POTENCIAIS SOBRE O MEIO FÍSICO											
Instabilidade dos taludes	N	D	C	T	-	NDCT	NDCT	-	NDCT	-	NDCT
Alteração da drenagem superficial	N	D	C	P	NDCP	NDCP	NDCP	NDCP	NDCP	NDCP	NDCP
Desencadeamento de processos erosivos e assoreamento	N	D	C	T	NICT	NICT	NICT	-	NICT	-	NICT
Compactação do solo, devido ao trânsito de máquinas	N	D	C	T	NDCT	NDCT	NDCT	-	NDCT	NDCT	NDCT
Perigo de inundação/alagamentos após afloramento do lençol freático	N	D	C/M	T	-	-	NDCT	NDMT	-	-	-
Aterramento das lagoas	N	D	C	T	NDCT	-	-	NDCT	-	NDCT	-
Ruídos e vibrações em geral	N	D	E	T	NDET	NDET	NDET	-	-	NDET	-
Formação de poeira pelo tráfego e mobilização do material e fumaça	N	D	E	T	NDET	NDET	NDET	-	-	NDET	-
Formação de crateras	N	D	C	T	-	NDET	NDET	-	NDET	-	NDET
Formação de depósitos de rejeitos	N	D	C	T	NDCT	NDCT	NDCT	-	NDCT	NDCT	NDCT
Carreamento de material para os rios, córregos e lagoas	N	D	C	T	NDCT	NDCT	NDCT	-	-	NDCT	-

Legenda: Positivos (P); Negativos (N); Diretos (D); Indiretos (I); Imediato (E); Curto (C); Médio prazo (M); Longo prazo (L); Temporários (T); Cíclico (O); Permanentes (P).

Quadro 16 – Impactos potenciais sobre socioeconomia de Teresina - Piauí

IMPACTOS POTENCIAIS SOBRE A SOCIOECONOMIA												
DESCRIÇÃO DOS IMPACTOS	CRITÉRIO DE TIPIFICAÇÃO DO IMPACTO				ZONA NORTE			ZONA LESTE	ZONA SUL			
	VALOR	ORDEM	TEMPO	DINÂMICA	SITUAÇÃO DA EXTRAÇÃO MINERAL							
					ATIVA	ATIVA	ATIVA	INATIVA	INATIVA	ATIVA	INATIVA	
	P/N	D/I	E/C/M/L	T/O/P	Bairro Pedra Mole	Bairro Aroeiras	Bairro Santa Maria da Codipi	Bairro São Joaquim e Vila Carlos Feitosa	Bairro Piçarreira e Vila Madre Teresa	Bairro Catarina	Bairros Bela Vista e Santo Antônio	
Exploração sem autorização do proprietário	N	I	M	O	-	-	NIMO	-	NIMO	-	NIMO	
Conflitos de uso do solo	N	I	L	O	-	-	NILO	-	NILO	-	-	
Estabelecimento de populações a partir da área de mineração	N	I	C	O	-	NICO	NICO	NICO	NICO	-	NICO	
Danos às habitações, por possíveis inundações/alagamentos decorrentes da obra	N	D	C/M	T/P	-	-	NDCT	NDMP	-	-	-	
Acúmulo de lixo e proliferação de doenças	N	D	C	T/P	-	-	NDCP	NDCT	NDCP	-	NDCP	
Choques entre a população local e os técnicos/empresários	N	D	M/L	O	-	-	NDLO	NDMO	-	-	-	
Desvalorização dos terrenos no entorno do empreendimento mineral	N	D	M	T	-	NDMT	NDMT	NDMT	NDMT	NDMT	NDMT	
Aumento do tráfego de veículos nas vias	N	D	E	O	NDEO	NDEO	NDEO	-	-	NDEO	-	
Geração de emprego e renda	P	I	E	O	PIEO	PIEO	PIEO	-	-	PIEO	-	
Baixos preços dos materiais de construção civil	P	I	L	T	PILT	PILT	PILT	-	-	PILT	-	

Legenda: Positivos (P); Negativos (N); Diretos (D); Indiretos (I); Imediato (E); Curto (C); Médio prazo (M); Longo prazo (L); Temporários (T); Cíclico (O); Permanentes (P).

Os impactos ambientais positivos são de natureza socioeconômica, estando relacionados à geração de emprego e renda, ao aumento da renda municipal e ao índice de desenvolvimento da região. Também consistem em impactos indiretos, imediatos e cíclicos. Deve-se destacar que este impacto é indireto porque se configura como uma cadeia de reação ao estabelecimento da atividade produtiva mineral na cidade. Também é considerado cíclico porque a produção mineral pode ser ou não constante ao longo do tempo em determinados lugares (SILVA, 1994), devido ao esgotamento das reservas facilmente lavráveis ou ao fechamento da área mineradora, devido à ilegalidade da atividade, assim como em razão do estabelecimento dessa atividade extrativa em outra zona da cidade com existência de abundantes reservas de massará e seixos.

A atividade extrativa de massará e seixos também contribui para o abastecimento da cidade com materiais essenciais a um preço razoável, uma vez que a distância dos centros consumidores às áreas extrativas eleva o preço e agrava o problema do déficit habitacional, quando se trata da população de baixa renda. Dessa forma, os baixos preços dos minerais são classificados como impactos positivos, indiretos, porém de longo prazo e temporários, pois apesar da existência de reservas expressivas desses recursos minerais na Zona urbana de Teresina e adjacências, a forma desordenada, predatória e sem um adequado planejamento do uso do solo, que permitem, por exemplo, a construção de conjuntos habitacionais, o estabelecimento de loteamentos e outros empreendimentos sobre os jazimentos minerais, podem contribuir para o esgotamento das reservas desses minerais usados na construção civil, que são explorados em áreas próximas da cidade.

Nas pesquisas de campo, feitas a partir da observação *in locu*, da realização de entrevistas e aplicação dos questionários, constatou-se que a atividade extrativa mineral realizada na cidade de Teresina gera conflitos e danos ambientais devido às lesões causadas ao ambiente, representados por impactos negativos decorrentes da atividade realizada desrespeitando as legislações minerais e ambientais vigentes ao uso e ocupação da terra urbana. Configuram-se, pois, no espaço urbano, problemas socioeconômicos e ambientais condicionados à exploração desordenada dos recursos naturais locais. A exploração de “massará” e de seixos se repete sem manejo adequado, concorrendo para modificação da paisagem urbana teresinense.

Os impactos negativos diretos nas áreas extrativas de “massará” e seixos em sua maioria são caracterizados como temporários, pois permanecem por um tempo

determinado, após a realização da ação, podendo ocorrer também em curto espaço de tempo após a ação impactante. São representados pelos processos erosivos, escorregamentos e queda de blocos das encostas dos morros, determinados pela instabilidade dos taludes, assim como pelo carreamento de material para os rios, córregos e lagoas e pela alteração da drenagem local (impacto permanente).

Esse fato resulta da extração de material para a construção civil de forma indiscriminada, nos topos e nas encostas dos morros. Cabe lembrar que esses impactos são considerados diretos, pois consistem na alteração de determinados aspectos ambientais por ação do homem, sendo de mais fácil identificação, sendo também classificados como negativos, pois geram danos à qualidade ambiental (LA ROVERE, 2001). Os desmatamentos e o impedimento ao processo natural de recuperação da vegetação são considerados impactos da atividade mineral do tipo indireto e negativo, pois geram danos ambientais. Esses processos podem ser considerados permanentes, pois uma vez executada a retirada da cobertura vegetal, os impactos não param de se manifestar num horizonte temporal conhecido (SILVA, 1994), pois contribuem para alteração parcial ou total da flora local na área extrativa e zona circundante (Figura 44).

Figura 44 – Fotografias em mosaico mostrando danos ambientais no bairro Aroeiras, Zona Norte de Teresina-Piauí.



A: Supressão da vegetação e desconfiguração da paisagem. B: Extração e ocupação indiscriminada, nos topos e nas encostas dos morros. C: Escorregamentos e queda de blocos nas áreas extrativas.

Fonte: Viana (2011).

Também ocorrem ações degradantes e alterações no relevo, a partir da implantação de pavimentação ou uso habitacional da área, provocando ora o rebaixamento, ora o aterramento do relevo local. Já é conhecido que esse uso mascara os níveis altimétricos originais, acarretando impactos negativos diretos e também de curto prazo, decorrentes dos problemas na drenagem urbana, pois se verificam depois de certo tempo da realização da ação, podendo até desaparecer em seguida (LA ROVERE, 2001).

O aterramento de lagoas também se classifica com esta tipologia de impactos. Constatou-se em visitas *in locu* que essas alterações lesivas às condições físicas da paisagem teresinense ocorrem principalmente nas áreas extrativas e de separação dos seixos da matriz massará, especialmente no entorno de lagoas, a exemplo do que ocorre nas proximidades da Ponte Leonel Brizola, nas proximidades dos bairros Mocambinho, Pedra Mole e Aroeiras (Figura 45).

Figura 45 – Fotografias em mosaico mostrando danos ambientais nas proximidades dos bairros Mocambinho, Pedra Mole e Aroeiras, Zona Norte de Teresina-Piauí.



A e B: Local de separação dos seixos da matriz massará, próximo à margem direita do rio Poti;
 C: Lagoa localizada próximo à ponte do Mocambinho; D: A mesma lagoa sendo aterrada devido à atividade mineral realizada no local.

Fonte: Viana (2012).

Os efeitos degradantes da atividade mineral na Zona Norte da cidade também foram percebidos nas áreas extrativas de seixos e areia grossa, abandonadas há mais de três décadas, assim como nos locais onde se extraem argila para

abastecimento da atividade artesanal histórica de olarias. Essa atividade determinou impactos negativos diretos, estando em jogo o caráter lesivo das alterações provocadas pelo afloramento do nível freático, concorrendo, assim, para o surgimento de lagoas artificiais num período de tempo médio, atualmente bastante poluídas devido à integração aos sistemas de galerias. Vale destacar que a área das lagoas também foi sendo alterada nas últimas décadas em função da construção de habitações pela população de menor poder aquisitivo.

Mendonça (2005, p.26), discorrendo sobre a relação existente entre atividade mineral e a existência das lagoas, relata que:

O estágio de ocupação urbana, bem como a condição natural das jazidas, paleocanais coincidentes com as áreas de várzea, dificulta a distinção entre lagoas naturais e lagoas criadas pela retirada de cascalho, areia e argila vermelha. No entanto, o relato dos moradores, a nomenclatura adotada e a condição das margens permitem inferir quais são as lagoas originadas pela extração mineral.

No início do processo de ocupação da nova capital, a população que vivia nas proximidades do rio Poti foi estimulada pelo governo a retirar-se das áreas de terraços fluviais e das áreas de lagoas, objetivando minimizar os problemas relacionados às enchentes. Porém, o esvaziamento das lagoas, no período de estiagem, que atinge um período de cerca de nove meses no ano, e a valorização dos terrenos das Zonas Sul e Leste de Teresina contribuíram para que a população de menor poder aquisitivo ocupasse de forma desordenada as terras planas da Zona Norte, sujeitas às enchentes, com moradias precárias.

Também se deve destacar que a década de 1960 foi marcada pela intensificação da ocupação da Zona Norte por classes mais pobres. O poder público contribuiu com o processo a partir da distribuição de títulos de aforamento. A ocupação intensa e desordenada foi agravada pela concentração de migrantes provenientes do interior do estado do Piauí (LIMA, 2003). A cada enchente, surgem problemas sociais relacionados à retirada das famílias que retornam para as áreas das lagoas, nos períodos secos. No ano de 1995, ocorreram novas inundações na Zona Norte. Dentre os fatores determinantes desse processo, estão a impermeabilização da área e a incidência de chuvas, fazendo com que o nível das águas atingisse a cota 57m, o que causou o desalojamento de milhares de famílias.

O poder público colaborou, posteriormente, para ocupação intensiva da área a partir do estabelecimento de serviços de matadouro, de aeroporto e de habitações financiadas pelo Sistema Financeiro de Habitação (SFH) e pela Companhia de Habitação (COHAB)-PI, totalizando, entre as décadas de 1970 e 1980, mais de 6.000 unidades habitacionais em nove conjuntos: Mocambinho I, Mocambinho II e Mocambinho III (mais populosos), São Joaquim, Itaperu, entre outros (VIANA et al., 2010b).

Devido ao aumento do contingente populacional dessa Zona, as áreas dos terraços fluviais conjuntos dos rios Poti e Parnaíba e as lagoas naturais e artificiais (estas decorrentes da expansão da atividade mineral) passaram a constituir um ambiente altamente insalubre, decorrente da ocupação desordenada pelos moradores. Estes utilizam as áreas próximas às construções como depósito de lixo e esgoto, transformando-as em focos de doenças e epidemias (dengue, diarreia, hepatite, amebíase, febre amarela, leptospirose, entre outras).

Belas áreas, com presença de lagoas em Teresina, foram transformadas em ambientes eutróficos em estágio permanente de clímax negativo (distúrbio ou perturbação ambiental, que pode ser estabilizada e mantida artificialmente por intervenção humana). Além desse fato, as lagoas não apresentam uma vegetação marginal estável, o que vem favorecendo seu assoreamento.

O estudo de Lopes (2011) sobre a preservação da lagoa de Sombrio, localizada no extremo Sul do estado de Santa Catarina, na Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba, na divisa entre este estado e o Rio Grande do Sul, também mostra uma problemática semelhante à que ocorre na Zona Norte de Teresina. O referido autor discorre sobre as consequências do crescimento desorganizado do perímetro urbano do município e o aumento da concentração populacional da cidade de Sombrio, enfatizando como esses fatores contribuíram para a degradação do meio ambiente local, por causa do contínuo lançamento de esgoto doméstico e de resíduos sólidos, assim como em razão do deságue dos efluentes originados de um lixão. Explica que o assoreamento e a dispersão da gramínea *Brachiaria radicans Napper* contribuíram para a sedimentação nas margens e no interior da lagoa, ou seja, para o estabelecimento de ambientes eutróficos em estágio permanente de clímax negativo.

No caso de Teresina, a extração dos recursos minerais, na área das lagoas da Zona Norte, foi abandonada devido ao esgotamento dos depósitos mais

facilmente lavráveis e à pressão determinada pela demanda de habitações na área. Com a suspensão da atividade extrativa, esta se deslocou para outros locais. Sendo que a areia e os seixos passaram a ser extraídos nas margens e no leito do rio Poti, enquanto a matriz massará/seixos passou a ser retirada no entorno da cidade e da franja urbana.

Nas imediações das lagoas dos bairros São Joaquim e da Vila Carlos Feitosa, ambos situados na Zona Norte de Teresina-PI, foram constatados, em visitas de campo e aplicação de questionários, conflitos socioambientais diretos, decorrentes da atividade mineral. Nesses locais, o processo de extração havia sido encerrado há aproximadamente 25 anos, sobretudo, devido ao avanço do processo de urbanização e ao aparecimento dessas lagoas artificiais decorrentes da atividade de “escavação” para se obter seixos e areia em áreas de terraços fluviais.

Durante determinado período, mesmo após a formação das lagoas artificiais, a atividade ainda continuou com métodos e técnicas arcaicas de extração, utilizando pás furadas e peneiras. Porém, empresários com maior poder aquisitivo instalaram dragas de sucção para extração desses recursos, impedindo o desenvolvimento da atividade pelos moradores do entorno. Dessa forma, esses trabalhadores passaram a depender da contratação pelos referidos empresários ou foram buscar outras formas de rendimentos.

Os vestígios da atividade extrativa mineral de areia e cascalho, seixo rolado, nos antigos canais, estão mais presentes nas lagoas da Piçarreira, denominada de Matadouro, Azul ou Cabrinha, como também, na Lagoa da Draga 1 e na Lagoa da Draga 2. O relato de moradores indica que a lavra era feita por dragas de sucção, com mangotes de 8”/10”, lavrando em profundidades de até 8 metros. (Figura 46)

As lagoas 1 e 2 da Cerâmica Poty resultaram da extração de argila para fabricação de cerâmica. A Lagoa do Mocambinho também surgiu de atividade mineral, a partir de uma antiga cava de areia feita pela Cerâmica Poty, devido à existência de solo residual arenoso que ainda é extraído por carroceiros na margem dessa lagoa.

Figura 46 – Imagem de satélite adaptada e mosaico de fotografias com localização das lagoas da Zona Norte de Teresina



Fonte: Teresina (2005).

Os impactos sociais negativos diretos e de curto prazo, decorrentes do processo de extração mineral e constatados no São Joaquim, entre outros bairros das cercanias, são as doenças respiratórias, consequência da queima do lixo. As micoses ocorrem em virtude do contato com água das lagoas, que apresentam um alto teor de poluição devido aos dejetos líquidos e sólidos despejados *in natura*, prejudicando tanto a qualidade de vida da comunidade, quanto o equilíbrio do ecossistema existente.

Os sinais de saturação dessas lagoas estão visíveis na capacidade reduzida de depuração dos esgotos, por causa do lançamento de carga orgânica, cada vez maior em seu interior, o que resulta em severa degradação do ambiente, com alterações acentuadas na qualidade de suas águas. Porém, esse processo degradante pode ser reversível a partir de ações de qualificação ambiental urbana pelo poder público.

Destaca-se que o abandono das antigas áreas de extração mineral contribuiu para impactos diretos negativos, de médio prazo, pois foi responsável pela desvalorização dos imóveis por causa da poluição das lagoas, do acúmulo de lixo no entorno, das enchentes anuais e também por causa do crescimento da violência. Esses problemas são classificados também como temporários, pois podem ser reversíveis, caso haja ações visando um planejamento urbano e ambiental que viabilize a melhoria do sistema de drenagem e saneamento básico, a fim de elevar a qualidade de vida da comunidade.

Os impactos negativos relativos a essa problemática podem ser minimizados e, em parte, revertidos em benefícios sociais, a partir da implementação e concretização do Programa Lagoas do Norte, um projeto da Prefeitura Municipal de Teresina, em parceria com o Banco Mundial e BNDES. Este projeto, que foi instituído como meta no Plano Diretor de Teresina (TERESINA, 2011a), visa promover um amplo processo de urbanização e recuperação das áreas degradadas no entorno das lagoas, melhorando a qualidade de vida da população e promovendo a preservação do meio ambiente, aliado ao aumento de pontos de lazer e turismo da capital (Figura 47).

Figura 47 – Fotografias mostrando a qualificação urbana e ambiental implementada pelo Projeto Lagoas do Norte, em Teresina-Piauí.



A: Saneamento básico e macrodrenagem; B: Espaços culturais, esportivos e de lazer.
Fonte: Viana (2012).

O Programa de Melhoria da Qualidade Ambiental Lagoas do Norte de Teresina trabalha com investimentos na ordem de R\$ 110 milhões e propõe minimizar os problemas socioambientais e econômicos da área, que abrange 1.310 hectares. A área do projeto compreende os bairros São Francisco, Mocambinho, Poti Velho, Olarias, Alto Alegre, Itaperu, Mafrense, São Joaquim, Nova Brasília, Aeroporto, Alvorada, Matadouro e Acarape. Até o final do projeto, todas as lagoas deverão ser despoluídas e urbanizadas e 1.700 famílias serão retiradas de áreas de riscos, permitindo o surgimento de oportunidades de emprego e renda para população. Idealizado há 10 anos, finalmente ganha seus contornos de realidade. A primeira etapa do Programa já foi inaugurada no mês de julho de 2012, com a criação do Parque ambiental urbano Lagoas do Norte. A conclusão de toda a estrutura do projeto estava prevista para final do ano de 2012 (TERESINA, 2011a), o que, na prática, ainda não se concretizou.

Outra experiência semelhante de criação de parques urbanos, como o Projeto Lagos do Norte de Teresina, decorrentes de um conjunto de programas, planos e obras, que visem à transformação da cidade, foi constatada no estudo de Dueños-Pintos (2009). O trabalho reflete um aprendizado compartilhado entre os cenários acadêmicos brasileiro e colombiano e trata das transformações ocorridas no Parque Metropolitano Terceiro Milênio, localizado na cidade de Bogotá D.C, capital da Colômbia, no período de 2000-2005.

Esse autor mostra que os parques urbanos eram considerados peças isoladas na superfície urbana, destinados à recreação das cidades. Atualmente, no entanto, incorporaram-se como um sistema de ordenamento do território, sendo estabelecidos compromissos ambientais nas ações públicas de idealização e concretização de projetos referentes à qualificação urbana. O Parque Metropolitano Terceiro Milênio foi concebido como uma obra de renovação urbana, visando melhorar as condições do ecossistema da cidade e recuperar o sistema hídrico lagunar local, de modo análogo ao que está acontecendo na área do projeto Lagoas do Norte em Teresina-Pi.

Além da ocupação da região das lagoas referidas anteriormente, a Prefeitura Municipal de Teresina também colaborou com a ocupação da área mais ao norte, para além do rio Poti, com a construção da ponte Mariano Gayoso Castelo Branco, na década de 1990. Foi realizado o assentamento de populações transferidas de áreas de risco, passando a formar os bairros Santa Rosa e Santa Maria da Codipi. Também ocorreu a progressiva ocupação dos bairros Cidade Industrial e Aroeira. Estes foram interligados a outros conjuntos habitacionais da Zona Leste, como o Conjunto Anita Ferraz (Pedra Mole), por estrada, depois de longo trecho de vazio urbano. Recentemente, essa integração foi ampliada devido à conclusão de uma nova ponte sobre o rio Poti, a Leonel Brizola, inaugurada em 2012.

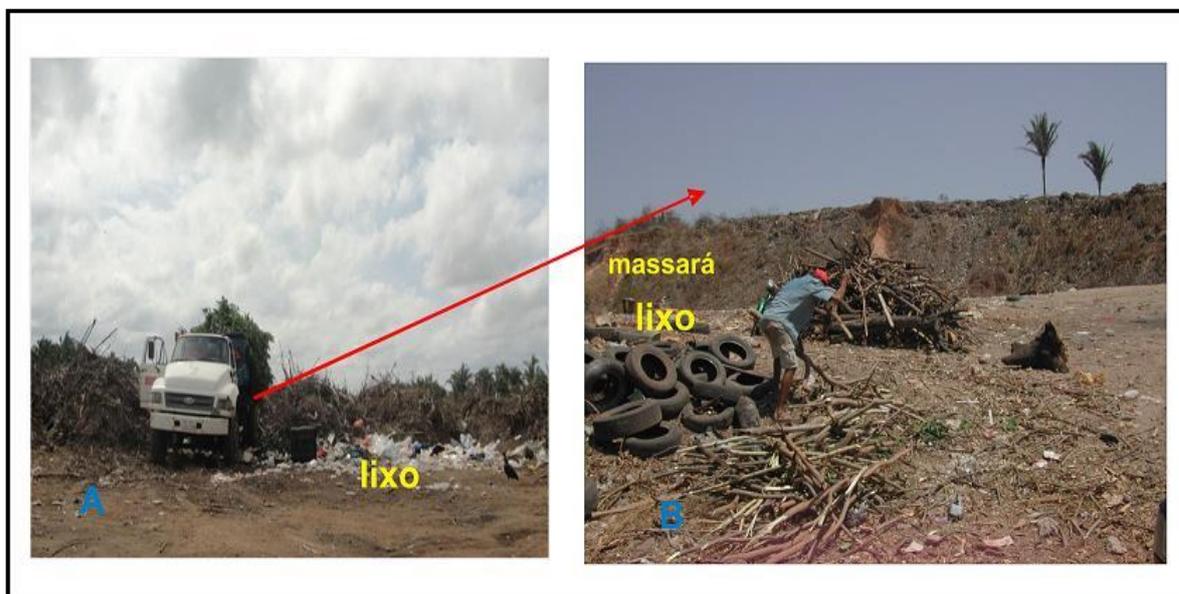
Nessa área também foram verificados conflitos socioambientais e impactos diretos negativos, relacionados à mineração desenvolvida na Zona Norte da cidade. Essa atividade também migrou para essa Zona, entre outros fatores, devido à descoberta de importantes jazidas de massará e seixos na área, assim como em decorrência do encerramento da mineração desses recursos minerais nos bairros Bela Vista e Santo Antônio (Zona Sul). A mesma foi interdita em decorrência do crescimento do contingente populacional no entorno da área extrativa e do risco da atividade devido aos intensos desabamentos dos “barreiros” e do uso de técnicas arcaicas.

