



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

FERNANDA DA SILVA DE ANDRADE MOREIRA

**ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE BELÉM, PARÁ:
ELEMENTOS PARA UMA SUSTENTABILIDADE URBANA.**

Belém - PA
Janeiro/2018

FERNANDA DA SILVA DE ANDRADE MOREIRA

**ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE BELÉM, PARÁ:
ELEMENTOS PARA UMA SUSTENTABILIDADE URBANA.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA – Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Física do Clima

Orientadora: Dr^a Maria Isabel Vitorino.

Belém - PA
Janeiro/2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPa

Moreira, Fernanda da Silva de Andrade, 1985-

Análise socioambiental do município de Belém, Pará: elementos para uma sustentabilidade urbana / Fernanda da Silva de Andrade Moreira. – 2018

137 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientadora: Maria Isabel Vitorino

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2018.

1. Desenvolvimento urbano sustentável - Belém (PA). 2. Urbanização – Belém - (PA). 3. Belém – Condições sociais. 4. Belém – Condições ambientais. I. Título.

CDD 22. ed.: 338.927098115

Elaborada por
Hélio Braga Martins
CRB-2/698

FERNANDA DA SILVA DE ANDRADE MOREIRA

**ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE BELÉM, PARÁ:
ELEMENTOS PARA UMA SUSTENTABILIDADE URBANA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 17/01/2018

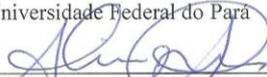
Banca Examinadora:



Prof. Maria Isabel Vitorino – Orientadora
Doutora em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Edson José Paulino da Rocha – Avaliador Interno
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Aline Maria Meiguins de Lima - Membro
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará



Prof. João de Athaydes Silva Júnior – Avaliador Externo
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará

*Dedico este trabalho a minha estrela,
Francelina, a minha fonte de inspiração,
meu pai Chiquito, e ao meu companheiro,
Rubens.*

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pelo dom da vida. A minha mãezinha linda, Ioná, agradeço por ser a pessoa que é, pelo amor, carinho e compreensão, eu te amo!!! Aos meu pais, Chiquito e Idalécio, meu muito obrigada por me tornarem parte dessa família que tanto amo e por todos os ensinamentos.

Ao meu amor, companheiro de vida, meu marido e eterno namorado, Rubens, muitíssimo obrigada! O caminho até aqui não foi fácil, foram escolhas difíceis, mas, juntos, somos melhores e vencemos as barreiras.

Aos meus irmãos, tios, tias, padrinho e ao meu primo Wedlas, muito obrigada! WJ as aulas de Arc Gis foram essenciais, você é um excelente professor.

Querido Lost, sem vocês não haveria o despertar da ciência... Em especial, agradeço aos sobreviventes, Jéssica Cristina “*trés cool*”, e Paulo, pelos debates, pela luz na hora do desespero, pelas correções de ABNT, somos uma equipe!!!!

Agradeço a professora Maria Isabel Vitorino, minha mãe do mestrado, pela orientação, pelo aprendizado acadêmico e de vida. A professora Ana Cláudia Cardoso, que me ensinou a olhar as cidades. Agradeço aos Professores Aline Meiguins e ao Professor Edson Rocha pela disponibilidade em ajudar na elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela concessão da bolsa de estudo.

RESUMO

Nos últimos séculos, o mundo presenciou um “progresso econômico” às custas da exploração dos recursos naturais e um expressivo crescimento urbano, quase sempre desordenado, formando cidades despreparadas, que não conseguem fazer uma gestão adequada e assim acolher o imenso contingente humano e absorver as demandas sociais, tornando suas populações vulneráveis. Na cidade de Belém, que é uma das grandes cidades da Amazônia, com mais de um milhão de habitantes, a população está sujeita a uma série de mazelas. O território é permeado por uma série de problemas, seja de ordem social, econômica e/ou ambiental, o que impede que a cidade concilie a relação homem-natureza e alcance a tão almejada sustentabilidade. Dessa forma, o presente trabalho objetivou mapear as condições sociais e ambientais do município de Belém, em uma escala macro, e uma análise comparativa de dois bairros da mancha urbana, Guamá e Nazaré, e a partir desse diagnóstico indicar metodologia de Planejamento Urbano, que compatibilize aquela relação. Os resultados apontaram condições ambientais e sociais precárias na cidade de Belém, principalmente na mancha urbana, que apresenta um espaço urbano marcado pela degradação. Essas condições inadequadas podem e devem ser tratadas a partir de Políticas Públicas que incorporem nas suas agendas a temática ambiental, incluindo a participação da sociedade para tomadas de decisões. Indo além, é preciso garantir aparatos para uma fiscalização efetiva de órgãos públicos, bem como, de todos os cidadãos.

Palavras-chave: Urbanização. Belém. Condições Socioambientais. Sustentabilidade Urbana.

ABSTRACT

In recent centuries, the world witnessed "economic progress" at the expense of the exploitation of natural resources and significant urban growth, almost always disorderly, forming unprepared cities that can not manage properly and thus welcome the huge human contingent and absorb the social demands, making their populations vulnerable. In the city of Belém, which is one of the great cities of the Amazon, with more than one million inhabitants, the population is subject to a series of ills. The territory is permeated by a series of problems, be it social, economic and / or environmental, which prevents the city from reconciling the human-nature relationship and reaching the long-awaited sustainability. Thus, the present work aimed to map the social and environmental conditions of the city of Belém, on a macro scale, and a comparative analysis of two neighborhoods of the urban spot, Guamá and Nazaré, and based on this diagnosis, indicate Urban Planning methodology, which make that relationship compatible. The results pointed to precarious environmental and social conditions in the city of Belém, especially in the urban spot, which presents an urban space marked by degradation. These inadequate conditions can and should be addressed through Public Policies that incorporate environmental issues into their agendas, including the participation of society in decision making. Going further, it is necessary to guarantee apparatuses for an effective inspection of public organs, as well as of all citizens.

Keywords: Urbanization. Belem. Socioenvironmental Conditions. Urban Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área de Estudo como a Divisão dos Distritos Administrativos do Município de Belém.....	42
Figura 2 - Imagem do LANDSAT 8 com os Distritos Administrativos (2015).....	43
Figura 3 - Classificação do NDVI com os Distritos Administrativos (2015).	49
Figura 4 - Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (2015).....	52
Figura 5 - Modelo Digital de Elevação com os Distritos Administrativos (2015).....	54
Figura 6 - Temperatura da Superfície, obtida a partir do LANDSAT 8, para o ano de 2015.	57
Figura 7 - Escoamento do Vento no Trimestre DJF (2015).	58
Figura 8 - Precipitação no Período Mais Chuvoso no Município de Belém (2015).	60
Figura 9 - Escoamento do Vento no Trimestre JJA (2015).....	61
Figura 10 - Precipitação no Período Menos Chuvoso no Município de Belém (2015).	62
Figura 11 - Mancha de Inundação com os Distritos Administrativos.	64
Figura 12 - Localização da Área de Estudo.....	77
Figura 13 - Concentração de Renda na Área de Estudo.	81
Figura 14 - Classificação do NDVI da Área de Estudo.....	83
Figura 15 - Bairro de Nazaré	83
Figura 16 - Bairro do Guamá.....	84
Figura 17 - Temperatura da Superfície obtida a partir do LANDSAT 8.....	86
Figura 18 - Modelo Digital de Elevação da Área de Estudo.	87
Figura 19 - Distribuição Mensal da Precipitação em Belém: Anomalia de 2015, Acumulado de 2015 e Normal Climatológica.	88
Figura 20 - Rosa dos Ventos para Belém de 0900 a 2100 UTC do ano de 2015.....	89
Figura 21 - Rosa dos Ventos para Belém de 2100 a 0900 UTC do ano de 2015.....	90
Figura 22 - Ciclo Diurno da Precipitação (mm) no Período Mais Chuvoso (2014/2015).	91
Figura 23 - Ciclo Diurno da Precipitação (mm) no Período Menos Chuvoso (2014/2015).	92
Figura 24 - Riscos de Inundação na Área de Estudo.....	93
Figura 25 - Tábuas de Maré para o Município de Belém em 2015.....	94
Figura 26 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Tucunduba	114
Figura 27 - Classificação do NDVI na Bacia Hidrográfica do Tucunduba.....	116

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Relação Nominal de Bairros e Ilhas dos Distritos Administrativos.....	41
Tabela 2 - Quantitativo da Classificação do NDVI nos Distritos Administrativos (2015).	50
Tabela 3 - Dados dos CENSOS 2000 e 2010 e Projeção Geométrica para 2015 nos Distritos Administrativos.....	51
Tabela 4 - Análise da Precipitação e Ilha de Calor Urbano em Cada Distrito Administrativo para 2015	66
Tabela 5 - Análise das Condições de Sustentabilidade para Cada Distrito no Ano de 2015.	66
Tabela 6 - Classes Sociais no Brasil.....	80
Tabela 7 - Quantitativo da Classificação na Área de Estudo.	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Urbanização	13
1.1.1 Aspectos da Urbanização da Cidade.....	13
1.1.2 Importância das Áreas Verdes para a Cidade	16
1.1.3 Caracterização Física e Morfologia Urbana de Belém	18
1.2 Aspectos climáticos	21
1.2.1 Características Climáticas Globais.....	21
1.2.2 Moduladores Climáticos	23
1.2.3 Balanço de Energia em Áreas Urbanas.....	24
1.3 Planejamento sustentável	27
1.3.1 Sustentabilidade Urbana	27
1.3.2 Planejamento Urbano	29
1.3.3 Metodologia da Trama Verde e Azul.....	32
1.4 Objetivos da Pesquisa	33
1.4.1 Objetivo I.....	33
1.4.2 Objetivo II.....	34
1.4.3 Objetivo III.....	34
1.5 Interdisciplinaridade	34
1.6 Estrutura da dissertação	34
2 ANÁLISE ESPACIAL DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA O MUNICÍPIO DE BELÉM, PARÁ	36
2.1 Introdução	37
2.2 Material e Métodos	40
2.1.1 Área de Estudo.....	40
2.1.2 Análise dos Dados Sociais e de Sensoriamento Remoto.....	43
2.3 Resultados e Discussões	48
2.3.1 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).....	48
2.3.2 Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH).....	50
2.3.3 Cotas Altimétricas.....	53
2.3.4 Temperatura da Superfície	55
2.3.5 Precipitação e Vento Horizontal	58
2.3.6 Mancha de Inundação	63

2.3.7	Condições de Sustentabilidade	65
2.4	Conclusões	66
3	CARACTERIZAÇÃO DA URBANIZAÇÃO E SEU IMPACTO NAS VARIÁVEIS FÍSICAS, ESTUDO DE CASO: GUAMÁ E NAZARÉ EM BELÉM, PARÁ	72
3.1	Introdução	73
3.2	Material e Métodos	76
3.2.1	Área de Estudo	76
3.2.2	Análise dos Dados Sociais e de Sensoriamento Remoto	77
3.3	Resultados e Discussões	80
3.3.1	Condições Sociais	80
3.3.2	Características da Cobertura da Superfície	81
3.3.3	Aspectos Físicos da Superfície e da Atmosfera	88
3.4	Conclusões	94
4	ELEMENTOS PARA UMA SUSTENTABILIDADE URBANA EM BELÉM, PARÁ: UM ENSAIO DA TRAMA VERDE E AZUL	99
4.1	Introdução	100
4.2	Processo de Urbanização das Cidades	101
4.3	Sustentabilidade Urbana	104
4.4	Planejamento Urbano Sustentável	108
4.5	Metodologia da Trama Verde e Azul	111
4.5.1	Conceitos e Aplicações	111
4.5.2	Análise Experimental para Belém	113
4.6	Conclusões	117
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS	122
5.1	Resultados Chaves: Impactos e Implicações	122
5.2	Prioridades para Pesquisas Futuras	124
5.3	Considerações Finais	124
	REFERÊNCIAS	126
	ANEXOS	132
	ANEXO A – RESUMO DO ARTIGO ENVIADO PARA PUBLICAÇÃO...	133
	ANEXO B – EMAIL COM ACEITE PARA PUBLICAÇÃO.	134

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos séculos, o desenvolvimento econômico decorrente da Revolução Industrial relativizou a degradação ambiental como um problema. Nesse processo, o meio ambiente era predominantemente visto como acessório do desenvolvimento e não como parte intrínseca dele. Não obstante a poluição e os impactos decorrentes desse desenvolvimento desordenado serem visíveis como contrapontos dos benefícios advindos com o progresso, tais problemas causados por estes impactos eram considerados como um preço a se pagar pelos avanços da humanidade, e os justificavam como um “mal necessário”.

Assim, o mundo presenciou esse “progresso econômico” às custas da exploração dos recursos naturais e um expressivo crescimento urbano, quase sempre desordenado, formando cidades despreparadas, que não conseguem acolher o imenso contingente humano e absorver as demandas sociais, tornando suas populações vulneráveis. Sendo, portanto, previsíveis consequências negativas tanto ambientais quanto sociais e econômicas.

Belém segue o mesmo padrão de urbanização, tardia e desordenada, impondo a população mudanças significativas nos elementos naturais, que compõem o território, como solo, temperatura, umidade, nebulosidade, mecanismos do vento, pluviosidade, flora e fauna, os quais, na maioria das vezes, são responsáveis pelas condições de conforto ambiental e social.

Orientada por essa transformação da paisagem este trabalho busca descortinar alguns dos problemas oriundos desse processo de urbanização na cidade de Belém e apontar métodos de planejamento urbano, que busque compatibilizar a relação homem-natureza, no intuito de minimizar os efeitos sociais e ambientais.

1.1 Urbanização

1.1.1 Aspectos da urbanização da Cidade

Durante muitos séculos, o homem e a natureza viveram relativamente de forma sustentável. A ação do homem era mais contida e não chegava a impedir a renovação dos recursos naturais. Segundo Viana, a concentração populacional não era um fato

preocupante e os recursos eram suficientes para a sobrevivência da humanidade (2006 apud ALVES, 2010).

Monte-Mór (2015) ressalta que ao final do século passado, as questões urbanas eram vistas como alheias e mesmo perniciosas para a questão ambiental e a natureza só aparecia como natureza produzida no seio das cidades, na forma de parques, praças e jardins. Impossível, parecia àquela época, pensar em uma articulação íntima do espaço urbano com o espaço natural. A natureza era restrita ao campo, ou às matas e florestas não ocupadas pelo homem civilizado. Como referência, estava a perspectiva de uma produção social do espaço humano inteiramente dominada pelo tecido urbano-industrial, moldando, equipando e organizando territórios à sua imagem.

No entanto, a partir do século XIX, o mundo presencia um novo modelo de civilização, sustentado na crescente industrialização e urbanização do espaço, o qual se impõe ao meio natural. Segundo Santos (1993), as cidades passam a ser entendidas como organizações estritamente humanas, nas quais o homem atua com toda a sua força e plenitude, transformando a natureza em função de suas necessidades. Com esse novo modelo há uma grande concentração de pessoas na cidade com transformações relevantes para as condições ambientais dessas cidades.

O processo de urbanização, em nível de Brasil, foi um reflexo das transformações estruturais de ordem política, econômica e social, pelas quais o país tem se desenvolvido, principalmente no início das décadas de 60 e 70, quando se iniciou um processo de ordenamento e integração social do país voltado à política de desenvolvimento econômico-social com base no crescimento das cidades.

Segundo Ribeiro (2008), esse processo no Brasil é singular, segundo demonstraram diversos autores, como os geógrafos Milton Santos (1990 e 1993) e Ana Fani Carlos (2001). Para o primeiro, esse processo é marcado pela aceleração e pelo ritmo intenso. A outra autora afirma que é produto da lógica especulativa, que resultou em vazios urbanos, concentração de áreas nobres em meio à pobreza e na ocupação de sítios urbanos indevidos, que se tornaram áreas de risco ambiental.

A ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis por população pobre é um fenômeno típico do padrão de urbanização incompleta das cidades brasileiras, que revela nuances ainda mais críticas quando observado no espaço de fronteira na periferia do capitalismo, como é o caso da Amazônia (MELO; CARDOSO, 2014). Aqui a situação se torna mais difícil, pois nas cidades Amazônicas, a precariedade é mais acentuada, com forte degradação ambiental, o que gera distorções na sua dimensão social.

Ainda no caso da Amazônia, conforme relata Cruz et al. (2011), nessa região, os índices de urbanização tiveram crescimento lento até os anos 1960, quando a situação se altera em função do desenvolvimento das telecomunicações, da infraestrutura rodoviária, do consumo e da maior amplitude no intercâmbio com as demais regiões do país, estimulado pela industrialização e pela modernização da economia e do Estado brasileiro.

Assim, a Amazônia tornou-se um espaço de expansão e projeção das relações capitalistas de produção. Pode-se dizer que a urbanização amazônica é uma decorrência do processo de industrialização verificado no país, no qual a fronteira econômica se coloca como uma necessidade de busca de recursos que atendam não só à dinâmica econômica mundial, como também à industrialização interna; ainda que a industrialização não seja, como no caso de Belém, o elemento propulsor direto da metropolização (TRINDADE JÚNIOR, 2016).

Para Cardoso e Ventura (2013) o paradoxo entre a Amazônia da floresta e seus assentamentos urbanos precários fica ainda mais evidente quando lembramos que não faz tanto tempo (antes da inserção econômica da região no país na década de 1960) predominavam nas cidades da região lógicas que hoje são consideradas portadoras de sustentabilidade e qualidade de vida.

O modo com que o processo de expansão urbana vem ocorrendo na Amazônia acentua ainda mais os problemas socioeconômicos e ambientais nas cidades. Percebe-se na formação do espaço uma forte presença de ocupações informais e irregulares, onde se articulam alto nível de desigualdade social e aprofundamento da segregação sócioespacial (FERNANDES et al., 2015).

Esse mesmo padrão é observado em Belém. Segundo Trindade Júnior. (2016), de 1960 a 1990 foram, aproximadamente, um milhão de pessoas que passaram a incrementar a dinâmica do espaço urbano de Belém. Num primeiro momento do processo de metropolização, grande parte desse contingente se concentrou nas áreas centrais da metrópole, em espaços sem infraestrutura e de péssima qualidade ambiental, as chamadas áreas de baixadas.

Em 2010, segundo dados do último censo demográfico realizado pelo IBGE, a população de Belém já era de aproximadamente 1.393.399 habitantes, sinalizando para uma explosão demográfica que traz como consequência o efeito de um crescimento desordenado, através da ocupação de locais impróprios para moradia (SANTOS; ROCHA, 2013). De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio

(PNAD), em 2016 o município de Belém apresenta uma população estimada 1.446.042 habitantes.

Como afirmado por Trindade Júnior. (2016), grande parte dessa população, concentra-se na parte continental da cidade, ocasionando a transformação da paisagem dentro do cenário urbano, modificando os elementos naturais, como solo, temperatura do ar e da superfície, umidade, nebulosidade, mecanismos do vento, pluviosidade, flora e fauna, os quais, na maioria das vezes, são responsáveis pelas condições de conforto ambiental. Nesse quadro de profundas mudanças, buscam-se novas formas de tratar o território.

1.1.2 Importância das Áreas Verdes para a Cidade

Os espaços urbanizados cada vez mais sofrem com as alterações causadas a partir de intervenções provocadas pelo homem, principalmente pela falta de planejamento da ocupação urbana adequada e ausência de áreas verdes. Grande parte desse problema ocorre pela substituição das áreas verdes por casas e prédios, ruas e avenidas e uma série de outras construções, que é tanto maior quanto mais se aproxima do centro das grandes cidades, fazendo aumentar significativamente a irradiação de calor para a atmosfera em comparação com as zonas periféricas ou rurais, onde, em geral, é maior a cobertura vegetal (SANTOS; ROCHA, 2013).

As primeiras reflexões que vem à mente, quando discorremos sobre áreas verdes referem-se à sua utilidade e até onde vai à abrangência do termo (LONDE; MENDES, 2014). Hardt (1994) conceitua áreas verdes urbanas como áreas livres da cidade, com características predominantemente naturais, sem levar em conta o porte da vegetação, são áreas onde predomina a permeabilidade, podendo haver vegetação predominantemente rasteira ou uma vasta cobertura arbórea.

Neste contexto, o sistema de áreas verdes é entendido como integrante do sistema de espaços livres. Esta ideia é sustentada também por Nucci (2008), que denomina as áreas verdes como um subsistema do sistema de espaços livres de construção, onde há predominância de áreas plantadas, cuja vegetação e solo permeável devem ocupar pelo menos 70% da área e ainda desempenhar função estética, ecológica e de lazer (LONDE; MENDES, 2014).

As áreas verdes são importantes para a qualidade ambiental das cidades, já que assumem um papel de equilíbrio entre o espaço modificado para o assentamento urbano

e o meio ambiente (LIMA; AMORIM, 2006). Essas áreas caracterizam, em última instância, a imagem da cidade, assumindo uma individualidade própria e desempenhando funções precisas.

A importância dessas áreas é tamanha, pois as mesmas garantem conforto térmico e minimizam as alterações no microclima, além de assumirem um papel fundamental de lazer e recreação para a população. Indo além, segundo vários autores, a vegetação urbana desempenha funções muito importantes nas cidades, não se restringindo a estética e paisagística, as quais valorizam a beleza no ambiente, mas vão além, apresentando as funções ecológica, social, educativa, estética, psicológica, cultural (RODRIGUES et al., 2014).

De acordo com Silva Júnior et al. (2013), vários estudos indicam a forte influência positiva da vegetação, tanto sobre o clima como sobre a qualidade do ar. Desta forma, as áreas verdes tendem a reduzir a temperatura do ar, amenizando o aquecimento excessivo do solo e das estruturas nele instaladas, pois equilibram as taxas de evapotranspiração e os níveis de vapor d'água na atmosfera próxima.

A ausência de arborização nas cidades reflete o agravamento da questão ambiental, pois à medida que as cidades se expandem e se apropriam demasiadamente dos recursos naturais, transformam o espaço natural, reduzindo a qualidade de vida da população ali residente. Ressalte-se, ainda, que a arborização das vias públicas serve como um filtro para atenuar ruídos, retenção de pó, reoxigenação do ar, além de oferecer sombra e a sensação de frescor.

No intuito de garantir o mínimo de áreas verdes dentro das cidades, diversas organizações internacionais criaram índices de cobertura vegetal ou de áreas verdes. A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) também faz recomendações para o índice de área verde. Ela preconiza um mínimo de 15 m²/habitante para que as áreas verdes públicas destinadas à recreação venham a cumprir plenamente suas funções social e ambiental de fornecer bem-estar, lazer, recreação, isolamento acústico e microclima, entre outros benefícios (LUCON et al., 2013).

Cabe observar que uma relação adequada entre área verde e população é importante, pois as áreas verdes minimizam os efeitos da impermeabilização e regulam o microclima, amenizando as altas temperaturas produzidas pela concentração de áreas edificadas ou pavimentadas (OLIVEIRA et al., 2013). Indo além, a supressão de áreas verdes intensifica o processo de inundação, pois retira a capacidade de infiltração, aliado a isso tem-se a pavimentação e construções nas cidades que impermeabilizam o solo.

Nesse contexto, nas últimas décadas a perda da cobertura vegetal vem apresentando uma mudança no meio físico da cidade de Belém, principalmente no que tange à área da primeira légua patrimonial. O trabalho de Rodrigues et al. (2014) aponta essa tendência quando da observação de dois bairros: Nazaré e Guamá.

Ressalte-se, por relevante que essa supressão de áreas verdes intensifica problemas socioambientais como: elevação na temperatura da superfície, aumento de riscos de alagamento e inundações, desconforto térmico entre outros. Esses efeitos são sentidos, na maioria dos casos, em maior escala pela população mais pobre, que moram em áreas mais suscetíveis e carecem de infraestruturas.

1.1.3 Caracterização Física e Morfologia Urbana de Belém

O município de Belém é capital do Estado do Pará, localizado na Região Norte do Brasil, sob as coordenadas geográficas 01°27' S e 48°28' W, ocupando uma área de aproximadamente 1.059, 406 km² (IBGE, 2010). A cidade é limitada, ao Norte pela Baía do Marajó, ao Nordeste pelo Município de Santo Antônio do Tauá, a Leste pelo Município de Santa Bárbara do Pará, a Sudeste pelos Municípios de Ananindeua e Benevides, ao Sul pelo Município de Acará, a Sudoeste pelo Município de Barcarena e a Oeste pelo Arquipélago do Marajó, apresentando proximidade com o litoral.

No que se refere ao clima, segundo Costa (2001), a cidade de Belém apresenta dois períodos bem distintos para as variáveis temperaturas do ar e precipitação. Esta apresenta um acumulado de precipitação anual de 2893 mm, com a caracterização de um período chuvoso, que compreende os meses de dezembro até maio, sendo o mês de março o que apresenta as maiores precipitações (436 mm/mês) e outra estação menos chuvosa, compreendendo os meses de junho a novembro, com o mês de novembro apresentando a característica de menor precipitação (112 mm). A temperatura média anual do ar é de 26,0°C, com máximas e mínimas variando entre 31,5 e 22,0°C durante o ano (BARBOSA et al., 2015).

Sobre o vento, Germano et al. (2017) afirmam que em Belém, não podemos observar o sinal da brisa terrestre, mas notamos a presença de um máximo secundário na direção do vento de NE, com ocorrência de 1500 a 0000 UTC, juntamente com uma diminuição da velocidade do vento durante o tempo deste máximo secundário. Isso pode estar associado à presença da brisa fluvial devido à proximidade com a Ilha do Marajó.

Belém se encontra em uma área bastante antropizada que cresce de maneira desordenada e como consequência disso, resta apenas 15% da cobertura vegetal original. A maior parte desses remanescentes que ainda existe na cidade, faz parte da Floresta Ombrófila Densa. Este tipo de vegetação se caracteriza como mata perenifólia, ou seja, sempre verde com dossel de até 50 metros, com árvores emergentes de até 40 metros de altura. Possui densa vegetação arbustiva, composta por samambaias, arborescentes, bromélias e palmeiras. As trepadeiras e orquídeas também são muito abundantes (PMB, 2014).

No que se refere à pedologia, o município apresenta os seguintes tipos de solo: latossolo amarelo, podzólicos, concrecionário laterítico e podzol hidromórfico (PMB, 2014). Quanto à hidrografia, pertence a Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas, e os principais rios são: rio Amazonas, rio Maguari e rio Guamá. Ressalte-se que a Bacia do Rio Amazonas apresenta uma área de drenagem total, superior a 5,8 milhões de km², dos quais 3,9 milhões no Brasil, e representa a maior bacia hidrográfica mundial (PMB, 2014). Destaque-se que a cidade é permeada de rios, canais e igarapés.

Historicamente as cidades na Amazônia localizam-se às margens dos rios e neste contexto a cidade de Belém não é diferente, a capital do Estado do Pará, é margeada pelo Rio Guamá e pela Baía do Guajará a uma altitude média de aproximadamente 10 m acima do nível do mar. Entretanto, segundo dados do Plano Diretor Urbano (PDU) de Belém, a concentração de grande parte da população ocorre onde à altitude da porção continental acha-se em áreas de cotas inferiores ou iguais a 4 metros, espaços tradicionalmente conhecidos por “baixadas”. Por esse motivo, estas áreas sofrem influência das bacias hidrográficas existentes no município, o que lhes impõem a condição de ocuparem terrenos alagados permanentemente, ou sujeitos a inundações periódicas (SANTOS; ROCHA, 2013).

Além dessa caracterização física, é relevante observar a morfologia urbana do município. Segundo Lamas, em seu livro *Morfologia urbana e o desenho da cidade*, a forma da cidade é resultante de fatores socioeconômicos, políticos e culturais e estuda a configuração e a estrutura exterior de um objeto, estuda as formas e seus fenômenos de origem (AMORIM; TANGARI, 2006).

Um estudo morfológico não se ocupa só com o processo de urbanização, ou seja, do conjunto de fenômenos sociais, econômicos e outros, motores da urbanização. Estes convergem na morfologia como explicação da produção da forma, mas não como objeto de estudo. Esse estudo deve, no entanto, ocupar-se dos elementos morfológicos da cidade

e da sua articulação entre si e com os lugares que constituem o espaço urbano (SALGUEIRO, 2010).

É importante ressaltar também que quando analisamos a forma urbana é fundamental falarmos dos elementos morfológicos do espaço urbano que são: solo, edificações, lotes, o quarteirão, fachada, os logradouros, o traço das ruas, a praça, o monumento, o mobiliário urbano e as áreas verdes (RODRIGUES et al., 2014).

Quando se analisa a morfologia urbana de Belém, Cardoso et al. (2016) afirmam que a cidade é polo de uma região metropolitana que articula características regionais e atributos típicos das metrópoles brasileiras. A face amazônica de Belém se revela na exuberância dos elementos naturais, devido à sua localização em uma das mais extensas regiões estuarinas do planeta, em área de planície, sob influência de grandes rios que circundam a cidade, mas também das inúmeras bacias de rios internos, com forte determinação sobre o sítio (composto por terras firmes e “baixadas” ou várzeas alagáveis) e sobre as formações de vegetação (tropical, de grande porte e de ocorrência em grandes massas), hoje visível nas cerca de quarenta ilhas que compõem a porção rural do município.

O processo de formação da porção continental de Belém sempre exigiu uma mediação do sítio físico, com etapas sucessivas de ocupação de cotas mais altas, seguidas por drenagem das áreas alagadas existentes nos interstícios entre as áreas ocupadas. Assim foram articulados os bairros da Cidade Velha e Campina no início do século XIX, através do aterro do Piri, ou os bairros do Reduto e Umarizal, após o aterro do igarapé das Almas, nos anos 1960. As áreas de baixada eram obstáculos à urbanização, e limitaram a implantação do plano de alinhamento que orientou a ocupação da Primeira Léguas Patrimonial da cidade às áreas altas. A ocupação da referida Léguas só foi concluída nos anos 1960, quando já tinha sido iniciado o processo de ocupação informal das baixadas, a verticalização das áreas mais nobres da cidade e a substituição dos fartos quintais por vilas nas áreas consolidadas. Um cinturão verde foi formado desde os anos 1940, limitando a Primeira Léguas, estabelecido a partir de usos institucionais diversos (áreas militares, UFPA, Embrapa, aeroportos, mananciais, etc.), que têm sido preservados até o presente, mas que já começam a sofrer ameaça de desaparecimento face à grande valorização da terra e à agressividade dos agentes imobiliários (CARDOSO et al., 2016).

1.2 Aspectos Climáticos

1.2.1 Características Climáticas Globais

Segundo Monteiro o clima urbano abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. As áreas urbanizadas produzem efeitos na atmosfera da camada intraurbana de uma região devido às diversas formas de uso e ocupação do solo e estrutura urbana (1976, apud ALVES, 2010). Entretanto, existe uma série de fatores que atuam e caracterizam o clima de uma dada região.

O clima de uma região é determinado por fatores, denominados controles climáticos, que atuam tanto na escala global como na regional. Os mais importantes são a circulação geral da atmosfera (CGA), a topografia local, a natureza da cobertura vegetal, o ciclo hidrológico e a influência de correntes oceânicas se a região for costeira. A CGA, que é uma consequência da distribuição latitudinal da energia solar e da distribuição assimétrica de continentes e oceanos, impõe as características gerais do clima regional (MOLION, 1987).

No Brasil, o clima não é determinado apenas pela quantidade de radiação solar incidente devido sua posição no globo - o país está localizado entre os trópicos de capricórnio e câncer sendo também cortado pela linha do equador - mas também pelo relevo, vegetação, sistemas meteorológicos atuantes interagindo. A própria ação do homem interfere nas variações climáticas e principalmente nas alterações na escala de tempo (CIRINO, 2017).

No que se refere à Amazônia, cabe ressaltar que nesta região os principais indutores do clima são a precipitação e a variação da atividade convectiva. De acordo com Marengo (2008), o ciclo hidrológico da Amazônia contribui de forma global para emissão de vapor de água na atmosfera e conseqüentemente na promoção das chuvas, esta exerce uma influência sobre o clima que vai além da interação entre a umidade atmosférica, precipitação e escoamento superficial.

Assim, vários estudos (FERREIRA et al., 2015; REBOITA et al., 2010; BARBOSA et al., 2015) apontam que a Amazônia exibe alta variabilidade espacial e temporal, com duas estações bem definidas: chuvosa e menos chuvosa. Evidencia-se claramente que os trimestres de junho, julho e agosto (JJA) e setembro, outubro e novembro (SON) compreendem os períodos sazonais com regime climático mais seco (ou menos chuvoso) sobre a maior parte da Amazônia. Por outro lado, os trimestres de dezembro, janeiro e

fevereiro (DJF) e março, abril e maio (MAM) caracterizam o regime climático mais úmido e chuvoso sobre a Amazônia (DE SOUZA et al., 2016).

Para o período seco ou menos chuvoso, De Souza e Ambrizzi evidenciaram a diminuição significativa no volume de precipitação durante o inverno (JJA), associado ao deslocamento aparente do sol para o Hemisfério Norte, quando passa a predominar o ramo descendente da circulação de Hadley sobre os trópicos do Brasil, inibindo assim a formação de nebulosidade convectiva e privando a Amazônia da ocorrência de chuva devido a sistemas de grande escala (DE SOUZA et al., 2016).

Essa alta variabilidade pluviométrica espacial é devido à manifestação conjunta ou não de diversos sistemas meteorológicos de escala local, meso, sinótica e grande escala, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) formada pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte e os ventos alísios do Hemisfério Sul (MOLION, 1987), linhas de instabilidade (COHEN et al., 1995), Sistema Convectivo de Mesoescala Circular (SCMC) (SODRÉ et al., 2015), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), ciclo El Niño / Oscilação do Sul (ENOS) no Oceano Pacífico (DE SOUZA et al., 2016; FERREIRA et al., 2015).

Num recorte menor, em nível de município, destaca-se em Belém, além da atuação de todos esses sistemas, a importância das circulações locais de brisa fluvial. Germano et al. (2017) observou na cidade a presença dessas circulações no quadrante NE/N, com tempo de ocorrência de 1200 a 0000 UTC. Essa circulação foi regularmente observada ao longo do ano. O ciclo diurno das chuvas é altamente influenciado pelas circulações da brisa, tendo seu máximo pronunciado quando ocorrem essas circulações (GERMANO et al., 2017).

De acordo com Kousky (1979), ao longo do ano (exceto em março), Belém recebe > 50% de suas chuvas no período de 1500 a 2100 UTC. Uma variação sazonal é evidente neste período com um mínimo de 48% em março e um máximo de 91% em setembro. Belém também mostra uma variação sazonal de precipitação no período 0900-1500 UTC. Durante janeiro a abril, Belém recebe um pouco mais de 25% neste período, enquanto menos de 10% é recebido durante os meses de junho a setembro.

Belém, por localizar-se próximo da linha do equador, onde há a maior disponibilidade de energia durante todo o ano, alimenta processos convectivos e sistemas meteorológicos de diferentes escalas. A precipitação média anual na Amazônia é em torno de, 2300 mm, com áreas de precipitação superior a 3000 mm, localizadas nos setores

oeste, noroeste e no litoral norte; nas sub-regiões entre estes máximos, há mínimos de 1600 mm (CIRINO, 2017).

1.2.2 Moduladores Climáticos

A Terra sempre passou por ciclos naturais de aquecimento e resfriamento, da mesma forma que períodos de intensa atividade geológica lançaram à superfície quantidades colossais de gases que formaram de tempos em tempos uma espécie de bolha gasosa sobre o planeta, criando um efeito estufa natural. Ocorre que, atualmente, a atividade industrial está afetando o clima terrestre na sua variação natural, o que sugere que a atividade humana é um fator determinante no aquecimento (MARENGO, 2007), bem como, na redução/aumento dos padrões de precipitação.

Como moduladores desses processos, cabe destacar o papel do El Niño-Oscilação do Sul (ENOS), que é um fenômeno de interação oceano-atmosfera, que ocorre no Oceano Pacífico tropical, e é considerado como a principal causa da variabilidade climática em diversas regiões do Globo (BERLATO et al., 2005). O ENOS possui duas fases: positiva (*El Niño*), que nos Trópicos ocasiona uma redução na precipitação e a negativa (*La Niña*), que provoca um aumento na precipitação.

El Niño e *La Niña* caracterizam-se pelo aquecimento/esfriamento das águas superficiais do oceano Pacífico Tropical Central e do Leste. O gradiente de pressão entre o Pacífico Central e do Oeste (chamado de “Oscilação Sul”) experimenta variações associadas ao aquecimento ou esfriamento do Pacífico Equatorial. (MARENGO, 2007).

Ressalte-se, conforme Marengo (2007) que *El Niño* e *La Niña* são oscilações normais, previsíveis das temperaturas da superfície do mar, nas quais o homem não pode interferir. São fenômenos naturais, variações normais do sistema climático da Terra, que existem há milhares de anos e continuarão existindo, entretanto, essas oscilações estão ocorrendo em frequências cada vez maiores e têm provocado sérias alterações, principalmente, nas cidades.

