

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS - CCHL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (PPGGEO)

ALINE DE ARAÚJO LIMA

**ANÁLISE GEOSISTÊMICA E GESTÃO AMBIENTAL NA CIDADE DE
TERESINA – PIAUÍ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Geografia (PPGGEO), da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia. Linha de Pesquisa: Estudos Regionais e Geoambientais.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Veloso Filho

**TERESINA – PI
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processamento Técnico

L732p Lima, Aline de Araújo.
Análise geossistêmica e gestão ambiental na cidade de
Teresina – Piauí / Aline de Araújo Lima. – 2016.
138 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade
Federal do Piauí, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Francisco de Assis Veloso Filho.

1. Análise Geográfica Integrada. 2. Planejamento
Urbano. 3. Planejamento Ambiental -Teresina (PI). I.
Título.

CDD 910

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco de Assis Veloso Filho
Orientador

Prof. Dr^a. Iracilde Maria de Moura Fé Lima
Interno

Prof. Dr. Francisco de Assis da Silva Araújo
Externo à Instituição

EPÍGRAFE

*Risonha entre dois rios que te abraçam
Rebrilhas sob o Sol do Equador
És terra promissora onde se lanr
Sementes de um por vir pleno de amor*

Trecho do Hino de Teresina
Letra: Cineas Santos/Música: Aurélio Melo

Dedico esta conquista a minha mãe D. Deusimar Gonçalves Lima de Araújo (*in memoriam*) pela incansável insistência de proporcionar educação dentro dos seus limites aos seus filhos. Meu muito obrigada a esta mulher guerreira na qual me espelho por onde vou.

Ao meu pai Sr. Antonio Osmael de Araújo por ser apoio em todos os momentos, mas principalmente nos difíceis, e que assim demonstra o seu amor incondicional. Por ser exemplo de trabalhador honesto e digno, muito obrigada pai.

AGRADECIMENTOS

Dentre as paixões que tive a Geografia foi a que permaneceu. Na trajetória que tracei em minha vida, entre os altos e baixos e fugas feitas por necessidade, a ciência geográfica sempre foi minha luz no fim do túnel. Um sonho adiado e que agora realizo com grande satisfação e felicidade. Mas como sou apenas um grão de areia eu não fiz isso sozinha, apesar dos momentos de reclusão para produção sempre sentia que não estava só.

Por isso, tenho que agradecer àqueles que me deram uma base sólida de fé, amor, carinho e um profundo senso de responsabilidade, que me levaram a chegar até aqui.

Àquilo ou àquele que transcende a minha existência, naquilo ou naquele que creio e tenho fé.

À minha família por ser alicerce, lar, exemplo e amor em minha vida.

Aos meus irmãos Alisson Roberto e Allan David pelo amor, pelo carinho e pela paciência.

Ao meu filho Raphael Segundo por ser o acalanto, o sorriso, o abraço e o cheiro que sempre me energiza e torna tudo mais leve.

Aos professores em todo o decorrer da minha vida escolar e acadêmica e geógrafos como um todo por me inspirar e conduzir nesta empreitada de compreender o espaço geográfico.

Ao meu orientador Prof. Dr. Francisco de Assis Veloso Filho por ser companheiro, acreditar neste trabalho e dar aquela injeção de ânimo quando era preciso.
OBRIGADA!

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí como um todo incluindo docentes e funcionários pela gentileza nos momentos em que precisei. Em especial, aos docentes do programa que nos conduziram no decorrer das disciplinas ministradas a ter uma vida acadêmica correta e coerente.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Piauí pelo apoio financeiro indispensável para a tranquilidade durante a execução da pesquisa.

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística pelos dados cartográficos e populacionais disponibilizados com a máxima presteza.

A Secretaria Municipal de Planejamento pelas informações dadas a cerca da cidade e por tornar esta pesquisa ainda mais instigante.

À minha banca de qualificação e agora de defesa Prof. Dr. Cleto Augusto Barata Monteiro, Prof. Dra. Iracilde Maria de Moura Fé Lima e Prof. Dr. Francisco de A Araújo pelas orientações desde aquele dia e até agora no resultado final.

Aos meus AMIGOS da quarta turma: Antenor, Cleonélio, Francisco Eufrázio, Francisco Pereira, Fredson, Geovane, Gil, Jefferson, Luis Carlos, Nataniel, Tailson e Tiago. Pois sem ELES essa etapa da minha vida não teria a graça que teve. Foi uma honra ser a única mulher dessa turma.

Aos queridos Leônidas e Lúcia. No final contei com a participação destes para dar uma melhor apresentação aos mapas com a ajuda desse meu amigão, o resultado final não seria o mesmo sem ele e sem os momentos com sua família aos domingos para fechar os últimos detalhes.

Para não cometer a injustiça de deixar de colocar algum nome agradeço aos meus demais amigos e amigas, que sabem e acompanharam as dificuldades, por me resgatarem da imersão acadêmica, principalmente Lucineide, Marcilene e Raifrançis, por partilharem e compartilharem minhas angústias e medos nesta pesquisa e em outros momentos.

Este trabalho é nosso, minha gente.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 ELEMENTOS CONCEITUAIS PARA ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA DO ESPAÇO URBANO	16
2.1 Introdução	16
2.2 Princípios Teoria Geral de Sistemas	16
2.3 Abordagem de sistemas em Geografia: contribuições metodológicas	18
2.4 Abordagem de sistemas em Geografia para fins de planejamento	24
2.5 Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba: um estudo aplicado em escala regional	35
2.6 Considerações parciais	40
3 ELEMENTOS METODOLOGICOS DA PESQUISA	41
3.1 Introdução	41
3.2 Procedimentos metodológicos da pesquisa.....	41
3.3 Bacias hidrográficas: elementos para análise.....	43
3.4 Ação antrópica: uso e ocupação da terra.....	50
3.5 Considerações parciais	57
4 PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL DA CIDADE DE TERESINA	59
4.1 Introdução	59
4.2 Criação e evolução do espaço urbano de Teresina	59
4.3 Planejamento urbano-ambiental da cidade de Teresina	66
4.4 Plano de Drenagem Urbana de Teresina (PDDRu)	73
4.5 Considerações parciais	76
5 ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA	78
5.1 Introdução.....	78
5.2 Caracterização da área de estudo	78
5.3 Zoneamento ambiental	84
5.4 Dinâmica natural.....	88
5.4.1 Forma da bacia	88
5.4.2 Amplitude altimétrica	92

5.5 Ação antrópica	94
5.5.1 Uso da terra	94
5.5.2 Grau de ocupação da terra	98
5.6 Síntese de qualidade ambiental	104
5.6.1 Conjunto de sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do rio Poti	104
5.6.2 Conjunto de sub-bacias hidrográficas da margem direita do rio Poti	110
5.6.3 Conjunto de sub-bacias hidrográficas da margem direita do rio Parnaíba (P)	114
5.6.4 Lagoas do Norte (LDN)	119
5.6.5 Lagoa do Mocambinho (MOC).....	121
5.7 Considerações Parciais	122
6 Considerações finais	125
Referências	128
Apêndice 1 – QUADRO ANALÍTICO DE INFORMAÇÕES POR SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DE TERESINA, PI – PDDRu (2010)	130
Apêndice 2 – IMAGEM DO GOOGLE EARTH – BASE DE ANÁLISE PARA TIPOS DE USO DA TERRA – 20.09.2015	138

RESUMO

O presente trabalho tem como tema a discussão da susceptibilidade de espaços urbanos ao risco de ocorrência de desastres naturais, tendo em vista as condições naturais e tipos de uso dados a estas áreas. Este consiste na aplicação de uma metodologia específica a ser aplicada em espaços urbanos inspirada nos trabalhos da Série de Estudos e Pesquisas em Geociências, em escala regional, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística na década de 1990. O objetivo geral é fazer a análise geográfica integrada do espaço urbano com a finalidade de contribuir para a gestão ambiental desta cidade na sua dimensão urbana. Os objetivos específicos são: discutir conceitos da Geografia que permita a análise de espaços construídos usando a abordagem sistêmica; discutir o planejamento e gestão ambiental na cidade objeto de estudo a fim de compreender a dimensão ambiental neste espaço; aplicar a metodologia elaborada para levantamento de áreas prioritárias de intervenção. Este trabalho se justifica pelo fato de que é preciso uma visão sistêmica relativa ao fato urbano que contemple as dimensões urbana e ambiental da mesma, no sentido de compatibilização de análises. O embasamento teórico da pesquisa reside na abordagem sistêmica em Geografia e nas contribuições metodológicas de Bertrand (1972), Tricart (1977), Sotchava (1978), Christofolletti (1979), Ross (1994, 1995) e Monteiro (1996, 2000, 2008), assim como direcionamentos metodológicos de Rivas (1996) que coordenou estudos de análise geográfica integrada em escala regional. As etapas da pesquisa propriamente dita e, portanto da análise geográfica integrada aplicada a espaços urbanos, consistiu em: 1) Caracterização da área de estudo considerando aspectos físicos e humanos; 2) Zoneamento ambiental a partir de sub-bacias hidrográficas, elaborado e que consta no Plano de Drenagem Urbana de Teresina (2010), que totalizaram 70 (setenta) unidades funcionais ou geográficas a serem analisadas, a luz do conceito de região natural elementar; 3) O estudo da dinâmica natural dos ambientes estudados considerando as características morfométricas típicas de bacias hidrográficas, mais especificamente fator forma de cada unidade e a amplitude altimétrica; 4) A identificação dos usos da terra e do grau de ocupação por unidade funcional que conduziu a análise de impactos ambientais decorrentes das diversas atividades e assim avaliar a pressão antrópica; 5) Elaboração de uma síntese de qualidade ambiental das unidades estudadas a partir dos indicadores levantados. Os resultados obtidos proporcionaram a identificação de áreas mais susceptíveis a riscos de acordo com os indicadores analisados. Dessa forma, 22 unidades geográficas estudadas estão em nível de susceptibilidade máxima, 36 em nível de susceptibilidade média, exigindo monitoramento permanente, e 10 unidades com nível de susceptibilidade mínima. Destaca-se que 15 das 70 unidades analisadas possuem dinâmica ambiental favorável ao escoamento considerando os indicadores levantados, no entanto apresentam acúmulo de água em função dos usos dados e ao grau de ocupação da terra, ou seja, por conta da ação antrópica. Em suma, a análise geográfica integrada da cidade de Teresina a partir da análise de instrumentos e indicadores naturais e humanos que podem contribuir para aprimorar a discussão da gestão e qualidade ambiental na cidade objeto de estudo.

Palavras-chave: Análise Geográfica Integrada. Planejamento Urbano. Planejamento Ambiental. Teresina – Piauí.

ABSTRACT

This work has as its theme the integrated geographical analysis of Teresina from the analytical tools and natural and human indicators that may help to improve the discussion of management and environmental quality in the city object of study. The overall goal is to make the integrated geographical analysis of urban space in order to contribute to the environmental management of the city in its urban dimension. The specific objectives are: to survey environmental indicators and related human that can contribute to the preparation of an environmental quality synthesis; prepare a summary of the environmental quality of the city based on the indicators studied raised by geographical units; and finally sort the sub-basins according to susceptibility to risk taking as a reference the compilation of data and information generated. This work is justified by the fact that a systemic view on the urban apparel that incorporates the urban and environmental dimensions of the same is necessary in order to analysis of compatibility. There are methodological gaps to be filled in view of the urban-environmental problems that demand increasingly significant interventions in a profoundly altered space, but retaining the natural dynamics independent of human action. The theoretical basis of the research lies in the systemic approach in geography and methodological contributions of Bertrand (1972), Tricart (1977), Sothava (1978), Christofolletti (1979), Ross (1994, 1995) and Miller (1996, 2000, 2008) as well as methodological directions of Rivas (1996) that made the integrated geographical analysis on a regional scale. The research itself steps are: 1) characterization of the study area considering physical and human aspects; 2) Environmental zoning from sub-basins, prepared and contained in the Drainage Plan Teresina Urban (2010), totaling 70 (seventy) functional or geographic units to be analyzed in light of the concept of elemental natural region; 3) The study of the natural dynamics of the environments studied considering the typical morphometric characteristics of watersheds, specifically form factor of each unit and altimetry amplitude; 4) The identification of the land and the degree of occupation uses for functional unit that conducted the analysis of environmental impacts arising from various activities and thus evaluate the anthropic pressure; 5) preparation of an environmental quality synthesis of the units studied from the raised indicators. The results provided the identification of areas most susceptible to risks according to the analyzed indicators. Thus, studied 22 geographic units are at the level of maximum susceptibility, 36 in level of average susceptibility, requiring ongoing monitoring, and 10 units with minimum level of susceptibility. It is noteworthy that 15 of the 70 units have analyzed environmental dynamics favorable to flow considering the raised indicators, however have water accumulation on the basis of data usage and the degree of occupation of the land, or due to the human action. This reveals that the natural dynamics associated with human pressure provides a typical interrelation environment in each system.

Keywords: Integrated Geographical Analysis. Urban Planning. Environmental Planning. Teresina - Piauí

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1	Esboço metodológico do estudo da paisagem de Bertrand (1968)	20
Figura 2	Diagrama representativo da Ecodinâmica de Tricart (1977) – Adaptado	22
Figura 3	Metodologia do Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba (1996)	39
Figura 4	Formas de bacias hidrográficas	46
Figura 5	Hierarquia de drenagem segundo Strahler (1952)	48
Figura 6	Modelo esquemático da amplitude altimétrica	49
Figura 7	Esquema ilustrativo da Taxa de Ocupação (TO)	56
Figura 8	Procedimentos metodológicos da pesquisa	58
Figura 9	Mapa de Teresina no século XIX	61
Figura 10	Mapa político da Zona Urbana de Teresina (Adaptado)	65
Figura 11	Carta de divisão por sub-bacias hidrográficas de Teresina – PI	86
Figura 12	Modelo esquemático das formas da sub-bacia hidrográfica	89
Figura 13	Carta de Formas das Sub-bacias Hidrográficas de Teresina – PI	91
Figura 14	Carta de amplitude altimétrica por sub-bacia hidrográfica de Teresina – PI	93
Figura 15	Carta de uso da terra por sub-bacia hidrográfica de Teresina – PI	96
Figura 16	Carta de grau de ocupação por sub-bacia hidrográfica de Teresina – PI	99
Figura 17	Lagoas do Norte, Teresina (PI), 17.09.2015 – Limite aproximado	120
Figura 18	Lagoa do Mocambinho, Teresina (PI), 17.09.2015 – Limite aproximado	122

Gráficos

Gráfico 1	Normais climatológicas de Teresina 1961 – 1990	80
-----------	--	----

Quadros

Quadro 1	Características morfométricas de bacias hidrográficas	44
Quadro 2	Usos da terra identificados em Teresina por sub-bacias hidrográficas	51
Quadro 3	Legislação urbana de Teresina relativa a Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015	68
Quadro 4	Indicadores naturais e antrópicos para síntese de qualidade ambiental por sub-bacias hidrográficas em Teresina – PI	100

Tabelas

Tabela 1	Evolução da População Urbana e Rural de Teresina – Período 1940/2010	64
----------	--	----

1 INTRODUÇÃO

Compreender a cidade em sua dimensão ambiental é um dos desafios a ser superado para as diversas ciências em especial a Geografia. Esta pesquisa traz como tema o estudo da cidade considerando variáveis naturais e suas dinâmicas e variáveis humanas e seus impactos. A esta relação denominada nesta pesquisa de análise geográfica integrada considera-se o objeto de estudo a cidade como um todo a ser compreendida a partir de suas partes, demonstrando o atendimento a um dos princípios da abordagem sistêmica, filiação teórica da pesquisa.

A justificativa reside na necessidade de resposta da seguinte pergunta: em espaços profundamente ocupados, o que é possível fazer para alcançar uma melhor qualidade de vida para população citadina que sofre as consequências do modo de vida urbano moderno? E quais as possibilidades de metodologias para a compreensão da dinâmica espacial das cidades?

Na ânsia de responder tais indagações o objetivo primeiro e principal é fazer a análise geográfica integrada de aspectos físicos e humanos da cidade de Teresina com base nos preceitos da abordagem sistêmica como possibilidade de subsidiar ações de gestão dos recursos naturais e redução de impactos naturais negativos para a população residente. Desta maneira o que se visa é dar uma contribuição para o planejamento e gestão ambiental da cidade com base nos indicadores analisados.

Como objetivos específicos se têm: 1) discutir conceitos da Geografia que permita a análise de espaços construídos usando a abordagem sistêmica; 2) discutir o planejamento e gestão ambiental na cidade objeto de estudo a fim de compreender a dimensão ambiental neste espaço; 3) aplicar a metodologia elaborada para levantamento de áreas prioritárias de intervenção.

A metodologia do trabalho consistiu no método dedutivo e sistêmico. As etapas realizadas foram: 1) Caracterização da área de estudo considerando aspectos físicos e humanos; 2) Zoneamento ambiental a partir de sub-bacias hidrográficas, que totalizaram 70 (setenta) unidades funcionais ou geográficas a serem analisadas, a luz do conceito de região natural elementar, estas delimitadas no Plano de Drenagem Urbana de Teresina – PDDRu (2010); 3) Identificação e levantamento de variáveis naturais (forma da bacia e amplitude altimétrica); 4)

Identificação e levantamento de variáveis humanas (uso da terra e taxa de ocupação da terra); 5) Elaboração da síntese de qualidade ambiental; 6) Classificação das sub-bacias-hidrográficas por nível de prioridade. Todas as etapas foram precedidas de revisão bibliográfica bem como decorrer de toda a pesquisa.

O trabalho está organizado da seguinte forma, no Capítulo 2 são apresentados os elementos conceituais para análise geográfica do espaço urbano com referenciais teóricos que vão desde Bertalanffy (1973) ao sistematizar a Teoria Geral de Sistemas, passando pelas propostas metodológicas de aplicação desta teoria na Geografia elaboradas por Bertrand (1972), Tricart (1977), Sotchava (1978), Ross (1994) até as contribuições de Monteiro (1996, 2000, 2008), Chistofolletti (1979, 1999) e Ross (1995) com direcionamentos para planejamentos sejam urbanos, ambientais ou regionais, com abordagem holística, portanto sistêmica. E por ser um trabalho na mesma perspectiva de integração de indicadores, mas em escala regional o Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba (Rivas, 1996) é uma inspiração para este trabalho, a partir deste foi possível fazer uma adaptação da metodologia deste trabalho para a escala apropriada para analisar a cidade de Teresina.

De Monteiro (1996, 2000, 2008) foi possível extrair os direcionamentos teóricos ligados a compatibilização de análise de aspectos naturais e humanos para se estudar o espaço urbano, como necessidade para atuação da Geografia na resolução de problemas urbanos cada vez mais presentes na sociedade atual. Esta contribuição proporcionou compreensão da adaptação de escala adequada ao estudo das cidades.

No Capítulo 3 são apresentados os elementos metodológicos da pesquisa com detalhamento de técnicas que deram suporte a obtenção dos resultados, bem como o esboço metodológico. A primeira seção apresenta a metodologia da pesquisa que consistiu no percorrer das etapas de caracterização da área, zoneamento ambiental, análise da dinâmica natural, análise da ação antrópica, elaboração da matriz de resultados e da síntese de susceptibilidade ambiental. A segunda seção apresenta elementos que servem de base para análises de bacias hidrográficas. Um total de 18 (dezoito) características morfométricas que dão dimensão da dinâmica natural destas unidades. A seção seguinte apresenta elementos para análise da ação antrópica. Dentro das muitas opções neste trabalho foram analisados os tipos de uso da terra ligados às atividades praticadas pelos

residentes ou usuários em cada unidade estudada e o grau de ocupação em função da área ocupada seja por pessoas ou equipamentos fabricados por eles.

No Capítulo 4, Planejamento e Gestão Ambiental em Teresina, é feito o resgate histórico da criação e evolução urbana de Teresina já que a forma como se deu o processo de ordenamento da cidade tem relação direta com condição ambiental atual. Com intervenções no relevo, aumento significativo da população e a expansão da cidade através da construção de conjuntos habitacionais e da ocupação de diversas áreas para fins variados proporcionaram modificações significativas que por sua vez acarretaram problemas de grande impacto. Estes eventos levaram a situações problemáticas e a necessidade de planejamento considerando condicionantes ambientais. Nesta seção são apresentadas as principais leis e planos complementares elaborados para atender a necessidade de compatibilizar a condição natural ao modo de vida da população. Mais detalhadamente o Plano de Drenagem Urbana de Teresina - PDDRu (2008) é apresentado como norteador da compreensão da cidade a partir de sub-bacias hidrográficas, regiões síntese de dimensão local, que dão sustentação ao zoneamento ambiental proposto.

O Capítulo 5 é de fato a essência deste trabalho. Nele é apresentada a Análise Geográfica Integrada da Cidade de Teresina considerando os indicadores forma da bacia, amplitude altimétrica, uso da terra e grau de ocupação da terra e por fim a síntese de qualidade ambiental e nível de prioridade de intervenção. Em seguida são apresentadas as considerações desta pesquisa.

Os produtos resultantes da espacialização dos dados são a carta de susceptibilidade ambiental conforme a forma da sub-bacia hidrográfica (Figura 16); carta de susceptibilidade ambiental conforme amplitude altimétrica por sub-bacia hidrográfica (Figura 17); carta de uso da Terra por sub-bacia hidrográfica (Figura 18); carta de taxa de ocupação da terra por sub-bacia hidrográfica (Figura 19); e por fim a matriz de dados resultantes da análise organizado no Quadro 4, bem como a síntese na susceptibilidade ambiental por unidades geográficas analisadas.

Os resultados obtidos foram que 22 unidades geográficas estudadas estão em nível de prioridade máxima, 36 em nível de prioridade médio, exigindo monitoramento permanente, e 10 unidades com nível de prioridade baixo dada. Destaca-se que 15 das 70 unidades analisadas possuem dinâmica ambiental favorável ao escoamento considerando os indicadores levantados, no entanto

apresentam acúmulo de água em função dos usos dados e ao grau de ocupação da terra, ou seja, por conta da ação antrópica.

Dentre as recomendações propostas sugere-se a atenção prioritária as sub-bacias PD05 (Extrema), PD06 (Comprida, Tancredo Neves, Beira Rio), PD11 (São Raimundo) e PD12 (Bairro São João), a exemplo das unidades Lagoas do Norte (LDN) e Mocambinho (MOC) em função da baixa ocupação se comparada às demais unidades tendo em vista a presença de lagunas em virtude de estarem na planície de inundação do rio Poti associada a cobertura vegetal marcante destas áreas e ainda aos múltiplos usos, e ainda estarem localizadas em zona urbana típica com densidade elevada, podendo ser consolidadas como áreas de preservação permanente para fins de conservação, científicos, educativos e recreativos.

A conclusão principal desta pesquisa é de que independente da ação humana a superfície terrestre tem uma dinâmica própria que é potencializada pelas intervenções feitas pelo ser humano. Identificar áreas prioritárias e com condições ambientais específicas é um passo importante para proporcionar melhor qualidade de vida à população das cidades com a melhoria da convivência desta população com as condições ambientais que a cercam através de intervenções significativas. A análise geográfica integrada possibilitou essa compreensão bem como a identificação de áreas mais suscetíveis a riscos ambientais.

2 ELEMENTOS CONCEITUAIS PARA ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA DO ESPAÇO URBANO

2.1 Introdução

A presente pesquisa tem como filiação teórica a abordagem sistêmica a partir da sistematização de Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972), biólogo austríaco que desenvolveu sua pesquisa principalmente nos Estados Unidos. Teoria esta responsável pela mudança de paradigmas em diversas áreas do conhecimento, quebrando as fronteiras criadas pela ciência mecanicista da idade moderna. O objetivo desta seção é apresentar os princípios da Teoria Geral de Sistemas adotados na pesquisa a fim de que se possa explicitar a aproximação entre esta e os fundamentos da abordagem sistêmica.

São apresentadas ainda aspectos inerentes a Geografia e relação com a referida teoria, especialmente as contribuições metodológicas de geógrafos no intuito de adotar a análise sistêmica em seus estudos do espaço geográfico.

2.2 Princípios da Teoria Geral dos Sistemas

A opção pela Teoria Geral dos Sistemas deu-se devido à possibilidade de articulação entre elementos físicos e antrópicos no estudo de uma paisagem, bem como suas relações, processos e devidas correlações. Inicialmente, a concepção dessa teoria se deu a partir da necessidade que a ciência clássica já não supria pelo seu caráter mecanicista em diversas áreas e a dificuldade de áreas humanas e sociais em definir suas metodologias rígidas consideradas necessárias para serem definidas como ciência.

No geral os propósitos da Teoria Geral de Sistemas são: 1) Integração das várias ciências independente dos objetos e métodos; 2) Integração centralizada no enfoque sistêmico; 3) A teoria como meio de alcançar uma teoria exata nos campos não físicos da ciência; 4) Princípios unificadores e, portanto da unidade da ciência; 5) Integração científica. (BERTALANFFY, 1973, p. 62).

A nobreza desses propósitos traz outra problemática: como agregar tantos saberes, métodos e técnicas variadas, objetos, sistema de todos os tipos sejam vivos e sociais? A resposta está na adequação de acordo com enfoque. A prática da análise aplicada aos sistemas mostra que é preciso aplicar diversos modelos de sistemas, de acordo com a natureza do caso e os critérios operacionais.

A adequação da teoria a sistemas que se enquadram e determinado enfoque é uma barreira típica de um campo novo. Essa proposta é capaz de dar conta de organizações diversas propondo definições exatas (quantificar) esses conceitos nos casos possíveis e submeter à análise qualitativa quando preciso.

A sistematização da abordagem sistêmica contém princípios relevantes no sentido de identificar um estudo de sistemas. O primeiro princípio atendido por esta pesquisa é o de que todo sistema é composto de elementos, variáveis e processos interdependentes, ou seja, qualquer alteração em um destes componentes afeta os demais. A categoria de análise escolhida é a paisagem urbana. Esta é composta por elementos como: geologia, geomorfologia, hidrografia, clima, vegetação, infraestrutura, seres humanos entre outros. Quanto as variáveis, a relação entre os múltiplos elementos que foi denominada de dinâmica natural e atuação do ser humano sobre o espaço geográfica da cidade estudada, na qual denomina-se ação antrópica. Os processos são decorrentes da inter-relação dos elementos e da atuação das variáveis tais como a ocupação de áreas fluviais e lacustres, o assoreamento e contaminação de corpos hídricos diversos, a alteração do ciclo hidrológico em função da compactação das superfícies, ou ainda dos impactos hidrometeorológicos como alagamentos, inundações e enchentes. (BERTALLANFFY, 1973, p. 23-26)

Outro princípio atende a classificação do sistema como aberto. De acordo com este requisito, os sistemas podem ser abertos ou fechados. Os sistemas naturais são abertos já que trocam tanto energia quanto matéria com outros sistemas. (BERTALLANFFY, 1973, p. 63). As cidades são ambientes construídos sobre um substrato natural, sendo portanto, um sistemas que recebe e fornece tanto matéria quanto energia com outros sistemas sejam outras cidades assentadas sobre outros substratos naturais ou ainda considerando sistemas como o atmosférico que caracteriza o clima local ou ainda com o litosférico modelado pela ação de processos erosivos, dentre tantos outros. A cidade interfere em outros sistemas e é afetada por estes, sendo assim um sistema aberto.

Um terceiro princípio atendido na pesquisa é o de que todo sistema é composto de partes menores, e que a soma destas partes é maior que o todo isolado, estas unidades são chamadas de funcionais. Considerando a morfologia fluvial da paisagem urbana estudada, foram escolhidas como unidades funcionais as sub-bacias hidrográficas que compõem o baixo curso do rio Poti e o conjunto de

bacias difusas do médio rio Parnaíba. Estas serão denominadas unidades geográficas. (BERTALLANFFY, 1973, p. 66)

O quarto princípio é a ideia da equifinalidade. O sistema para ser considerado como tal deve convergir para o mesmo propósito ou objetivo. Atendendo a este requisito a pesquisa analisa a partir da interação de 4 indicadores que avaliaram tanto a variável dinâmica natural quanto ação antrópica e define por fim a situação de qualidade ambiental por unidades geográficas, no sentido de avaliar as causas e efeitos impressas no espaço da relação entre elementos, variáveis e processos. (BERTALLANFFY, 1973, p. 111)

2.3 Abordagem de sistemas em Geografia: contribuições metodológicas

Nesta subseção será abordado o desdobramento da Teoria Geral de Sistemas no contexto da Geografia ou próxima a esta. Destaca-se as contribuições de Sotchava (1963, 1977), Bertrand (1972) e Tricart (1977). A abordagem sistêmica ganha aos poucos espaço nas diversas áreas do conhecimento como alternativa metodológica viável. As várias ciências, paulatinamente, vão se adequando a complexidade do estudo dos sistemas. Na Geografia não é diferente, o caráter desta ciência ao aliar componentes físicos e humanos ao estudo da superfície terrestre acabava por aproximar as intenções do saber geográfico a abordagem sistêmica. O objetivo é, portanto percorrer os autores que buscaram a adequação da referida teoria a ciência geográfica.

Inicialmente para a introdução do estudo dos sistemas no campo da Geografia é necessário compreender que esta ciência sempre esteve em busca de estudar as relações ou nexos entre os múltiplos aspectos ocorrentes no espaço. Ao definir as tarefas da Geografia Vidal de La Blache (1913) elenca que são seis as características ou tarefas que a identificam, que são: unidade terrestre; a combinação de fenômenos (conceito de ambiência que mais tarde é compreendido como meio ambiente); a superfície terrestre como campo de estudo; a força do meio e adaptação de todas as formas vivas; método descritivo; e o saber geográfico e histórico como complementares (a Geografia é a ciência dos lugares e não dos homens). (LA BLACHE, 1913, p. 6-12). Fortemente influenciador na tradição francesa da Geografia, Vidal de La Blache influencia a construção do saber geográfico e confirma a identidade desta ao determinar como tarefas da Geografia a necessidade de integração entre aspectos físicos e humanos ao longo do tempo.

Ainda no contexto da ciência geográfica, essa teoria ganha espaço no momento epistemológico conhecido como Nova Geografia, a partir da década de 1970, caracterizada pela necessidade de formulação de leis, modelos, quando propôs o uso de métodos quantitativos para a compreensão dos fatos espaciais. As adequações feitas dentro da Geografia fizeram com esta fizesse classificações e taxonomias a fim de aproximar esta ciência a ciências exatas, por tanto as categorizações presentes nesta ciência são fortemente influenciadas por este momento da história da Geografia. O uso dos sistemas como metodologia viável surge neste momento da história da Geografia, contribuindo para possibilidade de aplicação em estudos principalmente ambientais através da integração destes dados coletados.

A fim de associar os estudos dos sistemas aos estudos do espaço geográfico, Sotchava (1977) definiu geossistemas como uma categoria de análise da paisagem. Para ele o geossistema é o "potencial ecológico de determinado espaço no qual há uma exploração biológica, podendo influir fatores sociais e econômicos na estrutura e expressão espacial" (SOTCHAVA, 1977, p. 32). Ou seja, geossistema é uma área elementar da superfície terrestre com escala definida. A partir desta definição muitos autores passaram a contribuir de formas diferenciadas e concepções diversificadas. Destaca-se no conceito proposto por Sotchava a influência de fatores sociais e econômicos em interação com os aspectos físicos. Mesmo assim tendo em vista as abordagens subsequentes com caráter eminentemente naturalista o que predominou em publicações até início da década de 1980, influenciado especialmente por Bertrand.

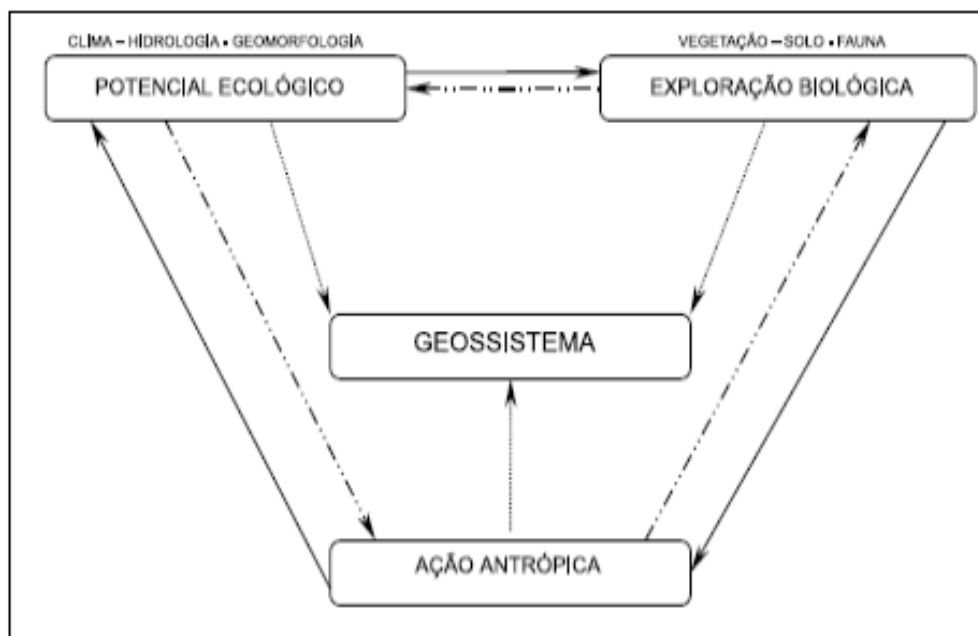
Bertrand (1972) em texto escrito para delinear o esboço metodológico do estudo da paisagem a partir dos geossistemas se baseia na Geografia física global, de escalas geográficas macro, e na análise da paisagem, mais especificamente de aspectos físicos. Para ele é necessária uma metodologia apropriada para as pesquisas que tem como objetivo a análise da paisagem sendo necessária a definição em relação a escala e propõe uma taxonomia para a compreensão da paisagem tendo como base a Teoria Geral de Sistemas assim como toda a proposta de análise a partir da abordagem da dinâmica da paisagem. Cita Tricart (1977) em relação a sua abordagem ecológica chamada de ecossistema e a relação entre morfogênese e pedogênese, embora com ressalvas a aplicação na Geografia Física.

Para Bertrand os geossistemas são compostos de três subsistemas, conforme figura 1. O potencial ecológico é subsistema composto pelos elementos clima, hidrologia, geomorfologia. O subsistema exploração biológica é composto por fauna, solo e vegetação. E o subsistema ação antrópica é formado pelos processos decorrentes da atuação dos seres humanos na paisagem.

A partir desta definição de geossistema de Bertrand, composta por três subsistemas, ele categoriza as paisagens de acordo com a evolução das mesmas que converge em certa proporção com os preceitos de Tricart (1977).

Bertrand ao propor esta compreensão da abordagem sistêmica, de análise da paisagem e de zoneamento global tem uma ligação profunda com a ecologia. Mais recentemente, ele incorpora outras dimensões a análise da paisagem a qual chama de GTP – Geossistema, Território e Paisagem, incluindo a dimensão humana como integrante do processo de dinâmica da paisagem. No entanto, esta pesquisa não contemplou esta proposta metodológica embora conheça até que ponto a proposta de Bertrand avançou.

Figura 1 – Esboço metodológico do estudo da paisagem de Bertrand (1968)



Fonte: Bertrand (1972).

A contribuição da teoria da Ecodinâmica proposta por Tricart (1977) para as possibilidades de aplicação na Geografia contribui para a compreensão da situação de vulnerabilidade dos sistemas ambientais. Com uma abordagem também

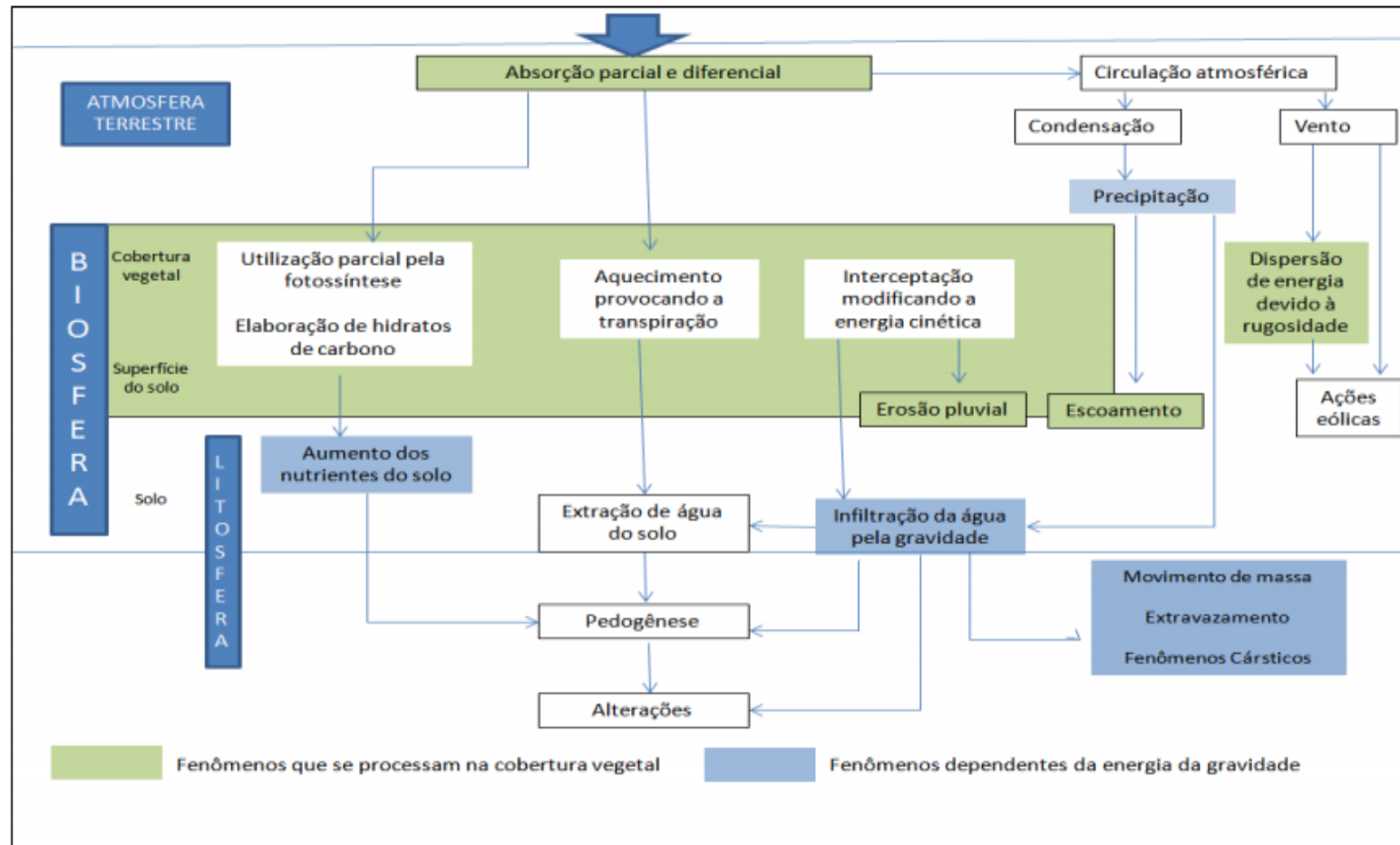
ecológica dos sistemas, por não contemplar a ação antrópica, ele chama de ecótopos o substrato terrestre que envolve geologia e geomorfologia, há uma tentativa de aproximação entre a Teoria Geral de Sistema, de Bertalanffy e o estudo da superfície terrestre, a zona de contato entre litosfera, atmosfera e biosfera.

Ao propor a Ecodinâmica (dinâmica dos ecótopos), Tricart estabelece como possibilidade de estudo a dinâmica dos ecótopos que dependendo das condições específicas de cada lugar pode gerar pedogênese e morfogênese e a partir destas gera ambientes estáveis, *intergrades* ou instáveis. Enfim, a ideia de uma análise do ambiente a partir dos processos decorrentes na superfície terrestre, as trocas de energia resultantes desses processos e a necessidade de se considerar esses aspectos na pesquisa científica para fins de resolução dos problemas de conservação, considerando aspectos históricos, elementos (agentes) e sua participação relativa nos processos é indispensável para resolução e compreensão de problemas ambientais. Para ele o conceito de sistema era naquele momento o melhor instrumento lógico em que se dispunha para o estudo dos problemas do meio ambiente por possibilitar o estudo de aspectos relacionados entre si.