Nas pesquisas realizadas nessa Zona a partir da aplicação dos questionários e realização de entrevistas, constatou-se impactos e conflitos relacionados ao empreendimento minerário de massará/seixos extinto, localizado no bairro Santa Maria da Codipi. Devido à falta de orientação técnica e segurança no desmonte dos “barreiros”, frequentemente, ocorriam acidentes de desabamentos com vítimas fatais. No período chuvoso, essa atividade, sensivelmente, era reduzida, devido à

falta de segurança nos trabalhos e às dificuldades de manuseio do material, além da retração do mercado consumidor.

Atualmente, a mineração está desativada em parte da área onde se extrai o massará nessa Zona da cidade, sendo utilizada pela Prefeitura Municipal de Teresina como um lixão a céu aberto (Figura 48), para jogar restos de podas de árvores oriundas de diversos lugares da cidade. A referida área tornou-se atrativa para catadores de lixo que moram nas redondezas, pois, apesar do acordo com o proprietário do terreno de só jogar restos vegetais, também são depositados outros materiais, objetivando a venda para a reciclagem. Já a madeira é utilizada para a produção de carvão vegetal, sendo que a queima era realizada nas proximidades do lixão, gerando poluição atmosférica. Esse impacto é considerado negativo, direto, imediato e temporário.

Figura 48 – Fotografia em mosaico de área extrativa de massará desativada no bairro Santa Maria da Codipi, Zona Norte de Teresina-Piauí.



A: Caminhão depositando restos de podas de árvores e outros materiais (lixo). B: Recolhimento de vegetais para produção de carvão.

Fonte: Viana (2012-A) e Araújo (2005-B).

A existência de impasses entre os moradores (posseiros) e proprietários da área extrativa quanto à posse da terra e ao uso da terra, torna o ambiente conflituoso. Dessa forma, nesse bairro se presenciavam impactos indiretos negativos, de curto e longo prazo, cíclicos. Esse fato está relacionado à crescente ocupação populacional do bairro Santa Maria da Codipi e adjacências, assim como sua

proximidade com as áreas de três empreendimentos ativos que extraem massará/seixos. Também se verificou o descumprimento às determinações das normas e leis ambientais e descaso quanto às questões referentes ao encerramento da atividade mineral, pois não há preocupação imediata com a recuperação ou reabilitação da área gerando, assim danos ao ambiente.

No Residencial Francisca Trindade e no Parque Brasil, situados nas proximidades do conjunto Monte Verde, na Zona Norte de Teresina-PI, foram aplicados questionários visando a detectar os conflitos como também impactos positivos decorrentes da atividade extrativa realizada no bairro Santa Maria da Codipi e adjacências, onde estão assentadas essas comunidades. Nessa área, o principal impacto social positivo relaciona-se à facilidade de obtenção de material de construção (seixos e massará), principalmente, devido ao baixo custo e proximidade das áreas de extração.

Os principais impactos negativos diretos, relatados nas entrevistas, relacionam-se: à poluição do ar, devido às queimadas e à poeira decorrente do transporte do material sem uso de lona de proteção, gerando problemas respiratórios; ao acúmulo de lixo; ao desmatamento; ao carreamento de material para os rios e córregos; ao aumento da violência; e a problemas relacionados à posse da terra. O barulho provocado pelo processo de extração e transporte de material pode ser considerado um impacto negativo direto, imediato e temporário.

Dentre os impactos socioambientais negativos diretos, de curto prazo e temporário na área extrativa em questão, destacou-se o relato da ocorrência de alagamentos no local, que foi atribuída ao processo de extração mineral que está sendo realizado bem próximo às moradias. Foi relatado que, anteriormente à instalação do empreendimento minerário e à construção de grandes conjuntos habitacionais nas proximidades da área em questão, esse problema não existia.

Dessa forma, existem evidências de que esses empreendimentos possam ter alterado o equilíbrio natural e o sistema de drenagem local, provocando uma série de alagamentos. Torna-se notório a necessidade de Estudos de Impacto de Vizinhança, por parte das empresas mineradoras, anterior à instalação do empreendimento. Também, urge maior fiscalização dos órgãos ambientais e planejadores, visando a minimizar os eventuais impactos ambientais às áreas adjacentes, visando atender à normatização estabelecida no Estatuto da cidade e no Plano Diretor de Teresina.

Existem vários outros locais em Teresina já abandonados e degradados pela atividade extrativa mineral, a saber: bairro Piçarreira, localizado na Zona Leste. (Figura 49). Nesse local, a atividade ocorreu durante cerca de 4 anos. Apesar do curto espaço de tempo, essa ação desencadeou impactos diretos e negativos, bem como conflitos socioambientais de toda ordem.

A partir da aplicação de questionários e do relato dos moradores que vivem no entorno dessa área extrativa extinta, detectou-se que a ocupação inicial ocorreu na Vila Madre Teresa, em 1981, sendo que, após a finalização da atividade mineral nesse local, a extração passou a ser desenvolvida no bairro Piçarreira I, no ano de 1988. A área caracterizava-se pela presença de uma extensa mata e pela planura do terreno, que foi desmatada e deu lugar à exploração mineral, desencadeando a formação de crateras no terreno em decorrência do estabelecimento do empreendimento mineral.

Figura 49 – Fotografias em mosaico mostrando “rastros” de degradação e dano ambiental no bairro Piçarreira, na Zona Leste de Teresina-PI.



A: Vestígios de presença de massará em antiga área extrativa mineral, no bairro Piçarreira, com acúmulo de águas pluviais; B: Cratera deixada pela mineração encoberta por vegetação (final do período chuvoso). C: Presença de vegetação (início do período chuvoso), acumulação de lixo, desencadeando conflitos entre os moradores.

Fonte: Viana (2011; 2012).

A extração de massará/seixos, no bairro Piçarreira, foi proibida pela Prefeitura Municipal de Teresina em decorrência do esgotamento dos materiais, da morte de vários trabalhadores que foram soterrados nos “barreiros”, assim como, devido ao crescimento populacional no entorno do mesmo, que determinou a ocupação desordenada desses espaços. Esse fato é considerado um impacto negativo indireto da atividade mineral, pois a população foi morar nas cercanias, atraída pelo estabelecimento do empreendimento, assim de curto prazo e cíclico.

Nesse local, não ocorreu formação de grandes “lagoas”, isto é, a constituição de barreiros cheios de água poluída, a exemplo do que ocorreu na Zona Norte, após a extinção da atividade mineral. Porém, foi relatada a ocorrência de mortes em depressões presentes no terreno abandonado, em decorrência do acúmulo de águas pluviais, sendo registrados três afogamentos nesse local, na década de 1990.

As imensas crateras que se formaram representam focos de erosão e de acumulação de lixo, logo são fontes de agentes de procriação de doenças. Também contribuem para a poluição atmosférica devido às queimadas visando à redução da vegetação que cresce no período chuvoso e do lixo. Outro fato preocupante é o uso dessas áreas como esconderijo para marginais e para o fruto de seu roubo. Vale destacar que esse problema também foi relatado pelos moradores dos bairros vizinhos às lagoas da Zona Norte.

Os entrevistados admitem que, durante a época do empreendimento, havia abundância de emprego, sendo que a maior parte dos trabalhadores eram moradores do próprio entorno. Havia fácil acesso aos materiais de construção, gerando, assim, impactos sociais positivos indiretos. Porém, também ocorriam conflitos entre moradores e proprietários da área de extração, motivados, principalmente, pelo grande fluxo de caminhões que transportavam os insumos minerais, levantando poeira, causando incômodo, além de ocasionar problemas respiratórios à população.

Constatou-se também que não há nenhum tipo de mobilização para melhoria das condições ambientais da área degradada, seja por parte dos moradores dos bairros circunvizinhos à cratera, seja por parte dos órgãos governamentais responsáveis pelas questões ambientais. Esse fato também foi detectado na região das lagoas da Zona Norte e na Zona Sul da cidade, no entorno de áreas extrativas extintas.

A problemática descrita acima contraria um conjunto de normatizações referentes às questões ambientais e minerais referentes ao espaço geográfico teresinense. Cumpre lembrar que esse fato é decorrente de disfunções no processo de fiscalização e monitoramento da atividade e não da existência de um arcabouço legal. Dessa forma, deve-se lembrar que os empreendedores de atividades de pesquisa e extração de substâncias minerais (massará, seixos e areia) ficam obrigados, durante ou após o encerramento da atividade de lavra, a recuperar o ambiente degradado, nos termos do § 2, do art. 225 da Constituição de 1988, capítulo de Meio Ambiente (BRASIL, 1988).

Torna-se necessário, portanto, considerar a obrigação de relevante interesse ambiental dos empreendedores minerais, do cumprimento das normatizações (Código de mineração: Decreto-Lei nº 227/67 e a Lei nº 9.314/1989 (BRASIL, 1996); Lei nº 8.982: Regimento de licenciamento dos minerais de uso imediato na construção civil (BRASIL, 1995a); Portaria nº 237/ 2001: Fechamento de Mina (BRASIL, 2001), vigentes em âmbito Federal, Estadual e Municipal. Também deve-se elaborar e implementar o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD segundo a NBR 13030 (ABNT, 1999); o Decreto-Lei nº 97.632/89 (BRASIL, 1989); e o Projeto de Lei nº 128 (BRASIL, 2003); assim como o Relatório de Controle Ambiental – RCA (Resolução CONAMA 010/90 (BRASIL, 1990a), entre outros documentos técnicos exigidos no processo de Licenciamento Ambiental. (BRASIL, 1995b)

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) foi instituída pela lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, e atualizada a partir das leis nº 7.804 (18/07/1989), 8.028 de 12/04/1990 (BRASIL, 1990) fundamentada nos incisos VI e VII do art. 23 e no art. 235 da Constituição (BRASIL, 1988). Estabelece dentre seus princípios: a manutenção do equilíbrio ecológico pela ação governamental, tendo em vista o seu uso coletivo; a racionalização do uso do solo, da água e do ar; o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; o acompanhamento do estado da qualidade ambiental; a recuperação de áreas degradadas, dentre outros (BRASIL, 1981). Os Instrumentos da PNMA também estabelecem as penalidades disciplinares ou compensatórias do não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental, porém, ficou nítido, na pesquisa, o descumprimento da legislação vigente.

Faz-se importante frisar que recuperação ambiental, no caso de atividades de mineração, de um modo geral, significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com o plano preestabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa também que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem (VIANA et al., 2010c).

Porém, os diversos locais em Teresina, já abandonados pela atividade extrativa mineral, apresentam um “rastros” de degradação ambiental. Esses danos ambientais são decorrentes da ineficiência do poder público, enquanto normatizador, fiscalizador e gestor das questões ambientais e legais, relacionadas ao uso e à ocupação do solo urbano.

Também contribui para essa degradação as ocupações irregulares de vilas e favelas. Essas áreas são atrativas por causa da desvalorização das terras em seu entorno, e demais formas de uso e ocupação do solo, que continuam a acontecer sobre essas áreas extrativas de massará e seixos. Dessa forma, esses processos tornam aleatórias as perspectivas de garantia de suprimento futuro, inviabilizando a manutenção de uma atividade mineral sustentável.

Nos locais onde a atividade mineral encontra-se ativa em Teresina, também foi percebida a ocorrência de impactos negativos diretos, de curto prazo e temporários, caso no bairro Pedra Mole, localizado na Zona Leste de Teresina. Nesse local, a atividade mineral se resume à lavagem dos seixos e à armazenagem desse recurso, juntamente com o “massará”. A lagoa existente nesse local recebe indiscriminadamente toda a água poluída utilizada no processo, devido à ineficiência do sistema de tratamento dos efluentes, contribuindo, assim, para seu aterramento.

Na Zona Sul da cidade, nas proximidades do Parque Rodoviário (bairro Catarina), a atividade mineral de lavagem de seixos gera danos ambientais em decorrência do retorno da água que foi captada do rio Poti e dos sedimentos sem tratamento adequado. Vale destacar também que a lama que sai da lavagem, antes de retornar ao rio, serve para aterrar uma pequena lagoa existente na área, processo semelhante ao que ocorre no bairro Pedra Mole.

Essa atividade realizada nas proximidades da margem esquerda do rio Poti também gera risco à população e impactos diretos negativos, imediatos e cíclicos, em virtude do perigo de acidentes de trânsito, pois a atividade contribui para a

intensificação dos fluxos de caminhões em vias estreitas e sem sinalização. Isso favorece, ainda, a poluição atmosférica, em decorrência do não cumprimento da legislação municipal que regula o uso da lona para cobrir a carga, provocando, assim, poeira e sujeira nas vias. A poluição sonora e do ar, geradora de impactos negativos, diretos, imediatos e temporários, também se torna frequente, pois parte da frota de veículos que realiza o transporte de materiais voltados para a construção civil encontra-se sucateada, o que determina elevação dos índices de poluição e insegurança no trânsito.

Na franja urbana sul de Teresina, a atividade mineral de extração e lavagem de massará/seixos também é intensa, sendo desenvolvida por grandes empresas que adquiriram muitos terrenos afastados do centro da cidade, mas com importantes reservas desse recurso mineral. Essas empresas se utilizam de um grande número de caminhões para comercializar a elevada produção mineral, que é realizada com máquinas modernas. Porém, o esgotamento dos recursos minerais contribui para o abandono dessas áreas, assim como ocorre nas proximidades da Vila Irmã Dulce, sem a realização de processo de recuperação ambiental, apesar de prevista na legislação mineral e ambiental citadas anteriormente. (Figura 50).

Figura 50 - Fotografia em mosaico mostrando área extrativa de massará/seixos extinta e abandonada na franja urbana sul de Teresina-Piauí.



A: Cava abandonada decorrente da atividade mineral de massará/seixos sem recuperação ambiental. B: Peneira que era utilizada na separação do seixos da matriz massará.
Fonte: Viana (2010).

Nos bairros Bela Vista e Santo Antonio, a atividade mineral foi desativada há mais de duas décadas. Essa área extrativa mineral foi interdita em decorrência do crescimento do contingente populacional no entorno dos mesmos sem tomar as devidas precauções. Também contribuiu para o encerramento da atividade mineral a ameaça de desabamentos, devido à inclinação do talude, que representava perigo para os trabalhadores, sendo relatada a ocorrência de mortes de garimpeiros por soterramento. Nessas áreas, também se presenciaram rastros de degradação e danos ambientais, como a denudação da superfície, a remoção do solo, cavas profundas e abandonadas, que determinam impacto visual negativo direto, em virtude da desfiguração paisagística.

Percebeu-se em Teresina que a extração desses materiais usados na construção civil, visando suprir as exigências correspondentes ao crescimento urbano da capital e por serem encontrados em abundância, com baixo custo na extração e alta demanda, tornam a atividade predatória dos recursos naturais e um grande causador de conflitos e impactos ambientais, contribuindo para a insustentabilidade do espaço citadino.

5.4 Vetores espaciais de crescimento e a atividade extrativa de massará e seixos em Teresina

A análise da expansão urbana de Teresina contribuiu para o mapeamento dos vetores de tendência espacial baixa, média e alta (Figura 51). Os vetores espaciais estão inseridos na dinâmica de expansão da capital, revelando uma preocupação com relação aos problemas relacionados ao processo de crescimento populacional e aos incentivos socioeconômicos dessa expansão nas direções norte, leste, sudeste, sul e oeste da cidade, considerando também a influência de Timon (MA) na direção oeste.

O mapeamento produzido através da análise dos mapas de uso e de ocupação do solo, referentes aos anos de 1985 (Figura 52) e 2010 (Figura 53), bem como da observação da evolução das manchas urbanas (direção e tamanho) de Teresina, principalmente a partir da década de 1950 a 2010 (Figura 54), assim como de informações adquiridas da área de estudo, do aprofundamento teórico, e da análise dos conflitos gerados pela mineração de massará e seixos (Figura 55) verificados em campo, contribuíram para a elaboração da presente discussão.

A fotointerpretação do período de 1985, que gerou o mapeamento (Figura 52), demonstra que Teresina era caracterizada por uma área urbanizada com aproximadamente 56,62 Km². No entanto, área antropizada em 2010 já correspondia a 78,02 Km², com grande parte da área do município ocupada por residências, comércios, indústrias, entre outras construções (Tabela 7).

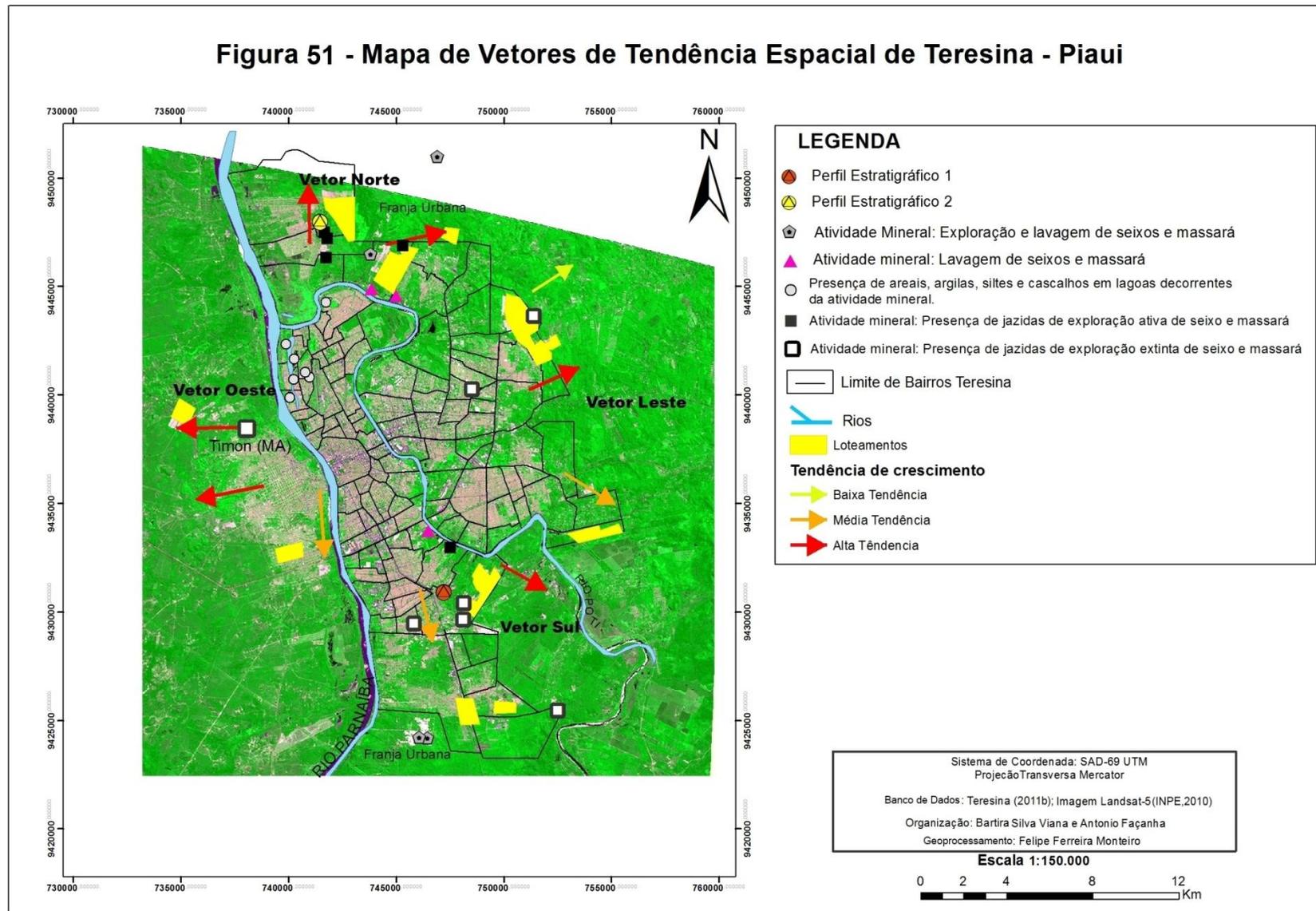
Na Figura 52 observa-se também que a área coberta por vegetação arbórea correspondia a 109,84 Km² e a vegetação arbustiva/gramínea equivalia a 69, 52Km², totalizando 179,36 Km². Em 2010 (Figura 53), a cobertura vegetal total ocupava uma área de 124,22 Km². Observa-se, assim, que o crescimento da área antropizada de Teresina contribuiu, dentre outros fatores, para uma redução de 55, 15 Km² dos espaços demarcados pela presença de vegetação nativa, especialmente nas Zonas Sul e Norte, o que se deu também de forma expressiva nas Zonas Leste e Sudeste da cidade de Teresina.