O ENOS altera as condições climáticas em diversas partes do mundo, com duração de 12 a 18 meses em média em intervalos de 2 a 7 anos com diferentes intensidades. Onde o *El Niño* inibe a formação de nuvens convectivas, diminuindo a precipitação sobre a região norte, podendo causar anomalias negativas de precipitação, estando associados com a estação menos chuvosa na Amazônia. E *La Niña* provoca a formação de nuvens convectivas, podendo aumentar os totais pluviométricos, e anomalias positivas, atuando

desta forma sobre a região norte do Brasil. Resultados de Batista et al. (2015) mostraram que o fenômeno El Niño afeta a estação chuvosa do ano posterior ao seu início, nas localidades do estado do Pará e adjacências. (CIRINO, 2017).

Outro modulador importante é o padrão dipolo do atlântico, que foi identificado por estudos realizados por Hastenrath e Heller (1977), através de análises observacionais e estatísticas, os quais mostraram um padrão de anomalias da TSM sobre o oceano Atlântico Tropical. Sendo a precipitação modulada a partir desses padrões anômalos de TSM no Oceano Atlântico Tropical Norte e Sul. Sendo sua configuração espacial representada por anomalias de TSM de sinais opostos sobre a Bacia Norte e Sul do Atlântico Tropical (SILVA, 2010). Esse padrão, assim como o ENOS, apresenta duas fases: a fria, caracterizada por águas mais frias no Atlântico Tropical Norte e mais quentes Atlântico Tropical Sul; e a quente, caracterizada por águas mais quentes no Atlântico Tropical Norte e mais frias no Atlântico Equatorial e Tropical Sul.

Segundo Marengo et al. (2008), o dipolo do atlântico acarreta em gradientes norte-sul de anomalias de TSM, estes afetam intensamente na posição latitudinal da ZCIT, modulando a distribuição sazonal de precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, na parte norte do nordeste do Brasil, até a parte central da Amazônia. Limberger e Silva (2016) reforçam, afirmando que o dipolo contribui para a ocorrência de anomalias de chuvas na região amazônica, especialmente durante o verão e outono austral, quando a ZCIT se encontra em sua posição mais ao sul.

De acordo com Silva (2010), é possível identificar as consequências das fases quente/fria para o leste da Amazônia e litoral norte brasileiro, os quais durante a fase positivo/negativa do dipolo apresentam diminuição/aumento dos índices pluviométricos, pois na fase quente/fria existem movimentos descendentes/ascendentes que inibem/favorecem a formação de nuvens naquelas regiões.

1.2.3 Balanço de Energia em Áreas Urbanas

Uma das alterações de balanço de energia mais sentidas nas áreas urbanas é a formação de ilhas de calor. As primeiras observações deste fenômeno datam do início do século XIX, quando Luke Howard, químico e meteorologista fez suas primeiras observações em Londres. Bem mais recente, a comunidade científica internacional, tem dado grande importância sobre o impacto que as megacidades produzem na atmosfera global, além dos efeitos no clima urbano em escala local e regional (MEIRELES, 2011).

De acordo com Oke (1987), as principais causas da formação da “ilha de calor” nas cidades são: o aumento da entrada de radiação de ondas longas, devido à absorção da mesma que sai e é reemitida pelos poluentes da atmosfera urbana; menores perdas de radiação de ondas longas nas ruas e centros urbanos, devido à redução do “fator de visão do céu” pelos prédios e edifícios; maior absorção da radiação de ondas curtas pela superfície urbana, devido ao efeito das construções no albedo; grande estocagem de calor durante o dia, devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos e grande emissão de radiação durante a noite; adição de calor antropogênico na área urbana, devido à utilização de aquecedores e refrigeradores, transportes e operações industriais; e menor evaporação, devido à retirada da vegetação e à diminuição de superfícies líquidas, o que diminui o fluxo de calor latente ou evapotranspiração e aumenta o fluxo de calor sensível.

A ilha de calor é o reflexo de mudanças microclimáticas em consequência de alterações da superfície urbana feita pelo homem. Tais mudanças estão relacionadas com as alterações do balanço de energia e de radiação que ocorrem na zona urbana como consequência da substituição de superfícies naturais por superfícies pavimentadas e construções (LANDSBERG, 1981). Assim, os grandes aglomerados urbanos, ao serem construídos criam um clima urbano, que por suas dinâmicas próprias, acabam gerando anomalias na temperatura do ar e da superfície e na umidade, tendo como as “ilhas de calor” (ilhas térmicas) o fenômeno mais representativo dessas modificações.

Um componente principal para entender tal fenômeno é o ciclo hidrológico. Segundo Molion (1987), ele não só é um componente do clima em si, mas também da paisagem biogeofísica. Sua influência no clima não se resume apenas às interações entre a umidade atmosférica, precipitação e escoamento superficial. Devem ser levados em conta, também, as grandes quantidades de energia que são absorvidas e liberadas durante os processos de mudança de fase sofridos pela substância água.

Nesse contexto, faz-se necessário um estudo do clima urbano. Na Região Amazônica esse tema é recente e apresenta atual relevância porque explica algumas das complexas mudanças ambientais envolvidas, destacando-se o conseqüente desequilíbrio físico dos sistemas solo-planta-atmosfera. Destacam-se a redução de índices de precipitação e umidade relativa do ar em contrapartida do aumento da radiação e temperatura do ar, induzidas pelo desmatamento e artificialização dos ambientes construídos (BARBOSA et al., 2015).

As alterações dos elementos meteorológicos em relação às atividades humanas devem ser abordadas em nível de escala. Portanto, considerando os níveis micro, meso e

macro climático, tornam-se fundamentais estudos para desvendar as conseqüentes interferências da ação do homem sobre o clima (COSTA et al., 2013). A habilidade de uma vila ou cidade para gerar uma ilha de calor urbano é agora um fato bem aceito. De fato, este é um dos efeitos climatológicos mais documentados da modificação do ambiente atmosférico pelo homem (OKE, 1973).

Vários fatores contribuem para o desenvolvimento de uma ilha de calor urbana. Um deles é a concentração relativamente alta de fontes de calor nas cidades. As propriedades térmicas dos materiais das construções urbanas também facilitam a condução de calor mais rapidamente que o solo e a vegetação das áreas rurais, contribuindo para um aumento no contraste de temperatura entre essas regiões. A perda de calor durante a noite, por radiação infravermelha para a atmosfera e para o espaço, é parcialmente compensada nas cidades pela liberação de calor das fontes antropogênicas, tais como veículos, indústrias e construções em geral (FREITAS, 2003).

Nos ambientes urbanos ocorre maior armazenamento de calor durante o dia, devido às propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construção urbana. Essas estruturas apresentam maior capacidade calorífica, o que proporciona uma maior absorção de energia durante os horários diurnos, liberando lentamente ao ambiente urbano esta energia, na forma de calor sensível. Este fenômeno é mais perceptível durante os horários noturnos, pois estão fisicamente mais aquecidos que a periferia urbana (OKE, 1987; COSTA; MATTOS, 1998; BARBOSA et al., 2015).

É possível explicar tal efeito nestes ambientes porque ocorre a redução do fluxo de calor latente devido ao aumento de superfícies impermeáveis e redução da vegetação e das águas superficiais (lagoas, lagos e rios). Aí também ocorre menor perda de calor sensível, causado pela redução da velocidade do vento originada por edificações. Além disso, ocorre simultânea adição de calor antropogênico pela utilização de aquecedores e refrigeradores, transporte e atividades industriais (BARBOSA et al., 2015).

A ilha de calor urbana pode contribuir, conforme Freitas (2003), tanto para um aumento na precipitação, através do aumento das correntes convectivas sobre o centro urbano, quanto servir de barreira originando uma bifurcação do escoamento em volta da área urbana, causando um déficit de precipitação sobre a cidade.

Em Belém, climaticamente, a temperatura média anual do ar é de 26,0°C, com máximas e mínimas variando entre 31,5 e 22,0°C durante o ano (INMET, 1992). Costa (2013, 2013a) e Silva Junior et al. (2012) observaram resultados semelhantes. Isto é, onde

há áreas mais vegetadas os valores médios de temperatura são relativamente menores do que áreas com intenso processo de urbanização (BARBOSA et al., 2015).

1.3 Planejamento Sustentável

1.3.1 Sustentabilidade Urbana

Desde a Revolução Industrial foram adotados modelos econômicos e produtivos baseados na exploração acentuada e ilimitada dos recursos naturais, que geraram elevados padrões de produção e consumo e o aumento dos processos de urbanização. Nesse período, o desenvolvimento econômico decorrente da Revolução Industrial impossibilitou que a degradação ambiental fosse considerada como um problema. O meio ambiente era predominantemente visto como acessório do desenvolvimento, e não como parte intrínseca dele.

Esses mesmos modelos e a crescente urbanização mundial geraram sérias degradações ambientais, como poluição do ar e dos recursos hídricos, produção excessiva de lixo e resíduos tóxicos, aquecimento global e redução da camada de ozônio, entre outros males ambientais, que ao longo do tempo comprometeram seriamente a biodiversidade do planeta (FERREIRA; MONTE-MÓR, 2012).

Em 1968, um grupo de discussão formado por cientistas, acadêmicos e empresários, que veio a ser conhecido como Clube de Roma, se reuniu para analisar os rumos que a sociedade capitalista tomaria em relação ao futuro. Em 1971, o grupo publicou um documento intitulado *Os limites do crescimento*, que analisava o ritmo de destruição dos recursos naturais do planeta, causado pela expansão das atividades econômicas. De posse desse relatório, a Organização das Nações Unidas (ONU), em 1972, realizou a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo, da qual o Brasil foi participante.

Foi então, a partir desse momento que o Brasil começou a se preocupar com a proteção do meio ambiente, o qual passou a ser entendido de forma mais ampla possível. Essa conferência é considerada um marco na discussão sobre questões ambientais, e objetivou discutir as “consequências socioambientais do frenético crescimento industrial das economias centrais e periféricas que estariam comprometendo a provisão de recursos naturais básicos às gerações futuras” (BECKER, 2010).

Em 1983 foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Comissão Brundtland, organismo independente da Organização das Nações Unidas (ONU). Em 1987, essa comissão divulga o Relatório Brundtland – *Nosso Futuro Comum*, nome pelo qual ficou conhecido – que proporcionou a generalização do debate sobre *desenvolvimento sustentável*, cuja definição oficial ficou conhecida como: “desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (FERREIRA; MONTE-MÓR, 2012).

Com novos aspectos da política ambiental sendo definidos no mundo, criou-se a necessidade de um novo pacto entre as nações, fato que culminou com uma nova conferência internacional, que foi denominada de Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), realizada no Rio de Janeiro, Brasil.

Seguindo essa linha, em 1992 Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), realizada no Rio de Janeiro, Brasil, em uma tentativa de reunir representantes de todos os países do mundo para discutir e divulgar a nova concepção de Desenvolvimento Sustentável que estava em voga, desde a publicação do *Relatório Brundtland*. Este evento fez com que o Brasil passasse a enfrentar a crise ambiental e ao mesmo tempo retomasse o desenvolvimento, fortalecendo a democracia e a estabilidade da economia. O problema do desenvolvimento deveria ser finalmente resolvido sob a ótica ambiental e socialmente sustentável, e para além, passava a observar a cidade em todos os seus desdobramentos, com a observância de ações que compatibilizasse o meio ambiente nas cidades.

Dessa conferência foi apresentado um documento, intitulado Agenda 21, com um conjunto de diretrizes norteadoras para se alcançar o desenvolvimento. Segundo Becker (2010), esse programa de ação para o meio ambiente e desenvolvimento, composto de 40 capítulos, representou uma tentativa abrangente de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

Nesse contexto, se firma a nova compreensão de desenvolvimento sustentável, agregando essas diversas dimensões, a partir de um enfoque interdisciplinar, ou até mesmo multidisciplinar. Como fruto passa-se a pensar de maneira mais contundente na sustentabilidade.

Sachs (1990) afirma que a sustentabilidade é um conceito dinâmico que leva em conta as necessidades das populações, as quais estão em constante expansão. Nesse

contexto, ganha força a noção de sustentabilidade urbana, com a articulação entre a questão urbana e a questão ambiental.

Resta claro, que a solução mais adequada para medir a sustentabilidade do desenvolvimento depende do método adotado, mas não garante sua perfeita mensuração. Nesse contexto, Silva et al. (2014) assevera que a cobrança por sistemas de indicadores adequados vem crescendo a cada dia, tendo em vista que as organizações e diversos atores sociais estão em constantes embates sobre o que devem medir e quais as tomadas de decisões adequadas a partir das informações provenientes do método adotado.

Segundo Le Tourneau et al. (2013), em geral há uma crítica aos indicadores, pois os sistemas tendem a tê-los de duas formas principais. Uma delas é reduzir a informação para alguns números, ou apenas um (como o PIB, ou o Índice de Desenvolvimento Humano). Outros tentam monitorar vários parâmetros ao mesmo tempo, apresentando-os como um painel. Isso permite compartilhar as informações em vários temas e apresenta uma visão mais complexa / detalhada da situação estudada. Dessa forma, os indicadores apontam dados quantitativos de uma determinada região.

Os estudos sobre o desenvolvimento do espaço urbano precisam ser viabilizados por mecanismos capazes de prever os impactos e dar novos cursos de ação que ofereçam opções sustentáveis, por meio de evidências que revelem, pelo monitoramento dos indicadores e das políticas públicas, tendências ou perspectivas futuras, mediante a definição de critérios de análise e de parâmetros de comparação. Assim, a cidade sustentável seria aquela que apresenta a capacidade adaptativa para ajustar seus fluxos materiais e de energias ante as pressões técnicas urbanas (MARTINS; CÂNDIDO, 2015).

1.3.2 Planejamento Urbano

É possível observar que, desde as pequenas cidades da Antiguidade até as megalópoles, nas quais há significativa concentração da população urbana, houve grandes transformações na sociedade e no estilo de vida. Na medida em que se percebe o crescimento exponencial da pobreza, há, no entanto, a crescente incapacidade dos governos em planejar, financiar e administrar suas cidades, aumentando os males sociais e as patologias urbanas, tais como violência, epidemias, entre outras. Dessa forma, um dos maiores obstáculos enfrentados pela sociedade diz respeito à crescente dificuldade em adequar as necessidades ao inevitável crescimento urbano (CANEPA, 2007 apud MARTINS; CÂNDIDO, 2015).

Novos conceitos, novos paradigmas, o planejamento urbano tem passado por um constante processo de revisão nas formas de se pensar e propor espaços para a cidade do século XXI. O grande crescimento urbano no cenário brasileiro, ocorrido a partir da década de 70, atraiu para os centros urbanos uma massa de pessoas em busca de emprego e melhores condições de vida. Por outro lado, o processo de mecanização e desenvolvimento das agroindústrias no campo intensifica o êxodo rural, instaurando no Brasil um cenário de grandes conflitos e contrastes nas diversas regiões de seu território (SILVA; WERLE, 2007).

De fato, as influências que se seguem no Brasil – e no mundo – a partir do século XX são extremamente variadas e múltiplas em seus princípios, ora privilegiando aspectos racionais da ação individual articulados com o sentido de progresso, como nas propostas de Le Corbusier, ora articulados com o resgate do sentido de comunidade e de cultura das cidades, como em Sitte e nas propostas de cidades-jardim de Ebenezer Howard. Além dessas duas correntes mais influentes, que Choay (2000) chamou ‘progressista’ e ‘culturalista’, outras podem ser identificados, como o ‘naturalismo’ norte-americano de Frank Lloyd Wright, herdeiro da tradição jeffersoniana, ou o ‘organicismo’ do biólogo Patrick Geddes (MONTE-MÓR, 2015).

No Brasil a condição periférica, sob a perspectiva do capital industrial, intensificou a degradação ambiental e a prática predatória no uso e ocupação do solo, o improvisado nas soluções de saneamento, impermeabilização de superfícies, priorização de soluções de transporte individual, entre outros problemas, essas manifestações nas cidades amazônicas negligenciaram clima e potenciais ambientais e paisagísticos dessa região de natureza exuberante (grandes rios, fortes chuvas, metabolismo acelerado da vegetação), e o papel da forma construída como elementos geradores de qualidade de vida (CARDOSO; GOMES; MELO, 2015).

Essa externalização do urbano foi tratada pela primeira como matéria constitucional na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 – CF/88. O seu artigo 18 preceitua que:

“Art. 18. A organização político-administrativa da República Federativa do Brasil compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, todos autônomos, nos termos desta Constituição”.

Reforçando essa ideia o art. 30, VII da CF/88 atribuiu aos municípios diversas competências:

“Art. 30. Compete aos Municípios:

I - legislar sobre assuntos de interesse local;

.....

VIII - promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano”.

Nesse contexto, o município ganhou autonomia, sendo capaz de definir seus próprios caminhos sobre a questão da política urbana, principalmente no que se refere a ocupação e uso do solo. Como chancela, em 10 de julho de 2001 entrou em vigor a Lei 10.257/01, conhecida como Estatuto da Cidade, tendo como objetivo formular diretrizes gerais de administração do ambiente urbano.

O Estatuto da Cidade salvaguarda o meio ambiente urbano justo, equilibrado e sustentável, estabelecendo que toda a atividade econômica deve ter especial planejamento por parte do administrador público, observando-se os limites de sustentabilidade ambiental. E sendo assim, nada impede que se questione o ônus de viver em comunidade, cabendo a cada indivíduo a sua quota parte em participar do processo de planejamento urbano, e ao administrador público sua obrigação em utilizar os instrumentos urbanísticos, econômicos, tributários e financeiros previstos em lei para atendimento das finalidades públicas, devendo esforçar-se da melhor e mais justa maneira possível para gerir as receitas a sua disposição (FIORILLO, 2002).

Para permitir a materialização das ações da política urbana, a Lei 10.257/01 estabeleceu:

“Art. 4º Para os fins desta Lei, serão utilizados, entre outros instrumentos:

.....

III – planejamento municipal, em especial:

a) plano diretor

.....

Art. 40. O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

§ 1º O plano diretor é parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas.

§ 2º O plano diretor deverá englobar o território do Município como um todo.

§ 3º A lei que instituir o plano diretor deverá ser revista, pelo menos, a cada dez anos”.

Dessa forma, o plano diretor, na letra da lei, é o instrumento motriz da política urbana municipal, devendo compatibilizar a mediação entre o desenvolvimento econômico e ambiental das cidades. No entanto, estudos apontam (MESTRE;

FONSECA, 2011; HONDA et al., 2015; PONTES et al., 2014) que o instrumento consagrado na legislação nacional não é capaz de garantir essa mediação. Assim, é preciso desenvolver modelos de sustentabilidade urbana capazes de alinhar a construção do espaço urbano com as questões ambientais.

1.3.3 Metodologia da Trama Verde e Azul.

Um método a ser adotado para o planejamento urbano que compatibiliza a relação homem-natureza é a Trama Verde e Azul. Esta foi inicialmente aplicada para requalificar uma região degradada pela atividade mineradora em Nord-Pas-de-Calais, na França, a partir dos anos 1990.

Segundo Cormier et al., (2010), embora o conceito de moldura verde (Trama Verde-Azul) aparecer como inovador com um pensamento ambiental urbano mais amigável, é parte da história do planejamento urbano há mais de um século. Na verdade, os modelos de continuidade e urbanização verde (através das noções de Parkway, cinto verde, cinto verde, etc.) mostram a visão higienista do início do século 20 e do desejo de controlar o desenvolvimento da cidade nos últimos trinta anos.

O conceito da trama nada mais é que o de incorporar e conectar unidades de conservação e complexos ambientais culturais, com o intuito de promover a biodiversidade, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental de uma determinada região, reforçando sua identidade cultural e paisagística e promovendo o acesso à natureza a seus habitantes. Dessa forma, criam-se oportunidades para o lazer, o turismo e a convivência, além de envolver a própria sociedade no processo.

Segundo Cormier et al (2010), esta noção é largamente desenvolvida por cientistas e planejadores, sendo internacionalmente conhecida sob o termo *Greenway*, incluindo os Estados Unidos (FABOS, 1995; AHERN, 1995; ZUBE 1995), Grã-Bretanha (TURNER, 2006), Itália (TOCCOLINI et al., 2006), Portugal (ANDRESEN et al., 2004) ou no Japão (ASAKAWA et al., 2004).

No Brasil, a presente metodologia serviu de norte para implantação do Macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MZ-RMBH) no ano de 2014, sendo pioneiro na implementação deste conceito de forma clara e institucionalizada.

Ao incorporar e conectar essas áreas, a trama estabelece-se, portanto, como um território de múltiplos usos e funções, articulando tanto objetivos de proteção

ambiental, como os de criação de oportunidade para múltiplos usos e diferentes níveis de acesso. Ao estabelecer essas diretrizes, há a integração entre o cotidiano da população, o patrimônio cultural e a preservação do meio ambiente físico. Além é claro, de analisar a situação local, medindo qualitativamente esses itens.

Os planejadores franceses começaram recentemente a incorporar estes aspectos no planejamento urbano como uma forma de promover o desenvolvimento urbano sustentável. Desde 2009, o termo foi introduzido oficialmente na Lei de 04 de agosto de 2009 chamada de "Grenelle 1", que define os pontos-chave da política do governo sobre questões de desenvolvimento ecológicas e sustentáveis para os próximos cinco anos. A lei considera que o cinturão verde é "feito com base em dados científicos, de áreas protegidas ao abrigo da legislação ambiental e garantindo seus territórios de conexão e o funcionamento global da biodiversidade". É, portanto, um conceito que pertence a um discurso político, baseando-se a relevância do território (floresta, campo, campos agrícolas, etc., dependendo do contexto de cada território). As funções atribuídas às redes verdes continuam a se multiplicar: Green (biodiversidade vegetal e animal, sumidouros de carbono), barreiras (de purificação de água, prevenção de riscos de inundação), identidades cênicas, recreativas e económicas (recursos de madeira, turismo) (CORMIER et al., 2010).

A comunidade científica tem definido a Trama Verde e Azul como "uma rede de espaços que contenham elementos lineares foi concebido, planejado e controlado para diferentes fins: ecológico, recreativas, culturais, estéticos ou de quaisquer outros efeitos compatíveis com o conceito de uso sustentável do território" (AHERN, 1995 apud CORMIER et. al 2010).

1.4 Objetivos da Pesquisa

O objetivo geral da pesquisa foi o de mapear as condições socioambientais do município de Belém e a partir desse diagnóstico indicar metodologia de Planejamento Urbano, que compatibilize a ocupação do território com a sustentabilidade, tendo como objetivos específicos

1.4.1 Objetivo I

Mapear e analisar as condições ambientais do município de Belém, Pará.

1.4.2 Objetivo II

Analisar comparativamente dois bairros da mancha urbana de Belém, Guamá e Nazaré, nos seus aspectos sociais e ambientais, demonstrando o processo de segregação.

1.4.3 Objetivo III

Apontar elementos para uma sustentabilidade urbana para Belém, com a sugestão de implantação da metodologia da Trama Verde e Azul

1.5 Interdisciplinaridade

A presente pesquisa tem como fator de interdisciplinaridade o diagnóstico das condições ambientais de Belém relativas à cobertura da superfície e os aspectos físicos da cobertura e da atmosfera, como análises de precipitação e da temperatura da superfície. Em um recorte macro, essas condições foram analisadas em todo o município a partir da divisão de Distritos Administrativos e em microescala, observou-se dois bairros da mancha urbana, Guamá e Nazaré.

Essa análise espacial serviu para apontar o reflexo daquelas condições na vida da população. Com esse diagnóstico, busca-se uma metodologia de planejamento urbano que compatibilize a relação ser humano-natureza, levando a cidade a um equilíbrio.

1.6 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo é uma introdução geral ao tema, composto pelos tópicos temáticos, que subsidiaram a fundamentação teórica, e pelos objetivos da pesquisa, geral e específicos.

O segundo capítulo apresenta uma análise das condições socioambientais para o município de Belém, Pará, tendo por objetivo mostrar a interdependência das variáveis físicas e sociais no ambiente urbano em uma relação de causa e efeito, impondo limites para a sustentabilidade da cidade, bem como, em última instância alteram a qualidade de vida da população. Parte deste capítulo foi aceito para publicação na Revista Papers do NAEA, Qualis B1 em Ciências Ambientais, em dezembro de 2017.

O terceiro capítulo faz uma análise mais detalhada, a partir da comparação de dois bairros com trajetórias opostas da mancha urbana de Belém, Guamá e Nazaré, nos

aspectos da urbanização e os dados sociais e ambientais, mostrando o círculo vicioso formado por essas variáveis, determinando uma configuração urbano-espacial marcada pela segregação.

O quarto capítulo faz um apanhado do processo de urbanização das cidades, passando pelo surgimento do conceito de sustentabilidade. E por fim, aponta uma proposta para o planejamento urbano de Belém: a Trama Verde e Azul, a qual é capaz de conectar unidades de conservação e complexos ambientais culturais, com o intuito de promover a biodiversidade, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental.

O quinto capítulo apresenta as considerações finais da dissertação, integrando os capítulos 2, 3 e 4, apresentados em forma de artigo. Discorre-se brevemente sobre os principais resultados e conclusões acerca das condições ambientais de Belém e da sua mancha urbana, bem como, aponta os principais desafios e sugestões para pesquisas futuras

2 ANÁLISE ESPACIAL DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA O MUNICÍPIO DE BELÉM, PARÁ¹

Resumo

O presente trabalho contribui com o estudo da relação entre urbanização, distribuição de áreas verdes, índice de cobertura vegetal por habitante, temperatura da superfície, precipitação, escoamento do vento, topografia e mancha de inundação na cidade de Belém, localizada na Amazônia. Foram analisados dados demográficos do IBGE e do CMORPH e imagem do LANDSAT 8 para quantificar aquelas variáveis. Os resultados indicaram que as áreas localizadas na primeira légua patrimonial, DABEL e DAGUA, têm as maiores taxas de solo exposto, 99,02% e 98,47%, os menores índices de cobertura vegetal por habitante, 0,79 m²/hab e 0,67 m²/hab, as temperaturas de superfície mais elevadas, na faixa de 30°C a 36°C, precipitação elevada, e se localizam nas cotas mais baixas do município e com maiores riscos de inundação e condições desfavoráveis a sustentabilidade. Por outro lado, os distritos DAMOS e DAOUT, apresentam, respectivamente, as melhores taxas de áreas verdes, 85,21% e 79,66%, apresentando os melhores índices de cobertura vegetal por habitante, 5.278,47 m²/hab e 1.910,01 m²/hab, as temperaturas de superfície mais amenas, na faixa de 20°C a 26°C, precipitação dentro do esperado para área e se localizam nas cotas mais altas do município e menores riscos de inundação, além de apresentarem condições favoráveis a sustentabilidade. A compreensão da combinação do espaço urbano com as variáveis ambientais é de fundamental importância, pois provoca uma discussão acerca de um projeto de planejamento adequado para esta realidade de valorização do ambiente natural e, de uma mudança na qualidade ambiental.

Palavras-chave: Áreas verdes. Variáveis Climáticas. Urbanização. Amazônia.

Abstract

The present work contributes to the study of the relationship between urbanization, distribution of green areas, vegetation cover index per inhabitant, surface temperature, precipitation, wind flow, topography and flood spot in the city of Belém, located in the Amazon. Demographic data from IBGE and CMORPH and LANDSAT 8 images were

¹Parte deste capítulo foi aceito para publicação na **Revista Papers do NAEA**, Qualis B1 em Ciências Ambientais, em Dez/2017.

analyzed to quantify those variables. The results indicated that the areas located in the first heritage league, DABEL and DAGUA, have the highest soil exposure rates, 99.02% and 98.47%, the lowest vegetation cover per inhabitant, 0.79 m² / inhab. 0.67 m² / inhab, the highest surface temperatures, in the range of 30°C to 36°C, high precipitation, and are located in the lowest levels of the municipality and with greater flood risks and unfavorable sustainability conditions. On the other hand, the DAMOS and DAOUT districts, respectively, present the best rates of green areas, 85.21% and 79.66%, with the best plant cover rates per inhabitant, 5,278.47 m² / inhab and 1,910, 01 m² / hab, the milder surface temperatures, in the range of 20°C to 26°C, precipitation within the expected area and are located in the highest levels of the municipality and lower flood risks, in addition to presenting conditions favorable to sustainability. The understanding of the combination of urban space with environmental variables is of fundamental importance, as it causes a discussion about a planning project adequate for this reality of appreciation of the natural environment and a change in environmental quality.

Keywords: Green areas. Climatic Variables. Urbanization. Amazon.

2.1 Introdução

Antigamente, as questões urbanas eram vistas como alheias e mesmo perniciosas para a questão ambiental e a natureza só aparecia como natureza produzida no seio das cidades, na forma de parques, praças e jardins. Impossível, parecia àquela época, pensar em uma articulação íntima do espaço urbano com o espaço natural. A natureza era restrita ao campo, ou às matas e florestas não ocupadas pelo homem civilizado. Como referência, estava a perspectiva de uma produção social do espaço humano inteiramente dominada pelo tecido urbano-industrial, moldando, equipando e organizando territórios à sua imagem (MONTE-MÓR, 2015).

No entanto, a partir do século XIX, o mundo presencia um novo modelo de civilização, sustentado na crescente industrialização e urbanização do espaço, o qual se impõe ao meio natural. Segundo Santos (1993), as cidades passam a ser entendidas como organizações estritamente humanas, nas quais o homem atua com toda a sua força e plenitude, transformando a natureza em função de suas necessidades. Com esse novo modelo há uma grande concentração de pessoas na cidade, ocasionando transformações ambientais, sociais e econômicas nesses espaços.

A urbanização desordenada agrava o quadro de exclusão social, aumenta a violência e tem impactado o ambiente, trazendo como consequências as enchentes, os deslizamentos, as erosões e outras situações que geram prejuízos humanos e materiais e que colocam em risco vidas humanas (RIBEIRO et al., 2011).

No caso da Amazônia, os índices de urbanização tiveram crescimento lento até os anos 1960, quando a situação se altera em função do desenvolvimento das telecomunicações, da infraestrutura rodoviária, do consumo e da maior amplitude no intercâmbio com as demais regiões do país, estimulado pela industrialização e pela modernização da economia e do Estado brasileiro (CRUZ et al., 2011).

Esse mesmo padrão foi observado em Belém, em 2010, segundo dados do último censo demográfico realizado pelo IBGE, a população de Belém já era de aproximadamente 1.393.399 habitantes, sinalizando para uma explosão demográfica que traz como consequência o efeito de um crescimento desordenado (SANTOS; ROCHA, 2013). De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), em 2016 o município de Belém apresenta uma população estimada 1.446.042 habitantes.

Paralelo, cabe destacar que a cidade é margeada por rios, o que impõe uma dinâmica peculiar ao espaço. Cardoso et al. (2016) asseveram que o processo de formação da porção continental de Belém sempre exigiu uma mediação do sítio físico, com etapas sucessivas de ocupação de cotas mais altas, seguidas por drenagem das áreas alagadas existentes nos interstícios entre as áreas ocupadas.

Dessa forma, a cidade está despreparada para acolher o imenso contingente humano e absorver as demandas sociais, restando por serem previsíveis consequências negativas tanto ambientais quanto sociais. Acompanhando essa lógica a população de baixa renda cada vez mais é empurrada para a periferia das cidades ou para localidades menos atrativas, principalmente para lugares de topografia e condições geológicas menos vantajosas ou com restrições ambientais para uma regular ocupação.

Paralelo a essa ocupação desordenada, é preciso levar em conta os aspectos físicos do município. A precipitação média anual na Amazônia, e em Belém, é em torno de, 2300 mm, com áreas de precipitação superior a 3000 mm, localizadas nos setores oeste, noroeste e no litoral norte; nas sub-regiões entre estes máximos, há mínimos de 1600 mm (FIGUEROA; NOBRE, 1990 apud CIRINO, 2017). Ressalte-se que o ciclo diurno das chuvas é altamente influenciado pelas circulações da brisa, tendo seu máximo pronunciado quando ocorrem essas circulações (GERMANO, 2017).

O processo de ocupação urbana, aliado a falta de planejamento de urbanização das cidades, tem como consequências: alterações no balanço de energia e alteração dos níveis de conforto urbano (elevação da temperatura e redução da umidade relativa). Além desses aspectos, o processo de urbanização impermeabiliza o solo proporcionando o aumento dos problemas relacionados às inundações que frequentemente afetam a população dessas áreas, tornando inevitável seu sofrimento por conta da perda de seus bens materiais e o aumento do risco de contaminação por doenças veiculadas por meios hídricos (SANTOS; ROCHA, 2013).

A proximidade com a linha do equador faz com que a cidade receba maior incidência de radiação solar, tanto que a temperatura média anual do ar é de 26,0°C, com máximas e mínimas variando entre 31,5 e 22,0°C durante o ano (BARBOSA et al., 2015). Entretanto, devida à intensa ocupação do território, há alterações significativas de balanço de energia nas áreas urbanas, como a formação de ilhas de calor.

A ilha de calor urbana pode contribuir, conforme Freitas (2003), tanto para um aumento na precipitação, através do aumento das correntes convectivas sobre o centro urbano, quanto servir de barreira originando uma bifurcação do escoamento em volta da área urbana, causando um déficit de precipitação sobre a cidade.

A junção desses aspectos faz com que Belém apresente perda da cobertura vegetal com mudanças no meio físico da cidade (RODRIGUES et al. 2014), ocasionando aumento de temperatura (COSTA; MATTOS, 1998; SILVA JÚNIOR et al., 2013; BARBOSA et al., 2015), aumento na precipitação, por conta da formação de ilhas de calor urbano, e consequente riscos de inundações e alagamentos (SANTOS; ROCHA, 2013).

Orientada por essa transformação da paisagem dentro do cenário urbano que modifica os elementos naturais, como solo, temperatura, umidade, nebulosidade, mecanismos do vento, pluviosidade, flora e fauna, a presente pesquisa teve como objetivo mapear o município de Belém nos seguintes aspectos: urbanização, distribuição de áreas verdes, índice de cobertura vegetal por habitante, temperatura da superfície, precipitação, escoamento do vento, cotas altimétricas e mancha de inundação. Feito esse levantamento, buscou-se mostrar como uma variável depende da outra em uma relação de causa e efeito, impondo limites para a sustentabilidade de Belém, bem como, em última instância alteram a qualidade de vida da população.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Área de Estudo

A área de estudo é a cidade de Belém, capital do estado do Pará, localizada sob as coordenadas geográficas 01°27' S e 48°28' W, e segundo dados do IBGE, a população estimada para o município em 2016 é de 1.446.042 habitantes (PNAD), distribuídos num território de 1.065km². Segundo dados da CODEM (Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém - 2005), o município de Belém, considerando a porção insular e continental, está dividido em oito Distritos Administrativos, englobando 39 ilhas e 71 bairros.