Como Tricart (1977) traçou sua teoria a cerca do peso dos processos pedogenéticos e morfogenéticos não é aplicável para esta pesquisa o uso dos seus encaminhamentos de forma fiel, já que se trata de espaço urbano e não faz sentido falar de solo e processo de formação deste em espaços urbanos. No entanto, existe o pressuposto da adaptação da sua teoria, na intenção de avaliar a vulnerabilidade ambiental dos ambientes considerando a dinâmica natural ou ecodinâmica. Todo e qualquer ambiente possui atributos que podem potencializar ou não processos como erosão/ intemperismo e, portanto de modelagem do relevo.

O diagrama representado adaptado na Figura 2 representa como Tricart relaciona os múltiplos sistemas e a interferência destes na superfície terrestre, a zona de contato entre três sistemas: atmosfera, litosfera e biosfera.

Figura 2 – Diagrama representativo da Ecodinâmica de Tricart (1977)



Fonte: TRICART (1977), adaptado por LIMA, A.A.

A contribuição de Sotchava (1978) é significativa a medida que começa a incorporar de forma mais incisiva ao estudo dos geossistemas a dimensão humana que para ele modifica o geossistema. Neste momento será considerada uma fase de transição entre a abordagem naturalista e a antrópica. Sotchava publicou em dois textos sua orientação metodológica a cerca da aplicação da Teoria Geral de Sistemas na Geografia Física, no qual ele chama de estudo dos geossistemas, adéqua esta abordagem a referida teoria. Nos referidos textos o autor defende a tese de que é necessário um maior rigor quanto aos métodos dos estudos geossistêmicos bem como a necessidade de adoção de princípios para as propostas de classificação. De tal modo, o autor discorre sobre os princípios básicos para o estudo em geossistemas, um plano provisório de temas que segundo ele devem ser ainda investigados e as perspectivas dos estudos geossistêmicos.

Acrescentando a ideia de aplicação da Teoria Geral de Sistemas nos estudos dos geossistemas coloca que estes apesar de serem fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciam na sua estrutura e peculiaridades espaciais. Alguns fatores mesmo sendo antropogênicos podem ser referidos a categoria de naturais, mesmo quando seguem certos procedimentos socioeconômicos, confirmando ainda a abordagem sistêmica com viés ecológico. (SOTCHAVA, 1978, p. 7)

A abordagem de Bertrand (1972) em relação à abordagem ecológica de Tricart (1977) contribui para a compreensão em categorias da paisagem a partir da classificação de acordo com as escalas, e ainda à medida que define um subsistema dentro do geossistemas que seria a ação antrópica. No entanto, apenas a elenca sem discorrer naquele momento como seria de fato a interferência da ação humana sobre o geossistema.

Enquanto que Tricart (1977) apesar da abordagem ecológica possibilita avaliações do sistema em relação à situação de vulnerabilidade em relação às variáveis ligadas as ações do ser humano sobre a superfície terrestre que podem provocar ora morfogênese ora pedogênese dependendo da situação dos elementos e das variáveis que compõem o meio, classificando-os em mais vulneráveis ou instáveis ou menos vulneráveis ou estáveis, e ainda meios em processo de transição ou *intergrades*. Com as possíveis adequações é possível aliar as duas contribuições para estudos das paisagens ou dos geossistemas.

Tricart, Bertrand e Sotchava traçam o caminho metodológico para o estudo dos sistemas na Geografia ou ao estudo dos geossistemas. Embora haja diferenças claras de abordagem entre os três, a principal característica que os identifica é abordagem ecológica, apesar de que Sotchava introduz a temática humana como importante e atuante sobre o sistema.

Por fim acrescenta-se a esse apanhado conceitual a contribuição de Ross (1994) que ao discutir a fragilidade de ambientes naturais e antropizados faz uma ligação com elementos de análise significativos para o ‘desenrolar’ dos objetivos desta pesquisa. Segundo Ross (1994),

a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais. (ROSS, 1994, p.1)

Há, portanto uma convergência dos autores na articulação de elementos naturais e humanos para análises do espaço, em uma abordagem sistêmica. Os autores que o sucedem passam a tentar incorporar nos seus estudos de Geografia física, especialmente essa proposta metodológica principalmente para desenvolver a temática da dimensão humana sobre os sistemas e de forma mais aplicada para fins de planejamento territorial aliando aspectos físicos e humanos.

2.4 Abordagem de sistemas em Geografia para fins de planejamento

Os geossistemas ou abordagem sistêmica ecológica ou naturalista exposta na subseção anterior serve de embasamento para a próxima etapa que será abordada nesta seção. Especialmente para fins de planejamento territorial, muitos trabalhos são feitos com equipes multidisciplinares aplicando a concepção sistêmica ou holística, mas o diferencial é inclusão da dimensão humana através de variáveis com o uso e ocupação do solo para o estudo dos sistemas naturais.

A ação antrópica (subsistema do geossistema) de Bertrand, citada em Tricart (1977) e relevante em Sotchava (1978) passa a ser aprofundada nos estudos que se seguem especialmente para fins de planejamento. Segundo Monteiro, a definição de geossistema passa a partir da década de 80 pela concepção de um novo paradigma dentro da Geografia Física na qual tendia anteriormente a valorizar

os aspectos físicos em relação aos humanos, resquício de uma Geografia praticada no século XIX, do determinismo, possibilismo e estudos regionais. (MONTEIRO, 1996, p. 77-78)

Nos últimos 40 anos, o planejamento do espaço seja urbano, ambiental e regional, evidencia a necessidade de gerir os ambientes de forma eficiente e eficaz. A compreensão do mundo com a visão sistêmica possibilita aliar múltiplas variáveis para a compreensão do espaço. E para fins de planejamento é imprescindível aliar aspectos físicos e humanos para que de fato seja realizada uma intervenção baseada nas necessidades reais dos locais a serem planejados. Monteiro (1996, 2000, 2008) e Christofolletti (1978) contribuem para associar as atividades de planejamento e a metodologia da abordagem sistêmica, fazendo adequações e propondo análises.

Para Monteiro geossistemas seria uma abordagem integradora com vistas a facilitar o entrosamento entre os aspectos naturais e fatos sociais e humanos. "A perspectiva "sistêmica" seria uma racionalização científica daquilo que a "paisagem" ou a "região" sugeriam de modo quase que induzido e impreciso." (MONTEIRO, 1996, p. 78)

Monteiro (1996) considera o aprimoramento dessa "integração" holística como um pré-requisito muito necessário a compreensão da qualidade ambiental, ponto de partida para avaliações quantitativas, diagnósticos mais precisos possibilitando prognoses ambientais. "E há quem considere os geossistemas como algo não dissociado e não dissociável da Geografia" (MIHAILESCU, 1974, citado por MONTEIRO, 1996, p. 78).

Se tem sido difícil promover a integração dos fatos naturais e sociais, isto é decorrência da crença de que entre as "leis científicas" que regem os dois tipos são de natureza irreconciliavelmente distintas. Isso numa ciência "moderna" regida por leis rígidas e a procura de verdades incontestáveis e universalidades não seria possível compatibilizar aspectos naturais à humanos. (MONTEIRO, 1996, p. 95)

A partir da adoção dessa perspectiva para Monteiro (1996) o pesquisador deve levar em consideração alguns aspectos, que se apresentam como dificuldades ou desafios a serem superados. 'Antropizar' o geossistema seria a primeira delas, pois há uma relação diacrônica entre os aspectos físicos e humanos.

Em espaços com pouca interferência adota-se o modelo geocológico o que resulta em diagnóstico de potencial ecológico, segundo Bertrand (1972).

Já em espaços profundamente humanizados como áreas urbano-industriais, compatibilizar essas duas esferas na análise consiste em um desafio. Assim, ao lidar com o território compreendido na representação da Folha "Ribeirão Preto-SP" da Carta 1:250.000 e naquele trecho nordestino — do Araripe – Cariri, passando pelo sertão até o início da Borborema os esboços feitos, dentro dos contextos sub-regionais, geraram unidades espaciais geossistêmicas onde a consideração das componentes humanas teve relevância. “Quando se diz "esboçar", "sugerir", isto significa que há uma rejeição à linhas rígidas de desmarcação e uma opção por faixas (interfaciais) transicionais, pela falta de segurança na década de 1970, em investigações nas escalas de 1:250.000.” (MONTEIRO, 1996, p. 80)

Em seguida a necessidade de prática interdisciplinar, pois em áreas extensas as variáveis, elementos e fatores são múltiplos e diversos, configurando uma relativa complexidade. No caso de ter que penetrar em maior profundidade, na complexidade das áreas urbano-industrializadas, haveria que reforçar os vínculos interdisciplinares e trabalhar em escalas mais adequada (1:50.000 ou 1:25.000) quando se passaria do normativo ao verdadeiramente "proposital". (MONTEIRO, 1996, p. 80)

E por fim a superação das técnicas atuais de comunicação dos resultados produzidos já que indispensável a ilustração dos resultados obtidos para que se entenda os esquemas de inter-relação, facilitando a compreensão e organização dos elementos e grau de influência respectivo em cada processo. (MONTEIRO, 1996, p. 80)

O uso do paradigma do geossistema como alternativa as abordagens praticadas anteriormente na Geografia demonstra uma tendência pela busca da precisão na pesquisa ambiental em especial na Geografia. Dentre as muitas contribuições pode se destacar direcionamento dado em relação à antropização do geossistema no qual é levantada como dificuldade, pois em ambientes urbano-industriais faz necessária considerar os aspectos humanos em relação aos físicos. Isso deve se dar a partir da escolha de alguns componentes específicos para cada pesquisa.

Em seguida uma reflexão sobre a evolução integrada da paisagem é necessária para a compreensão de dinâmica dos processos, suas influências e

elementos que o compõem. Acrescenta-se a isso a possibilidade de classificação em unidades inferiores sendo que com tipologia proposta por Bertrand (1972) deve articular um maior número de correlações dos atributos na estrutura de uma paisagem, geossistemas ou unidade geocológica. Isto é, para a compreensão de uma paisagem é preciso conhecer todos os fatores e elementos que a compõem e em alguns casos classificá-la não para fragmentar mais para operacionalizar a pesquisa. (MONTEIRO, 2000, p. 30-32).

Há que se ter clareza do conceito adotado quanto a paisagem e geossistemas. Isso se deve a variedade de abordagens, conceitos e perspectivas adotadas pelos pesquisadores, o que configura uma busca generalizada por uma forma mais adequada de aplicação da teoria. É necessária a adoção de elementos bióticos e antropogênicos em relação à abordagem geográfica dirigida ao planejamento são importantes do ponto de vista de uma análise integradora do natural ao humano na síntese geográfica, além de serem acrescentados componentes sociais e políticos para fins de tomada de decisão. (MONTEIRO, 2000, p. 39-40).

O uso de técnicas de modelização convergentes para a caracterização do regime dos geossistemas, considerando o ritmo e a dinâmica temporal projetada sobre os espaços, esse tende a ser um procedimento bem sucedido em qualquer programa de pesquisa. (MONTEIRO, 2000, p. 48). Ao tratar de modelização é preciso considerar peculiaridades geográficas de tamanho (continental), grau de desenvolvimento econômico e capacidade científica e tecnológica. Os requisitos básicos para essa modelização seriam: 1. Montagem do modelo sob perspectiva de um Sistema Singular Complexo integrando aspectos socioeconômicos; 2. Representação de uma realidade espacial capaz de assumir relações sincrônicas; 3. Representação de uma inteireza diacrônica, ou seja, influências externas; 4. Simultaneidade e intimidade de correlação na análise temporal; 5. Observação empírica e proposição de modelos mais aperfeiçoados; 6. Conjunção de análises quantitativas e qualitativas. (MONTEIRO, 2000, p. 54)

A compartimentação dos geossistemas pode ser realizada considerando os limites relevo, isoietas ou uma dada formação vegetal apenas. Já que o geossistema é uma integração não parece lógico considerar um apenas. Embora considerando que estas variações ou atributos que possam indicar ou

sugerir, com maior peso, uma configuração espacial dos elementos do geossistema. (MONTEIRO, 2000, p. 58)

Em estudos de áreas urbanas devem ser considerados todos os aspectos relativos e devem buscar integrar todos eles juntamente com a ocupação humana, uso do solo e demais aspectos socioeconômicos. Em linhas gerais todos os componentes devem ser analisados. O que conduz a adoção do geossistema como referencial teórico pela própria natureza das pesquisas para fins de planejamento. (MONTEIRO, 2000, p. 62-67)

Dada às dimensões das áreas estudadas é possível também, segundo a complexidade dos mesmos e os interesses específicos do estudo (compatibilização dos usos dos solos) possibilitando o “confronto entre as diferenças unidades, seus atributos e usos, problemas configurados e sugestões para ações planejadas”. (MONTEIRO, 2000, p. 70).

Com a adoção dos procedimentos acima mencionados para apresentação dos resultados obtidos é possível a elaboração de uma Carta de Qualidade Ambiental (1:250.000) que apontam além dos elementos dos geossistemas os problemas ambientais relativos a área, devem também servir como ilustrações cartogramas, transetos e quadro de correlações. O que serve de instrumento para análises integradas especialmente para fins de planejamento e gestão de recursos em espaços menores como municípios. (MONTEIRO, 2000, p. 72)

O estabelecimento de um núcleo (área de interesse direta) e seu ambiente na montagem de um sistema aberto, dinâmico e em intercâmbio com seu entorno, possibilita a compartimentação em unidades menores, e o estabelecimento da estrutura tanto vertical quanto horizontal, os níveis intermediários numa organização hierárquica. De tal modo, enfatiza a articulação dos fatos socioeconômicos, aos usos relativos, aos aspectos físicos das paisagens. (MONTEIRO, 2000, p. 89)

A consideração da escala para fins de compartimentação seguem a algumas características. A ação do clima, relevo (ar e solos), assim como recursos bióticos caracterizam as unidades superiores do espaço, ou seja, em escala média. Em áreas menores, investigar os impedimentos, inadequações, conflitos entre as forças naturais e a utilização e a ação antrópica. Dada à ação dos elementos e jogo

de fatores em escalas diversas, reforçando a ação antrópica em escalas inferiores em relação às superiores. (MONTEIRO, 2000, p. 98).

Na tentativa de aperfeiçoar essa abordagem o que se apresenta é a inserção da discussão da questão ambiental na agenda da Geografia e as contribuições em relação ao planejamento no qual os geógrafos participam de equipes multidisciplinares a fim de incorporar as contribuições da Geografia para as ações a serem executados pelo poder público em algumas experiências, nas quais Monteiro pode participar de algumas delas.

Monteiro coloca que no âmbito da Geografia praticada no Brasil, por exemplo, é perceptível que parte dos geógrafos do ramo rotulado de físico, continua a dar importância e a exaltar a importância da natureza sem destacar os aspectos humanos ou sociais. Quando se trata da questão ambiental (*eminente humana e física, grifo nosso*) como debate a ser relevante do ponto de vista da discussão dentro da Geografia, muitos são aqueles que não reconhecem e lida como uma falsa questão. (MONTEIRO, 2008, p. 94)

Em relação aos estudos urbanos elaborados com vistas ao planejamento territorial, aspectos sociais, políticos, econômicos, ambientais e culturais devem ser considerados “(...) para que o diagnóstico sério possa conduzir a um prognóstico válido. Se não houver conexão dos fatos que revelam os modos como estão sendo usados os recursos serão mal geridos.” (MONTEIRO, 2008, p. 97). Os exemplos de interferência no meio ambiente para fins de planejamento apontam para “(...) absoluta necessidade de haver uma área de investigação científica que possa ter livre trânsito nos campos do natural e socioeconômico. E esta é atributo da Geografia.” (MONTEIRO, 2008, p. 98).

Monteiro (2006) defende a sua prática colocando a abordagem sistêmica como uma prática aplicável na contemporaneidade em relação à abordagem regional, mais tradicional. No entanto, ainda não constitui para ele em prática consumada, defende a configuração da abordagem ao considerar a particularidade da unidade “contra o eterno mal-entendido da dicotomia natural-social na Geografia.” (MONTEIRO, 2008, p. 103)

Dada a dimensão espacial e quantidade de variáveis possíveis a serem consideradas na montagem de um geossistema não pode pretender considerar todos os fatos possíveis de identificar sobre um dado espaço considerando a complexidade mesmo que em espaços de dimensão pequena. Só sendo possível

meio de resolver um problema específico; “(...) a emergência do problema deve constituir-se mediante conexões, elos (*links*) entre os fatos de natureza diferente.” (MONTEIRO, 2008, p. 115)

Desse modo, conclui-se que em um estudo que tenha essa abordagem deve definir um problema a ser solucionado, tendo este que elencar todos os componentes, fatores relacionados e variáveis dentro daquele geossistema. A necessidade de planejamento considerando as relações estabelecidas dentro de um determinado espaço e gestão eficaz destes deve ser o mais ampla possível, mas a definição de um objetivo definido a ser alcançado direciona as ações. O planejamento para Monteiro é relevante apesar de suas inegáveis limitações e dificuldades, principalmente nas cidades. (MONTEIRO, 2008, p. 127-130)

Em relação a essa cidade enquanto espaço humanizado e artificial, centro do espaço humanizado, especialmente o crescimento destas, em grandeza morfológica e complexidade funcional, inverteu-se aquele sistema coerente de oposições cidade-campo. “Os espaços naturais, em vias de crescente retração, são agora valorizados como alívio as agruras da vida urbana. São valorizados como espaços de lazer e turismo.” (MONTEIRO, 2008, p. 129)

Segundo Monteiro estudar a cidade em enquadramento geográfico é relacionar aspectos naturais aos culturais, variáveis naturais e socioeconômicas, a partir da humanização do espaço e do tempo. Além disso, a qualidade ambiental nas cidades brasileiras está íntima e indissolúvelmente ligada à qualidade social. (MONTEIRO, 2008, p. 130-131). Portanto, estudos dos espaços urbanizados devem associar estas duas esferas presentes nas cidades acrescenta-se ainda a esfera econômica.

Por outro lado, para Monteiro as experiências relativas ao planejamento urbano no Brasil, relacionada aos Planos Diretores obrigatórios para cidades metropolitanas quanto a aplicação tem sido na prática pequena ou nula principalmente considerando a execução dos mesmos. (MONTEIRO, 2008, p. 134).

Citando a experiência que teve no planejamento urbano de Barcarena (PA), no final da década de 1970, Monteiro aponta três problemas relacionados a proposta de implantação desta cidade como aporte para ao complexo industrial Albrás-Alunorte, que se ligava a hidrelétrica de Tucuruí. Os problemas apontados são os relativos a ventilação e a relação urbana entre o uso residencial e o uso industrial; a relação estética entre a natureza presente e a estética na procura por

implantar uma forma compatibilizá-las; e o aproveitamento da cobertura vegetal no desenho urbano (o lugar da natureza na cidade do homem). Em relação a este último problema aponta para necessidade que retrata a manutenção de parte da vegetação nativa na construção de residências e outras construções. É que o planejamento adequado dessa retirada evitou, por exemplo, que com o decorrer dos anos as árvores que permaneceram não caíssem sobre as construções, já que a opção por retirar determinadas árvores mais jovens poderia enfraquecer as mais antigas que permaneceram. Isso foi resultado da experiência anterior vivenciada pelo coordenador do planejamento em outro trabalho realizado na cidade de Marabá, também no Pará. (MONTEIRO, 2008, p. 138-139)

No mais pensar ou planejar a cidade, para Monteiro deve considerar três dimensão relativas a dimensão política, a criação urbana e a relação cidade-campo. A fundamentação política remete ao aporte legal relacionado aos planos diretores e demais instrumentos que considera a cidade como aglomerado de pessoas que se expressam pela produção de um espaço multidimensional e variado do ponto de vista político, econômico, social, cultural, ambiental, além disso, é afetada pela realidade urbana e “atraídos pela possibilidade de felicidade e libertação são submetidos a um jogo intrincado de muitas aspirações frustradas e novas conquistas realizadas.” (MONTEIRO, 2008, p. 141-142).

Relacionada à criação urbana, Monteiro destaca os aspectos relativos a necessidade de envolvimento da prática interdisciplinar para a solução de problemas urbanos, a relação entre os problemas ambientais e desigualdades sociais; a junção destes possibilitará subsidiar as difíceis diretrizes do planejamento, considerando as condições específicas dos processos naturais aliada aos progressos tecnológicos e a criação artística como técnicas de possibilitem melhor convivência nas cidades, e soluções produzidas nos problemas sociais, pela correção de desigualdades; e os espaços verdes nas cidades na qual reforça a importância por se projetar em vários setores da realidade urbana, desempenhando funções nos espaços urbanos:

“infiltração atenuando o escoamento pluvial (intenso nas regiões tropicais); abastecimento dos lençóis freáticos e mananciais; base indispensável a fauna que lhe é peculiar com sua variedade de coloração entra não só no jogo da composição estética dos espaços livres mas representa pela sua atuação no albedo (reflexão/ absorção da luz/ calor solar), importante fator na gênese do conforto térmico urbano”. (MONTEIRO, 2008, p. 145)

E por último a geração de uma sociedade urbana que tende a modificar as relações cidade-campo e conduzir para a relação cidade-campo-natureza. As mudanças relacionadas a essa conexão faz sentido quando são observados sinais na interpenetração entre o urbano e o rural já que as cidades espalham-se pelo campo circundante; a concentração urbana e a dispersão rural são aspectos que levam os planejadores a considerar os termos econômicos referentes à infraestrutura, já que na concentração do ponto de vista social implica em menos gastos para obras básicas e na dispersão favorece as condições climáticas ambientais, resultando em ampliação considerável das redes de obras infraestruturais; e por fim em relação a essa nova relação deve-se considerar a estruturação urbana deficiente em relação da demanda da própria cidade somada a do campo que tende a ampliar sua ocupação na cidade, maximizando os problemas inclusive ambientais. (MONTEIRO, 2008, p. 146-147). Para fins de planejamento territorial mais uma vez Monteiro advoga em relação a abordagem sistêmica como metodologia mais apropriada e amplia a discussão relativos aos estudos e planejamentos urbanos considerando dimensão política e social.

Outro autor expressivo nesta abordagem sistêmica mais humanizada e objetivando o planejamento ambiental e regional é Christofolletti (1979), que define quais são os atributos que caracterizam uma abordagem sistêmica, estes devem, no entanto orientar as formulações teóricas e a estruturação dos sistemas. O primeiro atributo seria a funcionalidade que serve como critério para salientar a transformação que ocorreu no espaço, ou seja, a integração funcional que torna os elementos participantes dos sistemas. Quando se trata de Geografia isso é indispensável no que diz respeito ao estudo explícito do funcionamento dos artefatos presentes no espaço. Não basta estudar os elementos e seus padrões espaciais, é necessária uma análise integrada deste funcionamento. (CHRISTOFOLETTI, 1978, p. 29)

Outro atributo é o fechamento dos sistemas, neste caso não no sentido de classificação mas de identificação de quais os elementos que o compõem. A definição deste atributo se dá a partir distinção dos elementos que compõem o sistema e os elementos pertencentes a ele. “A definição de qualquer sistema particular é arbitrário, o universo parece ser feito de conjunto de sistemas, cada um sendo contido dentro de outro maior.” (CHRISTOFOLETTI, 1978, p. 30). A entrada e saída de matéria e de energia determinam o fechamento ou não do sistema. Em

geral grande parte dos sistemas naturais são abertos com fluxo de matéria e energia permanente mas nem sempre constante, o pesquisador deve optar por quais elementos irá centrar sua análise. Definir os elementos é também definir com clareza até onde o objeto da investigação será analisado.

Quanto ao ambiente do sistema, este atributo faz relação direta com um sistema de ordem mais elevada, tendo em vista que os sistemas encontram incorporados em conjunto maiores conectados através de matéria e energia que compõem este ambiente maior. A definição de Sá a partir de quais elementos deste ambiente maior interfere diretamente no sistema em análise, fazendo com que sejam excluídos todos os elementos irrelevantes a compreensão do funcionamento do objeto estudado. (CHRISTOFOLETTI, 1978, p. 30)

A equifinalidade refere-se ao princípio da equifinalização que assinala que o estado do sistema em qualquer tempo não é determinado pelos processos iniciais, mas pela natureza ou dos parâmetros do próprio sistema, ou seja, as condições iniciais diferentes conduzem ao resultado final semelhante, a mesma finalidade. (CHRISTOFOLETTI, 1978, p. 31). A complexidade das relações input-output (entrada e saída) faz referência aos processos de entrada de matéria e/ou energia que a transformam a em saída. Dando como exemplo a rede de drenagem, Chistofoletti coloca que:

Uma bacia de drenagem pode ser considerada como sistema no qual a entrada é a precipitação e a saída o débito do rio principal. As relações temporais entre elas podem ser expressas em vista da diferença de tempo que medeia entre a precipitação e o pico do débito para determinado tipo e grandeza de cheia. (CHRISTOFOLETTI, 1978, p. 31)

Com isso, as relações espaciais incidem nesse processo de transferência e passagem de fluxos pelos diversos elementos. Dependendo da dimensão e da temporalidade esse processo varia e estão ligadas também as relações espaciais entre os mais diversos elementos e com os processos de fluxo e de armazenamento. (CHRISTOFOLETTI, 1978, p. 32).

Christofoletti (1979) ao expor as definições sobre o sistema elenca o que caracterizam a análise de sistemas em Geografia que são os elementos ou unidades, relações, atributos, entrada (*input*) e saída (*output*) nestes dois últimos de energia e/ou matéria. Além disso, classifica os sistemas em sistemas morfológicos que depende dos atributos do sistema, sistemas em sequência que depende dos

processos, e sistemas de processos respostas que se configuram a partir da interação dos processos e dos atributos.

Segundo Christofolletti (1979) no estudo da cidade e de sua rede de drenagem, este se enquadra como sistema de processos-respostas, ou seja, no funcionamento e estruturação deste tipo de sistema há uma busca constante por equilíbrio, se houver qualquer modificação na intensidade dos processos como consequência haverá modificações nos aspectos das formas. (CHRISTOFOLLETTI, 1978, p. 55)

Acrescenta-se ainda contribuição de Ross (1994) ao fazer a análise dos ambientes antropizados. Destacam-se nesta abordagem as marcas que são impressas na paisagem pela passagem e intervenção humana. Desde a instalação da rede urbana, da rede viária até o empobrecimento do solo e degradação da cobertura vegetal, tudo isso e muitos outros acontecimentos expressam o impacto ambiental das atividades humanas, ou segundo o autor são resultados de práticas econômicas predatórias. (ROSS, 1994, p. 2). Diante desta constatação, de acordo com o mesmo autor, é preciso e urgente a adoção de um Planejamento Físico Territorial em perspectiva que vai além da econômica-social, mas inclui também a dimensão ambiental, física dos espaços.

Ao adotar esse tipo de planejamento é preciso considerar não apenas as características físicas, e as potencialidades naturais e humanas, (...) “sobretudo as fragilidades dos ambientes naturais face as diferentes inserções do homem na natureza”. (ROSS, 1994, p.2). E quando se trata de estudo integrados e espacializados, seja para fins de planejamento ou acadêmicos, no tempo e no território devem contemplar os diversos componentes do estrato geográfico ou a superfície terrestre bem como a inter-relação entre elas, bem como as relações sócio-econômicas entre os homens e destes com a natureza. (ROSS, 1994, p. 3). Os seres humanos são, portanto, parte da dinâmica que envolve a Terra. Esta abordagem está inclusive reforçando a ideia apresentada do Tricart (1977) citado anteriormente, e ainda dos fluxos de energia e matéria.

A partir da Análise Empírica da Fragilidade do ambientes naturais, Ross (1994) dá direcionamentos metodológicos o que diz respeito a operacionalização de um estudo integrado. Passando pela identificação de tipologia de relevo, inclinação e formas; do solo como a potencialidade agrícola (aptidão agrícola ou capacidade de uso), ou das ações antrópicas ligadas a agropecuária;

tipos de uso da terra e do clima, regime de chuva, intensidade, volume, duração. Enfim é possível ter uma síntese da situação de fragilidade dos ambientes naturais, a qual denomina-se nesta pesquisa de susceptibilidade ambiental, e assim ter como resultado final a Análise Geográfica Integrada do objeto de estudo.

Por fim, Monteiro (1991) coloca um “importante ponto de mutação” na construção da ciência moderna, que para ele se configurava como emergência de um conhecimento mais conjuntivo e maior interação entre as ciências. Para estudos mais complexos faz-se necessária uma abordagem multidisciplinar a fim de congregiar as contribuições de várias áreas do conhecimento. Adotando o termo de mobilidade das fronteiras, Hissa (2006) coloca que no saber científico, é preciso congregiar e se utilizar outros saberes já que não há unanimidade em nenhuma ciência específica faz se necessária sempre uma contribuição de outra área.

2.5 Macrozoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba: um estudo aplicado a nível regional

Para ilustrar a aplicação da concepção sistêmica no âmbito da Geografia podem ser citados trabalhos executados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na Série de Estudos e Pesquisas em Geociências publicados no decorrer da década de 1990 e ainda os trabalhos que contaram com a participação Monteiro em Barcarena (PA), no final da década de 1970, embora a intenção não fosse aplicar esta teoria este trabalho de consultoria contou com a equipe multidisciplinar para planejar e executar a construção da cidade do complexo industrial Alunorte aliando aspectos físicos e humanos.

Os trabalhos do IBGE são de dimensão regional considerando bacias hidrográficas relevantes como, por exemplo, Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba e Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru. A série totaliza um número de 17 publicações que basicamente possuem a mesma metodologia e fundamentação teórica na abordagem sistêmica conforme citado anteriormente. São sistematizados em quatro etapas: caracterização da área de estudo, zoneamento ambiental, vulnerabilidade ambiental e pressão antrópica que envolvem algumas variáveis tais como: atividades econômicas, uso da terra, urbanização e densidade populacional.

O Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do rio Parnaíba é um documento que faz parte da Série de Estudos e Pesquisa em

Geociências, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Publicado em 1996, o referido documento utilizou como base cartográfica os dados obtidos a partir do Projeto Radam Brasil de executado no decorrer das décadas de 1970 e 1980, que teve como objetivo capturar imagens de radar de parte considerável do território brasileiro, as conclusões dos estudos feitos a partir desse imageamento foram publicados por temas (geologia, geomorfologia, pedologia, clima e fitoecologia) e puderam dar apoio a diversos estudos sobre os recursos naturais e físicos do país. O objetivo deste trabalho foi fornecer subsídios para formulação de projetos que objetivem o desenvolvimento e conservação dos recursos naturais.

A representação espacial se deu por folhas sequencialmente numeradas. A junção das seguintes folhas compreendem à região natural da bacia do rio Parnaíba: folhas SB.23 – Teresina e parte da Folha SB.24 – Jaguaribe, SA.23 São Luís e parte da folha SB 2425 – Jaguaribe/ Natal, SC 24/25 – Aracaju/ Recife e folha SC.23 – Rio São Francisco. Utilizaram-se imagens de Radar SLAR 1976 e imagens LANDSAT TM (1987 e 1988), na escala de 1:250.000. Os dados temáticos foram adequados e atualizados.

O estudo tem como indicativo metodológico o enfoque sistêmico como referencial Bertrand (1968) e Tricart (1977) para integração de componentes naturais e socioeconômicos. Enfim, este trabalho é um exemplo da aplicação do paradigma dos sistemas em estudos técnicos eminentemente geográficos, e que pode se adequar a estudos geoambientais considerando as escalas de análise e adequando as variáveis que compõem cada objeto estudado.

Conforme figura 3, o estudo foi ordenado em fases seguinte maneira: Fase 1 –compreende a obtenção dos dados, atributos e propriedades sejam dos componentes físicos e bióticos tendo como base estudos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, fitológicos e indicadores socioeconômicos, estes que demonstram as formas de uso e ocupação do solo; Fase 2 - definição dos geossistemas: identificação das relações de causa e efeito na dinâmica e na estrutura dos espaços, ou seja, a correlação entre os diversos componentes e atributos que geraram zonas específicas de diferenciação das áreas no entorno. Estas foram então classificadas e zoneadas; Fase 3 – Ecodinâmica ou identificação da vulnerabilidade natural do ambiente e das respectivas pressões antrópicas que definem a qualidade ambiental. (IBGE, 1996, p. 18-19)

A primeira etapa está diretamente ligada a tradição geográfica de descrição de áreas que identifica esta ciência. Etapa esta que envolve coleção de dados e informações sobre condições físicas e bióticas a partir de estudos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, da vegetação e de indicadores socioeconômicos este último refletido nas formas de ocupação e uso do solo. Na segunda etapa é feita a identificação na estrutura e dinâmica diferenciadas para composição do zoneamento ambiental, inspirado nas unidades taxonômicas de Bertrand (1972), nesta etapa foi possível dividir as áreas de estudos em unidades homogêneas a partir da ordem de grandeza região em seguida geossistemas e geofácies.

A partir da compartimentação morfoestrutural e da compartimentação morfopedológica é feito o zoneamento ambiental que resultou em seis regiões fitoecológicas correspondentes a savana (cerrado), estepe (caatinga), floresta ombrófila aberta, floresta estacional decidual, áreas de formação pioneira e áreas de tensão ecológica.

Dentro das zonas ambientais anteriormente citadas, em seguida são definidos dezenove geossistemas, são eles: Chapada do Alto Parnaíba, Vãos do Alto Parnaíba, Cabeceira do Parnaíba, Tabuleiros de Balsas, Chapada das Mangabeiras, Tabuleiros do Canindé, Depressão de Crateús, Depressão de São Raimundo Nonato, Chapada do Araripe, Cuesta da Ibiapaba, Cuesta Bom Jesus do Gurguéia, Cabeceiras do Gurguéia, Chapada da Tabatinga, Vale do Gurguéia, Tabuleiros do Parnaíba, Baixada de Campo Maior, Superfície Litorânea e Delta do Parnaíba.

A próxima etapa consistiu na identificação da vulnerabilidade natural do ambiente baseado na Ecodinâmica de Tricart (1977). A análise da dinâmica por geofácies permitiu avaliar os riscos potenciais em cada uma delas a partir do estudo das características do relevo como declividade das encostas, intensidade da dissecação e processos morfogenéticos e ainda nos atributos das associações dos solos, em condições climáticas relativas à concentração das chuvas, nos atributos litológicos e na capacidade de proteção da vegetação à erosão do solo. (RIVAS *et al*, 1996, p. 19)

Dinâmica dos ambientes ou ecodinâmica que definirá a qualidade ambiente é classificada a partir de dos parâmetros de muita fraca, fraca, moderada, forte e muito forte. Aqueles geossistemas com vulnerabilidade muito fraca são os

que apresentam grande resistência a ação do processo de degradação. Os geossistemas com vulnerabilidade fraca também apresentam resistência, os processos erosivos são responsáveis pelo transporte de material fino. Nos ambientes de vulnerabilidade moderada a atuação dos processos erosivos acabam provocando a perda do horizonte superficial pela ação da erosão laminar em sulcos. Em ambientes com vulnerabilidade forte os processos erosivos são mais intensos pela ação generalizada tanto do escoamento difuso quanto do concentrado, há ainda a relação com processos de sedimentação, remoção e aporte de material sedimentar decorrentes da intensidade e capacidade do escoamento fluvial. E por fim, em ambientes com vulnerabilidade muito forte compreende a intensidade dos processos erosivos que acabam por limitar a formação de solo na área.

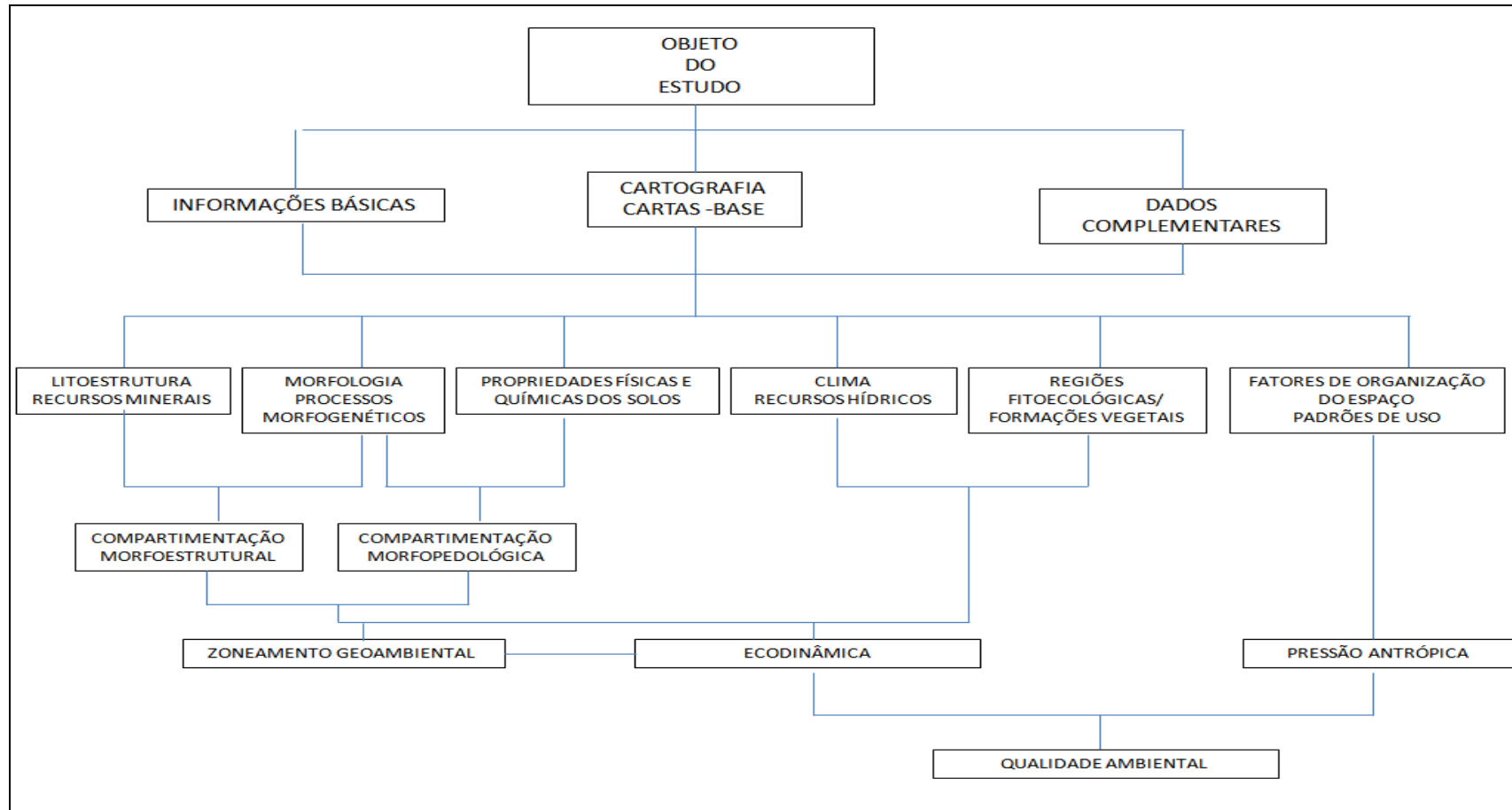
A última etapa envolveu a definição de classe de pressão antrópica decorrentes do uso da terra naquele momento do estudo. Os padrões estão diretamente ligados a magnitude e dimensão de atividades econômicas que variaram de acordo com as áreas de estudo sobre elementos naturais que produzem alterações nestes proporcionais a seu impactos sobre o solo. A partir do cruzamento entre vulnerabilidade ambiental e da pressão exercida pelas atividades produtivas foram definidas a situação do ambiente. Neste caso foram definidas seis categorias: Estabilizado, Satisfatório, Tolerável, Ruim, Grave e Crítico. (RIVAS *et al*, 1996, p. 20)

A situação ambiental, baseada na pressão antrópica, em que se encontra o geossistema é uma relação direta entre a vulnerabilidade ambiental e o as atividades exercidas sobre ele, ou seja, do uso e ocupação do solo. São definidas como ambientes em situação ambiental estabilizado, satisfatório, tolerável, grave e crítica.