Tabela 7 - Classificação e quantificação do uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Teresina – PI em 1985 e 2010

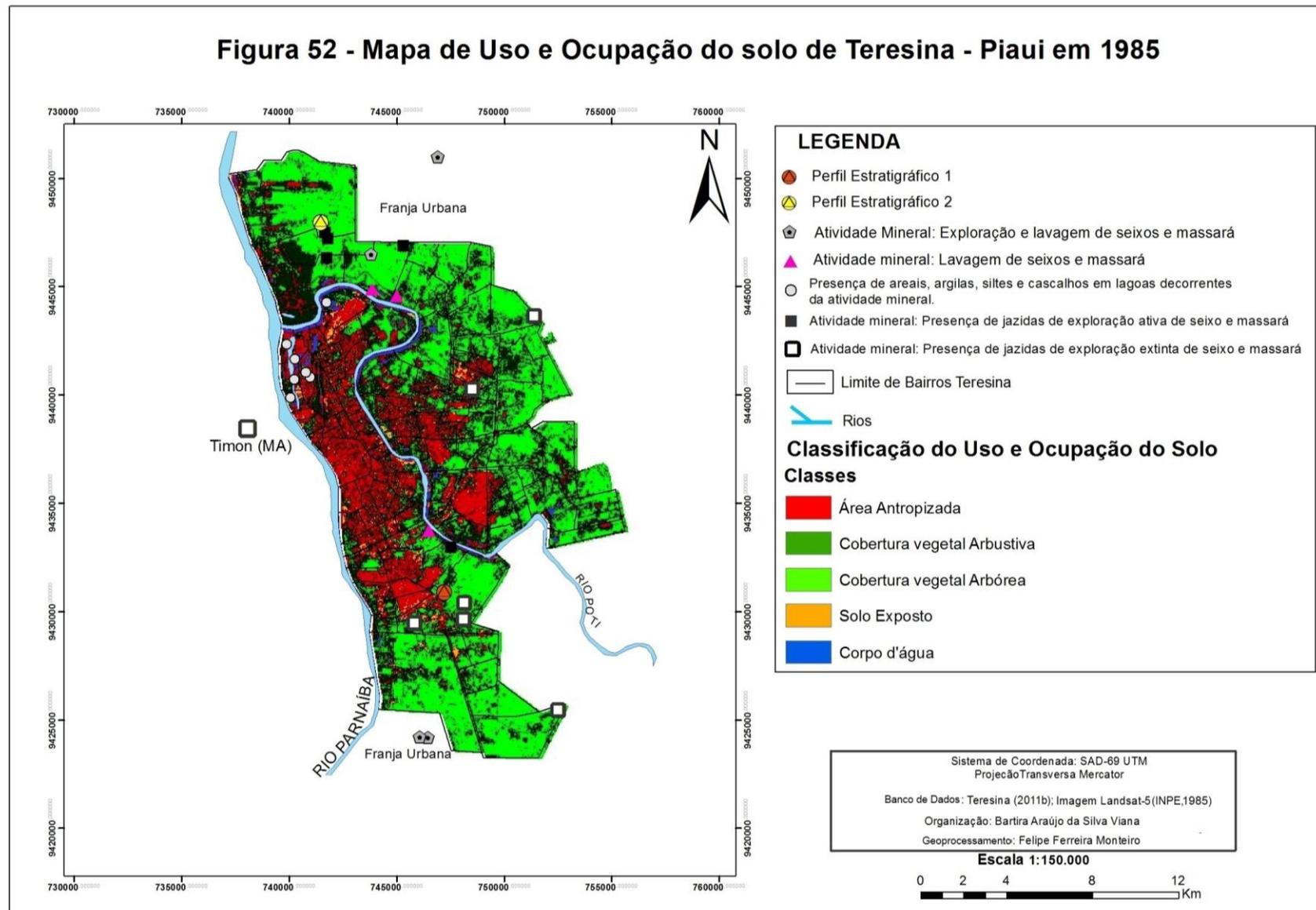
CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	ÁREA (km ²)	
	1985	2010
Cobertura vegetal arbustiva	69,52	71,03
Cobertura vegetal arbórea	109,84	53,20
Área antropizada	56,62	78,02
Solo exposto	3,58	38,73
Corpos d'água	6,10	4,68
Área total das classes	245,66	245,66

Fonte: Imagens Landsat-5 (INPE, 1985; 2010); Dados básicos classificados por F. Monteiro (2013).

A expansão da mancha urbana de 1950 a 2010 é explicada pela atração populacional que ocorreu em virtude da intensificação dos investimentos públicos e privados em saúde, educação, energia elétrica, habitação popular e do desenvolvimento da malha viária, interligando Teresina a centros regionais e nacionais. Estes fatores atraíram um enorme contingente de imigrantes que queriam usufruir do crescimento econômico e da adoção de inovações tecnológicas, dos serviços de infraestrutura e comunicação, dos serviços de saúde de alta, média e baixa complexidade, assim como do ensino e da pesquisa (BRASIL, 2002b).

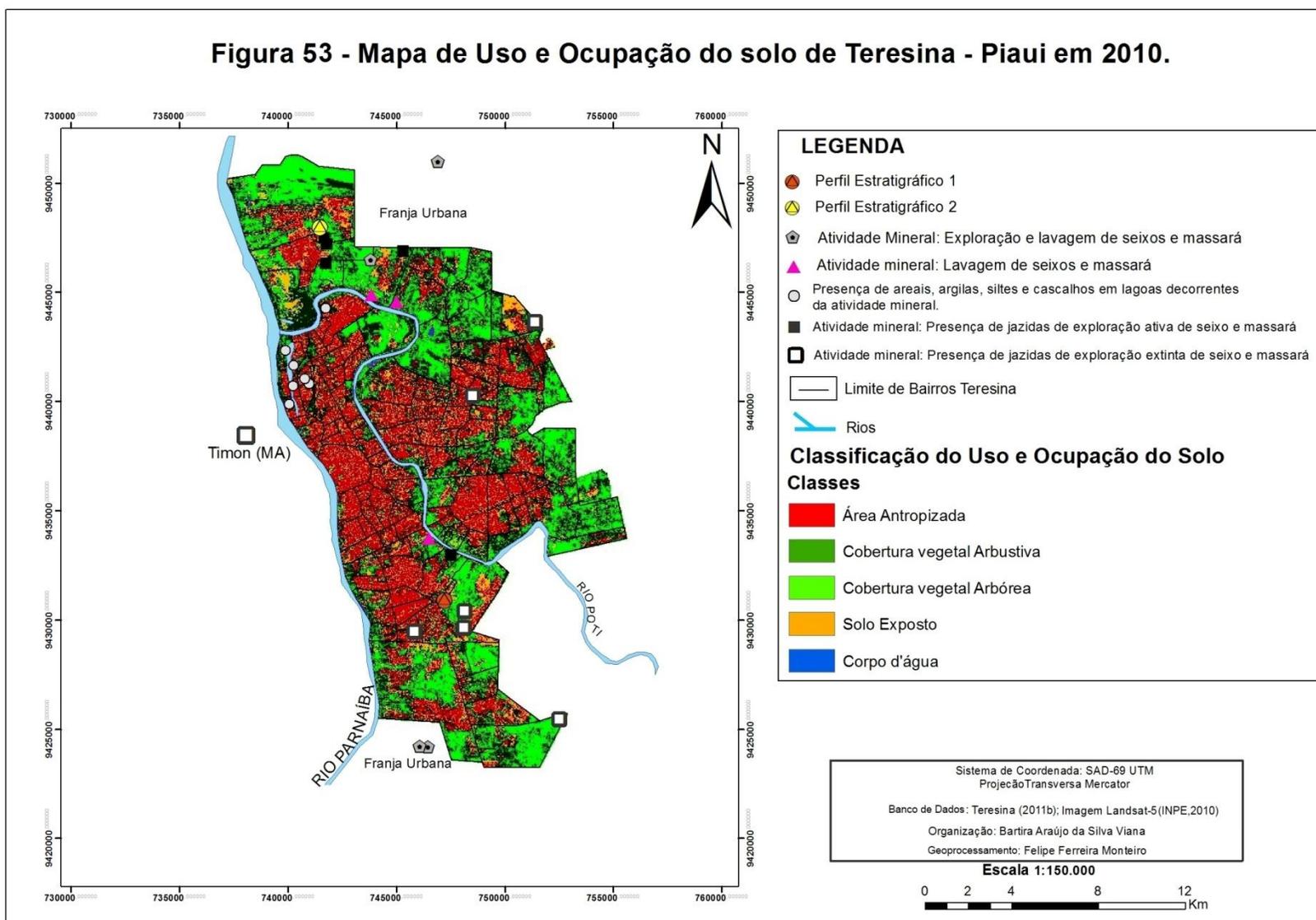


Banco de dados: Teresina (2011b); Imagem Landsat-5 (INPE, 2010). Organização: Bartira Viana; Antonio Façanha. Geoprocessamento: Felipe F. Monteiro (2013).



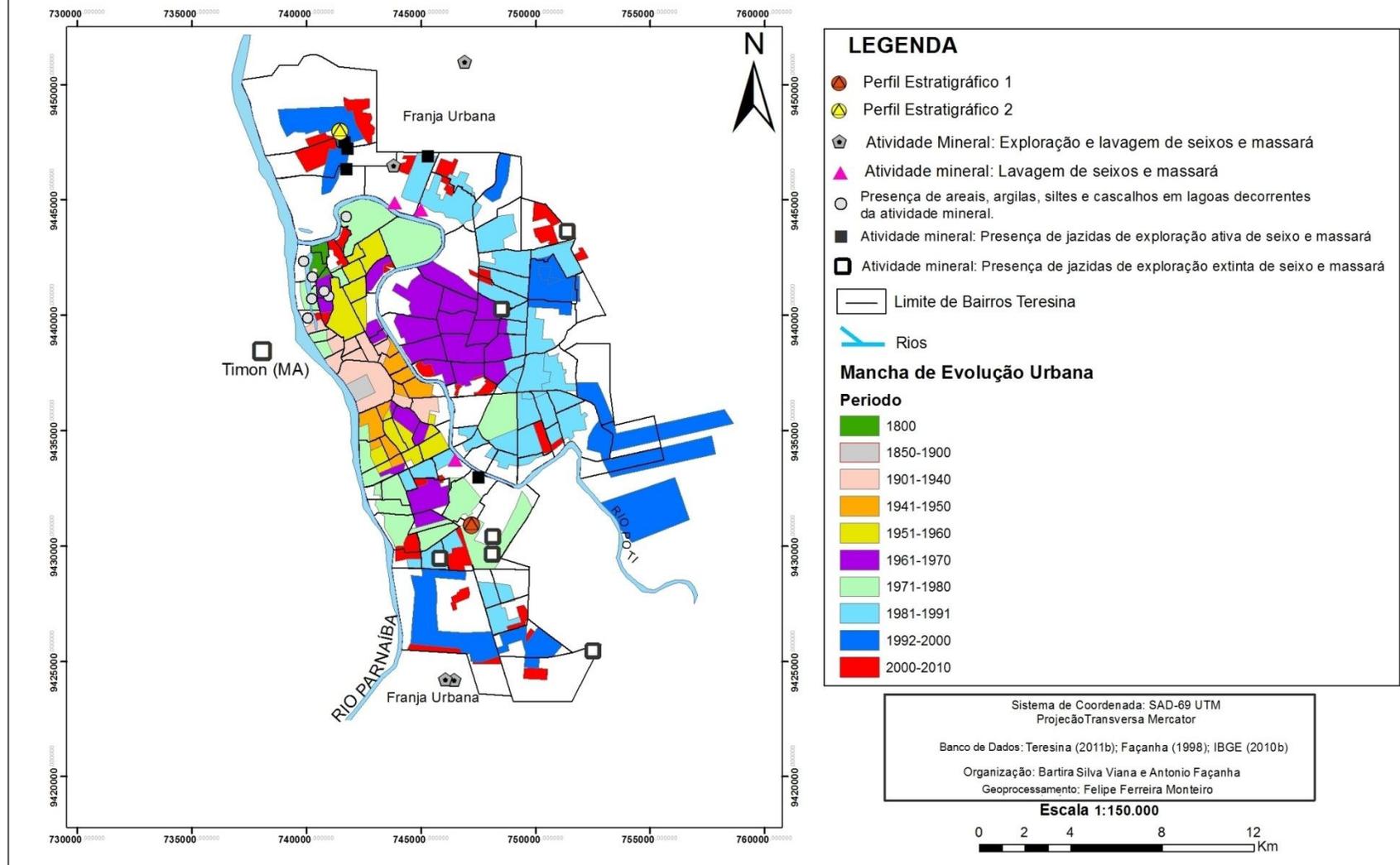
Banco de dados: Teresina (2011b); Imagem Landsat-5 (INPE, 1985). Organização: Bartira Viana. Geoprocessamento: Felipe F. Monteiro (2013).

Figura 53 - Mapa de Uso e Ocupação do solo de Teresina - Piauí em 2010.

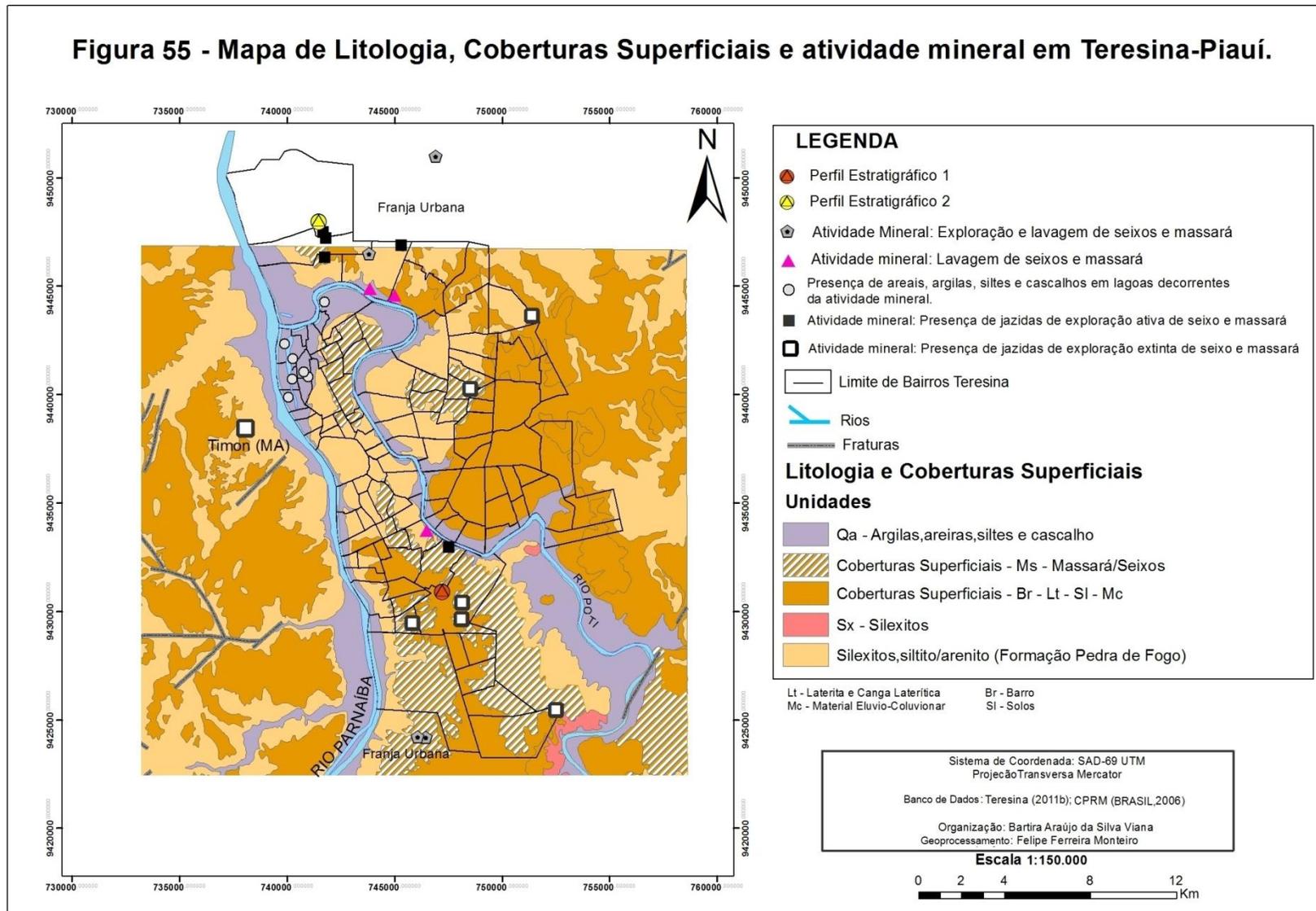


Banco de dados: Teresina (2011b); Imagem Landsat-5 (INPE, 2010). Organização: Bartira Viana. Geoprocessamento: Felipe F. Monteiro (2013).

Figura 54 - Mapa de Evolução da mancha de ocupação urbana de Teresina-Piauí entre 1800 - 2010.



Banco de dados: Teresina (2011b); Façanha (1998); IBGE (2010b). Organização: Bartira Viana; Antonio Façanha. Geoprocessamento: Felipe F. Monteiro (2013).



Banco de dados: Teresina (2011b); CPRM (BRASIL, 2006). Organização: Bartira Viana. Geoprocessamento: Felipe F. Monteiro (2013).

Segundo a Fundação CEPRO (2010), a atividade econômica piauiense é fortemente concentrada em Teresina. O município tem como base principal geradora de empregos, o setor terciário da economia, que compreende as atividades de governo, comércio e de prestação de serviços. O setor secundário também tem importante papel, à medida que a indústria de transformação gera postos de trabalho formais e qualificados e demanda serviços modernos (IBGE, 2010c). Esses fatos, dentre outros, contribuíram para transformar Teresina em um polo de atração populacional, além de intensificar o processo de urbanização.

A década de 1950 foi marcada pelo desenvolvimento da rede de transportes rodoviários e do aperfeiçoamento do setor de comunicações, contribuindo para a dinamização do estado e, conseqüentemente, da cidade de Teresina. A construção da barragem de Boa Esperança, acompanhada do desenvolvimento dos setores administrativos, financeiros e de créditos, e a ampliação do comércio varejista foram fatores que provocaram o crescimento econômico da capital em múltiplos aspectos. As inovações inseridas no espaço físico foram modificando a paisagem urbana (LIMA, 2010a).

A expansão de Teresina nessa década ocorreu na direção do vetor Leste-Nordeste, preenchendo novas áreas além do Poti, após a criação da ponte dos Noivos. Quanto à dinâmica espacial na direção do vetor Sul, a ocupação se deu em razão da topografia favorável, da implementação de serviços, além da consolidação de uma boa infraestrutura. As avenidas Barão de Gurgueia e Miguel Rosa contribuíram para a dinâmica econômica da cidade, no sentido Sul, por meio do desenvolvimento de setores de serviços e comércio, além de atividades industriais

Na década de 1960 ocorreu a consolidação do sistema viário com a construção de grandes avenidas que determinaram o início da ocupação da Zona além do Poti. Nesse período, a capital do Piauí apresentava um expressivo crescimento populacional, assim como ocorre desde sua fundação. O crescimento populacional contribuiu para um expressivo déficit habitacional. A partir dessas demandas, políticas públicas foram implementadas visando a construção de vários conjuntos habitacionais possibilitando, assim, a expansão horizontal da cidade. Em Teresina, essas medidas do Governo Federal foram colocadas em prática por volta de 1966.

Até o final da década de 1960, a maioria dos conjuntos habitacionais foi construída na direção do vetor Sul da cidade, por causa do aumento do fluxo

migratório e do assentamento não planejado das populações que ocuparam progressivamente os vazios dessa Zona da cidade. Também contribuiu para esse processo a instalação do Distrito Industrial, assim como a implantação da estação de energia elétrica da Companhia Hidrelétrica de Boa Esperança (LIMA, 2010a).

A atuação do serviço público no setor habitacional na década de 1970 foi decisiva no atendimento da demanda crescente por habitação em Teresina, colaborando, sobretudo, para atrair um maior número de migrantes para a capital (TERESINA, 1995 citado por LIMA, 2002). O Conjunto Itararé (atual Dirceu Arcoverde) determinou, com suas 3.040 unidades, a tendência de crescimento em direção ao vetor Sudeste.

Já a Zona Norte, até a década de 1970, não era alvo da ação dos agentes imobiliários. É importante frisar que a configuração espacial urbana teresinense adquiriu novos aspectos nessa década, através dos fluxos migratórios, da intensificação da política habitacional e da modernização do sistema viário, surgindo, então, a necessidade de se elaborarem estudos e planos de ordenação da cidade. De acordo com Façanha (1998, p. 10):

[...] As administrações públicas tentam minimizar o problema da urbanização através de estratégias amplas de acomodação. Uma delas surgiu em 1969 com o primeiro Plano Diretor Local Integrado – PDLI, elaborado por uma empresa de consultoria do Estado da Bahia. [...].

A “crise urbana” precisava de soluções urgentes. Em 1977, foi feita uma nova tentativa para minimizar os efeitos colaterais do progresso econômico. O Instituto de Planejamento e Administração Municipal (IPAM), em convênio com a Universidade de Brasília (UnB), conduziu o I Plano Estrutural de Teresina (PET), estabelecendo uma série de recomendações relativas à edificação. Estas foram instrumentadas pela lei n.º 1.591, de 31/8/1978. Após cinco anos de vigor dessa lei, iniciaram-se os estudos para elaboração de um novo plano urbanístico, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), nunca concluído (FAÇANHA, 1998).

Nesse período, o crescimento populacional também contribuiu, na direção do vetor Norte, para o surgimento de pequenos núcleos de comércio próximos aos bairros do Buenos Aires e Água Mineral. Na direção do vetor Sul, a construção de conjuntos habitacionais estimulou o surgimento de corredores comerciais, como as avenidas Barão de Gurgueia e Miguel Rosa, eixos viários com maior expressão

nessa Zona. A dinamização desse vetor ocorre com criação de onze conjuntos habitacionais na cidade (CRISANTO, 2002).

Na direção Norte passa a se destacar comercialmente as avenidas Centenário e Duque de Caxias, e, na direção Leste, as avenidas João XXIII e Nossa Senhora de Fátima. O vetor Leste passa a se configurar também com as migrações de populações de alto *status* social, que se dirigiram aos bairros Jockey Club e Fátima, São Cristovão, Planalto Ininga, entre outros (ABREU, 1983).

O padrão comum do BNH era a produção de grandes conjuntos habitacionais. A maior parte dos conjuntos do período foi construída na direção do vetor Sul da cidade, região em que predominam os conjuntos habitacionais até a atualidade. Na época da construção desses conjuntos, tratava-se de uma localização distante da malha urbana consolidada, sendo que a implantação dos mesmos, além de contribuir para a formação de grandes vazios urbanos, gerou a necessidade de investimentos de infraestrutura urbana e de equipamentos pelo poder público. (LIMA, 2010a).

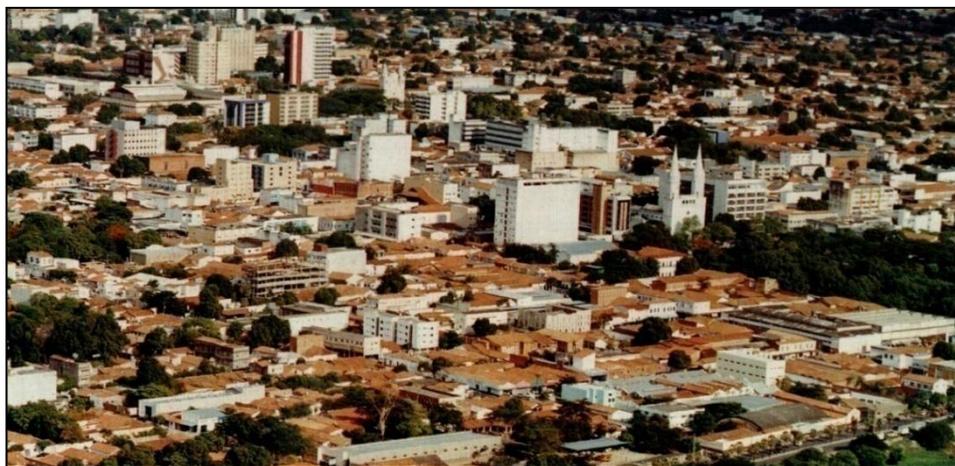
De acordo com Lima (2013, p. 43) na década de 1970, a distribuição desses empreendimentos na malha urbana implicava a abertura de novas áreas de expansão e consolidação de outras nas Zonas Norte, Sul, Leste e Sudeste. Assim, sem obedecer, aparentemente, a quaisquer critérios de organização, os conjuntos habitacionais foram constituindo áreas segregadas e demarcando as fronteiras socioespaciais dos diferentes segmentos da sociedade.

A inexistência de políticas públicas que pudessem determinar a orientação do acelerado crescimento urbano fez com que, na década de 1970, se consolidassem as contradições na ocupação da terra, com o surgimento de grandes vazios espaciais, pedaços de terra sujeitos à especulação imobiliária, paralelamente à formação de grandes aglomerados populacionais sem dispor de infraestrutura, a exemplo das vilas e favelas que também passaram a se configurar como corredores de expansão da cidade de tendência alta.