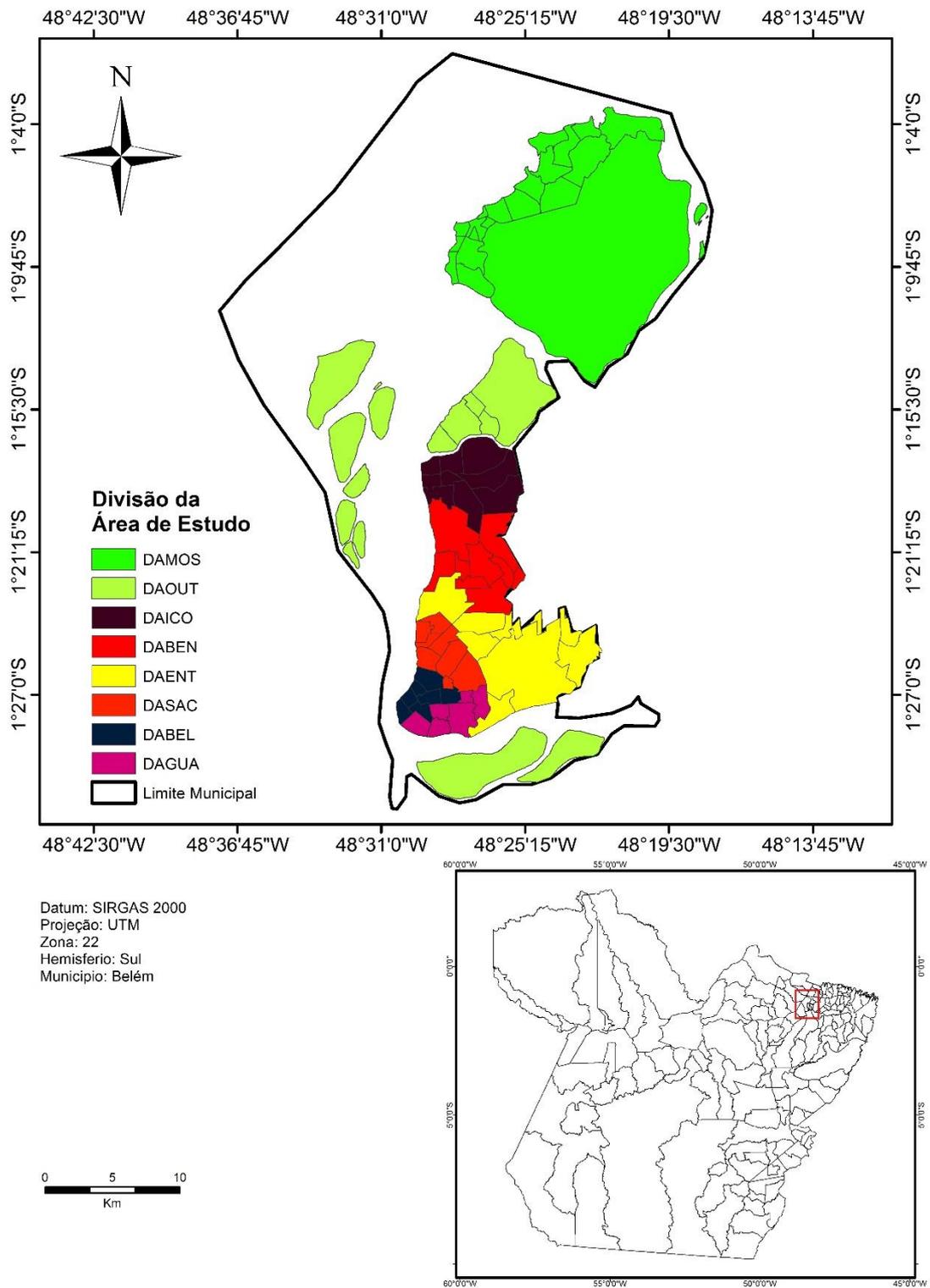
Para este trabalho foi utilizada essa mesma divisão, no entanto, pequenos ajustes foram necessários, pois para mensurar a quantidade de áreas verdes, foram utilizados bairros inteiros, não se admitindo que o mesmo bairro pertencesse a dois distritos. Outro ponto importante seguido foi a escolha de incorporar as ilhas, que não pertencem ao distrito de Mosqueiro, no Distrito de Outeiro. Ressalte-se, porém, que essa divisão agregada apresenta limitações, pois consegue nos mostrar apenas uma visão geral e ampla do município, sem levar em conta as especificidades de cada área. A Tabela 1 apresenta os bairros que compõem cada distrito e a Figura 1 mostra a sua posição geográfica.

Tabela 1 - Relação Nominal de Bairros e Ilhas dos Distritos Administrativos.

Distritos Administrativos	Bairros	Ilhas
DAMOS	Maracajá, Vila, Mangueiras, Praia Grande, Aeroporto, Farol, Chapéu Virado, Natal do Murubira, Porto Arthur, Murubira, Ariramba, São Francisco, Bonfim, Carananduba, Marahu, Caruara, Paraíso, Sucurijuquara e Baía do Sol	São Pedro, Maracujá, Pombas, Papagaio, Canuari, Conceição, Maruim I, Maruim II e 04 ilhas sem denominação.
DAOUT	Água Boa, Brasília, São João do Outeiro e Itaiteua.	Santa Cruz, Jutuba, Coroinha/Nova, Croinha, Urubuoca/Paquetá-Açu, Cotijuba, Itatuoca, Urubuoca/Papagaios/Jararaca, Barra/Patos/Jararaquinha, Redonda/Jararaca/Longa, Patos/Nova/Mirim, Cruzador, Fortinho, Fortim/Barra, Cintra/Maracujá, Marineira/Combu, Murutura/Murutucu, Paulo da Cunha/Grande, Poticarvônia/Ilhinha, Negra, Viçosa e 06 ilhas sem denominação.
DAICO	Cruzeiro, Ponta Grossa, Maracacuera, Campina de Icoaraci, Águas Negras, Agulha, Paracuri, Parque Guajará e Tenoné	
DABEN	Tapanã, Coqueiro, Pratinha, São Clemente, Parque Verde, Benguí, Cabanagem, Una e Mangueirão	
DAENT	Val-de-Cães, Souza, Castanheira, Guanabara, Águas Lindas, Aurá, Universitário, Curió-Utinga e Marambaia.	
DASAC	Sacramenta, Maracangalha, Miramar, Barreiro, Telégrafo, Pedreira, Fátima e Marco.	
DABEL	Reduto, Campina, Nazaré, Umarizal, São Brás, Batista Campos e Cidade Velha	
DAGUA	Montese (Terra Firme), Condor, Jurunas, Cremação, Guamá e Canudos.	

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Belém (2011).

Figura 1 - Área de Estudo como a Divisão dos Distritos Administrativos do Município de Belém.



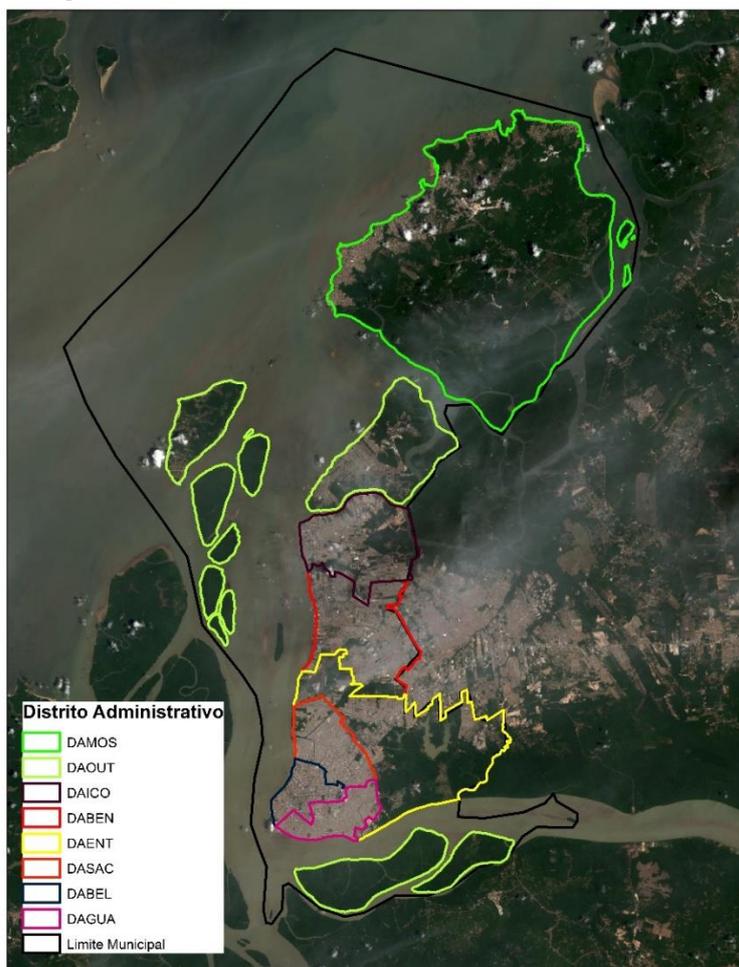
Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Belém (2011).

2.2.2 Análise dos Dados Sociais e de Sensoriamento Remoto.

Foi utilizada uma base georreferenciada, a partir de dados e informações cartográficas e de sensoriamento remoto, que foram processados com o suporte do software Quantum Gis (QGIS). A imagem de satélite usada foi do LANDSAT 8 (Figura 2) do dia de 22 de outubro de 2015 com resolução espacial de 30 metros, a qual é muito ampla, não sendo capaz de detectar, por exemplo, a presença de árvores em avenidas. O que se apresenta como limitação para um estudo mais detalhado e refinado.

Está disponível no site do Serviço de Levantamento Geológico dos Estados Unidos – USGS no formato geotiff nas bandas azul (blue), vermelho (red), verde (green), infravermelho próximo (NIR) e na composição vermelho-verde-azul (RGB); foi plotada com a divisão administrativa do município (Figura 2), na qual se percebe a urbanização consolidada da região central de Belém (DABEL, DASAC e DAGUA), bem como a área de expansão situada no entorno da Augusto Montenegro (DABEN).

Figura 2 - Imagem do LANDSAT 8 com os Distritos Administrativos (2015).



Fonte: USGS (2015)

Na análise de áreas verdes usou-se as bandas 4 e 5 para gerar o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que segundo Velasco et al. (2007) consiste em uma equação que tem como variáveis as bandas do vermelho e infravermelho próximo, como se segue na equação 1:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

Onde: IVP: valor da reflectância da banda no Infravermelho próximo; V: valor de reflectância da banda no vermelho.

A correção de ajustes de imagens foi feita por meio do software Quantum Gis (QGIS), que permitiu visualizar e classificar os elementos urbanos. Desse ajuste foi então gerado o NDVI, que é um índice muito utilizado, pois, reduz o efeito topográfico e apresenta uma escala de medida linear entre -1 e 1.

A partir da imagem raster, foi possível convertê-la em shapefile, tipo polígono, para assim quantificar, em quilômetros quadrados, a cobertura de água, solo exposto e vegetal do município. Segundo Pereira et al. (2010), o índice de áreas verdes é aquele que expressa a quantidade de espaços livres de uso público, em km² ou m², pela quantidade de habitantes que vivem em uma determinada cidade. Entendem-se aqui áreas verdes como sinônimo de cobertura vegetal. Seguindo essa linha, para o presente trabalho, pode-se extrair a quantidade de áreas verdes por distrito, gerando assim o índice de cobertura vegetal por habitante (ICVH), expresso pela seguinte equação 2:

$$ICVH = \frac{\sum \text{das áreas verdes}}{n^{\circ} \text{ de habitantes}} \quad (2)$$

No entanto, para se chegar ao índice de Cobertura Vegetal por Habitante para o ano da imagem de satélite, 2015, foi necessário fazer uma projeção da população para cada distrito. Para tal se aplicou o método de projeção geométrica, que consiste em estimar o crescimento populacional em função da população existente a cada instante (HELLER; PÁDUA, 2010). Os dados de população utilizados foram do CENSO 2000 (P₀ e t₀) e do CENSO 2010 (P₁ e t₁), gerando o coeficiente geométrico (equação 3).

$$Kg = \frac{\ln P_1 - \ln P_0}{t_1 - t_0} \quad (3)$$

Em que: Kg: Coeficiente geométrico; $\ln P_1$: Log Natural da População final (hab); $\ln P_0$: Log Natural da População inicial (hab); t1: Tempo final; t0: Tempo inicial.

Achado o valor do coeficiente, o substituímos na equação 4 para se chegar ao valor estimado da população.

$$P_t = P_0 \times e^{Kg \times (t-t_0)} \quad (4)$$

Onde: Pt: População total (hab); P0: População inicial (hab); Kg: Coeficiente geométrico; t: Ano para projeção; t0: Tempo inicial.

Na análise de temperatura da superfície usou-se a banda 10 da imagem do LANDSAT 8 (Figura 2). Segundo Coelho e Correa (2013), a organização e tratamento do dado raster iniciou-se com o recorte da imagem infravermelha termal (banda 10) na área desejada seguido do uso dos parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin, fundamentados nas equações 5 e 6.

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (5)$$

Onde: L_λ : Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μ m); M_L : Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04; A_L : Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000; Q_{cal} : Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

Conforme exposto, após a transformação dos valores em radiância da equação 2.5 aplicou-se a equação 2.6 com a finalidade de transformar os valores obtidos na primeira, em temperatura de valor em Kelvin, a qual será subtraída pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C) (COELHO; CORREA, 2013):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (6)$$

Em que: T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K_2 : Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K); K_1 : Constante de calibração 1 = 774.89 (K); L_λ : Radiância espectral em Watts/(m² sr μ m).

Para a análise do relevo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), tendo como base a imagem do dia 23 de setembro de 2014 do LANDSAT 8 disponível no USGS partir de uma cena SRTM 1 Arc-Second Global. A área de estudo foi recortada com suporte do software Quantum Gis (QGIS). Segundo Andrade (2008) essa técnica é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real.

O Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) é uma missão da NASA (National Aeronautics and Space Administration) e NIMA (National Imagery and Mapping Agency), com parceria das agências espaciais da Alemanha DLR (Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt) e da Itália a ASI (Agenzia Spaziale Italiana). Os arquivos MDE (modelos digitais de elevação), gerados a partir de radar, tem resolução 30x30 metros (FERREIRA et al., 2011).

Para análise da precipitação foi usada a técnica desenvolvida por Joyce et al. (2004) do CMORPH (Center Morphing Technique), a qual consiste na estimativa de precipitação realizada por meio de sensoriamento remoto e se baseia em uma associação de informações derivadas de vários sensores a bordo de satélites, captando informações de microondas para estimar a chuva.

A técnica utiliza as imagens dos satélites meteorológicos Meteosat e GOES no canal do infravermelho como entrada para modelos físicos e matemáticos e posterior conversão em taxa de precipitação. Análogo às estimativas de chuva proporcionada pelos radares meteorológicos. O método CMORPH possui uma resolução espacial de 8 km e temporal de 30 minutos (JOYCE et al., 2004).

O dado de chuva estimado por satélite é disponibilizado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP) da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (ARAÚJO; GUETTER, 2007). Esses dados foram baixados em formato binário e processados com o suporte do software OpenGRADS (DOTY, 1992). Para o estudo em questão os dados utilizados foram do ano de 2015, ressalte-se, por relevante, que os mapas sazonais apresentam escalas de cores diferentes para um mesmo valor, isso decorre dos diferentes quantitativos observados nesse período.

Para a análise de dados de vento foi incluído o conjunto de dados de reanálises do *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) do NCEP com resolução espacial e temporal

de 0,5° x 0,5° e de 6 horas, respectivamente (VARGAS JÚNIOR, 2015). Segundo Quadro et al. (2012) esses dados foram desenvolvidos para simular a condição do domínio acoplado do sistema oceano-atmosfera-terra e gelo da superfície do mar, com alta resolução. Para o estudo em questão os dados utilizados foram do ano de 2015 em uma distância de 1000 HPa da superfície. Os dados foram baixados em formato binário e processados com o suporte do software OpenGRADS (DOTY, 1992).

A mancha de inundação foi gerada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2017) e está disponível no seu site através das Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. O dado foi tratado com suporte do software Quantum Gis (QGIS).

Para determinar as condições de sustentabilidade foi criado um quadro geral analisando cada um dos parâmetros ambientais, se esses trazem efeitos positivos para a qualidade de vida da população, sinal (+), se geram efeitos negativos, sinal (-). No entanto, antes dessa análise precisa-se verificar o efeito da precipitação, enquanto parâmetro. Assim, fez-se uma média para cada trimestre em cada distrito. Dessa forma, todos os distritos que tiveram o acumulado superior à média receberam o símbolo (↑) e os com o acumulado baixo da média receberam o símbolo (↓). No final foi feita uma análise para determinar se a anomalia era positiva (↑) ou negativa (↓).

Ressalte-se, entretanto, que para determinar o efeito da precipitação sobre a área, fez-se uma análise dos pontos em que há formação de ilha de calor urbano (ICU), de acordo com a combinação dos resultados do NDVI e da temperatura da superfície. Assim, foram geradas três combinações de dados: pontos com alta precipitação e sem formação de ICU (+); pontos com baixa precipitação e sem formação de ICU (-); pontos com alta precipitação e com formação de ICU (+).

Analisado os parâmetros determinou-se que as condições ambientais são favoráveis (F) ou desfavoráveis (D) para a sustentabilidade urbana, assim se o distrito apresentar mais efeitos positivos (+) é favorável e se apresentar menos é desfavorável (-). Ressalta-se que essa análise é qualitativa e leva em consideração a variabilidade espacial, ainda que use parâmetros quantitativos.

2.3 Resultados e Discussões

2.3.1 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI (Figura 3) para o município de Belém revelou altos índices de urbanização em grande parte dos distritos, dos quais apenas três apresentaram taxas de áreas verdes superior as de solo exposto.

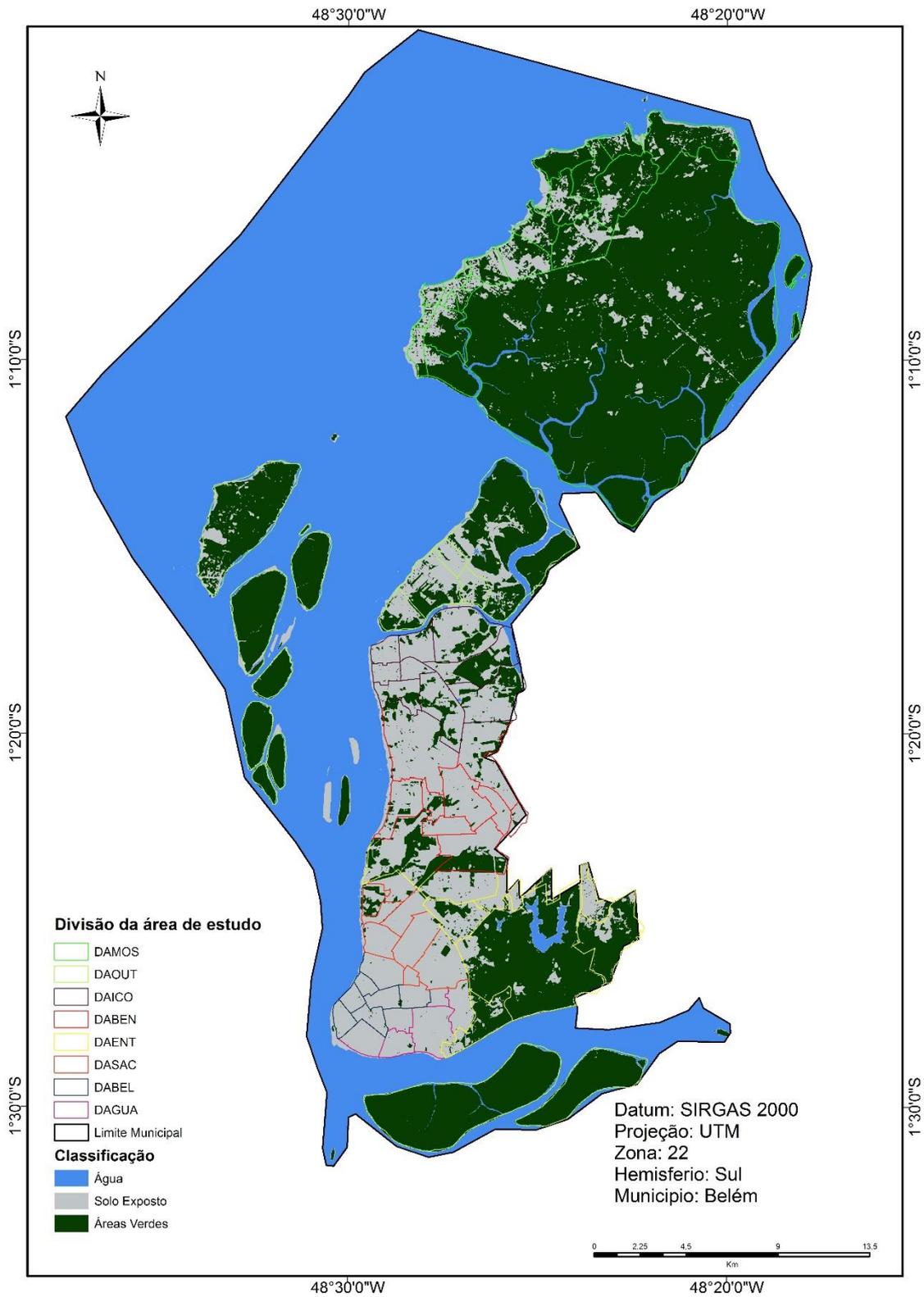
Em situações críticas (Tabela 2), nos quais mais de 80% da sua área total corresponde a solo exposto, encontram-se os distritos de DASAC, 91,84%, DABEL, 99,02%, DAGUA, 98,47%, distritos localizados na primeira légua patrimonial, área de surgimento da cidade, e DABEN, 85,27%, localizado no entorno da Rodovia Augusto Montenegro, zona de expansão da cidade. Nesses distritos houve e ainda há uma intensa supressão da cobertura vegetal.

Isso se reflete nas análises, as quais demonstram que nos distritos de DABEL e DAGUA, além de apresentarem altas taxas de solo exposto, apresentam respectivamente 0,87% e 1,53% de áreas verdes, ocasionando alterações no meio físico e conseqüentemente na sustentabilidade da cidade e na qualidade de vida da população. Os distritos de DASAC e DABEN têm grande parte da sua área de solo exposto, no entanto ainda apresentam, respectivamente, 8,16% e 14,73% de áreas verdes, o que lhes conferem um melhor conforto ambiental em relação àqueles.

O distrito de DAICO apresenta 70,47% da sua área como solo exposto e 26,85% de áreas verdes. No que diz respeito aos índices de áreas verdes adequados, estima-se que um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% seja o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que áreas com índice de arborização inferior a 5% determinam características semelhantes a um deserto vegetal (OKE, 1973). Aqui cabe ressaltar, que o autor fazia referência a sua área de estudo, hemisfério norte, no entanto, guardada as devidas proporções, cabe à analogia.

Na direção inversa estão os distritos de DAMOS, DAOUT e DAENT. Nos dois primeiros se têm poucas áreas urbanizadas, 12,92% e 16%, respectivamente, da sua área total, e uma predominância de áreas verdes, que ocupam respectivamente, 85,21% e 79,66%, do território. O distrito de DAENT apresenta 34,63% de solo exposto e mais de 60% de áreas verdes. Esses são os distritos que apresentam mais áreas verdes.

Figura 3 - Classificação do NDVI com os Distritos Administrativos (2015).



Fonte: Autora.

Tabela 2 - Quantitativo da Classificação do NDVI nos Distritos Administrativos (2015).

Distritos Administrativos	ÁGUA		SOLO EXPOSTO		ÁREAS VERDES	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
DAMOS	4,21	1,87	29,05	12,92	191,42	85,21
DAOUT	4,89	4,34	18,05	16	89,91	79,66
DAICO	0,9	2,68	23,05	70,47	8,95	26,85
DABEN	0	0	31,88	85,27	5,51	14,73
DAENT	1,97	3,09	22,26	34,63	40,03	62,28
DASAC	0	0	16,94	91,84	1,5	8,16
DABEL	0,01	0,1	10,37	99,02	0,09	0,87
DAGUA	0	0	13,04	98,47	0,20	1,53

Fonte: Autora

2.3.2 Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH)

Hardt (1994) conceitua áreas verdes urbanas como áreas livres da cidade, com características predominantemente naturais, sem levar em conta o porte da vegetação, são áreas onde predomina a permeabilidade, podendo haver vegetação predominantemente rasteira ou uma vasta cobertura arbórea.

No intuito de garantir o mínimo de áreas verdes dentro das cidades, diversas organizações internacionais criaram índices de cobertura vegetal ou de áreas verdes. A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) também faz recomendações para o índice de área verde. Ela preconiza um mínimo de 15 m² de áreas verdes/habitante para que as áreas verdes públicas destinadas à recreação venham a cumprir plenamente suas funções social e ambiental de fornecer bem-estar, lazer, recreação, isolamento acústico e microclima, entre outros benefícios (LUCON et al., 2013).

Os resultados do NDVI corroboram para outras análises. Com os dados da projeção geométrica (Tabela 3) em cada distrito, foi possível obter os índices de cobertura vegetal por habitante (Figura 4).

Verifica-se que apenas os distritos: DAMOS, com 5.278,47 m², DAOUT, com 1.910,01 m² e DAENT, com 255,18 m², apresentam percentuais de cobertura vegetal superior aos 15 m² preconizados pela SBAU. Isso se justifica pela presença de áreas protegidas, como o Parque Municipal da Ilha de Mosqueiro, e das ilhas, que compõem o município e que ainda não sofreram grandes pressões de urbanização e pela baixa taxa populacional, que, respectivamente, são de 36.265, 47.074 e 156.878 habitantes. Essas

áreas por possuírem altas taxas de áreas verdes, desempenham um papel de equilíbrio na cidade.

Ainda, acima dos 15 m² recomendados pelo SBAU, encontram-se os distritos DAICO com 47,92 m² e DABEN com 17,43 m² e com as seguintes taxas populacionais, 186.809 e 316.080 habitantes, no entanto, sobre este último, é preciso atenção, pois essa área nos últimos anos apresentou e apresenta um intenso processo de urbanização, culminando com a construção de shopping centers, condomínios e escolas de grande porte.

De maneira oposta, estão os distritos de DASAC com 5,08 m², DABEL com 0,79 m² e DAGUA com 0,67 m², apresentando os piores índices e bem abaixo dos 15 m² da SBAU. Aqui está presente um processo de urbanização acelerado refletindo a ausência de vegetação, tanto que apresentam as seguintes taxas populacionais, 295.445, 115.093 e 305.099 habitantes, e em última instância prejudica a qualidade de vida dos habitantes.

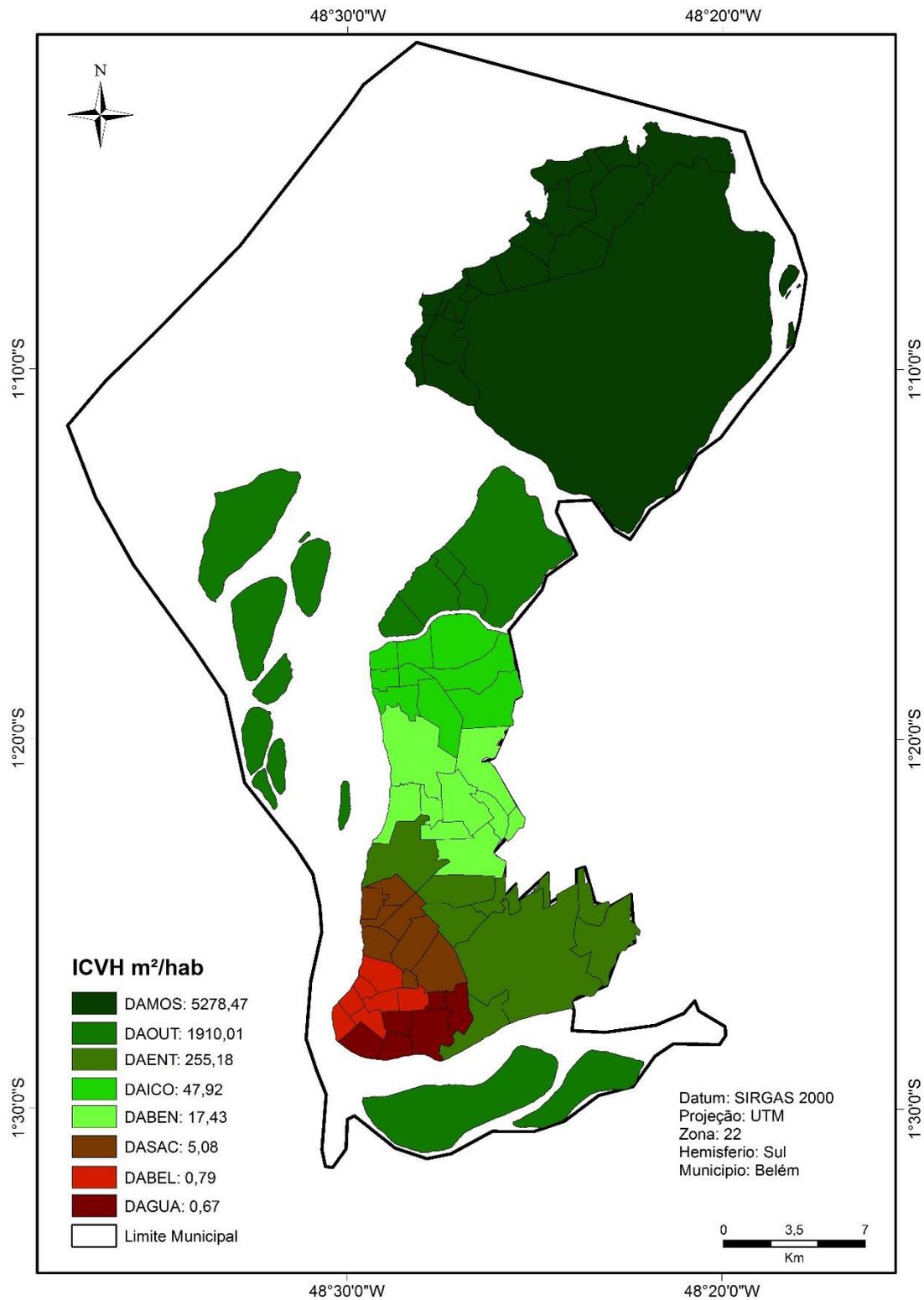
De acordo com Silva Júnior et al. (2013), vários estudos indicam a forte influência positiva da vegetação, tanto sobre o clima como sobre a qualidade do ar. Desta forma, as áreas verdes tendem a reduzir a temperatura do ar, amenizando o aquecimento excessivo do solo e das estruturas nele instaladas, pois equilibram as taxas de evapotranspiração e os níveis de vapor d'água na atmosfera próxima (STULPNAGEL et al., 1990; JÁUREGUI, 1992; MAITELLI et al., 1991; HASENACK; BECKE, 1991; BRASIL, 1995).

Tabela 3 - Dados dos CENSOS 2000 e 2010 e Projeção Geométrica para 2015 nos Distritos Administrativos.

Distritos	CENSO 2000	CENSO 2010	Projeção Geométrica
Administrativos	(hab)	(hab)	(hab)
DAMOS	27.896	33.232	36.265
DAOUT	26.225	38.731	47.074
DAICO	133.150	167.035	186.809
DABEN	238.734	287.981	316.080
DAENT	141.204	151.488	156.878
DASAC	285.730	292.255	295.445
DABEL	112.493	114.323	115.93
DAGUA	315.185	308.353	305.099

Fonte: Autora.

Figura 4 - Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (2015).



Fonte: Autora.

2.3.3 Cotas Altimétricas

A topografia local divide a cidade em regiões de “terras secas” e “terras inundadas”, partindo de um grande divisor de águas formado pelo “espigão” das Avenidas Presidente Vargas, Nazaré, Magalhães Barata, Almirante Barroso e Rodovia BR-316. Os bairros que se encontram ao norte desse “espigão” drenam para baía do Guajará e pertencem às bacias do Centro Comercial de Belém – o Comércio (bairro da Campina), da Avenida Almirante Tamandaré, do bairro do Reduto, da Bacia do Armas ou da Avenida Doca de Souza Franco e do UNA. As bacias que se encontram ao sul do “espigão” drenam em direção ao Rio Guamá, além de outras menores como: as bacias da Estrada Nova e do Tucunduba (MARTINS, 2015).

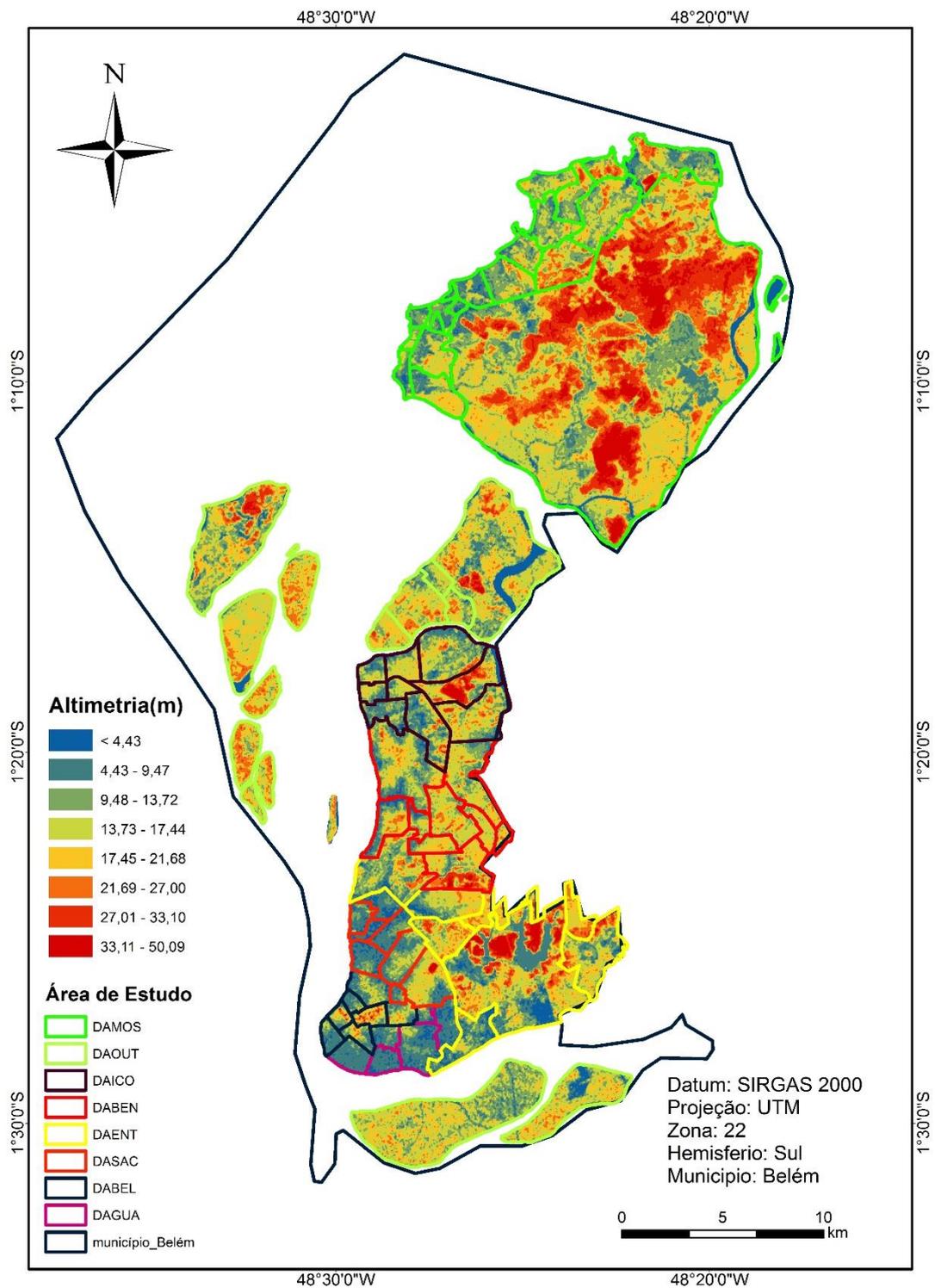
Ao se realizar o levantamento topográfico de Belém (Figura 5), observou-se que os distritos de DASAC, DABEL, DAGUA, que compõem a primeira légua patrimonial, e parte sul do DAENT apresentam terrenos com cotas abaixo de 06 m em relação ao nível do rio. Além dessas áreas se situarem nas cotas mais baixas, as mesmas são as mais urbanizadas do município e com menor índice de cobertura vegetal. De acordo com Tucci (2009) a impermeabilização é uma das principais causas das inundações e deslizamentos em áreas urbanas, porque as áreas verdes são diminuídas gradualmente reduzindo a propensão de infiltração de água na terra, aumentando consideravelmente a quantidade e a velocidades de água que percola pela superfície do solo.

Os terrenos de planície, como os de Belém, são suscetíveis aos efeitos das enchentes e inundações, estas áreas não deveriam ser ocupadas, caso contrário, vários impactos socioambientais podem ocorrer. Esses fenômenos surgem com periodicidade nos cursos d’água, devido as frequentes chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração (AMARAL; RIBEIRO, 2012).

Os distritos DABEN, DAICO, DAOUT, DAMOS e o restante do DAENT, representam as áreas mais altas da cidade. Entretanto essa elevação não ultrapassa os 22 m, exceto em pontos específicos do DAENT e na região central do DAMOS, que apresentam os maiores níveis, variando de 33 a 60 m.

Essa configuração topográfica aliada aos fatores climáticos propicia uma maior ocorrência de desastres ambientais no município. Alterando sobremaneira a qualidade de vida da população.

Figura 5 - Modelo Digital de Elevação com os Distritos Administrativos (2015).



Fonte: Autora.

2.3.4 Temperatura da Superfície

Com essa configuração urbano-espacial posta é possível analisar uma variável meteorológica de grande importância para as cidades: a temperatura da superfície. É visível o entrelaçamento das ações, as quais têm consequências reflexas, visto que a supressão de cobertura vegetal contribui para a alteração do microclima.

As alterações dos elementos meteorológicos em relação às atividades humanas devem ser abordadas em nível de escala. Portanto, considerando os níveis micro, meso e macro climático, tornam-se fundamentais estudos para desvendar as consequentes interferências da ação do homem sobre o clima (COSTA et al., 2013).

A análise da temperatura da superfície demonstra que os maiores picos estão localizados nas áreas mais urbanizadas (Figura 6), em oposição às áreas com maior índice de cobertura vegetal, que de certa forma as “refrigeram”. Nesse sentido, as menores temperaturas de superfície situam-se em áreas com maior cobertura de verde, DAMOS e DAOUT. Nesses distritos, por terem áreas com menor grau de urbanização, apresentam, predominantemente, temperaturas mais amenas variando de 20°C a 26°C.