A finalidade a que se propõe o estudo é o de definir a qualidade ambiental dos respectivos geossistemas. Dessa forma, com definição da vulnerabilidade (dinâmica dos ambientes) e a análise das formas de uso de cada geossistema é possível concluir como se encontra os ambientes estudados, considerando ainda os atributos físicos de cada um deles.

A metodologia apresentada no documento tem como embasamento teórico a teoria geral dos sistemas especialmente Bertrand (1968) e Tricart (1977). Para fins de subsídio em estudos na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, o referido trabalho atende parcialmente quanto às informações especialmente os dados humanos são pouco expressivos para serem utilizados em outros estudos.

Figura 3 – Metodologia do Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba (1996)



Fonte: RIVAS *et al*, 1996.

2.6 Considerações parciais

A discussão emergente da interdisciplinaridade em busca da transdisciplinaridade dá suporte a pesquisa tendo em vista que a intenção deste trabalho é de fato congrega saberes em busca da compreensão da relação entre a sociedade e a natureza da dimensão da cidade, ou seja, contribuir de forma efetiva através do olhar geográfico para questões a cerca do planejamento e gestão ambiental da cidade, através da adoção do paradigma dos sistemas e da análise geográfica integrada.

Os autores clássicos Bertrand, Tricart e Sotchava na tentativa de traçar uma metodologia sistêmica aplicada a Geografia contribuem na construção conceitual do termo geossistema. O estudo dos geossistemas a partir da contribuição destes e de outros autores passaram a ser relevantes especialmente na análise de sistemas ambientais dada a necessidade de compreensão de funcionamento destes sistemas a fim de dar respostas a questões ambientais atuais.

A aplicação da metodologia sistêmica na Geografia ou do estudo dos geossistemas avança a tal ponto de ser considerada uma estratégia de análise aplicada aos planejamentos sejam eles urbanos conforme Monteiro, ambientais conforme Christofletti, ou regionais como Rivas. Mais precisamente para a compreensão do aspecto urbano relacionando à dimensão ambiental este embasamento conceitual deu sustentação para análise feita nesta pesquisa principalmente no que diz respeito a inter-relação entre os elementos analisados para que se chegar a síntese apresentada na última seção.

3 ELEMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

3.1 Introdução

Nesta seção será apresentada a metodologia escolhida para a realização da pesquisa. Pretende-se abordar a justificativa, a problematização, as opções teóricas e os princípios necessários, os objetivos pretendidos, as etapas e técnicas para alcance dos resultados. Com isso, evidenciar o caminho a ser percorrido diante da realidade que se pretendeu.

3.2 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa se justifica pela necessidade de resposta da seguinte pergunta: em espaços profundamente ocupados, o que é possível fazer para alcançar uma melhor qualidade de vida para população citadina que sofre as consequências do modo de vida urbano moderno? E quais as possibilidades de metodologias para a compreensão da dinâmica espacial das cidades? Desse modo, pretende-se contribuir de alguma forma com possibilidade de utilização de duas variáveis: sub-bacias hidrográficas como componente físico do espaço e ação antrópica através do uso da terra como componente socioeconômico deste mesmo espaço. A partir da composição destas avaliar o grau de vulnerabilidade ambiental de cada unidade geográfica (sub-bacia hidrográfica) e por fim a síntese da qualidade ambiental destas. Por fim dar subsídios a possíveis intervenções a serem feitas na cidade em questão. É clara a opção por uma variável física e outra humana, e no contexto destas outra diversidade de variáveis que as compõem. O desafio é conciliar duas variáveis em busca de análise filiada a abordagem sociedade-natureza a qual chamaremos de análise geográfica integrada composta das etapas de zoneamento ambiental do espaço estudado, análise da dinâmica natural do ambiente estudado e avaliação da pressão antrópica, já praticada por vários grupos de pesquisa com finalidade de suplantar a questão dicotômica da Geografia humana versus Geografia física. Ao final, é possível sintetizar a qualidade ambiental do ambiente estudado, neste caso de uma cidade, mas que pode ser aplicado a qualquer espaço que tenha como objetivo a análise da dimensão ambiental.

O objetivo geral é fazer a análise geográfica integrada de aspectos físicos e humanos da cidade de Teresina com base nos preceitos da abordagem sistêmica como possibilidade de subsidiar ações de gestão dos recursos naturais e

redução de impactos naturais negativos para a população residente. Desta maneira o que se visa é dar uma contribuição para o planejamento territorial com base nos indicadores analisados. Como objetivos específicos se pretende fazer o levantamento de indicadores ambientais e humanos correlacionados que possam contribuir para elaboração de uma síntese de qualidade ambiental; elaborar uma síntese da qualidade ambiental da cidade com base nos indicadores levantados por unidades geográficas estudadas; e por fim classificar as sub-bacias hidrográficas por níveis de prioridade tendo como referências os dados obtidos e informações geradas.

A metodologia do trabalho consiste no método dedutivo e sistêmico. O primeiro pelo uso de princípios de leis físicas tais como a forma geométrica como potencializador ou inibidor de processos naturais específicos e a lei da gravidade como agente de modificação das formas de relevo. Já o segundo método sistêmico consiste na idéia de que o objeto de estudo seja um sistema dependente de outros, que se interrelacionam e formam o objeto de estudo (sistema) através da associação de fatores tanto naturais quanto antrópicos.

As etapas percorridas, conforme consta na Figura 8 e que ilustra a metodologia, foram:

- 1ª etapa: Caracterização geral da área de estudo considerando aspectos físicos e humanos. Foi realizado ainda um resgate histórico da formação do espaço urbano e da situação da gestão ambiental da cidade estudada no contexto da Agenda 2015 – Plano de Desenvolvimento Sustentável de Teresina (2006);
- 2ª etapa: Zoneamento ambiental a partir de sub-bacias hidrográficas, que totalizaram 70 (setenta) unidades funcionais ou geográficas a serem analisadas, a luz do conceito de região natural elementar e extraído do Plano de Drenagem Urbana de Teresina (2010);
- 3ª etapa: Identificação e levantamento de variáveis naturais a forma da bacia de forma empírica através da análise e amplitude altimétrica);
- 4ª etapa: Identificação e levantamento de variáveis humanas (uso da terra e taxa de ocupação da terra);

- 5ª etapa: Elaboração da matriz de resultados considerando os quatro indicadores: forma da bacia, amplitude altimétrica, uso da terra e taxa de ocupação da terra, no software Microsoft Excel a partir do somatório simples dos quatro indicadores.
- 6ª etapa: Elaboração de síntese de susceptibilidade natural por sub-bacias hidrográficas a partir da soma dos indicadores, ordenando a respectivas unidades em três categorias nível de susceptibilidade máximo, médio e mínimo.

Para atender este objetivo serão usados os mesmos parâmetros estabelecidos para os indicadores. Portanto a classificação de acordo com susceptibilidade a riscos dos ambientes estudados foi: 1) Mínimo; 2) Médio; 3) Máximo. O nível de susceptibilidade baixo corresponde a áreas em que as intervenções podem ser voltadas para ações de educação ambiental, consolidação de áreas de proteção e sistematização de coleta seletiva de resíduos. O nível de susceptibilidade médio corresponde a áreas que precisam ser monitoradas constantemente e que podem necessitar de adequações no sistema de drenagem construído. O nível de susceptibilidade máximo são áreas que apontam para a necessidade de medidas estruturais significativas para drenagem da água, portanto que demandam mais recursos financeiros.

Entende-se como susceptibilidade a riscos ambientais a condição de determinado espaço, considerando aspectos físicos e da ação antrópica sobre ele, de ter suas características alteradas dependendo do grau de impacto dos eventos sobre o respectivo espaço. Assim, um determinado espaço com características físicas e pressão antrópica específicas têm o risco de alteração maior ou menor de acordo com a interação destes aspectos típicos.

As cartas foram elaboradas tendo como base cartográfica a divisão por sub-bacias hidrográficas da cidade de Teresina que consta no Plano de Drenagem Urbana de Teresina (2010) utilizando o software *ArcGis* 10.1, da Esri, licença *Trial Free* EVA064366538, em nome da autora.

3.2 Bacias hidrográficas: elementos para análise

O comportamento de uma bacia hidrográfica e em menor escala de uma microbacia ou neste caso específico da sub-bacia é função de suas

características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc.) e do tipo da cobertura vegetal existente ou da ausência desta. (LIMA, 1976).

As características físicas e bióticas e ainda as modificações feitas pela ação antrópica possuem papel significativo nos processos relativos ao comportamento dos corpos hídricos influenciando, dentre outros, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficial e subsuperficial. (TONELLO, 2005).

No caso das bacias hidrográficas os dados quantitativos auxiliam na compreensão e distinção de formas de relevo, bem como dos fatores que influenciam sua formação. Conforme Tonello (2005),

Em estudos das interações entre os processos, sob o ponto de vista quantitativo, utiliza-se o método de análise morfométrica através dos seguintes parâmetros: densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, forma da bacia, dentre outros. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES & CASTRO, 2003, citado por TONELLO, 2005, p. 10).

As características específicas chamadas de morfométricas conduzem para a identificação das sub-bacias e podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem segundo Tonello (2005), conforme quadro abaixo:

Quadro 1. Características morfométricas de bacias hidrográficas

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total Perímetro total Coeficiente de compacidade (Kc) Fator forma (F) Índice de circularidade (IC) Padrão de drenagem
Características do relevo	Orientação Declividade mínima Declividade média Declividade máxima Altitude mínima Altitude média Altitude máxima Declividade média do curso d'água principal
Características da rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal Comprimento total dos cursos d'água Densidade de drenagem Ordem dos cursos d'água

Fonte: Tonello (2005).

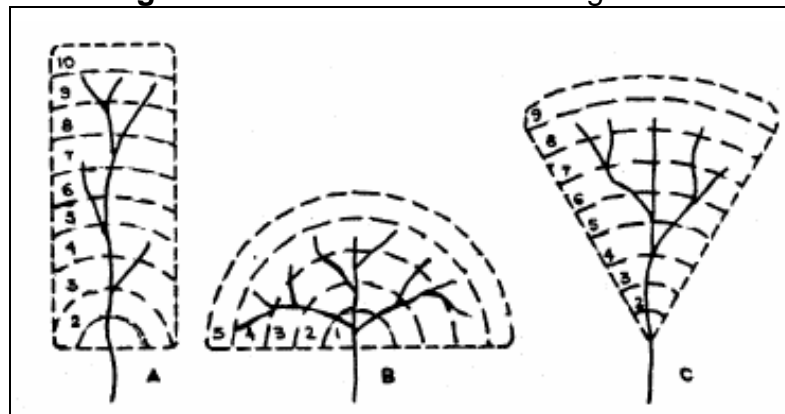
As características geométricas dizem respeito a forma e dimensão enfim aspectos que influenciam diretamente a espacialidade de cada bacia hidrográfica ou sub-bacia, ou seja, a identificação da extensão espacial de cada unidade analisada. Estas são: área total, perímetro total, coeficiente de compacidade (K_c), fator forma (F), índice de circularidade (IC) e padrão de drenagem.

O coeficiente de compacidade (K_c) relaciona a forma da bacia com um círculo, quanto mais próximo da unidade, maior a tendência a inundações (mantidas as demais condições constantes). Onde K_c é o coeficiente de compacidade, P é o perímetro da bacia e A sua área de drenagem. Dessa forma, é possível definir a extensão e perímetro da bacia. É estimado a partir da expressão, abaixo.

$$K_c = \frac{0,282 \cdot P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

O coeficiente de compacidade é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Quando o valor de K_c representar 1, corresponde que a bacia tem a forma circular e está sujeita a enchente e acima deste valor, apresenta a forma irregular e tenderia a forma alongada. O mesmo acontece com o índice de circularidade que tende para a unidade de valor à medida que a bacia se aproxima da forma circular (TONELLO *et al.*, 2006).

Após ter seu contorno definido, a bacia hidrográfica apresenta um formato. É evidente que este formato tem uma influência sobre o escoamento global. Através da figura 1 abaixo é possível visualizar três formatos diferentes que demonstram como pode ser a forma de uma bacia hidrográfica, estas possuem mesma área e sujeitas a uma precipitação de mesma intensidade apresentam comportamentos distintos. A forma determina o comportamento dos fluxos de água no processo de escoamento superficial, quanto mais próximo da forma circular mais lento é o escoamento e, portanto maior a possibilidade de acúmulo de águas pluviais, quanto mais próxima da forma retangular mais rápido é o escoamento, somados a fatores como impermeabilização do solo e cobertura vegetal determinam o potencial de alagamento e inundação em ambas as formas.

Figura 4 – Forma de bacias hidrográficas

Fonte: Wilson, 1969

O fator forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais distante do divisor de água) (TONELLO et al., 2006; TEODORO et al., 2007). Determinado pela equação 2, sendo, o “F” - fator de forma (adimensional), “A” - área de drenagem (m²) e “L” - comprimento do eixo da bacia (m).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

O índice de circularidade é obtido a partir da definição do coeficiente de compacidade. Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para unidade à medida que a bacia aproxima-se a forma circular e diminui a medida que a forma torna alongada, segundo a equação 3 (CARDOSO et al., 2006), onde A é a área de drenagem e P o perímetro:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2} \quad (3)$$

Segundo Cunha (2007), o padrão de drenagem reflete a geometria do sistema que resulta do ajuste do canal à sua seção transversal e reflete o interrelacionamento entre as variáveis de descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura e profundidade do canal, velocidade do fluxo e rugosidade do leito (CUNHA, 2007, p. 214). O padrão da drenagem pode ser classificado como retilíneo, anastomasado e meândrico, esta tipologia depende do tipo de terreno no

qual o curso passa. Desta maneira, demonstra o resultado da relação destas variáveis relativas ao sistema.

Já as características morfométricas de rede de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam a correlação com as características físicas como com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre. “Portanto, estão entre as classes de informações morfológicas que determinam diferenças essenciais entre distintas paisagens, como relatam estudos clássicos desenvolvidos por Horton (1945), Strahler (1957), França (1968) e Christofletti (1978).” (TONELLO, 2005, p. 10).

Mais especificamente as características da rede de drenagem formada pelo rio principal e seus tributários indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede -sejam eles perenes, intermitentes ou temporários - e a área total da bacia (CARDOSO *et al.*, 2006).

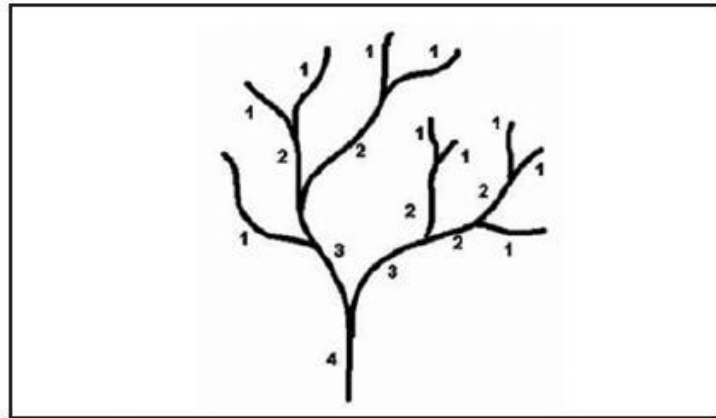
Segundo Christofletti (1969), a densidade da drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Para calcular o comprimento devem ser medidos tanto os rios perenes como os temporários, definida por Horton (1945), pode ser calculada pela equação 4, onde L é o comprimento dos rios ou canais e A é a área da drenagem:

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4)$$

A ordem dos cursos d'água indica qual a contribuição de cada curso d'água no contexto do sistema. A definição dos cursos d'água em primeira, segunda e terceira ordem dá um indicativo dos níveis de compartimentação da rede de drenagem.

Strahler (1952) propôs a classificação de cursos d'água de acordo com o número de tributários. Segundo ele, os rios de primeira ordem são aqueles que não possuem tributário ao longo de seu curso. Quando dois ou mais rios de primeira ordem se encontram originam um rio de segunda ordem. Quando dois rios de ordem dois se encontram originam um rio de ordem 3. E assim sucessivamente, conforme modelo hipotético a seguir:

Figura 5 – Hierarquia de drenagem segundo Strahler (1952)



Fonte: Christofolletti, 1980.

O documento de referência deste trabalho (PDDRu) dá subsídios para análise da situação de vulnerabilidade ambiental com relação a características geométricas das sub-bacias hidrográficas o fator de forma e características de relevo as altitudes mínima e máxima, à diferença destes dois dados resulta na amplitude altimétrica que dá a dimensão da capacidade de transporte de material em determinado espaço. Entende-se que existe uma relação direta entre altitude do terreno e comportamento dos materiais a serem movimentados nele. “A topografia regula a velocidade do escoamento superficial das águas pluviais (que também dependem da cobertura vegetal) e, portanto, controla a quantidade de água que infiltra nos perfis, de cuja eficiência depende a eliminação dos componentes solúveis”. (TOLEDO et al, 2008, p.155).

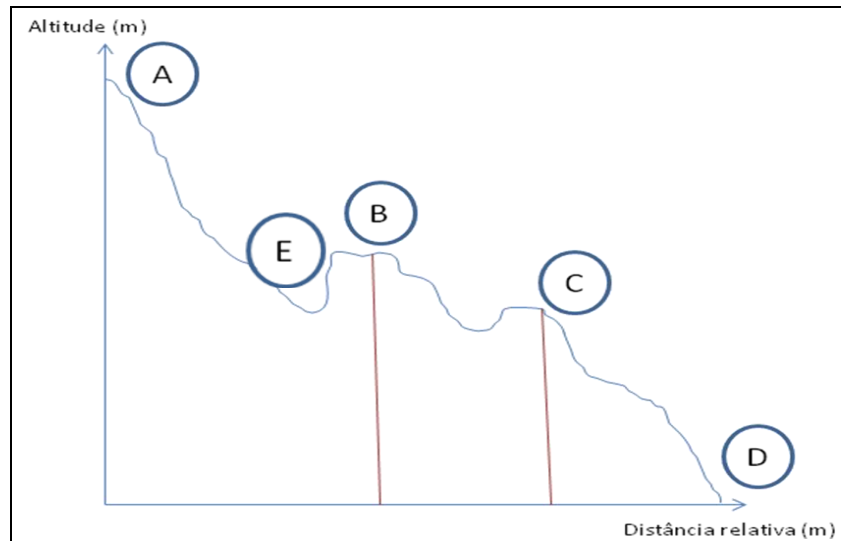
A amplitude altimétrica é obtida a partir da diferença entre o ponto de maior altitude e o de menor altitude. Conforme expressão5 abaixo:

$$Aa= A_{mx} - A_{mi} \quad (5)$$

Onde Aa é a amplitude altimétrica, A_{mx} a altitude máxima de cada unidade e A_{mi} a altitude mínima. O resultado pode gerar inferências a cerca da capacidade de transporte de material como o de capacidade maior ou menor de acúmulo de água. Quanto maior a diferença na amplitude altimétrica maior a capacidade de transporte relacionada principalmente a ação da força da gravidade

sobre os materiais que compõem a unidade analisada, sendo portanto proporcional a capacidade de transporte, por outro lado é inversamente proporcional a capacidade de acúmulo, ou seja, quando maior o resultado menor a capacidade de acúmulo de água, portanto melhor a drenagem.

Figura 6 – Modelo esquemático da Amplitude Altimétrica



Fonte: Elaborado por LIMA, A. A. (2016)

Conforme a figura 6 é possível identificar a diferença de altitude entre os pontos A – B, B – C, e C – D. Analisando este indicador altitude isoladamente é possível concluir de acordo com a figura que há considerando os resultados obtidos para cada uma destas unidades diferenças de processos físicos significativos para modelagem do relevo. No primeiro trecho A – B, a diferença é mais acentuada quanto à altitude máxima e mínima, portanto maior capacidade de transporte de material e maior a capacidade de drenagem, menor possibilidade de acúmulo de água. Ressalta-se que neste trecho há uma porção com elevação muito mais baixa (E), podendo ser uma lagoa, sendo uma área de acúmulo natural de água. No trecho B – C a diferença é menor, assim como é menor a capacidade de transporte, menor a capacidade de drenagem e, portanto maior possibilidade de acúmulo de água. E no trecho C – D a diferença também é mais acentuada quanto a altitude máxima e mínima, portanto maior capacidade de transporte de material e maior a capacidade de drenagem, menor possibilidade de acúmulo de água.

Estas, a forma da bacia e amplitude altimétrica, serviram de base para enquadrar cada sub-bacia em uma situação de vulnerabilidade natural em relação a

capacidade de drenagem e de escoamento das águas que a adentram bem como a potencialidade de erosão mais especificamente transporte de massa.

3.3 Ação antrópica: uso e ocupação da terra

A análise espacial a partir deste fator evidencia os usos e os impactos gerados pelas atividades executadas pela ação humana, apontando para a situação ambiental do objeto de estudo. O IBGE (2013) considera a associação dos termos cobertura e uso das terras para escalas regionais. Considerando o objeto de estudo será adotado apenas o termo uso da terra por este refletir os usos propriamente ditos da superfície analisada. Costa (2003), ao considerar que La Blache define que as paisagens de uma região são o resultado das superposições, ao longo da história, das influências humanas e dos dados naturais, reforça a ideia de que para o Uso da Terra é fundamental conhecer a história dos lugares para se poder entender a dinâmica que transforma o espaço, criando feições que vão se alternando ao longo do tempo. (COSTA, 2003, citado por IBGE, 2013, p. 22) Quanto a unidade de mapeamento serão consideradas as unidades geográficas sub-bacias hidrográficas. Segundo Heymann (1994) em termos de cobertura essas áreas precisam ser suficientemente estáveis para servir como unidade para uma coleção de informações mais precisas (HEYMANN, 1994, p. 32). Na ocorrência de associações de uso são utilizadas, ou seja, quando diversos tipos de uso da terra são encontrados será adotado o uso predominante com o indicativo do segundo maior como forma de avaliar o impacto sobre cada unidade geográfica a partir dos múltiplos usos. Entende-se que a independente da fonte dos dados obtidos nenhuma delas refletirá a complexidade e a diversidade de componentes das mesmas.

Dessa forma, o que se visa nesta etapa é uma representação aceitável da realidade que se pretende explorar quanto aos usos da terra por sub-bacias hidrográficas. Serão acrescentados ainda os possíveis impactos ambientais de cada uso no sentido de compreender qual a dimensão da ação antrópica tendo em vista que os impactos estão ligados diretamente às atividades exercidas pelo homem.

Considerando a grande escala de análise dos dados, serão utilizadas as denominações ou nomenclatura relativas ao terceiro nível estabelecido por IBGE (2013). O nível III (unidades) explicita o uso da terra propriamente dito. Neste patamar é imprescindível a utilização de dados exógenos aos sensores remotos,

como aqueles obtidos a partir de 106 observações em campo, de inventários, entrevistas e documentação em geral. Neste caso serão utilizados os dados fornecidos pela Prefeitura de Teresina a partir do zoneamento elaborado por este órgão. Este, portanto será apenas um direcionador na determinação dos usos que serão apresentados. Segue abaixo um quadro com os usos identificados para a cidade de Teresina por sub-bacias.

Conforme adaptação de IBGE (2013) as categorias de análise serão de três níveis, conforme Quadro 2. No nível I estão áreas antrópicas, áreas de vegetação natural e águas. No nível II estão associadas diretamente ao nível anterior áreas urbanizadas, área campestre e águas continentais respectivamente. No nível III associados do nível II estão: áreas urbanizadas – industrial, comercial, residencial, agricultura-pecuária e áreas protegidas; área campestre - unidade de conservação de uso sustentável; e águas continentais - captação para abastecimento, receptor de efluentes, e lazer e desporto. Estas áreas correspondem ao espaço urbano de Teresina e aos usos identificados. A adaptação proposta visa a atender a necessidade da pesquisa como aponta IBGE (2013). No caso de mapeamentos em escalas maiores, o sistema de classificação está aberto para a inclusão de níveis mais detalhados, ressaltando-se que quanto maior o nível de detalhamento pretendido maior a exigência de informação suplementar. Neste aspecto, Anderson et al (1979) ressaltam que a maioria dos tipos de uso e de cobertura da terra pode ser adequadamente localizada, medida e codificada através da adição de dados auxiliares aos dados básicos de sensores remotos, exceto áreas urbanas muito complexas ou padrões extremamente heterogêneos. (ANDERSON, 1979, citado por IBGE, 2013, p. 48)

Quadro 2 – Usos da terra identificados em Teresina (PI) por sub-bacia hidrográfica

Nível I	Nível II	Nível III
Área antrópica	Urbanizadas	Industrial
		Comercial
		Residencial
		Agrícola
		Institucional*
Área de vegetação natural	Campestre	Áreas verdes e espaços livres
Águas	Águas continentais	Lagoas
		Receptor de efluentes

*Uso institucional não está previsto na fonte citada.

Fonte: Adaptado de Manual Técnico de Uso da Terra – IBGE (2013)

Áreas urbanizadas: como situação urbana foram consideradas as áreas correspondentes ao conjunto que compreende às cidades (sedes municipais), às vilas (sedes distritais) e às áreas urbanas isoladas conforme classificação do IBGE (2011). Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas, quanto a este aspecto o objeto de estudo apresenta áreas onde são executadas atividades agrícolas dentro da cidade. As áreas urbanizadas podem ser contínuas, onde as áreas não lineares de vegetação são excepcionais, ou descontínuas, onde as áreas vegetadas ocupam superfícies mais significativas. (IBGE, 2011, p. 8). Dentro destas áreas poderão ser identificados cinco usos predominantes distintos são eles: industrial, comercial, residencial, agrícola-pecuária e áreas protegidas.

- a) Industrial: áreas em que o segmento industrial é constituído por um número significativo de plantas industriais, desde micro e pequenas unidades até grandes empresas, podendo ocorrer dispersas na área nuclear delimitada. Os possíveis impactos ambientais negativos resultantes desta atividade apontam para a possibilidade de contaminação do solo, água e ar devido ao descarte dos subprodutos do processo produtivo.
- b) Comercial: áreas destinadas a atividades comerciais em diversos ramos, associada a residências em menor proporção bem como serviços ligados a saúde e educação. Contam também com a presença de considerável parcela do poder executivo seja municipal ou estadual, assim como edificações públicas destinadas a lazer e cultura. Para estas áreas converge diariamente parte da população que trabalham ou usufruem dos serviços já citados, tendo em vista que a cidade se destaca em nível regional nas atividades do setor terciário. Áreas com intenso fluxo de pessoas, veículos e mercadorias e paralelo a isso infraestrutura para atender de forma satisfatória aqueles que se deslocam em busca dos mesmos. Estas áreas geram dentre os impactos o aumento do escoamento superficial, a redução da infiltração das águas em virtude da cobertura asfáltica, o aumento considerável de resíduos sólidos

inerentes à atividade comercial, dificuldade de circulação devido ao fluxo intenso dentre outros.

- c) Residencial: área destinada a residências com pontos comerciais que tem como finalidade atender a demanda da população residente naquele espaço. Os tipos de domicílios destas áreas são predominantemente casas de alvenaria, casas de barro e apartamentos de dimensões variadas. As áreas que se enquadrarão nesta categoria são provenientes de projetos habitacionais de iniciativa pública e privada, ocupações e invasões. Os impactos estão associados a lançamento de efluentes domésticos na rede de esgotamento sanitário, o descarte de resíduos sólidos em diversos ambientes, a supressão de áreas verdes e impermeabilização do solo.
- d) Agrícola: Uma das peculiaridades da cidade de Teresina é o exercício de atividades eminentemente rurais dentro do espaço urbano. Há pontos da cidade em que há criação de gado leiteiro, assim como granjas e pequenos e médios cultivos de feijão e milho, por exemplo, e ainda hortas com cultivo de hortaliças, outros vegetais e leguminosas. Sendo um aspecto relevante a ser considerado já que são áreas que impactam diretamente seja no aspecto de pressão sobre o solo como na infiltração das águas já que são áreas sem cobertura do solo. Dentre os danos ambientais estão contaminação química por defensivos agrícolas, desmatamento, perda de biodiversidade, e ainda a degradação do solo o que afeta a produtividade deste.

Área campestre. Segundo Manual técnico da vegetação brasileira (2012) entende-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso, estão nesta categoria estão incluídas nessa categoria as Savanas, Estepes, Savana-Estépica, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos, que corresponde ao objeto de estudo. Assim como áreas urbanizadas protegidas são importantes para a busca de equilíbrio do ecossistema presente no espaço

urbano. Foi identificado nesta categoria as unidades de conservação de uso sustentável destinado a recreação, lazer, educação ambiental e pesquisa científica.

a) Áreas verdes e espaços livres compreendem as áreas de vegetação natural que se destacam dado o grau de cobertura vegetal presente em relação a demais áreas, sendo, portanto áreas de relevância para a busca do equilíbrio natural do ambiente urbana. São áreas protegidas que segundo a legislação vigente correspondem a Áreas de Preservação Permanente com ocupação humana não consolidada, ou seja, desocupadas e sem atividade econômica significativa. Serão consideradas as margens dos rios e entorno de lagoas com pouca ou nenhuma ocupação humana. Os impactos ambientais destas áreas são em maior medida positivos, pois a manutenção de áreas verdes preservadas em espaços urbanos propicia uma série de processos decorrentes na manutenção da biodiversidade. No entanto, estas sofrem os impactos decorrentes das demais áreas com outros usos, o que dificulta a manutenção e o equilíbrio destas. São ainda áreas de lazer e desporto para usufruto da população, incluindo atividades aquáticas. Compreendem ainda áreas são institucionalizadas como unidades de conservação de uso sustentável por seu relevante interesse ecológico e conservação de biodiversidade tanto de flora quanto de fauna. Conforme o Sistema Nacional de Unidade de Conservação, instituída pela Lei nº 9.985, de 9 de julho de 2000, a unidade de conservação é espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

A área identificada em Teresina compreende a uma Área de Proteção Ambiental que segundo o mesmo dispositivo legal é uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Águas continentais. Segundo IBGE (2013) enquadram-se nesta categoria todas as classes de águas interiores e costeiras, como cursos de água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos de água lineares), corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios

artificiais (represamentos artificiais d'água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica), além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías. No mapeamento do Uso da Terra, essa classe está dividida em duas subclasses: Corpo d'água continental e Corpo d'água costeiro. Neste caso, serão consideradas apenas as águas continentais que correspondem a aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como: rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc.

- a) Lagoas: áreas com baixas altitude que possuem tendência a acúmulo de águas sejam pluviais ou pluviais no decorrer do ano, aumentando consideravelmente seu nível no período chuvoso. Em espaços urbanos, há ocorrência de ocupação indevida destas áreas. Naturalmente são áreas frágeis e instáveis, estas características são potencializadas em virtude da ação antrópica.
- b) Captação para abastecimento refere-se a manancial destinado captação de água para abastecimento doméstico quando, após tratamento convencional ou avançado, atende ao consumo dos usos residencial, comercial, institucional e público.
- c) Receptor de efluentes é quando o corpo d'água recebe descarga de efluentes, domésticos, industriais, etc.

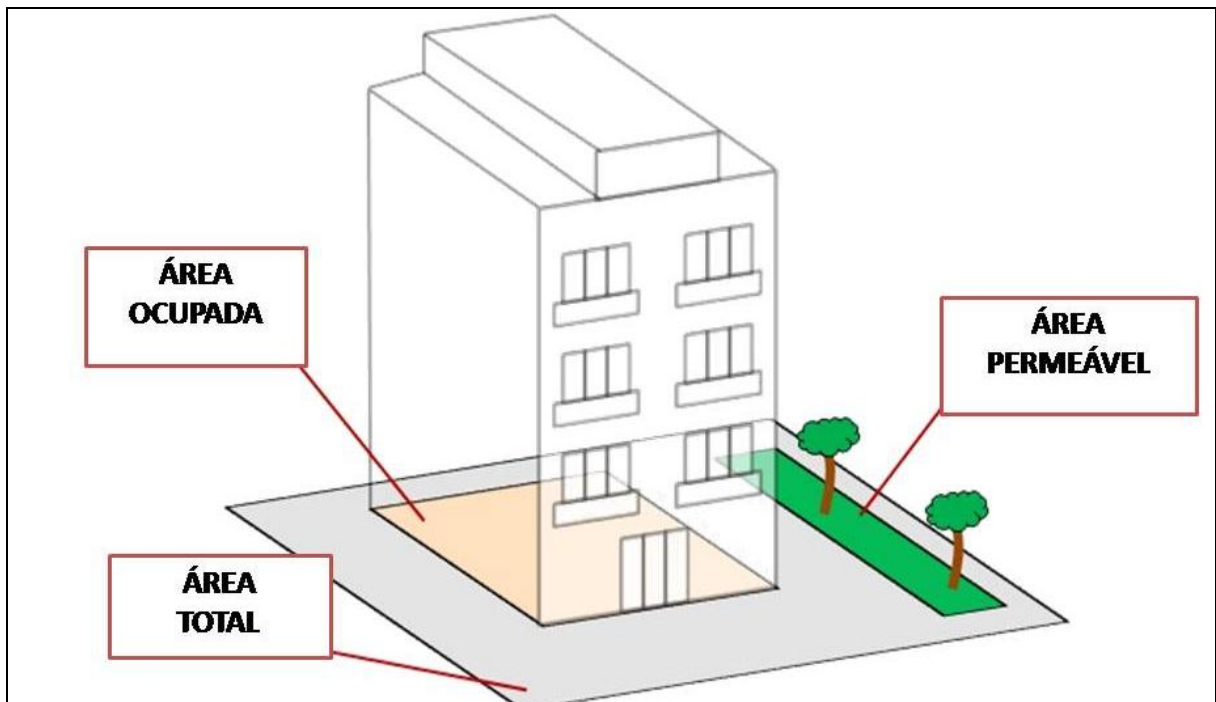
Outro aspecto a ser considerado quando se trata de ação antrópica é a quantidade de pessoas que estão assentadas e de fato pressionando a terra. Este aspecto será mensurado através do grau de ocupação, medido a partir da taxa de ocupação pela grandeza matemática 6.

$$TO = \frac{Ao}{A} \quad (6)$$

Onde, TO é a taxa de ocupação expressa através de porcentagem, Ao é quantidade de área ocupada por edificações, asfaltamento e calçamentos em metros quadrados, e A o valor total da área analisada em metros quadrados.

Neste trabalho a TO é utilizada como forma de avaliar qual a dimensão das ocupações humanas em cada sub-bacia hidrográfica. Com isso, é possível analisar o grau de alteração e de intervenção em cada espaço estudado sabendo-se que isto é proporcional às alterações na dinâmica natural de um determinado ambiente. Conforme ilustrado na figura 7.

Figura 7 – Esquema ilustrativo da Taxa de Ocupação (TO)



Fonte: Adaptado de RExperts (2015). Disponível em: < <http://rexperts.com.br/estudo-de-massas/>>. Acesso em 04 jan. 2015.

A ilustração apresenta um esquema para melhor compreensão da relação entre a área de um terreno e o grau de ocupação do mesmo. É possível visualizar três elementos: a área total, a área ocupada e área permeável. Transportando esta ideia para o espaço macro da cidade existe a dimensão da terra demarcada, como território, ou seja, a área total da cidade. A medida que as ocupações humanas ocorrem essa área paulatinamente vai sendo compactada pelos equipamentos urbanos, este são portanto a área ocupada como analogicamente está demonstrada na figura e há ainda área que por características naturais, por imposição legal ou por possibilidade de especulação fundiária futura segue sem ser ocupada, estas são as áreas livres, indispensáveis para a busca de um equilíbrio no espaço urbano.

Considerando este indicador apenas é possível analisar em que grau a área total da cidade está compactada e em que medida não está para que estas áreas livres possam ser utilizadas com a finalidade de proporcionar espaços de lazer para população quando possível ou até mesmo de amortização e para fins de drenagem.

Como resultado da análise destes indicadores foi gerada a Carta de Uso da Terra com os usos da terra identificados na cidade de Teresina (PI) e outra

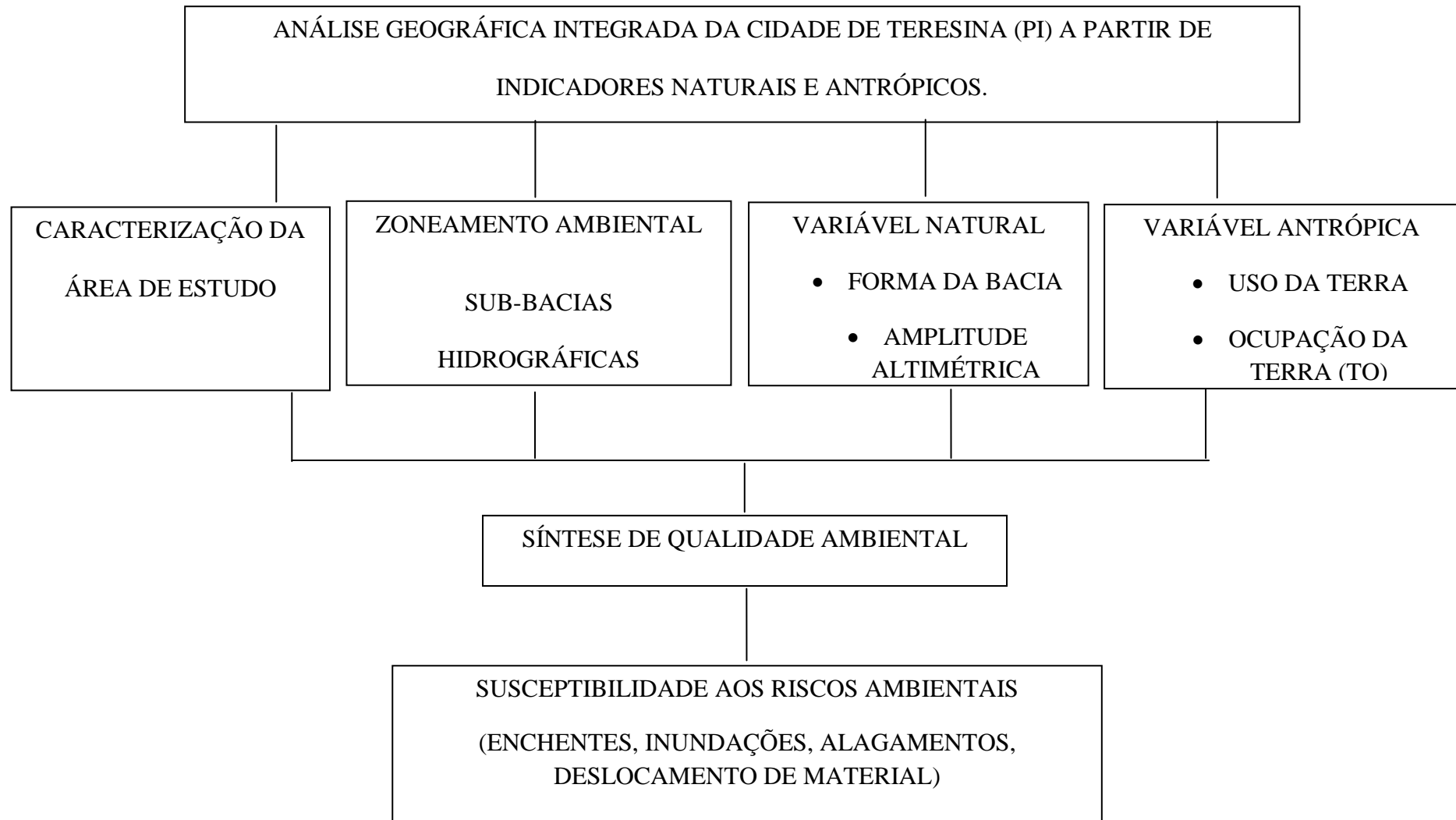
que identifica a Taxa de Ocupação, no ano 2015, por sub-bacias hidrográficas. Estas revelam qual o tipo de ação antrópica está sendo diretamente atuante sobre o solo de cada unidade geográfica analisada e quais os possíveis impactos gerados sobre cada uma delas. A partir desta síntese será possível identificar a situação ambiental das mesmas.

3.4 Considerações parciais

A metodologia traçada consiste em uma abordagem sistêmica, considerando como elementos componentes do sistema urbano analisado duas variáveis: natural e ação antrópica. O primeiro indicador natural, a forma da sub-bacia, aponta para a dinâmica natural associado a possibilidade de acúmulo maior ou menor de águas. O segundo indicador natural analisado, a amplitude altimétrica, revela a capacidade de transporte de material e, portanto maior susceptibilidade à erosão por unidade geográfica analisada, a partir da ação da lei da gravidade com a diferença entre um ponto mais alto e um mais baixo dentro da área estudada.