A compreensão das alianças e conflitos existentes entre os agentes produtores da cidade torna-se nítida na segunda metade da década de 1970, quando se tem início o processo de produção vertical em Teresina, havendo um (re)direcionamento da produção, apropriação e consumo do espaço urbano, de acordo com a lógica da produção socioespacial imobiliária, possibilitando o desdobramento de uma nova dinâmica da cidade, profundamente marcada pela

produção de edifícios comerciais na Zona Centro (Figura 56). (VIANA; MARTINS, 2012).

Figura 56 – Fotografia mostrando o crescimento vertical da Zona Centro de Teresina-Piauí



Fonte: Meneses (2005).

Intensificou-se na de 1980 a construção de conjuntos habitacionais na direção dos vetores Sul, Norte e Sudeste, determinando um novo aspecto na paisagem teresinense, devido ao número expressivo de casas construídas, sendo considerados, assim, vetores espaciais de tendência alta. O vetor Sudeste se configurou como nova tendência de crescimento nos anos de 1980. Também são construídos os conjuntos de apartamentos, na direção desse vetor da cidade, a exemplo do Tancredo Neves (1985) representando os primeiros núcleos verticais dessa Zona.

Os resultados do ponto de vista quantitativo da ação desenvolvida pelas políticas habitacionais do BNH foram muito expressivos, porém, qualitativamente bastante questionáveis. Esse fato decorre da identificação de que foram utilizados terrenos inadequados, situados em espaços desprovidos de infraestrutura, sendo vendidas casas a quem não podia pagá-las, por preços superiores ao valor do mercado. Outro equívoco relaciona-se ao uso de terrenos distantes da malha urbana, adquiridos por preços baixos em razão de estarem situados em bairros distantes e com pouca acessibilidade, longe dos locais de trabalho de seus moradores (PONTES et al., 2010).

A intensificação do processo de descentralização do comércio, na década de 1980, contribuiu também para o espraiamento da cidade em todas as direções da

cidade. Ocorreu a construção de corredores comerciais nas grandes avenidas, como no caso dos pequenos *Shoppings Centers* nas proximidades da Avenida Nossa Senhora de Fátima e do Balão do São Cristovão. Também se destacam os centros comerciais dos bairros São Joaquim e Memorare na direção do vetor Norte, e os bairros Monte Castelo, Cristo Rei e Parque Piauí na direção do vetor Sul.

Nos anos de 1980, também ocorreu um crescimento no setor industrial, especialmente no setor de confecções, assim como se expandiu a indústria da construção civil, havendo maior atuação dos promotores imobiliários no crescimento vertical. Os bairros Cabral, Frei Serafim e Ilhotas são ilustrativos deste caso (FAÇANHA, 1998).

O II Plano Estrutural foi requisitado em 1987, devido ao agravamento das condições gerais de urbanização. Este teve a estruturação das suas bases no seminário realizado pela PMT, intitulado “Planejando Teresina”. O II PET definia novas diretrizes para ocupação do solo urbano de Teresina. Nele, é determinada “uma estruturação ocupacional que atenua a demanda ao centro, inibindo os processos de saturação e reduzindo a necessidade de acesso a este pólo”. (TERESINA, 1993, p.38). A preocupação principal em descentralizar o fluxo em outras direções decorre dos altos custos na estruturação da malha viária e do elevado preço da terra, já saturada pelo grande contingente ocupacional.

Em virtude das restrições à ocupação na direção do vetor Sul, com área de topografia acidentada e de proteção de mananciais de abastecimento de água, e do vetor Norte, em função da grande concentração de lagoas e áreas alagadiças, é indicada a prioridade de ocupar a Zona Leste, no sentido de retirar o máximo de funções urbanas do espaço entre os rios, diminuindo futuras despesas com serviços de infraestrutura de grande porte para a transposição deles (FAÇANHA, 1998). Dessa forma, na década de 1980, a Zona Leste se consolidou como principal área de expansão da cidade com tendência alta.

O vetor Sul permaneceu nos anos de 1980 como opção de construção de grandes conjuntos habitacionais para além da mancha urbana, visando atender principalmente as populações de baixa renda, construindo uma nova periferia. Ainda na referida década, a cidade também se espalhava em novos polos de adensamento populacional: o Sudeste e o Leste (LIMA, 2010b).

O II PET, portanto, passa a definir uma nova estrutura com eixos que integram os centros geradores de empregos bem distribuídos na cidade

(TERESINA, 1993). Esses novos polos, incentivados a partir de áreas com tendências espontâneas, em bairros distantes do centro, visam à descentralização da produção e do consumo em diferentes zonas da cidade.

Ao final da década de 1980, o processo de verticalização acelerou-se fortemente com o “aparecimento de edifícios de apartamentos residenciais de luxo [...]” (FAÇANHA, 1998, p. 210). A construção do espaço vertical na cidade refletiu as necessidades de acumulação e gerou dinâmicas urbanas diferenciadas, passando a ser uma realidade cada vez mais presente na paisagem urbana teresinense. A partir dessa década, a expansão do crescimento vertical ocorreu em direção do vetor Leste de Teresina, contribuindo, assim, como vetores espaciais de tendência alta.

Lima (2010a, p.40) destaca ainda que, na problemática da expansão da cidade, “viu aprofundar-se o fenômeno da segregação espacial pela demarcação da dinâmica de apropriação/exclusão do espaço urbano e dos benefícios da urbanização pelos diversos setores sociais”.

A década de 1990 passa a ser caracterizada pela crise no setor habitacional, em virtude da redução das políticas habitacionais na “forma e qualidade”, inibindo a produção de habitações voltadas para população de baixa renda. Não se pode ignorar que a produção da COHAB-PI foi reduzida drasticamente nessa década, sendo que, entre 1990 e 1994, a COHAB apenas continuou administrando os créditos do SFH e prestando assessoria técnica a construtores locais, porém, sem contratar novos financiamentos para construção (PONTES et al., 2010).

O volume de construções habitacionais na década de 1990 possui um valor ínfimo em relação ao efetuadas na década de 1980, demonstrando relativa ausência de uma política nacional de habitação e a incapacidade de o estado atender a demanda por habitação, com a concentração de empreendimentos também na direção do vetor Sul, sendo que foi adotado, predominantemente, o sistema de construção por mutirão. Nesse sistema, ocorre uma ajuda mútua, em que o mutirante e sua família participam diretamente da construção do imóvel, através da prestação dos serviços de mão de obra, e o governo federal e/ou governo estadual, através da COHAB-PI, financiam o terreno e o material (CRISANTO, 2002).

Nesse período, também foram construídos alguns conjuntos em parceria com a iniciativa privada, por meio do sistema de Autofinanciamento (construção realizada com recursos de poupança do adquirente e da COHAB) e a Auto-gestão (construção contratada pelo adquirente com a utilização de seu FGTS), mas também com

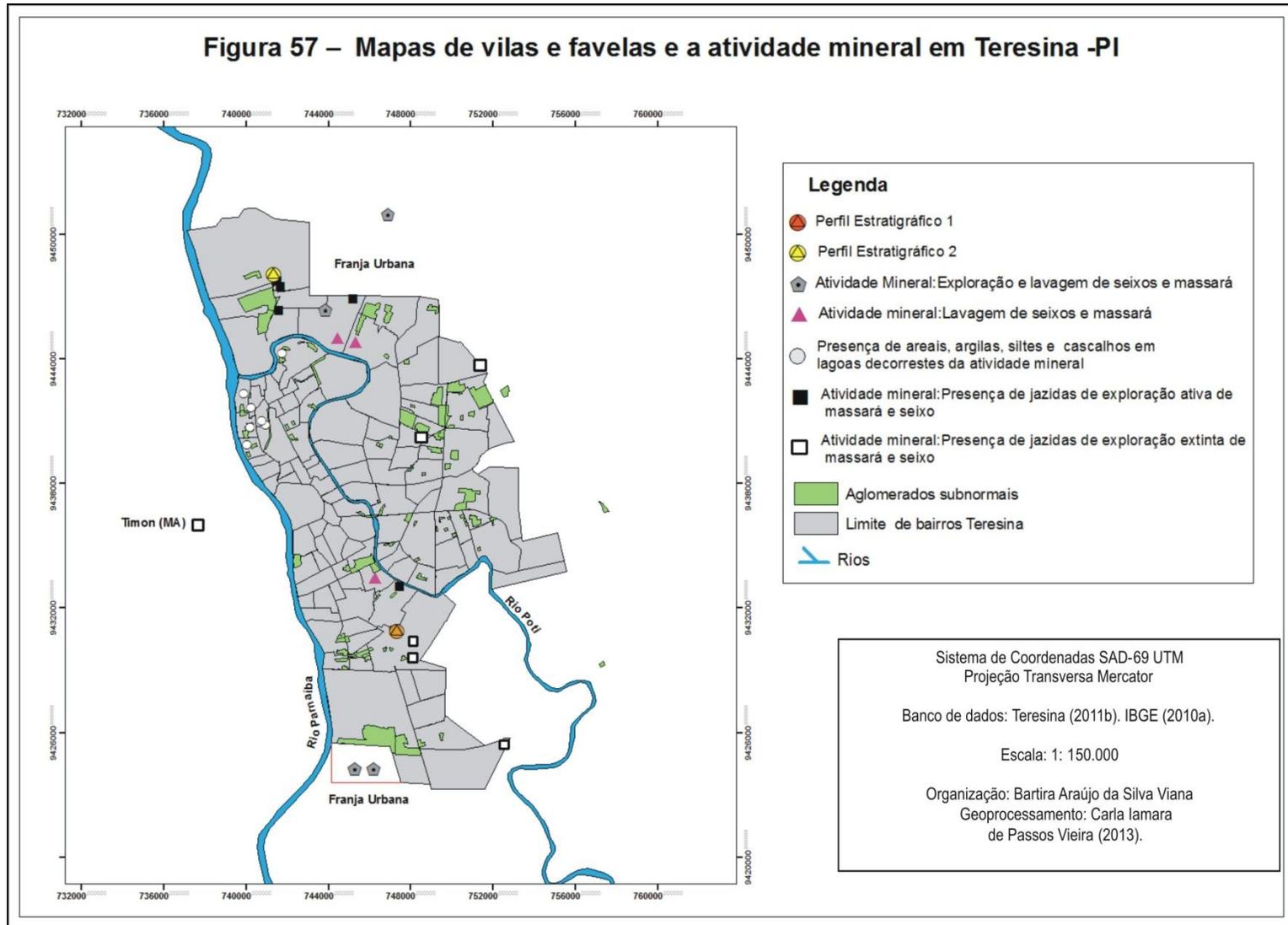
investimento públicos do IAPEP (Estadual) e do Habitar-Brasil (Federal). Assim também foram comercializados lotes urbanizados nos anos de 2000 e 2001.

Outro fato constatado refere-se à lei municipal nº 2.113, de 10 de fevereiro de 1992, que institui a passagem de 108 para 110 bairros em Teresina nessa década. A expansão do vetor Sudeste ocorre a partir de 10 de março de 1994, por meio da Lei de nº 2.283 com o surgimento de quatro bairros: Cuidos, Verdecap, Bom Princípio e Santana. Já o vetor Sul é alterado através da lei nº 2.311, de 17 de maio de 1994, com a fusão dos bairros Angelim e Angelim Sul, passado a ser denominado somente de Angelim. Já a lei n.º 2.355, de 16/12/1994, acrescenta mais três, totalizando 113 bairros, sendo 23 na Zona Norte, 20 na Zona Sul, 27 na Zona Leste, 20 na Zona Sudeste e 23 no Centro.

É notório que a ampliação da ocupação do espaço urbano contribuiu também para o aumento de vilas e favelas na cidade (Figura 57), ocorrendo o agravamento das condições de vida dos cidadãos. Nesses espaços, se disseminaram moradias precárias, situadas em lugares com condições inadequadas de habitabilidade, na maioria dos casos. Esse fato decorre da ocupação de áreas de risco, realizada principalmente através da autoconstrução da moradia em loteamentos periféricos irregulares ou clandestinos (LIMA, 2010b).

O maior crescimento de vilas e favelas verificado em Teresina ocorre especialmente na direção do vetor Sul, mas também nas direções dos vetores Sudeste e Norte. Essas áreas são justamente as menos valorizadas e pouco interessantes para o mercado imobiliário da cidade. Deve-se destacar que, na direção do Vetor Leste, onde se observam alto custo da terra e um alto padrão imobiliário, o número de vilas e favelas ocorreu de forma reduzida.

Faz-se oportuno mencionar a presença em Teresina, da segunda maior favela da América Latina, a Vila Irmã Dulce, ocupada em 1998, na direção do vetor Sul da cidade. A localização do Santo Antônio, bairro com maior concentração de vilas e favelas da cidade, também configurou o crescimento periférico desse vetor. Somando os núcleos do bairro Santo Antonio, Bela Vista e Santa Cruz, chega-se a um total de 57,7% da Zona Sul e 17,3% de Teresina (FAÇANHA; LEAL; CHAVES, 2003).



Banco de dados: Teresina (2011b). IBGE (2010a). Organização: Bartira A da S. Viana. Geoprocessamento: Carla lamara de Passos Vieira (2012).

Nas proximidades dessas ocupações de vilas/favelas existem importantes reservas de massará/seixos, locais degradados e desconfigurados devido ao desenvolvimento da extração mineral, assim como em áreas de antigas frentes de lavra, onde a mineração atualmente encontra-se extinta. Vale destacar que esses jazimentos minerais se encontram ameaçados devido à intensificação do processo de ocupação por assentamentos subnormais, pois, dentre outros fatores, os danos ambientais causados por essa atividade contribuem para a desvalorização dos terrenos, que se tornam atrativos para população de baixo poder aquisitivo.

Até dezembro de 2010, foram mapeadas 113 áreas ocupadas por assentamentos irregulares conhecidos como favelas/vilas ou aglomerados subnormais em Teresina. (IBGE, 2010a), sendo que na Zona Norte também se percebe, analisando a Figura 57, grandes contingentes populacionais ocupando áreas próximas à locais extrativos de massará/seixos, a exemplo da Vila Parque Brasil I, II e III e da Vila Parque Wall Ferraz I, II e III.

Muitos desses aglomerados surgiram de ocupações recentes, mas outros existem há vários anos sem os serviços básicos necessários. É o caso, por exemplo, da Vila da Paz e Vila Centro Administrativo, localizadas também na Zona Sul, e da Vila Bandeirantes (Zona Leste), as quais, mesmo sendo consideradas bairros, conservam características de favela, com moradores vivendo em encostas, próximas a grotões ou em ruas mal definidas (PEREIRA, 2011).

O crescimento populacional, a expansão horizontal e vertical da cidade, assim como as construções realizadas de forma desordenada, além da pressão dos agentes do setor imobiliário, contribuíram para o governo municipal publicar as leis de nº 2.264, 2.265 e 2.266, de 16 de dezembro de 1992, as quais definem a ocupação do solo urbano, o uso do solo urbano e o código de obras e edificações de Teresina (LIMA, 2010b).

Os limites urbanos, no vetor Sul da cidade, continuaram se expandindo, estabelecendo-se como vetores de tendência alta. A partir da lei nº 2.515, de 18 de abril de 1997, foi ampliado o perímetro urbano da cidade, ao criar o bairro Polo Empresarial Sul e as leis de nº 2.587 e 2.596 criaram, respectivamente, os bairros Parque Sul e Portal da Alegria (LIMA, 2010b). É visível a ampliação da cidade na direção do vetor Sul, também com tendência alta. Atualmente, estas áreas estão sendo beneficiadas com a construção do Rodoanel. De acordo com o projeto, a obra

ligará as BR's 316 e 343, reduzindo o tráfego de cinco mil veículos do Centro da cidade (ACESSE PIAUÍ, 2012) (Figura 58).

Figura 58 - Imagem do traçado do Projeto do Rodoanel em Teresina-Piauí



Fonte: Google Earth (2011). Disponível em: <http://w180graus2-teste.tempsite.ws/salada/wilsao-mostra-imagens-de-como-vai-ficar-o-rodoanel-de-teresina-525798.html>. Acesso em: 10 mar. 2013.

Ainda na década de 1990, há a consolidação do processo de verticalização em Teresina, deixando mais evidente a segregação socioespacial existente na cidade. Também se presenciavam as diversas formas de atuação dos agentes imobiliários, que agem sobre o espaço urbano produzindo e reproduzindo o seu capital (VIANA, 2005)

Nessa mesma década, os cenários contraditórios da favelização e a verticalização são representados pela expansão da cidade em novas direções, especialmente no vetor Leste, com o crescimento vertical. Assim, a consolidação desse processo conduz a um aprofundamento da análise da produção espacial, pois, paralelamente ao crescimento vertical da cidade, ocorre a expulsão da população carente para a periferia, devido à valorização da área central (VIANA, 2003) (Figura 59).

O processo de verticalização teresinense contribuiu, então, para orientar o uso e ocupação do tecido urbano, devido a ações mais concretas dos agentes produtores do espaço urbano. Na direção de crescimento do vetor Leste, os agentes imobiliários se apropriaram de terrenos ociosos e supervalorizados, que passaram a receber investimentos no setor de serviços. É exemplar, para este caso, o

estabelecimento de dois *shoppings centers* da cidade, Teresina Shopping e Riverside Walk, criando, assim, novas centralidades.

Figura 59 – Fotografia mostrando a verticalização dos bairros Ilhotas e Frei Serafim, Zona Centro de Teresina-Piauí.



Fonte: Viana (2011).

A construção do espaço vertical nas Zonas Centro e Leste da cidade vão definindo novas formas de morar e de produzir espaços. O trabalho e as necessidades de acumulação geram dinâmicas urbanas diferenciadas. Nesse processo, também se estabelecem os monopólios, tanto dos proprietários de terras, quanto dos proprietários de capitais, que se entrelaçaram em torno das diferentes formas de renda fundiária (VIANA; MARTINS, 2012).

O crescimento vertical contribui para a expansão da cidade, sendo este considerada a melhor opção de ocupação do solo urbano, pois, nesse modelo, há adensamento populacional e das construções, e localização próxima à infraestrutura já instalada. Dessa forma, esse processo contribui para a redução no consumo de energia com deslocamentos mais curtos, menor emissão de poluente e maior conservação do entorno rural (ANDRADE, 2012). Porém, a cidade de Teresina apresenta um forte crescimento horizontal na direção dos vetores Norte, Leste, Sudeste e Sul, ampliando a malha urbana, destacando-se novos espaços ocupados e construídos pela ação conjunta do poder público e privado.

Em Teresina, a concentração de edifícios em determinada área da cidade, como no caso dos vetores de crescimento Centro e Leste, é consequência da melhor infraestrutura, da acessibilidade, da valorização dos terrenos, da segurança,

do modismo e da comodidade relacionada à moradia em edifícios. Grosso modo, trata-se de atributos espaciais que permitem aos capitais do setor imobiliário auferir rendas territoriais diferenciais (VIANA, 2003).

É clara a importância dos agentes imobiliários na reestruturação e no processo de expansão do espaço urbano. Com isso, esses agentes criam novas tendências ocupacionais. Novos conteúdos e sentidos são estabelecidos no espaço urbano, em decorrência da dissolução pelo capital das relações de produção, sendo que ele as transforma ao desenvolvê-las subordinadamente às suas tramas reprodutivas (MARTINS, 1999, p. 12).

Em decorrência desse processo, a cidade cresce e a população excluída é jogada para fora da área central, que se valoriza. O resultado será, necessariamente, a segregação social gerada pela disputa pelo acesso aos espaços da cidade. Os espaços verticalizados das Zonas Centro e Leste teresinense (Figura 60) possuem, assim, características de segregação de “alto *status*”, apresentando um padrão elitista, sendo ocupado por grupos sociais com certa homogeneidade social e econômica (VIANA, 2003).

Figura 60 – Fotografia de vista panorâmica mostrando verticalização da Zona Leste de Teresina-Piauí



Fonte: Viana (2011).

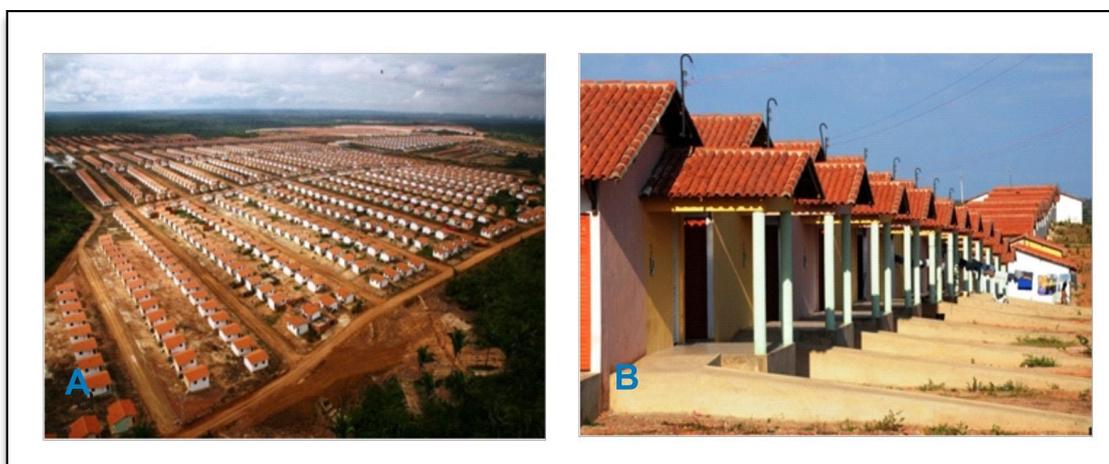
Na década de 1990 e nos anos 2000, os empreendimentos públicos e privados contribuíram para a construção de habitações voltadas às classes média e alta. O mercado imobiliário formal direcionou investimentos para a produção de produtos de luxo (condomínios verticais e horizontais), enquanto a classe média acessou diretamente o mercado formal através de financiamentos com recursos públicos destinados a programas habitacionais, mostrada na experiência do BNH.

A política habitacional do BNH baseou-se na produção da casa própria, construída pelo sistema formal da construção civil, sem qualquer apoio à produção de moradia ou urbanização por processos alternativos. Dessa forma, essa escolha permitiu garantir o apoio à população pressionada pela política de contenção salarial, assim como estimulou as indústrias básicas fornecedoras da construção civil, já que esta podia contar com uma fonte de financiamento estável.

Também nos anos 2000, o aumento da mancha urbana foi reflexo tanto da atuação do capital privado, quanto da retomada da construção de casas populares pelo poder público, por exemplo, pela ADH. Este órgão do estado é responsável, a partir dessa década, pela política habitacional no estado do Piauí. Teresina possui atualmente 4 grandes conjuntos em obras que estão redirecionado os investimentos habitacionais da ação pública, com recursos federais do Programa Pró-moradia do PAC (PONTES et al., 2010).

Cumprir destacar a construção do conjunto residencial Jacinta Andrade (Figura 61) e do conjunto Mirante Santa Maria da Codipi, mais conhecido como Jornalista Paulo de Tarso, localizado no bairro Santa Maria Codipi, assim como os conjuntos Cidade 2000 e o residencial Nova Theresina, localizados no bairro Aroeiras, na Zona Norte. A dimensão desses empreendimentos está contribuindo para abrir uma “nova fronteira urbana” em Teresina, especialmente na direção do vetor Norte, mas, em áreas ainda não consolidadas do ponto de vista urbanístico, sendo carentes de diversos serviços de infraestrutura.