No distrito de DAENT, a área onde se situa, por exemplo, o Parque Estadual do Utinga apresenta temperatura da superfície na faixa de 24°C a 26°C, o mesmo observado na zona Norte do distrito de DAMOS e nas ilhas do DAOUT.

Costa (2013, 2013a) e Silva Junior et al. (2012) observaram resultados semelhantes. Isto é, onde há áreas mais vegetadas os valores médios de temperatura são relativamente menores do que áreas com intenso processo de urbanização (BARBOSA et al., 2015).

Em uma zona híbrida encontra-se o distrito de DAICO. Nas áreas de intensa urbanização com a presença dos bairros, as temperaturas de superfície foram mais elevadas, ao passo que nas áreas com a maior presença de cobertura vegetal, mais a oeste, foram observadas temperatura de superfície na faixa de 24°C a 26°C.

Em oposição, a mancha urbana: DASAC, DABEL e DAGUA, e a área de expansão, DABEN, apresentam as maiores temperaturas de superfície captadas pelo satélite, indicando níveis extremos, com temperaturas variando de 30°C a 36°C, o que ocasiona um verdadeiro desconforto ambiental. Ressalte-se que nas áreas de maiores temperaturas, observam-se pequenos pontos com temperaturas de superfície mais amenas, isso se deve a presença de áreas arborizadas como as praças públicas.

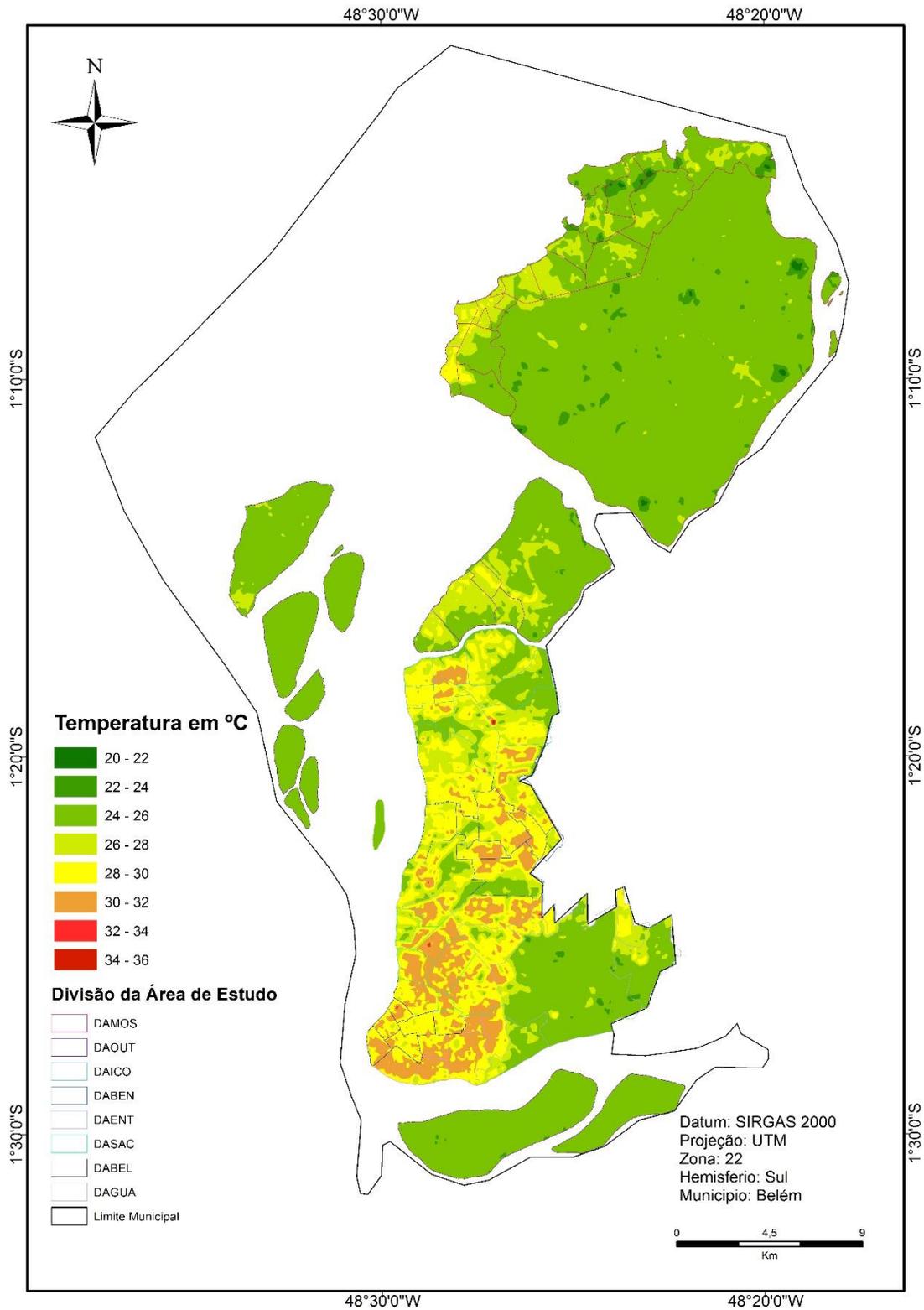
Nessas áreas percebe-se o processo de formação de ilhas de calor urbano. Nos ambientes urbanos ocorre maior armazenamento de calor durante o dia, devido às

propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construção urbana. Essas estruturas apresentam maior capacidade calorífica, o que proporciona uma maior absorção de energia durante os horários diurnos, liberando lentamente ao ambiente urbano esta energia, na forma de calor sensível. Este fenômeno é mais perceptível durante os horários noturnos, pois estão fisicamente mais aquecidos que a periferia urbana (OKE, 1987; COSTA; MATTOS, 1998; BARBOSA et al., 2015).

Corroborando com esses resultados, Silva Júnior et al. (2013) faz uma análise de índice de calor para a cidade de Belém, no qual observa que as zonas da cidade menos confortáveis termicamente foram a Oeste e Central, devido à baixa quantidade de áreas vegetadas e a grande quantidade de áreas pavimentadas e edificadas. O trabalho conclui que a variação térmica apresentou uma tendência de decrescimento da temperatura do ar no sentido dos bairros mais urbanizados (centrais) para os menos urbanizados (periféricos), que normalmente apresentam maior percentual de cobertura vegetal.

Ressalte-se, por relevante, que outras variáveis são importantes para reduzir a temperatura da superfície, como o vento horizontal e a presença de edifícios na área, que produzem sombras.

Figura 6 - Temperatura da Superfície, obtida a partir do LANDSAT 8, para o ano de 2015.



Fonte: Autora.

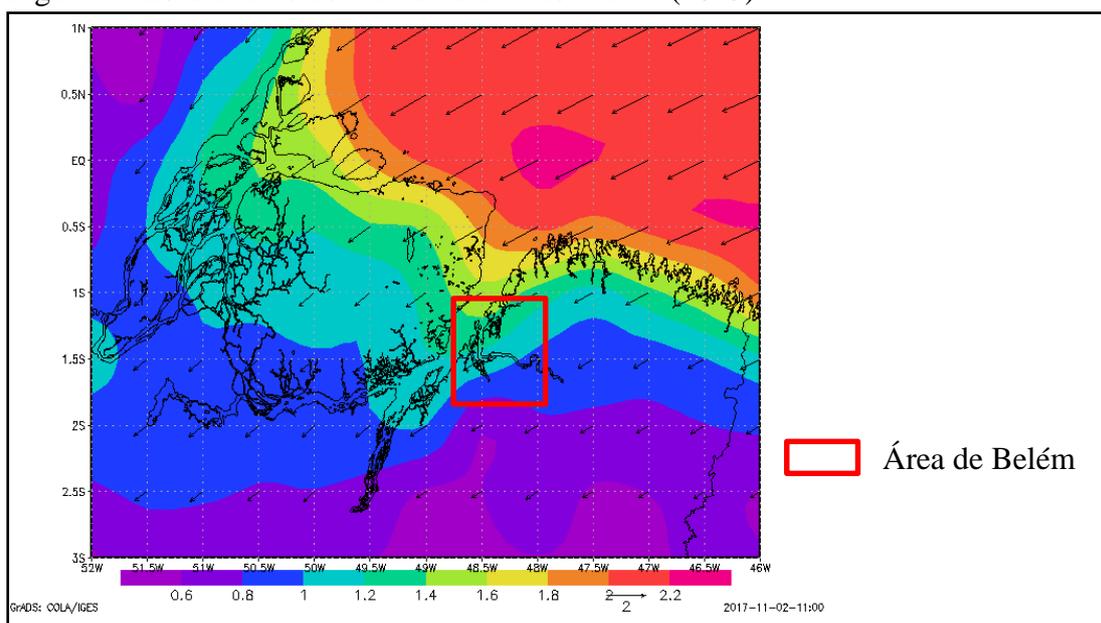
2.3.5 Precipitação e Vento Horizontal

A partir do levantamento dos dados do CFSR/NCEP, notou-se a direção e a velocidade do vento sobre o município de Belém, o qual sofre influência da brisa fluvial, conforme estudo de Germano et al. (2017). Apesar da escala espacial ser de 50 km, percebe-se que os ventos no trimestre de DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), período mais chuvoso, estão mais de nordeste (Figura 7). Estes ventos locais estão associados ao fluxo médio dos ventos comerciais que, através do deslocamento dos sulcos subtropicais, podem alterar a intensidade da circulação local (GERMANO et al., 2017).

Quanto à velocidade, esta varia de 1,0 a 1,4 m/s e o trabalho realizado na área de estudo por Silva Júnior et al. (2013), apontam que na zona Central da cidade existe um número maior de edifício altos, que dificultam a circulação do vento, e reduzem sua velocidade, o que implica na redução da troca das massas de ar daquela região, e teoricamente propiciaria a formação de microclimas mais desconfortáveis.

Paralelo na área menos urbanizada, onde há menos edificações, o vento flui com mais facilidade, existem mais áreas com vegetação e menos impermeabilização do solo, o que facilita a evapotranspiração. À medida que se desloca para a área central da cidade essas características vão se invertendo, onde existem mais edificações, menos quantidade de vegetação, maior impermeabilização do solo e obstáculos para reduzir a circulação dos ventos (OKE, 1987).

Figura 7 - Escoamento do Vento no Trimestre DJF (2015).



Fonte: Autora.

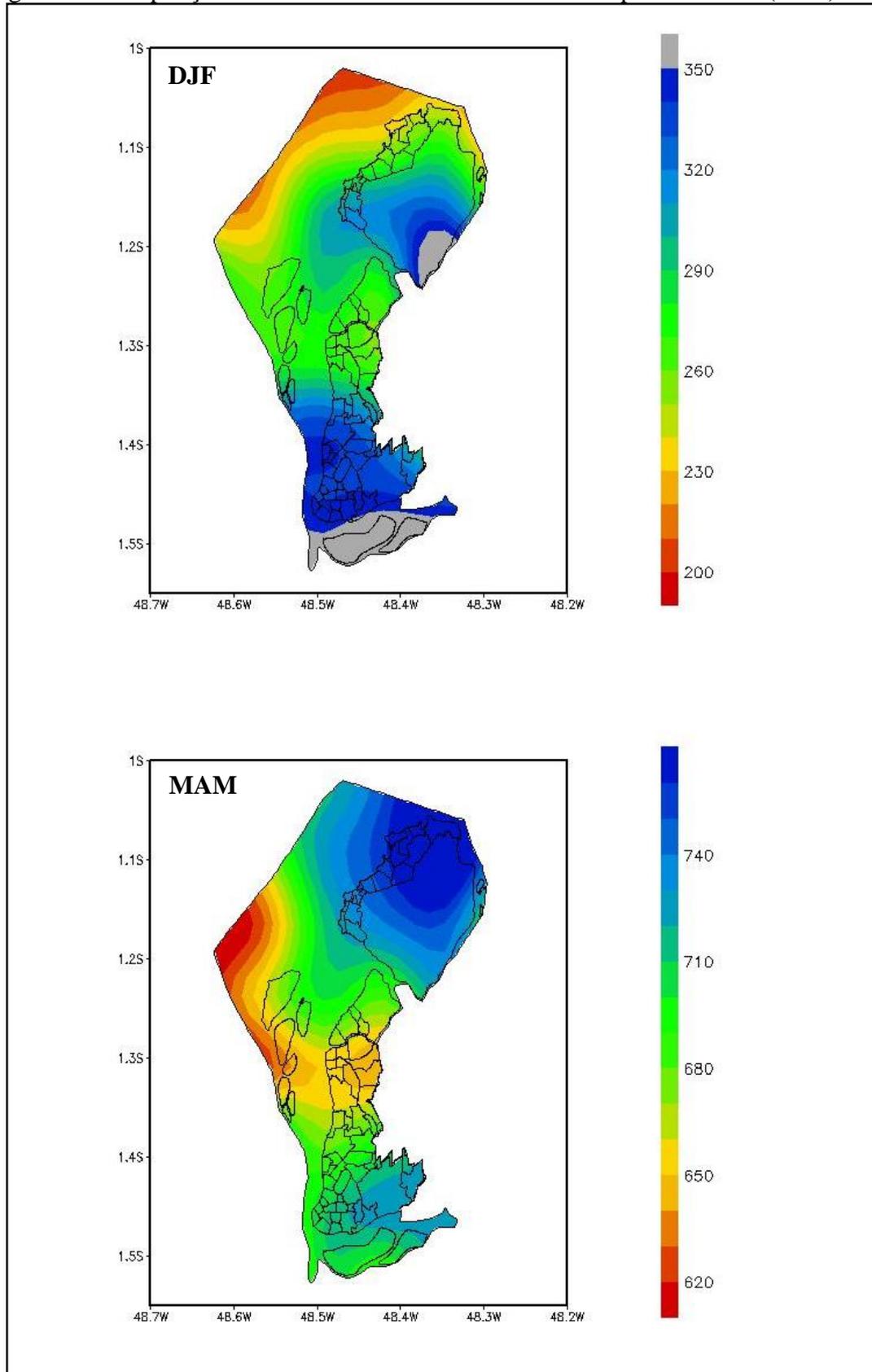
Esse comportamento do vento tem reflexo direto na precipitação, pois favorece a circulação da brisa fluvial intensificando o transporte de umidade, contribuindo para a formação das chuvas. Com o levantamento dos dados a partir do CMORPH, nota-se que no período mais chuvoso, o trimestre DJF (Figura 8) apresentou os seguintes resultados: nos distritos de DASAC, DABEL, DAGUA, onde se localiza a mancha urbana de Belém e DAENT, notam-se os maiores picos, com a precipitação acima de 300 mm, favorecido, conforme Freitas (2003), pelas ilhas de calor urbano, as quais ocasionam um aumento na precipitação, através do aumento das correntes convectivas sobre o centro urbano.

Ressalte-se que uma ilha de calor urbana se desenvolve, na maioria das vezes, quando ventos de escala sinótica são fracos (fortes ventos misturariam o ar da cidade e das áreas rurais e diminuiriam o contraste de temperatura) (FREITAS; DIAS, 2000).

Nesse mesmo trimestre, com altos índices encontra-se também o a parte sul do distrito de DAMOS, que possui uma grande extensão de áreas verdes com precipitação em torno de 320 mm. Os distritos do DAOUT, DAICO, DABEN e a parte norte do DAMOS apresentaram intensa precipitação, acima dos 240 mm.

No trimestre MAM (Março, Abril e Maio), a precipitação é elevada nos distritos de DASAC, DABEL e DAGUA, acima dos 680 mm (Figura 8), entretanto a maior ocorrência é no distrito de DAMOS e na parte sul do DAENT. Na parte norte do DAENT, no DAOUT, no DAICO e no DABEN, a precipitação variou de 640 a 660 mm.

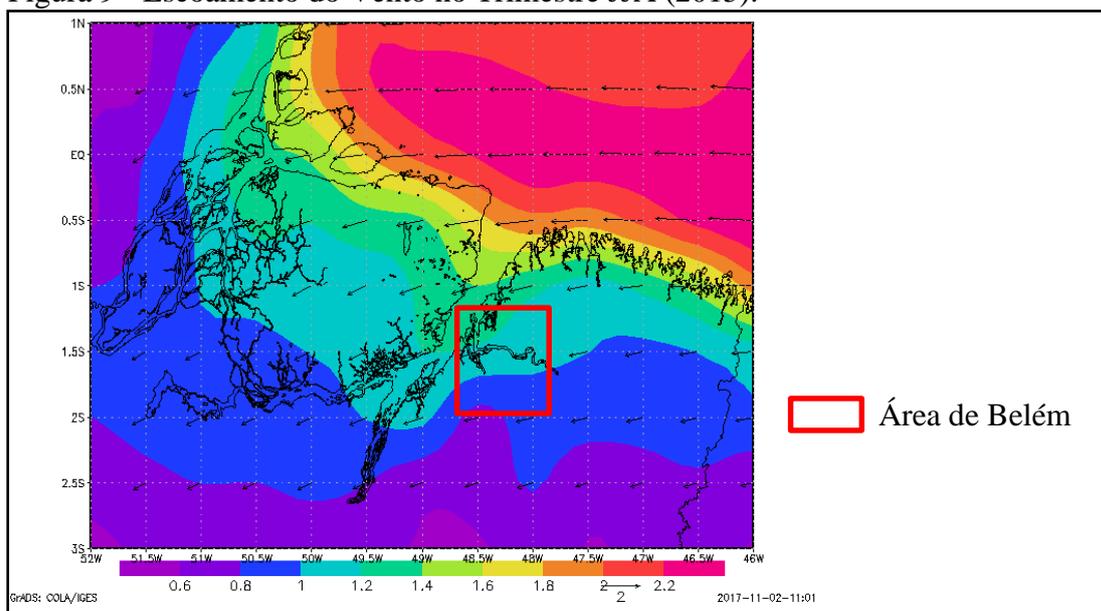
Figura 8 - Precipitação no Período Mais Chuvoso no Município de Belém (2015).



Fonte: Autora.

No trimestre de JJA (Figura 9), período menos chuvoso, os ventos são de este e com a velocidade variando de 1,0 a 1,4 m/s. A medida que os ventos entram no continente, os mesmos perdem velocidade e magnitude. Segundo Germano et al. (2017), em Belém, percebe-se a ocorrência da brisa fluvial durante todos os meses do ano, no entanto, ela é mais intensa durante JJA.

Figura 9 - Escoamento do Vento no Trimestre JJA (2015).



Fonte: Autora.

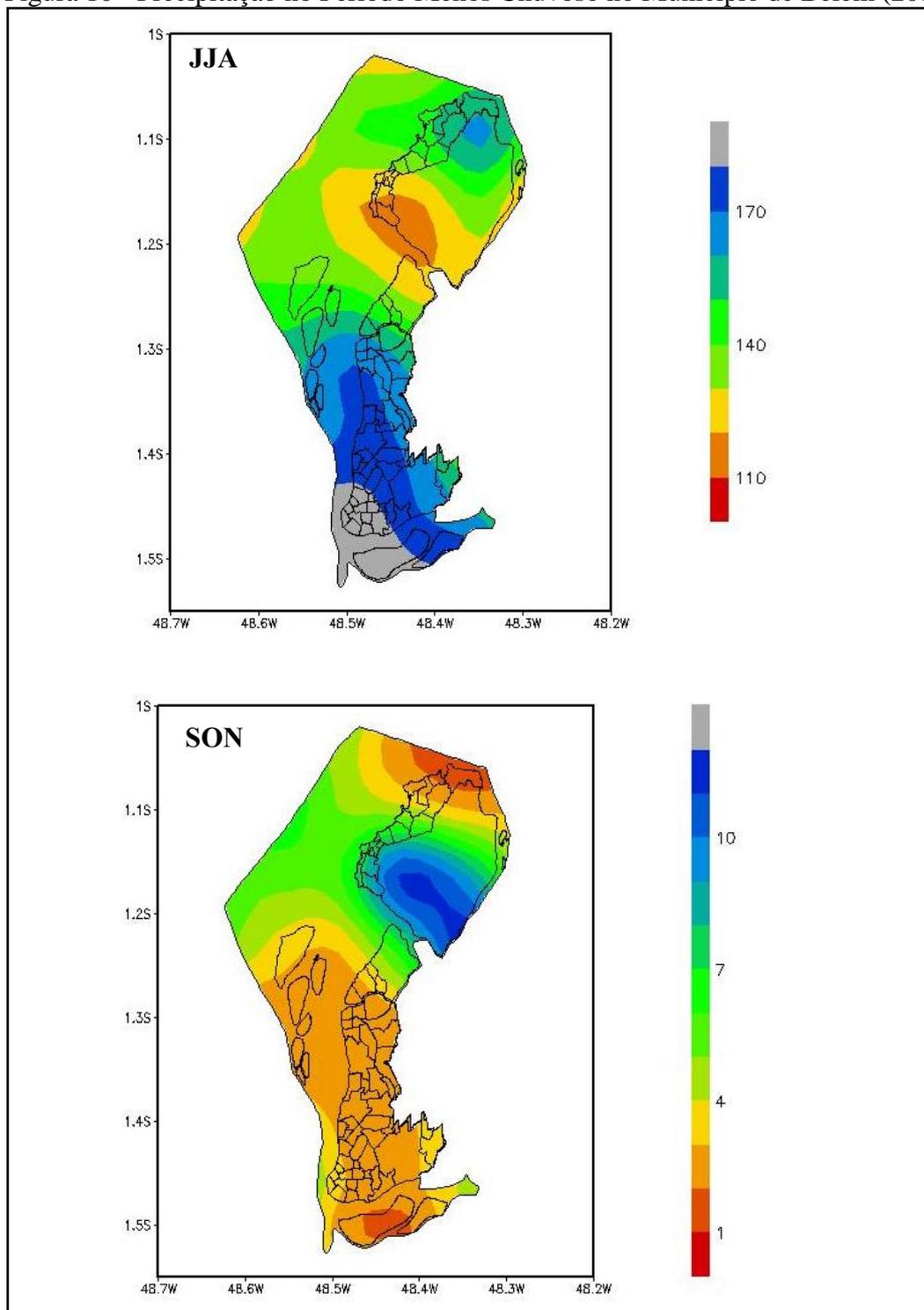
A análise do vento horizontal concorda com a precipitação, pois a direção de este é oposta à circulação da brisa, dificultando o transporte de umidade e a formação das chuvas. No período menos chuvoso o trimestre JJA (Figura 10) apresentou os seguintes resultados: os distritos de DASAC, DABEL e DAGUA, apresentaram os maiores picos, com a precipitação em torno de 170 mm, favorecido pelas ilhas de calor urbano. Com altos índices encontra-se também o DABEN, DAENT e DAICO, com precipitação em torno de 160 mm. Nos distritos do DAOUT e DAMOS, a precipitação variou de 110 a 150 mm.

No trimestre SON (Figura 10), a precipitação é baixa. Nos distritos de DASAC, DABEL, DAGUA, DAENT, DABEN, DAICO e as ilhas do DAOUT, a precipitação ficou em torno de 03 mm. Na parte norte do DAOUT, chegou a 05 mm. O distrito de DAMOS teve uma precipitação bem heterogênea, atingindo o maior pico com 11 mm.

Corroborando com esses resultados, De Souza e Ambrizzi evidenciaram na região a redução na precipitação durante o inverno (JJA), associado ao deslocamento aparente

do sol para o Hemisfério Norte, quando passa a predominar o ramo descendente da circulação de Hadley sobre os trópicos do Brasil, inibindo assim a formação de nebulosidade convectiva e privando a Amazônia da ocorrência de chuva devido a sistemas de grande escala (DE SOUZA et al., 2016).

Figura 10 - Precipitação no Período Menos Chuvoso no Município de Belém (2015).



Fonte: Autora.

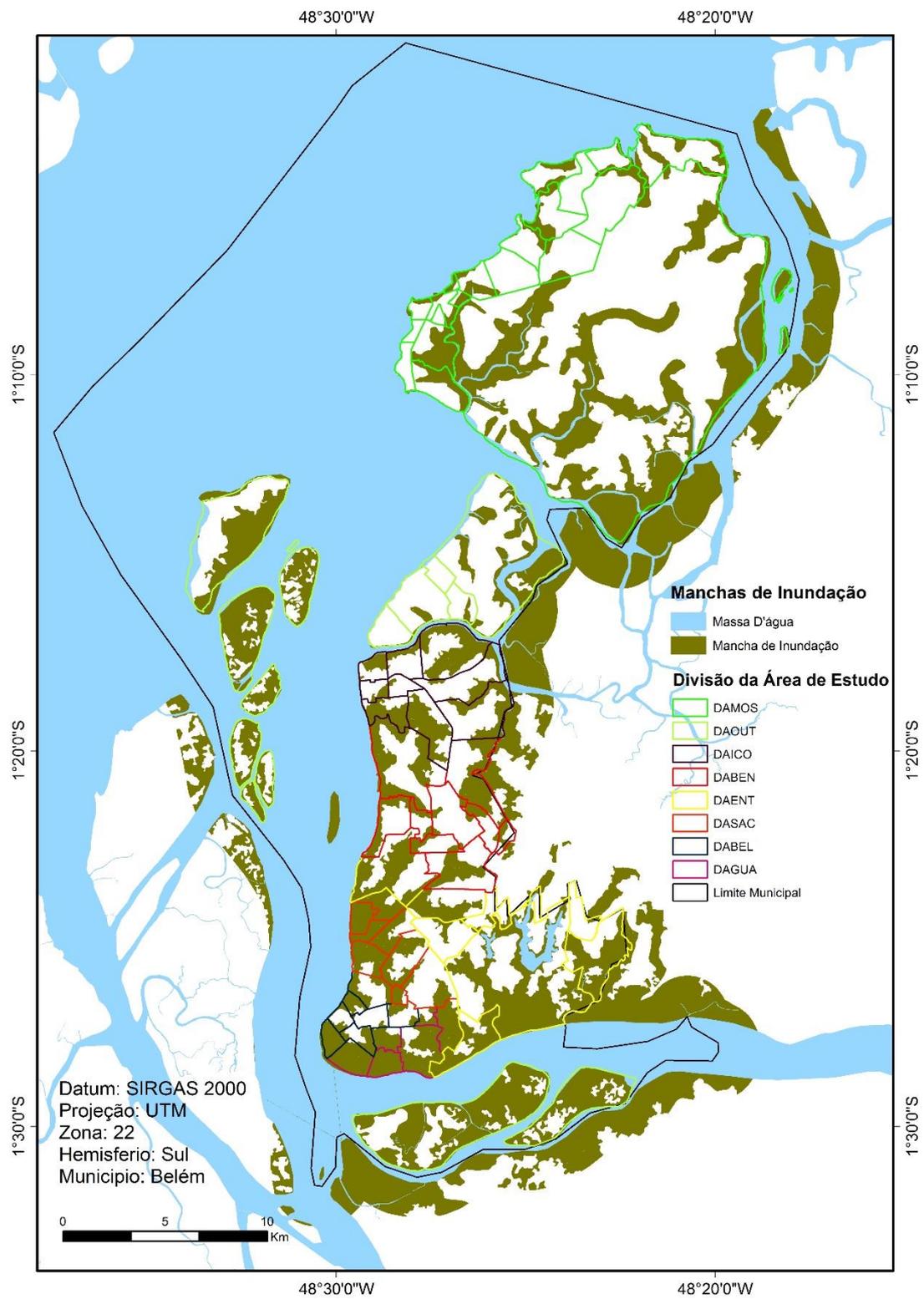
2.3.6 Mancha de Inundação

Belém situa-se em um ambiente em que os aspectos geomorfológicos e climáticos convergem para uma situação constante de risco ambiental a ocorrência de inundações. As áreas de várzea associadas a um índice pluviométrico em torno de 3000 mm/ano e as modificações decorrentes da urbanização (impermeabilização, alteração topográfica, problemas de saneamento básico) favorecem a ocorrência de alagamentos principalmente durante a estação mais chuvosa (PONTES et al., 2017).

A análise dos dados do CMORPH converge com as áreas de inundação (Figura 11) propostas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2017). Essas áreas são naturalmente suscetíveis à inundação e tem como agravante a intensa precipitação na cidade. Segundo Silva Junior et al. (2011), basta um evento de chuvas superiores a 10 mm, coincidindo com a maré alta ou de chuvas de 35 mm se a maré estiver na baixa-mar, para que a cidade inunde.

As cotas baixas revelam graves problemas. De acordo com Martins (2015), a baixa declividade da rede hídrica é agravada pela influência do regime de marés do rio Guamá e da baía do Guajará sobre a rede de drenagem, faz com que se estabeleça uma barragem hídrica quando são elevados os níveis de maré, causando a paralisação do sistema de escoamento da cidade, em que a consequência mais crítica ocorre quando se dá a coincidência com o período de chuvas intensas.

Figura 11 - Mancha de Inundação com os Distritos Administrativos.



Fonte: Adaptado da CPRM (2017).

2.3.7 Condições de Sustentabilidade

O levantamento dessas variáveis ambientais nos permite avaliar as condições de sustentabilidade, em escala espacial, no município de Belém. Com isso foi gerada uma tabela para análise da precipitação estimada pelo CMORPH (Tabela 4).

A partir desses dados foi gerada a média da precipitação em cada distrito por trimestre, onde foi superior recebeu o sinal (↑) e na inferior recebeu o sinal (↓). No final foi feita uma análise para determinar se a anomalia era positiva (↑) ou negativa (↓).

Com os resultados do NDVI foi possível verificar se a área tem ou não formação de ilha de calor urbano para então determinar o efeito da precipitação (Tabela 2.4). Assim, os distritos de DAMOS e DAENT apresentam alta precipitação e sem formação de ICU (+). Os distritos de DAOUT, DAICO e DABEN tem pontos com baixa precipitação e sem formação de ICU (+). E os distritos de DASAC, DABEL e DAGUA têm alta precipitação e formação de ICU (-).

Acrescentando os dados de precipitação as outras variáveis (NDVI/ICVH/Topografia/Temperatura da Superfície/Risco de Inundação) foi possível gerar um quadro final apontando as condições de sustentabilidade em cada distrito (Tabela 5). Desse modo, apenas os distritos de DAMOS, DAOUT, DAICO e DAENT ainda apresentam condições favoráveis de sustentabilidade, elevando, no mínimo, a uma qualidade de vida das suas populações.

Os distritos de DABEN, DASAC, DABEL e DAGUA apresentam condições desfavoráveis à sustentabilidade, sendo passíveis a efeitos danosos de ordem social, ambiental ou econômica. Ressalta-se que essa análise é qualitativa e leva em consideração a variabilidade espacial, ainda que use parâmetros quantitativos.

Dessa forma, esse levantamento traduz o óbvio como afirmam Andrade e Blumenschein (2013), de que as cidades ocidentais dos países centrais seguiram padrões de urbanização que desconsideravam os elementos naturais no planejamento urbano gerando impactos na biodiversidade, alterando os ciclos hidrológicos, os ecossistemas e disponibilidade de água, causando diversos problemas ambientais.

Tabela 4 - Análise da Precipitação e Ilha de Calor Urbano em Cada Distrito Administrativo para 2015

Distritos	Precipitação (mm)				Análise PRP+ICU		
	DJF	MAM	JJA	SON	aPRP*	ICU**	PICU***
DAMOS	332 (↑)	763 (↑)	136 (↓)	7 (↑)	↑	↓	+
DAOUT	300 (↓)	677 (↓)	150 (↓)	4 (↑)	↓	↓	+
DAICO	279 (↓)	654 (↓)	166 (↓)	4 (↑)	↓	↓	+
DABEN	308 (↓)	664 (↓)	172 (↑)	3 (↑)	↓	↓	+
DAENT	340 (↑)	700 (↑)	172 (↑)	3 (↑)	↑	↓	+
DASAC	338 (↑)	688 (↓)	178 (↑)	3 (↑)	↑	↑	-
DABEL	350 (↑)	688 (↓)	185 (↑)	3 (↑)	↑	↑	-
DAGUA	350 (↑)	688 (↓)	185 (↑)	3 (↑)	↑	↑	-
Média	324	690	168	3			

*Anomalia da precipitação. **Ilha de calor urbano. ***Efeito da precipitação combinada com a ilha de calor urbano

Fonte: Autora.

Tabela 5 - Análise das Condições de Sustentabilidade para Cada Distrito no Ano de 2015.

Distritos	PARÂMETROS E SEUS EFEITOS						
	NDVI	ICVH	Topografia	Tsup*	PICU	RI**	C.S***.
DAMOS	+	+	+	+	+	-	F
DAOUT	+	+	+	+	+	-	F
DAICO	-	+	+	+	+	+	F
DABEN	-	-	+	-	+	-	D
DAENT	+	+	+	+	+	+	F
DASAC	-	-	-	-	-	+	D
DABEL	-	-	-	-	-	+	D
DAGUA	-	-	-	-	-	+	D

*Temperatura da superfície. **Risco de inundação. *** Condições de sustentabilidade.

Fonte: Autora.

2.4 Conclusões

Através da metodologia proposta, foi mapeado e quantificado para o município de Belém, áreas com solo exposto, água e áreas verdes. A partir disso, foi analisado como essa distribuição espacial interfere no índice de cobertura vegetal por habitante, na temperatura da superfície, na precipitação, no vento horizontal e na mancha de inundação

da cidade. Com esses resultados foi possível perceber quais distritos apresentam condições favoráveis ou desfavoráveis a sustentabilidade.

A parte ao norte, distrito de DAMOS, e a região das ilhas de DAOUT, apresentam, respectivamente, as melhores taxas de áreas verdes, 85,21% e 79,66%, com pouca população residente, 47.074 e 36.265 habitantes, apresentando os melhores índices de cobertura vegetal por habitante, 5.278,47 m²/hab e 1.910,01 m²/hab, as temperaturas de superfície mais amenas, na faixa de 20°C a 26°C, precipitação dentro do esperado para área e se localizam nas cotas mais altas do município e com menores riscos de inundação, exceto as ilhas. Essas áreas e os distritos de DAICO e DAENT apresentam condições favoráveis a sustentabilidade.

Na parte continental da cidade estão os piores resultados, com destaque para os distritos de DABEL e DAGUA, que nessa ordem apresentam as menores taxas de áreas verdes, 0,87% e 1,53%, com altas taxas populacionais, 115.193 e 305.099 habitantes, apresentando os piores índices de cobertura vegetal por habitante, 0,79 m²/hab e 0,67 m²/hab, as temperaturas de superfície mais elevadas, na faixa de 30°C a 36°C, precipitação elevada, e se localizam nas cotas mais baixas do município e com os maiores riscos de inundação. Esses dois distritos, assim como o DASAC e DABEN, apresentam condições desfavoráveis a sustentabilidade

Como apontado, essas variáveis estão intimamente ligadas e decorrem claramente da baixa taxa de áreas verdes dispostas na superfície da cidade e das altas taxas de urbanização. Desse modo, a escassez da vegetação leva a um aumento significativo na temperatura da superfície, que, por sua vez, geram impactos como: a diminuição da umidade relativa do ar, favorecimento da ilha de calor, além da ineficiência da “limpeza” do ar, que poderia ser propiciado com o serviço das folhas das árvores, através do ciclo do CO₂. Além de elevar as taxas de precipitação e favorecer a ocorrência de inundações.

A compreensão da combinação do espaço urbano com as áreas verdes e as suas consequências são de fundamental importância, pois provoca uma discussão acerca de um projeto de planejamento adequado para esta realidade de valorização do ambiente natural e, de uma mudança na qualidade ambiental e conseqüentemente de uma melhor qualidade de vida para os cidadãos. Assim a cidade se encontra em total desequilíbrio, uma cidade insustentável e incapaz de gerir os seus passivos ambientais. Aqui se põe um dilema da sociedade dita moderna: conciliar as questões ambientais com as sociais.

Referências

- AMARAL, R. do; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.
- ANDRADE, I. R. A. O uso de técnicas de sensoriamento remoto na identificação de formas na região de Porto Rico, Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, MS/PR. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Estadual de Maringá, 2008.
- ANDRADE, L.; BLUMENSCHNEIN, R. Cidades sensíveis à água: cidades verdes ou cidades compactas, eis a questão? In: **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, v. 15, n. 29, 2013.
- BARBOSA, P. H. D.; COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; SILVA JUNIOR, J. DE A. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015.
- COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; UCHOA, P. W.; SILVA JUNIOR, J. A.; FEITOSA, J. R. P. Variações termo-higrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte. **Brazilian Geographical Journal: geosciences and humanities research medium**, v. 4, 2013.
- COSTA, A. C. L.; MATTOS, A. Estudo da ilha de calor urbana na cidade de Belém - PA. In: **Simpósio Nacional de Climatologia Geográfica**, 1998, Salvador - BA, 1998.
- COUTINHO, M. P.; LONDE, L. R.; SANTOS, L. B. L.; LEAL, P. J. V. Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil. Urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, 2015.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações. **Documento** Cartográfico. Brasil, 2017.
- CRUZ, S. H. R.; CASTRO, E. M. R.; SÁ, M. E. R. Grandes projetos urbanos em metrópoles amazônicas: modernização e conflito. **Revista Novos Cadernos NAEA**, v. 14, 2011.
- DE SOUZA, E. B.; CARMO, A. M. C.; MORAES, B. C. NACIF, A. FERREIRA, D. B. S. ROCHA, E. J. P. SOUZA, P. J. O. P. Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia Legal Brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo REGCM4. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016.
- DOTY, B. E. Using the grid analysis and display System. **Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions (COLA)**. Maryland: University of Maryland, 1992.
- FERREIRA, G. F.; COSTA, A. P. R.; CANDEIAS, A. L. B. Análise comparativa de Modelos Digitais de Elevação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba, PR, 2011.

