

**O Desenho Ambiental Urbano como base para o planejamento da
Infraestrutura Verde: um estudo de caso em Teresina, PI.**

*Environmental Urban Design as a basis for Green Infrastructure planning: a case study
in Teresina, PI.*

*El Diseño Ambiental Urbano como base para la planificación de la Infraestructura Verde: un
estudio de caso en Teresina, PI.*

Amanda Lages de Lima

Mestranda, USP, Brasil
amandalagesdelima@usp.br

Maria de Assunção Ribeiro Franco

Professora Doutora, USP, Brasil
mariafranco@usp.br

RESUMO

A crescente urbanização enfrentada a nível global, especialmente a partir de meados do século XVIII, impôs uma série de modificações à natureza, de modo a abrigar os assentamentos humanos e as atividades associadas a esses, sejam essas residenciais, agrícolas, comerciais ou industriais. Salve algumas exceções, o padrão de urbanização praticado na maioria das cidades ao redor do mundo, em consonância com o modo de produção capitalista, mostrou-se indiferente às características ambientais dos sítios ocupados e aos recursos e processos naturais existentes nesses. Consequentemente, as cidades tornaram-se foco de enchentes, alagamentos, inundações, deslizamentos de terra, ilhas de calor e outros problemas ambientais intensificados pela ação humana. Em resposta ao afastamento entre a cidade e a natureza, ao longo dos anos, surgiram diversas abordagens de planejamento e projeto da paisagem voltadas para a integração entre esses elementos, dentre as quais destaca-se a Infraestrutura Verde, que, aqui, corresponde a uma rede de espaços verdes interconectados que contribui para a preservação e a conservação ambiental e, por meio da manutenção dos processos e recursos naturais, para a qualidade da vida humana. Por sua vez, o trabalho em questão teve como objetivo identificar as áreas primordiais a serem preservadas na cidade de Teresina, a partir da aplicação do método do Desenho Ambiental Urbano, tendo em vista, posteriormente, o planejamento de uma Infraestrutura Verde para Teresina.

PALAVRAS-CHAVE: Desenho Ambiental Urbano, Zoneamento ambiental-urbano, Infraestrutura Verde.

SUMMARY

The growing urbanization faced globally, especially since the mid-18th century, has imposed a series of modifications on nature in order to house human settlements and the activities associated with them, whether residential, agricultural, commercial or industrial. With a few exceptions, the urbanization pattern practiced in most cities around the world, in line with the capitalist mode of production, has proved indifferent to the environmental characteristics of the occupied sites and to the natural resources and processes existing in them. As a result, cities have become the focus of flooding, waterlogging, landslides, heat islands and other environmental problems intensified by human action. In response to the distance between the city and nature, over the years, several approaches to landscape planning and design have emerged aimed at integrating these elements, among which Green Infrastructure stands out, which, here, corresponds to a network of interconnected green spaces that contributes to environmental preservation and conservation and, through the maintenance of natural processes and resources, to the quality of human life. In turn, the work in question aimed to identify the primary areas to be preserved in the city of Teresina, based on the application of the Urban Environmental Design method, with a view to subsequently planning a Green Infrastructure for Teresina.

KEYWORDS: Urban Environmental Design, Environmental-urban zoning, Green Infrastructure.

RESUMEN

La creciente urbanización a la que se enfrenta el mundo, especialmente desde mediados del siglo XVIII, ha impuesto una serie de modificaciones a la naturaleza para albergar asentamientos humanos y las actividades asociadas a ellos, ya sean residenciales, agrícolas, comerciales o industriales. Salvo contadas excepciones, el modelo de urbanización practicado en la mayoría de las ciudades del mundo, en consonancia con el modo de producción capitalista, se ha mostrado indiferente a las características medioambientales de los lugares ocupados y a los recursos y procesos naturales existentes en ellos. Como consecuencia, las ciudades se han convertido en foco de inundaciones, anegamientos, corrimientos de tierras, islas de calor y otros problemas medioambientales intensificados por la acción humana. En respuesta al distanciamiento entre la ciudad y la naturaleza, a lo largo de los años han surgido diversos enfoques de planificación y diseño del paisaje destinados a integrar estos elementos, entre los que destaca la Infraestructura Verde, que, en este caso, corresponde a una red de espacios verdes interconectados que contribuye a la preservación y conservación del medio ambiente y, a través del mantenimiento de los procesos y recursos naturales, a la calidad de la vida humana. A su vez, el trabajo en cuestión tuvo como objetivo identificar las principales áreas a preservar en la ciudad de Teresina, a partir de la aplicación del método de Diseño Urbano Ambiental, con vistas a la posterior planificación de una Infraestructura Verde para Teresina.

PALABRAS CLAVE: Diseño ambiental, Zonificación urbano-ambiental, Infraestructura verde.

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Teresina, PI, popularmente chamada de “Cidade Verde” pelo escritor Coelho Neto, em 1899, assim como muitas outras cidades ao redor do mundo, tem sofrido as consequências da reprodução de um padrão de produção do espaço urbano indiferente, quando não contrário, à natureza (BUENO; COSTA, 2016). Desde que o ser humano passou a ocupar um mesmo lugar por um intervalo de tempo prolongado, ainda no período Neolítico, ele tem realizado intervenções sobre o espaço que o cerca, de modo a abrigar os assentamentos humanos e as atividades associadas a esses, dando origem, eventualmente, às cidades. No entanto, à medida que as civilizações humanas evoluíram tecnologicamente, evoluiu também a capacidade de intervenção dessas sobre o meio ambiente, especialmente a partir de meados do século XVIII, com o início da Revolução Industrial. O crescente afastamento entre as cidades e a natureza revelou-se por meio da ocupação indiscriminada dos compartimentos de relevo, da redução da permeabilidade do solo e da cobertura vegetal, da supressão dos cursos e corpos d’água, entre outros processos característico de diversas cidades, em consonância com a lógica predatória do sistema capitalista. Consequentemente, as cidades tornaram-se focos de enchentes, alagamentos, inundações, deslizamentos de terra e ilhas de calor e outros problemas ambientais, intensificados pela ação humana, que comprometem a qualidade de vida e, até mesmo, ameaçam a sobrevivência das populações urbanas, especialmente aquelas mais vulneráveis (SCHUTZER, 2012).