Figura 61 - Fotografias em mosaico do conjunto habitacional Jacinta Andrade, bairro Santa Maria Codipi, Zona Norte de Teresina-Piauí.



A: Vista panorâmica do Conjunto Jacinta Andrade. B: Detalhe da estrutura das casas do Conjunto.

Fonte: Disponível em: <<http://www.piaui2.pi.gov.br>>. Acesso em: 03 mar. 2013.

Os programas e linhas de financiamento do Governo Federal, em parceria com o governo municipal, como o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), voltados ao “mercado popular”, que abrange a faixa de 3 a 10 salários mínimos, também têm colaborado com a expansão urbana da capital na direção dos vetores Norte, Leste, Sul e na direção do vetor Sudeste. Essa política governamental ocorre juntamente com a ação privada de construtoras cadastradas na Caixa Econômica Federal. Ainda segundo Pontes et al. (2009, p.6):

A reversão do cenário apresentado, da política pública de moradia, somente voltou a ser objeto de construção a partir da estruturação da Política Nacional de Habitação formulada pelo Governo Federal, após a criação do Ministério das Cidades em 2003, que apresentou como diretriz a ampliação do mercado formal, de forma a contemplar a classe média, e liberar a promoção pública para a população de baixa renda.

Nesse sentido, o Governo Federal, ao adotar medidas para tentar ampliar o mercado privado, assim como medidas que garantam a ampliação de recursos e subsídios para as camadas de baixa renda, contribui com o crescimento do espaço urbano citadino. Porém, segundo Pontes et al. (2010, p.111-112):

De forma geral, os apartamentos que estão sendo ofertados pelo Programa Minha Casa Minha Vida em Teresina repetem alguns equívocos verificados no BNH. [...]: localização ruim, distante da região central e dos equipamentos urbanos, em áreas não-urbanizadas ou pouco urbanizadas, não ocupando os vazios urbanos existentes na malha urbana; tipologias habitacionais pequenas, em alguns casos são muitos blocos padronizados, com uma densidade alta, sem área verde ou de lazer suficiente; impacto na valorização da terra em virtude da grande oferta de imóveis e procura por terrenos; entre outros.

Nos últimos dois anos (2010-2012) foi contratada pelo PMCMV, 12.827 unidades habitacionais envolvendo três estratos de renda (até 3, de 3 a 6 e de 6 a 10 salários mínimos), sendo que 5.154 moradias serão construídas para atender a faixa de até 3 salários mínimos (Quadro 17). O referido Programa em Teresina tem contribuído, portanto, para a continuidade do padrão periférico de crescimento das cidades, com a construção em áreas distantes, sem estimular a ocupação das áreas vazias mais centrais, conforme propõe o Estatuto da Cidade e como está estabelecido no Plano Diretor de Teresina. Os empreendimentos do MCMV que estão contribuindo com esse padrão estão sendo construídos, principalmente, na direção dos vetores Norte, Leste e Sul da cidade, com tendência alta. Na Zona Sul

os conjunto habitacionais estão sendo construídos fora dos limites da zona urbana de Teresina e sobre importantes reservas de massará e seixos (Figura 62).

Quadro 17 – Empreendimentos habitacionais implantados pelo Programa MCMV em Teresina- Piauí, na faixa de até 3 salários mínimos, 2010-2012.

EMPREENDIMENTO	BAIRRO	ZONA	Nº DE UNIDADES
Residencial Sigefredo Pacheco I	Vale do Gavião	Leste	500
Residencial Sigefredo Pacheco II	Vale do Gavião	Leste	500
Residencial Wilson Martins Filho	Vale do Gavião	Leste	455
Residencial Nova Alegria II	Santo Antonio	Sul	500
Residencial Tabajaras	Tabajaras	Leste	149
Residencial Portal da Alegria III	Esplanada	Sul	450
Residencial Portal da Alegria IV	Esplanada	Sul	450
Residencial Teresina Sul I	Angelim	Sul	500
Residencial Teresina Sul II	Angelim	Sul	500
Residencial Bem Viver	Lourival Parente	Sul	400
Conjunto Habitacional Vila Nova	Aroeiras	Sul	487
Conjunto Paulo de Tarso Moraes	Aroeiras	Norte	263
			Total 5.154

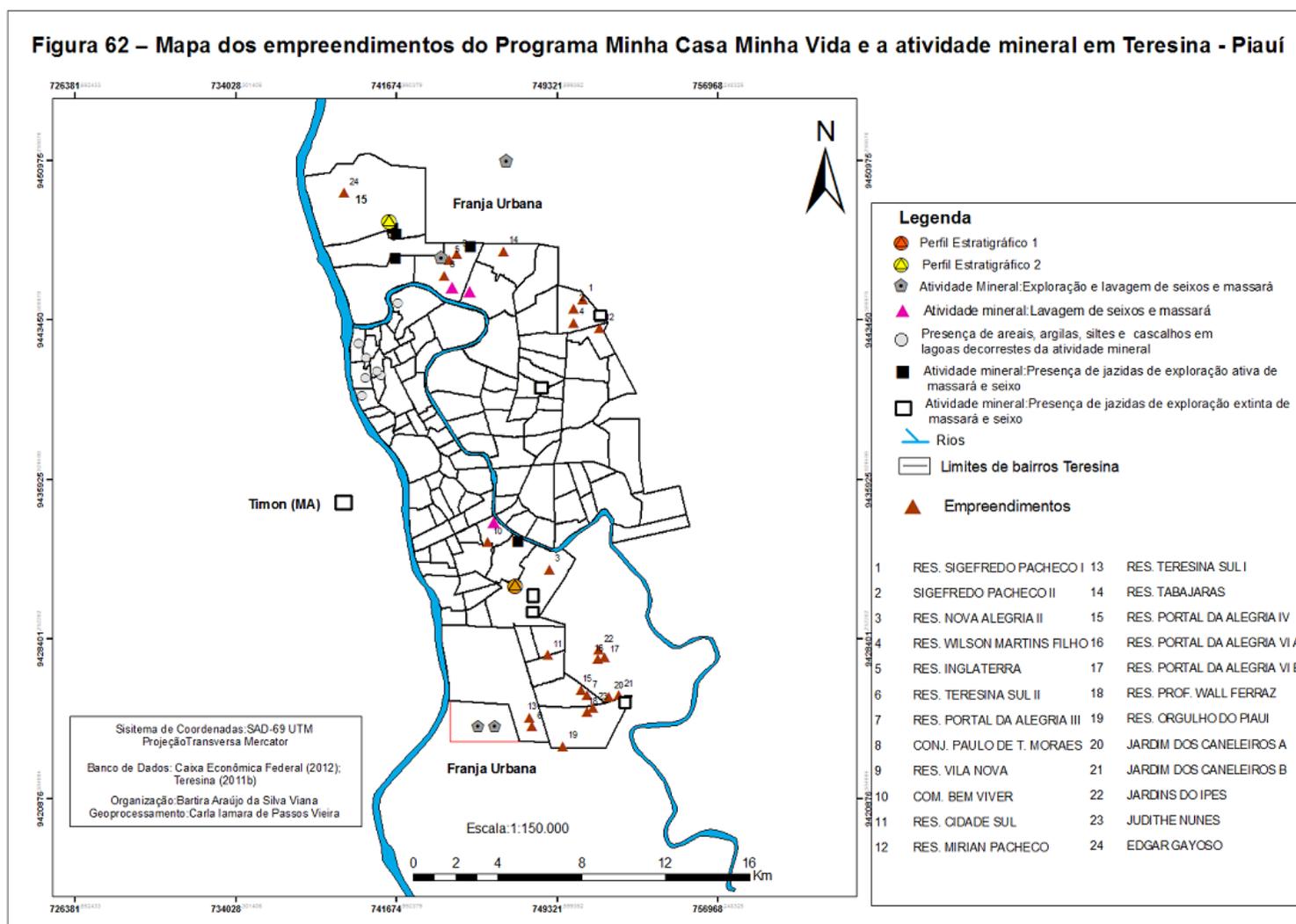
Fonte: Caixa Econômica Federal (2012). In: Lima (2012).

Dessa forma, além dos promotores imobiliários, Abreu (1994, p. 269) enfatiza que o Estado tem exercido um importante papel como agente indutor do crescimento urbano, sendo que:

[...] isso se deve principalmente ao efeito imediato que as políticas públicas têm sobre a planta de valores do solo urbano. Com efeito, por ser mercadoria que gera rendas àqueles que a possuem, e por ser também fixa no espaço, a terra urbana é extremamente sensível a qualquer variação que ocorra no seu entorno. Isso porque a renda que ela auferir a seu proprietário é diferencial, isto é, varia em função dos mais diversos fatores como, por exemplo, a presença ou ausência de bens urbanísticos os mais diversos. [...].

Carlos (2001, p. 15), ao discorrer sobre a ação do Estado na produção do espaço urbano, destaca que:

[...] A ação do Estado – por intermédio do poder local – ao intervir no processo de produção da cidade reforça a hierarquia de lugares, criando novas centralidades e expulsando para a periferia os antigos habitantes, criando um espaço de dominação. [...]. Nesse nível de realidade o espaço produzido assume característica de fragmentado (em decorrência da ação dos empreendedores imobiliários e da generalização do processo de mercantilização do espaço), homogêneo (pela dominação imposta pelo Estado ao espaço) e hierarquizado (pela divisão espacial do trabalho).



Banco de dados: Caixa Econômica Federal (2012). In: Lima (2012); Teresina (2011b). Geoprocessamento: Carla Iamara de Passos Vieira (2013).

Assim, aqueles que não são os destinatários da chamada produção capitalista da urbanização são forçados a promover a expansão da cidade, em razão da ocupação progressiva e indiscriminada das áreas periféricas, motivadas pela ação dos especuladores imobiliários. A ação desses agentes produtores do espaço urbano é percebida através de investimentos que vêm ocorrendo na cidade.

Esse processo torna-se evidente com a construção de condomínios horizontais de alto padrão, como o Condomínio Teresina Residence, além dos Condomínios Alphaville, Mirante dos Lagos e Aldebaran Ville, entre outros empreendimentos. Esses condomínios estão contribuindo com a expansão da cidade na direção dos vetores Leste e Sudeste.

Os condomínios horizontais se configuram em uma modalidade habitacional em constante crescimento, oferecida pelo mercado imobiliário como produto altamente rentável, contribuindo, assim, para uma configuração urbana espraiada, assim como para o estabelecimento de vazios urbanos e corredores de expansão, o que agrava situação existente em Teresina. Esses empreendimentos urbanísticos, em contrapartida, contribuirão para fomentar a especulação imobiliária, pois essas áreas serão alvo de intervenções futuras, seja do setor privado comprando terrenos para lotear, seja do setor público (PONTES et al., 2010).

Percebe-se que os condomínios horizontais configuram-se como um modelo-padrão nesse processo de ocupação do território. A expansão desse tipo de moradia no tecido urbano possibilita uma apropriação privada de espaços que outrora serviam como o lugar de encontro da diversidade social e que, a partir desses empreendimentos, passaram a ser acessíveis somente aos moradores dos condomínios e às pessoas previamente autorizadas.

Esses condomínios se estabeleceram como vetores espaciais de tendência média em Teresina, assim como em Timon (MA), pois criam dificuldades para outros investimentos, como a ocupação de áreas no seu entorno, com empreendimentos habitacionais voltados para classes de menor poder aquisitivo. Também é notório que o Plano Diretor da cidade de Teresina não dispõe de diretrizes para a instituição desse tipo de empreendimento de uso residencial, refletindo a ausência de políticas públicas voltadas à minimização desse tipo de problema.

Torna-se preocupante essa situação, pois empreendedores dos condomínios normalmente não consideram os aspectos ambientais, vez que ocupam o solo urbano de forma desordenada e comprometem o meio onde estão

instalados. Pode-se afirmar que esses condomínios são responsáveis pelas alterações na paisagem urbana, pois, apesar de usarem como *marketing* de vendas a proposta de preservação ambiental e o contato dos moradores com a natureza, contribuem para a degradação ambiental interna e do seu entorno.

A tendência média de crescimento da cidade de Teresina também é percebida na direção dos vetores Sudeste e Sul. Essa tendência decorre da ocupação dessas Zonas com sítios, chácaras e áreas de lazer, como Clubes privados, meta daqueles que procuram por amenidades estabelecidas pelas características físicas do local, como o relevo com maior altitude e pela presença de cobertura vegetal, que contribui para o estabelecimento de microclimas. Essas áreas representam, dessa forma, uma fuga dos moradores das áreas centrais, que possuem elevadas temperaturas, para áreas periféricas, que possuem maior conforto térmico.

A tendência espacial de crescimento baixo verificado em Teresina encontra-se presente na direção do vetor Nordeste, decorrente das cotas altimétricas mais elevadas, compreendendo domínios de morros com tendência ao arredondamento e limitados por escarpas, com altitudes que ultrapassam 120m, sendo considerados como locais desfavoráveis ou restritos para a expansão urbana.

A pesquisa permitiu detectar que, na capital piauiense, assim como em outras cidades do estado e do país, a terra está concentrada nas mãos de poucos proprietários. Também foi constatado que há muita especulação imobiliária e formação de vazios urbanos, na expectativa de valorização das terras. Muitos loteamentos irregulares, assim como os projetos habitacionais, se localizam em áreas distantes e sem infraestrutura. Então, o valor da terra sobe na medida em que aumenta a produção de habitação. Além disso, o estado não dispõe de banco de terras e, dessa forma, cada vez que vai realizar um empreendimento precisa comprar uma nova gleba, ficando à mercê dos valores estipulados pelo mercado.

Portanto, se deve afirmar que os grandes conjuntos habitacionais produzidos pelo estado do Piauí incorrem em alguns dos problemas descritos acima. Um deles é a localização, grandes conjuntos exigem grandes áreas para sua instalação, estas normalmente são mais disponíveis e baratas em locais distantes do centro.

Porém, na tentativa de viabilizar um empreendimento dessa escala, acabam-se criando uma série de conflitos, como a necessidade de instalação de infraestrutura, equipamentos comunitários e de uso coletivo. Outra questão é que

esses conjuntos normalmente abrem novas fronteiras urbanas, contribuindo, muitas vezes, para o espraiamento da malha urbana e contrariando as diretrizes de ordenamento do solo, como aquelas presentes no Plano Diretor municipal.

A partir do exposto acima, deve-se lembrar que o Plano Diretor de Teresina foi instituído para contribuir com o processo de construção da Agenda 21 Brasileira, atendendo às diretrizes do tema nacional “Cidades Sustentáveis”. Tal Plano foi estabelecido devido à necessidade de correção das distorções do crescimento urbano e de seus efeitos negativos sobre o meio ambiente teresinense. Assim, o governo municipal, no atendimento às exigências do Estatuto da Cidade (EC), estabeleceu seu Plano Estratégico, no ano de 2002. O Plano de Desenvolvimento Sustentável de Teresina, mais conhecido como Agenda 2015. Nesse documento ficou nítido o atendimento parcial dos instrumentos apresentados no EC (VIANA, 2007).

Segundo o poder público municipal, a Agenda 2015 objetivava a construção da Agenda 21 Local, que através de um processo participativo, pretendia elaborar e implementar um plano de ação estratégico para o município de Teresina, contemplando as questões prioritárias para o desenvolvimento local sustentável (TERESINA, 2002a). Porém, o que se presenciou no processo de construção da Agenda 2015, entre os anos de 2001 e 2002, foi uma discussão sem profundidade nos encaminhamentos das propostas do documento. O seu encerramento foi a tentativa de efetivar a sua legalização, em caráter de urgência, através de um parecer da Câmara Municipal, de 12 de dezembro de 2002, com o Projeto de Lei nº 148/02, que institui o Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015, como Plano Diretor da capital.

Em setembro de 2006, foram novamente enviados de forma impositiva, por parte do poder público, novos projetos de Lei do executivo ao legislativo, visando implementar a referida Agenda como documento representativo do plano diretor do município de Teresina, já que o prazo para o estabelecimento desse documento, segundo o EC, venceria no dia 10 de outubro de 2006, portanto, cinco anos depois da criação do referido Estatuto.

Vale ressaltar que a Agenda 2015 representa um conjunto de normas que orientam o poder público municipal no desenvolvimento das funções sociais da cidade, porém, de forma restrita, pois ela deveria incluir outras questões referentes ao Estatuto, como estabelecido no Estudo de Impacto Ambiental (EIA), entre outros

instrumentos. Também se deve destacar que o documento ausenta-se de uma leitura espacial de Teresina, não elaborando nenhum mapa do presente nem da “cidade futuro” que possibilitasse demonstrar os vetores ou tendências espaciais da *urbe* em formação.

Apesar das questões suscitadas acima, a Agenda 2015 diagnosticou de forma superficial os aspectos relacionados às dimensões ambiental, social, econômica, política, cultural e urbanística da capital, havendo o distanciamento entre o documento da Agenda 2015, o EC e a Agenda 21. Segundo Costa, Campante e Araújo (2011, p.185),

A análise da abordagem ambiental explicitada nos Planos diretores dos municípios [...] revela [...] uma visão do meio ambiente como algo predominantemente ligado à preservação de áreas verdes, desvinculado das demais questões de desenvolvimento municipal e, acima de tudo, desprovido do reconhecimento da existência de conflitos socioambientais que caracterizam essa temática, bem como de mecanismos para o enfrentamento de tais conflitos.

Estas autoras destacam ainda que a maioria dos Planos Diretores brasileiros, a exemplo do Plano de Teresina, não reflete os avanços propiciados em âmbito federal pela regulação ambiental, “no sentido da utilização de instrumentos de ordenamento do uso e da ocupação do solo, de controle da poluição, da gestão dos recursos hídricos e do licenciamento ambiental de empreendimentos de impacto” (COSTA; CAMPANTE; ARAÚJO, 2011, p.186). Porém, espera-se que uma nova Agenda 21 Local seja construída em Teresina, visando o estabelecimento de um desenvolvimento socialmente justo e ambientalmente saudável, a partir da proteção ao ambiente e o estabelecimento de uma qualidade de vida à população.

O processo de produção do espaço e apropriação da natureza também foi percebido em Teresina a partir da comparação dos mapas de uso do solo de 1985 (Figura 52) e 2010 (Figura 53). Nestes constatou-se que ocorreu um aumento de 35,15 Km² (10X) na ocupação do solo urbano, já que em 1985 existia somente 3,58 Km² de solo exposto e em 2010 já havia 38,73 Km². Este fato está relacionado, portanto, com o desmatamento da cobertura vegetal visando à construção de diversos conjuntos habitacionais, assim como de condomínios horizontais e de outros empreendimentos públicos e privados.

Também se detectou a ocorrência de solo desnudo nas proximidades de áreas extrativas minerais ativas, especialmente em locais com jazidas de massará/seixos, e em empreendimentos que realizam a separação dessa matriz,

assim como em áreas já abandonadas pela atividade minerária. Essas áreas ocorrem no bairro Santa Maria da Codipi (vetor Norte), no bairro Santo Antonio, nas proximidades do km 7 da BR 316, saída sul de Teresina; assim como nos Bairros Santa Cruz, Angelim e Polo Residencial Empresarial Sul, na direção do vetor Sul da capital; no bairro Piçarreira, na direção do vetor Leste de Teresina; nas proximidades da Usina Santana (Vetor Sudeste), na margem direita do mesmo rio Poti; e nos arredores de Timon (vetor Oeste), no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, entre outras áreas.

Vale destacar que Timon, pertencente à área metropolitana da Grande Teresina, também possui jazidas de massará e terrenos valorizados que são alvo da especulação imobiliária e isso contribui para o estabelecimento de vazios urbanos, como o que ocorre em Teresina. Nas pesquisas de campo percebeu-se, portanto, que nas periferias de Teresina e Timon intercalam-se áreas de extração mineral e os últimos remanescentes das matas nativas, ameaçadas pela contínua e descontrolada intervenção humana, que não costuma levar em consideração os aspectos ambientais.

Dessa forma, a ocorrência de áreas degradadas, em decorrência da atividade mineral, está presente em todas as Zonas da cidade e nos seus arredores, na cidade maranhense vizinha. Tudo isso é consequência da crescente demanda por materiais voltados para a construção civil nas últimas quatro décadas e da ação do poder público e privado.

Também se detectaram áreas desmatadas nas proximidades dos locais de armazenamento da areia extraída no leito e nas margens do rio Poti nas direções dos vetores Sul, Norte, Sudeste e Leste de Teresina. Dessa forma, o crescimento populacional do município demanda uma maior dinâmica do setor da construção civil, e contribui para a intensificação da extração de minerais, provocando uma modificação no processo de uso do solo nas diversas Zonas da cidade.

Parece evidente, pois, que a grande consumidora desses insumos de materiais voltados para a construção civil é representada por organismos governamentais, construtoras e particulares, sendo que a demanda varia de acordo com o mercado que está diretamente ligado à política governamental. Atualmente, os investimentos são destinados à construção de obras públicas e à implementação de edifícios e condomínios destinados à classe alta, assim como à classe média, fatores que contribuem para alavancar o setor da construção civil na capital.

Outra questão relacionada a essa expansão desordenada de áreas periféricas e à mineração, especialmente no vetor espacial Norte de Teresina, é a proximidade desses grandes conjuntos populacionais com jazidas extrativas de massará e seixos. Essa atividade mineral, ao degradar o ambiente, contribui para a desvalorização de áreas no seu entorno, apesar de, positivamente, permitir o acesso de materiais voltados para a construção civil a preços menores, devido à abundância desse recurso natural na capital, assim como limita o acesso à reservas de massará lavráveis.

A redução das reservas de massará decorre não somente da expansão horizontal da cidade, ou seja, da construção de grandes conjuntos habitacionais pelo poder público, principalmente, a partir da década de 1970, mas também por empreendimentos da iniciativa privada sobre as jazidas desse material usado na construção civil. Esta questão poderia ser amenizada com a ocupação dos vazios urbanos de Teresina evitando o espraiamento da cidade, assim como a ocupação de áreas rurais com reservas desses recursos mineral. Estas áreas, dessa forma, devem ser mapeadas visando um melhor planejamento e direcionamento do uso e ocupação do solo teresinense.

Também é notório que, devido à falta de controle adequado do uso e ocupação do espaço urbano de Teresina, áreas que se encontram abandonadas pela mineração foram ocupadas intensamente por causa do aumento do contingente populacional da cidade, que gerou a necessidade de ocupação de diversas áreas. Esse processo acarreta o surgimento de novos bairros sobre as áreas com presença de “massará” e nas suas cercanias. Assim, a comunidade acaba ocupando áreas de risco e construindo casas em cima de terrenos instáveis com o risco de haver desmoronamento, fato comum nas franjas urbanas sul e norte de Teresina.