A variável ação antrópica foi analisada considerando dois indicadores: uso da terra e grau de ocupação da terra. O uso da terra está associada as atividades de maior impacto executadas pelo ser humano em determinado espaço, o que demonstra a pressão antrópica sobre a superfície terrestre. Já a taxa de ocupação revela o grau de compactação da terra relacionada diretamente a alteração de processos inerentes ao ciclo hidrológico tais como a infiltração ou percolação das águas e ao escoamento superficial. O comportamento das águas das chuvas está diretamente ligadas além de aspectos naturais como a forma e geomorfologia do terreno, mas também a este grau de permeabilidade analisado na pesquisa e ligadas a ação humana de cobrir a superfície para atender a suas necessidades morar, trabalhar e de deslocar-se.

Por fim a síntese de qualidade ambiental proposta associa estes quatro indicadores dar um direcionamento relativos aos níveis de susceptibilidade de cada unidade do mais elevado ao mais baixo em máximo, médio e mínimo. As possibilidades de intervenção estão associadas a classificação propostas nesta pesquisa e considerando os indicadores anteriormente citados e direcionar possíveis ações priorizando as área mais susceptíveis.

Figura 8 – Procedimentos metodológicos da pesquisa

Fonte: Elaborador por LIMA, A.A. (2015).

4 PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL DA CIDADE DE TERESINA

4.1 Introdução

Esta seção é destinada a apresentar o aspecto relativo ao planejamento, como alternativa para melhoria da qualidade de vida, considerando o aspecto ambiental como componente indispensável para planejar uma cidade. Dessa forma, inicialmente será apresentado o resgate da integração da dimensão ambiental nos planejamentos em geral, em seguida um resgate histórico da criação do espaço urbano de Teresina e por fim a gestão ambiental da cidade no contexto na Agenda 2015. Ressalta-se que o momento atual do planejamento urbano da cidade objeto deste estudo é o de planejar a Agenda 2030, no entanto optou-se por explorar o momento anterior a este considerando que no contexto anterior que se desdobram os marcos nacionais relativos a gestão ambiental urbana bem como na esfera local do principal documento de referência deste trabalho o Plano de Drenagem Urbana de Teresina (2010) também apresentado no fim desta seção.

4.2 Criação e evolução do espaço urbano de Teresina

Ao que se ver o processo de urbanização no mundo como um todo vem sendo crescente. Atualmente cerca de metade da população vive em espaços urbanos, e a cada dia esse percentual aumenta. A cidade é vista como espaço de concentração de oportunidades de satisfação de necessidades básicas materiais seja moradia, saúde, e imateriais como cultura, educação, trabalho. Por outro lado, as condições para acesso a esses bens não são fáceis, afinal em qualquer espaço urbano capitalista nem sempre todos terão acesso, é o sistema! Mas nossa intenção é não discutir as mazelas do sistema vigente. O Estado fica com a responsabilidade de suprir as necessidades daqueles que não podem têm condições de adquirir as benesses da vida urbana.

No geral, como aponta Lima (2002, p.181-182), nas análises mais recentes, que buscam o diagnóstico da vida urbana concluem que o saneamento básico tem sido utilizado como índice de qualidade de vida. No entanto, para uma abordagem mais complexa faz necessária abordar outros componentes, este é apenas mais um a ser considerado ao se estudar o processo de urbanização.

No caso de Teresina, em 1852, a escolha do local onde seria assentada a nova capital da província do Piauí, considerou-se espaço físico, um

“planalto” na margem direita do rio Parnaíba, entre as últimas curvas dos rios Poti e Parnaíba, antes do encontro desses rios, em um dos patamares da Chapada do Corisco, por estar a salvo de enchentes que ocorriam periodicamente causando prejuízos econômicos e a condições de insalubridade a população residente. Problema que persiste até hoje no período chuvoso, ocasionando problemas socioambientais consideráveis aos residentes da área. Foi uma escolha estratégica tendo em vista a proximidade com mercados ascendentes como Caxias (MA), além de ser o entroncamento entre duas vias de grande porte nos sentidos sul-norte e leste oeste.

De acordo com Chaves (1998, p.161), sobre os primórdios de Teresina, foi em um segundo pedido feito pelos moradores através de ofício da Junta Governo para elevação de Vila do Poti a condição de freguesia, alegaram que o lugar era dotado de muitos recursos a serem considerados para que esta fosse elevada a uma categoria mais elevada que aquela em que se encontrava inclusive a prosperidade, pois era cortada ao meio pela estrada da ligava Oeiras (capital) a Parnaíba (litoral).

(...) de um terreno saudável, aprazível, abundante em frutas e peixes, comerciante e com todas as proporções para ser uma povoação, talvez a melhor da Província, pela sua fertilidade e vantajosa situação sobre a margem do Parnaíba em que faz barra com o Poti (...). Os enormes prejuízos causados pela invasão dos Balaios (1839), as lutas políticas e, principalmente os abundantes invernos que se sucederam a partir de 1840, deixaram a Vila do Poti em condições difíceis. O presidente da província, Dr. José Antonio Saraiva, em 1850, solicitou a mudança dos potiensens para outro local mais apropriado chamado de Vila Nova do Poti, e posterior transferência da capital para esse local. (CHAVES, 1998, p. 162-163).

O plano inicial da cidade compreendia limites modestos para os padrões atuais, mas configurava como a primeira capital ser planejada no Brasil, com ruas retas paralelas e perpendiculares, delimitando-se conforme descrito abaixo:

Ao Norte a rua da Estrela (atual Desembargador Freitas); ao Sul a rua Santo Antônio, terminando no Largo das Dores (hoje rua Olavo Bilac e Praça Saraiva, respectivamente); a Leste – a atual rua 24 de Janeiro, passando na base do Alto da Jurubeba (onde ficava o antigo cemitério e hoje se encontra a Igreja de São Benedito). No sentido centro-oeste, a área urbanizada àquela época chegava somente até a atual Rua João Cabral, limitando-se com várias cercas de vários

pequenos sítios que existiam daí até o rio Parnaíba. Constituíam-se também uma área suburbana o espaço entre o alto da Jurubeba até o rio Poti, no sentido Leste, enquanto os núcleos de população que se localizavam no extremo-norte (antiga Vila do Poti), na Catarina (atual Piçarra e adjacência) e Angelim/ Areias (hoje Vermelha, Areias e bairros circunvizinhos) era interligado à área urbana central por estradas carroçáveis. (LIMA, 2002, p.183-184).

De forma planejada como um tabuleiro de xadrez, conforme figura 9, com traçado das ruas bem definido e retilíneo, aos poucos com a expansão, a cidade acabou perdendo a proposta inicial de se manter esse formato, assumindo um traçado espontâneo, observado inclusive hoje em dia nas ruas que foram formadas após a proposta inicial, gerando uma primeira anomalia comprometendo o traçado inicialmente proposto.

Figura 9 – Mapa de Teresina no século XIX



Fonte: arquiteturaurbana-ufpi.blogspot.com.br. Disponível em 23 mar. 2014.

Com o passar dos anos, a crescente economia da nova capital passou a atrair mais pessoas em busca de prosperidade. E de acordo com a demanda e a

necessidade a cidade foi aos poucos se modelando, ampliando seus limites e se adequando ao novo modo de vida. Dessa maneira, o espaço foi sendo transformado para atender às novas demandas. Extensos terrenos foram sendo ocupados por famílias formando verdadeiros “pomares urbanos”, conforme Lima (2002, p. 184). Nesses tempos, o verde da cidade, formado pelos pomares particulares, praças e ruas arborizadas. Naquele momento, em períodos anteriores a década de 1960, a manutenção de árvores nas residências tinha fins estéticos. Não havia ainda uma preocupação com a qualidade de vida das pessoas, sustentabilidade, conservação e preservação de recursos naturais.

(...) emoldurada por dois grandes rios “que a abraçam” e que recebem vários pequenos riachos nos seus terraços pontilhados por centenas de lagoas, formando um belo sistema lagunar-fluvial. Juntos, os elementos: rocha, clima, relevo, rios e solos imprimem dinâmica ao cenário de fluxos de energia e matérias, movimentando água x sedimento x vida, desenhando as formas que se elevam a partir desses rios em patamares e topos planos – terraços, encostas e baixos planaltos (hoje em parte, descaracterizados pelos cortes/ aterros/ pavimentação). (LIMA, 2002, p. 184)

A cidade crescia a passos largos e houve com a Constituição de 1891 a necessidade da construção de outro cemitério já que os registros de nascimento, casamentos e óbitos passaram a ser do poder civil. Dessa forma, a construção do cemitério São José possibilitou uma nova demarcação urbana e o prolongamento da rua que serviu de eixo poligonal de demarcação da cidade (Rua Rui Barbosa). Com isso, a primeira expansão oficial da cidade seguiu em direção a Zona Norte até o início do século XX com a construção do Matadouro em 1929, na planície de inundação do rio Parnaíba, um considerável impacto ambiental. Coincide também com a primeira quebra de planura do relevo e outras intervenções descritas por Lima (2002), assim, o nome “Baixada Égua” se deve ao fato de o governador Landri Sales ter construído uma “rancharia” (pousada) no Alto da Pitombeira, para que os homens pudessem descansar, enquanto os animais bebiam e pastavam em volta do riacho. (LIMA, 2002, 185)

Ao transpor um vale (grotão) com grandes blocos de pedras roladas, entre as rua da Estrela e Campinhas (hoje Desembargador Freitas e Benjamin Constant, respectivamente). Esse local era conhecido como “Baixa da Égua”, hoje Praça Landri Sales, limitando-se com a elevação chamada “Alto da Pitombeira” (onde foi construído o Liceu Piauiense). Esse logradouro foi mapeado como Largo

do Poço, permanecendo sem urbanização até a década de 1950, dificultando, inicialmente, a passagem de pedestres, dos jumentos e, mais tarde, dos veículos motorizados, para a direção Norte. Esse vale formava uma lagoa, até a década de 1940, servia de parada para os animais de carga que vinham da zona Norte para o centro da cidade.

Outras sucessivas intervenções como a expansão dos serviços de calçamento e com isso a necessidade de construção de galerias para possibilitar uma drenagem eficiente, já que lagoas e os vales dos riachos, grotas ou grotões, foram pavimentados formando as primeiras baixas do relevo do sítio urbano, sendo que ainda não havia um sistema adequado de galerias. (LIMA, 2002, p. 186)

A expansão para a zona Sul se deu com a urbanização da Estrada Nova (prolongamento da Rua Rui Barbosa seguida pela Avenida Barão de Gurguéia), com o aterramento de lagoas e vales de riachos que se mantiveram até o início do século XX, a exemplo da “Baixa do Chicão”, atualmente cruzamento da rua Rui Barbosa com a Avenida Joaquim Ribeiro, onde existia um vale chamado “Barroco”. Foi nesse local que foi feita outra intervenção no relevo e que se encontra outra ruptura na regularidade da planura da encosta suave da Chapada do Corisco. (LIMA, 2002, p. 186)

No sentido oeste-leste, com o prolongamento da Rua Grande, atualmente rua Senador Teodoro Pacheco, que se deu devido principalmente pela travessia constante de viajantes sobre o rio Poti, em direção ao centro. Ainda a construção da primeira etapa da ponte de cimento sobre o rio Poti, entre 1956-1958, ligando a BR 343 ao eixo da Avenida Frei Serafim, o crescimento da cidade extrapolou o rio, contribuindo para o povoamento da margem direita. (LIMA, 2002, p. 194)

Com o fortalecimento da área comercial, os moradores do centro se deslocaram para a Avenida Frei Serafim, e com a construção do Jôquei Clube de Teresina, na década de 1960, a zona leste se consolida como símbolo de status social e econômico, assim como a construção da Universidade Federal do Piauí e da igreja de Nossa Senhora de Fátima, nas décadas seguintes. Dessa maneira fez necessária mais intervenções com aterramento de lagoas agora nas margens do rio Poti, pavimentação e abertura de novas ruas, as margens e ao longo dos vales. (LIMA, 2002, p. 194)

Com a política de crescimento do governo federal, Teresina se encontrava atrás no que diz respeito ao oferecimento de serviços públicos, muitos investimentos feitos na cidade possibilitaram uma maior interação com outras capitais. A construção de rodovias, a construção da Barragem de Boa Esperança, no rio Parnaíba, integrada ao sistema CHESF (Companhia Hidrelétrica do Rio São Francisco), a política de construção de conjuntos habitacionais, a construção dos já mencionados Jôquei Clube, Universidade Federal do Piauí e centro social da Igreja de Nossa Senhora de Fátima, na direção nordeste, contribuíram para consolidar o processo de urbanização. E por fim a promulgação na década de 1970, do primeiro Plano Diretor da Prefeitura Municipal, que determinada dimensão de áreas de bairros, por exemplo, para lotes urbanos e a obrigatoriedade do recuo de construções. (LIMA, 2002, p. 194)

Os programas da Companhia de Habitação do Piauí, nas décadas de 60,70 e 80, que resultaram na construção de 34 conjuntos habitacionais, com 30.202 unidades habitacionais foram construídas em todas as zonas da cidade, refletindo a crescente demanda da população por residências. No entanto, apesar do esforço do Estado, enquanto agente modelador do espaço, a demanda não foi suprida e um fenômeno típico do espaço urbano surgiu: as ocupações irregulares, vilas, favelas e fixação de residência em áreas de riscos, em especial nas margens dos rios, lagoas e planícies de inundação suscetíveis a enchentes e expostos a condições de insalubridade, de erosão do solo, de acentuação do assoreamento dos rios.

O incremento na população pode ser ilustrado com a análise dos dados que demonstram o aumento da quantidade de pessoas e ainda na porcentagem em relação a população urbana e rural. De acordo com a tabela 1 é a partir da década de 70 que há um incremento considerável na taxa de urbanização de 68,9% para 82,1%, e ascendendo, na população total de 142.691 (1960) para 220.487 (1970), conforme tabela 1.

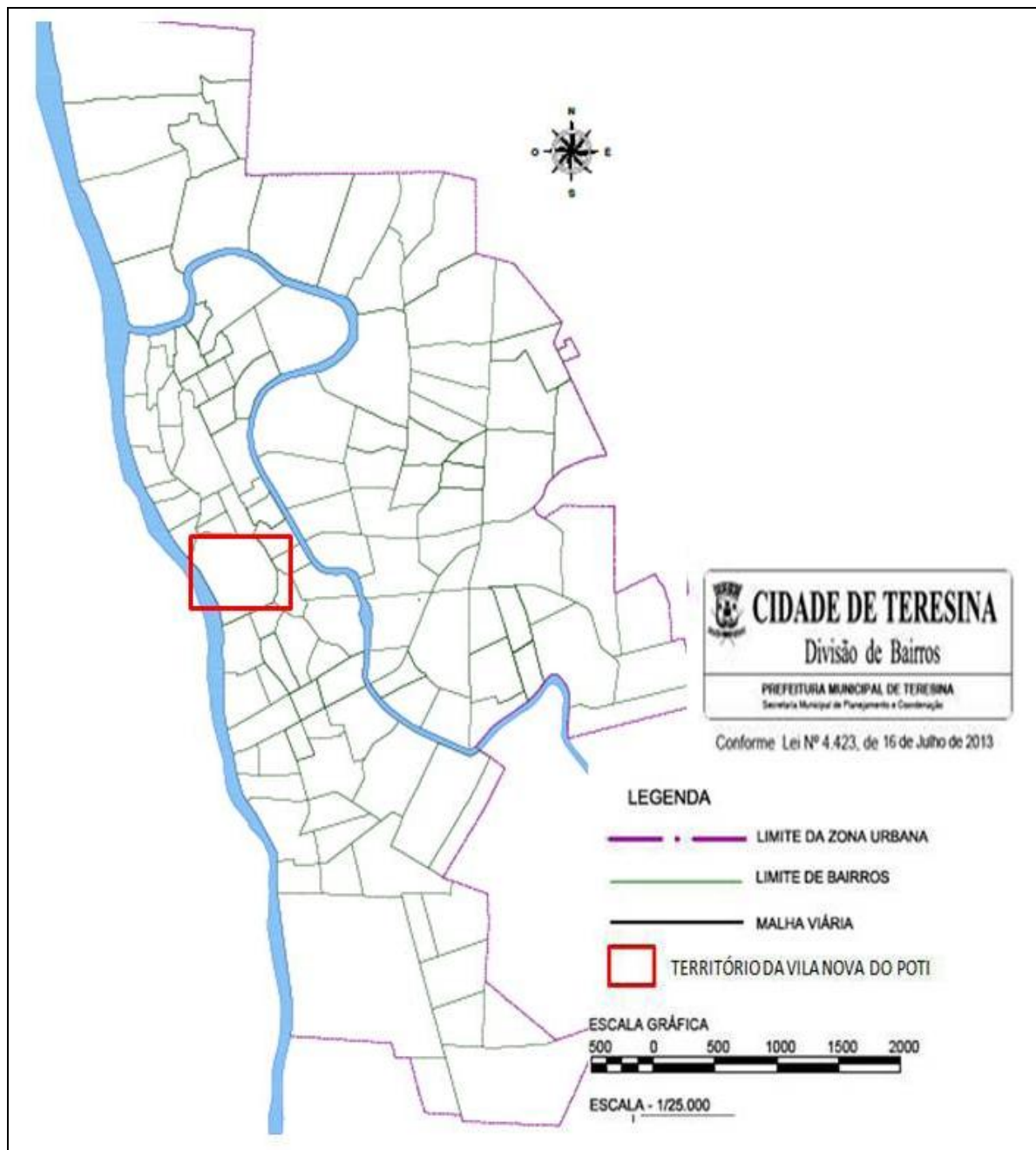
Tabela 1 – Evolução da População Urbana e Rural de Teresina. Período: 1940/2010

Anos	Urbana	Percentual	Rural	Percentual	Total
1940 ¹	34.695	51,29%	32.946	48,71%	67.641
1950 ¹	51.417	56,67%	39.306	43,33%	90.723
1960 ¹	98.329	68,91%	44.362	31,09%	142.691
1970 ¹	181.062	82,12%	39.425	17,88%	220.487
1980 ¹	339.042	89,75%	38.732	10,25%	377.774
1991 ¹	556.911	92,93%	42.361	7,07%	599.272
2000 ²	677.470	94,70%	37.890	5,30%	715.360
2010 ²	767.777	94,27%	46.662	5,78%	814.439

Fonte: ¹TERESINA, 2010; ²IBGE, 2011.

Considerando apenas a política habitacional da época esse componente representou um incremento acentuado para aumento da urbanização da cidade e, portanto expansão urbana como pode ser visto no mapa político atual do município em relação ao território da Vila Nova do Poti, origem da cidade (Figura 10).

Figura 10 – Mapa Político da Zona Urbana de Teresina - Divisão de Bairros e demarcação Vila Nova do Poti



Fonte: Prefeitura Municipal de Teresina, 2010. Adaptado pela autora.

Por outro lado, para suprir a necessidade de uma classe média e alta em constante ascensão social, entre outro agente modelador, os agentes imobiliários com a especulação imobiliária ganha força com a construção de outros tipos de habitação de alto padrão. Condomínios e edifícios de luxo para a classe média e alta, que necessitam de infraestrutura para agregar valor aos seus empreendimentos, dessa forma equipamentos urbanos com qualidade e quantidade diferenciada como asfaltamento, iluminação pública de melhor qualidade, telefonia, rede de água e de esgoto sanitária, para adequar ao alto padrão residencial.

4.3 Planejamento urbano-ambiental de Teresina – Piauí

Em se tratando do município de Teresina, objeto deste estudo, este esforço resultou no Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015. Em agosto de 2001, no Congresso da Cidade, iniciava-se de forma participativa a sua elaboração, conforme indicativo do Estatuto da Cidade e concluída em agosto de 2002. É a Agenda 21 local de acordo com critérios baseados do tripé socialmente justo, economicamente viável e ambientalmente equilibrado, desafio lançado a toda a sociedade global, de todos os níveis e organizações, a fim de um mundo sustentável que converge com a proposta Rio 92.

A presente seção tem como objetivo fazer o levantamento dos instrumentos de gestão ambiental da cidade de Teresina – Piauí, como parte importante de uma política ambiental municipal isto no contexto da vigência da Agenda 2015 nesta cidade, como forma de avaliar o que resultou deste processo de planejamento tendo em vista que a “cidade” está em processo de elaboração da Agenda 2030. O resultado obtido consiste no levantamento de instrumentos legais normativos e orientadores, mais especificamente leis municipais e planos complementares elaborados para direcionar as ações e problemáticas específicas, tais como: saneamento básico, drenagem urbana, resíduos sólidos e turismo. Estes auxiliam de alguma forma a gestão dos recursos naturais da capital piauiense.

Os instrumentos legais que dão sustentação a gestão ambiental e ao ordenamento do espaço urbano na cidade de Teresina. Todo o aporte de leis desde as nacionais às municipais trata de temas variados, ligados direta ou indiretamente ao meio ambiente.

Primeiramente, a Constituição de 1988 trata da obrigatoriedade da elaboração do Plano Diretor para cidades com mais de 20 mil habitantes, no § 1º do

Art. 182, prescreve que “O Plano Diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.” (BRASIL, 1988)

Tratando dessa maneira o legislador coloca o Plano Diretor como a lei que direciona as ações municipais no que se refere ao crescimento do espaço urbano e todos os processos envolventes, e é reforçada pelo Estatuto da Cidade 2001 que orienta também como deverá ser elaborado com a participação da população em todas as fases, com audiências e debates; publicidade quanto aos documentos e informações produzidas, acesso de qualquer interessado aos documentos e informações produzidas. O Plano Diretor é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes e integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas.

A lei nº 3.558, de 20 de outubro de 2006, reinstalou o Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015, de 2002 e é definido como instrumento normativo e orientador dos processos de transformação urbana, nos seus aspectos político sociais, físico-ambientais e administrativos, ou seja, global e trata de todas as esferas incluindo o meio ambiente. O texto trata objetivos específicos para áreas citadas anteriormente, e diretrizes referentes ao desenvolvimento econômico; consolidação do polo de saúde; desenvolvimento rural; geração de trabalho e renda; meio ambiente; saneamento; uso e ocupação do solo urbano; sistema de circulação e transporte; revitalização do centro urbano; habitação; assistência social; serviços de saúde; educação; atividades culturais; e esporte e lazer, de acordo com o trabalho realizado pelo grupo de elaboração da Agenda 2015. Esta marca a dimensão ambiental do planejamento. As demais leis municipais relativas a gestão ambiental são apresentadas abaixo em seguida o quadro síntese das mesmas e respectivas ementas e por fim os planos complementares a esta lei.

O Quadro 3 apresenta de forma sucinta as leis geradas a partir deste contexto, bem como as respectivas emendas para se ter uma dimensão do apanhado de instrumentos legais ligados a gestão ambiental da cidade.

Quadro 3 - Legislação Urbana de Teresina relativa ao Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015

Nº	EMENTA
Lei nº 3.558, de 20.10.2006.	Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015, e dá outras providências.
Lei nº 3.559, de 20.10.2006.	Delimita o perímetro da zona urbana de Teresina e dá outras providências
Lei nº 3.560, de 20.10.2006.	Define as diretrizes para o uso do solo urbano do município
Lei nº 3.561, de 20.10.2006.	Dispõe sobre o parcelamento do uso do solo.
Lei nº 3.562, de 20.10.2006.	Define as diretrizes para ocupação do solo.
Lei nº 3.563, de 20.10.2006.	Cria zonas de preservação ambiental, institui normas de proteção de bens de valor cultural.
Lei nº 3.565, de 20.10.2006.	Dispõe sobre o Estudo Prévio do Impacto de Vizinhança – EPIV e outras providências
Lei nº 3.602, de 27.12.2006.	Dispõe sobre a preservação e o tombamento do Patrimônio Cultural do Município de Teresina e dá outras providências.
Lei nº 3.646, de 14.06.2007.	Institui o Código Sanitário do município de Teresina e dá outras providências
Lei nº 3.903, de 20.08.2009.	Dispõe sobre a Campanha Permanente de Incentivo a arborização de ruas, praças, jardins e demais áreas verdes da cidade e dá outras providências.
Lei nº 4.041, de 13.09.2010.	Institui o certificado de Qualidade Ambiental “Selo Verde Teresina” e dá outras providências
Lei nº 3.923, de 29.10.2009.	Dispõe sobre a implantação da coleta de lixo reciclável nos condomínios, residências e comerciais; postos de gasolina e afins localizados no Município de Teresina, e dá outras providências.
Lei nº 3.924, de 29.10.2009.	Dispõe sobre a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de lixo tecnológico no município de Teresina e dá outras providências.
Lei nº 4.423, de 16.07.2013.	Fixa as denominações e delimita os perímetros dos bairros de Teresina e dá outras providências.

Fonte: Prefeitura Municipal de Teresina. Disponível em: www.teresina.pi.gov.br/semplan. Acesso em 13 mar. 2014.

Lei nº 3.559, de 20 de outubro de 2006 delimita da zona urbana de Teresina com vistas às expectativas de assentamento urbano, objetivando assegurar melhores condições de ‘habitabilidade’ e conforto para a população e, também, a otimização e economia dos serviços públicos de infraestrutura urbana, propiciando crescimento urbano racional, com a preservação do meio ambiente e dos bens culturais, aumento das taxas de área verde, e ocupação adequada do solo urbano. São explicitadas quais as condicionantes necessárias para que as áreas

dentro da zona urbana sejam incluídas neste zoneamento. Para que uma área seja enquadrada como urbana é preciso que tenha pelo menos três dos seguintes critérios pavimentação da via; abastecimento de água; rede de esgotos sanitários; rede de energia elétrica, para distribuição domiciliar; escola primária a uma distância máxima de 800m (oitocentos metros) do imóvel considerado; e coleta de lixo domiciliar.

Lei municipal nº 3.560, de 20 de outubro de 2006, define as diretrizes para o uso do solo urbano do município, delimita zonas residenciais, zonas comerciais, zonas de serviços, zonas industriais, zonas especiais, zonas de preservação ambiental e zona de especial interesse social. Dessa forma, pretende atingir os seguintes objetivos: orientar a utilização do solo quanto ao uso, quanto à distribuição da população e quanto ao desempenho das funções urbanas; promover uma estruturação urbana, visando melhorar a distribuição e a articulação dos polos de dinamização; e preservar os elementos naturais da paisagem urbana e os sítios de valor histórico e cultural.

Lei nº 3.561, de 20 de outubro de 2006 estabelece normas e procedimentos para o parcelamento do solo urbano, caracterizado por planos de arruamentos, planos de loteamentos, desmembramentos, remembramentos, fracionamentos e 'desdobros' de terrenos. E define limitações a esse tipo de mecanismo de planejamento urbano.

Lei nº 3.562, de 20.10.2006, define as diretrizes para a adequada ocupação do solo e elenca indicadores de ocupação do solo por zonas e usos tais como recuos mínimos relativos às edificações, índices de aproveitamento do terreno e taxa de ocupação para cada parcela de terreno. Com vistas a orientar a ocupação do solo quanto ao adensamento, estruturação e desempenho das funções urbanas; melhorar as condições de conforto ambiental, garantindo um nível adequado de bem estar a população e garantir um padrão estético harmonioso e equilibrado ao desenho urbano da cidade

Lei nº 3.563, de 20.10.2006, cria zonas de preservação ambiental, institui normas de proteção de bens de valor cultural. Categorizada em oito zonas de preservação com o objetivo de preservar recursos naturais e culturais, de interesse paisagístico, estabelece limites de uso como demarcação do espaço a ser ocupado e tipos de uso a serem destinados a essas áreas. De fundamental importância para

preservação e regulação de usos este dispositivo pretende assegurar a manutenção de espaços de relevante importância tanto natural quanto cultural.

Lei municipal nº 3.565, de 20.10.2006 que dispõe sobre o Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança visa estabelecer a obrigatoriedade por parte de empreendedor fornecer a administração pública municipal Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança (EPIV), bem como do respectivo Relatório Prévio de Impacto de Vizinhança (RPIV). Estes são pré-requisitos para concessão de licenças, autorizações e alvarás relativos a empreendimentos e atividades econômicas geradoras de impacto, públicas, privadas ou propostas em operações consorciadas, em área urbana ou rural. Consideram-se empreendimentos ou atividades econômicas geradoras de impacto de vizinhança aqueles que, quando implantados: sobrecarregam a infraestrutura urbana, interferindo direta ou indiretamente no sistema viário, sistema de drenagem, saneamento básico, eletricidade e telecomunicações; tenham uma repercussão ambiental significativa, provocando alterações nos padrões funcionais e urbanísticos da vizinhança ou na paisagem urbana e patrimônio natural circundante; estabeleçam alteração ou modificação substancial na qualidade de vida da população residente na área ou em suas proximidades, afetando sua saúde, segurança ou bem-estar; alterem as propriedades químicas, físicas ou biológicas do meio ambiente; e prejudiquem o patrimônio cultural do município.

Lei nº 3.602, de 27 de dezembro de 2006, Dispõe sobre a preservação e o tombamento do Patrimônio Cultural do Município de Teresina, tendo como objetivo estabelecer as prescrições relativas à preservação da memória, através do processo de tombamento dos bens representativos do patrimônio cultural do Município de Teresina. Considera-se para efeito desta lei o patrimônio cultural do município, os bens móveis e imóveis, tomados individualmente ou em conjunto, dotados de valor histórico, etnográfico, bibliográfico ou artístico, que justifiquem o interesse público na sua preservação. Apesar de que este dispositivo não esteja diretamente relacionado a preservação do meio natural compreende a preservação de bens que poderão estar inseridos em contextos naturais.

Lei nº 3.646, de 14 de junho de 2007, institui o Código Sanitário do município de Teresina tem como objetivos: assegurar condições adequadas à saúde, à educação, à moradia, ao transporte, ao lazer e ao trabalho; assegurar e promover ações visando o controle de doenças, agravos ou fatores de risco de

interesse à saúde; promover a melhoria da qualidade do meio ambiente, nele incluído o do trabalho, garantindo condições de saúde, segurança e bem-estar público; garantir condições de segurança sanitária na produção, comercialização, armazenamento, transporte, distribuição e consumo de bens e serviços de interesse da saúde, incluídos procedimentos, métodos e técnicas que as afetem; assegurar e promover a participação da comunidade nas ações de saúde. Para o atendimento deste dispositivo a lei prevê a descentralização das ações voltadas para a execução do mesmo, da participação da sociedade, por meio de conferências de saúde; conselhos de saúde; representações sindicais; movimentos e organizações não governamentais; articulação intra e interinstitucional; e publicidade, para garantir o direito à informação. É, portanto um misto de instrumento normativo e de educação e informação ao público.

Lei nº 3.903, de 20 de agosto de 2009, dispõe sobre a campanha permanente de incentivo a arborização de ruas, praças, jardins e demais áreas verdes da cidade. Estabelecendo, portanto a doação de mudas de árvores e plantas ornamentais, e com isso poderá realizar eventos, atividades e divulgação da campanha nos diversos veículos de comunicação. Incentiva com isso a participação da esfera privada através do estímulo a ações voltadas a manutenção e preservação do meio ambiente.

Lei nº 4.041, de 13.09.2010, prevê a concessão de um Selo Verde a empresas mediante a sua solicitação e por reconhecimento de ações que atendam a alguns requisitos como estar de acordo com normas ambientais federal, estadual e municipal; manter sistemas de coleta seletiva de lixo, desenvolver programa interno de uso racional de água e energia elétrica; desenvolver política de informação ao consumidor sobre potencial de impacto ambiental do produto comercializado e da atividade industrial desenvolvida; e manter programas perante a comunidade que incentivem a preservação e recuperação do meio ambiente.

Lei nº 3.923, de 29 de outubro de 2009, dispõe sobre a implantação da coleta de lixo reciclável nos condomínios, residências e comerciais; postos de gasolina e afins localizados no Município de Teresina. Firma a obrigatoriedade da implantação da coleta de lixo reciclável nos condomínios residenciais e comerciais, com mais de 10 (dez) unidades; postos de gasolina e afins localizados no Município de Teresina. A coleta seletiva do lixo reciclável deverá ser feita em recipientes apropriados, como meio de preservação apropriado, como meio de preservação do

meio ambiente e melhoria da qualidade de vida da população, e os custos para implantação e manutenção será de responsabilidade dos estabelecimentos mencionados.

Lei nº 3.924, de 29 de outubro de 2009, dispõe sobre a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de lixo tecnológico no município de Teresina. Segundo esta lei este dispositivo visa minimizar os impactos negativos causados ao meio ambiente, promover a inclusão social e proteger a saúde pública. Considera-se lixo tecnológico os resíduos gerados pelo descarte de equipamentos tecnológicos de uso profissional, doméstico ou pessoal, inclusive suas partes e componentes, especialmente: computadores e seus equipamentos periféricos, tais como monitores de vídeo, telas, displays, impressoras, teclados, mouses, alto-falantes, *drivers*, câmeras e outros; televisores e outros equipamentos que contenham tubos de raios catódicos; eletrodomésticos e eletroeletrônicos que contenham metais pesados ou outras substâncias tóxicas.

Lei nº 4.423, de 16 de julho de 2013 fixa as denominações e delimita o perímetro dos bairros de Teresina e dá outras providências. Dessa forma, é possível planejar ações direcionadas a cada bairro de forma mais objetiva. Até a sanção da lei eram 123 bairros em todas as zonas da cidade com dimensões e portes variados, possibilitando com isso ações voltadas para necessidades de cada população incluindo ações ambientais como a inserção no planejamento de coleta de lixo e implantação de áreas verdes. A legitimação dos bairros proporciona a população mecanismo em defesa do seu espaço.

Os planos complementares surgem como instrumentos auxiliares do Plano Diretor da Cidade e tratam de questões específicas. São eles Plano de Drenagem Urbana – PDDRu (2010); Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), Plano Municipal de Resíduos Sólidos; e Plano de Desenvolvimento do Turismo Sustentável – PDITS (2011).

O Plano de Drenagem Urbana – PDDrU de 2010 é um documento que define as diretrizes institucionais visando estabelecer condições de sustentabilidade para as políticas de drenagem urbana; a caracterização das condições de funcionamento hidráulico das tubulações, galerias, canais a céu aberto, canais naturais, dispositivos de captação e conexão entre redes; e as proposições, em nível de anteprojeto, de obras de curto, médio e longo prazo necessário ao equacionamento dos problemas encontrados na drenagem urbana de Teresina.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) é instrumento da política de saneamento básico do país, visando atender a uma das principais diretrizes da Lei nº 11.445/2007 que institucionalizou a Política Nacional de Saneamento Básico. Este dispositivo visa universalização do acesso aos serviços de saneamento básico, ou seja, aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem das águas pluviais e coleta e manejo de resíduos sólidos.

O Saneamento Básico conforme previsto na legislação nacional citada é composta por quatro eixos: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais. No PMSB de Teresina está contido também o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, de acordo com o art. 19, § 1º da Lei nº 12.305/10.

O Plano de Desenvolvimento do Turismo Sustentável (PDITS) elaborado de janeiro 2010 a agosto de 2011 tem como objetivo “orientar o crescimento do setor em bases sustentáveis, em curto, médio e longo prazo, estabelecendo as bases para a definição de ações, as prioridades, e a tomada de decisão”. Traçando perfil amplo da área de turismo da capital, este plano prevê ações para o turismo de eventos e negócios, de saúde, ecoturismo e outros deste segmento. Além da atuação do setor público e privado frente às ações sugeridas.

4.4 Plano de Drenagem Urbana de Teresina (PDDRu)

O plano de drenagem de uma cidade é um dos instrumentos legais previsto no Estatuto da Cidade (2001) que estaria enquadrado em planos, programas e projetos setoriais (Art.4º, inciso III, alínea g), isto porque a eficiência da drenagem de grande parte das cidades é profundamente afetada pela elevada compactação. Sendo, portanto indispensável para o planejamento eficiente e eficaz.

O Plano de Drenagem Urbana de Teresina vem a atender uma necessidade apontada nos encontros de elaboração da Agenda 21 local que resultou no Plano Diretor de Teresina. Esta necessidade reflete algumas problemáticas urbanas típicas de uma cidade que assenta suas bases no desenvolvimento de um modelo de cidade moderna com a prática do asfaltamento das ruas, com a impermeabilização dificultando a infiltração da água, esta escoar na superfície (escoamento superficial) de forma mais acelerada fenômeno marcante em momentos de alta pluviosidade que acelera esse processo, aumenta a frequência e

a gravidade das inundações, e contribui de forma considerável para diminuição da qualidade da água e ambiental. É um plano complementar ao Plano Diretor da cidade e como tal propõe a articulação da rede de drenagem no sentido macro tendo em vista que outras experiências apontadas no relatório final têm sido pontuais ou localizadas, que buscando a evacuação das águas dos pontos de alagamento, desconsiderando com isso os impactos a jusante de um determinado canal.

A metodologia do PDDRu consistiu em três etapas, a saber:

Etapa 1: realização dos serviços de campo, levantamento de dados, análise de estudos e projetos existentes;

Etapa 2: elaboração dos estudos hidrológicos e hidráulicos básicos, incluindo diagnóstico da situação atual das redes de drenagem diante da atual urbanização, e o prognóstico das condições das redes de drenagem para as condições futuras de urbanização;

Etapa 3: foram realizados paralelamente: a) detalhamento das medidas estruturais, ou seja, estruturas em nível de gestão dos sistemas de drenagem para as condições futuras de urbanização e; b) análise de medidas não estruturais e de melhorias da gestão da infraestrutura urbana relacionada com as águas pluviais.

O documento é organizado em 15 tomos: do 1 ao 4 contemplam as informações gerais e os dados coletados; do 5 ao 6 estão contidos estudos para a determinação da relação IDF (intensidade-duração-frequência) e regime de chuvas, na discretização do sistema de drenagem urbana, na definição de riscos a serem considerados (às pessoas, aos bens da comunidade e ao patrimônio público, ao transporte urbano, entre outros), na escolha das metodologias e modelos de simulação a serem utilizados, na estimativa dos hidrogramas de projeto e no diagnóstico do sistema de drenagem, bem como na modelagem dos rios Parnaíba e Poti. Além disso, aborda a avaliação da qualidade das águas pluviais e sua interface com o sistema de coleta de esgotos, os impactos do carreamento de lixo para o sistema de drenagem, os problemas de saúde pública em função das áreas inundáveis, os aspectos relacionados à erosão e estabilidade de encostas bem como as proposições para a restauração de canais naturais, todas estas atividades; do 7 ao 12 estão contemplados todos os estudos hidrológicos e hidráulicos para o prognóstico do sistema de drenagem; do 13 ao 15 os anexos que dão embasamento as informações contidas.

O diagnóstico aponta que no geral a rede de drenagem da zona urbana de Teresina possui um sistema de diques que a protege contra as cheias dos rios, ficando a drenagem da zona protegida a cargo de estações de bombeamento. Algumas lagoas foram interligadas, definindo caminhos preferências de escoamento das águas na região protegida, criando pequenos cursos d'água no meio urbano. (TERESINA, 2010, p. 646).

As lagoas têm seu nível elevado durante os períodos chuvosos devido à característica argilosa do solo da região, e tendem a esvaziarem pela evaporação ao longo de meses. Quando as lagoas se esvaziam, ou mesmo se mantêm em níveis menores por cerca de 9 meses no ano, a população ocupa com moradias precárias parte da área de inundação de período chuvoso, reduzindo a sua capacidade e aumenta o risco de impacto sobre esta população. (TERESINA, 2010, p. 646)

Dada esta característica, de edificações e vias muito próximas aos lagos, canais (naturais e artificiais) e rios, observa-se uma situação de plena degradação das margens e da qualidade da água devido aos seguintes aspectos: lançamento de resíduos sólidos nas lagoas e canais, lançamento de esgoto cloacal nas lagoas e canais, redução dos volumes de espera das lagoas. (TERESINA, 2010, p. 647)

A rede de drenagem, portanto é composta por tubulações, galerias, canais a céu aberto, canais naturais, dispositivos de captação e conexão entre redes.