FIEBER, S. D. Áreas verdes urbanas imagem e uso – o caso do passeio público de Curitiba-PR. **R. RAE. GA**, Curitiba: Editora UFPR, n. 8, p. 93-105, 2004.

FREITAS, E. D. Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. **Tese de Doutorado**, 2003.

FREITAS, E. D.; DIAS, P. L. S. O efeito da ilha de calor urbana sobre os fluxos de calor através da utilização do modelo RAMS. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro - RJ. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2000.

GERMANO, M. F.; VITORINO, M. I.; COHEN, J. C. P.; COSTA, G. B.; SOUTO, J. I. O.; REBELO, M. T. C.; DE SOUSA, A. M. L. Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. **Atmospheric Science Letters**, v. 18, 2017.

HARDT, L. P. A. Subsídios ao planejamento de Sistemas de Áreas Verdes baseado em princípios de ecologia urbana: aplicação à Curitiba - PR. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. **Dissertação de Mestrado**, 1994.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

_____. **CENSO 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Segurança Alimentar 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

JOYCE, R.J.J.E. et al. A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. **Journal of Hydrometeorology**, v. 5, p.487-503, 2004.

LUCON, T. N., PRADO FILHO, J. F.; SOBREIRA, F. G. Índice e percentual de áreas verdes para o perímetro urbano de Ouro Preto-MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, SP, v. 8, n. 3, p. 63-78, 2013.

MARTINS, V. C. D. Avaliação de sistemas de prevenção e contenção de inundações em Bacia de drenagem urbana. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará. **Dissertação de Mestrado**, 2015.

MONTE MÓR, R. L. M. Urbanização, sustentabilidade, desenvolvimento: Complexidades e diversidades contemporâneas na produção do espaço urbano. In: Geraldo Magela Costa, Heloísa Soares de Moura Costa, Roberto Luís de Melo Monte-Mór. (Org.). **Teorias e Práticas Urbanas - Condições para a sociedade urbana**. 01 ed. Belo Horizonte/MG: C/Arte, 2015, p. 55-69.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. Second Edition. London & New York: Routledge, 1987. 435 p.

_____. City size and urban heat island. **Atmospheric environment**, New York, v. 7, n. 8, 1973. pp. 769–779.

PEREIRA, M. C.; ROCHA, J. R.; MENGUE, V. P. Comparação de índices e espacialização da cobertura vegetal arbórea dos bairros centro de duas metrópoles brasileiras: Belo Horizonte e Porto Alegre. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba-SP, v. 5, n. 1, p. 106-125, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. **Anuário Estatístico do Município de Belém**. Belém, 2011.

PONTES, M. L. C.; LIMA, A. M. M.; SILVA, JOÃO A.; SADECK, C. C. A. Dinâmica das áreas de várzea do município de Belém/PA e a influência da precipitação pluviométrica na formação de pontos alagamentos. **Caderno de Geografia**, v. 27, 2017.

QUADRO, M. F. L.; SILVA DIAS, M. A. F.; HERDIES, D. L.; GONCALVES, L. G. G. Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS Através da Nova Geração de Reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, 2012.

RIBEIRO, A. S., DO AMARAL, F. O. M., SILVA, J. M., Jr, COSTA, L. A., & OLIVEIRA, V. F. M. (2011). In A. S. Ribeiro (Coord.), *Cidade Sustentável, bem-estar para todos: uso e ocupação do solo e seus impactos ambientais* (p. 25). **Cartilha**. Palmas: Ministério Público do Estado do Tocantins. Acesso em 30 novembro de 2017. Disponível em: <<https://athenas.mpto.mp.br//athenas/CMS/download/2014/01/20/cartilha-cidade-sustentavel/>>

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M.; SARAIVA, J. S. Análise morfológica dos bairros de Nazaré e Guamá no processo de redução das áreas verdes urbanas no município de Belém-PA. In: VI Congresso Ibero-americano de Estudos Territoriais e Ambientais. **Anais**. São Paulo, v. 1, 2014.

SANTOS, F. A. A.; ROCHA, E. J. P. Alagamento e inundação em áreas urbanas. Estudo de caso: cidade de Belém. **Revista Geoamazônia**, Belém, v. 02, p. 33-55, 2013.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. Ed. Hucitec. São Paulo, 1993.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; CARVALHO, S. P. Eventos de Precipitação e Alagamentos na Cidade De Belém-Pa. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa. **Anais - IV SIC**, 2011.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. “Carta a Londrina e Ibiporã”. **Boletim Informativo**, v.3 , n.5, p.3, 1996.

SOUSA, D. R. D. Alagamentos no centro comercial da Campina, Belém-PA: identificação das causas e suas implicações de acordo com a percepção dos comerciantes locais. Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia. Núcleo de Meio Ambiente. Universidade Federal do Pará. **Dissertação de Mestrado**, 2016.

TUCCI, C. E. M. Aspectos institucionais no controle de inundações. In: Seminário De Recursos Hídricos Do Centro- Oeste, 1. **Anais** do I Seminário de Recursos Brasília, 2009.

VARGAS JÚNIOR, V. R. Assimilação de dados de superfície no modelo WRF para o estudo de atividade elétrica na região sudeste do Brasil: Estudo de casos. Mestrado em Geofísica Espacial/Ciências Atmosféricas) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. **Dissertação de Mestrado**, 2015.

VELASCO, G. D. N.; POLIZEL, J. L.; COLTRI, P. P.; LIMA, A. M. L. P.; SILVA FILHO, D. F. Aplicação do índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em imagens de alta resolução no município de São Paulo e suas limitações. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 3, 2007.

3 CARACTERIZAÇÃO DA URBANIZAÇÃO E SEU IMPACTO NAS VARIÁVEIS SOCIOAMBIENTAIS: GUAMÁ E NAZARÉ EM BELÉM, PARÁ

Resumo

O presente trabalho vem contribuir com a relação entre a urbanização e os dados de renda, distribuição de áreas verdes, temperatura da superfície, cotas altimétricas, condições de clima e de tempo, mancha de inundação e tábuas de marés, a partir da análise comparativa entre dois bairros, Guamá e Nazaré, situados na mancha urbana da cidade de Belém, localizada na Amazônia. Foram analisados dados do IBGE, do INMET, do BNDO, da CPRM, imagem do LANDSAT 8 e imagem do RapidEye para quantificar aquelas variáveis. Os resultados indicaram que o Guamá possui 81,58% dos seus habitantes nas classes D e E, essa configuração influencia nas variáveis físicas, possui 7,40% de áreas verdes e 92,60% de solo exposto do seu território, temperaturas da superfície, na faixa predominante de 30°C a 32°C, além da maior parte do bairro se encontrar nas cotas mais baixas, variando de < 4,43 m a 13,72 m, sujeitando-o a maiores riscos de inundações. Em oposição, em Nazaré 59,89% dos seus habitantes são das classes A e B, o que reflete na sua configuração ambiental, o bairro possui 10,70% de áreas verdes e 89,30% de solo exposto do seu território, temperaturas da superfície estão predominantemente na faixa de 28°C a 30°C e a maior parte da sua área situa-se nas cotas acima de 17,45m, o que torna praticamente nulo os riscos de inundações. Desse modo, o Guamá possui as condições socioambientais mais desfavoráveis em relação à Nazaré, perpetuando um círculo vicioso, que determina uma configuração urbano-espacial marcada pela segregação.

Palavras-chave: Ocupação. Variáveis Físicas. Segregação Socioespacial.

Abstract

The present work contributes to the relationship between urbanization and income data, distribution of green areas, surface temperature, altimetric dimensions, climate and weather conditions, flood spots and tide tables, based on the comparative analysis between two districts, Guamá and Nazaré, located in the urban spot of the city of Belém, located in the Amazon. Data from IBGE, INMET, BNDO, CPRM, LANDSAT 8 image and RapidEye image were analyzed to quantify those variables. The results indicated that

Guama has 81.58% of its inhabitants in classes D and E, this configuration influences the physical variables, it has 7.40% of green areas and 92.60% of soil exposed in its territory, surface temperatures, in the predominant range from 30°C to 32°C, in addition to the greater part of the neighborhood being in the lower levels, ranging from <4.43 m to 13.72 m, subjecting it to greater flood risks. In contrast, in Nazaré 59.89% of its inhabitants are of classes A and B, which reflects in its environmental configuration, the neighborhood has 10.70% of green areas and 89.30% of soil exposed in its territory, temperatures of the surface are predominantly in the range of 28 ° C to 30 ° C and most of its area is in the coasts above 17.45m, which makes the flood risks practically null. In this way, Guamá has the most unfavorable socio-environmental conditions in relation to Nazaré, perpetuating a vicious circle, which determines an urban-spatial configuration marked by segregation.

Keywords: Occupation. Physical Variables. Socio-spatial Segregation.

3.1 Introdução

O processo de urbanização, em nível de Brasil, foi um reflexo das transformações estruturais de ordem política, econômica e social, pelas quais o país tem se desenvolvido, principalmente no início das décadas de 60 e 70, quando se iniciou um processo de ordenamento e integração social do país voltado à política de desenvolvimento econômico-social com base no crescimento das cidades.

Segundo Ribeiro (2008), esse processo é singular, segundo demonstraram diversos autores, como os geógrafos Milton Santos (1990 e 1993) e Ana Fani Carlos (2001). Para o primeiro, esse processo é marcado pela aceleração e pelo ritmo intenso. A outra autora afirma que é produto da lógica especulativa, que resultou em vazios urbanos, concentração de áreas nobres em meio à pobreza e na ocupação de sítios urbanos indevidos, que se tornaram áreas de risco ambiental.

A ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis por população pobre é um fenômeno típico do padrão de urbanização incompleta das cidades brasileiras, que revela nuances ainda mais críticas quando observado no espaço de fronteira na periferia do capitalismo, como é o caso da Amazônia (MELO; CARDOSO, 2014). Aqui a situação se torna mais difícil, pois nas cidades Amazônicas, a precariedade é mais acentuada, com

forte degradação ambiental, o que gera distorções na sua dimensão social. Esse mesmo padrão é observado em Belém.

Pimentel et al. (2012) afirmam que sendo Belém uma cidade banhada por rios, é constituída por inúmeros afluentes conhecidos mais popularmente como igarapés, a grande maioria deles foram aterrados e retificados, em decorrência do processo de ocupação urbana de Belém e perderam com isso sua importância social anterior, que era de lazer, retirada de recursos naturais para subsistência, tráfego, entre outros.

Essa característica física foi determinante para o processo de formação da cidade. A porção continental sempre exigiu uma mediação do sítio físico, com etapas sucessivas de ocupação de cotas mais altas, seguidas por drenagem das áreas alagadas existentes nos interstícios entre as áreas ocupadas (CARDOSO et al., 2016).

Assim no contexto de desenvolvimento do processo de urbanização da cidade de Belém, novos bairros foram sendo formados, em função da abertura de caminhos dentro da mata virgem e o surgimento de fazendinhas e o processo de ocupação desses bairros também ocorrem em épocas diferentes (RODRIGUES et al., 2014). Nesse momento começa a se estabelecer a área conhecida como Primeira Léguas Patrimonial, a qual atualmente abriga a mancha urbana da cidade, bem como, todos os problemas advindos dessa urbanização desordenada.

O bairro de Nazaré começa em 1619, quando um caminho aberto na mata passou a ser conhecido por estrada Real de Bragança. Entretanto, a partir da segunda metade do século XIX, se inicia o processo intenso de urbanização do atual bairro de Nazaré, através da Avenida Nazaré e sua extensão a Avenida Governador Magalhães Barata, tornando-se o eixo principal da cidade, devido ao processo de arruamento e à instalação de bondes de tração animal, que fez com que as ruas fossem calçadas com paralelepípedos e arborizadas. Foram abertas avenidas, ruas e travessas largas, e criados grandes quarteirões, alterando a caracterização viária existente, que se baseava em ruas e vielas estreitas. Oficialmente, o bairro de Nazaré passou a existir com a implantação do plano urbanístico de modernização, desenvolvido pelo engenheiro Manoel Odorico Nina Ribeiro, em 1883, e posto em prática em 1887 pelo então intendente Antônio Lemos. (ANDRADE, 2003 apud RODRIGUES et al., 2014). Esse modelo de urbanização atraiu os moradores de maior poder aquisitivo.

Tal modelo contribuiu para provocar o direcionamento do vetor de ocupação para o interior de Belém, restando as áreas de várzeas aos sujeitos mais pobres, que tinham essas áreas como única alternativa de moradia no centro da cidade (PIMENTEL et al.,

2012). Tanto que segundo Trindade Júnior (2016), de 1960 a 1990 foram, aproximadamente, um milhão de pessoas que passaram a incrementar a dinâmica do espaço urbano de Belém. Num primeiro momento do processo de metropolização, grande parte desse contingente se concentrou nas áreas centrais da metrópole, em espaços sem infraestrutura e de péssima qualidade ambiental, as chamadas áreas de baixadas.

Trindade Júnior (2016) define tais áreas como sítios urbanos cujas curvas de nível não ultrapassam a cota quatro metros e que cheguem a compor cerca de 40% da área da primeira légua patrimonial da cidade. Essas áreas de baixada, são áreas inundadas ou sujeitas à inundações, decorrentes em especial dos efeitos de maré, ficando conhecidas a partir da década de 1960 como espaços de moradias de camadas sociais de baixo poder aquisitivo.

Como reflexo dessa ocupação de áreas desestruturadas, tem-se o bairro do Guamá. Ramos afirma que o bairro não recebeu mesma atenção nas melhorias urbanas, e foi construído através de um processo de ocupação desordenada tendo seu processo de ocupação no final do século XVIII, com a construção de uma olaria, com o objetivo de fornecer materiais para a crescente cidade de Belém, bem como a posição geografia da fazenda, pois o igarapé do Tucunduba e o rio Guamá facilitavam o escoamento da produção e sua articulação com o centro da capital (2002 apud RODRIGUES et al., 2014.).

Corroborando, Rodrigues et al. (2014) afirmam que o bairro do Guamá surge no contexto da expansão urbana de Belém a partir dos anos 40 do séc. XX pela população mais pobre ocupando áreas de baixadas, sem controle ou qualquer planejamento, onde temos um bairro desorganizado do ponto de vista do planejamento, alta densidade populacional, vias estreitas, com pouca ou nenhuma arborização, falta de espaços públicos e infraestrutura.

Nesse contexto de áreas antagônicas, o tipo de segregação manifesta na 1ª Légua Patrimonial de Belém é diferente daquela que se constrói hoje na periferia metropolitana: a presença das baixadas, e a flexibilidade espacial (manifesta na possibilidade de inserção nos miolos de quadras, na diversidade tipológica das edificações e na disponibilidade de vazios) criou uma segregação fortemente ligada à degradação ambiental (CARDOSO; FERNANDES; LIMA, 2015), que modifica os elementos naturais, como solo, temperatura, umidade, nebulosidade, mecanismos do vento, pluviosidade, flora e fauna, os quais, na maioria das vezes, são responsáveis pelas condições de conforto ambiental.

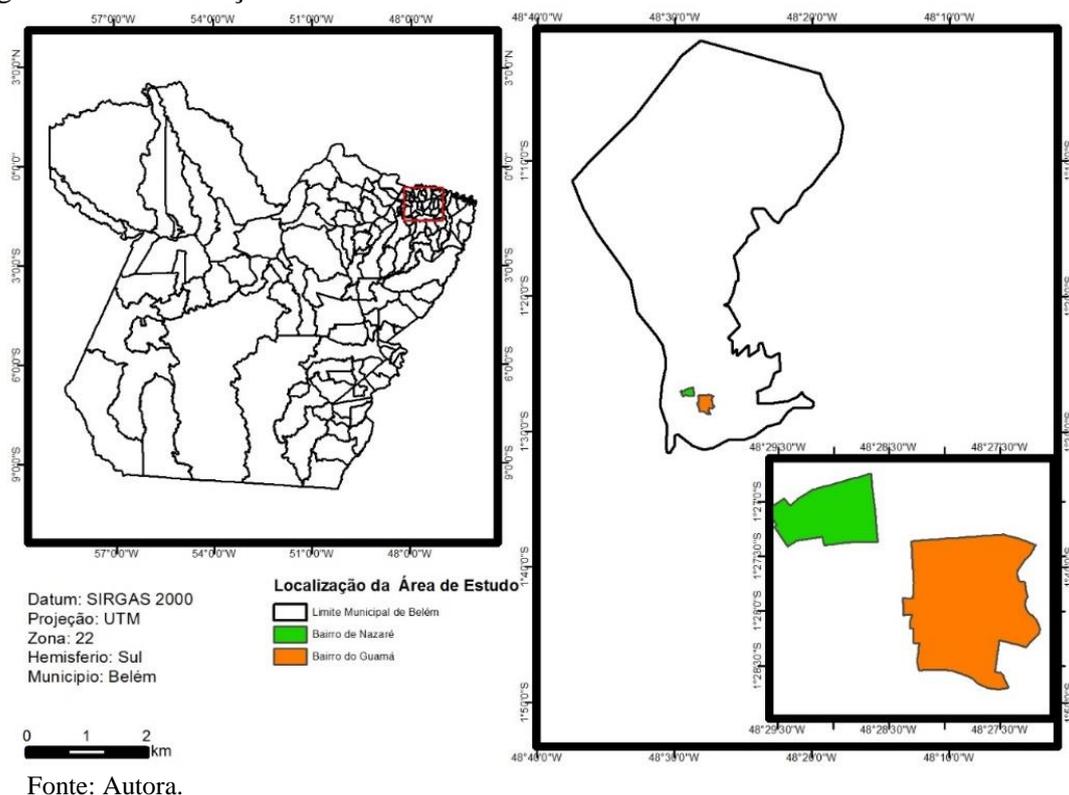
Orientada por essa transformação da paisagem a partir da segregação socioespacial, a presente pesquisa teve como objetivo mapear dois bairros com trajetórias opostas: Guamá, o bairro mais populoso e com menor poder aquisitivo, e Nazaré, com alto poder aquisitivo. Os aspectos mapeados foram a urbanização e os dados sociais e ambientais. Com esse levantamento, fez-se uma análise comparativa desses opostos, em termos de planejamento, e se buscou mostrar como essas variáveis se relacionam formando um círculo vicioso que determina a configuração urbano-espacial.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Área de Estudo

A área de estudo são os bairros de Nazaré e Guamá (Figura 12), localizados na primeira légua patrimonial da cidade de Belém, capital do estado do Pará, com uma população, respectivamente, de 20.504 e 94.610 habitantes (IBGE, 2016). Essa área situa-se na mancha urbana da cidade e mostram um recorte, em uma escala micro, dos contrastes sociais e como os problemas ambientais os atingem de maneira diversa. O primeiro está localizado sob as coordenadas 1° 26' 45.16" e 1° 27' 25.61" de latitude e 48° 28' 35.37" e 48° 29' 38,77" longitude e o segundo 1° 27' 17.78" e 1° 28' 43.56" de latitude e 48° 27' 09.19" e 48° 28' 24.51" longitude.

Figura 12 - Localização da Área de Estudo



3.2.2 Análise dos Dados Sociais e de Sensoriamento Remoto

Foi utilizada uma base georreferenciada, a partir de dados e informações cartográficas e de sensoriamento remoto, que foram processados com o suporte do software Quantum Gis (QGIS). As imagens de sensoriamento remoto são do ano de 2015 (LANDSAT 8 e RapidEye) e de 2014 (SRTM), devido a melhor qualidade e as informações mais atualizadas. Já os dados sociais são quantificados de 10 em 10 anos, assim se usou os do CENSO 2010, por serem os mais próximos e disponíveis. Ressalte-se que essa variação na escala temporal não interfere na análise.

Para o cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), a base foi uma imagem RapidEye ortorretificadas com resolução espacial de 5 metros, do dia 05 de outubro de 2015, que está disponível no site do Ministério do Meio Ambiente – MMA. Segundo Galvão et al. (2015), para gerar o NDVI usou-se as bandas 4 e 5, conforme equação 7:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (7)$$

Onde: ρ_{NIR} e ρ_{red} correspondem aos valores de reflectância de superfície das bandas 5 e 3 do RapidEye, respectivamente;

A correção de ajustes de imagens foi feita por meio do software Quantum Gis (QGIS), que permitiu visualizar e classificar os elementos urbanos. A partir da imagem raster, foi possível convertê-la em shapefile, tipo polígono, para assim quantificar, em quilômetros quadrados, a cobertura de água, solo exposto e vegetal dos bairros estudados.

Na análise de temperatura da superfície usou-se a banda 10 da imagem do LANDSAT 8 do dia de 22 de outubro de 2015 com resolução espacial de 30 metros, disponível no site do Serviço de Levantamento Geológico dos Estados Unidos – USGS. Segundo Coelho e Correa (2013), a organização e tratamento do dado raster iniciou-se com o recorte da imagem infravermelha termal (banda 10) na área desejada seguido do uso dos parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin, fundamentado nas equações 8 e 9 abaixo.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (8)$$

Onde: L_{λ} : Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μ m); M_L : Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04; A_L : Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000; Q_{cal} : Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

Conforme exposto, após a transformação dos valores em radiância da equação 3.2, aplicou-se a equação 3.3 com a finalidade de transformar os valores obtidos na primeira, em temperatura de valor em Kelvin, a qual será subtraída pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C) (COELHO; CORREA, 2013):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (9)$$

Em que: T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K_2 : Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K); K_1 : Constante de calibração 1 = 774.89 (K); L_{λ} : Radiância espectral em Watts/(m² sr μ m).

Para a análise do relevo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), tendo como base a imagem do dia 23 de setembro de 2014 do LANDSAT 8 disponível no USGS partir de uma cena SRTM 1 Arc-Second Global. A área de estudo foi recortada com suporte do software Quantum Gis (QGIS). Segundo Andrade (2008) essa técnica é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real.

O Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) é uma missão da NASA (National Aeronautics and Space Administration) e NIMA (National Imagery and Mapping Agency), com parceria das agências espaciais da Alemanha DLR (Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt) e da Itália a ASI (Agenzia Spaziale Italiana). Os arquivos MDE (modelos digitais de elevação), gerados a partir de radar, tem resolução 30x30 metros (FERREIRA et al., 2011).

A mancha de inundação foi gerada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2017) e está disponível no seu site através das Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. A partir desse dado e com suporte do software Quantum Gis (QGIS) foi possível fazer o recorte da área de estudo.

Para a análise de marés foram coletados os dados de tábuas de marés dos meses de janeiro a dezembro de 2015 e foi feita a média das marés mais altas, para cada mês, sob a influência das luas nova e cheia. Esses dados estão disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO da estação Porto de Belém (Estado do Pará) no site da Marinha do Brasil.

Para a análise da escala de clima foram coletados dados de precipitação da Estação Convencional de Belém/PA do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET dos meses de janeiro a dezembro de 2015 para gerar o acumulado mensal. Esses dados foram comparados com a Normal Climatológica de 1961 a 1990 do INMET, apontando as anomalias positivas e negativas para o período estudado.

Para a análise da escala de tempo foram coletados dados de precipitação da Estação Meteorológica Automática de Belém/PA do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET dos meses de janeiro a dezembro de 2015 para gerar o ciclo diurno da precipitação em horário UTC para cada mês. A rosa dos ventos foi gerada com dados da Estação Meteorológica Automática de Belém/PA do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para o ano de 2015, através do software de código aberto, o R Project, em conjunto com um pacote de dados denominado OpenAir (CARSLAW; ROPKINS, 2012), onde foi

possível demarcar uma variação de intensidade e direção sazonal do vento, das 09-21 UTC e 21-09 UTC.

Os dados sociais foram levantados da Tabela 3345 pela variável classe de rendimento nominal mensal domiciliar do CENSO 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Este mesmo órgão classifica os dados de renda em cinco classes sociais (Tabela 6). A partir desses dados foi possível plotar um gráfico com o percentual de cada classe nos bairros de análise.

Tabela 6 - Classes Sociais no Brasil.

Classes Sociais	Quantidade de Salários Mínimos
A	Acima de 20 SM
B	De 10 a 20 SM
C	De 5 a 10 SM
D	De 2 a 5 SM
E	Até 2 SM

Fonte: IBGE (2008).

3.3 Resultados e Discussões

3.3.1 Condições Sociais

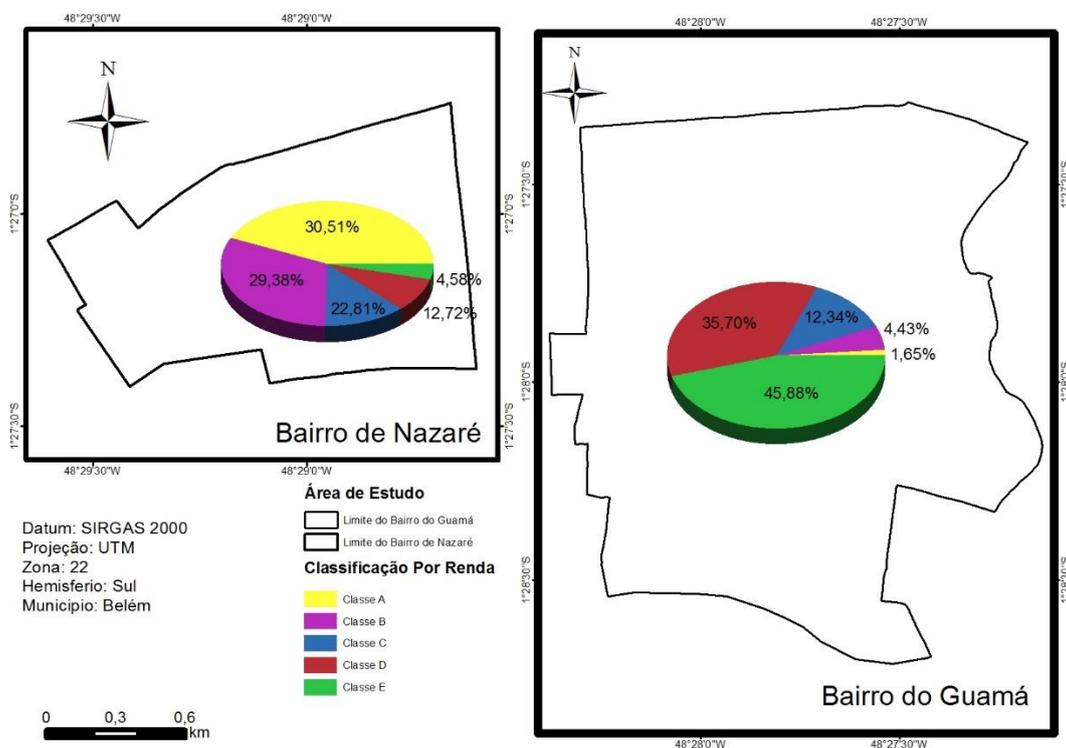
A ocupação das melhores áreas, Nazaré, foi feita pela população de alta renda, enquanto, as baixadas foram ocupadas pela população de baixa renda, Guamá. Esse processo de segregação socioespacial se revela através desses níveis de renda. O bairro de Nazaré tem 20.504 habitantes (IBGE, 2016), dos quais 30,51% pertencem a classe A, 29,38% a classe B, 22,81% na classe C, 12,72% na classe D e 4,58% na classe E (Figura 13). Em oposição, o bairro do Guamá tem 94.610 habitantes, dos quais 1,65% pertencem a classe A, 4,43% a classe B, 12,34% na classe C, 35,70% na classe D e 45,88% na classe E. Corroborando com os resultados, Cardoso et al. (2015) afirmam que a ocupação das melhores (e mais altas) porções territoriais de Belém foi feita pela população de maior poder aquisitivo, enquanto que as baixadas foram ocupadas pela população com baixa qualificação.

Assim, a ocupação de áreas alagadas, localizadas nas baixadas, foi uma alternativa de moradia na área central, mesmo sendo inadequadas à ocupação. Tanto que, num primeiro momento, não foram alvo de interesse nem do Estado nem dos demais sujeitos

sociais. Mas, que no decorrer das duas últimas décadas vem despertando interesses imobiliários, sendo notória a implantação de serviços infraestruturais nessas áreas e a consequente impossibilidade de seus antigos moradores continuarem a viver lá após seu processo de valorização (PIMENTEL et al., 2012).

A respeito da forma os dois apresentam organização e extrato social diferenciado, o que se revela através da análise das variáveis ambientais, ficando a população do Guamá mais vulnerável social e ambientalmente seja pela situação física seja pelas suas condições precárias, decorrentes de ações antrópicas. Nazaré, ao contrário, está menos sujeito aos riscos.

Figura 13 - Concentração de Renda na Área de Estudo.



Fonte: Autora.

3.3.2 Características da Cobertura da Superfície

O NDVI (Figura 14) revelou altos índices de urbanização para a área de estudo. Esses valores são resultado da forma de ocupação em cada um dos bairros. O bairro de Nazaré tem uma área total de 1,51 km² (Tabela 7), dos quais 89,30% correspondem a solo exposto e 10,70% são de áreas verdes. O bairro do Guamá tem 4,27 km², com 92,60% de solo exposto e 7,40% de áreas verdes. Ressalte-se que essas áreas são importantes para a

qualidade ambiental das cidades, já que assumem um papel de equilíbrio entre o espaço modificado para o assentamento urbano e o meio ambiente (LIMA; AMORIM, 2006).

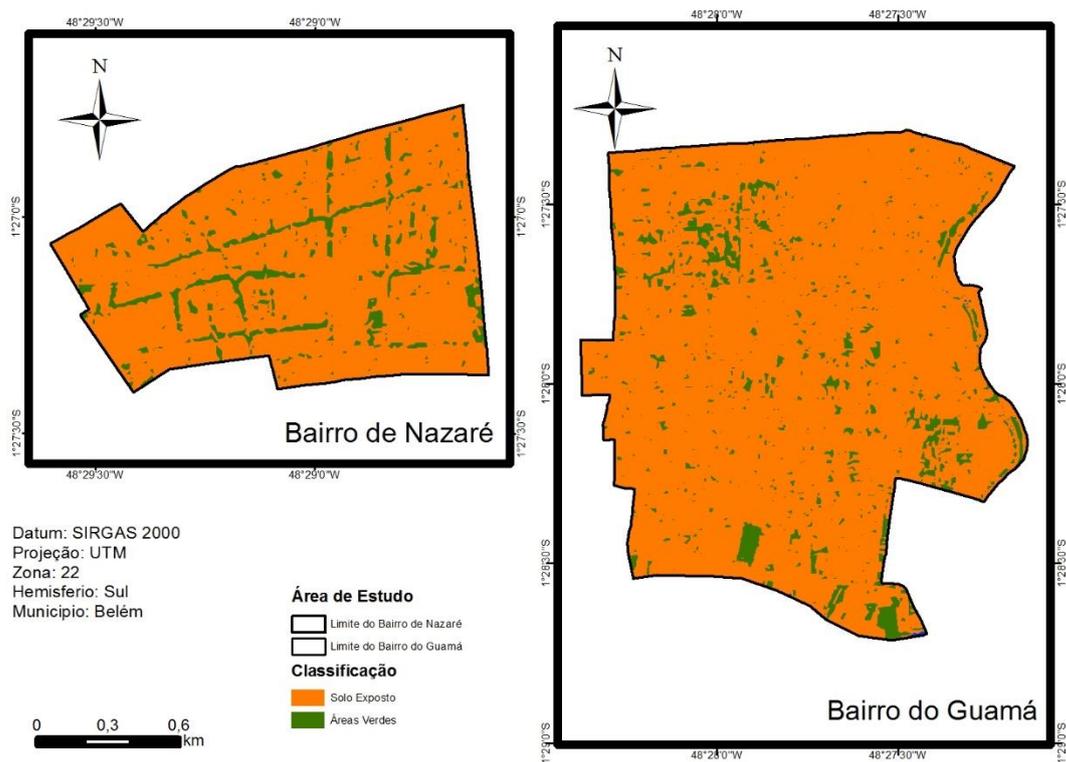
Nazaré, por ter uma ocupação mais antiga e planejada, possui 59,89% dos seus habitantes nas classes A e B. Quanto às áreas verdes, apresenta apenas 10,70% do seu território, entretanto, percebe-se na morfologia do bairro a presença dessas áreas formando grandes corredores nas suas principais avenidas, além da área do Museu Emílio Goeldi (Figura 15 e Figura 16). Segundo Andrade, essa situação decorre do planejamento de urbanização de Nazaré, e de outros bairros de Belém, que foi o processo de arborização das principais vias do bairro, tendo em vista que o processo de arborização é um fator que até os dias atuais é percebido, através dos tuneis de mangueiras, como positivo por uma questão estética, de embelezamento e também pelo conforto térmico para os cidadãos (2003 apud RODRIGUES et al., 2014).

O Guamá, por ter uma ocupação mais recente, surgiu sem nenhum planejamento por parte do Poder Público, isso pode ser percebido na análise das áreas verdes, que representam 7,40% do seu território. É importante destacar que essas áreas são pontuais e localizadas no cemitério de Santa Isabel, em uma área abandonada da Avenida Bernardo Sayão e na área do Espaço Náutico, atrás do Restaurante Universitário da Universidade Federal do Pará (Figura 15 e Figura 16). Essa ausência está relacionada ao modo de ocupação desordenada do espaço, o Guamá é o bairro mais populoso de Belém e concentra 81,58% dos seus habitantes nas classes D e E.

No que diz respeito aos índices de áreas verdes adequados, estima-se que um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% seja o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que áreas com índice de arborização inferior a 5% determinam características semelhantes a um deserto vegetal (OKE, 1973). Aqui cabe ressaltar, que o autor fazia referência a sua área de estudo, hemisfério norte, no entanto, guardada as devidas proporções, cabe a analogia.

Destaque-se que a supressão de áreas verdes ocasiona alterações no meio físico e consequentemente na sustentabilidade da cidade e na qualidade de vida da população. Silva Júnior et al. (2013) afirmam que vários estudos indicam a forte influência positiva da vegetação, tanto sobre o clima como sobre a qualidade do ar. Desta forma, as áreas verdes tendem a reduzir a temperatura do ar, amenizando o aquecimento excessivo do solo e das estruturas nele instaladas, pois equilibram as taxas de evapotranspiração e os níveis de vapor d'água na atmosfera próxima (STULPNAGEL et al., 1990; JÁUREGUI, 1992; MAITELLI et al., 1991; HASENACK; BECKE, 1991; BRASIL, 1995).

Figura 14 - Classificação do NDVI da Área de Estudo.



Fonte: Autora.

Tabela 7 - Quantitativo da Classificação na Área de Estudo.

Bairros	ÁGUA		SOLO EXPOSTO		ÁREAS VERDES	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Guamá	0	0	3,95	92,60	0,32	7,40
Nazaré	0	0	1,36	89,30	0,15	10,70

Fonte: Autora.