As áreas com presença de recursos minerais voltados para a construção civil ocorrem em todas as Zonas da cidade de Teresina. Os bairros Poti Velho, Olaria, Mafrense, São Joaquim, Matadouro, Mocambinho, Buenos Aires, Real Copagri e Água mineral, na Zona Norte de Teresina, estão assentados sobre valiosas reservas de argila, areias, massará e seixos. Na Zona Leste, a Ladeira do Uruguai, Piçarreira, Morada do Sol, Recanto das Palmeiras e Itararé foram implantados sobre consideráveis reservas de massará e seixos. E, finalmente na Zona Sul, os bairros Redenção, Morada Nova, Lourival Parente, São Lourenço, Bela Vista, Santo Antonio, Santa Cruz e Angelim foram construídos sobre as maiores reservas

conhecidas de barro, massará e seixos, sendo que parte desse material não está mais disponível para a extração, a partir do exposto anteriormente, devido à construção de diversos conjuntos habitacionais sobre essas jazidas minerais.

Percebe-se, portanto, que a possibilidade de exploração mineral na capital piauiense está sendo cada vez mais limitada, em consequência do desenvolvimento da atividade de forma desordenada e ilegal, sem a devida recuperação das áreas, o que provoca altos índices de degradação do ambiente.

A problemática em questão seria minimizada com a incorporação da questão social, além da ambiental, nos processos de fechamento de minas, e mesmo o redimensionamento da questão ambiental dentro de uma nova concepção, que é a do desenvolvimento sustentável, a partir do cumprimento da lei no que tange à recuperação das áreas mineraria pelo responsável ao dano ambiental, após o encerramento da atividade.

Cumprir enfatizar que o crescimento urbano de Teresina gera uma demanda cada vez maior por habitações e obras infraestruturais, assim como por insumos minerais. Por outro lado, essa mesma sociedade apresenta-se impondo limitações ou restrições à sua exploração do massará. A maior demanda ocorre próximo às áreas urbanas, as quais, ao se expandirem, limitam o uso de depósitos imensos, tornando-se inacessíveis. Dessa forma, a atividade mineradora permite o atendimento de necessidades básicas da população, porém, gera conflitos, ou seja, impactos socioambientais na capital.

Também deve-se destacar que essa atividade extrativa forma a base da grande cadeia produtiva da construção civil, dando ocupação e gerando renda para um expressivo número de trabalhadores, em geral não qualificados. Mas, apesar de sua importância, caracteriza-se por não haver uma política voltada para o desenvolvimento dessa atividade, sendo que tal política deveria estar presente nas diretrizes do Plano Diretor de Teresina. Assim, tornam-se necessários estudos sobre essa cadeia produtiva, visando a um melhor planejamento das ações dos Poderes Públicos municipais, estadual e federal, facilitando o planejamento do Estado, bem como das Prefeituras, no que tange ao desenvolvimento urbano, respeitando as restrições ambientais locais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Teresina, na porção central, principalmente nos limites sul e norte, na franja urbana da cidade, assim como em Timon (MA), as coberturas superficiais, que constituem o massará, capeiam topos de baixos planaltos, sob solos incipientes, visíveis em áreas de exploração mineral. Essas áreas compõem-se de sedimentos grosseiros numa matriz fina areno-argilosa, com linhas de seixos bem definidas, em alguns desses topos, constituindo importantes reservas de minerais primários, que, atualmente, são intensamente utilizados como matéria-prima da construção civil.

A maior necessidade de consumo do massará decorreu do crescimento populacional e do aumento das taxas de desenvolvimento urbano, ocorridos nas três últimas décadas na capital. A importância desse recurso no mercado da construção teresinense decorre das características químicas e mineralógicas específicas dos sedimentos, devido à presença dominante da caulinita, na fração argila, e do quartzo, na fração arenosa.

O desempenho principal do sedimento massará encontra-se, assim, na sua constituição como agregado miúdo (substituindo a areia fina), mas também como composto ligante (cimentante), em substituição à cal hidratada. Esse sedimento tem uso diversificado, entrando na composição de argamassa utilizada tanto para assentamento quanto para revestimento de paredes, pois esse agregado possui dosagem ideal para a preparação de argamassa. Importante mencionar que os seixos encontrados em associação como o massará, nos perfis estratigráficos, são o produto mais nobre, utilizados como aglomerado em concreto e recapeamentos.

O estudo em questão permitiu constatar que as análises químicas e mineralógicas (argila e areia) não indicaram o que traz as características ligantes, mas a análise estatística mostrou claramente a separação do massará das outras camadas, associadas à presença de alguns elementos. Assim sendo, quando se consideram os elementos químicos maiores, não há nenhuma diferença significativa entre as camadas de massará e as outras, sem propriedades ligantes. Isto posto, não foram identificados elementos maiores que influenciem a liga do massará, não sendo possível, nesta pesquisa, portanto, ver, em termos de tendência, o que determina a liga.

Existe uma hipótese de atuação da sílica amorfa, que pode atuar como agente cimentante, dando ao massará sua propriedade ligante. No entanto, como as

análises realizadas não permitiram identificar o que dá ao massará essa característica, existe a necessidade de estudos posteriores, que visem à identificação dos fatores e dos elementos que determinam a capacidade de liga do massará que ocorre em Teresina e em seus arredores.

Tornam-se necessários, também, estudos posteriores, com maior grau de aprofundamento, pois os mesmos poderão mostrar, com maior exatidão, os processos geomorfológicos e geológicos que assolam a região de Teresina, no que se refere aos processos erosivos. Estudos relacionados a testes de lixiviação poderão mostrar os elementos em solução que dão a característica ligante ao massará, assim como o processo de perda da sílica. Também se sugerem trabalhos de campo, visando comparar os terraços fluviais atuais com as áreas com ocorrência de massará.

A hipótese inicial deste trabalho considerava a ocorrência do massará em áreas de terraços fluviais, devido às semelhanças, tanto nos aspectos estratigráficos quanto na composição dos materiais e na existência de areia, seixos e cascalho. No entanto, ao comparar os mapas de hipsometria com o de coberturas superficiais, assim como a partir das análises químicas, comprovou-se que, devido à presença de materiais mais resistentes nos topos do relevo, que os mesmos foram preservados na paisagem. Os processos intempéricos contribuem para o carreamento do material fino, porém os seixos resistem e dificultam a dissecação do relevo.

Dessa forma, refuta-se a hipótese de que o material seja de deposição atual, pois as pesquisas mostraram que está ocorrendo alteração *in situ* das rochas da bacia sedimentar do Parnaíba, cujo ambiente de sedimentação se deu em ambiente fluvial, ou seja, as coberturas encontradas são resultantes da evolução intempérica e da dissecação do relevo, sendo que sua ocorrência, em camadas diferenciadas, está relacionada à deposição da Formação geológica ocorrida no Paleozoico.

O estudo também se desenvolveu a partir da análise da atividade extrativa mineral desenvolvida em Teresina e adjacências. Nesta, constatou-se a ocorrência de impactos ambientais benéficos e adversos; diretos e indiretos; imediatos, de curto, médio e longo prazo; temporários, cíclicos e permanentes, presentes no meio físico, biótico e antrópico da capital. Estes estão bem visíveis na paisagem urbana, especialmente na direção dos vetores espaciais de crescimento Norte e Sul da cidade, assim como no vetor Oeste, em Timon (MA), pois o desenvolvimento de uma

cidade impacta o crescimento dos espaços urbanos localizados no entorno da área metropolitana.

Os aspectos benéficos, geradores de impactos indiretos, imediatos e cíclicos se relacionam à geração de empregos, ao aumento da renda municipal e ao índice de desenvolvimento da região, assim como ao abastecimento da cidade com materiais essenciais a um preço razoável. Em contrapartida, os impactos negativos, em sua maioria considerados impactos diretos, de curto prazo e temporários, decorrem de diversas alterações ambientais, como a poluição do ar e das águas; as vibrações e ruídos; impactos visuais e o desconforto ambiental. Também são gerados conflitos devido ao uso irregular do solo, à depreciação de imóveis circunvizinhos e aos transtornos causados ao tráfego urbano.

A atividade extrativa mineral de materiais para construção civil gera danos ambientais devido ao surgimento de áreas degradadas, em decorrência dos desmatamentos, dos processos erosivos, dos escorregamentos e queda de blocos das encostas dos morros, assim como contribui para o carreamento de material para os rios, córregos e lagoas, e para a alteração da drenagem local, sendo esses considerados em sua maioria impactos negativos, diretos, de curto prazo e temporários.

O esgotamento das jazidas de massará impacta negativa e irreversivelmente, pois a população de baixa renda não terá mais como usar o massará para reduzir os custos de construção. Importante frisar que os grandes conjuntos habitacionais construídos pelo poder público também utilizam massará. Dessa forma, o esgotamento das reservas existentes torna-se um aspecto preocupante, assim como a construção de casas em áreas sedimentares, com material altamente friável.

Os impactos da mineração em área urbana estão relacionados, portanto, ao alto grau de ocupação, que são agravados, em razão da proximidade entre as áreas mineradas e as áreas habitadas. Esse fato decorre também das ações dos agentes públicos e privados ao realizarem empreendimentos de grande porte, a exemplo dos Conjuntos habitacionais e dos Condomínios horizontais de alto padrão, respectivamente, no limite do urbano com o rural, ou seja, na franja urbana, contribuindo para o espraiamento da malha e para a especulação imobiliária.

A partir desse fato, conclui-se que a mineração, importante setor da economia local, propicia muitos benefícios na área de habitação, infraestrutura e emprego. Mas é preciso, também, que se dê especial atenção aos conflitos e aos

danos ambientais, gerados pela retirada de minerais para a construção civil, devido à relação existente entre essa atividade e a ampliação dos espaços horizontais e verticais e dos vazios urbanos, determinando tendências de expansão, tanto relacionados aos condomínios fechados de alto padrão, como aos conjuntos habitacionais voltados para as comunidades de baixa renda.

A partir dos fatos relatados na pesquisa, reitera-se que a mineração propicia, sim, muitos benefícios na área de habitação, infraestrutura e emprego, mas também concorre para a degradação ambiental e causa poluição e prejuízos à saúde humana. Dessa forma, devem-se estabelecer soluções urgentes, não só no âmbito governamental, por meio de medidas relacionadas a uma gestão urbano-ambiental, especialmente aquelas que priorizem a sua capacitação técnica, mas também mudanças no seio da sociedade teresinense. Essa atividade requer, portanto, um planejamento integrado, devendo estar de acordo com o Plano Diretor Urbano da cidade de Teresina, cabendo ao poder público gerir ações de controle desse espaço, visando reduzir impactos atuais.

Também urge o estabelecimento de metas futuras relacionadas à sustentabilidade da atividade extrativa de massará e seixos, pois a exploração dos recursos minerais, sem manejo adequado, tem gerado sérios danos ao meio urbano. Porém, as questões suscitadas acima revelaram que a Agenda 2015, o Plano Diretor de Teresina, diagnosticaram, de forma superficial, os aspectos relacionados às dimensões ambiental, social, econômica e urbanística da capital, relacionadas, dentre outros aspectos, à mineração.

Do exposto, percebe-se a necessidade de políticas públicas que possam contribuir para a revisão da Agenda 21 local, assim como para a criação de normas de manejo ambiental a serem implantadas nas áreas de extração mineral, além de uma orientação adequada e eficiente para o uso e ocupação do solo urbano. Assim, a aplicação da legislação urbana e ambiental, além de formas mais eficientes de atuação dos agentes produtores do espaço urbano teresinense, devem constar da agenda prioritária do poder público.

Outros temas a serem abordados referem-se ao aprofundamento da compreensão das tendências dos vetores de crescimento urbano de Teresina, pois os mesmos indicam a necessidade de planejamento da cidade e maior preocupação com a ocupação do sítio urbano. Esses estudos podem indicar alternativas sustentáveis para a chegada de novos empreendimentos na cidade.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Irlane G. de. *O Crescimento da Zona Leste de Teresina — Um caso de Segregação?* 1983. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em geografia do Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1983.
- ABREU, Maria de A. O Estudo Geográfico da Cidade no Brasil: evolução e avaliação. Contribuição à História do Pensamento Geográfico Brasileiro. São Paulo. In: CARLOS, Ana Fani A. (Org.). *Os caminhos da reflexão sobre a cidade e o urbano*. São Paulo: EDUSP, 1994.
- AB'SABER, Aziz Nacib. Ritmo da Epirogênese Pós-Cretácica e Setores das Superfícies Neogênicas em São Paulo. *Geomorfologia*, 13, p.1-20. 1969.
- ACESSE PIAUÍ. *Rodoanel de Teresina*, 2012. Disponível em: <http://www.acessepiaui.com.br/politica/rodoanel-de-teresina-j-est-com-20-das-obras-conclu-das/32159.html>. Acesso em: 10 mar. 2013.
- ALMEIDA, Fernando. F. M., CARNEIRO, Celso Dal. R. Inundações Marinhas Fanerozoicas no Brasil e Recursos Minerais Associados. In: MANTESSO-NETO, Virgílio; BARTORELLI, Andrea; _____; BRITO-NEVES, Benjamim. B. de (Org.), *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flavio Marques de Almeida*. São Paulo; Beca, p. 43-58. 2004.
- ANDRADE, Carlos Sait Pereira de. *Desafios do crescimento teresinense atual. O Dia*, Teresina, 16 agos. 2012, p.227-279.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NRBR ISO 14001*. 2004. Disponível em: <http://www.qsp.org.br/pdf/o_que_mudou_iso_14001.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2006.
- _____. *NBR 13030*. Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração, 1999.
- AMAZONAS, Maurício C. São adequados os fundamentos neoclássicos para uma valoração ecológico-econômica do meio ambiente? ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA. Valoração econômica dos recursos naturais. *Anais...*1996. Campinas, SP, 1996.
- ARAÚJO, José Luis Lopes. *5 fotografias color. digital*, Teresina, 2006.
- _____. *1 fotografia color. digital*, Teresina, 2005.
- ARAÚJO, Lílian Alves de. Danos ambientais na cidade do rio de janeiro. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.347-403.
- BAPTISTA, João Gabriel. *Geografia Física do Piauí*. 2. ed. Teresina: COMEPI, 1981.

BASTOS, Edson Alves; ANDRADE JUNIOR, Aderson Soares. *Boletim Agrometeorológico de 2007 para o município de Teresina, PI*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007.

BASTOS, Anna Christina S.; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. Licenciamento ambiental brasileiro no contexto da Avaliação de Impactos Ambientais. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira.(Org.). *Avaliação de Perícia ambiental*. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BAUER, L. A. Falcão. *Materiais de Construção*. Rio de Janeiro, Editora LTC, v. 1/2, 2001.

BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari Dora; PASSOS, Everton. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais: intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens minerais*. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007.

_____; MOUSINHO, Maria Regina. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. *Boletim Paranaense de Geografia*, v.16/17, p.43-84, 1965.

BITAR, Omar Yazbek. *Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo*. 1997. 185 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

BIZZI, Luis Augusto; SCHOBENHAUS, Carlos; VIDOTTI, Roberta Mary; GONÇALVES, João Henrique (Org.). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas & SIG*. Brasília: CPRM, 2003.

BORGES, Luciano de Freitas; MARTINEZ, José Eduardo Alves. In BARRETO, Maria Laura; *Ensaio sobre a Sustentabilidade da Mineração no Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2006.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). *Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Serra Grande, Bacia Sedimentar do Parnaíba*. Belo Horizonte: CPRM, v. 4 , 2012. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/VOLUME4_Aqu%C3%ADfero_Serra_Grande.pdf. Acesso em: 07 abr. 2013.

_____. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). *Mapa de geologia*. 2010.

_____. *Projeto Teresina Norte: mapa geológico*. Teresina: CPRM, 2006.

_____. *Projeto de Lei nº 128, de 2003*. Determina que os projetos de recuperação ambiental de áreas degradadas por atividades de mineração sejam elaborados de acordo com normas e parâmetros estabelecidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2003. Disponível em:

<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=21>
Acesso em: 20 jun. 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. *Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional*. V.1. Brasília: MMA/PNUD, 2002a.

_____. *Ações federais 1995 – 2002*: Piauí. 2002b. Disponível em:

<http://www.abrasil.gov.br/estados/pdf/pi.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2013.

_____. Portaria Nº 237, de 18 de outubro de 2001. Dispõe sobre o Fechamento de Mina. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 22 junho 2006.

_____. Lei Nº 9.314, de 14 de novembro de 1996, altera dispositivos de Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dispõe sobre o Código de mineração. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 1996 Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em: 10 jun. 2006.

_____. Lei Nº 8.982, de 24 de janeiro de 1995, altera a Lei nº 6.9567, de 24 de novembro de 1978 e a Lei Nº 7.312 de 16 de maio de 1985, que dispõe sobre o regimento de licenciamento, ou de autorização e concessão dos minerais de uso imediato na construção civil. 1995a. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 1995. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 22 jun. 2006.

_____. Ministério de Meio Ambiente. *Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995b.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 010, de 06 de dezembro de 1990, dispõe sobre os critérios específicos para o Licenciamento Ambiental de extração mineral da Classe II. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 1990a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pot/conama/res/res90/res0690.html>>. Acesso em: 06 jun. 2006.

_____. Lei Nº 8.028, de 12 de abril de 1990, altera a Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 e a Lei Nº 7.804, de 18 de julho de 1989, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1990b. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 22 jun. 2006.

_____. Decreto Nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre o Plano de Recuperação de áreas Degradadas. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*.

Brasília, DF, 1989. Disponível em: <<http://www.dnrm.gov.br>>. Acesso em: 22 jun. 2006.

_____. Constituição Federal Brasileira de 1988. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 1988 Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 06 mai. 2005.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pot/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 06 jun. 2006.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 02 set. 1981.

_____. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). *Relatório Final do Poço 4TE-19-PI*. CPRM: Teresina, Piauí, 1982.

_____. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Projeto RADAM Programa de Integração Nacional*, 1973. v. 2.

BRITTO, Milena Borges e. Noções sobre Dano Ambiental. *Revista Eletrônica de Direito UNIFACS*. Salvador, dez. 2003.

BROWN, Geoff; MARTINS, Luiz Augusto Milani. *Os recursos físicos da terra: materiais de construção e outras matérias brutas*. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995.

CAMPOS, Edson Esteves; FERNANDES, Lúcia E. V. Ampli. Controle ambiental aplicado à produção de agregados: material didático de curso. In: *Programa de capacitação de gestores de empresas mineradoras de agregados para a construção civil*. CETEC, 2006. 136 diapositivos, color.

CARLOS, Ana Fani A. *Espaço-tempo na metrópole: a fragmentação da vida cotidiana*. São Paulo: Contexto, 2001.

CAVALCANTI, Rachel Negrão. *Caracterização da oferta e demanda de agregados minerais em Campinas*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Geociências, Universidade estadual de Campinas, Campinas, SP, 1990.

CEPRO, Fundação. *Piauí em Números*. 8. ed. Teresina, 2010.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. In: SOUZA, Maria Aparecida de S. et. al. *O novo mapa do mundo - Natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica*. 4 ed. São Paulo: HUCITEC-ANPUR. 2002. p. 127- 138.

_____. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CONDEVASF. *Mapa de localização das sub-bacias do rio Parnaíba*. [2012?].

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.19-45.

CONJUNTO Jacinta Andrade. 2012. *2 fotografias color. digital*. Disponível em: <<http://www.piauui2.pi.gov.br>>. Acesso em: 03 mar. 2013.

CORRÊA, Roberto Lobato. Meio ambiente e metrópole. In:_____. *Trajetórias geográficas*. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 153-169.

CORREIA FILHO, Francisco Lages; MOITA, José Henrique A. *Projeto Avaliação de Depósitos Minerais para Construção Civil PI/MA*. Teresina: CPRM, 1997. 2 v.

COSTA, Heloisa S. de M.; CAMPANTE, Ana Lúcia G.; ARAÚJO, Rogério P. Z. de. A dimensão ambiental nos Planos Diretores de municípios brasileiros: um olhar panorâmico sobre a experiência recente. In: SANTOS JUNIOR, Orlando A. dos; MONTANDON, Daniel T. (Org.). *Os Planos Diretores municipais Pós-Estatuto da Cidade: balanço crítico e perspectivas*. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2011.

CRISANTO, Nelimária de M. S. *A política habitacional para a população de baixa renda*. Monografia (Especialização em Educação em Direitos Humanos). Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Educação. Teresina, 2002.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

DIAS-BRITO, Dimas; Rohn; Rosemarie; CASTRO, Joel Carneiro de; DIAS, Ricardo Ribeiro; RÖSSLER, Ronny. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – O mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. In: WINGE, Manfredo; SCHOBENHAUS, Carlos; BERBERT-BORN, Mylène; QUEIROZ, Emanuel Teixeira de; CAMPOS, Diogenes de Almeida; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Ed.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, 2007. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio104/sitio104.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2012.

DINIZ FILHO, Lourival Cruz. *Sumário Mineral 2008: Quartzo (cristal)*. Rio Grande do Norte: DNPM, 2008. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/asset/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/quartzo.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2012.

DUEÑOS-PINTO, Nelson D. *Itinerário de uma transformação paisagística urbana: o Parque Terceiro milênio e a estrutura ecológica urbana na cidade de Bogotá D.C – Colômbia*. 2009. 230f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 2009.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

ESRI. Environmental Systems Research Instituto. *ARC. View. GIS*. 3.a. Inc. New York, 1999.

FAÇANHA, Antonio Cardoso. *A evolução urbana de Teresina: agentes, processos e formas espaciais*. 1998. 233f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

_____; LEAL, Manoela. N; CHAVES, Sammy V. V. Os fragmentos do cotidiano. *Revista Cadernos de Teresina*, Teresina - PI, n. 35, p. 82-89, 19 jun. 2003.

FARIAS, Carlos Eugenio Gomes. *Mineração e meio ambiente no Brasil: relatório preparado para o CGEE*, Rio de Janeiro. Out, 2002.

FEITOSA, Sônia Maria Ribeiro. *Alterações climáticas em Teresina-PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes*. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

FERNANDES, Paulo Henrique Campos. *Estudo sobre a influência do massará no processo de formação de salitre em rebocos na região de Teresina – PI*. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

FLORENZANO, Teresa G. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FONSECA, Francisco F. A. Mineração e Ambiente. In: TAUKE-TORNISIELO, Sâmia Maria (Org.). *Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

FONTES, Maurício Paulo Ferreira. *Introdução ao estudo de minerais e rochas*. Viçosa, MG: Ed. da Universidade Federal de Viçosa, 1996.

FORTES, Raimundo Leôncio Ferraz (Coord.). *Perfil de Teresina: econômico, social, físico e demográfico*. Teresina: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo – SEMDEC, 2010.

GENRICH, Arlete Vieira da Silva. *Análise de impactos ambientais na cabeceira de drenagem da bacia do córrego Vilarinho – regional Venda Nova – RMBH-MG*. 2002, 91f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

GERMANIQUE, J. C. *Major, trace and rare-earth elements in fourteen GSI references samples*. Determinations by X-ray fluorescence spectrometry and inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Geost. Newsl*, v.18, p. 91-100, 1994.

GÓES, Adilson. M. O.; FEIJÓ, Flávio. J. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p.57-67. 1994.

GOOGLE EARTH Community. *Europa Technologies. 2 imagens de satélite*. [S.l.]: Digital Globe, 2012. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

_____. *2 imagens de satélite*. [S.l.]: Digital Globe, 2011. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>>. Acesso em: 28 fev. 2011.

_____. *1 imagens de satélite*. [S.l.]: Digital Globe, 2010. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>>. Acesso em: 20 fev. 2010.

GLOBAL MAPPER 10.0. 2011. Disponível em: http://www.globalmapper.com/news/press_releases.htm. Acesso em: 20 jun. 2011.