Como conclusões as evidências apontadas pelo documento mostram que a ocupação dos loteamentos não considerou a topografia dos terrenos; há muitas edificações assentadas sobre passagem das redes; há uma falta de padronização dos elementos e dispositivos de drenagem construídos (grelhas, bocas de lobo) que muitas vezes se apresentam como um obstáculo ou como perigo aos cidadãos, falta de redes coletoras de águas pluviais, muitos aterros em áreas inundáveis foram construídos ao longo das margens dos rios Poti e Parnaíba, a ausência de redes de esgoto que levam os habitantes a abertura de sarjetas nas ruas para receber as águas servidas provenientes das pias e tanques, capeamento de canais, entre outras. (TERESINA, 2010, p. 250-251). Mas o contexto da época de boa parte destas intervenções são anteriores a instituição do licenciamento

ambiental e das leis de uso e ocupação do solo, no sentido legal, o que justifica 'parcialmente' as ocupações passadas em locais indevidos.

Os resultados por sub-bacias hidrográficas, unidades básicas de drenagem apresentadas no PDDRu, foram compilados pela autora e organizados em um quadro constante no Anexo 1.

4.5 Considerações parciais

O crescimento das cidades, fenômeno mundial desde a Revolução Industrial no século XVIII, tende a ser cada vez mais ascendente já que é nas cidades que estão às expectativas de melhoria de vida, onde estão mais dispostos os recursos necessários a uma boa vida moderna, amenidades. Em Teresina, essa expansão favorecida pelas condições naturais presentes neste espaço reflete a necessidade de se planejar cada vez mais e melhor, para executar ações que tenham considerável interesse para população atual e futura principalmente em virtude da pressão do aumento da população e a ocupação do solo urbano de forma intensa e sem planejamento.

Para que se vislumbre a resolução dos problemas gerados ao longo da história da cidade é que são elaborados planos com o fim de dar melhor qualidade de vida aos cidadãos. Com isso leis, planos especiais e a Agenda 21 Local - Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015 e outros planos paralelos dão sustentação às ações a serem executadas.

O levantamento feito resultou em um total de quatorze leis municipais e quatro planos complementares que tratam direta ou indiretamente as questões ambientais, foco neste momento, refletem uma consonância com os direcionamentos propostos na Agenda 21 local, no entanto ainda necessita ser ampliada tendo em vista a necessidade da cidade. Além disso, necessita de uma investigação a cerca da operacionalização dos mesmos, que será objetivo de trabalho futuro. Também foi identificado o plano complementar intitulado Plano de Mobilidade Urbana que não contempla de forma incisiva a dimensão ambiental, por isso não foi citado no contexto do trabalho.

É preciso reforçar a necessidade de uma gestão cada vez mais integrada para garantir inclusive a capacidade de suporte dos recursos naturais presentes nessa cidade e a sua sustentação. A integração entre as esferas de

governo e entre estas e sociedade, ampliando cada vez mais os fóruns de participação. Com este horizonte está sendo elaborado o Plano de Desenvolvimento Sustentável 2016-2030, com fórum permanente de discussão através do site www.pensarmaisteresina.com.br, em que os habitantes podem e devem dar suas contribuições e se manter atualizado a cerca do atual e do novo planejamento estratégico teresinense.

Conclui-se que o crescimento recente, em especial da década de 1990, assume duas formas distintas: uma pela expansão da periferia ocupando áreas que deveriam ser preservadas e não ocupadas, ou áreas sem infraestrutura mínima para ocupação populacional salubre; e outra pelo crescimento dos edifícios e condomínios de luxo nos bairros mais valorizados ou em zona periurbana. Ambas provocadoras de impactos ambientais considerados importantes causadores de danos expressivos

Em suma, desde a criação urbana de Teresina até a recente demanda de planejamento contemplando a dimensão ambiental reflete a necessidade de se analisar o espaço com o fim de melhorar a gestão do mesmo seja nas esferas social, econômica, política e ambiental, esta a que de fato interessa nesta pesquisa. Com isso, foi possível compreender onde a pesquisa pode contribuir para a gestão ambiental da cidade identificando as áreas prioritárias de intervenção para que se alcance a melhoria da qualidade de vida nesta e em outras cidades.

A principal contribuição do PDDRu nesta pesquisa foi que a partir do cruzamento de diversos elementos geográficos foi possível subdividir a cidade em sub-bacias hidrográficas. Estas unidades geográficas sintéticas são consideradas para fins de análise como partes de um todo que é a cidade e que ao mesmo tempo demanda problemáticas recorrentes no espaço urbano tais como questões relativas não só a drenagem, mas também a saneamento básico, supressão de cobertura vegetal, ocupação de áreas inapropriadas que demandam processos erosivos mais severos e poluição, dentre outros. Estas sub-bacias hidrográficas serviram de suporte para o zoneamento ambiental da cidade de Teresina nesta pesquisa a ser detalhada na próxima seção.

5 ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA

5.1 Introdução

Esta seção tem como objetivo apresentar os resultados da análise geográfica integrada feita no espaço urbano da cidade de Teresina (PI) a partir de duas variáveis: natural e antrópica. A primeira será mensurada a partir de dois indicadores a forma da sub-bacia hidrográfica e amplitude altimétrica. Já a ação antrópica será mensurada a partir dos indicadores uso da terra e grau de ocupação da terra, ambos por sub-bacias hidrográficas.

Com os resultados obtidos a luz destes indicadores foi possível realizar uma síntese da qualidade ambiental por unidades geográficas estudadas esta pode possibilitar intervenções adequadas de acordo com a situação ambiental das respectivas áreas analisadas, assim categorizá-las em um *ranking* de acordo com o nível de prioridade de intervenção. A análise dos indicadores e resultados obtidos foi sistematizada em um quadro esquemático e em cartas que especializaram os dados.

Os indicadores escolhidos para a realização da Análise Geográfica Integrada da área objeto de estudo foram estabelecidos tendo em vista o estabelecimento de critérios viáveis a análise que conduziram a situação de qualidade ambiental a partir destes. Os indicadores foram avaliados de acordo com os níveis de prioridade ou parâmetros: Mínimo; Médio; ou Máximo. No entanto as etapas apresentadas a seguir: caracterização da área de estudo e zoneamento ambiental possibilitaram a análise de forma satisfatória dos indicadores.

5.2 Caracterização da área de estudo

A cidade de Teresina, capital do Piauí, está localizada na confluência de dois mananciais hídricos de grande importância regional. Os trechos dos rios Poti e Parnaíba que banham a cidade evidenciam uma série de características físicas que devem condicionar o planejamento e a tomada de decisão para este espaço.

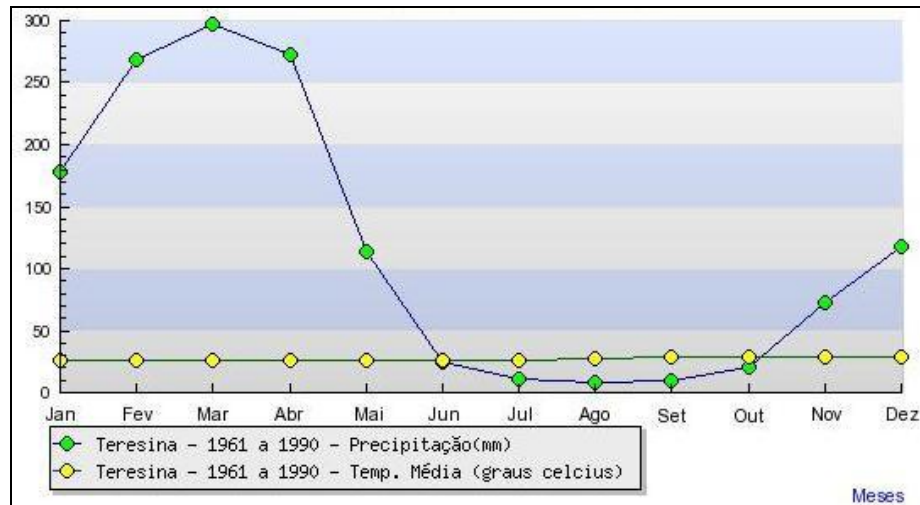
Quanto aos pequenos afluentes destes rios presentes na zona urbana da cidade LIMA os caracteriza por

“apresentarem pequena extensão tendo, em sua maioria, suas nascentes dentro do próprio município. Vários deles deságuam na área urbana e são canalizados em galerias pluviais, para onde convergem também muitos esgotos residenciais de áreas não contempladas com o esgotamento sanitário dessa Capital.” (LIMA, 2011, p. 1)

O rio Poti em seu baixo curso onde se encontra a área urbana de Teresina apresenta padrão de drenagem meândrica que contornam pequenos elevações residuais. A intensa urbanização em torno deste corpo hídrico tem provocado significativas modificações em sua forma. Nos trechos de solo mais compactado o canal se apresenta profundamente encaixado e o leito está lentamente sendo alterado.

O rio Parnaíba possui curso relativamente retilíneo no trecho em que passa por Teresina, que compreende as Bacias Difusas do Médio Parnaíba. Este rio percorre cerca de 90 quilômetros dentro do limite municipal de Teresina. No entanto, o papel de destaque para este corpo hídrico é o abastecimento de água da cidade proveniente deste sistema produtor.

O clima de Teresina segundo classificação de Thornthwaite e Mather (1955) é o sub-úmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,1% da evapotranspiração potencial no trimestre setembro-outubro-novembro. A concentração de chuvas entre meados de dezembro e início do mês de março (Ver figura 4) em alguns anos especificamente deve ser considerada como evento importante, pois a erosividade da chuva é proporcional ao grau erosividade na região, especialmente as chuvas torrenciais no chamado período chuvoso que chegam a ultrapassar os 100mm em um curto espaço de tempo. A erosão hídrica é o principal agente desencadeador da dinâmica do relevo na cidade (LIMA, 2011, p. 7). Além da (re) modelagem do relevo, dependendo dos demais condicionantes naturais ou humanos muitos são os impactos da ação das chuvas na cidade que afetam social e economicamente este espaço.

Gráfico 1 – Normais Climatológicas de Teresina 1961 - 1990

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2015)

Quanto a geologia, a estrutura geológica na qual se assenta o município é caracterizada por LIMA (2011)

“corresponde à porção centro-oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba, aflorando nessa área formações datadas do Paleozóico ao início do Mesozóico, com intrusões de diabásio, do período Jurássico. A formação topograficamente mais rebaixada corresponde à Formação Piauí, datada do Carbonífero.

(...) Sobreposta à Piauí, encontra-se a Formação Pedra de Fogo (datada do Permiano) aflorando de norte a sul, em cerca de 60% da área do município de Teresina. Compõe-se predominantemente por bancos espessos de folhelho e siltito, com intercalações de chert silexito e evaporitos de coloração variegada. Esse pacote de rochas encontra-se nos níveis de 100 ou 120 até cerca de 240 metros de altitude, em áreas retrabalhadas pela drenagem, isolando morros residuais. A Formação Pastos Bons (datada do Triássico) corresponde a superfícies de cimeira, numa pequena área a sudeste do município, atingindo até 250 m. Compõe-se de siltito e folhelho de coloração variegada, intercalados por camadas delgadas de arenito argiloso e encontra-se como camada de cobertura nos divisores topográficos dos grandes riachos da região Sudeste do município: do Macaco e Fundo. Nessa porção do município ocorrem ainda soleiras e diques de diabásio cortando as formações sedimentares pré-existentes.” (CPRM, 2006; CORREIA FILHO, 1997, citado por LIMA 2011, p. 2).

A ocorrência de faixas descontínuas de elevada concentração de seixos dão maior resistência e coesão a alguns morrotes residuais retardando os efeitos dos processos erosivos. Estes ocorrem desde terraços aluviais a elevações com altitudes de cerca de 150 metros, muitos destes são divisores topográficos dos afluentes de menor porte dos rios Poti e Parnaíba (VIANA et. al, 2010). Sendo estes

intensamente explorados economicamente por possuírem valor significativo na construção civil, sendo rebaixados gradativamente alterando a morfologia da cidade.

A ocorrência espacial das formações é descrita por Lima (2011)

“de Norte ao Sul do Município de Teresina a Formação Pedra de Fogo predomina como base das grandes unidades ou conjuntos de relevo, a exceção das planícies e terraços fluviais que são elaboradas tendo como base a Formação Piauí, e de parte do extremo Sudeste do município que tem sua superfície de cimeira elaborada nas rochas da Formação Pastos Bons.” (LIMA, 2011, p. 5)

Na área urbana correspondente a área de origem da cidade no interflúvio entre os rios Poti e Parnaíba os morros residuais baixos variam de 90m a 55m no nível de base local do Poti. (LIMA, 2002). Esta configuração dá ao relevo o sentido de decréscimo no sentido sul-norte, sendo, portanto a zona norte da cidade a mais baixa em termos topográficos. Justifica-se a grande quantidade de lagoas na área e os investimentos do poder público municipal para sanar problemas ambientais inclusive por também abrigar população de menor poder aquisitivo que se assentou em torno das mesmas.

Conforme Lima (2011) quanto ao relevo predomina o relevo Suave Ondulado com declividade variando de 3 a 8%. A direção geral do mergulho segue a das formações geológicas da bacia sedimentar do Parnaíba, na região Leste-Oeste até o rio Parnaíba, no espaço piauiense. Em relação a drenagem este aspecto determina a direção da mesma em termos regionais. Dessa maneira, a drenagem segue neste sentido.

A morfologia fluvial apresenta estreita relação com a estrutura geológica, o clima e a geomorfologia da região por onde passa isto por que este estudo neste âmbito envolve os tipos e formas dos vales por onde a drenagem flui. A composição destes elementos pode direcionar a análise da dinâmica da paisagem. Visto isso a drenagem de Teresina apresenta o sistema em função do comportamento dos rios Parnaíba e Poti na área urbana da cidade de Teresina. Estes são formados por trechos naturais de rios, sem intervenções estruturais do tipo canalização ou semelhantes. O que não ocorre com seus afluentes.

Quanto ao padrão, a drenagem de Teresina é se apresenta diferenciada para cada região da cidade. De acordo com Lima (2011),

“nas porções centro-sul e sudeste do município há uma forte relação da drenagem com a litologia local, formando um padrão de drenagem radial convergente. Na porção sul do município a direção geral predominante dos rios e riachos afluentes do Parnaíba (pertencentes

às Bacias Difusas do Médio Parnaíba) é de Sudeste/Noroeste, apresentando Padrão de Drenagem Paralelo, considerado pela literatura como freqüente em rochas sedimentares; enquanto na porção centro do município os riachos de maior extensão são afluentes do Poti e apresentam direção geral de SE- NW, mantendo também de forma predominante o Padrão de Drenagem Paralelo. Na porção norte, o Poti e pequenos riachos drenam diretamente para o Parnaíba (parte das Bacias Difusas do Baixo Parnaíba), apresentando a direção geral de E-W de forma predominante, mantendo ainda o Padrão Paralelo. ” (LIMA, 2011, p. 6)

Há uma relação entre drenagem e ocupação em zonas específicas da cidade diretamente ligadas a condições físicas de cada uma. Alguns condicionantes impuseram uma tendência para o crescimento da cidade no sentido leste ao se considerar as condições dadas pelo relevo já citadas e a partir destas pelos rios. Existem restrições à ocupação em alguns pontos da Zona Sul (áreas de topografia acidentada e de proteção do manancial de abastecimento d'água) e a grande concentração de lagoas e áreas alagadiças na Zona Norte da cidade. (TERESINA, 2010, p. 248).

De acordo com o mapeamento de riscos realizado pela Defesa Civil (2012), a zona que mais enfrenta problemas de acúmulo de águas pluviais em função da precariedade do sistema de drenagem é a Leste, sendo recorrentes os mesmos pontos de alagamento. De fato, a infraestrutura inadequada frente às necessidades, estas mais evidentes nos períodos de maior pluviosidade, demonstra que as ações junto ao sistema de drenagem foram feitas no sentido de manutenção do sistema através de medidas corretivas, não contemplando a operação nem o planejamento estratégico para evitar ocupações desordenadas e intervenções estruturais. O diagnóstico do sistema de drenagem como um todo também está associado ao sistema de drenagem pluvial, sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário, pavimentação de ruas, coleta e disposição de resíduos.

Quando se trata de dimensão socioeconômica, Teresina se destaca no âmbito regional. Segundo IBGE (2007), esta cidade é classificada como capital regional que por definição significa que é uma cidade com capacidade de gestão no nível imediatamente inferior ao das metrópoles, têm área de influência de âmbito regional, sendo referidas como destino, para um conjunto de atividades, por grande número de municípios. Esta mantém influência com 271 municípios tanto do estado do Piauí quanto de estados vizinhos (IBGE, 2007, p. 99). Os deslocamentos de população para esta área compreendem desde deslocamentos diários a

permanentes, sendo uma cidade com grande convergência de contingente populacional vindo em busca de educação e trabalho, dessa maneira é uma Área de Concentração Populacional - ACP. A vocação da cidade é o setor terciário e com potencialidade de absorção migratória.

A população segundo IBGE (2011) totalizava 814.230 em uma área territorial de 1.391.981km² o que resulta em uma densidade demográfica de 584,84 hab/km². A taxa de urbanização desde a década de 1960 vem passando por crescimento significativo. Em 2010 era de 94,27%, confirmando o mesmo fenômeno que ocorre em outras cidades a de concentração populacional em espaços urbanos. A evolução nos aspectos populacionais pode ser vistos na Tabela 1 (Vide página 64).

Teresina apresenta, de fato, componentes positivos que acabam por congregam um contingente populacional significativo especialmente nos últimos quarenta anos. A população que se assenta neste espaço foi ocupando áreas da cidade de diversas formas muitas vezes infringindo os limites naturais deste espaço. A morfologia da cidade ligada a dinâmica fluvial representa um fator significativo de análise ambiental e, portanto de melhoria na qualidade de vida da população. A dimensão ambiental recentemente incluída nos planejamentos tem buscado sanar diversas problemáticas geradas por ações feitas ao longo do tempo.

A forma da cidade está associada a morfologia fluvial dos dois rios Poti e Parnaíba e de suas bacias difusas ou sub-bacias hidrográficas. As interferências no relevo da cidade estão diretamente associadas a necessidade que a população ao longo de sua história precisou adaptar-se a esta condição natural.

A canalização de riachos, o aterramento de pequenos corpos hídricos, a ocupação das planícies de inundação, a compactação do solo, o conflito de usos, a construção de avenidas e pontes, a construção de residências nos mais diversos formatos são acontecimentos marcantes no decorrer da construção desta cidade com olhar para o futuro. Eventos estes que interferem de forma significativa na dinâmica natural do espaço na qual se assenta.

O formato da cidade revela a multiplicidade de ambientes para esta escala de análise. O formato alongado no sentido norte-sul demonstra a horizontalidade e a expansão da cidade no sentido sul, já que esta nasceu na porção ao norte. A limitação imposta pelas inundações do rio Poti relatada na história foi a principal motivação pelo qual se justifica este crescimento nesta

direção. Outro sentido favorável foi a zona leste justificada pela construção da estrada federal que passou a ligar os estados do Maranhão, Piauí e Ceará, mais também a condição natural nos patamares mais elevados que favorecem o escoamento, e ainda a iniciativa pública da construção de equipamentos urbanos importantes para a modernização da cidade a partir da década de 1970.

Outro aspecto que merece é o aspecto do crescimento no sentido horizontal das construções. O processo de verticalização se inicia tardiamente e apesar do aumento da construção de prédios seja residencial ou comercial, a cidade ainda apresenta baixo adensamento populacional de apenas 584,94 hab/km², se comparado com Fortaleza 7.786,44hab/km² ou São Luiz com 1.215,69 hab/km². Teresina é por isso uma cidade horizontalizada ainda.

Em função da adequação a novas necessidades como de deslocamento e de habitação de uma população que cresce ano após ano atraída pela dinamicidade do setor terciário, a cidade continua a ser modelada para atender as necessidades dos cidadãos, as transformações dos espaços continuarão e merecerão ser investigadas a partir da ótica proposta nesta pesquisa e em outras para compreender o fato urbano da cidade em questão.

Dito isto as próximas etapas visam contribuir de alguma forma para a análise da questão ambiental da cidade em especial da qualidade ambiental dentro desta cidade reflexo de múltiplos processos sejam eles humanos ou físicos que alteram condicionantes ambientais importantes.

5.3 Zoneamento ambiental

A primeira etapa propriamente dita produzida é o zoneamento da área de estudo. O zoneamento é uma atividade eminentemente geográfica herdada da tradição francesa da Geografia regional. Organizar o espaço a partir da diferenciação das áreas é uma característica identificadora dessa ciência. Compatibilizar múltiplas características, correlaciona-las e diferencia-las em relação às unidades do entorno conduz a diversos níveis de síntese da paisagem.

Entende-se como zoneamento ambiental a compartimentação do espaço a partir dos usos que são dados a cada porção para fins de gestão territorial. Neste trabalho, o zoneamento ambiental considerou o uso da terra como um componente da pesquisa. A principal característica para adoção do zoneamento

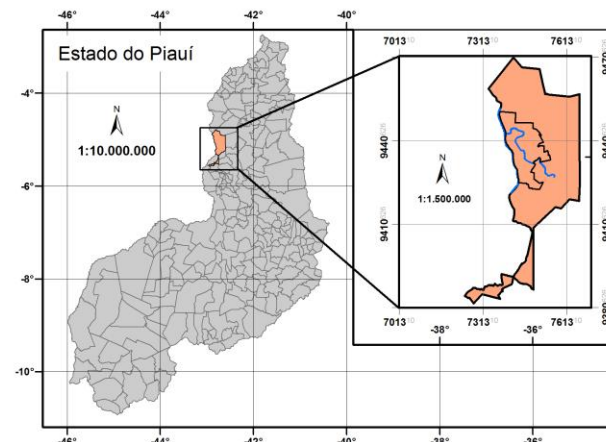
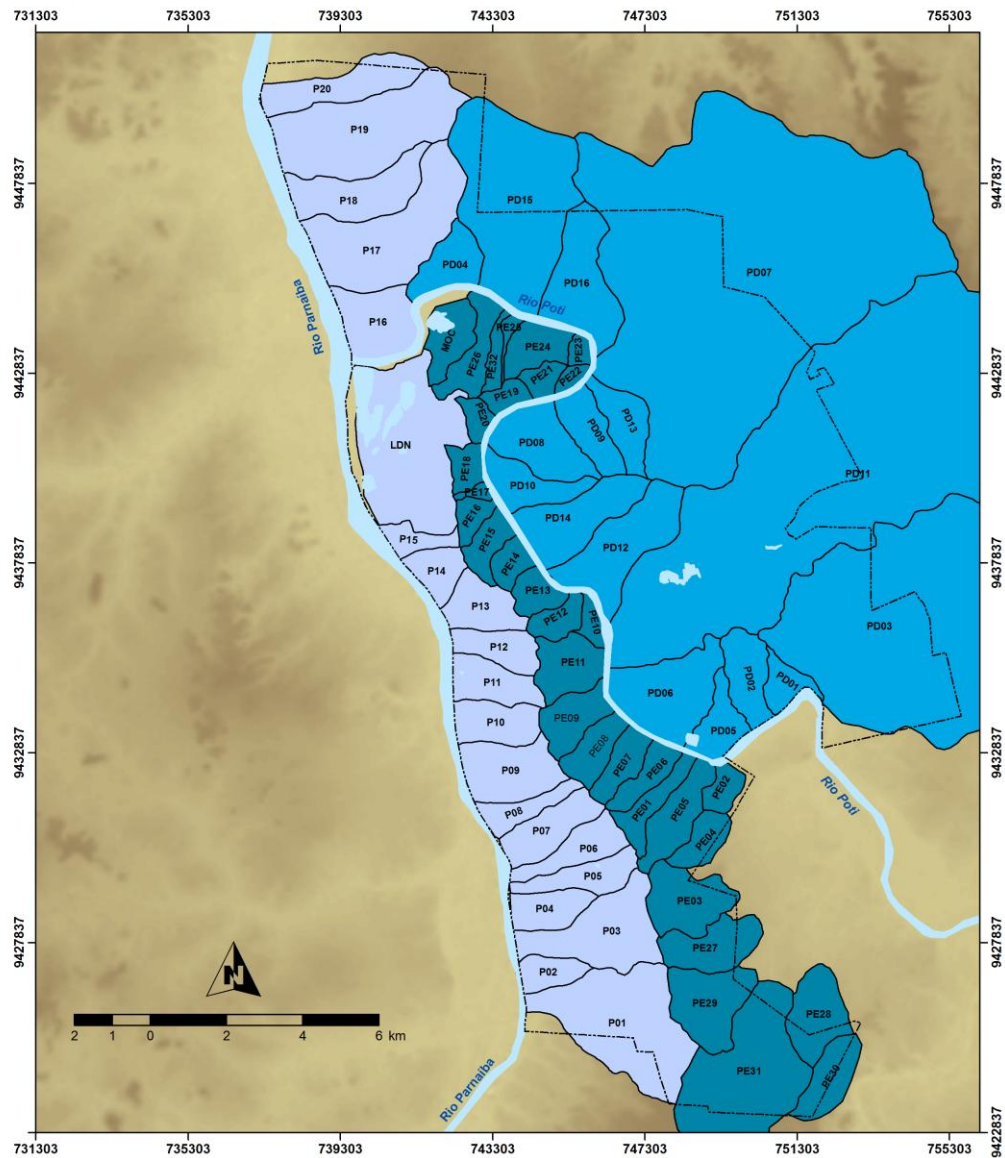
ambiental considerando inicialmente o aspecto físico foi possibilidade de articulação entre Bertrand (1972) que propôs a classificação de ambientes em resistasia e bioistasia partir das suas características tanto físicas quanto de ação antrópica sobre elas, e a divisão apresentada da cidade em sub-bacias hidrográficas presente no PDDRu, que foi esmiuçado no item 4.3.

Nesta pesquisa o zoneamento feito tem como base a região natural da sub-bacias hidrográficas, conforme a Figura 11, consideradas unidades básicas de planejamento territorial considerando a legislação vigente relativa a Política Nacional de Recursos Hídricos e ainda a Política Estadual de Recursos Hídricos. Quando se refere a cidade estas unidades são de fato intensamente afetadas considerando alguns aspectos como a impermeabilização do solo, a redução de áreas verdes que inviabilizam a percolação da água da chuva, a canalização de corpos hídricos, a aterramento de lagos e lagoas, a ocupação indevida de áreas no entorno de rios, córregos e lagos.

Zoneamento ambiental está presente inclusive no Estatuto da Cidade como um instrumento para planejamento e gestão dos recursos naturais das cidades brasileiras, é, portanto um instrumento de gestão ambiental, associados aos usos dados a cada espaço. Previsto na PNMA (Política Nacional do Meio Ambiente) – Lei 6.938/81, tendo por objetivo “a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”.

O zoneamento ambiental da cidade (dimensão urbana) de Teresina considerando como unidades geográficas as sub-bacias hidrográficas obteve como resultado em função do relevo e da hidrografia de Teresina, três conjuntos considerando a direção de escoamento das águas pluviais. Uma delas de contribuição direta ao rio Parnaíba e outras duas de contribuição direta ao rio Poti. São denominadas conforme PDDrU (2010) de Margem Direita do rio Parnaíba, Margem Esquerda do rio Poti e Margem Direita do rio Poti, divididas pelos divisores topográficos e pelo próprio rio Poti, denominações que serão utilizadas neste trabalho. A zona central urbana de Teresina é dividida na direção Sul-Norte pelo rio Poti, possuindo uma área que se estende à margem direita do Poti e outra, mesopotâmica (existente entre dois rios). Nessa área, o divisor de águas das bacias do Parnaíba e do Poti é percebido e bem delimitado, fazendo-se passar por longos trechos sob a área próxima ao alinhamento da Av. Miguel Rosa.

Figura 11 - Zona Ambiental por Sub-bacias Hidrográficas da Cidade de Teresina - PI





Convenções	
	Perímetro Urbano - Teresina/PI
	Corpos D'água
	Parnaíba
	Poti Direita
	Poti Esquerda

Dados Técnicos	
Projeção Transversa de Mercator Zona 23° S	
Datum SIRGAS 2000	
Origem da Quilometragem: 45° S e Equador	
Falso Oeste: 500 km	
Falso Norte: 10.000 km	

Fonte	
Brasil, 2006	
INPE, 2008	
Teresina, 2010a	

Organização	
Aline de Araujo Lima	
Outubro/2015	

Geoprocessamento: Leônidas Silva

Estes conjuntos são subdivididos em microbacias ou sub-bacias hidrográficas. No conjunto que compreende a Margem Direita do rio Parnaíba são encontradas 20 sub-bacias; da Margem Esquerda do rio Poti 32 sub-bacias; e da Margem Direita do rio Poti 16 sub-bacias. São acrescentadas ainda como unidades geográficas significativas duas lagoas localizadas na zona norte da cidade. Totalizando 70 unidades geográficas a serem analisadas nesta pesquisa.

Tendo como objeto de estudo a cidade as escalas devem ser adequadas para que se realize o zoneamento ambiental de forma satisfatória considerando um conjunto de elementos característicos de uma determinada unidade. No caso das sub-bacias, considerando a escala uma pequena região natural com características que as individualizam e dão a elas uma unidade característica, nesta pesquisa são características que as individualiza em relação às demais a geologia, geomorfologia, declividade do terreno e tipo de solo, a junção destes elementos acaba por influenciar de forma positiva ou não a drenagem fluvial e/ou pluvial do terreno facilitando ou não o escoamento assim como outros componentes como a permeabilidade do solo.

5.4 Dinâmica natural

A variável dinâmica natural será mensurada a partir de dois indicadores: a forma da bacia e a amplitude altimétrica. Tendo como princípio básico a dinâmica natural dos ambientes que existe independente da presença do ser humano considerando como elementos conceituais que dão sustentação a este aspecto Tricart (1977). O uso deste ou de outros indicadores que visam compreender a dinâmica natural conduzem a uma situação de vulnerabilidade dos ambientes ou vulnerabilidade ambiental.

5.4.1 Forma da bacia

A forma da bacia está ligada a possibilidade de acúmulo de águas sejam pluviais ou fluviais, a drenagem destes produtos, a dificuldade ou facilidade de esgotamento sanitário e deste a possibilidade de ambientes mais salubres ou não para a população. As interferências na drenagem natural como a compactação, aterramento, canalização de canais ou mudança do curso podem afetar diretamente

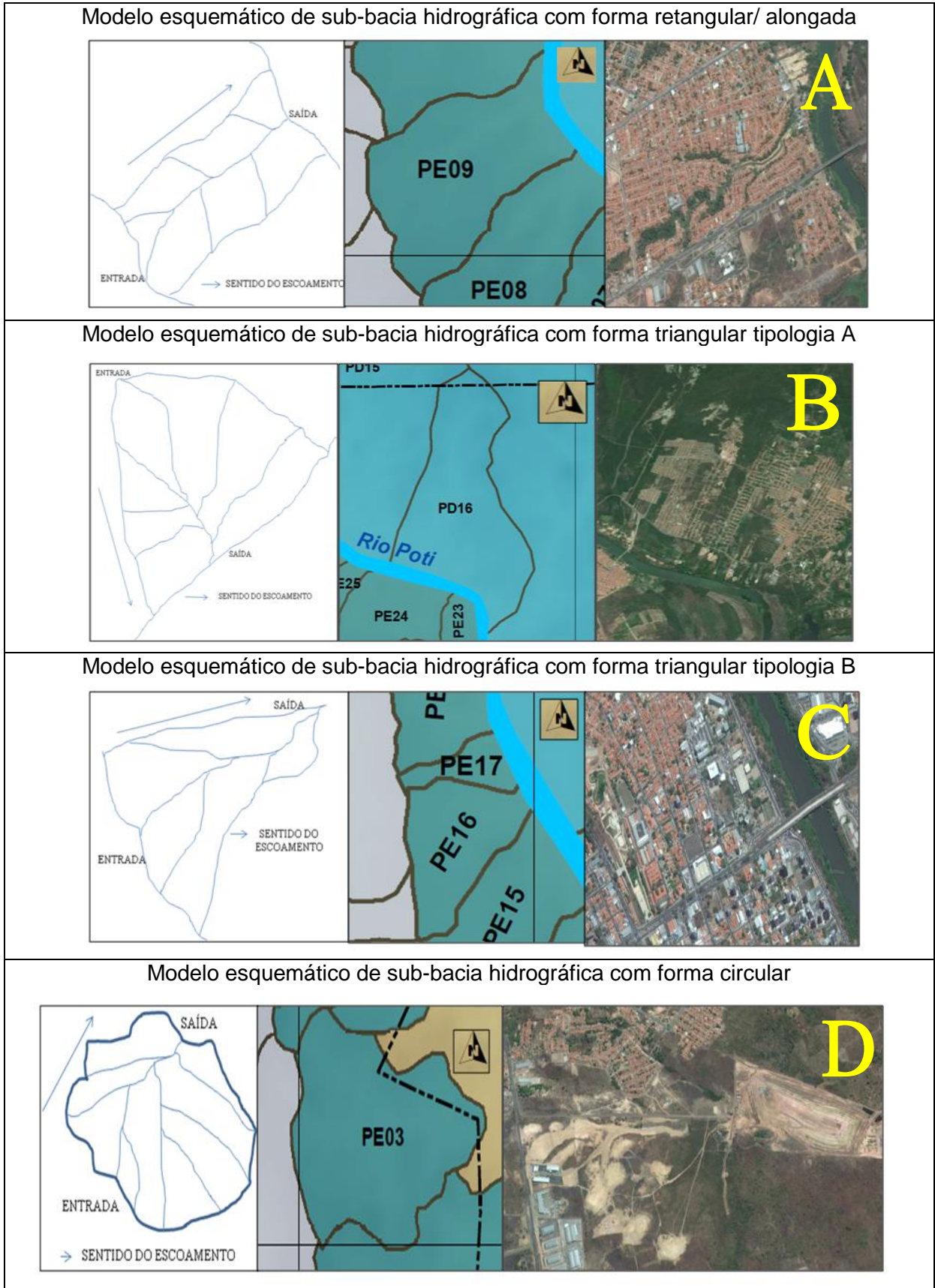
esta dinâmica natural potencializando os riscos de acúmulo ou o aceleração do escoamento superficial. Neste sentido, foi considerado para fins de análise o formato natural nesta etapa, a análise dos indicadores antrópicos deu conta da possível modificação que ocorreu em cada unidade geográfica estudada.

Ao analisar o formato das 68 sub-bacias hidrográficas de Teresina (PI) foi possível identificar àquelas que tem maior tendência a acumular água e que portanto possui maior risco a população que está assentada nestes ambientes. Por outro lado foi possível identificar também áreas com menor risco, assim com menor risco a população residente nestas áreas. No entanto, faz-se necessária uma análise mais aprofundada de outros componentes naturais para se ter uma síntese mais abrangente apesar de que este indicador escolhido dar uma dimensão da dinâmica natural dos mesmos.

Quanto a forma das sub-bacias hidrográficas foram estabelecidos quatro parâmetros:

- Retangular/alongada: baixo. As sub-bacias com formato retangular e/ou alongada tem capacidade de escoamento elevado, que dificulta o acúmulo de água. Desta maneira, o nível de prioridade de intervenção em áreas com esta configuração é baixo. (Figura 12-A)
- Triangular A: baixo. O ângulo de entrada é menor do que o ângulo de saída favorecendo o escoamento já que o canal de se alarga a medida que chega ao nível de base. (Figura 12-B)
- Triangular B: moderado. Com ângulo de saída menor que de entrada de material as sub-bacias hidrográficas apresentam capacidade de escoamentos diminuída tendo em vista o canal estreitado de saída de água. Quanto ao nível de prioridade é moderado. (Figura 12-C)
- Circular: alto. O formato de circular das sub-bacias hidrográficas dificulta o escoamento em virtude da quantidade de material que escoar ser elevado em relação a outros formatos. O nível de prioridade é alto, dada a possibilidade de alagamentos/inundações em áreas que possuem esta forma específica. (Figura 12-D)

Figura 12 - Formas das Sub-bacias Hidrográficas



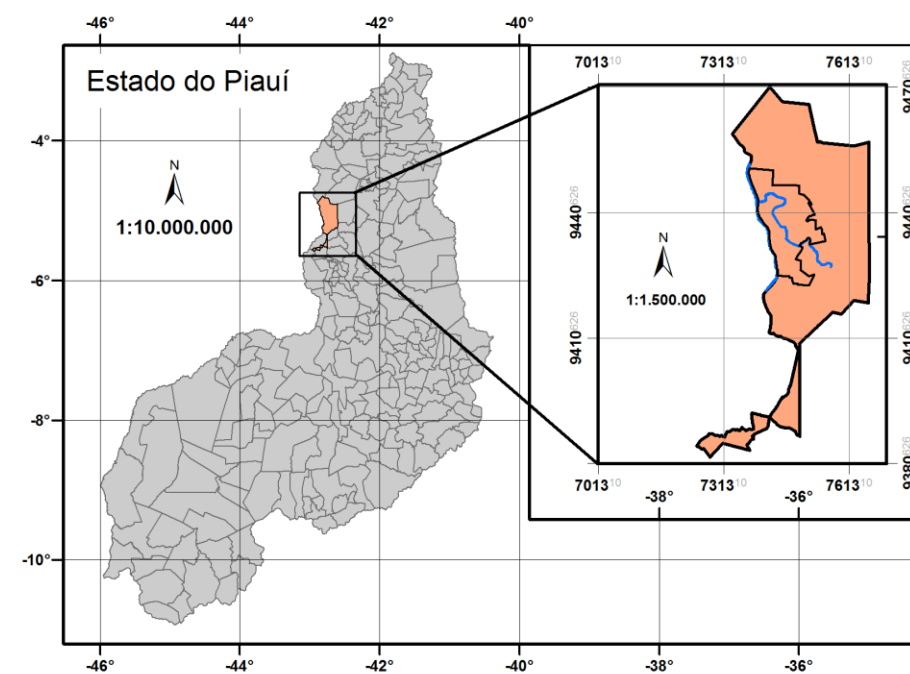
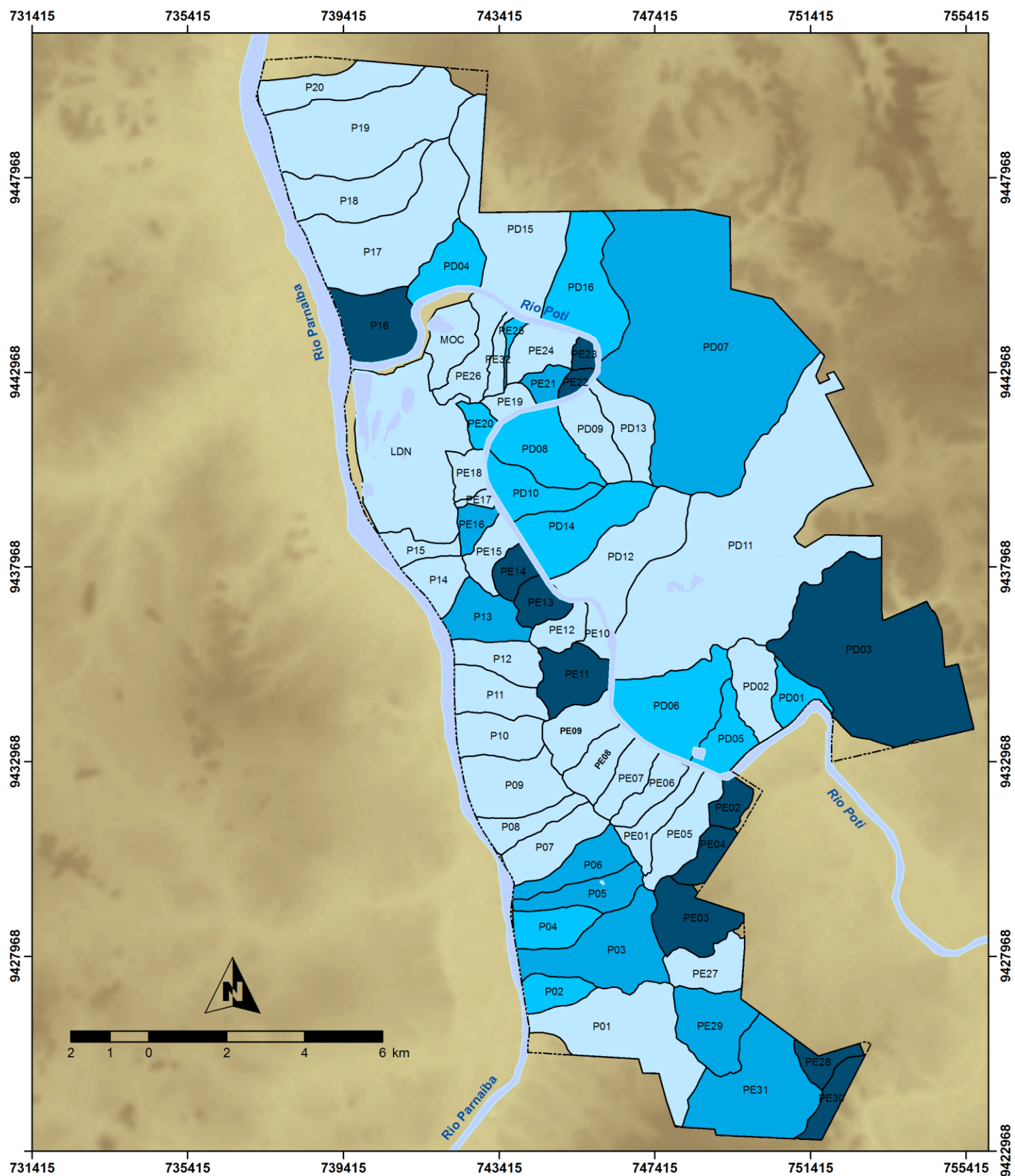
Fonte: Elaborado por LIMA, A.A. (2015)

A Carta de Forma de Sub-bacias Hidrográficas de Teresina aponta que das 70 unidades analisadas conforme abaixo:

- 32 apresentam forma alongada, estas tem facilidade de drenar as águas, são elas: PE01, PE05, PE06, PE07, PE08, PE09, PE12, PE15, PE17, PE18, PE19, PE24, PE26, PE27, PE32, PD02, PD09, PD12, PD13, PD15, P07, P08, P09, P10, P11, P12, P14, P15, P17, P18, P19 e P20;
- 13 triangular A, são elas: PE10, PE20, PE25, PD01, PD04, PD05, PD06, PD08, PD10, PD14, PD16, P04 e P02;
- 12 apresentam forma enquadrada na tipologia triangular B com relativa dificuldade de escoamento devido a saída estreitada de material, são elas: PE16, PE21, PE29, PE31, PD03, PD07, PD11, P01, P03, P05, P06 e P13; e
- 11 apresentam forma da bacia circular, portanto com maior possibilidade de acúmulo de águas pluviais, são elas PE02, PE03, PE04, PE11, PE13, PE14, PE22, PE23, PE28, PE30 e P16. As Lagoas do Norte e Lagoa do Mocambinho, por terem ambiente lagunar e tendência natural a acúmulo de água, foram consideradas unidades com elevada tendência na mesma categoria das sub-bacias com forma circular.