Figura 15 - Bairro de Nazaré



Fonte: Google Earth (2017)

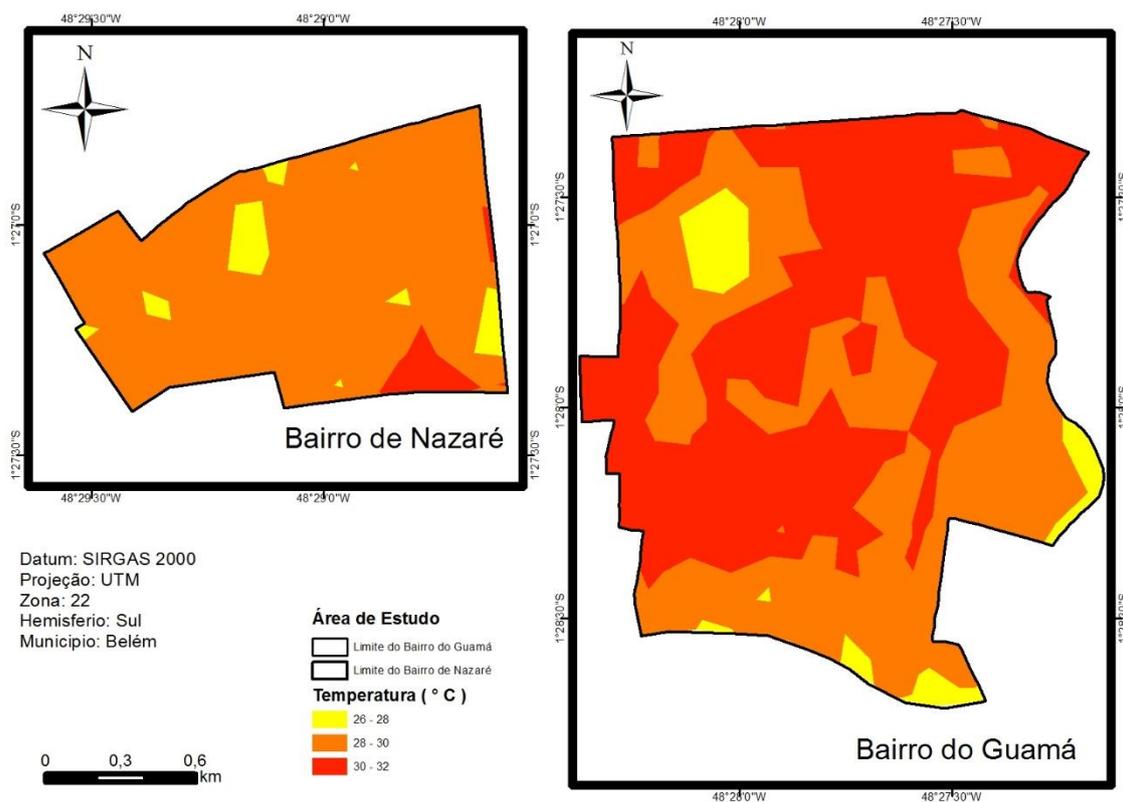
concentram-se no bairro do Guamá, com temperaturas na faixa de 28°C a 32°C (Figura 17). Apenas pontos específicos, com presença de áreas verdes (Figura 14), apresentam temperaturas na faixa de 26°C a 28°C. Esse aumento na temperatura da superfície se justifica pela alta densidade populacional, vias estreitas, com pouca ou nenhuma arborização. Conforme demonstrado por Rodrigues et al. (2014), além das moradias, predominantemente, serem de um a dois pavimentos, em função do baixo poder aquisitivo, o que impede a formação de sombras na área.

O bairro de Nazaré, também, apresenta temperaturas de superfície elevadas, entretanto, a faixa predominante é a de 28°C a 30°C. Há alguns pontos coincidentes com áreas verdes, conforme demonstrado na análise do NDVI, que tem temperaturas na faixa de 26°C a 28°C. Aliado a esse fator, é bom lembrar que Nazaré teve uma ocupação mais antiga e planejada, o que possibilitou a verticalização, proporcionando sombra.

Nessas áreas percebe-se o processo de formação de ilhas de calor urbano. Nos ambientes urbanos ocorre maior armazenamento de calor durante o dia, devido às propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construção urbana. Essas estruturas apresentam maior capacidade calorífica, o que proporciona uma maior absorção de energia durante os horários diurnos, liberando lentamente ao ambiente urbano esta energia, na forma de calor sensível. Este fenômeno é mais perceptível durante os horários noturnos, pois estão fisicamente mais aquecidos que a periferia urbana (OKE, 1987; COSTA; MATTOS, 1998; BARBOSA et al., 2015).

Ressalte-se, que o bairro de Nazaré, quanto à formação de ilhas de calor, apresenta vantagem em relação ao bairro do Guamá, justamente pela presença de árvores frondosas, as mangueiras (*mangifera indica*), próximas as avenidas, o que ajuda a amenizar tal efeito.

Figura 17 - Temperatura da Superfície obtida a partir do LANDSAT 8.



Fonte: Autora.

Parte desses problemas sociais e ambientais pode ser explicado através da análise da topografia da área de estudo. O MDE (Figura 18), mostrou que a maior parte do bairro do Guamá encontra-se nas cotas mais baixas, variando de < 4,43m a 9,47m. Apenas uma pequena parte ao noroeste, próximo ao Cemitério de Santa Isabel, apresenta cotas variando de 13,73m a 17,44m. Isso é um reflexo claro do processo de ocupação do bairro, que nos ajuda a entender processos ambientais.

O Guamá está situado em cotas entre 5 e 10m. Esses locais eram caracterizados pela deficiência de drenagem pluvial e pela população muito pobre, que residia em casebres ou ‘barracas’ construídas em lotes muito pequenos localizados sobre áreas alagáveis, como os igapós e às margens de igarapés (PENTEADO, 1968 apud ARAÚJO, 2013). Com a evolução da ocupação dessa área, grande parte dos igapós foram aterrados e os igarapés transformados em canais de drenagem pluvial.

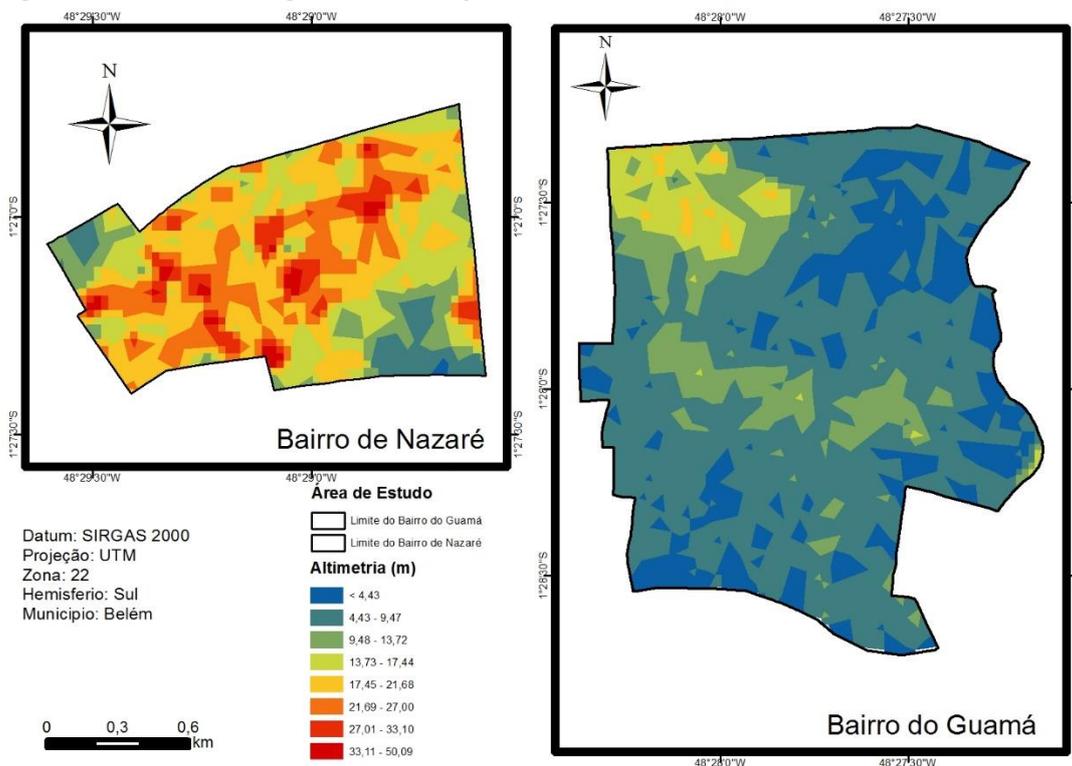
Percebe-se claramente que a população de menor poder aquisitivo ocupou o bairro de maneira irregular, colocando-os em situação de vulnerabilidade sujeitos a grandes riscos de inundação e endemias provocadas por problemas de veiculação hídrica.

Esta situação é o inverso do que ocorre no bairro de Nazaré, que apresenta a maior parte da sua área nas cotas acima de 17,45m e apenas uma pequena parcela a sudeste e a noroeste com cotas variando de 4,43m a 13,72 m, situando-se na área de terra firme da cidade. A ocupação mais antiga e ordenada permitiu que o bairro fosse povoado por pessoas de maior poder aquisitivo.

Destaque-se que nos dois bairros, as taxas de urbanização são altas e as de áreas verdes baixas, o que causa a impermeabilização do solo. Tucci (2009) afirma ser essa uma das principais causas das inundações e deslizamentos em áreas urbanas, porque as áreas verdes são diminuídas gradualmente reduzindo a propensão de infiltração de água na terra, aumentando consideravelmente a quantidade e a velocidades de água que percola pela superfície do solo.

Essa configuração topográfica aliada aos fatores climáticos e a impermeabilização do solo, aumenta os riscos socioambientais, principalmente para área mais desfavorável, que no caso é o bairro do Guamá.

Figura 18 - Modelo Digital de Elevação da Área de Estudo.



Fonte: Autora.

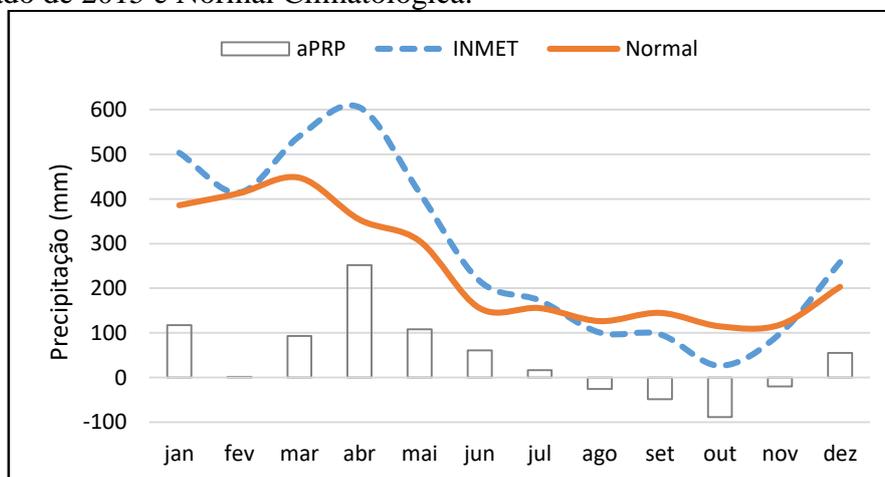
3.3.3 Aspectos Físicos da Superfície e da Atmosfera

No período mais chuvoso, que ocorre nos trimestres de DJF e MAM, conforme dados da Estação Convencional do INMET (Figura 19), a precipitação variou de 413 mm a 604,90 mm, exceto no mês de dezembro que teve uma precipitação de 258,20 mm. No período menos chuvoso, JJA e SON, a precipitação variou de 98,3 mm a 216,2 mm. Essa intensa precipitação, quando associada a outros fatores causa inundação nas partes mais baixas da cidade, como é o caso do Guamá.

Na análise da distribuição mensal da precipitação, o ano de 2015, dos doze meses apresentou sete meses (janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho e dezembro) com anomalias positivas em relação à Normal Climatológica de 1961 a 1990, tendo seu máximo no mês de abril com uma precipitação de 251,50 mm. Os outros meses (julho, agosto, setembro, outubro e novembro), apresentaram anomalias negativas, tendo seu máximo em outubro. É importante destacar que o ano em questão esteve sob influência do *El Niño*, conforme o trabalho de Medeiros et al. (2016). O *El Niño* é a fase positiva do El Niño-Oscilação do Sul (ENOS), que nos Trópicos ocasiona uma redução das chuvas, podendo causar anomalias negativas de precipitação.

Apesar desse fenômeno, o observado na área de estudo foi o oposto. Isto pode decorrer da formação de ilhas de calor urbano, pois nos ambientes urbanos ocorre maior armazenamento de calor durante o dia, devido às propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construção urbana, o que, conforme Freitas (2003), ocasiona um aumento na precipitação, através do aumento das correntes convectivas sobre o centro urbano.

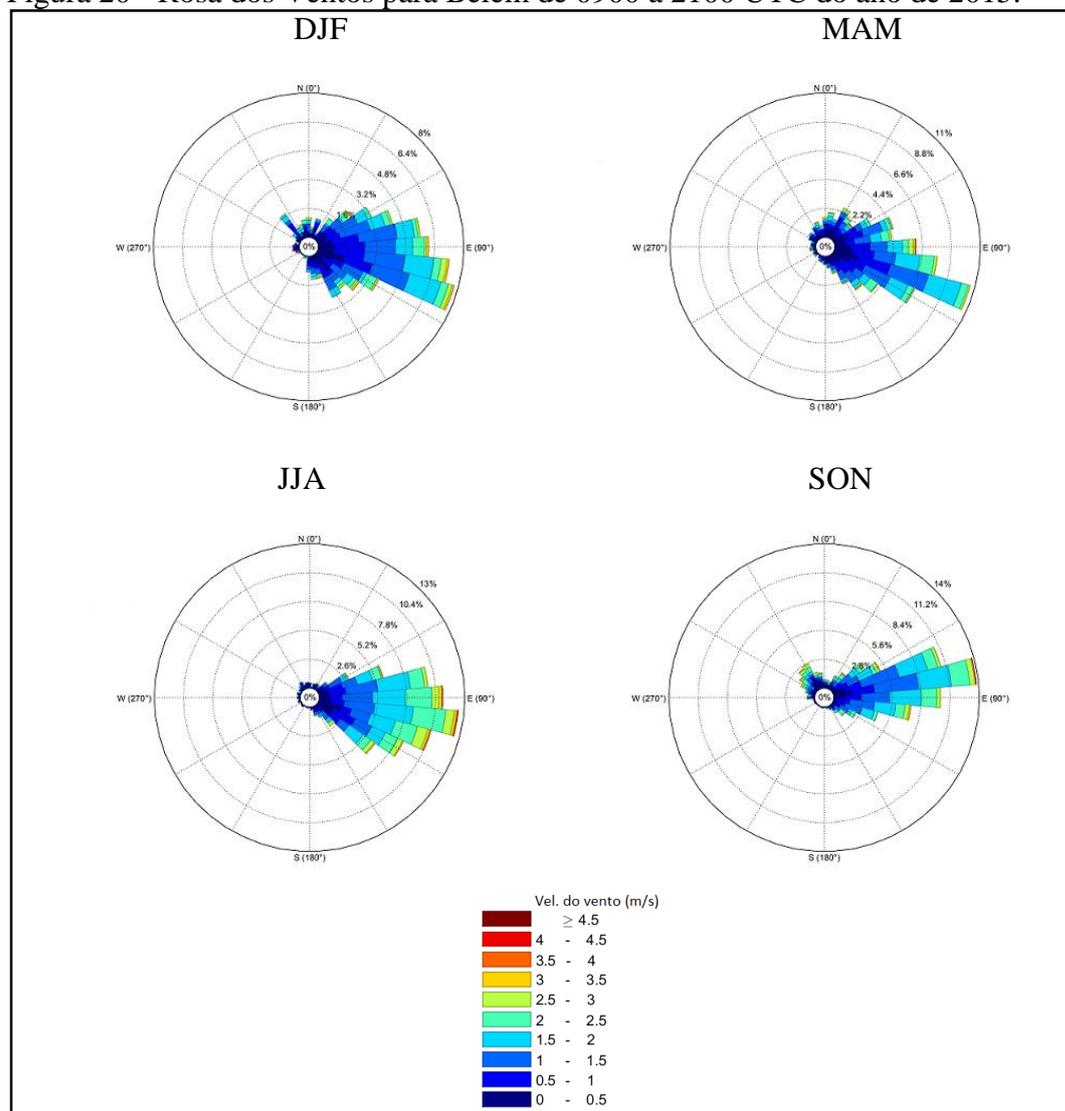
Figura 19 - Distribuição Mensal da Precipitação em Belém: Anomalia de 2015, Acumulado de 2015 e Normal Climatológica.



Fonte: Autora.

Partindo da análise mensal das condições anômalas da precipitação, pode ser observado na escala horária, a atuação do vento horizontal (Figura 20 e Figura 21) associada a ocorrência das chuvas locais. No trimestre DJF, durante o dia, a direção varia de 90° a 120°, SE, com uma velocidade média de 1,5 m/s, a noite, a direção varia de 30° a 90°, NE, com uma velocidade média de 0,75 m/s. O trimestre MAM, para o dia, tem uma variação na direção de 90° a 120°, SE, com velocidade média de 1 m/s, para a noite, tem uma variação na direção de 30° a 120°, NE/SE, com velocidade média de 0,5 m/s.

Figura 20 - Rosa dos Ventos para Belém de 0900 a 2100 UTC do ano de 2015.



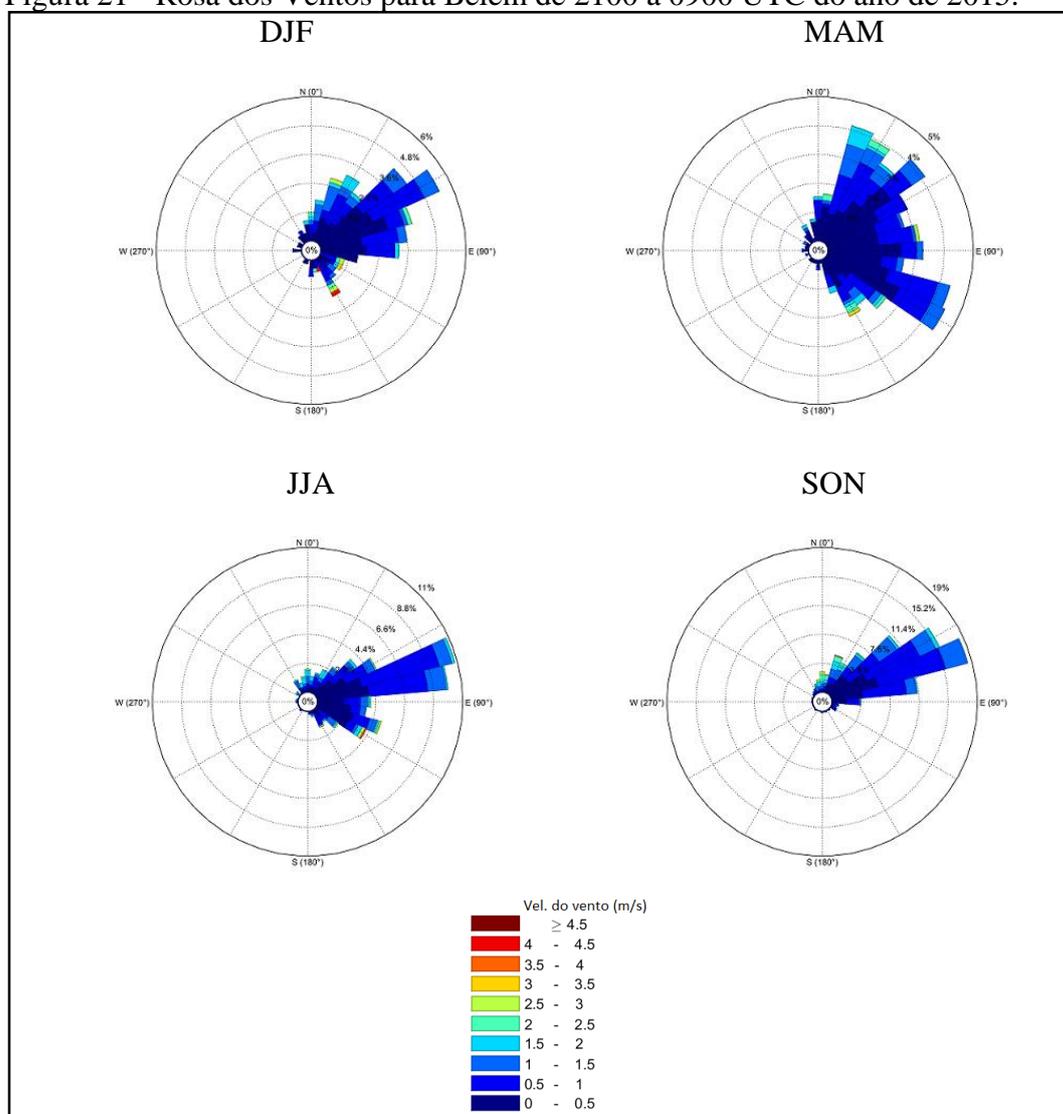
Fonte: Autora.

No trimestre JJA, durante o dia, a direção varia de 90° a 120°, SE, com uma velocidade média de 2,5 m/s, durante a noite, a direção varia de 60° a 90°, NE, com uma velocidade média de 1 m/s. O trimestre SON, para o dia, tem uma variação na direção de

60° a 90°, NE, com velocidade média de 2 m/s, para o período da noite, tem uma variação na direção de 60° a 90°, NE, com velocidade média de 1 m/s.

Germano et al. (2017) apontam que em Belém, localizada mais para o interior da costa não é possível identificar a brisa terrestre no trimestre MAM, devido à intensa convecção associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) durante este período, o que reduz a intensidade do vento que entra na costa. Já a brisa fluvial tem ocorrência durante todos os meses do ano, e a brisa marítima é mais forte no trimestre JJA. Em geral, o ciclo diurno de direção do vento apresenta um máximo principal do Nordeste (NE) na cidade de Belém com a ocorrência da brisa marítima na mesma direção dos ventos alísios.

Figura 21 - Rosa dos Ventos para Belém de 2100 a 0900 UTC do ano de 2015.

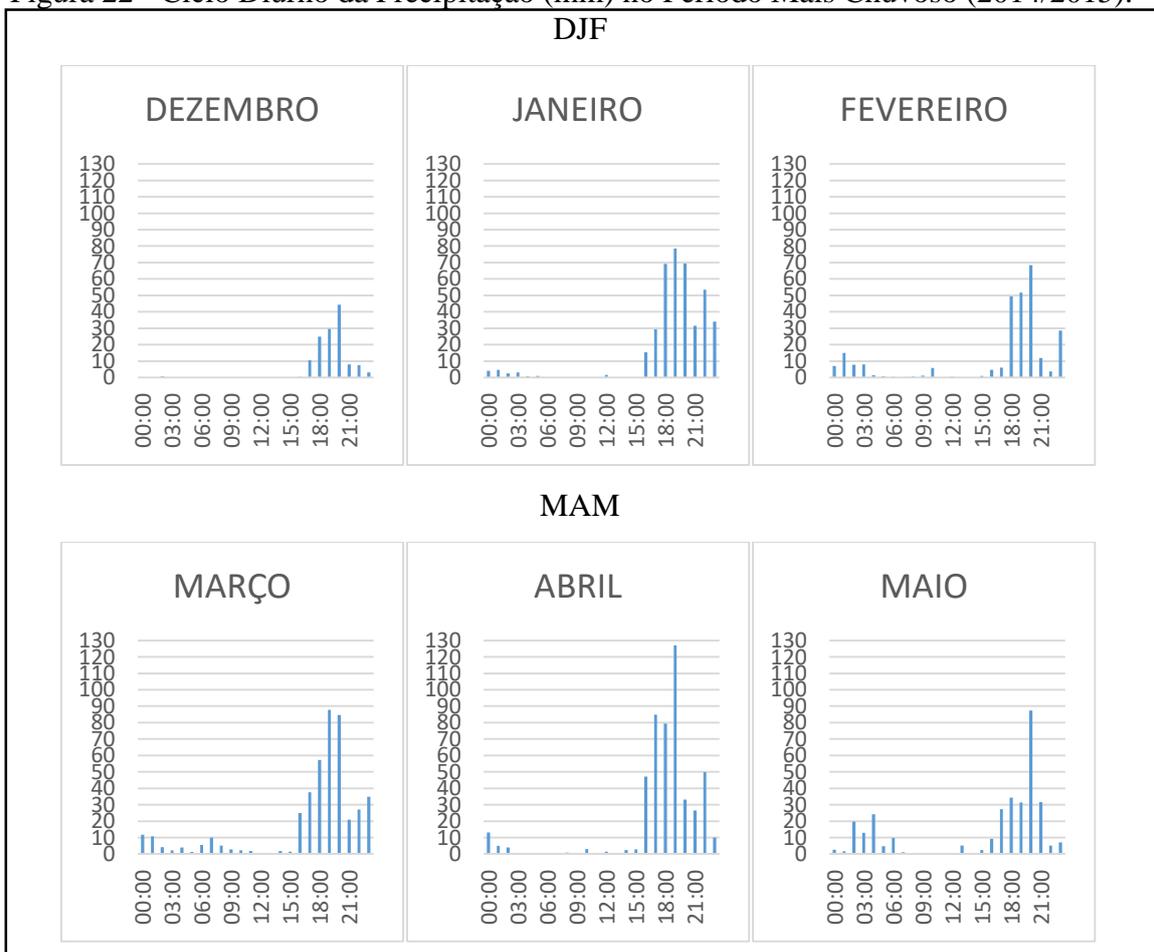


Fonte: Autora.

A atuação da brisa fluvial reflete na escala de tempo, pois o horário de atuação daquela coincide com os horários de chuva. O ciclo diurno das chuvas é altamente influenciado pelas circulações da brisa, tendo seu máximo pronunciado quando ocorrem essas circulações (GERMANO, 2017). O ciclo diurno da precipitação para 2015 apresentou o seguinte comportamento, no período mais chuvoso, DJF e MAM (Figura 22) a ocorrência das chuvas se concentra de 1600 a 2300 UTC, com máximo observado em abril com 127mm, e a partir de janeiro, inicia a ocorrência das chuvas da madrugada no horário de 0000 a 0900 UTC. No trimestre MAM, esse aumento da precipitação é provocado pela combinação do aquecimento diferencial com a ZCIT.

No período menos chuvoso, JJA e SON (Figura 23), de madrugada, em geral, não tem ocorrência de chuvas, sendo observada mais a noite de 1900 a 2300 UTC e de pouca intensidade. Esse padrão está associado ao aquecimento diferencial, que induz a formação de Linhas de Instabilidade (COHEN et al., 1995) e de Sistemas Convectivos de Mesoescala Circular (SODRÉ et al., 2015).

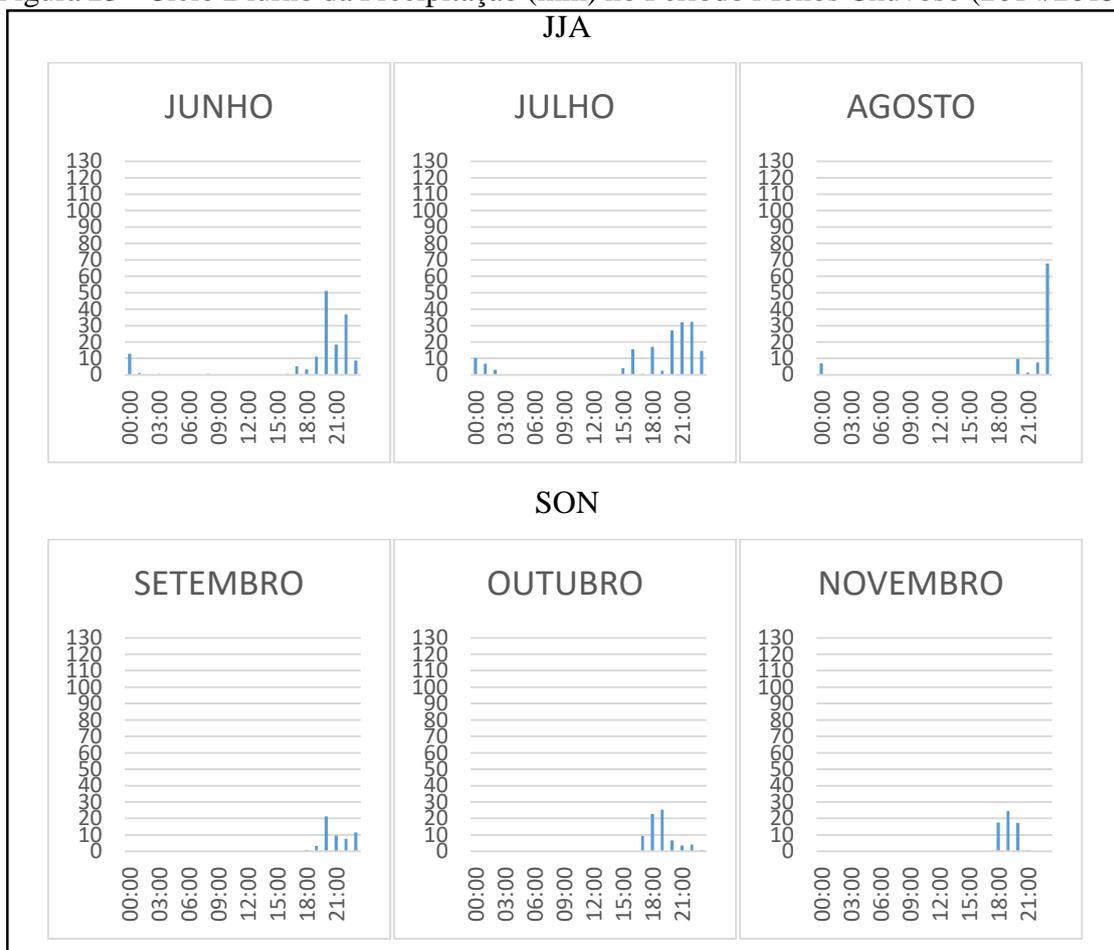
Figura 22 - Ciclo Diurno da Precipitação (mm) no Período Mais Chuvoso (2014/2015).



Fonte: Autora.

Ressalte-se, ainda, que paralelo a influência das circulações locais, indicam que a intensidade das chuvas no período de 24 horas (Chuva Máxima) vem aumentando ao longo dos anos e isso pode ser relacionado às alterações locais ocorridas, devido ao processo de urbanização, que implicou em maior aquecimento da superfície ao nível do solo, maior convecção e, conseqüentemente, em maior aumento de chuvas por efeito local (PONTES et al., 2017).

Figura 23 - Ciclo Diurno da Precipitação (mm) no Período Menos Chuvoso (2014/2015).



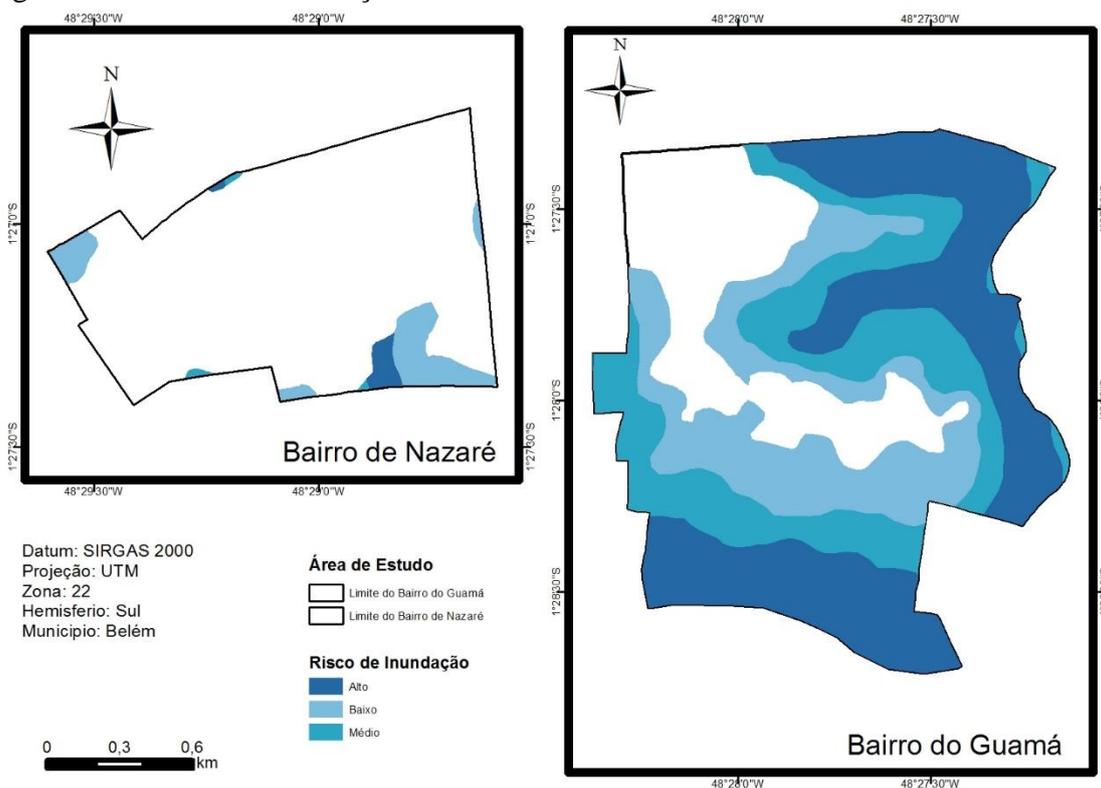
Fonte: Autora.

Para além dessas características da atmosfera, é preciso analisar os aspectos geomorfológicos da área de estudo. O bairro de Nazaré apresenta dois pontos com riscos de inundações um mais ao norte com risco baixo e outro ao sul com risco alto e baixo. No caso do Guamá, o bairro apresenta uma grande área com risco alto e médio de inundação e uma área mais ao centro apresentando risco baixo (Figura 24), corroborando com esses resultados tem-se o trabalho de Campos et al. (2015).

Ressalte-se que nos dois casos, esses pontos são coincidentes com as áreas topográficas mais baixas (Figura 18). Assim, ao analisar as áreas de inundação (Figura 24) propostas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2017), percebe-se que as variáveis de renda, NDVI, precipitação e topografia determinam uma susceptibilidade maior ou menor à inundação.

A área de estudo situa-se em um ambiente em que os aspectos geomorfológicos e climáticos convergem para uma situação constante de risco ambiental a ocorrência de inundações. As áreas de várzea associadas a um índice pluviométrico em torno de 3000 mm/ano e as modificações decorrentes da urbanização (impermeabilização, alteração topográfica, problemas de saneamento básico) favorecem a ocorrência de alagamentos principalmente durante a estação mais chuvosa (PONTES et al., 2017).

Figura 24 - Riscos de Inundação na Área de Estudo.



Fonte: Autora.

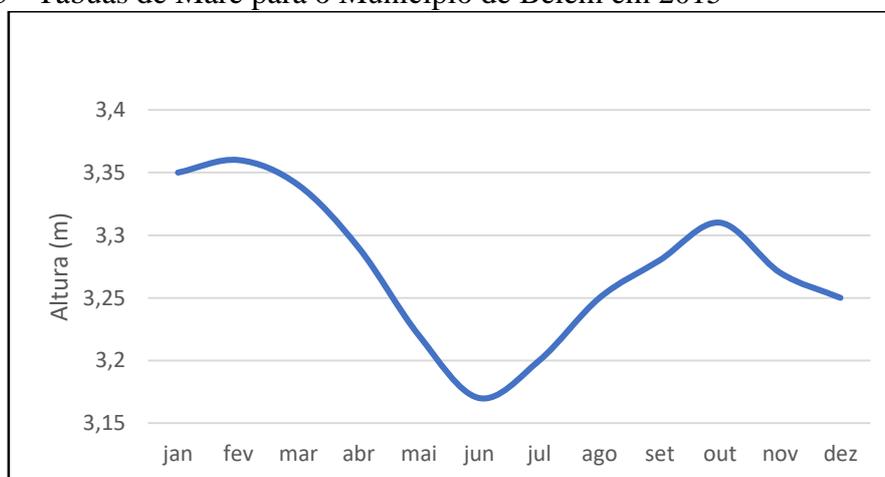
Não é só o relevo e a precipitação que contribui para os eventos de inundação. As marés também contribuem sobremaneira para esse cenário de riscos. Para o ano em questão, as marés mais altas coincidiram com o período chuvoso (Figura 22), tendo seu ápice no mês de fevereiro com uma altura de 3,36m seguida dos meses de janeiro com

3,35m e março com 3,34m. Martins (2015) afirma que a coincidência das estações chuvosas com o período de cheia do Rio Guamá, tem levado ao agravamento das inundações ao longo do Igarapé Tucunduba em função do remanso ocasionado pela entrada das águas de maré altas no canal.

O fenômeno das marés contribui muito para a ocorrência das inundações em Belém, seja através da própria inundação de áreas ribeirinhas pelas águas da baía do Guajará e do rio Guamá ou pela obstacularização das águas drenadas pelos canais e igarapés (ARAÚJO, 2013).

Essa situação reforça o apontado acima, as porções mais altas do bairro de Nazaré tornam-se áreas nobres e concentram as melhores condições de vida. No entanto, o Guamá, por se situar nos lugares mais baixos, com uma alta taxa de urbanização, que dificulta a impermeabilização do solo, tem maiores riscos de inundação. Aliado a esses fatores físicos, destaque-se que a maior parte da sua população é de pessoas com baixo poder aquisitivo, as quais vivem sem o mínimo de planejamento urbano por parte do Poder Público.

Figura 25 - Tábuas de Maré para o Município de Belém em 2015



Fonte: Autora.

3.4 Conclusões

A partir da análise comparativa de variáveis físicas entre dois bairros com trajetórias opostas: Guamá, o bairro mais populoso e com menor poder aquisitivo, e Nazaré, com alto poder aquisitivo, foi possível demonstrar como uma variável depende da outra em uma relação de causa e efeito, determinando a configuração urbano-espacial. Para isso, tópicos como a urbanização, dados de renda, distribuição de áreas verdes, temperatura da

superfície, cotas altimétricas, escala de clima e de tempo, vento horizontal, tábuas de marés e mancha de inundação, foram analisados e quantificados.