Em contrapartida, ao longo do tempo, surgiram diversos planos, projetos e teorias voltados para a reinserção de elementos naturais nas cidades, dentre os quais destaca-se, pelo caráter ecológico precoce, o sistema de parques urbanos de Frederick Law Olmsted, em meados do século XIX, o planejamento urbano e regional de Patrick Geddes, em 1915, e o método do planejamento ecológico de Ian McHarg, em 1969. No final da década de 1960, alinhando com a Revolução Ambiental em curso nos Estados Unidos, o arquiteto da paisagem e planejador urbano Ian McHarg introduziu o método do planejamento ecológico, que consistia em uma avaliação do uso e ocupação do solo baseada na compreensão da natureza como um processo interativo que oferece oportunidades e impõe limitações às atividades humanas (MCHARG, 1969). Posteriormente, diversos autores elaboraram novas teorias a partir do método do planejamento ecológico, como por exemplo, em âmbito nacional, o Desenho Ambiental.

Além disso, em resposta à Revolução Ambiental iniciada nas décadas de 1960 e 1970, ao longo da segunda metade do século XX realizaram-se diversas conferências a nível global, a fim de discutir sobre a preservação e a conservação dos recursos naturais e do meio ambiente e, posteriormente, sobre as mudanças climáticas às quais esse está submetido. Na década de 1980, estabeleceu-se o desenvolvimento sustentável como objetivo comum aos países membros da Organização das Nações Unidas (ONU), ou seja, um desenvolvimento que atenda às necessidades das gerações presentes, sem impedir o das futuras. Mais recentemente, em 2015, a ONU estabeleceu os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que buscam guiar o desenvolvimento sustentável no âmbito ambiental, econômico e social. Dentre esses objetivos, destaca-se o Objetivo 11 denominado “Cidades e Comunidades Resilientes”, que busca “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (UNIC, 2016).

Em âmbito nacional, a arquiteta da paisagem Maria de Assunção Ribeiro Franco desenvolveu o método do Desenho Ambiental que, considerando os princípios da conservação

ambiental e buscando a melhoria da qualidade de vida do ser humano e o desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos, tem como objetivo solucionar problemas de ordem espacial a partir do planejamento da paisagem. A aplicação do Desenho Ambiental consiste, inicialmente, na criação de cenários hipotéticos para a área em questão buscando a preservação e a conservação ambiental a melhoria da qualidade de vida humana e o equilíbrio entre os processos naturais e sociais. Após a definição do cenário desejado, realiza-se uma análise dos aspectos ambientais e sociais e, a partir dessa, desenvolve-se uma proposta de Zoneamento Ambiental. Como resultado, tem-se a delimitação de diferentes zonas de uso e ocupação do solo, correspondente às limitações e oportunidades impostas pela natureza e às intenções humanas sobre a área de estudo (FRANCO, 1997).

Influenciado pelo método do Desenho Ambiental de Franco, o geógrafo José Guilherme Schutzer desenvolveu o método do Desenho Ambiental Urbano, a fim de planejar a paisagem urbana em consonância com as limitações e oportunidades inerentes ao território e, assim, promover a qualidade ambiental nesses espaços. A partir de um estudo de caso na metrópole de São Paulo, Schutzer (2012) realizou uma análise das características ambientais e morfológicas, seguida da elaboração de um zoneamento ambiental-urbano, com o objetivo de identificar as áreas favoráveis à ocupação urbana e as áreas a serem preservadas de modo a garantir a realização dos processos naturais e a harmonia entre esses e os assentamentos humanos, os chamados espaços da natureza. Segundo Schutzer (2012, p.14):

O que sobressai de todos os problemas ambientais das grandes aglomerações urbanas (as enchentes, a poluição do ar, da água e do solo, a escassez de recursos – água - e de espaços para a deposição de resíduos, entre outros) é a questão do locus – a questão do lugar: todos os fatos citados possuem sua dimensão geográfica, sua espacialidade. Todos são espacializáveis. Esses fatos se originam da relação dinâmica entre sociedade e ambiente, ou seja, entre os processos de funcionamento da sociedade e os processos de funcionamento da natureza, os quais atuam sobre um determinado espaço, sobre uma superfície, sobre um relevo.

Por sua vez, destaca-se aqui a aproximação entre o Desenho Ambiental e a Infraestrutura Verde, entendida aqui, conforme a definição estabelecida pelo ecologista Mark Benedict e o planejador urbano Edward McMahon, tanto como um processo, no qual se trata de uma abordagem de conservação do território baseada no planejamento do uso e ocupação do solo, quanto como um objeto, uma rede de áreas verdes interconectadas planejada e gerida em função do valor dos recursos naturais existentes e dos benefícios gerados para o ser humano (BENEDICT; MCMAHON, 2006). Dessa forma, teve-se como objetivo identificar as áreas primordiais a serem preservadas na cidade de Teresina, a partir da aplicação do método do Desenho Ambiental Urbano, tendo em vista, posteriormente, o planejamento de uma Infraestrutura Verde para Teresina. A pesquisa em questão trata-se de um projeto de pesquisa em andamento que busca investigar a contribuição do conceito de Infraestrutura Verde para resiliência urbana da cidade de Teresina e utilizou-se do método do Desenho Ambiental para as etapas de aproximação das características ambientais e morfológicas da cidade e de identificação de oportunidades para a preservação e a conservação ambiental.

2 O DESENHO AMBIENTAL URBANO

A fim de identificar as áreas primordiais para a manutenção da qualidade ambiental na área urbana de Teresina, a serem preservadas, conservadas ou recuperadas, recorreu-se ao método de análise proposto por Schutzer (2012), o Desenho Ambiental Urbano, originalmente aplicado à metrópole de São Paulo. Influenciado pelo Desenho Ambiental de Franco (1997), Schutzer sugeriu uma série de elementos, referentes aos processos naturais e urbanos, a serem analisados, de modo a informar um processo de planejamento do uso e ocupação do solo em consonância com as limitações e oportunidades inerentes ao território, considerando um cenário de densa urbanização (SCHUTZER, 2012).