As unidades denominadas de Lagoas do Norte, que abrange 13 bairros Acarape, Aeroporto, Matadouro, Parque Alvorada, São Joaquim, Poti Velho, Itaperu, Mafrense, Olarias, Alto Alegre, Nova Brasília, Vila São Francisco e Memorare; e Lagoa do Mocambinho, que compreende ao bairro Mocambinho, ambas localizadas na região norte da cidade, apresentam condição natural típica de um lago de várzea que se interliga com rio formando um único sistema em período de elevado índices pluviométricos já em períodos mais secos a intercomunicação ocorre via canais. É um tipo de lagoa perene. A forma lagunar é circular o que favorece a permanência de água. Sendo, portanto áreas de risco elevado.

Figura 13 - Carta de Formas das Sub-bacias Hidrográficas da Cidade de Teresina - PI



Convenções	
-----	Perímetro Urbano - Teresina/PI
	Corpos D'água
Dados Técnicos	
Projeção Transversa de Mercator Zona 23° S	
Datum SIRGAS 2000	
Origem da Quilometragem: 45° S e Equador	
Falso Oeste: 500 km	
Falso Norte: 10.000 km	
Fonte	
Brasil, 2006	
INPE, 2008	
Teresina, 2010a	
Organização	
Aline de Araujo Lima	
Outubro/2015	
Geoprocessamento: Leônidas da Silva	

5.4.2 Amplitude altimétrica

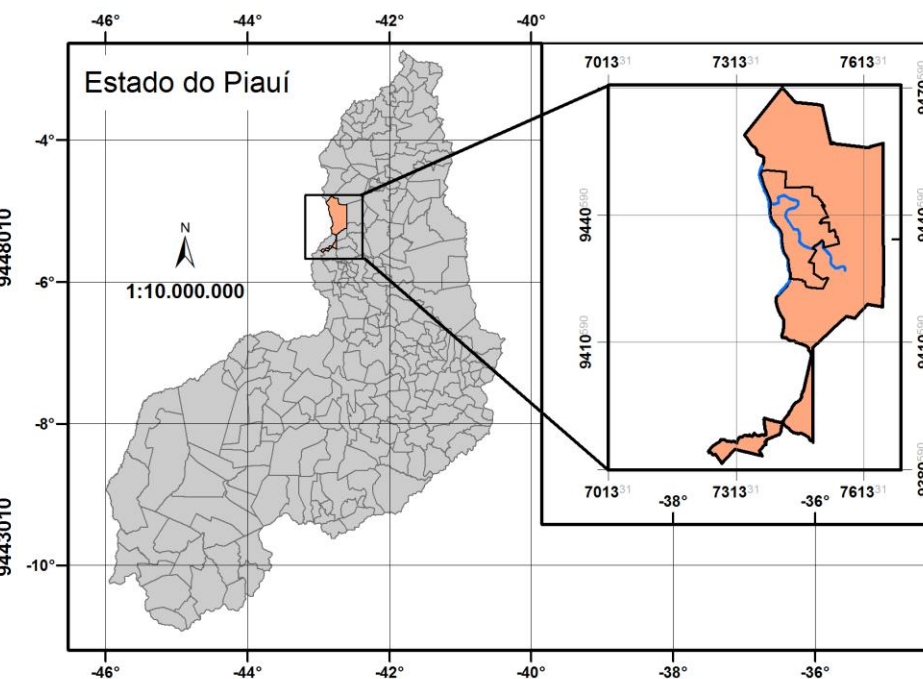
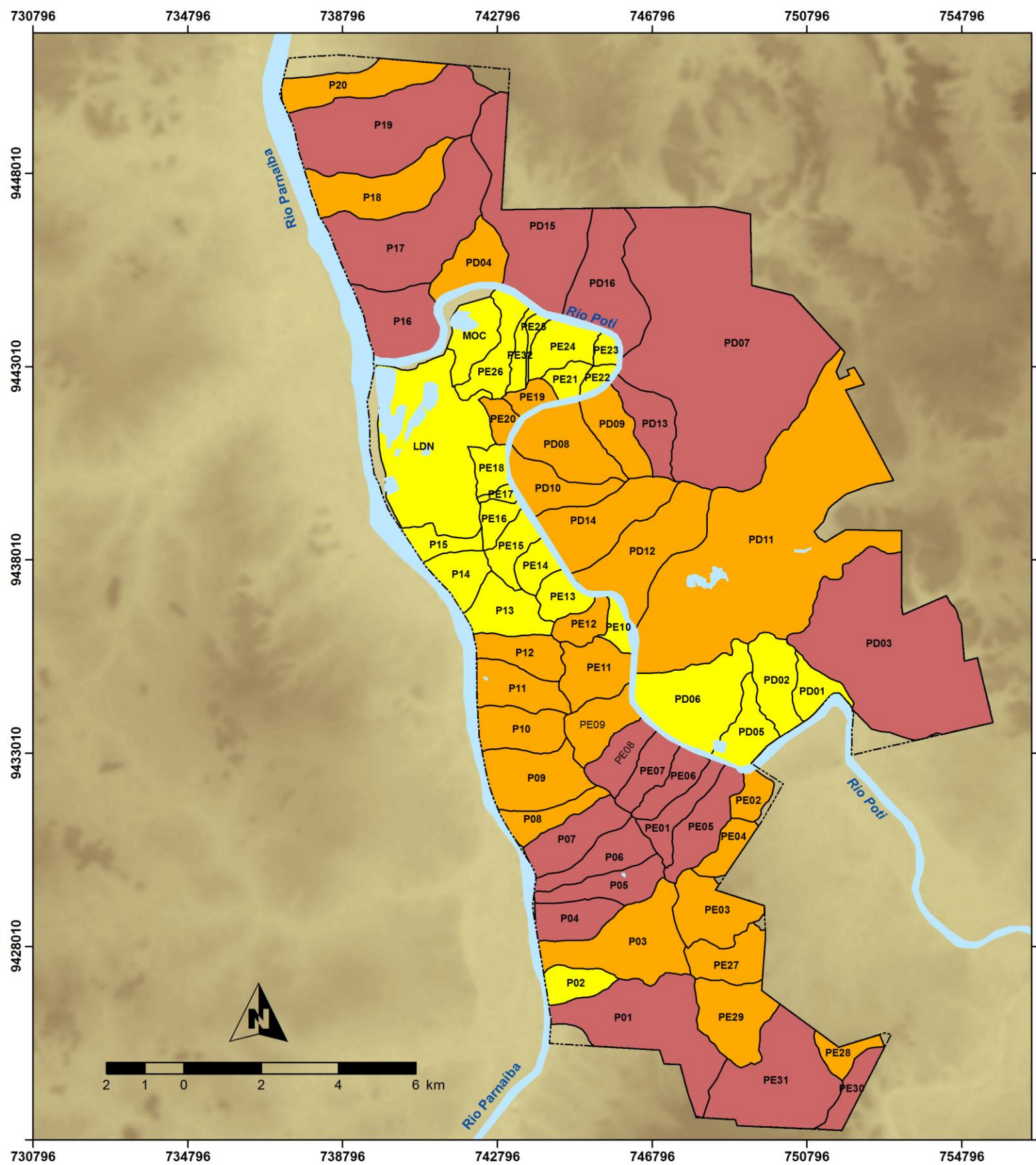
Outro indicador de dinâmica natural utilizado para análise foi a amplitude altimétrica. As sub-bacias possuem altitude mínima de 25 m (PD10, PD11, PD13, PE22, PE23 e PE24, por exemplo) e altitude máxima de 165 m (PD03). Esta diferença tem relação direta com a susceptibilidade a erosão fluvial, quanto maior a amplitude altimétrica maior a capacidade de desagregação de material considerando aspectos físicos como a ação da força da gravidade, a incidência de raios solares nas áreas mais elevadas o que favorece a quebra de materiais, a declividade dos terrenos que é aumentada ou reduzida dependendo da área e da extensão dessa diferença, dentre outros. Este indicador não revela necessariamente como maior cota altimétrica o início da unidade ou o ponto de entrada de material, podendo ser qualquer ponto dentro da unidade que apresente maior elevação.

Este indicador pode ser avaliado também considerando o aspecto do escoamento. A amplitude altimétrica é inversamente proporcional a capacidade de acúmulo de água em determinada porção do espaço. Quanto maior a amplitude altimétrica, ou seja, a diferença de altitude maior será o escoamento e menor a possibilidade de acúmulo. Quanto menor a amplitude altimétrica, menor a capacidade de escoamento e maior a possibilidade de acúmulo de água. No quadro 1 esta análise considerando acúmulo de água como elemento a ser explorado neste indicador não será apresentada tendo em vista o conflito de informações. Esta associação será feita na análise da qualidade ambiental por sub-bacias-hidrográficas na subseção 4.6.

Dessa forma, os resultados obtidos permitiram a elaboração dos parâmetros abaixo:

- Amplitude altimétrica até 40 metros: nível de prioridade baixo. Estas áreas correspondem a áreas relativamente planas ou com relevo levemente ondulado. Sendo, portanto área com suscetibilidade a erosão reduzida.
- Amplitude altimétrica de 41m a 70 metros: nível de prioridade moderado. São áreas com declividade moderada o que acarreta transporte significativa, mas não de impactos considerados elevados.
- Amplitude altimétrica acima de 70 metros: nível de prioridade alto. Considerando a diferença altimétrica são áreas com declividade acentuada do terreno, o que maior carga de material transportado.

Figura 14 - Carta de Amplitude Altimétrica por Sub-bacias da Cidade de Teresina - PI



Convenções	
	Perímetro Urbano - Teresina/PI
	Corpos D'água
Amplitude Altimétrica (m)	
	0 - 40
	41 - 70
	71 - 125
Dados Técnicos	
Projeção Transversa de Mercator Zona 23° S	
Datum SIRGAS 2000	
Origem da Quilometragem: 45° S e Equador	
Falso Oeste: 500 km	
Falso Norte: 10.000 km	
Fonte	
Brasil, 2006	
INPE, 2008	
Teresina, 2010a	
Organização	
Aline de Araujo Lima	
Outubro/2015	
Geoprocessamento: Leônidas da Silva	

Mestrado em Geografia - UFPI

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO PIAUÍ

A Carta de Amplitude Altimétrica por Sub-bacias da cidade de Teresina considerando os parâmetros explicitados anteriormente. Dessa maneira, considerando este indicador isoladamente os resultados apresentados na ilustração escalonam as sub-bacias hidrográficas em três categorias. Das 70 unidades analisadas 21 apresentam amplitude altimétrica acima de 70 metros sendo áreas de grande capacidade de transporte de material; 25 apresentam amplitude altimétrica moderada; e 22 apresentam amplitude altimétrica modesta com baixa capacidade de transporte.

5.5 Ação antrópica

Os indicadores que tem como objetivo avaliar a ação antrópica no ambiente estudado foram o uso e a ocupação da terra. Considerando que todo sistema a ser estudado na perspectiva da Teoria Geral de Sistema é composta de múltiplos elementos, fatores e processos, entende-se que o espaço urbano da cidade é composto de elementos naturais que conservam seus processos naturais, mas que, no entanto estes elementos podem ser alterados de forma significativa ou não pela ação do ser humano, é necessária a avaliação dos impactos decorrentes da ação antrópica, esta também é elemento indispensável na análise das cidades no âmbito ambiental. A cidade é antes de tudo a evidência da interferência do homem sobre o espaço, os diversos indicadores que poderão avaliar até que ponto essa interferência ocorre são além destes utilizados o clima, os graus de poluição, a redução ou ampliação de áreas verdes dentre outros.

5.5.1 Uso da terra

Existe uma estreita relação entre o uso da terra (tipologia de uso) e o grau de ocupação. Áreas mais urbanizadas com uso, por exemplo, industrial, residencial e comercial tende a ter maior ocupação devido as edificações, asfaltamento e calçamento da terra, por outro lado áreas verdes e livres e algumas áreas institucionais não necessitam dos mesmos equipamentos urbanos, tendo portanto menos construções e reduzida compactação do solo. O grau de ocupação de uma determinada porção do espaço pode de fato dificultar ou favorecer o escoamento superficial, a percolação ou acúmulo de água pluvial ou fluvial, neste

sentido contribui para avaliar a qualidade ambiental deste tipo de unidade espacial estudada.

Quanto ao uso da terra foram avaliados os usos dados por sub-bacias hidrográficas em 2015, considerando para o caso de áreas com múltiplos usos a atividade de maior impacto quanto às prioridades de intervenção. A partir destes foram estabelecidos três classes de acordo com o uso da terra:

- Agrícola: nível de intervenção baixo tendo em vista o grau de compactação do solo destas áreas ser baixo já que são áreas com cultivos de pequena a média extensão, hortaliças e criações em outras áreas. Em algumas áreas evidencia o uso agrícola através do solo exposto ou em forma de matacão. Apesar da potencialidade de perda de solo esta atividade em relação às demais apresenta baixo impacto no que tange ao tipo de análise feita nesta pesquisa.

- Áreas livres: nível de intervenção baixo já que estas áreas são consolidadas como áreas de proteção dos recursos naturais, desporto e lazer da população, ou ainda áreas com baixo nível de urbanização conservando relativa cobertura vegetal.

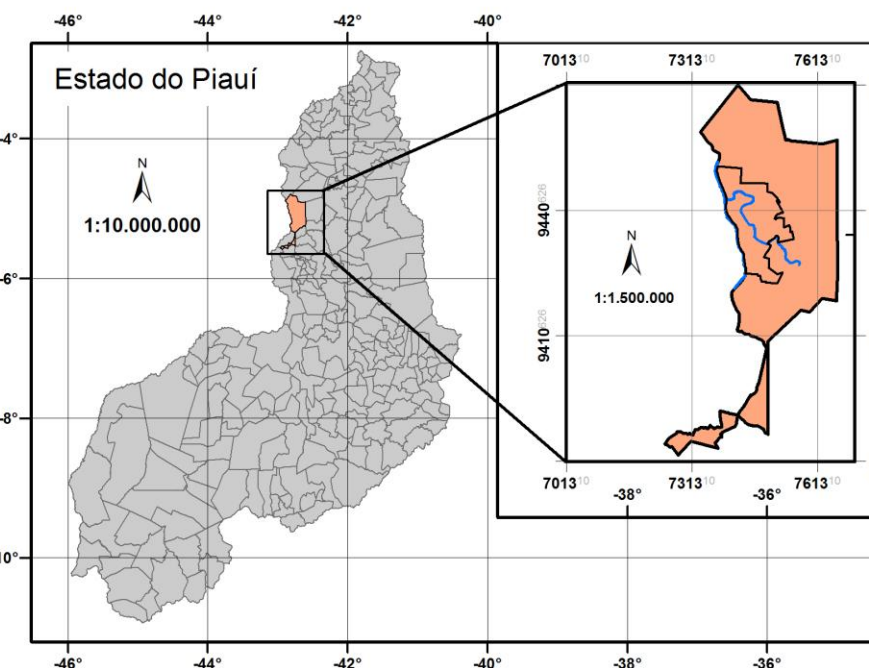
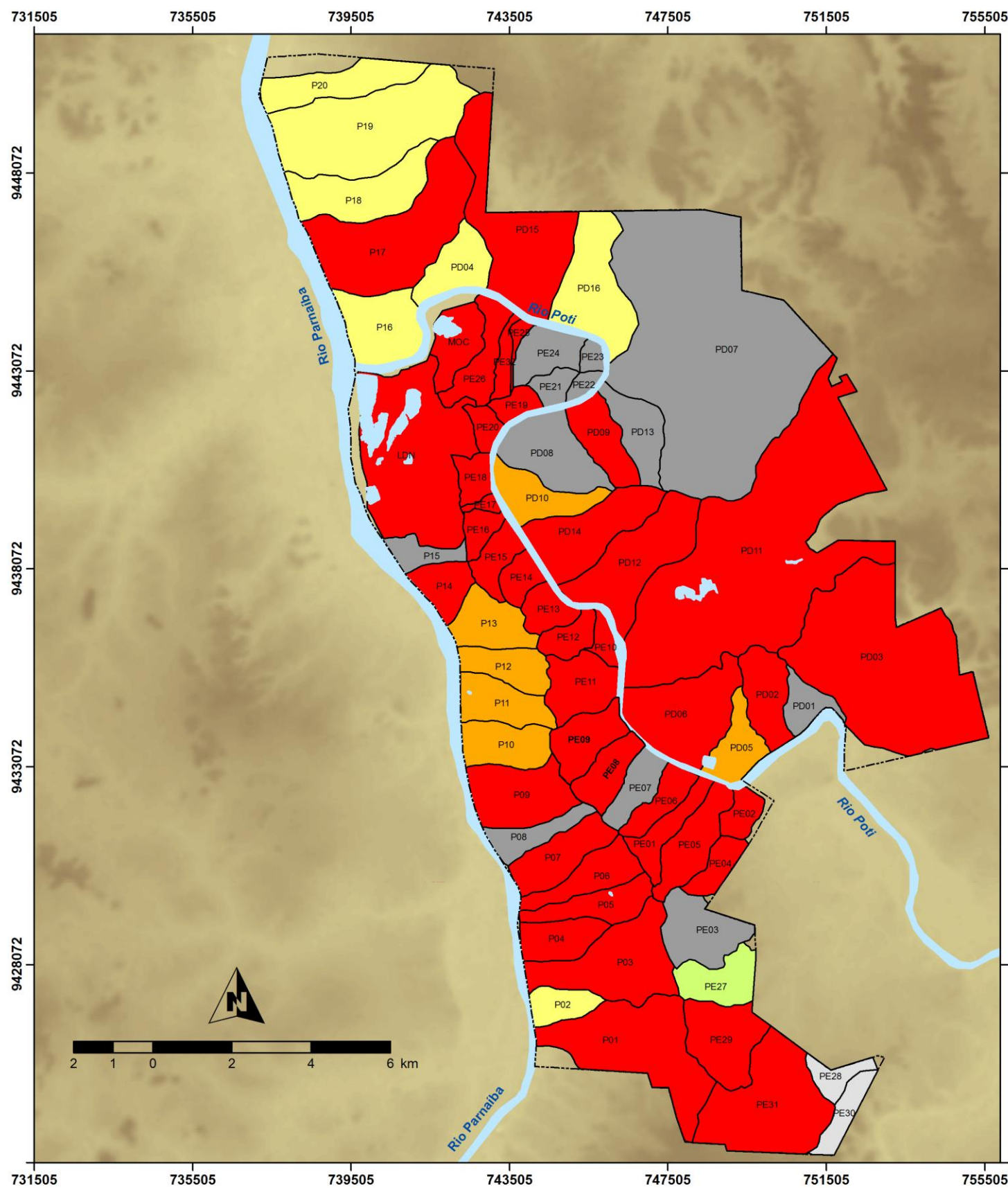
- Comercial: nível de prioridade de intervenção alto devido ao elevado grau de compactação do solo o que acelera o escoamento e pode acarretar associado a outros indicadores acúmulo de águas.

- Industrial: nível de prioridade de intervenção baixo para áreas com usos destinados ao comércio e a indústria. Isso se justifica porque as áreas destinadas com uso comercial/ industrial tem exigência legal quanto a operação de suas atividades tais como processo de licenciamento e de gestão de resíduos sólidos e líquidos.

- Institucional: nível prioridade moderado. São áreas destinadas ao tratamento de efluentes, depósito de resíduos, cemitérios, abastecimento de água, universidades e órgãos de pesquisa. Estas áreas foram enquadradas no nível de prioridade moderado já que devem ser monitoradas constantemente e passarem por intervenções dado o risco que ausência deste acompanhamento pode provocar a população

- Residencial: nível de intervenção alto considerando que são áreas destinadas a moradia da população e que tende a ser mais prejudicada em episódios extremos de alagamento/ inundação.

Figura 15 - Carta de Uso da Terra por Sub-bacias Hidrográficas da Cidade de Teresina - PI





Convenções		
	Perímetro Urbano - Teresina/PI	
	Corpos D'água	
	Área Livre	
	Agrícola	
	Comercial	

Dados Técnicos	
Projeção Transversa de Mercator Zona 23° S	
Datum SIRGAS 2000	
Origem da Quilometragem: 45° S e Equador	
Falso Oeste: 500 km	
Falso Norte: 10.000 km	

Fonte	
Brasil, 2006	
INPE, 2008	
Teresina, 2010a	

Organização	
Aline de Araujo Lima	
Outubro/2015	

Geoprocessamento: Leônidas da Silva

A Carta de Uso da Terra por Sub-bacias Hidrográficas em Teresina, apresenta os resultados obtidos dos usos da terra obtidos a partir da sobreposição da Carta de divisão por sub-bacias de Teresina (2010) com de imagens disponibilizados pelo *Google Earth* em 20 de julho de 2015. Os resultados foram 1 unidade predominantemente enquadrada em uso área livre; 7 unidades são de uso agrícola atualmente ou já foram; 7 unidades analisadas com uso predominantemente comercial; 2 enquadrada em uso industrial; 12 enquadrada em uso institucional (serviços públicos); 39 são enquadradas em uso predominantemente residencial, assim 56% das sub-bacias hidrográficas tem uso predominantemente residencial associado aos outros tipos de uso.

5.5.2 Grau de ocupação da terra

Quanto ao grau de ocupação foram definidas três classes associadas diretamente aos usos e diferenciação de áreas em relação a condição natural, ou seja, relativa a presença ou não de cobertura vegetal o que remete a intensidade de cobertura da terra por elementos artificiais.

Neste sentido a o grau de ocupação da terra por sub-bacias hidrográficas foram agrupadas em três grupos conforme os resultados obtidos em:

- Baixo: grau de ocupação baixo, entre 0 a 33% de taxa de ocupação. Associados aos usos estão relacionados a áreas institucionais tais como áreas livres e de pesquisa, e agrícolas, estas apesar da atividade potencialmente provocadora de transporte de material em períodos entre plantios, constata-se a reduzida construção de elementos artificiais.
- Moderado: entre 34% e 66%: grau de ocupação moderado. Está associado aos usos industriais já que a cidade objeto de estudo não tem como principal atividade econômica a indústria esta se mostra de forma incipiente e esparsa quando se trata de distribuição espacial.
- Alto: grau de ocupação elevado, acima de 67%. Trata-se de áreas associado ao uso residencial, comercial e institucional (depósito de resíduos, tratamento de efluentes, tratamento de água) está ligado especialmente à infraestrutura construída para abrigar estas tipologias de serviços ambientais.

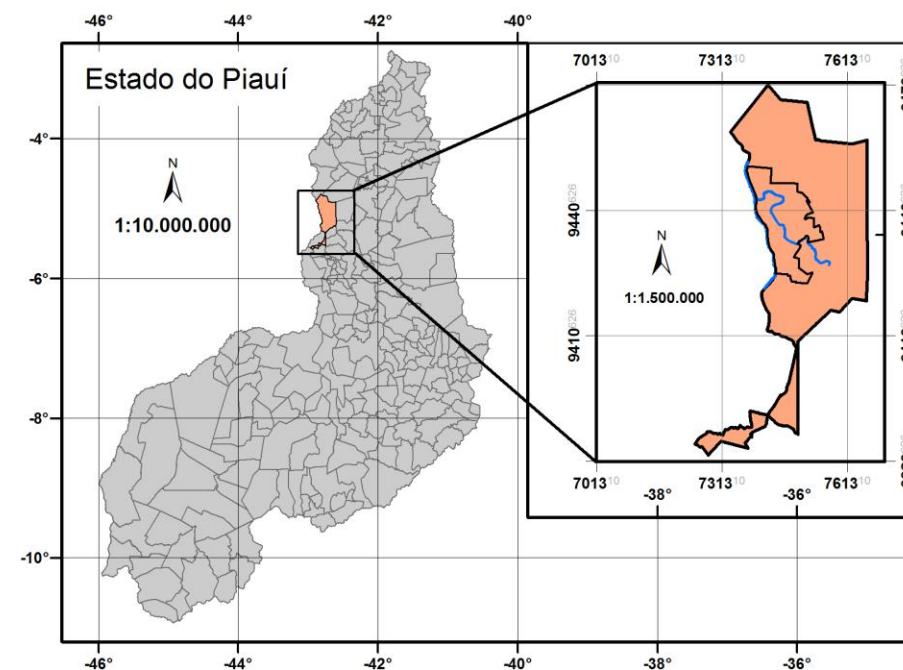
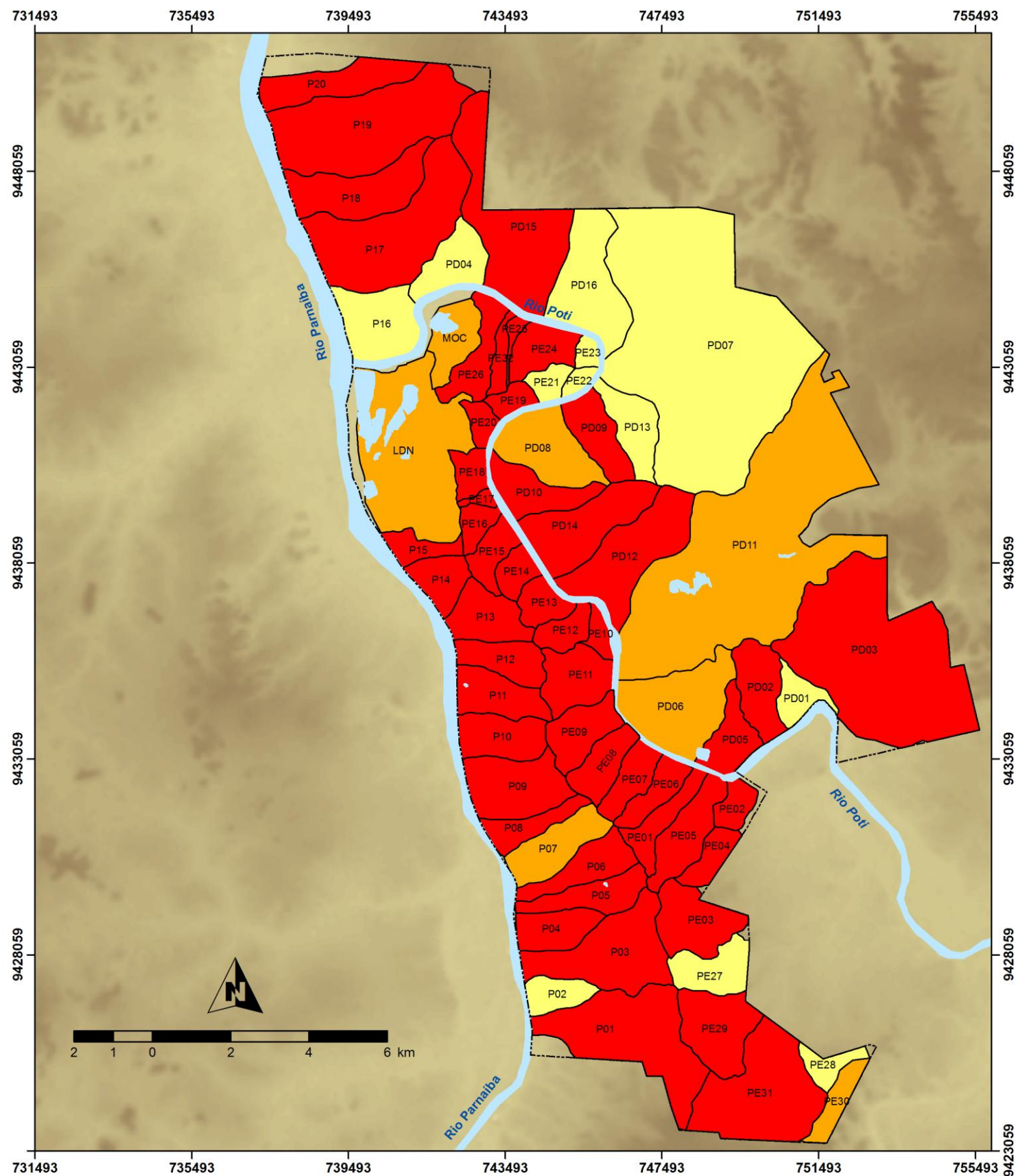
A taxa de ocupação está diretamente associada à questão regional do ciclo hidrológico. O processo físico infiltração que compõe este ciclo é comprometido quando há compactação dos terrenos já que parte da água que infiltra alimenta os mananciais subterrâneos e que conseqüentemente alimentam os corpos hídricos superficiais, principalmente os rios. Este componente interfere na alimentação tanto do rio Poti quanto do rio Parnaíba assim como de rios de menor porte.



A Carta de Grau de Ocupação por Sub-bacias hidrográficas de Teresina são espacializados os dados obtidos a partir da análise deste indicador. Como resultados tem-se:

- 53 unidades analisadas apresentam taxa de ocupação acima de 67% tem portanto alto grau de ocupação da terra,
- 5 unidades analisadas apresentam de 34% a 66% apresentando grau moderado de ocupação, e
- 13 unidades analisadas apresentam taxa de no máximo 33% com isso apresenta baixo grau de ocupação. Analisando este indicador isoladamente 76% das sub-bacias hidrográficas tem elevado grau de compactação da terra seja por edificações, asfaltamento ou calçamento, dificultando o processo de infiltração da água, o que é preocupante tendo em vista a necessidade e a importância deste processo para auxiliar o escoamento e alimentar as bacias subterrâneas.

Conforme Quadro 4 são apresentados os resultados destes indicadores de forma integrada por sub-bacias hidrográficas analisadas e que deu subsídios para se chegar a uma situação de qualidade ambiental a partir dos parâmetros estabelecidos. Na próxima seção será apresentada a síntese de qualidade ambiental por unidades geográficas tendo como base os indicadores anteriormente citados, as informações presentes no Plano de Drenagem Urbana de Teresina (2010), imagens de satélite e dados cartográficos adquiridos.

Figura 16 - Carta de Grau de Ocupação por Sub-Bacias Hidrográficas da Cidade de Teresina - PI



<p>Convenções</p> <p>----- Perímetro Urbano - Teresina/PI</p> <p>Corpos D'água</p>		<p>Grau de Ocupação Níveis</p> <p>Amarelo Baixo</p> <p>Laranja Moderado</p> <p>Vermelho Alto</p>
<p>Dados Técnicos</p> <p>Projeção Transversa de Mercator Zona 23° S</p> <p>Datum SIRGAS 2000</p> <p>Origem da Quilometragem: 45° S e Equador</p> <p>Falso Oeste: 500 km</p> <p>Falso Norte: 10.000 km</p>		
	<p>Fonte</p> <p>Brasil, 2006</p> <p>INPE, 2008</p> <p>Teresina, 2010a</p>	
<p>Organização</p> <p>Aline de Araujo Lima</p> <p>Outubro/2015</p> <p>Geoprocessamento: Leônidas da Silva</p>		

Quadro 4 - MATRIZ DE ANÁLISE DOS INDICADORES AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS PARA SÍNTESE DE QUALIDADE AMBIENTAL POR SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS EM TERESINA - PI

	ÁREA (m²)	DINÂMICA NATURAL						PRESSÃO ANTRÓPICA				NÍVEL DE SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL	
		FATOR FORMA		AMPLITUDE ALTIMÉTRICA				USO DA TERRA		OCUPAÇÃO DA TERRA			
		DESCRIÇÃO	NÍVEL DE PRIORIDADE	ALTITUDE MÁXIMA (m)	ALTITUDE MÍNIMA (m)	DESCRIÇÃO	NÍVEL DE PRIORIDADE	DESCRIÇÃO	NÍVEL DE PRIORIDADE	DESCRIÇÃO	NÍVEL DE PRIORIDADE		
TRIBUTÁRIOS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO POTI	PE01	1,63	ALONGADA	1	120	30	90	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	PE02	1,00	CIRCULAR	3	80	30	50	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	11
	PE03	3,29	CIRCULAR	3	120	70	50	2	INSTITUCIONAL ¹	2	ALTO	3	10
	PE04	1,45	CIRCULAR	3	115	60	55	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	11
	PE05	2,60	ALONGADA	1	120	30	90	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	PE06	1,46	ALONGADA	1	120	30	90	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	PE07	1,57	ALONGADA	1	120	30	90	3	INSTITUCIONAL ²	2	ALTO	3	9
	PE08	1,6	ALONGADA	1	110	30	80	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	PE09	1,63	ALONGADA	1	100	30	70	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
	PE10	0,71	ALONGADA	1	60	30	30	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	8
	PE11	2,56	CIRCULAR	3	80	25	55	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	11
	PE12	1,17	ALONGADA	1	70	25	45	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
	PE13	1,35	CIRCULAR	3	60	30	30	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	PE14	1,09	CIRCULAR	3	60	25	35	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	PE15	1,47	ALONGADA	1	60	25	35	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	8
	PE16	0,89	TRIANGULAR B	2	60	30	30	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
	PE17	0,31	ALONGADA	1	60	30	30	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	8
	PE18	1,04	ALONGADA	1	70	30	40	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	8
	PE19	0,82	ALONGADA	1	70	25	45	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
	PE20	0,77	TRIANGULAR A	1	75	30	45	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
	PE21	0,8	TRIANGULAR B	2	55	30	25	1	INSTITUCIONAL ³	1	BAIXO	1	5
	PE22	0,48	CIRCULAR	3	35	25	10	1	INSTITUCIONAL ³	1	BAIXO	1	6

	PE23	0,48	CIRCULAR	3	35	25	10	1	INSTITUCIONAL ³	1	BAIXO	1	6
	PE24	1,89	ALONGADA	1	55	25	30	1	INSTITUCIONAL ³	1	BAIXO	1	4
	PE25	0,34	TRIANGULAR A	1	55	30	25	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	8
	PE26	2,05	ALONGADA	1	70	30	40	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	8
	PE27	2,83	ALONGADA	1	120	60	60	2	ÁREA LIVRE	1	BAIXO	1	5
	PE28	2,92	CIRCULAR	3	120	60	60	2	INDUSTRIAL	2	BAIXO	1	8
	PE29	3,65	TRIANGULAR B	2	120	60	60	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	PE30	2,22	CIRCULAR	3	130	55	75	3	INDUSTRIAL	2	MODERADO	2	10
	PE31	10,39	TRIANGULAR B	2	155	60	95	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	11
	PE32	0,73	ALONGADA	1	65	25	40	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	8
TRIBUTÁRIOS DA MARGEM DIREITA DO RIO POTI	PD01	1,4	TRIANGULAR A	1	73	40	33	1	INSTITUCIONAL ⁴	1	BAIXO	1	4
	PD02	2,5	ALONGADO	1	80	50	30	1	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	8
	PD03	47,84	CIRCULAR	3	165	40	125	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	12
	PD04	2,37	TRIANGULAR A	1	100	30	70	2	AGRÍCOLA	1	BAIXO	1	5
	PD05	2,17	TRIANGULAR A	1	75	45	30	1	COMERCIAL	3	ALTO	3	8
	PD06	5,4	TRIANGULAR A	1	80	45	35	1	RESIDENCIAL	3	MODERADO	2	7
	PD07	59,11	TRIANGULAR B	2	160	50	110	3	INSTITUCIONAL ⁵	1	BAIXO	1	7
	PD08	3,78	TRIANGULAR A	1	85	40	45	2	INSTITUCIONAL ⁶	2	MODERADO	2	7
	PD09	2,3	ALONGADO	1	100	45	55	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
	PD10	2,39	TRIANGULAR A	1	85	25	60	2	COMERCIAL	3	ALTO	3	9
	PD11	89,83	ALONGADO	1	80	25	55	2	RESIDENCIAL	3	MODERADO	2	8
	PD12	5,38	ALONGADO	1	110	45	65	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
	PD13	2,24	ALONGADO	1	105	25	80	3	INSTITUCIONAL ⁷	1	BAIXO	1	6
	PD14	4,25	TRIANGULAR A	1	105	45	60	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
	PD15	13,14	ALONGADO	1	125	30	95	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	PD16	5,03	TRIANGULAR A	1	110	25	85	3	AGRÍCOLA	1	BAIXO	1	6
DIREITA DO	P01	9,07	ALONGADA	1	140	35	105	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
	P02**	1,41	TRIANGULAR A	1	80	40	40	1	AGRÍCOLA	1	BAIXO	1	4
	P03	5,32	TRIANGULAR B	2	125	70	55	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10

P04**	1,95	TRIANGULAR A	1	125	40	85	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	10
P05**	2,12	TRIANGULAR B	2	135	40	95	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	11
P06**	2,23	TRIANGULAR B	2	140	60	80	3	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	11
P07	2,66	ALONGADA	1	140	30	110	3	RESIDENCIAL	3	MODERADO	2	9
P08**	1,53	ALONGADA	1	125	60	65	2	INDUSTRIAL	2	ALTO	3	8
P09	3,77	ALONGADA	1	100	30	70	2	RESIDENCIAL	3	ALTO	3	9
P10	2,47	ALONGADA	1	80	30	50	2	COMERCIAL	3	ALTO	3	9
P11	2,39	ALONGADA	1	80	30	50	2	COMERCIAL	3	ALTO	3	9
P12	1,99	ALONGADA	1	80	30	50	2	COMERCIAL	3	ALTO	3	9
P13	2,39	TRIANGULAR B	2	60	30	30	1	COMERCIAL	3	ALTO	3	9
P14	1,69	ALONGADA	1	60	30	30	1	COMERCIAL	3	ALTO	3	8
P15	1,13	ALONGADA	1	60	30	30	1	INSTITUCIONAL ⁹	2	ALTO	3	7
P16**	3,63	CIRCULAR	3	125	40	85	3	AGRÍCOLA	1	BAIXO	1	8
P17	8,12	ALONGADA	1	115	40	75	3	RESIDENCIAL	3	MODERADO	2	9
P18	4,08	ALONGADA	1	100	30	70	2	RESIDENCIAL	3	MODERADO	2	8
P19	9,06	ALONGADA	1	125	30	95	3	AGRÍCOLA	1	BAIXO	1	6
P20	3,5	ALONGADA	1	110	30	80	3	AGRÍCOLA	1	BAIXO	1	6

LEGENDA

Fator forma: 1 - Baixo (Alongado/ Retangular); 2 - Moderado (Triangular); 3 - Alto (Circular)

Amplitude altimétrica: 1 - Baixo (Até 40m); 2 - Moderado (De 41 a 70m); 3 - Alto (Acima de 71m)

Uso da terra: 1 - Baixo (Áreas livres/ Agrícola/ Institucionais); 2 - Moderado (Industrial); 3 - Alto (Residencial/ Comercial)

Ocupação da terra: 1 - Baixo (Áreas livres/ Agrícola/ Institucionais); 2 - Moderado (Industrial); 3 - Alto (Residencial/ Comercial)

Prioridade de intervenção: 4 - 6 Mínimo 7 - 9 Moderado 10 - 12 Máximo

* Usos mistos foram definidos de acordo com o uso de maior impacto portanto de maior indicador

1 Área do aterro controlado

2 Estação de tratamento de efluentes - ETE Sitema Alegria (Fundada em 1995)

3 Área onde está localizada a sede da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMPRAPA)

4 Área verde e espaços livres correspondente a Curva São Paulo

5 Área verde e espaços livres correspondente ao Parque Estadual Zoobotânico

6 Estação de tratamento de efluentes - ETE Leste (Fundada em 1998)

7 Colégio Agrícola de Teresina (Vinculado a Universidade Federal do Piauí)

8 Captação de abastecimento de água

9 Estação de tratamento de efluentes - ETE Pirajá (Fundada em 1974, ampliada em 1999)

Fonte: Elaborado por LIMA, A. A. (2015).