_____. *12. Perfis topográficos*. 2012. Disponível em: <http://www.globalgeo.com.br/softwares/global-mapper/>. Acesso em: 02 fev. 2013.

HALLETT, R. Bruce.; KYLE, Philip R. *XRF and INAA determinations of major and trace elements in geological survey of Japan igneous and sedimentary rock standards*. *Geost. Newsl*, v.17, p.127-133, 1993.

IBGE. *Censo 2010*. 2010a. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=22. Acesso em: 04 abr. 2011.

_____. *Mapas digitais*, 2010b. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 24 maio 2011.

_____. *Estatísticas do Cadastro Central de Empresas 2008*. Rio de Janeiro, 2010c.

_____. *Cidades*, 2007. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidadesat/. Acesso em: 04 maio 2011.

_____. *Contagem da população, 2000*. Disponível em: www.ibge.gov.br/.../populacao/contagem2000/default.shtm. Acesso em: 22 maio 2001.

INPE. INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Imagens de satélite do dia 14/09/1985 às 12h30min GMT. Orbita/Ponto – 219/064*. Catálogo de imagens. 1985. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

_____. *Imagens de satélite do dia 21/06/2010 às 12h50min GMT. Orbita/Ponto – 219/064*. Catálogo de imagens. 2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

_____. *Imagens de satélite SRTM. 2007*.

JORDT-EVANGELISTA, Hanna. *Mineralogia: conceitos básicos*. Ouro Preto: UFOP, 2002.

LA ROVERE, Emilio Lèbre. *Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal: demandas e propostas: metodologia de avaliação de impacto ambiental*. Brasília : Ed. IBAMA, 2001. (Série Meio Ambiente em debate; 37).

LEITE, Maria Ângela Faggin P. A natureza e a cidade: discutindo suas relações. . In: SOUZA, Maria Aparecida de S. et. al. *O novo mapa do mundo - Natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica*. 4. ed. São Paulo: HUCITEC-ANPUR. 2002. p. 139-145.

LIMA, Antonia Jesuíta de. *O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) nos municípios de Teresina – PI e Timon-MA: avaliação do impacto social e econômico nas famílias beneficiárias*. Projeto de pesquisa. Teresina: MCTI/CNPq/MCIDADES, 2012.

_____. *Favela Cohebe: uma história de luta por habitação popular*. 2. ed. Teresina: EDUFPI; Recife: Bagaço, 2010a.

_____. *Gestão urbana e políticas de habitação social: análise de uma experiência de urbanização de favelas*. São Paulo: Annablume, 2010b.

_____. *As multifaces da pobreza: formas de vida e representações simbólicas dos pobres urbanos*. Teresina: Halley, 2003.

LIMA, Iracilde M. Moura Fé. *O Relevo da Porção Centro-Sudeste Piauiense: caracterização e evolução*. Projeto de tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. (Inédito).

_____. (Coord.). *Plano estratégico de desenvolvimento sustentável: meio ambiente*. In: *Teresina Agenda 2015 - diagnóstico preliminar*. Teresina: PMT, 2002.

_____. *Caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do Poti*. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências – UFRJ, Rio de Janeiro, 1982.

LIMA, Enjolras A. M.; LEITE, J. F. Projeto estudo global dos recursos minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba – integração geológica-metalogenética. Recife, DNPM, CPRM. V. I, p.124-132. 1978. (Relatório Técnico).

LIMA-E-SILVA, Pedro Paulo de; GUERRA, Antonio José T; DUTRA, Luiz Eduardo Duque. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). *Avaliação de Perícia ambiental*. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, p.217-261.

LOPES, Alfredo Ricardo Silva. *A lagoa do Sombrio corre que desaparece: uma história ambiental da degradação e o atual debate sobre a preservação da lagoa de Sombrio (1960-2010)*. 2011, 133f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-

Graduação em História da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

MAGALHÃES JUNIOR, Antonio Pereira. *Evolução da dinâmica fluvial cenozóica do Alto-médio Vale Rio das Velhas na Região de Belo Horizonte*. 1993. 159f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1993.

MARANGON, Antônio Augusto dos Santos. *Compósitos de pva/caulinita e pva/caulinita funcionalizada*. 2008. 90f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia - PIPE. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

MARQUES, José Roberto. *Meio ambiente urbano*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005.

MARTINS JUNIOR, José Carlos Gomes. *Impactos ambientais da extração de minérios classe II – areia: O Caso dos depósitos aluvionais no município de Pão-de-açúcar/AL*. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2001.

MARTINS, Sérgio M. M. Crítica à economia política do espaço. In: DAMIANI, Amélia Luisa; CARLOS, Ana Fani A.; SEABRA, Odette C. L. *O espaço no fim de século: a nova raridade*. São Paulo: Contexto, 1999. p.13-41.

MELO, Vander. de F. M.; ALLEONI, Luís R. F. (Ed.). *Química e mineralogia do solo: parte I – conceitos básicos*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

MENDONÇA, Augusto Ferreira. *Programa Lagoas do Norte: estudo de recuperação de áreas degradadas para região das Lagoas do Norte*. Prefeitura Municipal de Teresina. Secretaria de Planejamento e Coordenação. Teresina, nov. /2005

MENESES, Robert Silva de. *Teresina vista do céu*. Teresina: Halley, 2005.

MENESEZ, Sebastião de Oliveira. *Introdução ao estudo de minerais comuns e de importância econômica*. Juiz de Fora: Ed. do autor, 2007.

MERTEM, Gustavo; POLETO, Cristiano (Org.). *Qualidade dos sedimentos*. Porto Alegre: ABRH, 2006.

MILANI, Edison José (Coord.); RANGEL, Hamilton Duncan; BUENO, Gilmar Vital; STICA, Juliano Magalhães; WINTER, Wilson Rubem; CAIXETA, José Maurício; PESSOA NETO, Otaviano da Cruz. *Bacias Sedimentares Brasileiras - Cartas Estratigráficas; Introdução*. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 183-205, mai./nov. 2007.

MILLER, James P.; LEOPOLD, Luna B. Simple measurements of morphological changes in river channels and hillslopes. *Changes of climate. Arid Zone Research Series*. UNESCO, p. 421-427, 1963.

- MINERAL DATA PUBLISHING. *Trona*. 2005. Disponível em: <http://rruff.info/doclib/hom/trona.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2013.
- MIRANDA, Evaristo E. de (Coord.). *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: www.relevobr.cprm.embrapa.br. Acesso em: 05 maio 2010.
- MOREIRA, Amélia Alba Nogueira. A Cidade de Teresina. *Boletim Geográfico*. Rio de Janeiro: IBGE. Ano 31, n. 230, p.3-185, set./out. 1972.
- MÜLLER, Antonio. *2 fotografias color.*: 10x15 cm, Teresina, 2002.
- NEVES, Mirna Aparecida; MORALES, Norberto; SAAD, Antônio Roberto. Coberturas sedimentares cenozóicas da bacia do rio Jundiá – SP. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 24, n. 3, p. 289-303, 2005.
- NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. *Sensoriamento Remoto: princípios e Aplicações*. 2. ed. Edgard Blücher. São Paulo, 1992.
- PEDRO, Leda Correia; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. A relação entre processos morfodinâmicos e os desastres naturais: uma leitura das áreas vulneráveis a inundações e alagamentos em Presidente Prudente-SP. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, n.34, v.2, p.81-96, ago./dez.2012.
- PEREIRA, Eliana Martins. *Estudo do comportamento a expansão de materiais sedimentares da Formação Guabirotuba em ensaios com sucção controlada*. 2004. 253 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Geotécnica) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2004.
- PEREIRA, Lourdes. 131 mil pessoas moram nas favelas de Teresina. *Diário do Povo*, 2011. Disponível em: <http://www.clicapiauí.com/jornais-2/66125/131-mil-pessoas-moram-nas-favelas-de-teresina.html>. Acesso em: 09 mar. 2013.
- PIAUÍ. ADH. Obras do Jacinta Andrade estão aceleradas. 29 mar. 2012 Disponível em: <http://www.adh.pi.gov.br/noticias.php>. Acesso em: 03 mar. 2013.
- PINTO, Robson Clayton; MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. Eventos deposicionais cenozóicos no Médio Vale do Rio das Velhas: Paleoníveis deposicionais e dinâmica fluvial. *Geografias*. Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 126-135, jul.-dez. 2009.
- PONTES, Daniele Regina; FRITZEN, Fabiano Milano; FARIA, José Ricardo Vargas de; BERTOL, Laura Esmanhoto; FARIA, Eduardo; PONTES, Stefania Poeta; GUSSO, Ramon José; STUMM, Michelli Gonçalves; PILOTTO, Angela. *Proposta Metodológica: Revisão do Plano Estadual de Habitação de Interesse Social do Piauí*. Curitiba: Ambiens, 2009.
- _____; _____; COELHO, Artur; BERTOL, Laura Esmanhoto; PONTES, Stefania Poeta; STUMM, Michelli Gonçalves; PILOTTO, Angela; DINIZ, Renata. *Diagnóstico:*

Revisão do Plano Estadual de Habitação de Interesse Social do Piauí. Curitiba: Ambiens, 2010.

POPP, José Henrique. *Geologia geral*. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2004.

PORTUGUAL. *Lei de Bases do Ambiente da República Portuguesa*, Lei Nº 11, de 7 de abril de 1987.

QUARTZO. *1 fotografia color. digital*. Fonte: Disponível em: <http://www.girafamania.com.br/tudo/pedra-quartzo.htm>. Acesso em: 30 jun. 2011.

QUICKBIRD. *3 Imagens de satélite*, 2005.

REIS FILHO, Antônio Aderson dos. *Análise integrada por geoprocessamento da expansão urbana de Teresina com base no Estatuto da Cidade: estudo de potencialidades, restrições e conflitos de interesses*. 2012. 278 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

RESENDE, Mauro; CURI, Nilton; REZENDE, Sérvulo Batista de; KER, João Carlos. *Mineralogia de solos brasileiros: interpretações e aplicações*. Lavras: Editora as UFLA, 2005.

_____; CORREA, Gilberto. F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa, NEPUT, 1997.

RIVAS, Margarete Prates (Coord.). *Macrozoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Parnaíba*. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. (Série Estudos e Pesquisas em Geociências, n. 4).

ROCHA, Leonardo Cristian; COSTA, Ricardo Diniz da; FONSECA, Bráulio Magalhães. Identificação e descrição de terraço fluvial e determinação de paleotensões na bacia do Córrego Gameleira, espinhaço meridional, Gouveia- MG. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, Viçosa, MG, 2009. *Anais...* Viçosa, MG, 2009.

RODRIGUES, Arlete Moysés. O meio ambiente urbano: algumas proposições metodológicas sobre a problemática ambiental. In: SILVA, J. B. da et al. *A cidade e o urbano: temas para debates*. Fortaleza: EDUFC, 1997. p.139-152.

ROSSETTI, Dilce F. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia de São Luís-Grajaú. *Phoenix*. Belém: Fundação Paleontológica Phoenix. Museu Paraense Emílio Goeldi, Ano 5, n. 58, 2003. Disponível em: http://www.phoenix.org.br/Phoenix58_Out03.htm. Acesso em 01 fev. 2013.

SABOIA, João; SABOIA, Ana Lúcia. *Caracterização do setor informal a partir dos dados do Censo Demográfico do Brasil de 2000*. Rio de Janeiro, 2004.

SAMPAIO, Elsa P. M. *Mineralogia do solo: Apostila*. Universidade de Évora, 2006.

SÁNCHEZ, Luis Henrique. *Avaliação de impactos ambiental: conceitos e métodos*. SP: Contexto, 2008.

SANTOS, Raphael David dos; LEMOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Humberto Gonçalves dos; KER, João Carlos; ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 5. ed. rev. e ampl. EMBRAPA: Viçosa, 2005.

SANTOS, Pérsio de Sousa. *Tecnologia de argilas, aplicada às argilas brasileiras*. São Paulo: Edgar Blücher, 1975.

SANTOS FILHO, Francisco S. *Programa Lagoas do Norte: relatório de fatores bióticos*, Teresina, 2005.

SANTOS, Gisele B. dos; MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira; CHEREM, Luis Felipe Soares. Níveis de terraços fluviais e depósitos sedimentares correlativos no alto vale do rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 10, n. 1, p. 73-84, 2009.

SANTOS, Maria Eugenia de C. M.; CARVALHO, Marise S. S. de. *Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís*. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço geológico Brasil/DIEDIG/DEPAT, 2004.

SCAPIN, Marco Antonio. *Aplicação da difração e fluorescência de raio x (WDXRF): ensaios em argilominerais*. 2003. 80f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/USP. São Paulo, 2003.

SENGIK, Erico. *Os colóides do solo*. Apostila, [S.l.; s.n.], 2003. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/coloides-2003.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2012.

SILVA, Danielle Gomes da Silva; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros. Evolução paleoambiental dos depósitos de tanques em Fazenda Nova, Pernambuco – Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Recife-PE, v.2, n. 2, p. 43-56, mai.- agos. 2009.

SILVA; Maria. A. M. da; SCHREIBER, B. C.; SANTOS, Carla. L. dos. Evaporitos como recursos minerais. *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 18, n.3, p. 337-350, 2000.

SILVA, Elias. *Avaliação qualitativa de impactos florestais do reflorestamento no Brasil*. Viçosa, MG: UFV, 1994. 309 p. (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

SOUZA, Paulo Alves de; MATZEMBACHER, Lucas Thetinski; ABELHA, Marina; BORGHI, Leonardo. Palinologia da Formação Piauí, Pensilvaniano da bacia do Parnaíba: biocronoestratigrafia de intervalo selecionado do Poço 1-UM-09-PI (Caxias, MA, Brasil). *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 1, n. 13, p. 57-66, jan./abr. 2010.

SPOSITO, Maria Encarnação B. O embate entre as questões ambientais e sociais no urbano. In: CARLOS, Ana Fani A.; LEMOS, Amália Inés G. (Org.). *Dilemas urbanos: novas abordagens sobre a cidade*. São Paulo: Contexto, 2003. p. 295-307.

SUGUIO, Kenitiro. *Geologia Sedimentar*. São Paulo: Editora Blucher, 2003.

_____; FULFARO, Vicente José. Geologia da margem ocidental da bacia do Parnaíba (Estado do Pará). *Boletim IG*. v. 8, São Paulo: USP, 1977.

TEIXEIRA, Maria da Purificação. *O Solo, como agente de sustentabilidade para uma arquitetura e urbanismo ambientalmente corretos*. 2004. 219f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura – Racionalização do Projeto e da Construção) - UFRJ/FAU/PROARQ, Rio de Janeiro, 2004.

TERESINA, Prefeitura Municipal. *Projeto Lagoas do Norte*. 2011a. Disponível em <<http://www.teresina-pi.gov.com.br/noticias/pln/elmano-ferrer-apresenta-avancos-no-projeto-lagoas-do-norte-29-10.html>>. Acesso em 13 mar.2012.

_____. *Mapas digitais*, Teresina, 2011b.

_____. *Programa Lagoas do Norte: mapas*. Teresina: Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, 2005.

_____. *Informações para Elaboração de Carta - consulta ao BIRD – Plano de Desenvolvimento Sustentável*, Teresina: Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral, 2003. 1 CD-ROM.

_____. *Teresina Agenda 2015: plano de desenvolvimento sustentável*. Teresina: PMT: Conselho Estratégico de Teresina, 2002a.

_____. *Mapa Teresina - Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs)*, 2002b. Disponível em: <www.Teresina.pi.gov.br>. Acesso em: 11 jun. 2006.

_____. *Censo de Vilas e Favelas 1999*. Teresina: Secretaria Municipal de Habitação e Urbanismo, 2000.

_____. *Teresina: aspectos e característica*. Perfil/93. Teresina: Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral, 1993.

TROPMAIR, Helmut. *Biogeografia e meio ambiente*. Rio Claro: UNESP, 1987.

VALADÃO, Roberto Célio. *Evolução de longo-tempo do relevo do Brasil oriental: desnudação, superfícies de aplainamento e soerguimentos*. 1998. 242f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998.

_____; SILVEIRA, J. S. Estratigrafia Quaternária e Evolução do Relevo no Complexo de Baçã dados preliminares. *Revista da Escola de Minas*, Ouro Preto/MG, v. 45, n. 1/2, p. 85-87, 1992.

VALLADARES, Gustavo Souza; CAMARGO, Otávio Antônio de; CARVALHO, José Ruy Porto de; SILVA, Alessandra Maria Cia. Assessment of heavy metals in soils of a Vineyard region with the use of principal component analysis. *Sci. Agric.* (Piracicaba, Braz.), v.66, n.3, p.361-367, May/June 2009a.

_____; SANTOS, Gláucia Cecília Gabrielli dos; ABREU, Cleide Aparecida de; CAMARGO, Otávio Antônio de; FERRERO, Jorge Paz. Zinco total e disponível em amostras de perfis de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.4, p.1105-1114, 2009b.

VAZ, Pekin T.; REZENDE, Nelio G. A. M.; WANDERLEY FILHO, Joaquim. R.; TRAVASSOS, Walter. A. S. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 15, n. 2, p. 253-263, 2007.

VENTURI, Luis Antonio Bittar (Org.). *Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia*. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

VIANA, Bartira Araújo da Silva; MARTINS, Sérgio Manuel Merêncio. O processo de verticalização em Teresina (PI). *Geografia Publicações Avulsas*, ano 10, n. 33, p. 4-22, mai. 2012. Teresina: UFPI, 2012.

_____; LIMA, Iracilde Maria de M. F; OLIVEIRA, Cristiane Valéria de Oliveira; AUGUSTIN, Cristina A. R. R. Formação dos terraços fluviais e sua aplicação como fonte de materiais para a construção civil em Teresina – PI. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8, Sensitividade de Paisagens: geomorfologia e as mudanças ambientais. 2010a, Recife, *Anais...*, Recife, 2010a.

_____; MOTA JUNIOR, José Ferreira; PORTELA, Mugiany Oliveira Brito. *Mineração artesanal na zona norte de Teresina - Piauí: impactos e propostas para um uso sustentável*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA E PATRIMÔNIO CULTURAL E ENCONTRO REGIONAL DE HISTÓRIA DA ANPUH PIAUÍ, Teresina, 2010. *Anais...* Teresina, 2010b.

_____. LIMA, Iracilde Maria de M. F; OLIVEIRA, Cristiane Valéria de Oliveira; AUGUSTIN, Cristina A. R. R. *Impactos ambientais urbanos em Teresina: a história da ocupação dos terraços fluviais dos rios Poti e Parnaíba*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA E PATRIMÔNIO CULTURAL E ENCONTRO REGIONAL DE HISTÓRIA DA ANPUH PIAUÍ, Teresina, 2010. *Anais...* Teresina, 2010c.

_____. *18 fotografias color. digitais*, Teresina, 2010d.

_____. *16 fotografias color. digitais*, Teresina, 2011.

_____. *12 fotografias color. digitais*, Teresina, 2012.

_____. *Photography. 1 fotografia color digital*, 2009.

_____. *Mineração de materiais para construção civil em áreas urbanas: impactos socioambientais dessa atividade em Teresina, PI/Brasil*. 2007. 244f. Dissertação

(Mestrado) - Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007.

_____. O sentido da cidade: entre a evolução urbana e o processo de verticalização. *Carta CEPRO*. Indicadores sociais: números para entender a realidade e definir caminhos. Teresina, Fundação CEPRO, v. 23, n. 1, p. 66-75, jan/jul 2005.

_____. *A verticalização em Teresina: sonho de muitos e realidade de poucos*. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Geografia) - Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2003.

WHITE, Robert E. *Princípios e práticas da Ciência do solo: o solo como um recurso natural*. 4.ed. Tradução Iara F. Silva e Durval Dourado Neto. São Paulo: Andrei, 2009.

ZANCOPÉ, Márcio Henrique de Campos. *Estudos dos padrões de canal fluvial do rio Mogi Guaçu /SP*. 2004. 101f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Rio Claro, 2004.

ZEFERINO, Artur; MARTINS, João Guerra. *Materiais de Construção I: rochas naturais*. 4. ed. [S.l.; S.n], 2010. (Série Materiais).

APÊNDICES



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

APÊNDICE A

ROTEIRO DE ENTREVISTA

Nº: _____/_____
Data: ____/____/____

MORADORES DO ENTORNO – MINERAÇÃO EXTINTA

NOME DO ENTREVISTADO (A): _____

BAIRRO: _____

IDADE: _____

1) Há quanto tempo o(a) Sr. (Sra.) mora nessa residência?

2) Tipo de moradia:

() Própria

() Alugada

() Invasão

() Cedida

() Outros: _____

3) Quando o(a) Sr. (Sra.) passou a morar nesse local ainda havia a extração de materiais para a construção civil?

() Não

() Sim

4) O (a) Sr. (Sra.) sabe por quanto tempo a mineração foi realizada no seu bairro quando ela foi extinta? _____

5) Quais as razões que o levaram a morar nesse local, próximo a áreas de extração mineral?

6) Quais são os impactos sociais positivos relacionados à extração de materiais para a construção civil quando ela foi realizada no entorno do seu bairro?

- () Oferta de emprego próximo de casa
- () Material de construção próximo
- () Outros: _____

7) Quais os impactos sociais negativos relacionados à extração de materiais para a construção civil quando ela foi realizada no entorno do seu bairro?

- () Doenças: Tipo _____
- () Conflitos entre moradores e proprietários

8) Quais os impactos ambientais negativos relacionados à extração de materiais para a construção civil quando ela foi realizada no entorno do seu bairro?

- () Poluição. Qual o tipo? _____
- () Desmatamento
- () Proliferação de pragas
- () Carreamento de material para os rios e córregos
- () Poeira
- () Barulho
- () Alagamento (área de lagoas)
- () Aterramento das lagoas
- () Outros: _____

9) Quais os problemas presentes no seu bairro que tem uma relação com a atividade mineral que foi realizada no passado?

10) Você acha que a instalação do empreendimento mineral **valorizou ou desvalorizou** os terrenos do entorno do seu bairro? Por quê?

11) Existia alguma organização das famílias do entorno, a partir de uma ação conjunta, objetivando a melhoria das condições ambientais da área, decorrente do processo de mineração voltada para construção civil?



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

APÊNDICE B

ROTEIRO DE ENTREVISTA

Nº: _____/_____/_____ Data: ____/____/____

MORADORES DO ENTORNO – MINERAÇÃO ATIVA

NOME DO ENTREVISTADO (A): _____

BAIRRO: _____

IDADE: _____

1) Há quanto tempo o(a) Sr. (Sra.) mora nessa residência?

2) Tipo de moradia:

() Própria

() Alugada

() Invasão

() Cedida

() Outros: _____

3) Quando o(a) Sr. (Sra.) passou a morar nesse local já havia a extração de materiais para a construção civil?

() Não

() Sim

4) Quais as razões que o levaram a morar nesse local, próximo a áreas de extração mineral?

5) Quais são os impactos sociais positivos relacionados à extração de materiais para a construção civil no entorno do seu bairro?

- () Oferta de emprego próximo de casa
- () Material de construção próximo
- () Outros: _____

6) Quais são os impactos sociais negativos relacionados à extração de materiais para a construção civil no entorno do seu bairro?

- () Doenças: Tipo _____
- () Conflitos entre moradores e proprietários

7) Quais são os impactos ambientais negativos relacionados à extração de materiais para a construção civil no entorno do seu bairro?