Em um primeiro momento, realizou-se uma investigação da relação estabelecida entre a cidade e o sítio natural, por meio do levantamento de uma série de características ambientais: o domínio morfoclimático, a compartimentação topográfica, a estrutura superficial, a fisiologia da paisagem e a vegetação. A partir da análise dessas características e da relação delas entre si, elaborou-se um zoneamento ambiental da cidade de Teresina, apoiado pela Geomorfologia, em que foram expressas as potencialidades e limitações ao uso e ocupação de cada zona identificada, considerando, principalmente, a compartimentação topográfica e as dinâmicas hidrológicas a serem incentivadas ou restringidas (SCHUTZER, 2012).

Em seguida, discutiu-se as características morfológicas da cidade de Teresina, que, por sua vez, se dividem na dimensão territorial, referente à mancha urbana, e na dimensão morfológica. A princípio, na dimensão territorial, analisou-se o tamanho, a área o grau de compactação, os compartimentos topográficos ocupados e a conurbação da mancha urbana de Teresina. Depois, aproximando-se da escala local, na dimensão morfológica, investigou-se o traçado urbano, os espaços livres públicos e privados, a implantação dos edifícios nos lotes e o adensamento urbano (SCHUTZER, 2012).

De modo a sintetizar as características ambientais e morfológicas analisadas, elaborou-se o zoneamento ambiental-urbano, em que buscou-se compatibilizar as propensões naturais de uso e ocupação do solo identificadas no zoneamento ambiental com as características morfológicas observadas. Assim, identificou-se, dentro da cidade de Teresina, as áreas mais favoráveis à ocupação urbana e aquelas destinadas a espaços da natureza, que necessitam ser preservadas, conservadas ou recuperadas, em função da manutenção dos processos naturais ou da incompatibilidade com outras atividades humanas. Para além da representação gráfica das zonas ambientais-urbanas, estabeleceu-se uma série de recomendações de uso e ocupação do solo relacionadas à permeabilidade do solo, à cobertura vegetal arbórea, às normas edílicas e à drenagem urbana para cada uma dessas áreas (SCHUTZER, 2012).

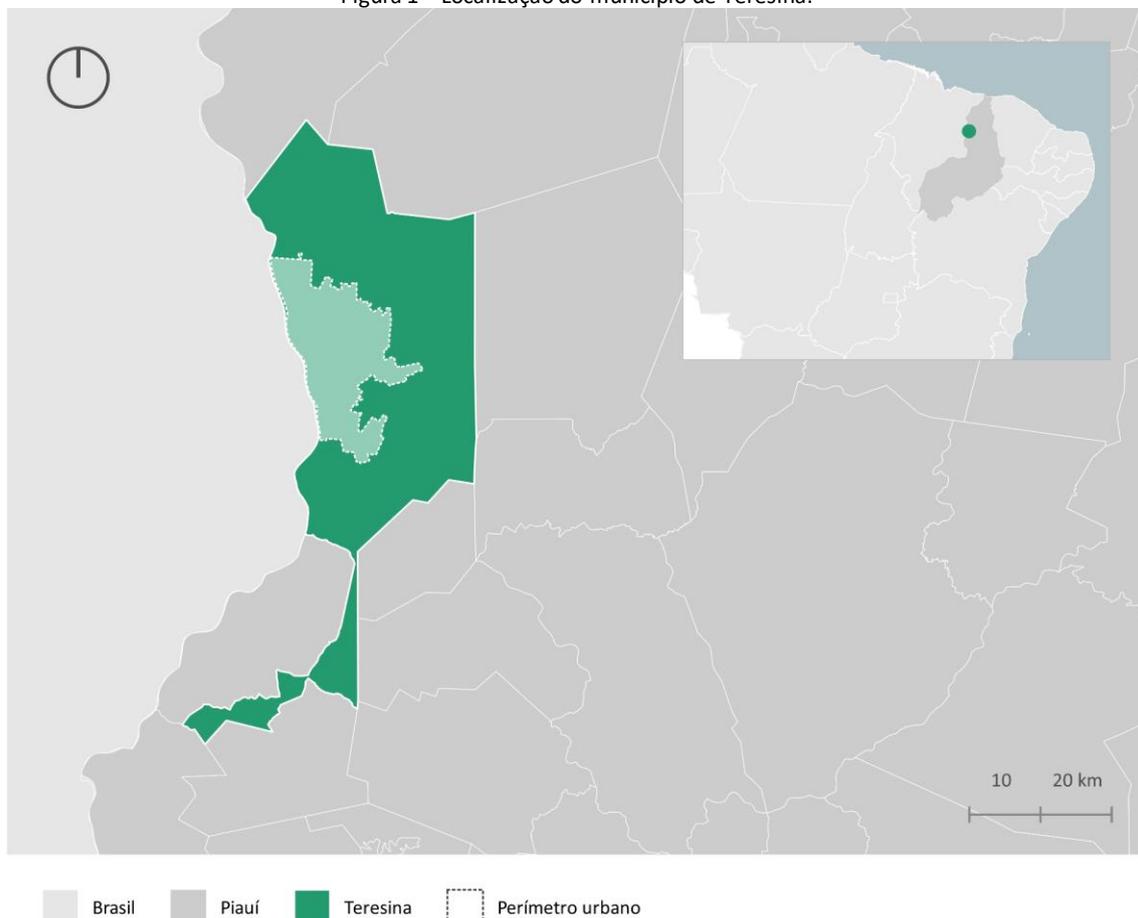
A coleta dos dados, análises e informações geográficas referentes às características ambientais e morfológicas se deu a partir da realização de pesquisas documental, em portais eletrônicos de instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Fundação Centro de Pesquisas Econômica e Sociais (CEPRO), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Prefeitura Municipal de Teresina (PMT) e o Serviço Geológico do Brasil (SGB), e da pesquisa bibliográfica, em artigos, dissertações e teses pertencentes a diversas áreas de conhecimento. Em seguida, utilizou-se do software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS para a análise espacial das características ambientais e morfológicas e para a elaboração do zoneamento ambiental e do zoneamento ambiental-urbano, acompanhados de imagens aéreas.

3 APROXIMAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E MORFOLÓGICAS DE TERESINA

3.1 Características ambientais

Em uma primeira aproximação da área de estudo, observou-se que o município de Teresina se localiza no estado do Piauí, na região Nordeste do Brasil, sobre latitude 05°05'20" e longitude 42°48'07", em proximidade à Linha do Equador (Figura 1). Quanto ao domínio morfoclimático, Teresina encontra-se em uma Faixa de Transição entre os domínios morfoclimáticos Amazônico, Cerrado e Caatinga, conforme a classificação proposta por Aziz Ab'Sáber (2003). Dessa forma, Teresina apresenta elementos morfoclimáticos e fitogeográficos característicos desses três domínios, além de um subnúcleo paisagístico de exceção, a Mata dos Cocais (ANDRADE, 2016).