5.6 Síntese de qualidade ambiental

Esta seção tem como objetivo apresentar a síntese de qualidade ambiental por sub-bacias para fins de classificar as unidades funcionais de acordo com a susceptibilidade a riscos ambientais.

A síntese apresentada a seguir será organizada pelo conjunto de sub-bacias hidrográfica da Margem Esquerda do rio Poti (PE) que totalizam 32 unidades analisadas, Margem Direita do rio Poti (PD) que totalizam 16 unidades analisadas, e Margem Direita do rio Parnaíba que totalizam 20 unidades analisadas. Serão apresentadas ainda as Lagoas do Norte (LDN) e Lagoas do Mocambinho (MOC) como unidades analisadas devido a singularidade e a significância do sistema de drenagem estudado.

Para fins de melhor compreensão foi acrescentada a localização aproximada de cada unidade tendo como base a Divisão de Bairros institucionalizada pela Lei Municipal Nº 4.423/2013, ressalta-se que isso serve apenas para referência já que os limites destas unidades são diferentes dos limites dos bairros muitas vezes extrapolando os limites instituídos.

Segue abaixo a síntese de qualidade ambiental por sub-bacias hidrográficas que compreendem o espaço urbano da cidade de Teresina (PI):

5.6.1 Conjunto de sub-bacias da Margem Esquerda do rio Poti (PE)

- *PE01 (Zona Sul – Bairros de referência: Bela Vista I e II)*

Nível de susceptibilidade máximo. A forma desta área corresponde ao formato retangular/ alongado com probabilidade reduzida de acúmulo de águas pluviais, mas amplitude altimétrica eleva a capacidade de erosão, este indicador associado às variáveis antrópicas remete quanto ao uso residencial e elevado grau de ocupação coloca esta sub-bacia na categoria de nível de susceptibilidade alto.

- *PE02 (Zona Sul – Bairro de referência: Nova Alegria e Parque Sul)*

Nível de susceptibilidade máximo. A forma circular, uso residencial e o elevado grau de ocupação demandam intervenções estruturais na área já que a densidade populacional aumentou significativamente nos últimos 15 anos em consequência dos conjuntos habitacionais financiados pelos programas

habitacionais federais que têm sido instalados na área. O sistema de drenagem implantado não tem sido suficiente para conter a descarga de material.

A Defesa Civil municipal (2015) registrou episódios de acúmulo de água em alguns pontos desta área.

- *PE03 (Zona Sul – Bairro de referência: Bairro Santo Antonio)*

Nível de susceptibilidade máximo. Apesar desta área ser institucionalizada e portanto constantemente monitorada a sua dinâmica natural e o uso que é destinado a ela demanda atenção e intervenções significativas especialmente no que diz respeito a adequações legais na estrutura de espaços destinados a deposição de resíduos.

- *PE04 (Zona Sul – Bairros de referência: Nova Alegria e Vamos Ver o Sol)*

Nível de susceptibilidade máximo. Tanto pela dinâmica natural quanto pelo uso e grau de ocupação esta área é considerada como elevada susceptibilidade já que está também nas imediações na área de deposição de resíduos. A ausência de intervenções pode provocar a contaminação dos múltiplos recursos naturais e ainda afetar a população residente.

- *PE05 (Zona Sul – Bairro de referência: São Lourenço)*

Nível de susceptibilidade máximo. A dinâmica natural da área favorece o escoamento tanto pela forma da bacia (alongada) quanto pela amplitude altimétrica em relação a área da sub-bacia. O uso residencial e grau de ocupação aumenta significativamente o impacto ambiental na área. Esta tende a ser uma área de amortização por possuir uma porção de área livre considerável a partir do momento em que seja regulamentado o tipo de uso que pode ser dado.

- *PE06 (Zona Sul – Bairro de referência: Bela Vista)*

Nível de susceptibilidade máximo. A dinâmica natural no que diz respeito a forma é favorável ao escoamento mas a amplitude altimétrica demanda atenção já que é elevada e por isso demanda maior transporte de material devido a força da gravidade, quanto ao uso residencial e elevado grau de ocupação ser elevada remete ao elevada pressão antrópica nesta área.

- *PE07 (Zona Sul – Bairros de referência: Catarina e Morada Nova)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural é favorável ao escoamento, no entanto o uso destinado a captação de água para abastecimento demanda medidas de segurança e monitoramento constante.

- *PE08 (Zona Sul – Bairro de referência: Três Andares)*

Nível de susceptibilidade máximo. A forma da bacia é favorável ao escoamento, no entanto a amplitude altimétrica em relação a área reduzida pode provocar o deslocamento de material afetando a população residente já que o uso é prioritariamente residencial e o grau de ocupação elevado.

- *PE09 (Zona Sul – Bairros de referência: Morada Nova, Redenção e Vila da Paz)*

Nível de susceptibilidade médio. Dada a elevada amplitude altimétrica e forma são áreas naturalmente bem drenadas, mas que não possuem infraestrutura de drenagem pluvial suficiente. A variável antrópica demonstra que esta área deve passar por intervenções já que são identificados alguns pontos de alagamento.

- *PE10 (Zona Sul – Bairro de referência: Ilhotas)*

Nível de susceptibilidade médio. A condição natural de acordo com os indicadores estudados é favorável ao escoamento, mas a variável antrópica revela que esta área por ser residencial especialmente por ser área de elevada densidade populacional residente em prédios e ao elevado grau de ocupação demanda também intervenções especialmente de gestão ambientais a fim de reduzir os danos ambientais gerados pela presença do ser humano nesta área.

- *PE11 (Zona Sul – Bairros de referência: Cristo Rei e Piçarra)*

Nível de susceptibilidade máximo. Ambos os indicadores estudados apontam para a necessidade de intervenções na área, assim como a PE 10 concentra uma elevada população em residenciais e em condomínios populares, elevando, portanto a pressão sobre a terra.

- *PE12 (Zona Sul – Bairros de referência: Frei Serafim)*

Nível de susceptibilidade médio. A condição natural é favorável ao escoamento, mas a pressão antrópica reduz essa capacidade especialmente por ser uma área com elevado grau de ocupação acelerando o escoamento e proporcionando o acúmulo de água devido a baixa declividade.

- *PE13 (Zona Norte – Bairro de referência: Cabral)*

Nível de susceptibilidade máximo. O indicador forma da bacia remete a dificuldade de escoamento que esta unidade considerando o fato de que amplitude altimétrica é baixa diminuindo assim a possibilidade de transporte de material, mas dificultando ainda mais o escoamento, assim com os maiores índices pluviométricos esta área tende a sofrer com o transbordamento do leito do rio Poti. A ação antrópica evidencia ainda mais a necessidade de intervenção mais tanto pelo uso quanto pelo grau de ocupação da terra.

- *PE14 (Zona Norte – Bairros de referência: Porenquanto)*

Nível de susceptibilidade máximo. Nesta unidade o índice menos expressivo é o de amplitude altimétrica, assim como a PE13 este indicador considerando capacidade de escoamento dificulta associada à forma circular da sub-bacia potencializado pela pressão antrópica.

- *PE15 (Zona Norte – Bairros de referência: Morro da Esperança)*

Nível de susceptibilidade médio. A variável dinâmica natural aponta para a baixa vulnerabilidade ambiental nos dois indicadores avaliados, no entanto a pressão antrópica pelo uso residencial e elevado grau de ocupação direcionam para a necessidade de intervenção moderada.

- *PE16: (Zona Norte – Bairros de referência: Primavera)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural é relativamente favorável para o escoamento por outro lado a pressão antrópica demanda monitoramento da área em especial em momento de maiores índices pluviométricos.

- *PE17(Zona Norte – Bairros de referência: Primavera)*

Nível de susceptibilidade médio. Os indicadores naturais são favoráveis ao escoamento estando nas categorias mais baixas, contudo a pressão antrópica interfere nesta condição natural possibilitando o acúmulo de águas em alguns pontos. Esta área passa a apresentar a necessidade de monitoramento.

- *PE18 (Zona Norte – Bairros de referência: Primavera)*

Nível de susceptibilidade médio. Assim como a PE17 os indicadores naturais são favoráveis, a pressão antrópica interfere nesta condição. Sendo uma área a ser monitorada.

- *PE19 (Zona Norte – Bairros de referência: Água Mineral)*

Nível de susceptibilidade médio. A forma da bacia alongada é favorável ao escoamento já amplitude altimétrica não. Associada a pressão antrópica nos dois indicadores avaliados esta área apresenta uma situação crítica que necessita ser monitorada em especial no período chuvoso quando há o extravasamento do rio.

- *PE20 (Zona Norte – Bairros de referência: Água Mineral)*

Nível de susceptibilidade médio. A forma é favorável ao escoamento, no entanto a amplitude altimétrica mediana dificulta a drenagem, dessa maneira exige monitoramento em função especialmente do tipo de uso residencial e grau de ocupação elevado.

- *PE21 (Zona Norte – Bairros de referência Embrapa)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Dinâmica natural favorável ao escoamento. Quanto a pressão antrópica é baixa tendo em vista que é uma área institucional destinada a pesquisas agropecuárias.

- *PE22 (Zona Norte – Bairros de referência Embrapa)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Apesar da forma circular prejudicar o escoamento este indicador foi único de valor mais elevado, os demais apresentaram valores baixo. Esta área compreende assim como a anterior ao uso institucional destinado a pesquisas agropecuárias.

- *PE23 (Zona Norte – Bairros de referência Embrapa)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Apesar da forma circular prejudicar o escoamento este indicador foi único de valor mais elevado, os demais apresentaram valores baixo. Esta área compreende assim como a anterior ao uso institucional destinado a pesquisas agropecuárias.

- *PE24 (Zona Norte – Bairro de referência Embrapa)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Todos os indicadores apresentaram valores baixos. Esta área compreende assim como a anterior ao uso institucional destinado a pesquisas agropecuárias e ao Parque Ambiental de Teresina.

- *PE25 (Zona Norte – Bairro de referência: Mocambinho)*

Nível de susceptibilidade médio. As condições naturais são favoráveis ao escoamento, contudo os indicadores de pressão antrópica indicam para a necessidade de monitoramento.

- *PE26 (Zona Norte – Bairro de referência Mocambinho)*

Nível de susceptibilidade médio. A forma da bacia é favorável ao escoamento já a amplitude altimétrica é pequena. Esta área apresenta pontos de acúmulo de água, os indicadores de pressão antrópica são elevados o que justifica essa situação.

- *PE27 (Zona Sul – Bairro de referência: Brasilair)*

Nível de intervenção mínimo. A dinâmica natural é favorável ao escoamento, quanto à pressão antrópica é pequena considerando que seja pouco urbanizada e ainda existe relativa cobertura vegetal.

- *PE28 (Zona Sul – Bairro de referência: Pedra Miúda)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural é desfavorável ao escoamento, apesar do uso de maior impacto ser industrial o grau de ocupação é pequeno tendo em vista que há a predominância de cobertura vegetal significativa.

Esta unidade encontra-se apenas uma parte em zona urbana, maior parte se sua área encontra-se na zona rural.

- *PE29 (Zona Sul – Bairro de referência: Esplanada e Brasilar)*

Nível de susceptibilidade máximo. Os indicadores naturais são moderados associados aos indicadores de pressão antrópica enquadram esta unidade em nível de susceptibilidade elevado com necessidade de intervenções significativas.

- *PE30 (Zona Sul – Bairro de referência: Pedra Miúda)*

Nível de susceptibilidade máximo. Os indicadores naturais foram elevados já a pressão antrópica apesar de moderados remetem a necessidade de intervenção dado o uso industrial e a moderada ocupação desta unidade geográfica.

Assim como a unidade PE28, tem maior parte de sua área na zona rural do município de Teresina, conforme a lei de referência.

- *PE31: (Zona Sul – Bairro de referência: Pedra Miúda)*

Nível de susceptibilidade máximo. Dos indicadores analisados três foram elevados, exceto a forma da bacia do tipo triangular B que também demanda monitoramento. Esta corresponde a área que tem passado por especulação imobiliária e de instalação de conjuntos habitacionais demandando intervenções significativas.

- *PE32 (Zona Norte – Bairro de referência Mocambinho)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural é favorável ao escoamento apesar da amplitude altimétrica ser baixa é uma extensão pequena em relação a área o que reduz o risco de acúmulo. Entretanto, a pressão antrópica elevada demanda intervenções.

5.6.2 Conjunto de sub-bacias da Margem Direita do rio Poti (PD)

- *PD01 (Zona Sudeste – Bairro de referência: São Sebastião)*

Nível de susceptibilidade máximo. A dinâmica natural desta sub-bacia hidrográfica a partir dos parâmetros analisados remetem a um relativo grau de estabilidade assim como a pressão antrópica. A peculiaridade desta unidade geográfica reside no fato que esta está localizada as margens de um meandro acentuado do rio Poti que marca de forma significativa a hidráulica desta porção do rio em virtude do fluxo das águas que escavam material da margem direita e a depositam na margem oposta. Com o aumento do fluxo esse processo é acentuado e, portanto maior a quantidade de material transportado provocando uma modificação significativa na paisagem especialmente nos períodos de maior volume pluviométrico. Corresponde a área de lazer Curva São Paulo.

- *PD02 (Zona Sudeste – Bairro de referência: Parque Poti)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural é favorável ao escoamento, já a pressão antrópica demanda monitoramento pelo uso residencial e elevado índice de ocupação.

- *PD03(Zona Sudeste – Bairro de referência: São Sebastião)*

Nível de susceptibilidade máximo. O relevo é movimentado com amplitude altimétrica elevada, a forma da bacia circular, associados ao uso residencial e alto grau de ocupação coloca esta unidade em susceptibilidade máxima.

- *PD04 (Zona Norte – Bairro de referência: Alegre)*

Nível de susceptibilidade mínimo. A dinâmica natural é favorável ao escoamento tanto pela forma da bacia quanto pela amplitude altimétrica elevada. O uso agrícola e a baixa ocupação da terra colocam esta unidade em um nível de susceptibilidade baixa. O indicador mais expressivo foi a amplitude altimétrica que por ser relativamente elevada acarreta uma significativa carga de material a ser transportado diminuindo assim a disponibilidade de solo para produção da cultura de vazante característica dessa área.

- *PD05(Zona Sudeste – Bairro de referência: Extrema e Redonda)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural avaliada pelos indicadores é favorável ao escoamento já de acordo com a pressão antrópica essa

área que tem uso misto em residencial e comercial apresenta densa ocupação que acelera o escoamento e dificulta a percolação das águas pluviais.

- *PD06 (Zona Sudeste – Bairro de referência: Extrema, Comprida e Tancredo Neves)*

Nível de susceptibilidade médio. O indicador forma da bacia é favorável ao escoamento, a amplitude altimétrica é pequena o que permite o acúmulo de água em alguns locais pontuais. Esta é uma área que contém pequenos corpos hídricos do tipo lagunas típicos de ambientes de planícies de inundação. O uso da terra é misto associando o residencial, mas também o agrícola e comercial, há ainda uma considerável área livre que conserva significativa cobertura vegetal. Esta área sofre extravasamento do leito do rio em períodos de maior índice pluviométrico, sendo assim uma área que deve ser monitorada.

- *PD07 (Zona Leste – Bairros de referência: Zoobotânico e Cidade Jardim)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Área correspondente ao Parque Estadual Zoobotânico sendo, portanto uma unidade de conservação consolidada com baixa pressão antrópica em ambos indicadores (uso da terra e densidade populacional) que avaliam a ação humana em comparação às demais unidades geográficas analisadas.

- *PD08 (Zona Leste – Bairro de referência: Ininga)*

Nível de susceptibilidade médio. Área correspondente a Estação de Tratamento de Efluentes - Leste e a Universidade Federal do Piauí. A dinâmica é favorável ao escoamento, o uso institucional e o moderado grau de ocupação colocam esta área na categoria de moderado já que é preciso um monitoramento constante da área.

- *PD09 (Zona Leste – Bairro de referência: Zoobotânico)*

Nível de susceptibilidade médio. Os indicadores naturais são favoráveis ao escoamento, mas associados à pressão antrópica demanda monitoramento pelo uso misto residencial/ comercial e elevado grau de ocupação especialmente pela compactação do solo pelo asfaltamento de ruas e avenidas que dificulta o escoamento dada a ineficiência do sistema de drenagem instalado.

- *PD10 (Zona Leste – Bairro de referência: Jóquei)*

Nível de susceptibilidade médio. Esta área possui a forma favorável ao escoamento. A amplitude altimétrica é mediana, o que remete a capacidade de erosão relativamente elevada e ao escoamento lento. Associada a pressão antrópica elevada esta unidade deve ser monitorada constantemente.

- *PD11 (Zona Sudeste – Bairros de referência: São Raimundo e Itararé)*

Nível de susceptibilidade médio. Esta unidade está entre as três maiores sub-bacias hidrográficas extrapolando os limites do espaço urbano. A forma da bacia é favorável ao escoamento, amplitude altimétrica demonstra que há significativa capacidade de transporte de material. A peculiaridade desta área reside no fato de o uso misto compreende o residencial, comercial e agrícola, contudo o que é mais representativo desta unidade é a área livre que compreende a planície de inundação do rio Poti formando pequenas lagunas. Uma área extensa que em períodos chuvosos foi incorporado ao leito do rio em função especialmente da variação altimétrica baixa em relação à área.

- *PD12 (Zona Leste – Bairros de referência: São João, Noivos e São Cristóvão)*

Nível de susceptibilidade médio. A forma da bacia favorável ao escoamento, a amplitude altimétrica é favorável ao escoamento em relação a área juntamente com a componente capacidade de erosão remete transporte de material. A pressão antrópica é elevada em especial pelo fato da existência de prédios residenciais e do asfaltamento da maior parte das ruas, mas assim como a PD12 é uma área que há área livre em função de uma parcela desta unidade ser consolidada como Área de Preservação Permanente pelo poder público municipal e ainda da Floresta Fóssil. Como a PD12 possui lagunas nas proximidades das margens do rio Poti.

- *PD13 (Zona Leste – Bairro de referência: Zoobotânico)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Dos quatro indicadores apenas um foi alto (amplitude altimétrica), os demais foram baixos colocando esta área como uma das de nível prioritário mínimo.

- *PD14 (Zona Leste – Bairro de referência: Fátima)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural é favorável ao escoamento e remete capacidade de erosão significativa. O que chama a atenção nesta unidade é a pressão antrópica por ter uso misto residencial e comercial, a elevada densidade populacional em função do grande número de edifícios residenciais e comerciais e da compactação devido ao asfaltamento da maior parte das ruas e avenidas.

- *PD15(Zona Norte – Bairro de referência: Aroeiras)*

Nível de susceptibilidade máximo. Dos quatro indicadores analisados apenas um foi baixo (forma da bacia alongada), dessa forma é uma área que precisa passar por intervenções devido a capacidade elevada de transporte de material e significativa pressão antrópica em especial por ser uma área de ocupação recente em relação a outras áreas da cidade.

- *PD16 (Zona Leste – Bairro de referência: Pedra Mole e Cidade Jardim)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Apenas o indicador amplitude altimétrica o que associada a atividade agrícola provoca perda de solo o que prejudica a produtividade já que é uma área onde os pequenos produtores fazem o cultivo de vazante com culturas temporárias. Há a ocorrência de pequeno acúmulo de água no fim da sub-bacia hidrográfica pela proximidade com o leito do rio Poti, mas que não representa risco já que a presença humana é inexpressiva neste ponto específico.

5.6.3 Conjunto de sub-bacias da Margem Direita do rio Parnaíba (P)

- *P01 (Zona Sul- Bairro de referência: Angelim)*

Nível de susceptibilidade máxima. O único indicador baixo foi a forma da bacia, os demais alcançaram os nível mais elevados. Área de relevo ondulado com usos misto residencial e agrícola e grau de ocupação elevado demanda intervenções, devido principalmente a variação altimétrica que acarreta transporte de carga de material significativa para o leito do rio Parnaíba.

- *P02 (Zona Sul – Bairro de referência: Angelim)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Todos os indicadores foram baixos em função da forma da bacia triangular A, cotas altimétricas relativamente planas, uso agrícola e baixo grau de ocupação. O indicador mais preocupante é o uso que é dado à área, pois dependendo de como são atividades agrícolas pode acarretar em transporte de sedimentos para o nível de base relativo e perda de solo reduzindo a produtividade.

- *P03(Zona Sul – Bairro de referência: Angelim)*

Nível de susceptibilidade máximo. Esta área apresenta tendência ao acúmulo de águas pluviais de acordo com o indicador forma da bacia, a amplitude altimétrica é mediana, uso predominantemente residencial e elevado grau de ocupação, neste caso específico apesar da drenagem natural que foi mantida e ainda um sistema de drenagem construído que dar suporte esta intervenção não foi suficiente para escoar as águas de forma eficiente potencializado ainda pelo elevado grau de compactação do solo. A qualidade ambiental da área demanda intervenções estruturais significativas.

- *P04 (Zona Sul – Bairro de referência: Areias)*

Nível de susceptibilidade máximo. Está entre as unidades geográficas mais críticas quanto à drenagem em função da urbanização principalmente, devido ao uso industrial e residencial e elevado grau de ocupação que é mais densa no início desta área (predominantemente área residencial), o que compromete ainda mais a saída de material para o rio, pois o escoamento superficial é acelerado. O risco é significativamente reduzido em função da forma da bacia que é tipificada como triangular A.

- *P05 (Zona Sul – Bairro de referência: Distrito Industrial)*

Nível de susceptibilidade máximo. Também enquadrada como área crítica em relação a drenagem devido ao grau de ocupação elevado, o uso misto residencial, comercial, e industrial nas próximo ao rio, e ainda a forma triangular B que reduz a capacidade de saída de material da unidade em questão. Outro indicador marcante é a amplitude altimétrica que acelera o escoamento superficial por ser elevada e ainda acarreta maior transporte de material em função da forçada gravidade.

- *P06 (Zona Sul – Bairro de referência: Saci)*

Nível de susceptibilidade máximo. A forma da bacia (triangular B) dificulta consideravelmente a drenagem potencializada pelo escoamento superficial proveniente de área de elevadas, o uso residencial e elevado grau de ocupação. Há a tendência de acúmulo nas cotas mais baixas, estas áreas apresentam pouca impermeabilização do solo, diminuindo consideravelmente esse risco.

- *P07 (Zona Sul – Bairros de referência: Santa Luzia e Parque São João)*

Nível de susceptibilidade médio. A forma da bacia (alongada) remete a baixa suscetibilidade a inundações, a pressão antrópica é moderada em função do grau de ocupação e dos usos mistos (residencial, áreas livres e institucional). As áreas livres apresentam umidade natural nas cotas mais baixas e dificuldade de drenagem pontual devido a ineficiência do sistema de microdrenagem.

- *P08 (Zona Sul – Bairro de referência: Tabuleta)*

Nível de susceptibilidade médio. A formada bacia é favorável ao escoamento bem como a amplitude altimétrica, esta área acarreta monitoramento por ser uma área destinada ao uso industrial, existe significativo adensamento nesta área associada a esta atividade. A área onde o terreno é descoberto é reduzida, dificultando a infiltração.

- *P09 (Zona Sul – Bairro de referência: São Pedro)*

Nível de susceptibilidade médio. Área com dinâmica natural favorável ao escoamento nos dois indicadores levantados, a amplitude altimétrica é mediana. Os indicadores de ação antrópica foram elevados devido ao uso residencial associado ao comercial e a elevada taxa de ocupação, o que demanda monitoramento.

- *P10 (Zona Sul – Bairro de referência: Vermelha)*

Nível de susceptibilidade médio. O uso misto (residencial e comercial) remete a elevada ocupação desta área, a dinâmica é favorável ao escoamento de acordo com os indicadores analisados. Demanda monitoramento em função da pressão antrópica.

- *P11 (Zona Sul – Bairro de referência: Vermelha)*

Nível de susceptibilidade médio. O uso misto, mas predominantemente residencial remete a elevada ocupação e ainda a elevada taxa de ocupação da terra, apesar da dinâmica natural ser favorável demanda monitoramento.

- *P12 (Zona Centro – Bairro de referência: Centro)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural é favorável ao escoamento, mas a pressão antrópica elevada devido aos usos comercial e residencial e a elevada taxa de ocupação da terra. Esta é uma área que passou por intervenções no relevo em função de ser no decorrer da história da cidade destinada a atividade comercial central, demandando monitoramento.

- *P13 (Zona Centro – Bairro de referência: Centro)*

Nível de susceptibilidade médio. Esta área apresenta uso predominantemente comercial e é densamente ocupada. Historicamente, é marcada por interferências significativas para facilitar o escoamento e a drenagem da área, inclusive com a canalização de pelo menos três riachos pertencentes ao conjunto de bacias difusas do rio Parnaíba, e ainda o aterramento de pequenos lagoas, como exemplo a lagoa onde hoje se localiza o Unidade Escolar Zacarias de Góis (Liceu Piauiense) que servia para abastecimento de água dos viajantes que vinham a capital no início da transferência. As interferências são justificadas pelo formato da bacia (Triangular B) e as baixas cotas altimétricas que favorece o acúmulo de águas pluviais. É uma área que deve ser monitorada pois as obras resolveram alguns problemas mas trouxeram outros, a elevada compactação acelera o escoamento provocando transtornos em episódios de maiores índices pluviométricos.

- *P14 (Zona Centro – Bairro de referência: Centro)*

Nível de susceptibilidade médio. Área de uso misto residencial e comercial e alto índice de ocupação, a forma é favorável ao escoamento, mas a amplitude altimétrica é baixa reduzindo este potencial. É uma área que deve ser monitorada a fim de reduzir possíveis prejuízos.

- *P15 (Zona Norte – Bairro de referência: Pirajá)*

Nível de susceptibilidade médio. Área onde está instalada a Estação de Tratamento de Efluente Pirajá que demanda monitoramento espacialmente por este tipo de uso associada a elevada taxa de ocupação associado a esta tipologia, o adensamento é elevado.

- *P16 (Zona Norte – Bairro de referência: Santa Rosa)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural dificulta substancialmente o escoamento tanto pela forma quanto pela amplitude altimétrica em relação à área da sub-bacia. Apesar da reduzida densidade populacional o uso agrícola destinado aos cultivos de vazante elevam a pressão antrópica que torna o solo fragilizado e com facilidade de ser desagregado e transportado.

- *P17 (Zona Norte – Bairro de referência: Parque Brasil)*

Nível de susceptibilidade médio. É uma área que favorece o escoamento, tem elevada capacidade de transporte de material. O uso é misto (residencial e agrícola) e a taxa de ocupação é moderada devido principalmente a porção com uso residencial. Demanda monitoramento já que a amplitude altimétrica é elevada e a porção com uso agrícola ser fragilizada.

- *P18 (Zona Norte – Bairro de referência: Santa Maria)*

Nível de susceptibilidade médio. A dinâmica natural é favorável ao escoamento e capacidade de transporte de material é moderada. O uso misto (residencial e agrícola) e ocupação moderada demanda monitoramento.

- *P19 (Zona Norte – Bairro de referência: Chapadinha)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Apenas um dos quatro indicadores apresentou resultado máximo os demais foram baixos. O uso agrícola e baixo grau de ocupação assim como boa capacidade de escoamento conferem a esta área boa qualidade ambiental, a maior atenção deve ser dada amplitude altimétrica elevada que acarreta maior transporte de material.

- *P20(Zona Norte – Bairro de referência: Chapadinha)*

Nível de susceptibilidade mínimo. Assim como a P19 o único indicador elevado foi a amplitude altimétrica, o que demanda a necessidade de monitoramento para a redução do transporte de material que pode acarretar em perda de solo e portanto de produtividade.

5.6.4 Lagoas do Norte (LDN)

Nível de susceptibilidade máximo. A denominação desta unidade analisada se deve ao fato de que é uma área que concentra uma quantidade significativa de lagoas e lagunas na porção norte da cidade estudada, conforme Figura 20, pode se visualizar a grande concentração de corpos hídricos.

Compreende a uma área de 10,53km², e abrange 13 bairros da cidade Acarape, Aeroporto, Matadouro, Parque Alvorada, São Joaquim, Poti Velho, Itaperu, Mafrense, Olarias, Alto Alegre, Nova Brasília, Vila São Francisco e Memorare. Faz parte do Programa Lagoas do Norte que visa a intervenção estrutura da drenagem nesta porção historicamente afetadas pelas elevações do nível dos rios, bem como urbanização das áreas mais próximas as lagoas.

Esta é uma área que vem passando por intervenções estruturais de grande impacto, já que é uma região natural de grande acúmulo de água fluviais com massiva presença humana neste tipo de ambiente no seu entorno principalmente de baixo poder aquisitivo que ocuparam de forma indevida por necessidade de habitação.

O conjunto de lagoas é originada pelas correntes de água superficiais e pela água da chuva, faz parte da planície de inundação do rio, em períodos chuvosos faz parte do leito do rio, é aberta por perder água e matéria por correntes superficiais ou água por infiltração ou evaporação. Em períodos mais secos tende a ter redução das águas tendo em vista a diminuição da alimentação dos corpos hídricos por águas pluviais ou originárias de outras fontes como o rio Poti que tem sua vazão diminuída também neste período.

A dinâmica natural dificulta o escoamento pela formação estrutural da área. É uma unidade com cotas altimétricas muito baixas e relevo plano, demanda por isto monitoramento e ainda intervenções significativas que estão em processo de

implantação, implantadas ou que possam ser necessárias, dada a situação de grande vulnerabilidade ambiental da população residente.

Em episódios de elevação dos índices pluviométricos os residentes desta área passam historicamente por dificuldades já que naturalmente a vazão das lagoas aumenta e a água adentra as casas assentadas na planície de inundação.

Em outras épocas do ano as dificuldades são outras: a umidade das residências, o descarte de resíduos nas lagoas, a retirada de material argiloso destinado a fabricação de artesanato (uma vocação desta área) que aumenta a erosão, presença natural de fauna típica de ambientes de lagoas que aumenta o risco de patologias silvestres.

Figura 17 – Lagoas do Norte, Teresina (PI), em 17.09.2015.



Fonte: Google Earth (17.09.2015), adaptado pela autora.

Fazendo a relação entre a dinâmica natural e pressão antrópica é uma área de preservação permanente com usos conflitantes já que tem como atributo de uso é predominantemente residencial e em menor proporção uso comercial. A taxa de ocupação é moderada, mas é preocupante do ponto de vista das condições naturais, pois este indicador deveria ser mínimo.

5.6.5 Lagoas do Mocambinho (MOC)

Nível de susceptibilidade máximo. A região natural das Lagoas do Mocambinho que compreende uma área de 2,05km² e abrange o bairro de mesmo nome também a exemplo da unidade anterior apresenta dinâmica natural ligada à ambiente lagunar presentes na área. Localizada em baixas altitudes e declividade suave, apresenta ocupação urbana consolidada de usos residencial, comercial e institucional, é densamente ocupada apesar das condições naturais.

A condição natural da área a caracteriza como um lago de várzea que se interliga com rio formando um único sistema em período de elevado índices pluviométricos já em períodos mais secos a intercomunicação ocorre via canais. É um tipo de lagoa perene. A forma lagunar é circular o que favorece a permanência de água.

A amplitude altimétrica é baixa, indicador este associado a condição natural o que explica inclusive a sua origem ligada a depressão do terreno alcançadas quando há elevação no nível do rio.

O uso é predominantemente residencial associado ao uso comercial e ainda de área livre em função da condição excessivamente úmida do terreno, inapropriado para edificações de qualquer natureza. Os usos mistos acarretam outra problemática ligada à deposição de resíduos neste corpo hídrico afetando a qualidade da água, fauna e flora e altera a paisagem de forma significativa.

Todos os indicadores apontam para o nível máximo de susceptibilidade ambiental. As condições naturais são determinantes para esta condição potencializada pela elevada pressão antrópica

Figura 18 – Lagoa do Mocambinho, Teresina (PI), em 17.09.2015



Fonte: Google Earth. Data da imagem: 17 set. 2015. Acesso em 14 jan.2016

5.7 Considerações parciais

O uso dos quatro indicadores levantados nesta pesquisa e através dos parâmetros estabelecidos permitiu a análise relacionando as condições de dinâmica natural do ambiente estudado com a antropização e os impactos ambientais, o que permite a avaliação de intervenções por sub-bacias hidrográficas. Esta é uma opção de metodologia a ser adotada pelo poder público bem como por demais pesquisadores que tiverem interesse em relacionar condições naturais e humanas para compreender o espaço e, portanto contribuir na melhoria das condições ambientais para a população das cidades.

A escolha da sub-bacia hidrográfica como unidade funcional, e neste caso específico denominada de unidade geográfica, justifica-se por ser a bacia hidrográfica refletir qualquer ação que ocorra de forma significativa e ainda alterar a organização espacial alterando o equilíbrio do ambiente afetando os seres humanos que se encontram assentados no seu entorno.

As sub-bacias hidrográficas enquadradas na categoria de susceptibilidade de intervenção máxima foram: PE01, PE02, PE03, PE04, PE05, PE06, PE08, PE11, PE13, PE14, PE29, PE30, PE 31, PD03, PD13, PD15, P01,

P04, P05, P06, P07, P17, LDN e MOC. Ambas são áreas densamente ocupadas e usos principais residencial e comercial. A dinâmica natural destes ambientes podem dificultar o escoamento e ainda acarretar significativo transporte de material.

Aquelas enquadradas na categoria susceptibilidade de intervenção média foram: PE07, PE09, PE10, PE12, PE15, PE16, PE17, PE18, PE19, PE20, PE25, PE26, PE28, PE32, PD02, PD05, PD06, PD07, PD08, PD09, PD10, PD11, PD12, PD14, P08, P09, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P18, P19 e P20. A maior parte das unidades geográficas analisadas está nesta categoria. São áreas que demandam monitoramento pelo risco a população especialmente em momentos de elevação dos índices pluviométricos.

As enquadradas na categoria de baixa susceptibilidade de intervenção foram: PE21, PE22, PE23, PE24, PE27, PD01, PD04, PD13, PD16 e P02. Estas são apresentam dinâmica natural favorável ao escoamento associadas à baixa pressão antrópica se comparada as demais unidades estudadas, mas podem e devem ser utilizadas de forma eficaz no sentido da conservação ambiental inclusive para manter uma área urbana livre considerável para infiltração e percolação das águas. O nível de susceptibilidade é baixo no sentido de que não haja necessidade de grandes intervenções que demandem elevados dispêndios financeiros.

Das 70 unidades geográficas estudadas 15 delas (PE10, PE12, PE15, PE17, PE18, PE24, PE25, PE26, PE32, PD01, PD02, PD05, PD06, P14 e P15) apresentam as condições naturais favoráveis ao escoamento seja pela forma da bacia ou amplitude altimétrica. No entanto, de acordo com a Defesa Civil (2012) o número de pontos de acúmulo de água no período chuvoso tem aumentado a cada ano. Conclui-se com isso que a pressão antrópica seja através do uso e do grau de ocupação e em certos casos de aumento da densidade populacional tem interferido na dinâmica natural do ambiente estudado. Esta situação deve inclusive ser recorrente em outros espaços urbanos.

Destaca-se neste contexto a sub-bacia P03 que compreende aproximadamente os bairros Promorar, Santa Cruz e Areias. Esta unidade analisada apresenta de acordo com os indicadores analisados tendência a alagamento, apesar de mantida a drenagem natural associada ao sistema de drenagem instalado, não é suficiente para o pleno escoamento das águas juntamente com o elevado grau de compactação em função principalmente do asfaltamento das ruas acúmulo de águas é recorrente mesmos em episódios menos expressivos de chuva. Dessa forma,

evidencia-se que apesar das condições naturais de drenagem serem mantidas juntamente com medidas estruturais não são suficientes para alterar a dinâmica natural, sendo preciso medidas significativas e de grande impacto.

A partir das análises realizadas conclui-se que as sub-bacias PD05 (Extrema), PD06 (Comprida, Tancredo Neves, Beira Rio), PD11 (São Raimundo) e PD12 (Bairro São João), receba atenção prioritária a exemplo das unidades LDN e MOC, tendo em vista a presença de lagoas associadas a planície de inundação do rio Poti associada a cobertura vegetal marcante destas áreas e ainda aos múltiplos usos, e ainda estarem localizadas em zona urbana típica com densidade elevada. Apesar de terem sido enquadradas na categoria de média ou mínima necessidade de intervenção estas são áreas que exatamente por ser em parte áreas livres devem ser consolidadas como áreas de preservação podendo ser utilizada inclusive para fins educacionais, científicos ou de lazer da população. Estas áreas podem ainda servir com as intervenções adequadas para amortização natural das águas provenientes das chuvas em períodos mais intensos de pluviosidade a exemplo da P03 com manutenção da drenagem natural junto a um sistema drenagem construído.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada na qual os resultados estão presentes neste material teve como filiação teórica a abordagem sistêmica a partir dos princípios da Teoria Geral de Sistema bem como da abordagem sociedade-natureza e o estudo da cidade, como possibilidade de aliar componentes naturais e antrópicos para estudar os espaços urbanos a fim de compreender a problemática urbano-ambiental e contribuir para intervenções significativas em planejamentos urbanos.

A escolha da teoria sistêmica ou geossistêmica se dá em meio a possibilidade adaptação desta abordagem em espaços urbanos, já que nesta predomina em ambiente pouco ocupados ou mesmo desocupados por aglomerações urbanas. O meio natural (ou região natural) estudado são os rios considerado sistema, esta porção da bacia hidrográfica estudada se encontra densamente povoada e urbanizada devendo-se levar em consideração a ação antrópica como subsistema do geossistema estudado. Conforme Bertrand (1972), o estudo do geossistema deve se dar a partir de três subsistemas: potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), exploração biológica (vegetação, solo, fauna), e ação antrópica e neste como uma adaptação serão considerados o densidade populacional ou ocupação humana conforme Monteiro (2000) e uso e ocupação do solo.

A escolha das variáveis (natural e antrópica) possibilitou a compreensão sintética da cidade a partir de suas sub-bacias hidrográficas tendo em vista a própria morfologia da cidade ligada a dinâmica fluvial somada à interferência humana através dos quatro elementos ou indicadores analisados: a forma da sub-bacia hidrográfica, a amplitude altimétrica, o uso da terra e o grau de ocupação da terra, e por fim da síntese da situação da qualidade ambiental.