- () Poluição. Qual o tipo? _____
- () Desmatamento
- () Proliferação de pragas
- () Carreamento de material para os rios e córregos
- () Poeira
- () Barulho
- () Alagamento (área de lagoas)
- () Aterramento das lagoas
- () Outros: _____

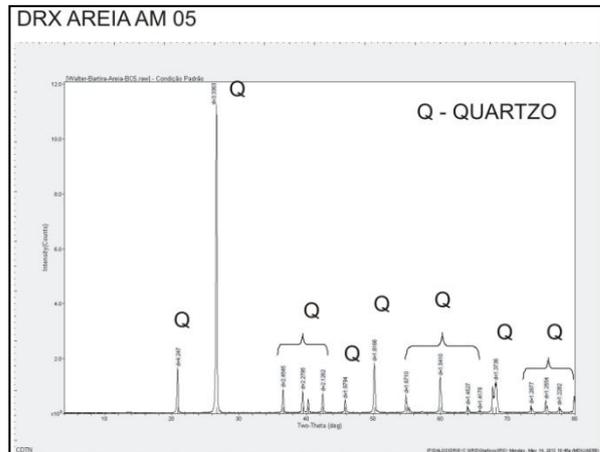
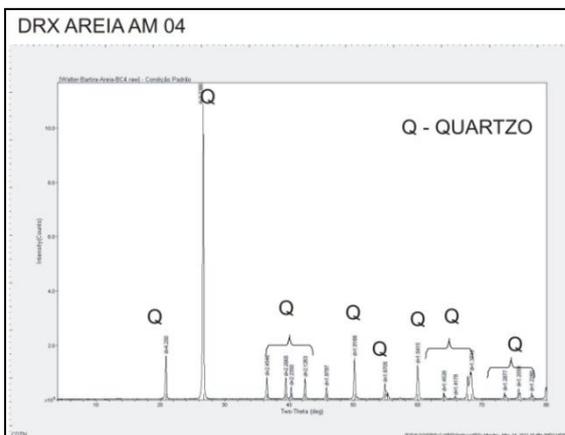
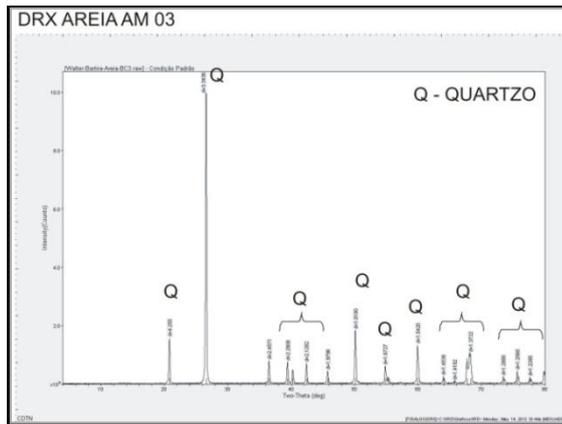
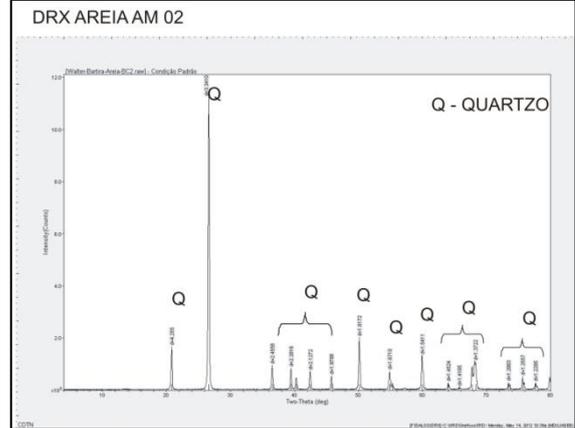
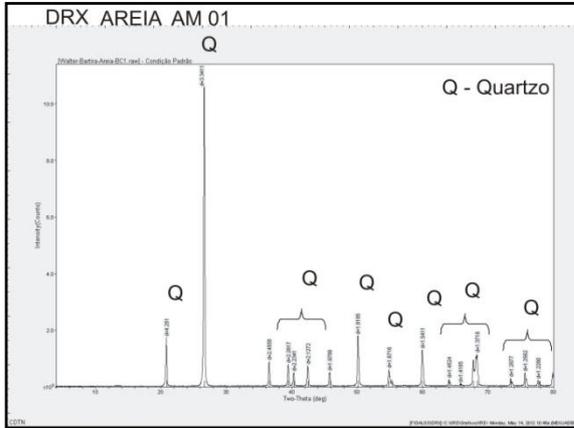
8) Você tem conhecimento que a atividade de extração mineral chegará mais próximo de sua moradia? Em curto ou longo prazo? Quais os problemas que podem acontecer caso isso ocorra?

9) Você acha que a instalação do empreendimento mineral **valorizou ou desvalorizou** os terrenos do entorno do seu bairro? Por quê?

10) Existe ou existiu alguma organização das famílias do entorno para realizar alguma ação conjunta objetivando a melhoria das condições ambientais da área, decorrente do processo de exploração mineral para construção civil?

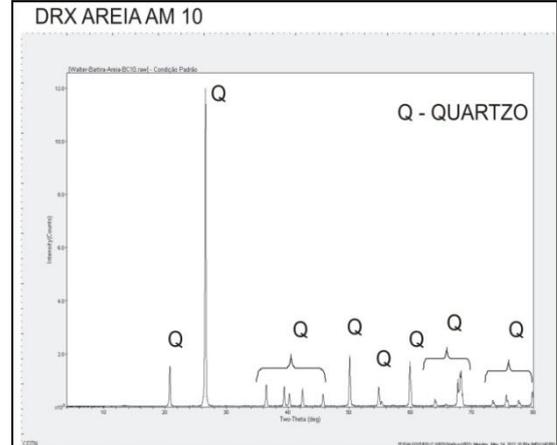
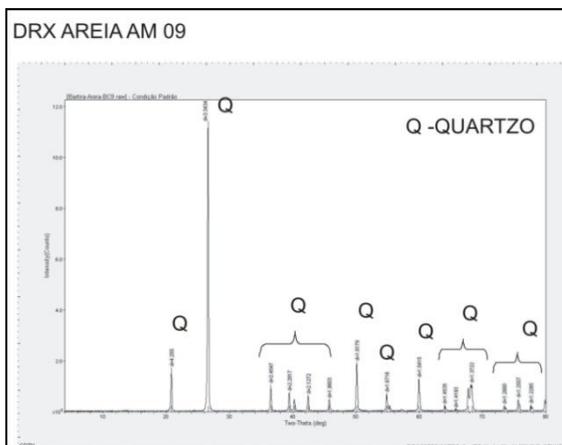
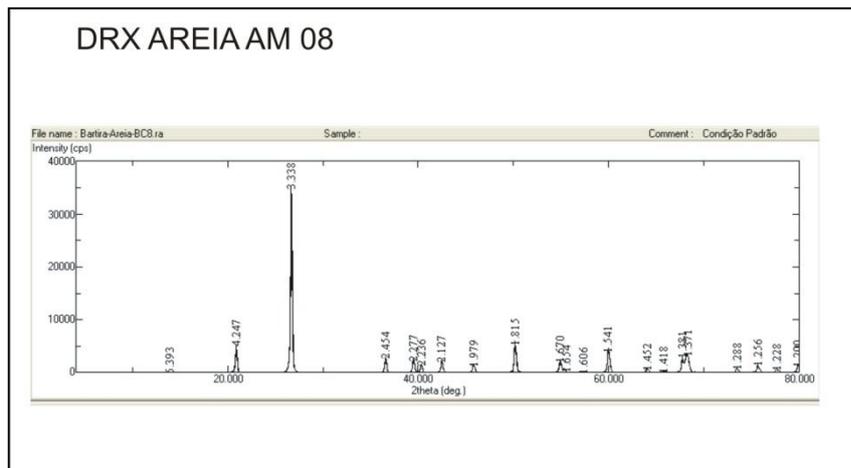
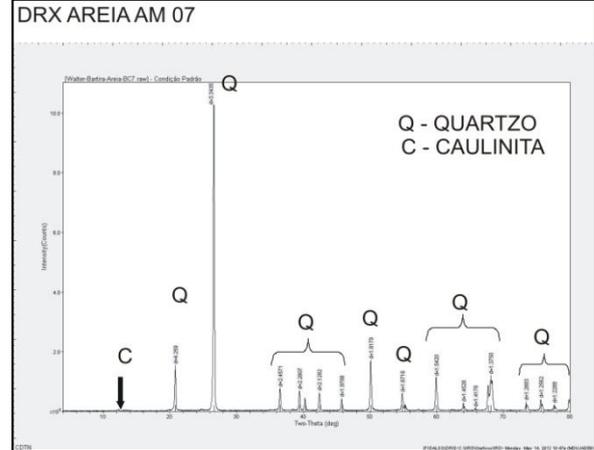
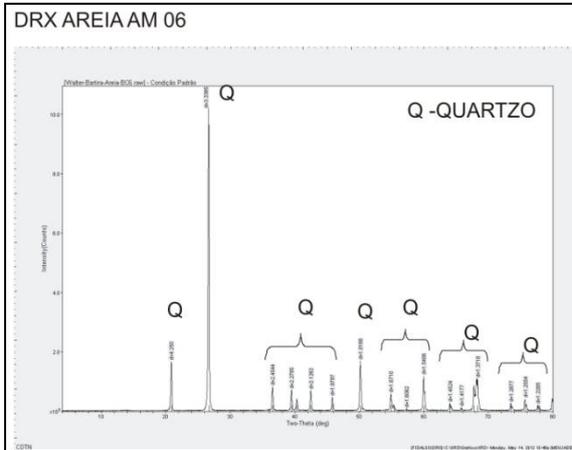
APÊNDICE C

Difratogramas de Raio X (DRX) da fração areia



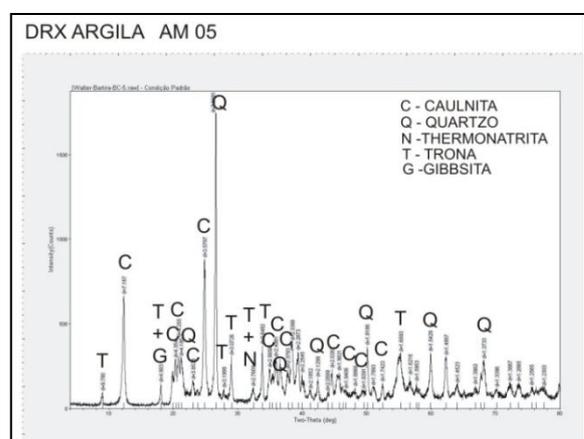
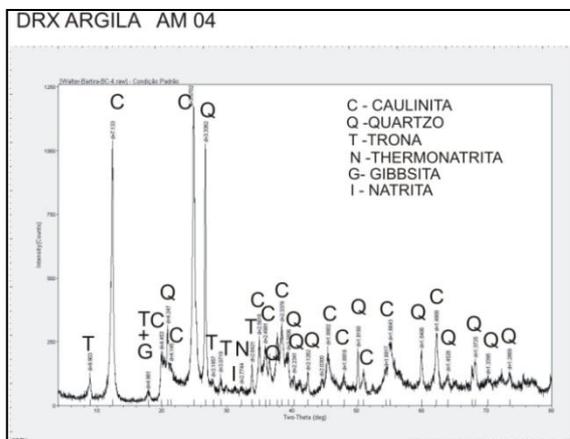
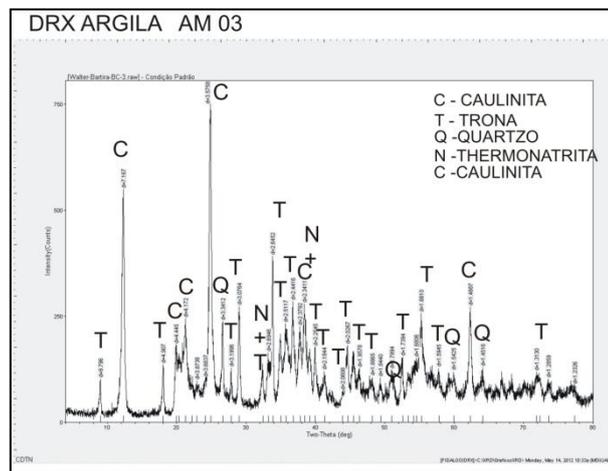
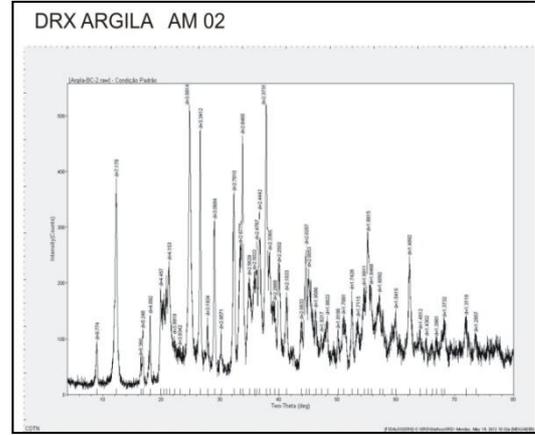
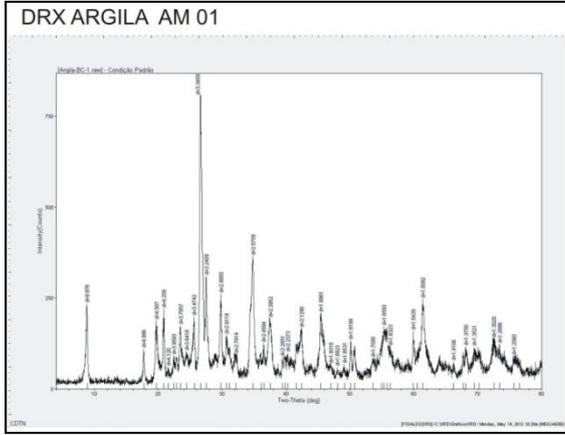
APÊNDICE C

Difratogramas de Raio X (DRX) da fração areia



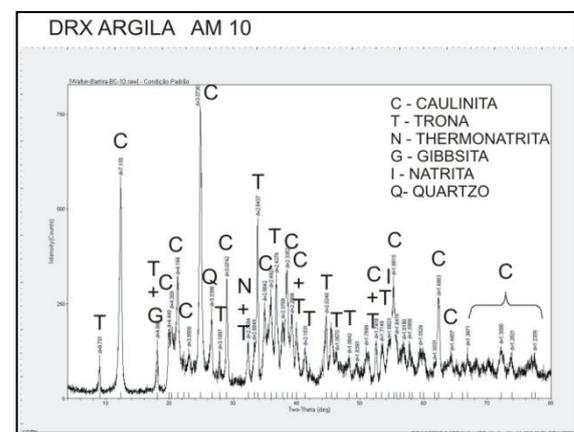
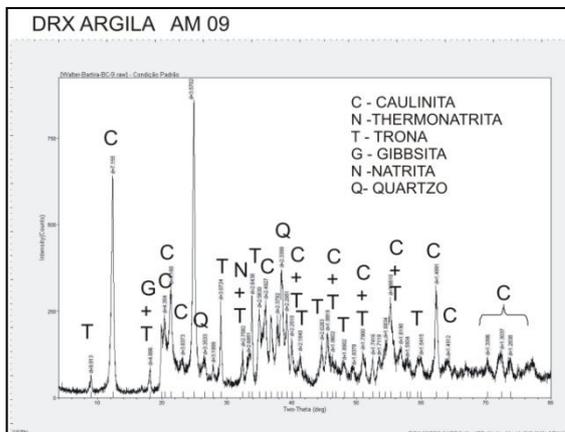
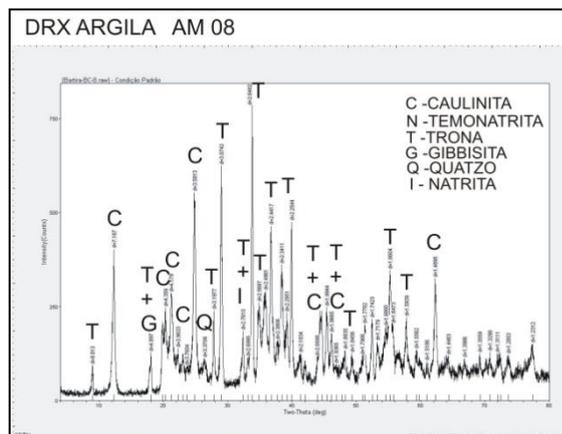
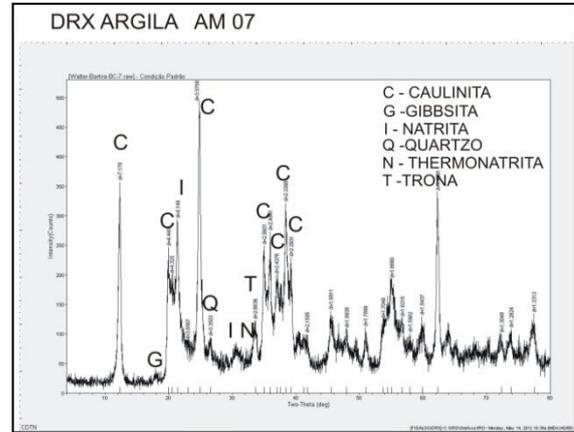
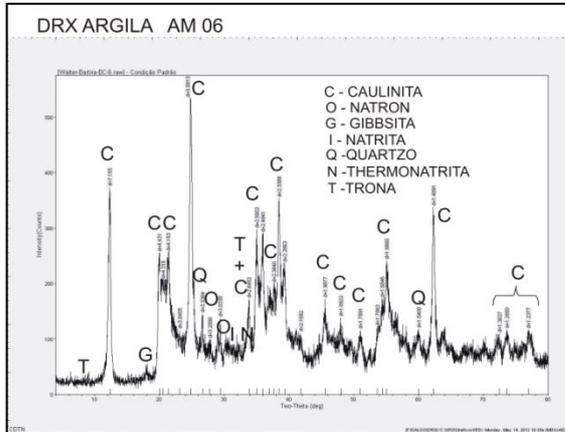
APÊNDICE D

Difratogramas de Raio X (DRX) da fração argila



APÊNDICE D

Difratogramas de Raio X (DRX) da fração argila



APÊNDICE E

Fatores calculados pela análise dos componentes principais para as amostras representativas da fração argila das amostras coletadas nos perfis estratigráficos 1 e 2, localizados nas Zonas Sul e Norte de Teresina-Piauí.

VARIÁVEIS	F1	F2	F3
Na ₂ O	0,781	-0,242	-0,333
MgO	-0,889	0,253	-0,220
Al ₂ O ₃	-0,897	-0,017	0,237
SiO ₂	-0,906	-0,087	0,094
KI	-0,167	-0,374	-0,550
SO ₃	0,285	0,901	0,054
K ₂ O	-0,737	0,138	-0,430
CaO	0,350	0,852	0,142
TiO ₂	-0,702	0,461	-0,395
Cr ₂ O ₃	-0,173	-0,525	0,300
MnO	0,355	0,858	0,129
Fe ₂ O ₃	0,034	0,027	0,645
CuO	-0,145	-0,005	0,877
ZnO	-0,247	-0,250	0,848
BaO	-0,460	0,209	0,137
ZrO ₂	-0,714	0,438	-0,221
PbO	0,192	-0,372	-0,481
perdafogo	0,948	0,157	-0,074

APÊNDICE F

Matriz de correlação calculados pela análise dos componentes principais para as amostras representativas da fração argila das amostras coletadas nos perfis estratigráficos 1 e 2, localizados nas Zonas Sul e Norte de Teresina-Piauí

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Kl	SO3	K2O	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	CuO	ZnO	BaO	ZrO2	PbO	perdafogo
Na2O	1	-0,566	-0,925	-0,894	0,005	-0,066	-0,348	-0,063	-0,402	0,018	-0,056	-0,063	-0,429	-0,417	-0,287	-0,537	0,211	0,756
MgO	-0,566	1	0,641	0,664	0,183	-0,017	0,878	-0,136	0,932	0,151	-0,139	-0,090	-0,046	-0,007	0,469	0,796	-0,233	-0,750
Al2O3	-0,925	0,641	1	0,974	0,015	-0,274	0,441	-0,248	0,406	0,074	-0,256	-0,017	0,309	0,385	0,352	0,526	-0,196	-0,935
SiO2	-0,894	0,664	0,974	1	0,238	-0,309	0,547	-0,284	0,455	0,136	-0,292	-0,165	0,245	0,330	0,224	0,484	-0,093	-0,920
Kl	0,005	0,183	0,015	0,238	1	-0,231	0,475	-0,261	0,237	0,324	-0,262	-0,561	-0,186	-0,113	-0,426	-0,080	0,529	-0,052
SO3	-0,066	-0,017	-0,274	-0,309	-0,231	1	-0,069	0,921	0,227	-0,360	0,926	0,117	0,053	-0,211	-0,074	0,166	-0,239	0,450
K2O	-0,348	0,878	0,441	0,547	0,475	-0,069	1	-0,148	0,900	0,202	-0,147	-0,352	-0,158	-0,117	0,121	0,562	-0,212	-0,584
CaO	-0,063	-0,136	-0,248	-0,284	-0,261	0,921	-0,148	1	0,095	-0,358	1,000	-0,098	0,190	-0,094	-0,142	-0,059	-0,258	0,472
TiO2	-0,402	0,932	0,406	0,455	0,237	0,227	0,900	0,095	1	-0,001	0,097	-0,208	-0,191	-0,220	0,337	0,767	-0,239	-0,504
Cr2O3	0,018	0,151	0,074	0,136	0,324	-0,360	0,202	-0,358	-0,001	1	-0,376	0,209	0,402	0,513	-0,273	-0,330	-0,169	-0,187
MnO	-0,056	-0,139	-0,256	-0,292	-0,262	0,926	-0,147	1,000	0,097	-0,376	1	-0,098	0,173	-0,111	-0,144	-0,052	-0,258	0,479
Fe2O3	-0,063	-0,090	-0,017	-0,165	-0,561	0,117	-0,352	-0,098	-0,208	0,209	-0,098	1	0,350	0,381	0,272	0,150	-0,378	0,004
CuO	-0,429	-0,046	0,309	0,245	-0,186	0,053	-0,158	0,190	-0,191	0,402	0,173	0,350	1	0,960	0,122	-0,194	-0,328	-0,112
ZnO	-0,417	-0,007	0,385	0,330	-0,113	-0,211	-0,117	-0,094	-0,220	0,513	-0,111	0,381	0,960	1	0,164	-0,181	-0,258	-0,250
BaO	-0,287	0,469	0,352	0,224	-0,426	-0,074	0,121	-0,142	0,337	-0,273	-0,144	0,272	0,122	0,164	1	0,694	0,031	-0,379
ZrO2	-0,537	0,796	0,526	0,484	-0,080	0,166	0,562	-0,059	0,767	-0,330	-0,052	0,150	-0,194	-0,181	0,694	1	-0,070	-0,572
PbO	0,211	-0,233	-0,196	-0,093	0,529	-0,239	-0,212	-0,258	-0,239	-0,169	-0,258	-0,378	-0,328	-0,258	0,031	-0,070	1	0,230
perdafogo	0,756	-0,750	-0,935	-0,920	-0,052	0,450	-0,584	0,472	-0,504	-0,187	0,479	0,004	-0,112	-0,250	-0,379	-0,572	0,230	1