Figura 1 – Localização do município de Teresina.



Fonte: Figura da autora.

Em seguida, adotou-se a Geomorfologia, ou a ciência do relevo como determinou Ab'Sáber (1969), como critério de análise do sítio. Por sua vez, Geomorfologia se divide em três níveis de tratamento do sítio, a compartimentação topográfica, que diz respeito às formas de relevo identificadas no sítio, a estrutura superficial, aos depósitos superficiais e pacotes de solo, e a fisiologia da paisagem, às dinâmicas climáticas – temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, ventos e massas de ar – e hidrológicas – escoamento superficial, infiltração e armazenamento – incidentes (SCHUTZER, 2012).

Sobre a compartimentação topográfica, Lima (2011) identificou três unidades de relevo no município de Teresina, as planícies e terraços fluviais, as superfícies intensamente retrabalhadas pela drenagem com morros residuais e as superfícies residuais recortadas por vales encaixados, essa que se subdivide em morros com tendência ao arredondamento limitados por relevo escalonado e em mesas com topos achatados limitados por escarpas. As planícies e terraços fluviais margeiam os rios Parnaíba, Poti e seu afluentes, perenes e intermitentes, em altitudes entre 50 e 70 metros. As superfícies intensamente retrabalhadas pela drenagem com morros residuais se distribuem ao longo do interflúvio dos rios Parnaíba e Poti e na porção Leste do município, em altitudes entre 70 e 100 metros. Os morros com tendência ao arredondamento limitados por relevo escalonado são feições erosivas de topo definido, em altitudes entre 100 e 170 metros. As mesas com topos achatados limitados por escarpas são feições erosivas de topo elevado e vertentes íngremes, em altitudes entre 170 e 250 metros. Por sua vez, o SGB-CPRM (2014) identificou cinco formas de relevo no município de Teresina, as planícies fluviais, as superfícies de aplainamento, os tabuleiros, as colinas amplas e suaves e os morros baixos, em consonância com a classificação de Lima (2011).

Sobre os depósitos superficiais, o município de Teresina se encontra sobre a Bacia Sedimentar do Parnaíba e em seu território afloram as formações Piauí, Pedra de Fogo e Pastos Bons, compostas predominantemente por rochas sedimentares, como arenitos, folhelhos, calcários, siltitos e silixitos. A formação Piauí aflora nas planícies e terraços fluviais, entre 50 e 70 metros de altitudes, e em morrotes residuais, até 120 metros. A formação Pastos Bons estende-se por todo o município sobre as superfícies residuais retrabalhadas pela drenagem com morros residuais, entre 100 e 240 metros de altitude. A Formação Pastos Bons aflora nos topos de morros e tabuleiros na região Sudeste, em altitude de até 250 metros, e apresenta além das rochas sedimentares, rochas ígneas como soleira e diabásio (LIMA, 2011).

Sobre os pacotes de solo, o município de Teresina apresenta associações de solos do tipo Latossolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Chernossolo, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico, Plintossolo e Areia Quartzosa. O Latossolo Amarelo, predominante, possui textura média a arenosa, permeabilidade e drenagem boas e encontra-se em áreas de relevo plano ou suave ondulado, observando-se baixa potencial erosivo e escoamento superficial difuso. Por sua vez, o Argissolo Amarelo possui textura média a argilosa, permeabilidade e drenagem moderadas e encontra-se em áreas de relevo plano, suave ondulado e forte ondulado, observando-se, nas vertentes, elevado potencial erosivo e escoamento superficial rápido. O Chernossolo possui textura média a argilosa, permeabilidade moderada, drenagem lenta e encontra-se em áreas de relevo suave ondulado e, esporadicamente, forte ondulado, observando-se potencial erosivo moderado. O Neossolo Flúvico possui textura média a argilosa, permeabilidade lenta, drenagem moderada e encontra-se em áreas de relevo plano ou suave ondulado, observando-se potencial erosivo moderado. Os demais tipos de solo se apresentam em menor proporção nas associações de solo identificadas no município de Teresina (EMBRAPA, 1983).

Sobre as dinâmicas climáticas, o município de Teresina se encontra em uma região térmica de clima zonal Tropical Zona Equatorial, caracterizado pela presença de duas estações bem definidas, uma chuvosa, durante o verão e o outono, e uma seca, durante o inverno e a primavera, sob influência da Zona de Convergência Intertropical (IBGE, 2002). Ademais, Teresina se encontra sobre a região térmica de clima Semi-árido, com secas que duram entre seis e oito meses, e Quente, com temperaturas superiores a 18°C ao longo do ano. De acordo com dados

obtidos pelo INMET, a temperatura média do município de Teresina variou de 26,0°C no mês mais frio, março, a 29,6°C, no mês mais quente, outubro. No entanto, observa-se comportamento contrário em relação à umidade relativa, superior a 70% no primeiro semestre e inferior, no segundo semestre, e ao índice pluviométrico, superior 100 milímetros entre dezembro e maio e inferior, entre junho e novembro. Já os ventos de Teresina são classificados como calmarias ou brisas, devido à baixa velocidade (INMET, 2018).

Sobre as dinâmicas hidrológicas, os principais cursos d'água do município de Teresina são os rios Parnaíba e Poti. O rio Parnaíba margeia o município a Oeste e se estende no sentido Norte-Sul, delimitando a divisão entre os estados do Piauí e Maranhão, já o rio Poti atravessa Teresina no sentido Sudeste-Noroeste, até encontrar o rio Parnaíba. O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) desenvolvido pela PMT, em 2013, identificou 70 sub-bacias hidrográficas, que contribuem para o escoamento superficial através de afluentes dos rios Parnaíba e Poti (TERESINA, 2013). Quanto às águas subterrâneas, o Aquífero Granular Pedra de Fogo, sobre o qual Teresina se encontra, apresenta produtividade da captação de águas subterrâneas muito baixa ou localmente baixa (MONTEIRO et al., 2016).