Para que a metodologia fosse definida foi necessária à contextualização a partir de autores clássicos e que com as devidas adequações contribuíram para definição metodológica da pesquisa. Evidencia-se que no decorrer da pesquisa houve várias adequações desde a sua concepção até o resultado apresentado a ser feitas tendo em vista a escala de análise e a quantidade de elementos e variáveis a serem analisadas, entretanto a intenção é que de fato se tenha ao final a possibilidade de compreensão sintética da situação de qualidade ou

risco ambiental por unidades funcionais como forma de identificar as áreas prioritárias de intervenção a partir de um estudo geográfico integrado.

A aplicação da Teoria Geral de Sistema ainda conduz conforme um de seus propósitos a quebra de limites impostos pelo método científico cartesiano excessivamente disciplinar. Com a mobilidade das fronteiras, termo utilizado por Hissa (2006) para apontar a necessidade que o conhecimento institucional tem no momento atual de transpor as barreiras impostas pela ciência cartesiana praticada durante a modernidade, que reforça a necessidade de abordar as temáticas deste momento histórico de forma interdisciplinar e esta a procura da transdisciplinaridade. A Geografia através do estudo dos geossistemas contribui de forma significativa para este propósito. Esta pesquisa, por exemplo, aliou aspectos de Geografia física e humana, planejamento e gestão ambiental, engenharia ambiental, geomorfologia, enfim para a compreensão do fato urbano que envolve Teresina, drenagem e os impactos sobre a vida de seus habitantes.

A cidade objeto deste estudo passa por transformações significativas em diversos aspectos desde a década de 1940 com incremento significativo do número de pessoas residentes e intervenções estruturais marcantes que afetam a dinâmica natural e afetam a paisagem urbana. A morfologia da cidade ligada a dinâmica dos rios Poti e Parnaíba evidenciam a necessidade de adaptar-se a este condicionante ambiental limitando que impede o alcance da plena qualidade de vida da população residente.

Com a integração dos indicadores analisados obteve-se como resultado que a cidade tem de fato uma morfologia que favorece o escoamento das águas com 67% das unidades estudadas possuem formas favoráveis ao escoamento com 35 das 70 unidades com forma alongada/ retangular; 56% das sub-bacias hidrográficas tem uso predominantemente residencial associado aos outros tipos de uso, o que eleva a pressão sobre o local já o uso residencial acarreta mais pessoas em um local proporcional a quantidade de resíduos sólidos e líquidos gerados; 76% das sub-bacias hidrográficas tem elevado grau de compactação da terra seja por edificações, asfaltamento ou calçamento, dificultando o processo de infiltração da água, o que é preocupante tendo em vista a necessidade e a importância deste processo para auxiliar o escoamento e alimentar as bacias subterrâneas.

Dessa forma, conclui-se que apesar da dinâmica natural ser favorável para que o sistema escoe de forma satisfatória a ação humana interfere neste processo além de afetar ciclo hidrológico diminuindo a infiltração e acelerando o escoamento superficial interferindo na capacidade de transporte de material ligada a amplitude altimétrica o outro indicador natural analisado.

Neste sentido fazem-se necessárias intervenções adequadas para cada necessidade. A partir da integração dos dados conclui-se que 24 unidades estão enquadradas na categoria de nível máximo de intervenção que englobam ações estruturais, incluindo as Lagoas do Norte e Lagoa do Mocambinho; 36 estão enquadradas na categoria de nível de susceptibilidade médio; e 10 enquadradas em nível de susceptibilidade mínimo pela baixa ocupação principalmente, no entanto recomenda-se que estas área sejam consolidadas como áreas de preservação permanente para amortização e preservação dos corpos hídricos principais e fins de lazer e educação ambiental que também proporciona qualidade de vida para população com áreas livres naturais.

Enfim, a pesquisa apresenta uma possibilidade de análise da cidade integrando aspectos naturais e humanos para responder questionamentos ligados a relação urbano-ambiental a qual denomina-se análise geográfica integrada (zoneamento, dinâmica natural e pressão antrópica) como abordagem sistêmica e holística e contemplando a relação sociedade-natureza.

REFERÊNCIAS

- BERTALANFFY, L. V. *Teoria geral dos sistemas* (tradução Francisco M. Guimarães). Petrópolis: Vozes, 1973.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia física global. Esboço metodológico. Tradução: Olga Cruz. In. *Caderno de Ciências da Terra*. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, n. 13, 1972.
- BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://www.dnrm.gov.br>>. Acesso em: 29 dez. 2013.
- _____. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- _____. Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- _____. Lei Nº. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 29 dez. 2013.
- _____. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Série Legislação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, v. 1, Brasília, DF, 2009.
- CARDOSO, C.A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Revista de Geomorfologia*, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.
- _____. *Análise de Sistemas em Geografia*. São Paulo: EDUSP, 1979.
- _____. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CUNHA, S. B. *Geomorfologia fluvial*. In. Geomorfologia, GUERRA, A. T. (Org). 2007.
- HEYMANN, Y. *Corine land cover technical guide*. Luxembourg: Statistical Office of the European Communities- Eurostat, 1994. 136 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Manual técnico de uso da terra*. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- _____. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- _____. *Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- LA BLACHE, V. Des caractères distinctifs de la géographie. In: *Annales de Géographie*, 1913, vol.22, n. 124, p. 1-10.
- LIMA, I. M. M. F. O relevo de Teresina, PI: compartimentação e dinâmica atual. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, 9, Goiânia, GO, 2011. *Anais...* Goiânia, GO. Disponível em: < >. Acesso em 30 set. 2014.
- _____. Teresina: urbanização e meio ambiente. *Revista Scientia et Spes*, Teresina: ICF, v. 1, n. 2, , p. 181-206, 2002.
- LIMA, W.P. *Princípios de manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Os Geossistemas como Elemento de Integração na Síntese Geográfica e Fator de Promoção Interdisciplinar na

- Compreensão do ambiente. *Revista de Ciências Humanas*. Florianópolis, v.14, n.19, p.67-101, 1996.
- _____. *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo: Contexto, 2000.
- _____. *Geografia sempre: o homem e seus mundos*. Campinas: Edições Territorial, 2008.
- MONTEIRO, C. A. B. *Caracterização do esgotamento sanitário de Teresina: eficiência, restrições e aspectos condicionantes*. *PI/Brasil*. 2004. 215f. Dissertação (Mestrado) - Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004.
- RIVAS, M. P. (Coord.). *Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba*. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 8, p. 63-74, 1994.
- _____. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 9, p. 65-75, 1995.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*. v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.
- SOTCHAVA, V. B. *O estudo de geossistemas*. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1978.
- _____. *Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre*. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1978.
- TERESINA. Lei Nº 3.558, de 20 de outubro de 2006. Reinstaurou o Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015, e dá outras providências. *Prefeitura Municipal de Teresina*. Teresina, PI, 2006. Disponível em
- _____. *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina – 2010*. Teresina: Concremat Engenharia, 2010a.
- _____. *Perfil de Teresina: Econômico, Social, Físico e Demográfico*. Raimundo Leôncio Ferraz Fortes (Coord). Teresina: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo – SEMDEC. 2010b. Disponível em <<http://www.teresina.pi.gov.br/portalmpt/orgao/SEMDEC/doc/20100709-336-1461-D.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015
- _____. *Plano Municipal de Saneamento Básico*. Teresina: DRZ Consultoria, 2013.
- TOLEDO, Maria Cristina; OLIVEIRA, Sonia Maria; MELFI, Adolpho. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, Wilson; TAIOLI, Fábio; FAIRCHILD, Thomas; TOLEDO, Cristina (Org). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008, p. 139-166.
- TONELLO, K. C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas*, Guanhães, MG, 2005, 69f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Viçosa, 2005.
- TRICART, Jean. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: SUPREN/ IBGE, 1977.
- VIANA, B. A. S. *et al.* 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. 2010, Recife, *Anais...*, Recife, 2010. 1 CD Rom.

APÊNDICE 1 – QUADRO ANALÍTICO DE INFORMAÇÕES POR SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DE TERESINA, PI – PDDRu (2010)

RESULTADO DO LEVANTAMENTO DAS SUB-BACIAS NO PLANO DE DRENAGEM URBANA DE TERESINA -2010							
SUB-BACIA ¹	LOCALIZAÇÃO ²	VARIAÇÃO ALTIMÉTRICA (M) ¹		INUNDAÇÕES ¹	DRENAGEM ¹	FORMA ²	QUALIDADE AMBIENTAL ¹
		MINIMA	MAXIMA				
MACROBACIA DA MARGEM ESQUERDA DO RIO POTI							
PE01	ZONA SUL - BAIROS BELA VISTA I E II	30	120	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	ALONGADA	TEM FORMA PRATICAMENTE RETANGULAR E ALONGADA
PE02	ZONA SUL - NOVA ALEGRIA E PARQUE SUL	30	80	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	CIRCULAR	SISTEMA DE DRENAGEM IMPLANTADOS EM VIRTUDE DOS PROGRAMAS HABITACIONAIS IMPLANTADOS DESDE 2009
PE03	ZONA SUL - BAIRRO SANTO ANTONIO E COMPREENDE O ATERRO CONTROLADO	70	120	SEM OCORRÊNCIAS	AUSENTE	CIRCULAR	APESAR DO FORMATO CIRCULAR QUE REPORTADRIA A TENDÊNCIA DE INUNDAÇÕES NÃO HÁ OCORRÊNCIAS
PE04	ZONA SUL - NOVA ALEGRIA E VAMOS VER O SOL	60	115	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	CIRCULAR	SISTEMA DE DRENAGEM IMPLANTADOS EM VIRTUDE DOS PROGRAMAS HABITACIONAIS IMPLANTADOS DESDE 2009
PE05	ZONA SUL - BAIRRO SÃO LOURENÇO	30	120	SEM INFORMAÇÕES*	SEM INFORMAÇÕES*	CIRCULAR	SEM INFORMAÇÕES*
PE06	ZONA SUL - BAIRRO BELA VISTA	30	120	SEM OCORRÊNCIAS	SEM INFORMAÇÕES	TRIANGULAR	FORMA RETANGULAR E ALONGADA QUE INDICA QUE A BACIA NÃO TEM TENDÊNCIA A INUNDAÇÃO
PE07	ZONA SUL - CATARINA/ MORADA NOVA/ ETE 3	30	120	SEM OCORRÊNCIAS	SEM INFORMAÇÕES	ALONGADA	PRESENÇA DE LAGOAS NATURAIS E DE ESTABILIZAÇÃO POR CONTA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MORADA NOVA
PE08	ZONA SUL - BAIRRO TRÊS ANDARES	30	110	SEM INFORMAÇÕES*	SEM INFORMAÇÕES*	ALONGADA	SEM INFORMAÇÕES
PE09	ZONA SUL - BAIROS MORADA NOVA, REDENÇÃO E VILA DA PAZ	30	100	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	DADA DECLIVIDADE SÃO ÁREAS NATURALMENTE BEM DRENADAS, MAS QUE NÃO POSSUEM INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM PLUVIAL SUFICIENTE. AS INUNDAÇÕES SÃO DECORRENTES DO EXTRAVASAMENTO DO LEITO DO RIO.
PE10	ZONA SUL - BAIRRO ILHOTAS	30	60	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	FORMA TRIANGULAR ACHATADA QUE REMETE A NÃO TENDÊNCIA AS INUNDAÇÕES MAS HÁ OCORRÊNCIA EM VIRTUDE DA CHEIA E EXTRAVASAMENTO DO LEITO DO RIO
PE11	ZONA SUL - BAIRRO CRISTO REI	25	80	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	CIRCULAR	NÃO HÁ INUNDAÇÕES DEVIDO A PRESERVAÇÃO DE ÁREAS PRÓXIMAS E OCUPAÇÕES ADEQUADAS
PE12	ZONA SUL - DELIMITADA PELAS AV. BARÃO DE CASTELO BRANCO E AV. HIGINO CUNHA	25	70	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	A BAIXA DECLIVIDADE DO LOCAL CONTRIBUI, EM MOMENTOS DE CHEIA, PARA O EXTRAVASAMENTO DO LEITO DO RIO, ADENTRANDO NO TERRENO URBANO.
PE13	ZONA SUL - NAS IMEDIAÇÕES DO CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA POLÍCIA MILITAR	30	60	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	CIRCULAR	FORMA CIRCULAR (CONVERGENTE DE ECOAMENTO) E ALAGAMENTO EM FUNÇÃO DO EXTRAVASAMENTO DO RIO

PE14	ZONA NORTE - BAIRRO CABRAL	25	60	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	CIRCULAR	FORMA TRIANGULAR ALONGADA E CURVADA NA SUA REGIÃO MAIS ESTREITA, INDICANDO QUE A BACIA APRESENTA TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES, DADA A SUA FORMA, QUE FAVORECE A RÁPIDA FORMAÇÃO DE CHEIAS CONVERGENTES
PE15	ZONA NORTE - REGIÃO DO BAIRRO PORENQUANTO	25	60	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	APRESENTA FORMA CARACTERÍSTICA RETANGULAR ALONGADA, INDICANDO A NÃO TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES.
PE16	ZONA NORTE - AV.MARECHAL CASTELO BRANCO	30	60	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	FORMATO APROXIMADAMENTE TRIANGULAR, O QUE INDICA A NÃO TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES.
PE17	ZONA NORTE -AV. DUQUE DE CAXIAS E DA PETRÔNIO PORTELA	30	60	FREQUENTE	DEFICIENTE	ALONGADA	TEM FORMATO TRIANGULAR ALONGADO, INDICANDO QUE A SUB-BACIA NÃO APRESENTA FORTE TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES.
PE18	ZONA NORTE - AV. BARÃO DE CASTELO BRANCO ATÉ AV.DUQUE DE CAXIAS	30	70	FREQUENTE	DEFICIENTE	ALONGADA	SÃO ALAGAMENTOS PROVENIENTES DO EXTRAVASAMENTO DO LEITO DO RIO, FAVORECIDA PELAS BAIXAS DECLIVIDADES, FAVORECENDO A DISSIPAÇÃO DA ÁGUA PARA O INTERIOR DO TERRENO URBANO.
PE19	ZONA NORTE - BAIRRO ÁGUA MINERAL	25	70	FREQUENTE	DEFICIENTE	ALONGADA	ALAGAMENTOS EM FUNÇÃO DO EXTRAVASAMENTO DO SEU LEITO. A REGIÃO FICA PREDOMINANTEMENTE ALAGADA, E POR SER BASTANTE URBANIZADA, CONSTITUI-SE UMA ÁREA CRÍTICA.
PE20	ZONA NORTE - BAIRRO ÁGUA MINERAL	30	75	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	ESTA SUB-BACIA TEM UMA FORMA TRIANGULAR ALONGADA, INDICANDO QUE A BACIA APRESENTA PEQUENA TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES. NOS BAIRROS INSTALADOS NESTA REGIÃO DE TOPOGRAFIA RECORTADA E BASTANTE IRREGULAR, HÁ ALGUNS DISPOSITIVOS INSTALADOS DE DRENAGEM PLUVIAL QUE FUNCIONAM COM CERTA SOBRECARGA, APRESENTANDO INSUFICIÊNCIAS LOCALIZADAS.
PE21	ZONA NORTE -EMBRAPA I (PREDOMINANTEMENTE RURAL)	30	55	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	TRIANGULAR	FORMA TRAPEZOIDAL, INDICANDO PEQUENA TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES, DEVIDO A SUA FORMA
PE22	ZONA NORTE -EMBRAPA II (PREDOMINANTEMENTE RURAL)	25	35	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	CIRCULAR	CONTRARIANDO A GRANDE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES DEVIDO AO SEU FORMATO E O PREDOMÍNIO DE COTAS BAIXAS, A BACIA NÃO APRESENTA INDÍCIOS DE INCIDÊNCIA DE ALAGAMENTOS PROVAVELMENTE PELA OCUPAÇÃO PRINCIPALMENTE RURAL QUE DIMINUI AS CHANCES DE REPORTES DE PROBLEMAS E EFEITOS DAS ENCHENTES.
PE23	ZONA NORTE -EMBRAPA III (PREDOMINANTEMENTE RURAL)	25	35	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	CIRCULAR	COMO EM OUTRAS SITUAÇÕES APESAR DA TENDÊNCIA DE INCIDIR INUNDAÇÕES PELA SUA FORMA, EM FUNÇÃO DA OCUPAÇÃO PREDOMINANTEMENTE RURAL, A SUB-BACIA PE23 NÃO EVIDENCIA INUNDAÇÕES URBANAS, E NÃO HÁ REPORTES DE INUNDAÇÕES RIBEIRINHAS
PE24	ZONA NORTE - EMBRAPA IV (PREDOMINANTEMENTE RURAL)	25	55	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	EM TODA ESTA SUB-BACIA PREDOMINAM ÁREAS FLORESTADAS DA EMBRAPA ,ASSIM COMO NAS SUB-BACIAS 21, 22 E 23. NA PORÇÃO MAIS A MONTANTE DA SUB-BACIA OBSERVA-SE O USO DO SOLO PARA FINS DE CULTIVO DE FRUTÍFERAS E VEGETAÇÃO MAIS RASTEIRA.
PE25	ZONA NORTE - RUA SANTA CLARA	30	55	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	EFICIENTE	TRIANGULAR	EM TODA ESTA SUB-BACIA PREDOMINAM ÁREAS FLORESTADAS E DE CULTIVO DE FRUTÍFERAS E VEGETAÇÃO MAIS RASTEIRA. APESAR DA TENDÊNCIA A POUCAS INUNDAÇÕES, A BACIA APRESENTA INCIDÊNCIA DE ALAGAMENTOS EM SUA REGIÃO PRÓXIMA AO RIO POTI EM FUNÇÃO DE SEU EXTRAVASAMENTO.

PE26	ZONA NORTE - BAIROS MOCAMBINHO E BUENOS AIRES	30	70	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	ESTA SUB-BACIA TEM UMA FORMA TRIANGULAR ALONGADA, INDICANDO QUE APRESENTA POUCA TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES MAS DEVIDO A INEFICIÊNCIA DO SISTEMA HÁ OCORRÊNCIAS.
PE27	ZONA SUL - CABECEIRA DO BAIXO CURSO DO POTI	60	120	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	ALONGADA	ESTA SUB-BACIA TEM UMA FORMA OVAL, INDICANDO QUE A BACIA NÃO TEM TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES. POSSUI GRANDE PARTE DE SUA ÁREA OCUPADA PELA VEGETAÇÃO. SOMENTE A OESTE, JUNTO À CABECEIRA DA SUB-BACIA, SÃO ENCONTRADOS ALGUNS FOCOS DE URBANIZAÇÃO.
PE28	ZONA SUL- BAIRRO PORTAL DA ALEGRIA	60	120	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	CIRCULAR	COM RELAÇÃO À OCUPAÇÃO DESTA SUB-BACIA, VERIFICA-SE QUE AINDA PREDOMINAM AS ÁREAS VERDES, COM OCUPAÇÃO FLORESTAL.
PE29	ZONA SUL - BAIROS ESPLANADA/ BRASILAR	60	120	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	TRIANGULAR	COM RELAÇÃO AO USO DO SOLO, A ZONA CENTRAL DESTA SUB-BACIA ENCONTRA-SE INTENSAMENTE URBANIZADA, COM UMA OCUPAÇÃO MAIS ESPARSA EM DIREÇÃO AOS DIVISORES DE ÁGUA. PEQUENA TENDÊNCIA DE INUNDAÇÕES PELO FORMATO TRIANGULAR. PRESENÇA DE REDES DE DRENAGEM AO LONGO DE ALGUNS DOS CORREDORES DE TRÂNSITO
PE30	ZONA SUL - BAIRRO PEDRA MIÚDA	55	130	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	CIRCULAR	ESTA SUB-BACIA TEM UMA FORMA OVAL INDICANDO QUE A BACIA APRESENTA PEQUENA TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES. O USO DO SOLO DESTA SUB-BACIA É PREDOMINANTEMENTE VEGETAL, COM PREDOMÍNIO DE VEGETAÇÃO ARBÓREA, SENDO UMA DAS POUCAS SUB-BACIAS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO POTI EM QUE NÃO HÁ MAIORES EVIDÊNCIAS DE URBANIZAÇÃO. NÃO FORAM OBSERVADOS PROBLEMAS RELACIONADOS A INUNDAÇÕES OU DRENAGEM URBANA NA SUB-BACIA.
PE31	ZONA SUL -PÓLO EMPRESARIAL SUL	60	155	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	TRIANGULAR	ESTA SUB-BACIA TEM FORMATO OVAL, INDICANDO QUE A BACIA APRESENTA PEQUENA TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES. NESTA SUB-BACIA PREDOMINA A VEGETAÇÃO ARBÓREA NO USO DO SOLO. SÃO ENCONTRADAS ZONAS URBANIZADAS NA REGIÃO DO CURSO MÉDIO DA SUB-BACIA, COM PAVILHÕES, EDIFICAÇÕES ESPARSAS E RUAS NÃO PAVIMENTADAS.
PE32	ZONA NORTE - AV. PREFEITO FREITAS NETO	25	65	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	ESTA SUB-BACIA ENCONTRA-SE URBANIZADA EM UMA MAIOR PARTE. NA PORÇÃO DE MONTANTE OCORRE INTENSA URBANIZAÇÃO COM TAXAS DE IMPERMEABILIDADE ELEVADA, EMBORA SEJA POSSÍVEL ENCONTRAR ALGUNS REMANESCENTES DE VEGETAÇÃO. A INCIDÊNCIA É FUNÇÃO DO EXTRAVASAMENTO DAS ÁGUAS DO RIO POTI. APRESENTA UM FORMATO BASTANTE ALONGADO, INDICANDO QUE A BACIA NÃO TEM TENDÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES, DE ACORDO COM O ESPERADO PARA UMA SUB-BACIA COM ESTA FORMA.

MACROBACIA DA MARGEM DIREITA DO RIO POTI

SUB-BACIA ¹	LOCALIZAÇÃO ²	VARIÇÃO ALTIMÉTRICA (M) ¹		INUNDAÇÕES ¹	DRENAGEM ¹	FORMA ²	QUALIDADE AMBIENTAL ¹
		MINIMA	MAXIMA				
PD01	ZONA SUDESTE - CURVA SÃO PAULO	40	73	FREQUENTE	DEFICIENTE	TRIANGULAR	SEM INFORMAÇÕES*
PD02	ZONA SUDESTE - PARQUE POTI	50	80	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	ALONGADO	SEM INFORMAÇÕES*
PD03	ZONA SUDESTE - NOVO MILÊNIO E RECANTO DOS PÁSSAROS	40	165	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	CIRCULAR	COTAS MAIS ELEVADAS NAS CABECEIRAS

PD04	ZONA NOROESTE - PRÓXIMO A CONFLUÊNCIA DOS RIOS POTI E PARNAÍBA	30	100	FREQUENTE	DEFICIENTE	TRIANGULAR	COTAS MAIS ELEVADAS NA CABECEIRAS OCORRÊNCIA DE LAGOAS SOLO EXPOSTOE LAVADO
PD05	ZONA SUDESTE - AO LONGO DA AVENIDA JOAQUIM NELSON	45	75	FREQUENTE	DEFICIENTE	TRIANGULAR	COTAS MAIS ELEVADAS NA CABECEIRAS OCORRÊNCIA DE ALAGAMENTOS NAS COTAS MAIS BAIXAS
PD06	ZONA SUDESTE - DIRCEU II, VILA PANTANAL E BAIRRO COMPRIDA	45	80	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	EFICIENTE	TRIANGULAR	OCORRÊNCIA DE LAGOAS NOS PONTOS MAIS ALTOS CORRESPONDENTES AO BAIRRO DIRCEU HÁ REDE DE DRENAGEM EFICIENTE POR SER CONJUNTO HABITACIONAL
PD07	ZONA NORDESTE - PARQUE ZOBOTÂNICO, VILA DO GAVIÃO, ALDEBARAN E SATÉLITE	50	160	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	COTAS MAIS ELEVADAS NA CABECEIRAS LOCAIS DE OCUPAÇÃO HABITACIONAL PRÓXIMA À DRENAGEM NATURAL TOPOGRAFIA RECORTADA E IRREGULAR LAGOA DO ZOOBOTÂNICO A JUSANTE TEM UMA PORÇÃO RURAL RELATIVAS AOS TERRENOS DO COLÉGIO AGRÍCOLA DA UFPI
PD08	ZONA NORDESTE -UFPI E ETE LESTE	40	85	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	COTAS MAIS ELEVADAS NA CABECEIRAS REVESTIMENTOS ASFÁLTICODIFICULTA O ESCOAMENTO
PD09	ZONA LESTE - BAIRRO ININGA E PLANALTO	45	100	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADO	COTAS MAIS ELEVADAS NAS CABECEIRAS
PD10	ZONA LESTE - AO LONGO DA AV. RAUL LOPES	25	85	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	COTAS MAIS ELEVADAS NAS CABECEIRAS
PD11	ZONA LESTE - BAIRRO SÃO JOÃO, SÃO RAIMUNDO E RECANTO DAS PALMEIRAS	25	80	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADO	COTAS MAIS ELEVADAS NAS CABECEIRAS PRESENÇA DE LAGOAS
PD12	ZONA LESTE - BAIROS JOQUEI E NOIVOS - AO LONGO DA AV. CAJUINA, AV. JOÃO XXIII E AV. KENNEDY	45	110	FREQUENTE	DEFICIENTE	ALONGADO	COTAS MAIS ELEVADAS NAS CABECEIRAS PROBLEMAS DE DIMENSIONAMENTO E/ OU ENTUPIMENTO DAS TUBULAÇÕES ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA ÁREA
PD13	ZONA LESTE - COLÉGIO AGRÍCOLA E BAIRRO PLANALTO ININGA	25	105	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	EFICIENTE	ALONGADO	COTAS MAIS ELEVADAS NAS CABECEIRAS
PD14	ZONA LESTE -ENTRE A AV. RAUL LOPES E AV. JOÃO XXIII	45	105	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	COTAS MAIS ELEVADAS NAS CABECEIRAS
PD15	ZONA NORTE - NOVA TERESINA	30	125	FREQUENTE	SEM INFORMAÇÕES*	ALONGADO	OCORRÊNCIA DE LAGOAS
PD16	ZONA NORTE - BAIRRO PEDRA MOLE	25	110	SEM OCORRÊNCIAS	AUSENTE	TRIANGULAR	ÁREA ÚMIDA COM PRESENÇA DE BREJOS OU BANHADOS
MACROBACIA DA RIO PARNAÍBA							
SUB-BACIA ¹	LOCALIZAÇÃO ²	VARIAÇÃO ALTIMÉTRICA (M) ¹		INUNDAÇÕES ¹	DRENAGEM ¹	FORMA ²	QUALIDADE AMBIENTAL ¹
		MINIMA	MAXIMA				
P01	ZONA SUL- BAIRRO ANGELIM E VILA IRMÃ DULCE	35	140	FREQUENTE	DEFICIENTE	ALONGADA	SEM INFORMAÇÕES*

P02	ZONA SUL -BAIRRO ANGELIM	SEM INFORMAÇÕES*	SEM INFORMAÇÕES*	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	TRIANGULAR	AS COTAS NESTA SUB-BACIA SÃO BAIXAS, E SE TRATA DE UMA BACIA RELATIVAMENTE PLANA. ESTA SUB-BACIA CARACTERIZA-SE COMO SENDO DE SUSCEPTIBILIDADE MÉDIA A ENCHENTES. APESAR DESSA TENDÊNCIA, NA REGIÃO NÃO FORAM REPORTADOS ALAGAMENTOS.
P03	ZONA SUL -BAIRRO ANGELIM	70	125	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	TRIANGULAR	APESAR DESSA INTENSA CHANCE DE OCORREREM INUNDAÇÕES, NA REGIÃO NÃO FORAM REPORTADOS ALAGAMENTOS, ATÉ MESMO PORQUE EM SUA REGIÃO CENTRAL AINDA EXISTE UM REMANESCENTE DE ÁREA PARA A DRENAGEM NATURAL E QUE DEVERÁ SER PRESERVADA PARA A MANUTENÇÃO DAS CONDIÇÕES HIDROLÓGICAS.
P04	ZONA SUL - BAIRRO AREIAS	SEM INFORMAÇÕES*	SEM INFORMAÇÕES*	SEM OCORRÊNCIAS	EFICIENTE	TRIANGULAR	SUB-BACIA CRÍTICA QUANTO À DRENAGEM, UMA VEZ QUE PELA PRÓPRIA URBANIZAÇÃO E SOLOS MAIS IMPERMEÁVEIS A MONTANTES, SE OBTÉM GRANDE ESCOAMENTO SUPERFICIAL, E EM FUNÇÃO DAS GRANDES DECLIVIDADES ESCOA MAIS RAPIDAMENTE, PREJUDICANDO A DRENAGEM A JUSANTE. PELA FORMA, RESULTA EM MODERADA SUSCEPTIBILIDADE A ALAGAMENTOS.
P05	ZONA SUL - -BAIRRO ANGELIM	SEM INFORMAÇÕES*	SEM INFORMAÇÕES*	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	CONSIDERA-SE COMO UMA BACIA CRÍTICA PARA INUNDAÇÕES, EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO E CARACTERÍSTICAS DE OCUPAÇÃO, EMBORA ESTEJA FAVORECIDA PELA SUA FORMA PARA MINIMIZAR O PROBLEMA DE ENCHENTES.
P06	ZONA SUL- PROMORAR	SEM INFORMAÇÕES*	SEM INFORMAÇÕES*	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	A CAUSA PROVÁVEL É A SUPERAÇÃO DAS VAZÕES DE ESCOAMENTO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM, JUNTAMENTE ÀS ENCHENTES RIBEIRINHAS PROVOCADAS PELO PARNAÍBA. A SUB-BACIA APRESENTA TAMBÉM UM CÔRREGO CANALIZADO, SERVINDO DE PONTO DE FUGA DA ÁGUA PROVENIENTE DO ESCOAMENTO DA REGIÃO LESTE DA BACIA.
P07	ZONA SUL - PARQUE PIAUÍ	30	140	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	TEM RELATIVAMENTE BAIXA SUSCEPTIBILIDADE A INUNDAÇÕES PELA FORMA DA BACIA. AS VAZÕES INCIDENTES SÃO DEVIDAS AOS PROBLEMAS DO SISTEMA DE DRENAGEM (PROVAVELMENTE MICRODRENAGEM) E A ENCHENTES RIBEIRINHAS (A BACIA APRESENTA ALGUNS PONTOS ÚMIDOS NATURAIS QUE IDENTIFICAM REGIÕES SUJEITAS A ENCHENTES PERIÓDICAS).
P08	ZONA SUL- ESTAÇÃO DE TRATAMENTO E BOMBEAMENTO DE ÁGUAS	SEM INFORMAÇÕES*	SEM INFORMAÇÕES*	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	A BACIA TEM FORMA ALONGADA E É POUCO SUSCEPTÍVEL A INUNDAÇÕES. DESSA FORMA, FOI CONSTATADO NESTA SUB-BACIA AUSÊNCIA DE ALAGAMENTOS, MESMO EM PERÍODOS CRÍTICOS DE PRECIPITAÇÃO.
P09	ZONA SUL - BAIRRO SACI	30	100	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	A PROVÁVEL CAUSA DO ALAGAMENTO É EM FUNÇÃO DAS ENCHENTES RIBEIRINHAS, EMBORA POSSAM EXISTIR PROBLEMAS NO ESCOAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DA REGIÃO URBANIZADA, PERMANECENDO ESTOCADA NA REGIÃO DA AVENIDA ESPECIALMENTE QUANDO AS COTAS DA LINHA D'ÁGUA DO RIO PARNAÍBA ESTÃO ALTAS, DIFICULTANDO O ESCOAMENTO NORMAL DAS ÁGUAS.
P10	ZONA SUL - BAIRRO TABULETA - AV. GIL MARTINS E AV. MIGUEL ROSA	30	80	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	SUA ÁREA É BASICAMENTE TODA URBANIZADA, COM EXCEÇÃO DE UMA PEQUENA EXTENSÃO AO LONGO DA AV. MARANHÃO. APRESENTA TAMBÉM ALGUNS PONTOS ÚMIDOS NATURAIS, INTACTOS MESMO EM PERÍODOS DE ESCASSEZ DE PRECIPITAÇÃO.

P11	ZONA SUL - AV. WALTER ALENCAR E AV. NAÇÕES UNIDAS	30	80	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	APESAR DAS QUADRAS CONTAREM COM SISTEMA DE DRENAGEM, OS ALAGAMENTOS SÃO BASTANTE FREQUENTES. A PROVÁVEL CAUSA É INEFICIÊNCIA DO SISTEMA DE ESCOAMENTO DESSAS ÁGUAS. PODE-SE NOTAR TAMBÉM ACÚMULO DE ÁGUA NA AV. PEDRO FREITAS, NAS PROXIMIDADES DA AV. DAS NAÇÕES. A REGIÃO APRESENTA PONTOS ÚMIDOS NATURAIS.
P12	ZONA SUL- AV. MARANHÃO PROXIMIDADES DA PRAÇA DA COSTA E SILVA	30	80	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	A SUB-BACIA P12 NÃO APRESENTA INDÍCIOS DE ALAGAMENTOS SIGNIFICATIVOS, APESAR DE QUE, ALGUNS POUCOS PONTOS NO SEU INTERIOR, APRESENTAM PEQUENAS INUNDAÇÕES LOCALIZADAS DEVIDO AO EXCESSO DE ÁGUAS PLUVIAIS QUE PERCORREM EXTENSÕES MAIORES DO QUE AS DESEJÁVEIS ANTES DE ADENTRAR AO SISTEMA EXISTENTE. A AV. JOSÉ DOS SANTOS CORRESPONDE A UMA ÁREA DE CÓRREGO QUE FOI CANALIZADA JUSTIFICANDO ATÉ CERTO PONTO O ACÚMULO CONSTATADO.
P13	ZONA CENTRAL - CENTRO COMERCIAL	30	60	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	TRIANGULAR	SÃO NOTADOS FOCOS DE ALAGAMENTO AO LONGO DE TODA A AV. MARANHÃO, PARTINDO DA AV. JOSÉ DOS SANTOS. A CAUSA PRINCIPAL É A AUSÊNCIA DO ESCOAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DA BACIA EM PERÍODOS DE CHEIA DO RIO PARNAÍBA, BEM COMO A CANALIZAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS PRESENTES NO PASSADO.
P14	ZONA CENTRAL - NAS IMEDIAÇÕES DA AV. CAMPO SALES	30	60	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	A BACIA É INTENSAMENTE URBANIZADA, COM ALGUNS PONTOS DE ÁREA VERDE. ENGLOBA A ZONA CENTRAL DA CIDADE ADJACENTE AO RIO PARNAÍBA. PREDOMINANTEMENTE COMERCIAL, INCLUI QUARTÉIS DE POLÍCIA, TEATROS, IGREJAS E MAIOR NÚMERO DE PRAÇAS. NESTA SUB-BACIA ESTÁ INSERIDA A SEDE DO GOVERNO MUNICIPAL (PALÁCIO DO GOVERNO).
P15	ZONA NORTE - BAIROS MAFUÁ E PIRAJÁ	30	60	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	A ALTURA ALCANÇADA PELAS ÁGUAS DO RIO PARNAÍBA FRENTE AO TALUDE DE CONCRETO DO DIQUE DA AV. MARANHÃO E QUE PROSSEGUE PELA RUA BOA ESPERANÇA, LIMITANDO AS ENCHENTES EM TODA A ÁREA DOS BAIROS ENGLOBADOS PELA REGIÃO DO PROJETO LAGOAS DO NORTE.
P16	ZONA NORTE - BAIRRO SANTA ROSA	SEM INFORMAÇÕES	SEM INFORMAÇÕES	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	CIRCULAR	A OCUPAÇÃO DA BACIA É DE PASTAGENS EM FUNÇÃO DA FACILIDADE DE SER INUNDADA PELOS RIOS EM PERÍODOS DE CHEIA. A BAIXA COTA DO LOCAL, MUITO PRÓXIMO A COTA DO RIO, CONTRIBUI PARA O ALAGAMENTO.
P17	ZONA NORTE - SANTA MARIA DA CODIPI E PARQUES BRASIL	40	115	FREQUENTE	AUSENTE	ALONGADA	ASSENTADOS EM ÁREA MUITO PLANA E SEM INFRAESTRUTURA, EXPERIMENTAM INUNDAÇÕES LOCALIZADAS EM VÁRIOS PONTOS DE SEU INTERIOR. EM FUNÇÃO DA GEOLOGIA DO TERRENO QUE É PREDOMINANTEMENTE COMPOSTA DE AREIA MÉDIA DE BOA INFILTRAÇÃO, AS PRIMEIRAS CHUVAS NÃO PROMOVEM TAMANHO PROBLEMA. ESTE SE VERIFICA COM A CONTINUIDADE DAS MESMAS E COM A SUBIDA DO LENÇOL FREÁTICO QUE PROMOVEM A ESTAGNAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL.
P18	ZONA NORTE - RUA IZIDORO FRANÇA	30	100	SEM OCORRÊNCIAS	DEFICIENTE	ALONGADA	APESAR DA BAIXA TENDÊNCIA A ALAGAMENTOS, A REGIÃO PRÓXIMA AO RIO PARNAÍBA É DESPOVOADA, POIS APRESENTA RISCOS DE INUNDAÇÕES EM PERÍODOS DE CHEIA.
P19	ZONA NORTE - BAIRRO SANTA ROSA	30	125	FREQUENTE EM ALGUNS PONTOS	DEFICIENTE	ALONGADA	TEM FORMATO RETANGULAR, O QUE A TORNA MENOS SUSCETÍVEL A INUNDAÇÕES URBANAS. NESTA REGIÃO APRESENTA ALGUNS PONTOS ÚMIDOS NATURAIS, QUE INDICAM INUNDAÇÕES RIBEIRINHAS FREQUENTES.

P20	ZONA NORTE - ÁREA RURAL	30	110	SEM OCORRÊNCIAS	AUSENTE	ALONGADA	TEM FORMATO BASTANTE ALONGADO, O QUE SIGNIFICA MENOR PROPENSÃO A CHEIAS. POR SER DE ÁREA RURAL, NÃO SE APRESENTA COMO PONTO CRÍTICO A INCIDÊNCIA DE CHEIAS.
LAGOAS DO NORTE							
SUB-BACIA ¹	LOCALIZAÇÃO ²	VARIAÇÃO ALTIMÉTRICA (M) ¹		INUNDAÇÕES ¹	DRENAGEM ¹	FORMA ²	QUALIDADE AMBIENTAL ¹
		MINIMA	MAXIMA				
LDN	ZONA NORTE - CONFLUÊNCIA DOS RIOS	SEM INFORMAÇÕES	SEM INFORMAÇÕES	FREQUENTE	DEFICIENTE	ALONGADO	ÁREA DE 1.052ha. APRESENTA Densa OCUPAÇÃO RESIDENCIAL E ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO MINERAL.
MOCAMBINHO							
MOC	ZONA NORTE - LAGOA DO MOCAMBINHO (LAGOA NATIVA, LAGOA AZUL 1 E LAGOA AZUL 2)	SEM INFORMAÇÕES	SEM INFORMAÇÕES	FREQUENTE	DEFICIENTE	ALONGADO	LOCALIZADA EM UMA REGIÃO BAIXA E DE DECLIVIDADES SUAVES, APRESENTA OCUPAÇÃO URBANA CONSOLIDADA E ÁREAS ALAGADIÇAS, COM A OCORRÊNCIA DE LAGOAS. NESTA SUB-BACIA ENCONTRA-SE A LAGOA DO MOCAMBINHO.

Elaborado por LIMA, A. A (2015). Fonte: PDDRu (TERESINA, 2010)

¹ Informações obtidas a partir do PDDRu (TERESINA, 2010)

² Cruzamento de informações obtidas pela autora

* Estas informações não foram localizadas no PDDRu ou se mostraram inconclusiva, portanto foram necessárias outras fontes de obtenção de dados para serem incluídas na pesquisa.

Apêndice 2 – IMAGEM DO GOOGLE EARTH – BASE DE ANÁLISE PARA TIPOS DE USO DA TERRA – 20.09.2015