Os resultados apontaram que o bairro do Guamá, já em desvantagem pela ocupação recente e sem planejamento, possui 7,40% de áreas verdes e 92,60% de solo exposto do seu território. Isso reflete nas temperaturas da superfície, na faixa predominante de 30°C a 32°C. Indo além, a maior parte do bairro do Guamá encontra-se nas cotas mais baixas, variando de < 4,43m a 13,72 m, sujeitando-o a maiores riscos de inundações. Ressalte-se, por relevante, que 81,58% dos seus habitantes são das classes D e E. Nesse cenário desfavorável, quando se observa o padrão de precipitação, os seus efeitos atingem escala maior aqui, justamente para a população de baixa renda.

Em oposição, o bairro de Nazaré, que teve uma ocupação mais antiga e planejada, possui 10,70% de áreas verdes e 89,30% de solo exposto do seu território. As temperaturas da superfície estão predominantemente na faixa de 28°C a 30°C. A maior parte da sua área situa-se nas cotas acima de 17,45m, o que reduz os riscos de inundações. Aproximadamente 60% dos seus habitantes são das classes A e B. Aqui encontra-se um cenário mais favorável, quando se observa o padrão de precipitação, pois os seus efeitos são sentidos em menor intensidade.

Dessa forma, percebe-se que o espaço construído sem planejamento, que no caso em estudo é ocupado pela população de baixa renda, sofre mais com os efeitos ambientais, revelando um padrão de segregação socioespacial dentro de um círculo vicioso imposto há muito tempo. Para romper essas barreiras, é preciso atentar para criação de Políticas Públicas que sejam capazes de atenuar esses efeitos.

Referências

ANDRADE, I. R. A. O uso de técnicas de sensoriamento remoto na identificação de formas na região de Porto Rico, planície de inundação do Alto Rio Paraná, MS/PR. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Estadual de Maringá, 2008.

ARAÚJO, A. N. B. Análises de medidas adaptativas autônomas usadas pela população em caso de inundações: estudo dos bairros de Batista Campos e Cremação em Belém, Pará. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia, Universidade Federal do Pará, 2013.

BARBOSA, P. H. D.; COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; SILVA JUNIOR, J. DE A. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015.

CAMPOS, T. L. O. B.; MOTA, M. A. S.; SANTOS, S. R. Q. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 182-194, 2015.

CARDOSO, A. C. D.; LIMA, J. J. F.; SILVA NETO, R. V.; RODRIGUES, R.; PONTE, J. P. X.; GOMES, T. Forma urbana de Belém e seus desdobramentos para a formação de um sistema de espaços livres acessível à população. **Paisagem e Ambiente**, v. 37, 2016.

CARDOSO, A. C. D.; FERNANDES, D. A.; BASTOS, A. P. V. A inserção da RMB na Amazônia e na rede urbana brasileira. In: CARDOSO, A. C.; LIMA, J. J. (Org.). **Belém: transformações da ordem urbana**. 1ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015, v. 1.

CARDOSO, A. C. D.; FERNANDES, D. A.; LIMA, J. J. Região Metropolitana de Belém: um balanço de quatro décadas. In: Cardoso, A. C.; Lima, J. J. (Org.). **Belém: transformações na ordem urbana**. 1ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015, v. 1.

CARSLAW, D. C.; ROPKINS, K. Openair - an R package for air quality data analysis. **Environmental Modelling & Software**. V. 27-28, pp. 52–61, 2012.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor Tirs/Landsat- 8: Metodologia e Aplicações. **Revista Geografia Acadêmica**, v.7, n.1, 2013.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, 1995.

COSTA, A. C. L.; MATTOS, A. Estudo da ilha de calor urbana na cidade de Belém - PA. In: **Simpósio Nacional de Climatologia Geográfica**, 1998, Salvador - BA, 1998.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações. **Documento Cartográfico**. Brasil, 2017.

FERREIRA, G. F.; COSTA, A. P. R.; CANDEIAS, A. L. B. Análise comparativa de Modelos Digitais de Elevação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. 2011, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba, PR, 2011.

GALVAO, L. S.; BREUNIG, F. M.; SANTOS, J. R.; TELES, T.S.; GAIDA, W.; MOURA, Y.M. Uso de imagens RapidEye no estudo das variações sazonais de índices de vegetação no Parque Estadual do Turvo (PET). In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2015.

GERMANO, M. F.; VITORINO, M. I.; COHEN, J. C. P.; COSTA, G. B.; SOUTO, J. I. O.; REBELO, M. T. C.; DE SOUSA, A. M. L. Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. **Atmospheric Science Letters**, v. 18, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. Pesquisa de Orçamentos Familiares. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009/default.shtm>.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. 1980.

LIMA, V. AMORIM, M. C. C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Formação** (Presidente Prudente), v. 13, p. 139-165, 2006.

MARTINS, V. C. D. Avaliação de sistemas de prevenção e contenção de inundações em Bacia de drenagem urbana. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará. **Dissertação de Mestrado**, 2015.

MEDEIROS, R. M.; BRITO, J. I. B.; SILVA, V. M. A.; MELO, V. S.; COSTA NETO, F. A. El Niño/ La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus, Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V. 11, Nº 2, p. 16-23, 2016.

MELO, A. C.; CARDOSO, Ana Cláudia. Cidades para quem? Descompasso entre políticas ambientais e urbanas na periferia do capitalismo. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo** (PUCMG), v. v. 21, p. 83-103, 2014.

OKE, T. R. *Boundary layer climates*. Second Edition. London & New York: Routledge, 1987. 435 p.

_____. City size and urban heat island. **Atmospheric environment**, New York, v. 7, n. 8, 1973. pp. 769–779.

PIMENTEL, M. A. S.; SANTOS, V. C.; SILVA, F. A. O.; GONCALVES, A. C. A ocupação das várzeas na cidade de Belém: causas e consequências socioambientais. **Revista Geonorte**, v. 2, p. 34-45, 2012.

PONTES, M. L. C.; LIMA, A. M. M.; SILVA JÚNIOR, J. A.; SADECK, C. C. A. Dinâmica das áreas de várzea do município de Belém/PA e a influência da precipitação pluviométrica na formação de pontos de alagamentos. **Caderno de Geografia**, v. 27, 2017.

RIBEIRO, W.C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 27, p. 297-321, 2008.

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M.; SARAIVA, J. S. Análise morfológica dos bairros de Nazaré e Guamá no processo de redução das áreas verdes urbanas no município de Belém-PA. In: VI Congresso Ibero-americano de Estudos Territoriais e Ambientais. **Anais**. São Paulo, v. 1, 2014.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; CARVALHO, S. P. Eventos de precipitação e alagamentos na cidade de Belém-Pa. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa. **Anais - IV SIC**, 2011.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, 2013.

SODRÉ, G. R. C.; VITORINO, M. I.; COHEN, J. C. P.; MORAES, B. C. Estudo observacional da convecção de mesoescala em diferentes superfícies no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 8, p. 45-55, 2015.

TRINDADE JÚNIOR, S-C. C. **Formação metropolitana de Belém (1960-1997)**. Belém: Paka-Tatu, 2016.

TUCCI, C. E. M. Aspectos institucionais no controle de inundações. In: Seminário De Recursos Hídricos Do Centro- Oeste, 1. **Anais** do I Seminário de Recursos Brasília, 2009.

4 ELEMENTOS PARA UMA SUSTENTABILIDADE URBANA EM BELÉM, PARÁ: UM ENSAIO DA TRAMA VERDE E AZUL

Resumo

A partir da revolução industrial o mundo presenciou o progresso econômico às custas da exploração dos recursos naturais e um expressivo crescimento urbano, quase sempre desordenado, com isso as dinâmicas sociais e demandas das cidades estão bastante diversificadas. Uma ponte entre o desenvolvimento necessário para suprir estas demandas e a manutenção deste desenvolvimento é a sustentabilidade urbana. O presente trabalho visa estabelecer critérios e elementos fundamentais para que a sustentabilidade seja alcançada na cidade de Belém, através de análise de literatura e artigos pertinentes, por fim apontando a adoção da ferramenta da Trama Verde e Azul na Bacia Hidrográfica do Tucunduba, para incorporar e conectar unidades de conservação e complexos ambientais culturais na área, com o intuito de promover a biodiversidade, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental dos cidadãos.

Palavras-chave: Urbanização. Planejamento Urbano. Sustentabilidade. Trama Verde e Azul.

Abstract

From the industrial revolution the world witnessed the economic progress at the expense of the exploitation of natural resources and an expressive urban growth, almost always disorderly, with that the social dynamics and demands of the cities are quite diversified. A bridge between the development needed to meet these demands and the maintenance of this development is urban sustainability. The present work aims at establishing criteria and fundamental elements for sustainability to be achieved in the city of Belém, through an analysis of literature and relevant articles, finally pointing to the adoption of the Green and Blue Trace tool in the Tucunduba Basin to incorporate and connect conservation units and cultural environmental complexes in the area, with the aim of promoting biodiversity, contributing to the improvement of the environmental quality of city dwellers.

Keywords: Urbanization. Urban planning. Sustainability. Green and Blue Infrastructure.

4.1 Introdução

A questão ambiental sempre suscitou grandes preocupações, estas aceleradas, principalmente, a partir da revolução industrial, período no qual o mundo presenciou o progresso econômico às custas da exploração dos recursos naturais e um expressivo crescimento urbano, quase sempre desordenado. Esses fatores provocaram e provocam a degradação do meio ambiente, impondo-se, portanto, a necessidade de ações planejadas de desenvolvimento urbano e ambiental.

Os processos de urbanização e industrialização têm tido um papel fundamental nos danos ambientais ocorridos nas cidades. O rápido crescimento causa uma pressão significativa sobre o meio físico urbano, tendo as consequências mais variadas, tais como: poluição atmosférica, do solo, das águas, deslizamentos, enchentes etc (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Dessa forma, as cidades estão despreparadas para acolher o imenso contingente humano e absorver as demandas sociais, restando por serem previsíveis consequências negativas tanto ambientais quanto sociais. Com esse panorama, Martins e Ferreira (2011) afirmam que grande parte desses riscos está associada a déficits de desenvolvimento socioeconômico e muitas vezes são resultados da incapacidade de governos locais em garantir infraestrutura básica, equipamentos públicos adequados e medidas de prevenção ao risco e resposta a desastres. Em Belém, a situação não é diferente. A cidade apresenta cada vez mais supressão de cobertura vegetal, que em alguma medida refletem em variáveis físicas e ambientais.

Diante de tais problemas, é preciso tornar as cidades sustentáveis. Segundo Mikhailova (2004), em seu sentido lógico sustentabilidade é a capacidade de se sustentar, de se manter. Uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida para sempre. Uma sociedade sustentável é aquela que não coloca em risco os elementos do meio ambiente.

Nesse contexto, é preciso olhar para as cidades e torná-las de fato sustentáveis para que se alcance o equilíbrio entre o meio ambiente e a população nela residente. Para tanto, faz-se necessária a criação de um planejamento urbano que englobe todos esses elementos e consiga apontar políticas públicas capazes de mudar o território em todas as suas dimensões seja do ponto de vista social, econômico ou ambiental.

Orientada por essas questões, a presente pesquisa teve como objetivo apresentar os problemas decorrentes da urbanização desordenada em Belém, apontar o surgimento do conceito da sustentabilidade urbana, através da revisão de literatura, e de que forma este

pode ser incorporado nas políticas de planejamento urbano. Percebe-se que um caminho palpável para a elaboração de Políticas Públicas seria a adoção do método conhecido como Trama Verde e Azul para a cidade, a fim de conectar elementos sociais, econômicos e ambientais.

4.2 Processo de Urbanização das Cidades

Durante muitos séculos, o homem e a natureza viveram relativamente de forma sustentável. A ação do homem era mais contida e não chegava a impedir a renovação dos recursos naturais. Segundo Viana, a concentração populacional não era um fato preocupante e os recursos eram suficientes para a sobrevivência da humanidade (VIANA 2006 apud ALVES, 2010).

Monte-Mór (2015) ressalta que ao final do século passado, as questões urbanas eram vistas como alheias e mesmo perniciosas para a questão ambiental e a natureza só aparecia como natureza produzida no seio das cidades, na forma de parques, praças e jardins. Impossível, parecia àquela época, pensar em uma articulação íntima do espaço urbano com o espaço natural. A natureza era restrita ao campo, ou às matas e florestas não ocupadas pelo homem civilizado. Como referência, estava a perspectiva de uma produção social do espaço humano inteiramente dominada pelo tecido urbano-industrial, moldando, equipando e organizando territórios à sua imagem.

No entanto, a partir do século XIX, o mundo presencia um novo modelo de civilização, sustentado na crescente industrialização e urbanização do espaço, o qual se impõe ao meio natural. Segundo Santos (1993), as cidades passam a ser entendidas como organizações estritamente humanas, nas quais o homem atua com toda a sua força e plenitude, transformando a natureza em função de suas necessidades. Com esse novo modelo há uma grande concentração de pessoas na cidade com transformações relevantes para as condições ambientais dessas cidades.

O processo de urbanização, em nível de Brasil, foi um reflexo das transformações estruturais de ordem política, econômica e social, pelas quais o país tem se desenvolvido, principalmente no início das décadas de 60 e 70, quando se iniciou um processo de ordenamento e integração social do país voltado à política de desenvolvimento econômico-social com base no crescimento das cidades.

No contexto nacional, na última década, basta notar que em 1995 a população brasileira ultrapassava os 155 milhões de habitantes. Nesse mesmo ano, a população

urbana representava 75,5% do total. No ano de 2000, a população do país atingiu, segundo o IBGE, a marca dos 170 milhões de habitantes, sendo quase 140 milhões de pessoas residindo em zonas urbanas, o que representa 81,2 % do total de habitantes (LIMA NETO et al., 2007). Nessa mesma dinâmica o CENSO 2010 já apontava uma população com cerca de 191 milhões de habitantes.

Segundo Ribeiro (2008), o processo de urbanização no Brasil é singular, segundo demonstraram diversos autores, como os geógrafos Milton Santos (1990 e 1993) e Ana Fani Carlos (2001). Para o primeiro, esse processo é marcado pela aceleração e pelo ritmo intenso. A outra autora afirma que é produto da lógica especulativa, que resultou em vazios urbanos, concentração de áreas nobres em meio à pobreza e na ocupação de sítios urbanos indevidos, que se tornaram áreas de risco ambiental.

A ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis por população pobre é um fenômeno típico do padrão de urbanização incompleta das cidades brasileiras, que revela nuances ainda mais críticas quando observado no espaço de fronteira na periferia do capitalismo, como é o caso da Amazônia (MELO; CARDOSO, 2014). Aqui a situação se torna mais difícil, pois nas cidades Amazônicas, a precariedade é mais acentuada, com forte degradação ambiental, o que gera distorções na sua dimensão social.

Ainda no caso da Amazônia, conforme relata Cruz et al. (2011), nessa região, os índices de urbanização tiveram crescimento lento até os anos 1960, quando a situação se altera em função do desenvolvimento das telecomunicações, da infraestrutura rodoviária, do consumo e da maior amplitude no intercâmbio com as demais regiões do país, estimulado pela industrialização e pela modernização da economia e do Estado brasileiro.

Assim, a Amazônia tornou-se um espaço de expansão e projeção das relações capitalistas de produção. Pode-se dizer que a urbanização amazônica é uma decorrência do processo de industrialização verificado no país, no qual a fronteira econômica se coloca como uma necessidade de busca de recursos que atendam não só à dinâmica econômica mundial, como também à industrialização interna; ainda que a industrialização não seja, como no caso de Belém, o elemento propulsor direto da metropolização (TRINDADE JÚNIOR, 2016).

O modo com que o processo de expansão urbana vem ocorrendo na Amazônia acentua ainda mais os problemas socioeconômicos e ambientais nas cidades. Percebe-se na formação do espaço uma forte presença de ocupações informais e irregulares, onde se articulam alto nível de desigualdade social e aprofundamento da segregação socioespacial (FERNANDES et al., 2015).

O mesmo é observado em Belém. Segundo Trindade Júnior. (2016), de 1960 a 1990 foram, aproximadamente, um milhão de pessoas que passaram a incrementar a dinâmica do espaço urbano de Belém. Num primeiro momento do processo de metropolização, grande parte desse contingente se concentrou nas áreas centrais da metrópole, em espaços sem infraestrutura e de péssima qualidade ambiental, as chamadas áreas de baixadas.

Em 2010, segundo dados do último censo demográfico realizado pelo IBGE, a população de Belém já era de aproximadamente 1.393.399 habitantes, sinalizando para uma explosão demográfica que traz como consequência o efeito de um crescimento desordenado, através da ocupação de locais impróprios para moradia (SANTOS; ROCHA, 2013). De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), em 2016 o município de Belém apresenta uma população estimada 1.446.042 habitantes.

Em decorrência dessa urbanização desordenada, a cidade de Belém passou e passa por um profundo cenário de transformações, modificando os elementos naturais, como solo, temperatura, umidade, nebulosidade, mecanismos do vento, pluviosidade, flora e fauna, os quais, na maioria das vezes, são responsáveis pelas condições de qualidade e conforto ambiental e social.

Ressalte-se que essa modificação é agravada, principalmente, pela supressão de áreas verdes dentro das cidades. As primeiras reflexões que vem à mente, quando discorremos sobre áreas verdes referem-se à sua utilidade e até onde vai à abrangência do termo (CAVALHEIRO, DEL PICCHIA, 1992 apud LONDE; MENDES, 2014). Hardt (1994) conceitua áreas verdes urbanas como áreas livres da cidade, com características predominantemente naturais, sem levar em conta o porte da vegetação, são áreas onde predomina a permeabilidade, podendo haver vegetação predominantemente rasteira ou uma vasta cobertura arbórea.

A importância dessas áreas é tamanha, pois as mesmas garantem conforto térmico e impedem possíveis alterações no microclima, além de assumirem um papel fundamental de lazer e recreação para a população. Indo além, segundo vários autores, a vegetação urbana desempenha funções muito importantes nas cidades, não se restringindo a estética e paisagística, as quais valorizam a beleza no ambiente, mas vão além, apresentando as funções ecológica, social, educativa, estética, psicológica, cultural (RODRIGUES et al., 2014).

De acordo com Silva Júnior et al. (2013), vários estudos indicam a forte influência positiva da vegetação, tanto sobre o clima como sobre a qualidade do ar. Desta forma, as

áreas verdes tendem a reduzir a temperatura do ar, amenizando o aquecimento excessivo do solo e das estruturas nele instaladas, pois equilibram as taxas de evapotranspiração e os níveis de vapor d'água na atmosfera próxima.

A ausência de arborização nas cidades reflete o agravamento da questão ambiental, pois à medida que as cidades se expandem e se apropriam demasiadamente dos recursos naturais, transformam o espaço natural, reduzindo a qualidade de vida da população ali residente. Ressalte-se, ainda, que a arborização das vias públicas serve como um filtro para atenuar ruídos, retenção de pó, reoxigenação do ar, além de oferecer sombra e a sensação de frescor.

Cabe observar que uma relação adequada entre área verde e população é importante, pois as áreas verdes minimizam os efeitos da impermeabilização e regulam o microclima, amenizando as altas temperaturas produzidas pela concentração de áreas edificadas ou pavimentadas (COUTINHO et al., 2015). Indo além, as áreas verdes aumentam a capacidade de infiltração do solo, reduzindo os riscos decorrentes de inundações.

4.3 Sustentabilidade Urbana

Desde a Revolução Industrial foram adotados modelos econômicos e produtivos baseados na exploração acentuada e ilimitada dos recursos naturais, que geraram elevados padrões de produção e consumo e o aumento dos processos de urbanização. Nesse período, o desenvolvimento econômico decorrente da Revolução Industrial impossibilitou que a degradação ambiental fosse considerada como um problema. O meio ambiente era predominantemente visto como acessório do desenvolvimento, e não como parte intrínseca dele.

Esses mesmos modelos e a crescente urbanização mundial geraram sérias degradações ambientais, como poluição do ar e dos recursos hídricos, produção excessiva de lixo e resíduos tóxicos, aquecimento global e redução da camada de ozônio, entre outros males ambientais, que ao longo do tempo comprometeram seriamente a biodiversidade do planeta (FERREIRA; MONTE-MÓR, 2012).

Não obstante a poluição e os impactos decorrentes desse desenvolvimento econômico desordenado serem visíveis em todos os benefícios advindos com o progresso, estes impactos eram considerados como avanços da humanidade, e os justificavam como um “mal necessário”.

Em 1968, um grupo de discussão formado por cientistas, acadêmicos e empresários, que veio a ser conhecido como Clube de Roma, se reuniu para analisar os rumos que a sociedade capitalista tomaria em relação ao futuro. Em 1971, o grupo publicou um documento intitulado *Os limites do crescimento*, que analisava o ritmo de destruição dos recursos naturais do planeta, causado pela expansão das atividades econômicas. De posse desse relatório, a Organização das Nações Unidas (ONU), em 1972, realizou a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo, da qual o Brasil foi participante.

Foi então, a partir desse momento que o Brasil começou a se preocupar com a proteção do meio ambiente, o qual passou a ser entendido de forma mais ampla possível. Essa conferência é considerada um marco na discussão sobre questões ambientais, e objetivou discutir as “consequências socioambientais do frenético crescimento industrial das economias centrais e periféricas que estariam comprometendo a provisão de recursos naturais básicos às gerações futuras” (BECKER, 2010).

Em 1983 foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Comissão Brundtland, organismo independente da Organização das Nações Unidas (ONU). Em 1987, essa comissão divulga o Relatório Brundtland – *Nosso Futuro Comum*, nome pelo qual ficou conhecido – que proporcionou a generalização do debate sobre *desenvolvimento sustentável*, cuja definição oficial ficou conhecida como: “desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (FERREIRA; MONTE-MÓR, 2012).

Com novos aspectos da política ambiental sendo definidos no mundo, criou-se a necessidade de um novo pacto entre as nações, fato que culminou com uma nova conferência internacional, que foi denominada de Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), realizada no Rio de Janeiro, Brasil.

A Eco-92 foi uma tentativa de reunir representantes de todos os países do mundo para discutir e divulgar a nova concepção de Desenvolvimento Sustentável que estava em voga, desde a publicação do *Relatório Brundtland*. Este evento fez com que o Brasil passasse a enfrentar a crise ambiental e ao mesmo tempo retomasse o desenvolvimento, fortalecendo a democracia e a estabilidade da economia. O problema do desenvolvimento deveria ser finalmente resolvido sob a ótica ambiental e socialmente sustentável, e para além, passava a observar a cidade em todos os seus desdobramentos.

Dessa conferência foi apresentado um documento, intitulado Agenda 21, com um conjunto de diretrizes norteadoras para se alcançar o desenvolvimento. A partir de então houve outras conferências como a Rio +10, que ocorreu em 2002 em Johannesburgo na África do Sul e a Rio +20, no Rio de Janeiro em 2012. Segundo Becker (2010), esse programa de ação para o meio ambiente e desenvolvimento, composto de 40 capítulos, representou uma tentativa abrangente de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

Com efeito, a Agenda 21 iniciou um novo paradigma para abordar um velho desafio: o desenvolvimento, criando, inclusive, indicadores para avaliar a sustentabilidade. Agora o desenvolvimento, antes visto apenas como o progresso econômico, ultrapassa o domínio da economia por meio da sua “integração com as dimensões social, ambiental e institucional, apoiando-se em novos paradigmas” (IBGE, 2016).

É nesse contexto que se firma a nova compreensão de desenvolvimento sustentável, agregando essas diversas dimensões, a partir de um enfoque interdisciplinar, ou até mesmo multidisciplinar. Como fruto passa-se a pensar de maneira mais contundente na sustentabilidade.

A noção de sustentabilidade está submetida à lógica das práticas: articula-se a efeitos sociais desejados, a funções práticas que o discurso pretende tornar realidade objetiva. Tal consideração nos remete a processos de legitimação/deslegitimação de práticas e atores sociais. Por um lado, se a sustentabilidade é vista como algo bom, desejável, consensual (ACSELRAD, 1999).

Para Siche et al. (2007), a sustentabilidade vem do latim “sustentare” que significa sustener, sustentar, suportar, conservar em bom estado, manter, resistir. Dessa forma, sustentável é tudo aquilo que é capaz de ser suportado, mantido. Na mesma linha de raciocínio, Sachs (1990) afirma que a sustentabilidade é um conceito dinâmico que leva em conta as necessidades das populações, as quais estão em constante expansão. Nesse contexto, ganha força a noção de sustentabilidade urbana, com a articulação entre a questão urbana e a questão ambiental.

Resta claro, que a solução mais adequada para medir a sustentabilidade do desenvolvimento depende do método adotado, mas não garante sua perfeita mensuração. Nesse contexto, Silva et al. (2014) assevera que a cobrança por sistemas de indicadores adequados vem crescendo a cada dia, tendo em vista que as organizações e diversos atores

sociais estão em constantes embates sobre o que devem medir e quais as tomadas de decisões adequadas a partir das informações provenientes do método adotado.

Muitos trabalhos sugerem indicadores para medir a sustentabilidade socioambiental urbana, dentre eles pode-se citar a Pegada Ecológica, o qual foi proposto inicialmente por Wackernagel & Rees (1995). Esse indicador tem sido promovido pelo Global Footprint Network, pelo Redefining Progress e também pelo WWF, que publica as atualizações em seu relatório anual *Living Planet Report*. No entanto, a aparente simplicidade da Pegada Ecológica também esconde sérios problemas técnicos que foram enfatizados em três recentíssimos relatórios: CGDD (2009), Le Clézio (2009) e Stiglitz-Sen-Fitoussi (2009) (VEIGA, 2010).

Em um recorte para Belém, o mais próximo é o trabalho de Pereira e Vieira (2016), que teve por objetivo aplicar o Sistema de Índices de Sustentabilidade Urbana – SISU (Braga, 2006) para a Região Metropolitana de Belém (RMB), a fim de verificar os níveis de sustentabilidade dos municípios que a compõem, e também as limitações e os desafios em aplicar esse método de mensuração em uma metrópole amazônica. Segundo as autoras, escolheu-se essa ferramenta por ter sido desenvolvida para avaliar a sustentabilidade urbana de aglomerados metropolitanos brasileiros, ainda sem aplicação na Amazônia. Além disso, por ser um instrumento composto por índices temáticos, ao invés de um único índice sintético, mostra-se mais sensível para discriminar as diferentes unidades de análise.

Segundo Le Tourneau et al. (2013), em geral há uma crítica aos indicadores, pois os sistemas tendem a tê-los de duas formas principais. Uma delas é reduzir a informação para alguns números, ou apenas um (como o PIB, ou o Índice de Desenvolvimento Humano). Outros tentam monitorar vários parâmetros ao mesmo tempo, apresentando-os como um painel. Isso permite compartilhar as informações em vários temas e apresenta uma visão mais complexa / detalhada da situação estudada. Assim, os indicadores apontam dados quantitativos de uma determinada região.

Os estudos sobre o desenvolvimento do espaço urbano precisam ser viabilizados por mecanismos capazes de prever os impactos e dar novos cursos de ação que ofereçam opções sustentáveis, por meio de evidências que revelem, pelo monitoramento dos indicadores e das políticas públicas, tendências ou perspectivas futuras, mediante a definição de critérios de análise e de parâmetros de comparação. Assim, a cidade sustentável seria aquela que apresenta a capacidade adaptativa para ajustar seus fluxos materiais e de energias ante as pressões técnicas urbanas (MARTINS; CÂNDIDO, 2015).

Em tempo, um caminho hábil para o alcance desses objetivos é o planejamento urbano sustentável.

4.4 Planejamento Urbano Sustentável

É possível observar que, desde as pequenas cidades da Antiguidade até as megalópoles, nas quais há significativa concentração da população urbana, houve grandes transformações na sociedade e no estilo de vida. Na medida em que se percebe o crescimento exponencial da pobreza, há, no entanto, a crescente incapacidade dos governos em planejar, financiar e administrar suas cidades, aumentando os males sociais e as patologias urbanas, tais como violência, epidemias, entre outras. Dessa forma, um dos maiores obstáculos enfrentados pela sociedade diz respeito à crescente dificuldade em adequar as necessidades ao inevitável crescimento urbano (CANEPA, 2007 apud MARTINS; CÂNDIDO, 2015).

As perspectivas globais sobre a dramática aglomeração urbana representam importantes desafios para a gestão pública. Tais desafios, decorrentes da pressão por efetividade no atendimento às demandas sociais, exigem novas abordagens para seu planejamento, projeto, financiamento, execução e operação (WEISS et al., 2015).

Andrade e Blumenschein (2013) afirmam, que as cidades ocidentais dos países centrais seguiram padrões de urbanização que desconsideravam os elementos naturais no planejamento urbano gerando impactos na biodiversidade, alterando os ciclos hidrológicos, os ecossistemas e disponibilidade de água, causando diversos problemas ambientais.

Dessa forma, as mudanças ocorridas nos seios das cidades imprimiram uma série de problemas ao espaço urbano, indo desde a degradação ambiental até a social, criando um modelo urbano insustentável. Segue-se esse mesmo padrão no Brasil, e quando se olha para Belém, periferia da periferia, a situação é pior. Corroborando, Cardoso et al. (2015) afirmam que essas manifestações nas cidades amazônicas negligenciaram clima e potenciais ambientais e paisagísticos dessa região de natureza exuberante (grandes rios, fortes chuvas, metabolismo acelerado da vegetação), e o papel da forma construída como elementos geradores de qualidade de vida.

Essa externalização do urbano foi tratada pela primeira como matéria constitucional na Constituição Federal de 1988 – CF/88. O seu artigo 18 preceitua que:

“Art. 18. A organização político-administrativa da República Federativa do Brasil compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, todos autônomos, nos termos desta Constituição”.

Reforçando essa ideia o art. 30, VII da CF/88 atribuiu aos municípios diversas competências:

“Art. 30. Compete aos Municípios:

I - legislar sobre assuntos de interesse local;

.....

VIII - promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano”.

Nesse contexto, o município ganhou autonomia, sendo capaz de definir seus próprios caminhos sobre a questão da política urbana, principalmente no que se refere a ocupação e uso do solo. Como chancela, em 10 de julho de 2001 entrou em vigor a Lei 10.257/01, conhecida como Estatuto da Cidade, tendo como objetivo formular diretrizes gerais de administração do ambiente urbano.

O Estatuto da Cidade salvaguarda o meio ambiente urbano justo, equilibrado e sustentável, estabelecendo que toda a atividade econômica deve ter especial planejamento por parte do administrador público, observando-se os limites de sustentabilidade ambiental. E sendo assim, nada impede que se questione o ônus de viver em comunidade, cabendo a cada indivíduo a sua quota parte em participar do processo de planejamento urbano, e ao administrador público sua obrigação em utilizar os instrumentos urbanísticos, econômicos, tributários e financeiros previstos em lei para atendimento das finalidades públicas, devendo esforçar-se da melhor e mais justa maneira possível para gerir as receitas a sua disposição (FIORILLO, 2002).

Para permitir a materialização das ações da política urbana, a Lei 10.257/01 estabeleceu:

“Art. 4º Para os fins desta Lei, serão utilizados, entre outros instrumentos:

.....

III – planejamento municipal, em especial:

a) plano diretor

.....

Art. 40. O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

§ 1º O plano diretor é parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas.

§ 2º O plano diretor deverá englobar o território do Município como um todo.

§ 3º A lei que instituir o plano diretor deverá ser revista, pelo menos, a cada dez anos”.

Dessa forma, o plano diretor, na letra da lei, é o instrumento motriz da política urbana municipal, devendo compatibilizar a mediação entre o desenvolvimento econômico e ambiental das cidades.

Apesar de ser disciplinado apenas em 2001, em 1993 foi aprovado o Plano Diretor Urbano (PDU) de Belém, comprometido com o planejamento e gestão urbanística da cidade e com o cumprimento da função social da cidade e da propriedade, reproduzindo as determinações da Constituição Federal. Mesmo após a revisão de 2008 não avança efetivamente com relação ao controle da forma construída sob a perspectiva socioambiental. Comprovou-se na sua operação, a manutenção dos arranjos conservadores e a desarticulação exposta por Costa (2000) entre políticas urbanas e ambientais (CARDOSO; GOMES; MELO, 2015).

Percebe-se que o instrumento consagrado na legislação nacional não é capaz de garantir a mediação entre o desenvolvimento econômico e ambiental, conforme apontam vários estudos (MESTRE; FONSECA, 2011; HONDA et al., 2015; PONTES et al., 2014). Assim, é preciso desenvolver modelos de sustentabilidade urbana capazes de alinhar a construção do espaço urbano com as questões ambientais.

Para atingir esse objetivo, é necessário definir um projeto de cidade de antemão e incluí-lo em um problema global de cidades sustentáveis. O conceito de desenvolvimento sustentável, um verdadeiro desafio social, está agora bem definido e incluído em diversos regulamentos. Trata-se de colocar em coerência e equilibrar as esferas econômicas, sociais e ambientais que devem governar as ações públicas (CLERGEAU; BLANC, 2013). Esses modelos devem partir, necessariamente, de um planejamento urbano que agregue a relação homem-natureza. Nesse contexto, uma ferramenta palpável seria a Trama Verde e Azul (TVA).

4.5 Metodologia da Trama Verde e Azul

4.5.1 Conceitos e Aplicações

A trama é definida nesse produto como um “instrumento de regulação e ordenamento territorial” e, ao mesmo tempo, de “mobilização social e participação política”. Ela traz uma expressão simbólica e um potencial para criar expectativas, com elevado potencial para promover o envolvimento dos interessados nas questões ambientais, econômicas e sociais do espaço metropolitano. Ao mesmo tempo em que ela se materializa pela regulação do uso do solo, a trama verde e azul oferece uma multiplicidade de funções e de alternativas de uso e de apropriação do território e, por esse meio, ela permite ir além do aspecto unicamente legal da regulação territorial. Além disso, ela oferece perspectivas para a aplicação de instrumentos como a compensação entre municípios ou o pagamento por serviços ambientais, bem como para o desenvolvimento de políticas de capacitação para o desenvolvimento de atividades como a agricultura ecológica, o turismo rural, o turismo de natureza e outras que promovem alternativas econômicas em áreas onde o interesse metropolitano requer uma regulação mais restrita dos usos do solo e de outros recursos naturais (EUCLYDES, 2016).

A metodologia foi inicialmente aplicada para requalificar uma região degradada pela atividade mineradora em Nord-Pas-de-Calais, na França, a partir dos anos 1990. Segundo Cormier et al. (2010), embora o conceito de moldura verde (Trama Verde-Azul) aparecer como inovador com um pensamento ambiental urbano mais amigável, é parte da história do planejamento urbano há mais de um século. Na verdade, os modelos de continuidade e urbanização verde (através das noções de Parkway, cinto verde, etc.) mostram a visão higienista do início do século 20 e do desejo de controlar o desenvolvimento da cidade nos últimos trinta anos.

Os planejadores franceses começaram recentemente a incorporar estes aspectos no planejamento urbano como uma forma de promover o desenvolvimento urbano sustentável. A lei considera que o cinturão verde é "feito com base em dados científicos, de áreas protegidas ao abrigo da legislação ambiental e garantindo seus territórios de conexão e o funcionamento global da biodiversidade". É, portanto, um conceito que pertence a um discurso político, baseando-se a relevância do território (floresta, campo, campos agrícolas, etc., dependendo do contexto de cada território). As funções atribuídas às redes verdes continuam a se multiplicar: Green (biodiversidade vegetal e animal,

sumidouros de carbono), barreiras (de purificação de água, prevenção de riscos de inundação), identidades cênicas, recreativas e económicas (recursos de madeira, turismo) (CORMIER et al., 2010).

Cormier et al. (2010) afirmam que esta noção é largamente desenvolvida por cientistas e planejadores, sendo internacionalmente conhecida sob o termo *Greenway*, incluindo os Estados Unidos (FABOS, 1995; AHERN, 1995; ZUBE 1995), Grã-Bretanha (TURNER, 2006), Itália (TOCCOLINI et al., 2006), Portugal (ANDRESEN et al., 2004) ou no Japão (ASAKAWA et al., 2004).

Essa forma de gestão ambiental busca articular espaços verdes de todo tipo às bacias hidrográficas de forma integrada com a malha urbana, malhas utilizadas para garantir saneamento e recuperação de solo, ar e água (MENERAULT, 2014 apud PONTES et al., 2014).

O conceito da trama nada mais é que o de incorporar e conectar unidades de conservação e complexos ambientais culturais, com o intuito de promover a biodiversidade, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental de uma determinada região, reforçando sua identidade cultural e paisagística e promovendo o acesso à natureza a seus habitantes, criando oportunidades para o lazer, o turismo e a convivência, além de envolver a própria sociedade no processo.