As bacias hidrográficas são áreas de captação natural das águas pluviais que convergem, em função do relevo, para um ponto comum. Quando a precipitação atinge o solo, iniciam-se os processos hidrológicos de escoamento superficial, infiltração e armazenamento. O escoamento superficial trata-se de um processo hidrológico horizontal, predominante nas áreas de relevo íngreme, que, quando em áreas desnudas e impermeáveis, provoca erosão e deslizamentos de terra nas vertentes e assoreamento e enchentes nas várzeas e planícies aluviais, mas, quando em canais de drenagem, contribui para a proteção da biodiversidade e a melhoria do microclima. A infiltração trata-se de um processo hidrológico vertical, predominante em áreas de relevo plano ou mais ou menos plano e de solo permeável, que contribui para a filtragem das águas subterrâneas, a recarga dos lençóis freáticos, o surgimento das nascentes, a proteção da biodiversidade e o aumento da cobertura vegetal, além de reduzir a ocorrência de deslizamentos de terra nas vertentes e de enchentes e assoreamentos nas várzeas e planícies aluviais. Por fim, o armazenamento trata-se de um processo estático, predominante em áreas de relevo plano, que contribui para a proteção da biodiversidade, a manutenção da umidade do solo e o aumento da cobertura vegetal (SCHUTZER, 2012)

Sobre a vegetação, Teresina apresenta três classes vegetais, a Floresta Estacional Semidecidual, a Savana Arborizada e a Vegetação Secundária com Palmeiras. A Floresta Estacional Semidecidual apresenta árvores, arbustos e herbáceas perenes de médio porte, dessas 20% a 50% tendem a perder sua folha durante o período de seca (IBGE, 2004). A Savana Arborizada, também chamada de Campo Cerrado, apresenta árvores, arbusto e herbáceas perenes de pequeno porte e também gramíneas, esses que costumam perder anualmente sua parte aérea. A Vegetação Secundária com Palmeiras é uma área anteriormente florestada, que após a degradação ambiental, recuperou a cobertura vegetal a partir da proliferação de palmeiras, como o babaçu (*Orbignyia phalerata*) e a carnaúba (*Copernicia prunifera*) (CEPRO, 1995).

3.2 Zoneamento ambiental

A partir da análise das características ambientais, com ênfase na relação entre as formas de relevo e as dinâmicas hidrológicas observadas, elaborou-se um zoneamento

ambiental para Teresina, a partir da identificação das oportunidades e restrições de uso e ocupação inerentes ao sítio ocupado. Ao todo, foram identificadas quatro zonas ambientais, as áreas planas inundáveis destinadas a espaços da natureza, as áreas planas ou mais ou menos planas favoráveis à ocupação urbana, as áreas íngremes destinadas a espaços da natureza e de ocupação controlada e as áreas de nascentes e anfiteatros de nascentes destinadas a espaços da natureza.

As áreas planas e inundáveis, destinadas a espaços da natureza, abrangem os trechos inundáveis das planícies aluviais, as várzeas, dos rios Parnaíba e Poti, e as planícies aluviais restritas de seus afluentes, os fundos de vale. Além do volume de água da precipitação, essas áreas também recebem o escoamento superficial vindo dos compartimentos de relevo superiores. Em oposição a outras áreas de relevo plano, a proximidade do lençol freático à superfície nessas áreas reduz a ocorrência dos processos de infiltração, pois, na ocorrência de precipitações, o solo logo alcança o estado de saturação. Dessa forma, predominam os processos de escoamento superficial ao longo dos canais de drenagem e os processos de armazenamento na superfície, em reservatórios naturais ou artificiais. Graças à umidade elevada, essas áreas apresentam potencial paisagístico e intensa atividade biológica, e são também favoráveis ao crescimento de cobertura vegetal arbórea. Assim, destaca-se a vocação das várzeas e fundos de vale a abrigarem espaços da natureza, e recomenda-se a preservação ou conservação dessas áreas em unidades de conservação ambiental.

As áreas planas ou mais ou menos planas, favoráveis a ocupação urbana, abrangem os trechos não inundáveis das planícies aluviais, os terraços, as superfícies de aplainamento e os topos de colinas, morros e tabuleiros. Essas áreas apresentam relevo plano ou suave ondulado e encontram-se fora da mancha de inundação, em altitudes variáveis. Predominam nessas áreas os processos de infiltração, responsáveis pela recarga dos aquíferos e, conseqüentemente, pelo surgimento das nascentes. Por um lado, a regularidade do relevo favorece a ocupação urbana nessas áreas, por outro, faz-se necessária a manutenção da permeabilidade do solo para permitir a realização do processo de infiltração e restringir o processo de escoamento superficial. Assim, entende-se que essas áreas são favoráveis a uma ocupação urbana que possibilite a infiltração da água no solo, a partir da manutenção de uma permeabilidade do solo satisfatória.

As áreas íngremes, destinadas a espaços da natureza e de ocupação urbana controlada, abrangem as vertentes íngremes de colinas, morros e tabuleiros. Essas áreas apresentam relevo ondulado a forte ondulado e encontram-se fora da mancha de inundação, em altitudes variáveis. Devido à declividade acentuada, predominam nessas áreas os processos de escoamento superficial acompanhados de processos erosivos que podem causar, até mesmo, deslizamentos de terra. Além disso, o escoamento superficial proveniente desses compartimentos de relevo superior pode provocar, também, enchentes nas várzeas e fundos de vale. Assim, percebe-se a fragilidade dessas áreas frente à ocupação urbana e recomenda-se a preservação ou a conservação dessas em unidades de conservação ambiental. No caso de ocupação urbana, entende-se como desfavorável o excesso de parcelamento do solo, impermeabilização do solo e remoção da cobertura vegetal arbórea.

As áreas de nascentes e anfiteatros de nascentes, destinadas a espaços da natureza, abrangem as nascentes e os entornos das nascentes com relevo íngreme, ondulado a forte ondulado, os anfiteatros. Similarmente às áreas íngremes destinadas a espaços da natureza e de ocupação urbana condicionada, predominam nessas áreas os processos de escoamento

superficial, acompanhados de processos erosivos, que podem causar, até mesmo, deslizamentos de terra, e que impactam os compartimentos de relevo inferiores, as várzeas e fundos de vale. As áreas de nascentes e anfiteatros de nascentes são fundamentais para a provisão de água no meio ambiente, por tratarem-se do ponto de afloramento do lençol freático e, conseqüentemente, surgimento dos cursos d'água. Assim, recomenda-se a preservação ou a conservação dessas áreas em unidades de conservação ambiental.

3.3 Características morfológicas

3.3.1 Dimensão territorial

Sobre a dimensão territorial, Teresina apresenta uma mancha urbana de aproximadamente 264km², equivalente a 19% da área total do município, cercada por uma extensa área rural, de 1.128 km². A mancha urbana é compacta na área central e, à medida que se aproxima das periferias urbanas, tornar-se fragmentada e, em menor proporção, dispersa, em consonância com um padrão de expansão urbana periférico, caracterizado pela migração da população de baixa renda para as margens. A mancha urbana compacta e extensa aponta uma possível ocupação indiscriminada dos diversos compartimentos de relevo, em conformidade com o histórico de expansão urbana de Teresina. Por sua vez, as sucessivas expansões do perímetro urbano às quais a cidade foi submetida ao longo dos anos levou à incorporação de vazios à mancha urbana, entre as áreas mais adensadas e os novos assentamentos, devido, especialmente, à construção de conjuntos habitacionais. Para Schutzer a mancha urbana fragmentada se aproxima de uma ocupação urbana condizente com o Desenho Ambiental Urbano, no entanto, ainda que em Teresina existam vazios urbanos devido às características ambientais do sítio, outras áreas permanecem desocupadas em função da especulação imobiliária. Já os núcleos urbanos dispersos, correspondem, em geral, a loteamentos ou condomínios residenciais isolados, grau de compactação desfavorável à preservação e à conservação ambiental, devido ao menor controle do Estado sobre o uso e ocupação do solo que ocorre nessa (SCHUTZER, 2012).

Sobre a conurbação, ou seja, a união das manchas urbanas de duas ou mais cidades, a mancha urbana de Teresina apresenta conurbação com a mancha urbana de Timon, no Maranhão, separadas apenas pelo rio Parnaíba. Considera-se a conurbação um fenômeno desfavorável para qualidade ambiental urbana, pois indica a ocupação de áreas limítrofes que, muitas vezes, coincidem com linhas naturais de relevo ou cursos d'água, como observado no caso de Teresina e Timon (SCHUTZER, 2012).

3.3.2 Dimensão morfológica

Aproximando-se da dimensão morfológica, tem-se o traçado urbano como o primeiro contato entre a cidade e o sítio natural, podendo esse ser caracterizado como orgânico ou regular quanto à origem, tratando-se essa de espontânea ou planejada, ou à forma, orgânica ou retilínea, respectivamente. Sobre o traçado urbano, após uma breve análise da expansão urbana desde a fundação da cidade, em 1852, afirma-se que Teresina apresenta traçado urbano de origem heterogênea, ora regular, ora orgânica, devido à desarticulação entre os agentes sociais envolvidos na produção do espaço urbano. Quanto à forma, predomina o traçado urbano

regular, com algumas exceções em função da topografia do sítio ou da estética adotada no loteamento.

Sobre a relação estabelecida entre as áreas construídas e os espaços livres da cidade, em 2015, aproximadamente 38% da área urbana era composta por áreas verdes¹, no entanto, apenas 8,6% dessas pertenciam ao poder público, destacando, assim, a maior suscetibilidade das áreas verdes privadas à urbanização (LIMA; LOPES; FAÇANHA, 2021). Em relação às tipologias de áreas verdes públicas, existem os parques ambientais, as praças, as hortas comunitárias, os campos agrícolas, os cemitérios, os campos de futebol e as áreas verdes institucionais (TERESINA, 2023). Quanto às áreas verdes pertencentes à área rural, destaca-se a importância da manutenção dessas áreas livres de ocupação, especialmente aquelas localizadas sobre compartimentos de relevo desfavoráveis à ocupação urbana, de modo a proteger os recursos e processos naturais e, conseqüentemente, promover a qualidade ambiental da região.

Sobre a cobertura vegetal arbórea, o tipo de arborização predominante na área urbana de Teresina, considerando a classificação proposta por Jim (1989), foi o isolado, nas variações disperso e agrupado, seguida do tipo conectado, nas variações reticulado, ramificado e contínuo, e por fim, do tipo linear, nas variações retilíneo e curvilíneo. Nesse sentido, destaca-se a importância da arborização urbana para a qualidade ambiental, graças aos serviços ecossistêmicos realizados pela cobertura vegetal arbórea, como a manutenção do ciclo da água, a melhoria das condições climáticas, a proteção da biodiversidade e a purificação do ar.

Sobre o adensamento urbano, a população de Teresina se distribui de forma heterogênea na cidade, com bairros com alta densidade demográfica tanto nas áreas centrais como nas periferias urbanas. No entanto, observa-se que alguns dos bairros mais densos se localizam em compartimentos de relevo desfavoráveis a ocupação urbana, principalmente nas várzeas dos rios Parnaíba e Poti na zona Norte da cidade (IBGE, 2020).

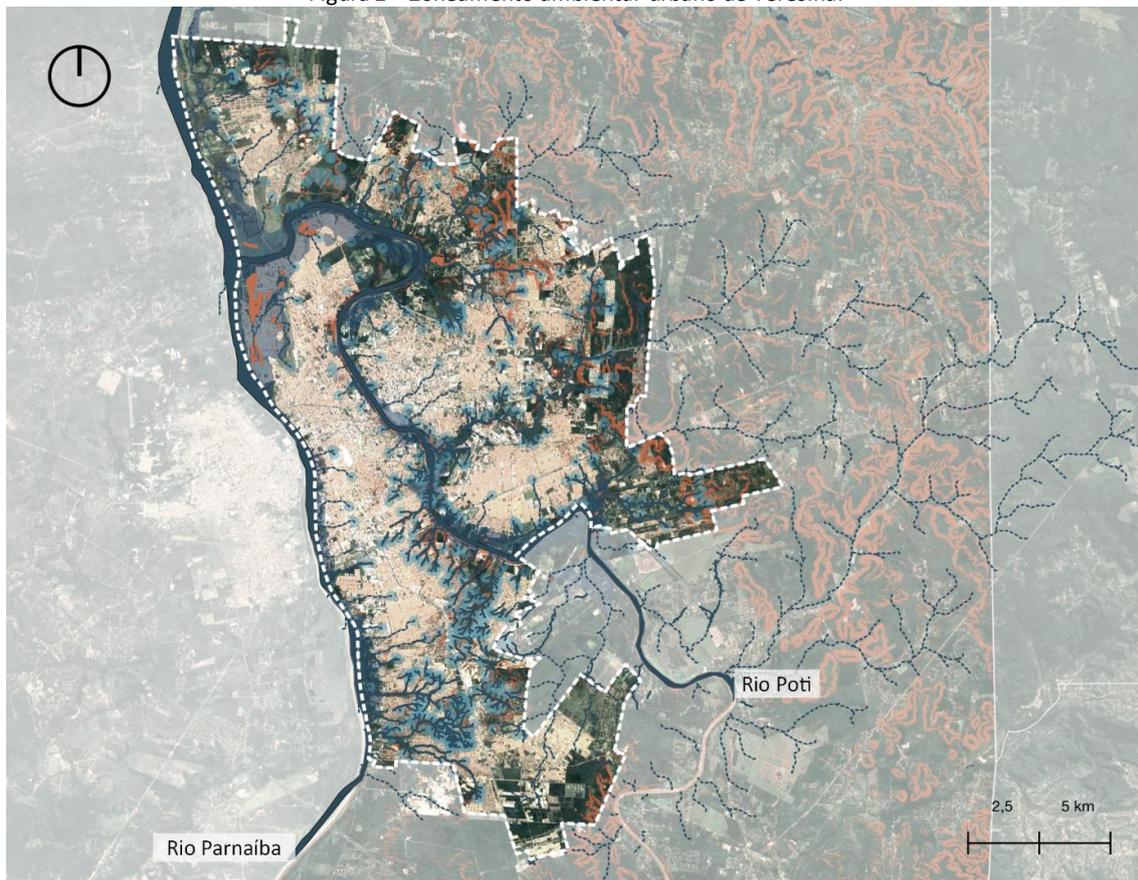
3.4 Zoneamento ambiental-urbano

A fim de sintetizar as características ambientais e morfológicas, elaborou-se o zoneamento ambiental-urbano, em que buscou-se compatibilizar as sugestões de uso e ocupação do solo estabelecidas para cada área identificada no zoneamento ambiental com as características morfológicas observadas na cidade de Teresina. Assim, identificou-se, novamente, as áreas mais propícias para a preservação e a conservação ambiental, os espaços da natureza, e as áreas favoráveis à ocupação urbana (Figura 2). Em paralelo à delimitação espacial dessas áreas, estabeleceu-se uma série de recomendações de uso e ocupação do solo relacionadas à permeabilidade do solo, aos dispositivos de infraestrutura verde e à cobertura vegetal arbórea.

As áreas planas inundáveis, destinadas a espaços da natureza, em sua maior parte, se encontram livres de ocupação urbano e apresentam solo permeável e cobertura vegetal arbórea, e em alguns trechos são protegidas por parques ambientais. No entanto, alguns trechos apresentam densa ocupação urbana, incompatível com a preservação e a conservação ambiental, como em alguns bairros na zona Norte da cidade. Em um cenário ideal, as áreas planas inundáveis seriam espaços livres de ocupação, de modo a abrigar o extravasamento da água dos cursos d'água e o escoamento superficial vindo dos compartimentos de relevo superior, onde poderiam coexistir atividades agrícolas e recreativas. Assim, recomenda-se, quando não ocupadas, a preservação ou a conservação dessas áreas em unidades de

conservação e o aumento da cobertura vegetal arbórea, e quando ocupadas, o verdejamento dos bairros, por meio do aumento da cobertura vegetal arbórea em espaços livres públicos e privados, inclusive no sistema viário, e da implantação de dispositivos de infraestrutura verde destinados ao armazenamento das águas pluviais. Nesse caso, recomenda-se, também, considerar, a longo prazo, a recuperação dessas áreas a partir da remoção da população, seguida da implantação de unidades de conservação ambiental, especialmente nas áreas correspondentes às APPs dos cursos e corpos d'água.

Figura 2 – Zoneamento ambiental-urbano de Teresina.



- | | |
|--------------------|--|
| ■ Perímetro Urbano | ■ Áreas planas inundáveis destinadas a espaços da natureza |
| — Cursos d'água | ■ Área planas ou mais ou menos planas favoráveis à ocupação urbana |
| Talvegues | ■ Áreas íngremes destinadas a espaços da natureza e de ocupação controlada |
| | ● Áreas de nascentes e anfiteatros de nascentes destinadas a espaços da natureza |

Fonte: Figura da autora.

As áreas planas ou mais ou menos planas, favoráveis a ocupação urbana, se encontram majoritariamente ocupadas. Em função da impermeabilização do solo e da cobertura vegetal arbórea escassa nos lotes, quadras e sistema viário, percebeu-se a redução dos processos de infiltração e o aumento dos de escoamento superficial. Em um cenário ideal, as áreas planas ou mais ou menos planas, favoráveis à ocupação urbana, seriam áreas de ocupação urbana em harmonia com o sítio, com permeabilidade do solo suficiente e cobertura vegetal arbórea nos espaços livres públicos e privados. Assim, recomenda-se, novamente, o verdejamento dos

bairros por meio do aumento da permeabilidade do solo e da cobertura vegetal arbórea em espaços livres públicos e privados, inclusive no sistema viário, e da implantação de dispositivos de infraestrutura verde destinados à infiltração das águas pluviais.

As áreas íngremes, destinadas a espaços da natureza e de ocupação urbana condicionada, se encontram, em geral, livres de ocupação. No entanto, alguns trechos apresentam densa ocupação urbana, incompatíveis com a preservação e a conservação ambiental e com a ocupação urbana condicionada. Em um cenário ideal, as áreas íngremes, destinadas a espaços da natureza e de ocupação urbana condicionada, seriam áreas livres de ocupação, como solo permeável e cobertura vegetal arbórea intensa, de modo a restringir os processos de escoamento superficial e incentivar os de infiltração, e, quando ocupadas, em harmonia com o sítio, com parcelamento do solo em lotes amplos, sistema viário paralelo às curvas de nível, permeabilidade do solo suficiente e cobertura vegetal arbórea nos espaços livres públicos e privados. Assim, recomenda-se, quando não ocupadas, a preservação ou a conservação dessas áreas em unidades de conservação ambiental e o aumento da cobertura vegetal arbórea, e, quando já ocupadas, o verdejamento dos bairros por meio do aumento da permeabilidade do solo e da cobertura vegetal arbórea em espaços livres públicos e privados, inclusive no sistema viário, e da implantação de dispositivos de infraestrutura verde destinados à infiltração das águas pluviais.

De forma similar, as áreas de nascentes e anfiteatros de nascentes, destinadas a espaços da natureza, se encontram ora livres de ocupação, ora estranguladas, quando não suprimidas, pela ocupação urbana. Em um cenário ideal, as áreas de nascentes e anfiteatros de nascentes, destinadas a espaços da natureza, seriam áreas livres de ocupação, com solo permeável e cobertura vegetal arbórea intensa, de modo a restringir os processos de escoamento superficial e incentivar os de infiltração. Assim, recomenda-se, quando não ocupadas, a preservação ou a conservação dessas áreas em unidades de conservação ambiental e o aumento da cobertura vegetal arbórea, e, quando já ocupadas, o verdejamento dos bairros por meio do aumento da permeabilidade do solo e da cobertura vegetal arbórea em espaços livres públicos e privados, inclusive no sistema viário, e da implantação de dispositivos de infraestrutura verde destinados à infiltração das águas pluviais. Nesse caso, recomenda-se, também, considerar, a longo prazo, a recuperação dessas áreas a partir da remoção da população, seguida da implantação de unidades de conservação ambiental, especialmente nas áreas correspondentes às APPs das nascentes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim da aplicação da metodologia do Desenho Ambiental Urbano na cidade de Teresina, confirmou-se a aproximação entre o Desenho Ambiental e a Infraestrutura Verde, considerando que ambos buscam promover a harmonia entre as ocupações urbanas e a natureza, por meio de um planejamento do uso e ocupação do solo baseado nas inclinações naturais do sítio, com ênfase na preservação e conservação das áreas verdes fundamentais para a manutenção da qualidade ambiental.

O zoneamento ambiental-urbano de Teresina revelou a presença das áreas primordiais a serem preservadas, visando a qualidade ambiental desse assentamento humano, e apontou uma série de diretrizes de uso e ocupação do solo em conformidade com as limitações e oportunidades identificadas no sítio natural e na morfologia urbana. Assim, compreende-se o

Desenho Ambiental Urbano como uma base para o planejamento da Infraestrutura Verde, correspondente às etapas de levantamento das características ambientais e morfológicas da área de estudo e de identificação das oportunidades para a preservação ambiental. Por sua vez, o sucesso do processo de planejamento da Infraestrutura Verde envolve outras etapas e depende da participação social das diversas partes interessadas.

Ainda que, em sua maioria, a mancha urbana da cidade de Teresina encontre-se sobre áreas favoráveis a ocupação urbana, uma parte da população, majoritariamente de baixa renda, enfrenta problemas ambientais decorrentes da ocupação de áreas suscetíveis a inundações ou íngremes, como observa-se recorrentemente em enchentes, inundações, alagamentos e deslizamentos de terra, que comprometem a qualidade de vida e, até mesmo, a sobrevivência dessa população. Caso efetivadas as diretrizes propostas no zoneamento ambiental-urbano, contribuiriam para a qualidade ambiental urbana e, conseqüentemente, para a qualidade de vida da população teresinense, ao reduzir a ocorrência de desastres naturais, melhorar as condições climáticas e promover a conexão do ser humano com a natureza.

5 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AB'SÁBER, Aziz. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AB'SÁBER, Aziz. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 28, p. 1 – 23, 1969.

ANDRADE, Carlos. Teresina e clima: indissociabilidade no estudo da cidade. **Revista Equador**, Teresina, v. 5, n. 3, p. 398 – 420, 2016. Disponível em: < <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/5056>>. Acesso em 09 ago. 2023.

BENEDICT, Mark; MCMAHON, Edward. **Green infrastructure: linking landscapes and communities**. Washington: Island Press, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mapa exploratório – reconhecimento de solos do estado do Piauí**. Recife: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1983. Disponível em: < <https://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/533>>. Acesso em 09 ago. 2023.

FRANCO, Maria Assunção Ribeiro. **Desenho Ambiental: Uma Introdução à Arquitetura da Paisagem com o Paradigma Ecológico**. São Paulo: Annablume, 1997.

FUNDAÇÃO CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DO PIAUÍ (CEPRO). **Diagnóstico das condições ambientais do estado do Piauí**. Teresina, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Clima 1:5.000.000**. 2002. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf >. Acesso em 09 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>>. Acesso em 09 ago. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil: período 1981 – 2010**. 2018. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em 09 ago. 2023.

LIMA, Iracilde Moura Fé. O relevo de Teresina: compartimentação e dinâmica atual. **Encontro Nacional Da Associação Nacional De Pós-Graduação E Pesquisa Em Geografia (ENANPEGE)**, Goiânia: UFG, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308697215_O_RELEVO_DE_TERESINA_PI_COMPARTIMENTACAO_E_DINAMICA_ATUAL>. Acesso em 09 ago. 2023.

LIMA, Silvia; LOPES, Wilza; FAÇANHA, Antonio. Alterações na Cobertura do Solo em Teresina, Piauí, Brasil. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 33, jul. 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sn/a/PCWjqGHTrk5z9K7vDyxHHNM/?format=pdf&lang=pt#:~:text=A%20cobertura%20vegetal%20perdida%2C%20entre,%2C58%25%20da%20%C3%A1rea%20urbana.>>. Acesso em 09. ago. 2023.

MCHARG, Ian. **Design with nature**. Filadélfia: The Falcon Press, 1969.

MONTEIRO, Adson; DINIZ, João Alberto; PAULA, Tiago; CORREIA FILHO, Francisco. Taxonomia hidrogeológica do estado do Piauí. **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Campinas: UNICAMP, 2016. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/17652/1/taxonomia_hidrogeologica_piaui.pdf>. Acesso em 09. Ago. 2023.

CENTRO DE INFORMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O BRASIL (UNIC). **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf>. Acesso em 09 ago. 2023.

SCHUTZER, José Guilherme. **Cidade e Meio Ambiente: A Apropriação do Relevo no Desenho Ambiental Urbano**. São Paulo: EDUSP, 2012.

TERESINA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina**. Teresina, PI: Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, 2013.