Para a sua perfeita aplicação Clergeau e Blanc (2013) afirmam que a trama deve partir das bacias hidrográficas, pois os rios incluem tanto reservatórios e corredores de biodiversidade que já aplicam as regras de proteção como ambientes naturais e obrigações para restaurar a continuidade ecológica.

No Brasil, a TVA serviu de inspiração para trabalhos dentro da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Aí, o intuito era implantar a metodologia para gestão da Sub-bacia do Pirajuçara na Região Metropolitana de São Paulo (MARTINS et al., 2015), contudo, a ideia não foi incorporada pelas Políticas Públicas.

De forma efetiva, a TVA encontra-se no Plano Diretor da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MZ-RMBH). O referido plano ainda está em fase de finalização, entretanto, o mesmo já buscou conectar os espaços em um contexto metropolitano, que valorize a diversidade e contribua para a melhoria da qualidade ambiental da região. De acordo com a Agência RMBH (2017), o plano baseado na TVA constitui uma Rede de nascentes, corpos d'água, áreas de preservação permanente (APPs), unidades de conservação e outras áreas de relevante interesse ambiental, existentes ou propostas, interligadas segundo princípios de conectividade, incorporando também eixos viários,

equipamentos de uso coletivo, espaços livres de uso público, parques urbanos, áreas vazias e áreas degradadas potencialmente passíveis de recuperação, revegetação ou tratamento paisagístico. Assim, a TVA é uma ferramenta viável para se alcançar a sustentabilidade urbana.

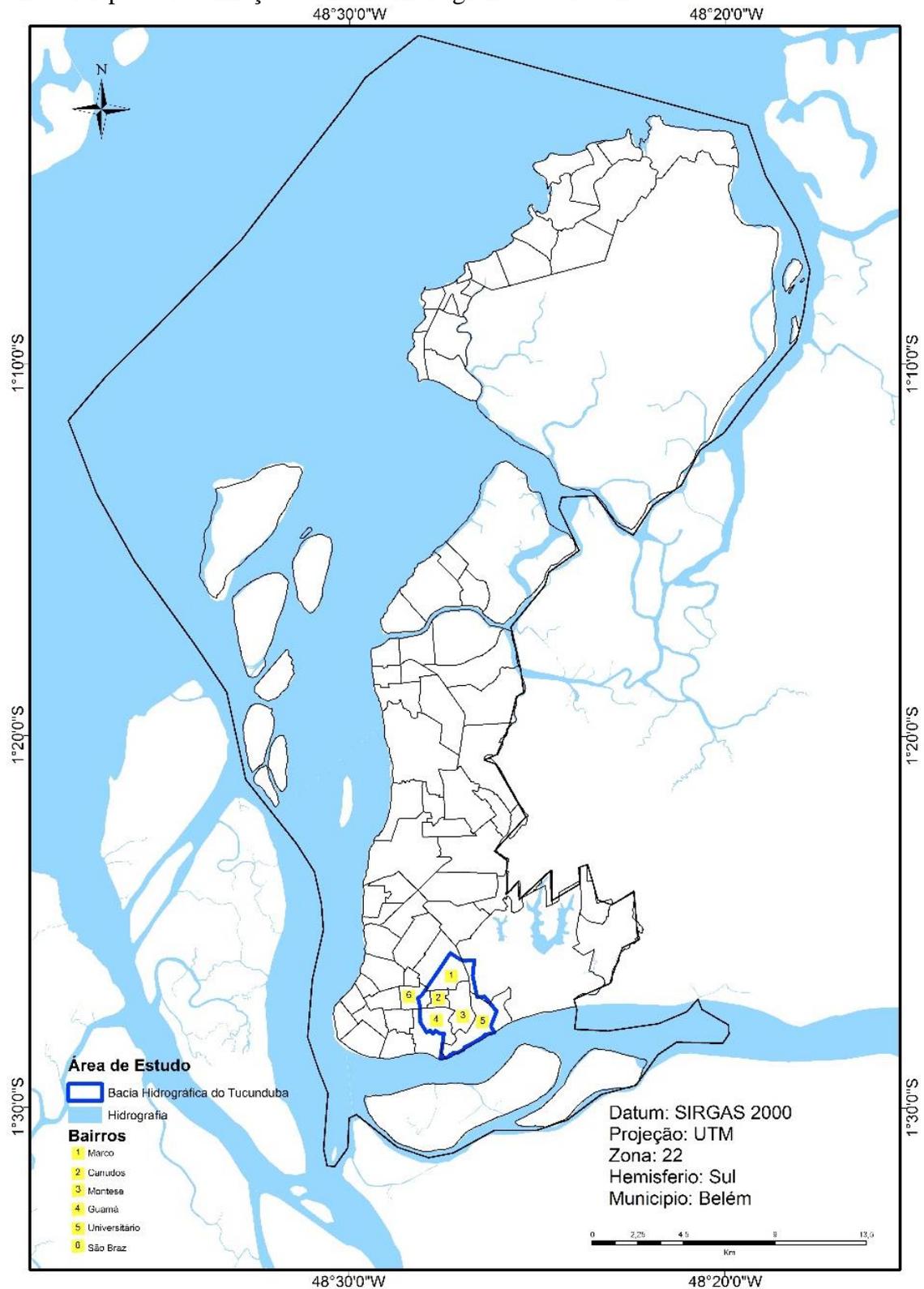
4.5.2 Análise Experimental para Belém

A pesquisa pioneira de Nascimento (1995) para Belém apresentou a influência direta da forma construída sobre o microclima da cidade, e levantou implicações sobre o comportamento social e as condições de saúde das pessoas (CARDOSO; GOMES; MELO, 2015). Trabalhos mais recentes vão nessa mesma direção e apontam a situação precária, na qual a cidade se encontra (COSTA; MATTOS, 98; COSTA et al., 2013; PONTES et al., 2017; RODRIGUES et al., 2014; SANTOS; ROCHA, 2013; SILVA JÚNIOR et al., 2011; SILVA JÚNIOR et al., 2013; MOREIRA; VITORINO, 2018²).

Diante desses estudos, um ensaio da Trama Verde e Azul para Belém deverá, necessariamente, incorporar uma bacia hidrográfica e com alguma presença de verde, conforme Clergeau e Blanc (2013), dentro dessa parte mais crítica da cidade. Então, a área proposta para o ensaio é a Bacia Hidrográfica do Tucunduba (Figura 26), que contém os bairros de Canudos e Montese e abrange parte dos bairros do Marco, Guamá, Universitário e São Braz.

²Artigo foi aceito para publicação na **Revista Papers do NAEA** em Dez/2017.

Figura 26 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Tucunduba



Fonte: Autora.

Com essa indicação foi utilizada uma imagem de base georreferenciada RapidEye ortoretificadas com resolução espacial de 5 metros do dia 05 de outubro de 2015

disponível no site do Ministério do Meio Ambiente – MMA, que foi processada com o suporte do software Quantum Gis (QGIS). A partir dessa imagem foi feito o cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e, segundo Galvão et al. (2015), usou-se as bandas 4 e 5, conforme equação 10:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (10)$$

Onde: ρ_{NIR} e ρ_{red} correspondem aos valores de reflectância de superfície das bandas 5 e 3 do RapidEye, respectivamente. A correção de ajustes da imagem foi feita por meio do software.

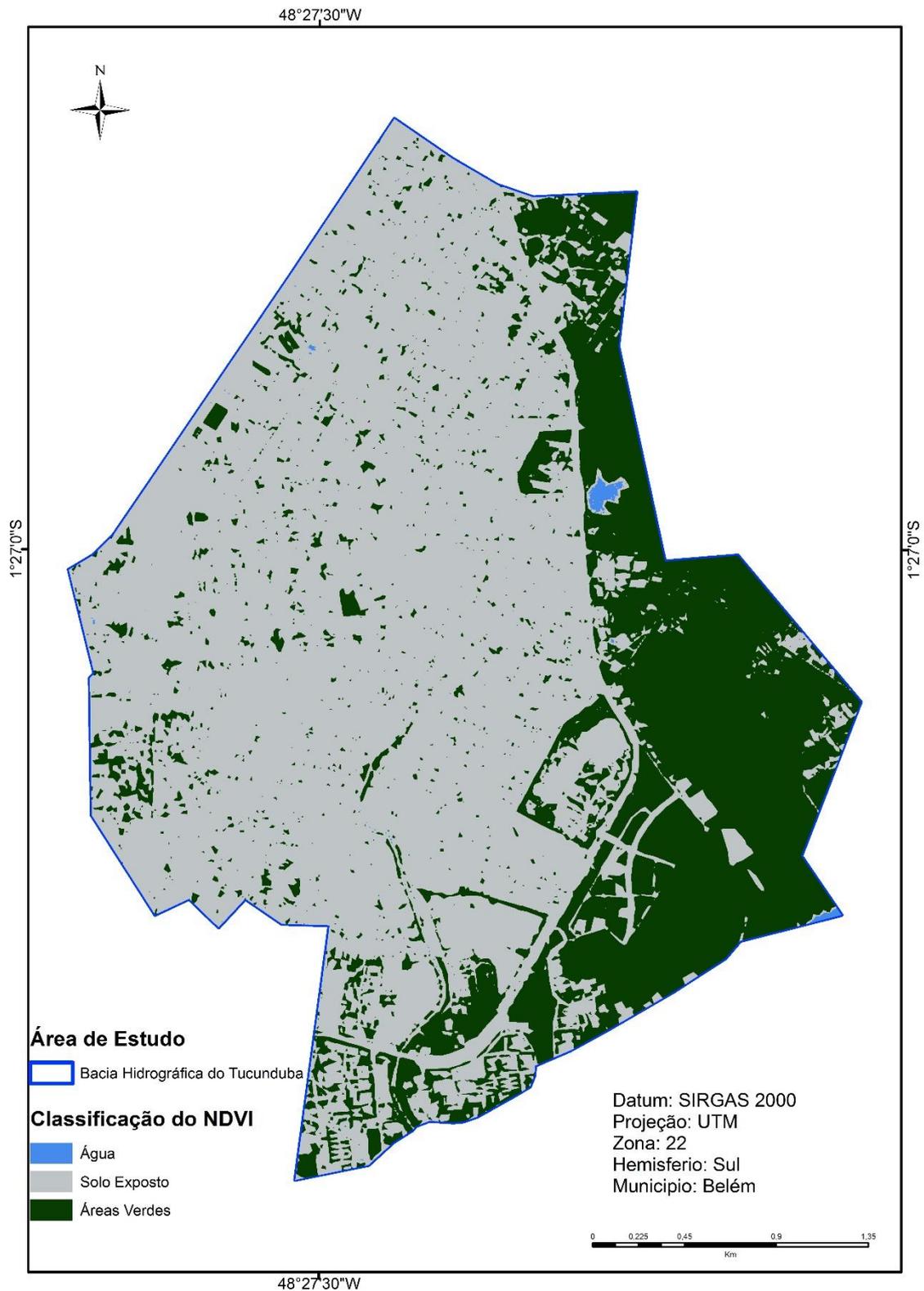
Pelo NDVI na área proposta (Figura 27), é possível perceber que a parte este apresenta uma grande extensão de áreas verdes, o que facilita a permeabilização do solo, além de um microclima mais agradável. A parte ao sul e vários pontos dentro da bacia também apresentam essas áreas. Portanto, essa é uma área, que pode ser piloto para a implantação da Trama Verde e Azul.

É necessário preservar a biodiversidade existente em diferentes escalas, melhorar sua capacidade de se reproduzir sensu, levar em consideração as evoluções dos ambientes e as mudanças climáticas. Muitas espécies já estão presentes na cidade, mas o ambiente urbano morfologicamente fragmentado tende a enfraquecer os ecossistemas vivos. O desenvolvimento de espaços verdes em áreas urbanas permite restaurar e melhorar a biodiversidade local. No entanto, as interações entre o desenvolvimento de certas espécies à custa de outras espécies e o desenvolvimento de atividades humanas devem ser mantidas em mente (CLERGEAU; BLANC, 2013).

Essa requalificação da Bacia Hidrográfica do Tucunduba trará qualidade de vida para a população, pois além de conectar os habitantes da cidade como os elementos do ambiente natural e construído, trará nova maneira de organizar o território, tornando a cidade mais sustentável.

O desafio de uma cidade verde é contribuir para o funcionamento da paisagem urbana tanto em termos de biodiversidade - diversidade de espécies de animais e plantas - e bem-estar - a diversidade de questões societárias e culturais. A organização de paisagismo que envolve quadros verdes, ou malhas verdes da paisagem, exige uma reflexão sobre todo o território e suas apostas (CLERGEAU; BLANC, 2013).

Figura 27 - Classificação do NDVI na Bacia Hidrográfica do Tucunduba



Fonte: Autora.

4.6 Conclusões

A sustentabilidade é fundamental para a manutenção do conforto dos habitantes nas grandes cidades. A grande tendência futura é o inchaço ainda maior de áreas urbanas. Desta forma o desenvolvimento de habitações e serviços fundamentais deve ser feito com grande planejamento e de forma sustentável.

Este tipo de desenvolvimento é possível utilizando o planejamento urbano sustentável. Esta modalidade é cada vez mais comum, após inúmeras transformações na maneira de pensar sobre o meio ambiente, sendo fortemente influenciada pelos diversos encontros sobre sustentabilidade ocorridos nas últimas décadas.

Para a cidade de Belém é possível a construção de uma Trama Verde e Azul na Bacia Hidrográfica do Tucunduba, que requalifique o espaço urbano agregando diferentes dimensões e garantindo melhores condições sociais, econômicas e ambientais para o município. Assim é possível combinar esse tripé e garantir uma sustentabilidade urbana para as cidades e qualidade ambiental para os cidadãos.

Referências

ACSELRAD, H. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, n. 1, 1999.

AGÊNCIA RMBH. **Nota Técnica**. Disponível em: <http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/trama-verde-azul/>. Acesso em 10 de agosto de 2017.

ALVES, E. D. L. Ilha de calor ou ilha de energia térmica: um conceito aberto à discussão. **Revista Espaço Acadêmico** nº 110, p. 124 a 129, 2010.

ANDRADE, L.; BLUMENSCHHEIN, R. Cidades sensíveis à água: cidades verdes ou cidades compactas, eis a questão? In: **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, v. 15, n. 29, 2013.

BECKER, B. K. **A urbe amazônica: a floresta e a cidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2013. 88p.

BECKER, B. K. Ciência, tecnologia e inovação condição do desenvolvimento sustentável da Amazônia. **Série Tecnologia e Sociedade (MCT)**, v. 15, p. 15-34, 2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 20 de novembro de 2017.

_____. Lei 10.257/2001. **Estatuto da Cidade**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.html. Acesso em 15 de novembro de 2017.

CARDOSO, A. C.; GOMES, T. V.; MELO, A. C. Respostas da concepção atual de regulação urbanística aos desafios socioambientais de Belém (PA). **Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano**, v. 1, p. 68-86, 2015.

CLERGEAU, Philippe. BLANC, Nathalie. Référentiel Trames Vertes Urbaines (TVU). **République Française**. Moniteur, 5^a partie, 2013.

CORMIER, L.; LAJARTE, A. B.; CARCAUD, N. **La planification des trames vertes, du global au local : réalités et limites**. Disponível em <http://cybergeog.revues.org/23187>. Acesso em 22 de outubro de 2017.

COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; CUNHA, A. C.; UCHOA, P. W.; SILVA JUNIOR, J. A.; FEITOSA, J. R. P. Variações termo-higrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte. **Brazilian Geographical Journal: geosciences and humanities research medium**, v. 4, 2013.

COSTA, A. C. L.; MATTOS, A. Estudo da ilha de calor urbana na cidade de Belém - PA. In: **Simpósio Nacional de Climatologia Geográfica**, 1998, Salvador - BA, 1998.

COUTINHO, M. P.; LONDE, L. R.; SANTOS, L. B. L.; LEAL, P. J. V. Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à política de proteção e defesa civil. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, 2015.

CRUZ, S. H. R.; CASTRO, E. M. R.; SÁ, M. E. R. Grandes projetos urbanos em metrópoles amazônicas: modernização e conflito. **Revista Novos Cadernos NAEA**, v. 14, 2011.

EUCLYDES, A. C. P. A hipótese otimista dialética e utopia das áreas verdes, das áreas protegidas e da trama verde e azul. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. **Tese de Doutorado**. Belo Horizonte, 2016

FERNANDES, D. A.; SOUSA, C. N.; RODRIGUES, D. L. A metrópole Belém na transição econômica: estrutura produtiva e mercado de trabalho. In: CARDOSO, A. C. D.; LIMA, J. J. F. (Orgs.). **Belém: transformações na ordem urbana**. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrôpoles, 2015. p.89-120.

FERREIRA, V. C.; MONTE-MOR, R. L. M. Desenvolvimento Metropolitano e Sustentabilidade: construção de indicadores de sustentabilidade para uma análise da RMBH. In: XV Seminário sobre a Economia Mineira, 2012, Diamantina. **Anais do XV Seminário sobre a Economia Mineira**, 2012.

FIEBER, S. D. Áreas verdes urbanas imagem e uso – o caso do passeio público de Curitiba-PR. **R. RAE. GA**, Curitiba: Editora UFPR, n. 8, p. 93-105, 2004.

FIORILLO, C. A. P. **Estatuto da Cidade Comentado: lei 10.257/2001: lei do meio ambiente artificial**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais: 2002.

GUERRA, A.; MARÇAL, M. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HARDT, L. P. A. Subsídios ao planejamento de sistemas de áreas verdes baseado em princípios de ecologia urbana: aplicação à Curitiba - PR. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. **Dissertação de Mestrado**, 1994.

HONDA, S. C. A. L.; VIEIRA, M. do C.; ALBANO, M. P. ; MARIA, Y. R. . Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 62-73, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Segurança Alimentar 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

LE TOURNEAU, F-M.; MARCHAND, G.; GREISSING, A.; NASUTI, S.; DROULERS, M.; BURSZTYN, M.; LÉNA, P.; DUBREUIL, V. Assessing the impacts of sustainable development projects in the Amazon: the DURAMAZ experiment. **Sustainability Science**, v. 1, p. 1-14, 2013.

LIMA NETO, E. M.; RESENDE, W. X. ; SENA, M. G. D. ; SOUZA, R. M. Análise Das Áreas Verdes Das Praças Do Bairro Centro E Principais Avenidas De Aracaju - SE. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, p. 17-33, 2007.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde – Hygeia** 10 (18): 264 - 272, 2014.

MARTINS, J. R. S.; TSAI, C. Y.; CARVALHO, L. G. C.; PERA, T. M. Águas em Sistemas Urbanos A introdução da Trama Verde-Azul na Região Metropolitana de São Paulo. **Notas de Aula**. Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2015.

MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. Modelo de avaliação do nível de sustentabilidade urbana: proposta para as cidades brasileiras. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 397-410, 2015.

MARTINS, R. D.; FERREIRA, L. C. Uma revisão crítica sobre cidades e mudança climática: vinho velho em garrafa nova ou um novo paradigma de ação para a governança local? **Revista de Administração Pública – RAP**. Rio de Janeiro 45(3):611-41, 2011.

MELO, A. C.; CARDOSO, A. C. D. Cidades para quem? Descompasso entre políticas ambientais e urbanas na periferia do capitalismo. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo (PUCMG)**, v. v. 21, p. 83-103, 2014.

MESTRE, A. P.; FONSECA, H. R. O Plano Diretor e a regionalização como ferramenta do planejamento de Campinas: uma análise da região do Jardim Campo Belo. **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 1, p. 31-46, 2011.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: Evolução Dos Conceitos Teóricos E Os Problemas Da Mensuração Prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, n° 16, 2004.

MONTE MÓR, R. L. M. Urbanização, sustentabilidade, desenvolvimento: Complexidades e diversidades contemporâneas na produção do espaço urbano. In: Geraldo Magela Costa, Heloísa Soares de Moura Costa, Roberto Luís de Melo Monte-Mór. (Org.). **Teorias e Práticas Urbanas - Condições para a sociedade urbana**. 01 ed. Belo Horizonte/MG: C/Arte, 2015, p. 55-69.

NOSSO FUTURO COMUM. **Relatório Brundtland**. Comissão mundial sobre o meio ambiente e desenvolvimento. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, 1988.

PEREIRA, F. S.; VIEIRA, I. C. G. Expansão urbana da Região Metropolitana de Belém sob a ótica de um sistema de índices de sustentabilidade. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 731-744, 2016.

PONTES, L.; CARDOSO, A. C. D.; GOMES, T. do V.; BIBAS, L. Descompasso entre linhas: das linhas do tempo às linhas que separam cidade e natureza. In: III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e restrições ambientais ao parcelamento do solo, 2014, Belém. **III APPUrbana - A Dimensão Ambiental da Cidade**. Belém: PPGAU/UFPA, 2014. p. 1-20.

PONTES, M. L. C.; LIMA, A. M. M.; SILVA JÚNIOR, J. A.; SADECK, C. C. A. Dinâmica das áreas de várzea do município de Belém/PA e a influência da precipitação pluviométrica na formação de pontos de alagamentos. **Caderno de Geografia**, v. 27, 2017.

RIBEIRO, W.C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 27, p. 297-321, 2008.

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M.; SARAIVA, J. S. Análise morfológica dos bairros de Nazaré e Guamá no processo de redução das áreas verdes urbanas no município de Belém-PA. In: VI Congresso Ibero-americano de Estudos Territoriais e Ambientais. **Anais**. São Paulo, v. 1, 2014.

SACHS, I. Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones ruralurbanas. Los casos de India y Brasil. **Pensamiento Iberoamericano**, Madrid, v. 46, p. 235-256, 1990.

SANTIN, J. R.; MARAGON, E. G. O estatuto da cidade e os instrumentos de política urbana para proteção do patrimônio histórico: outorga onerosa e transferência do direito de construir. **História (São Paulo. Online)**, v. 27, p. 89-109, 2008.

SANTOS, F. A. A.; ROCHA, E. J. P. Alagamento e inundação em áreas urbanas. Estudo de caso: cidade de Belém. **Revista Geoamazônia**, Belém, v. 02, p. 33-55, 2013.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. Ed. Hucitec. São Paulo, 1993.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão de sustentabilidade de Países. **Ambiente & Sociedade**. Campinas v. X, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA, E. A.; FREIRE, O.; QUEVEDO-SILVA, F. Indicadores de Sustentabilidade como Instrumentos de Gestão: Uma Análise da GRI, Ethos E ISE. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, p. 130-148, 2014.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, 2013.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; CARVALHO, S. P. Eventos de precipitação e alagamentos na Cidade De Belém-Pa. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa. **Anais - IV SIC**, 2011.

TRAME VERT ET BLEUE. **Centre de Ressources**. Disponível em: <http://www.trameverteetbleue.fr/>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

TRINDADE JÚNIOR., S-C. C. **Formação Metropolitana de Belém (1960-1997)**. Belém: Paka-Tatu, 2016.

VEIGA, J. E. Indicadores socioambientais. **Estudos Avançados (USP.Impresso)**, v. 23, p. 39-52, 2010.

_____. Indicadores socioambientais: evolução e perspectivas. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v.29, n.4 (116), p.421-35, out./dez. 2009.

WEISS. M.; BERNARDES, R. C.; CONSONI, F. Cidades inteligentes como nova prática para o gerenciamento dos serviços e infraestruturas urbanos: a experiência da cidade de Porto Alegre. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, p. 28, 2015.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

5.1 Resultados Chaves: Impactos e Implicações

O objetivo geral deste trabalho foi o de mapear as condições socioambientais do município de Belém e a partir desse diagnóstico indicar metodologia de Planejamento Urbano, que compatibilize a ocupação do território com a sustentabilidade. No primeiro artigo quantificou-se as áreas com solo exposto, água e áreas verdes para o município de Belém dividido em Distritos Administrativos, em uma escala macro. Com esse levantamento, variáveis físicas foram analisadas.

A parte ao norte da cidade, distrito de DAMOS, e a região das ilhas de DAOUT, apresentam, respectivamente, as melhores taxas de áreas verdes, 85,21% e 79,66%, com pouca população residente, 47.074 e 36.265 habitantes, apresentando os melhores índices de cobertura vegetal por habitante, 5.278,47 m² e 1.910,01 m², as temperaturas de superfície mais amenas, na faixa de 20°C a 26°C, precipitação dentro do esperado para área e se localizam nas cotas mais altas do município e com menores riscos de inundação, exceto as ilhas.

Na parte continental estão os piores resultados, com destaque para os distritos de DABEL e DAGUA, que nessa ordem apresentam as menores taxas de áreas verdes, 0,87% e 1,53%, com altas taxas populacionais, 115.193 e 305.099 habitantes, apresentando os piores índices de cobertura vegetal por habitante, 0,79 m² e 0,67 m², as temperaturas de superfície mais elevadas, na faixa de 30°C a 36°C, precipitação elevada, e se localizam nas cotas mais baixas do município e com os maiores riscos de inundação.

Esses resultados demonstram de maneira clara como essas variáveis estão intimamente ligadas e decorrem da baixa taxa de áreas verdes dispostas na superfície da cidade e das altas taxas de urbanização.

Desse modo, a escassez da vegetação leva a um aumento significativo na temperatura da superfície, que, por sua vez, geram impactos como: a diminuição da umidade relativa do ar, favorecimento da ilha de calor, além da ineficiência da “limpeza” do ar, que poderia ser propiciado com o serviço das folhas das árvores, através do ciclo do CO₂. Além de elevar as taxas de precipitação e favorecer a ocorrência de inundações. Fica evidente que o município não consegue gerir os seus passivos ambientais e tampouco conciliar as questões ambientais com as sociais.

Partindo para uma escala menor, o segundo artigo fez a análise comparativa de variáveis físicas entre dois bairros com trajetórias opostas: Guamá, o bairro mais populoso e com menor poder aquisitivo, e Nazaré, com alto poder aquisitivo. Aqui, também, foi possível demonstrar como uma variável depende da outra em uma relação de causa e efeito, determinando a configuração urbano-espacial dessas duas áreas.

Os resultados apontaram que o bairro do Guamá, já em desvantagem pela ocupação recente e sem planejamento, possui 7,40% de áreas verdes e 92,60% de solo exposto do seu território. Isso reflete nas temperaturas da superfície, na faixa predominante de 30°C a 32°C. Indo além, a maior parte do bairro do Guamá encontra-se nas cotas mais baixas, variando de < 4,43m a 13,72 m, sujeitando-o a maiores riscos de inundações. Ressalte-se, por relevante, que 81,58% dos seus habitantes são das classes D e E. Nesse cenário desfavorável, quando se observa o padrão de precipitação, os seus efeitos atingem escala maior aqui, justamente para a população de baixa renda.

Em oposição, o bairro de Nazaré, que teve uma ocupação mais antiga e planejada, possui 10,70% de áreas verdes e 89,30% de solo exposto do seu território. As temperaturas da superfície estão predominantemente na faixa de 28°C a 30°C. A maior parte da sua área situa-se nas cotas acima de 17,45m, o que reduz os riscos de inundações. Aproximadamente 60% dos seus habitantes são das classes A e B. Aqui encontra-se um cenário mais favorável, quando se observa o padrão de precipitação, pois os seus efeitos são sentidos em menor intensidade.

Nessa visão mais local, percebe-se que o espaço construído sem planejamento, que no caso em estudo é ocupado pela população de baixa renda, que sofre mais com os efeitos ambientais, revelando um padrão de segregação socioespacial dentro de um círculo vicioso imposto há muito tempo.

Das duas análises, resta claro que para romper essas barreiras desigualdades sociais e ambientais, é preciso atentar para criação de Políticas Públicas que sejam capazes de atenuar esses efeitos. Por isso, o terceiro artigo, a partir de análise de literatura e artigos pertinentes, aponta elementos que conciliem condições sociais, econômicas e ambientais, garantindo qualidade de vida para os cidadãos.

A sustentabilidade é fundamental para a manutenção da qualidade de vida dos habitantes nas grandes cidades. A grande tendência futura é o inchaço ainda maior de áreas urbanas. Desta forma o desenvolvimento de habitações e serviços fundamentais deve ser feito com grande planejamento e de forma sustentável.

Para a cidade de Belém é possível a construção de uma Trama Verde e Azul, que requalifique o espaço urbano agregando diferentes dimensões e garantindo melhores condições sociais, econômicas e ambientais. Assim é possível combinar esse tripé e garantir uma sustentabilidade urbana para a cidade e qualidade ambiental para os cidadãos.

5.2 Prioridades para Pesquisas Futuras

Como prioridades para pesquisas futuras recomenda-se a adoção de uma agenda pautada no planejamento urbano que incorpore a temática ambiental e promova o desenvolvimento sustentável do ambiente. Essa prática precisa ser associada a criação de mais áreas verdes na cidade de Belém, seja em ruas ou em quintais, com o objetivo de atenuar as elevadas temperaturas provocadas pelas ilhas de calor.

Outro ponto que merece destaque é uso de modelagem numérica, como exemplo tem-se o Brazilian Developments on the Regional Atmospheric Modelling System (BRAMS), para indicar o percentual adequada de áreas verdes que sejam capazes de aumentar a qualidade de vida nas cidades.

Por fim, deve-se investir na universalização dos serviços de saneamento básico: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais; no intuito de minimizar os impactos decorrentes dos processos desordenados de urbanização.

5.3 Considerações Finais

O trabalho nos capítulos dois e três, em diferentes escalas espaciais, mostrou as condições ambientais e sociais precárias da cidade de Belém, principalmente da mancha urbana, apresentando um espaço urbano marcado pela segregação. Nessa área a situação é crítica. Ressalte-se, por relevante, que as outras áreas da cidade encontram próximas de um colapso.

Nesse cenário, as condições de clima, como extremos de clima e de tempo meteorológico, serão agravadas, ocasionando problemas sociais, econômicos e ambientais ainda maiores.

Essas condições inadequadas podem e devem ser tratadas a partir de Políticas Públicas que incorporem nas suas agendas a temática ambiental, conforme indicado no

capítulo quatro, incluindo a participação da sociedade para tomadas de decisões. Indo além, é preciso garantir aparatos para uma fiscalização efetiva de órgãos públicos, bem como, de todos os cidadãos.

No entanto, o principal e a base de tudo é a educação ambiental. No sentimento de pertencimento de cada indivíduo pode-se construir uma sociedade sustentável para às gerações futuras, sendo capaz de conciliar as questões ambientais com as sociais e econômicas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. D. L. Ilha de Calor ou Ilha de Energia Térmica: um conceito aberto à discussão. **Revista Espaço Acadêmico** n° 110, p. 124 a 129, 2010.
- AMORIM, F.; TANGARI, V. R. Estudo tipológico sobre a forma urbana: conceitos e aplicações. **Paisagem e Ambiente**, v. 22, p. 61-73, 2006.
- BARBOSA, P. H. D.; COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; SILVA JUNIOR, J. DE A. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015.
- BATISTA DA SILVA FERREIRA, DOUGLAS; BARREIROS DE SOUZA, EVERALDO; CAVALCANTI DE MORAES, BERGSON; MEIRA FILHO, LUIZ GYLVAN . Spatial and Temporal Variability of Rainfall in Eastern Amazon during the Rainy Season. **The Scientific World Journal**. v. 2015, p. 1-9, 2015.
- BECKER, B. K. **A urbe amazônida: a floresta e a cidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2013. 88p.
- BECKER, B. K. Ciência, tecnologia e inovação condição do desenvolvimento sustentável da Amazônia. **Série Tecnologia e Sociedade (MCT)**, v. 15, p. 15-34, 2010.
- BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.5, p. 423-432, 2005.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 20 de novembro de 2017.
- _____. Lei 10.257/2001. **Estatuto da Cidade**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.html. Acesso em 15 de novembro de 2017.
- CARDOSO, A. C.; GOMES, T. V.; MELO, A. C. Respostas da concepção atual de regulação urbanística aos desafios socioambientais de Belém (PA). **Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano**, v. 1, p. 68-86, 2015.
- CARDOSO, A. C. D.; LIMA, J. J. F.; SILVA NETO, R. V.; RODRIGUES, R; PONTE, J. P. X.; GOMES, T. Forma urbana de Belém e seus desdobramentos para a formação de um sistema de espaços livres acessível à população. **Paisagem e Ambiente**, v. 37, 2016.
- CARDOSO, A. C. D.; VENTURA NETO, R. A evolução urbana de Belém: trajetória de ambiguidades e conflitos socioambientais. **Cadernos Metrópole (PUCSP)**. v. 1, p. 55-76, 2013.

CIRINO, L. S. Extremos climáticos de precipitação e a urbanização em Belém-PA. Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. **Trabalho de Conclusão de Curso**, 2017.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, 1995.

CORMIER, L.; LAJARTE, A. B.; CARCAUD, N. **La planification des trames vertes, du global au local : réalités et limites**. Disponível em <http://cybergeog.revues.org/23187>. Acesso em 22 de outubro de 2017.

COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; CUNHA, A. C.; UCHOA, P. W.; SILVA JUNIOR, J. A.; FEITOSA, J. R. P. Variações termo-higrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte. **Brazilian Geographical Journal: geosciences and humanities research medium**, v. 4, 2013.

COSTA, A. C. L. Variações sazonais a ilha de calor urbana na cidade de Belém-PA. In: CONGRESSO LATINA AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 9., , 2001, Buenos Aires, Argentina. **Anais...** Buenos Aires, Argentina: SBMET, 2001.

COSTA, A. C. L.; MATTOS, A. Estudo da ilha de calor urbana na cidade de Belém - PA. In: **Simpósio Nacional de Climatologia Geográfica**, 1998, Salvador - BA, 1998.

COUTINHO, M. P.; LONDE, L. R.; SANTOS, L. B. L.; LEAL, P. J. V. Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, 2015.

CRUZ, S. H. R.; CASTRO, E. M. R.; SÁ, M. E. R. Grandes projetos urbanos em metrópoles amazônicas: modernização e conflito. **Revista Novos Cadernos NAEA**, v. 14, 2011.

DE SOUZA, E. B.; CARMO, A. M. C.; MORAES, B. C. NACIF, A. FERREIRA, D. B. S. ROCHA, E. J. P. SOUZA, P. J. O. P. Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia Legal Brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo REGCM4. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016.

FERNANDES, D. A.; SOUSA, C. N.; RODRIGUES, D. L. A metrópole Belém na transição econômica: estrutura produtiva e mercado de trabalho. In: CARDOSO, A. C. D.; LIMA, J. J. F. (Orgs.). **Belém: transformações na ordem urbana**. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2015. p.89-120.

FERREIRA, V. C.; MONTE-MOR, R. L. M. Desenvolvimento metropolitano e sustentabilidade: construção de indicadores de sustentabilidade para uma análise da RMBH. In: XV Seminário sobre a Economia Mineira, 2012, Diamantina. **Anais do XV Seminário sobre a Economia Mineira**, 2012.

FIEBER, S. D. Áreas verdes urbanas imagem e uso – o caso do passeio público de Curitiba-PR. **R. RAE. GA**, Curitiba: Editora UFPR, n. 8, p. 93-105, 2004.

FIORILLO, C. A. P. **Estatuto da Cidade Comentado: lei 10.257/2001: lei do meio ambiente artificial**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais: 2002.

FREITAS, E. D. Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. **Tese de Doutorado**, 2003.

GERMANO, M. F.; VITORINO, M. I.; COHEN, J. C. P.; COSTA, G. B.; SOUTO, J. I. O.; REBELO, M. T. C.; DE SOUSA, A. M. L. Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. **Atmospheric Science Letters**, v. 18, 2017.

HARDT, L. P. A. Subsídios ao planejamento de Sistemas de Áreas Verdes baseado em princípios de ecologia urbana: aplicação à Curitiba - PR. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. **Dissertação de Mestrado**, 1994.

HONDA, S.C.A.L.; VIEIRA, M. C; ALBANO, M. P.; MARIA, Y. R. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 62-73, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Segurança Alimentar 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. 1980.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York. Academic Press, 1981.

LE TOURNEAU, F-M. ; MARCHAND, G.; GREISSING, A.; NASUTI, S.; DROULERS, M.; BURSZTYN, M.; LÉNA, P. ; DUBREUIL, V. Assessing the impacts of sustainable development projects in the Amazon: the DURAMAZ experiment. **Sustainability Science**, v. 1, p. 1-14, 2013.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Formação (Presidente Prudente)**, v. 13, p. 139-165, 2006.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 3,

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde – Hygeia** 10 (18): 264 - 272, 2014.

LUCON, T. N., PRADO FILHO, J. F.; SOBREIRA, F. G. Índice e percentual de áreas verdes para o perímetro urbano de Ouro Preto-MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba, SP**, v. 8, n. 3, p. 63-78, 2013.

MARENGO J. A.. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI (Segunda Edição). 2. ed. Brasília: **Ministerio do Meio Ambiente**, 2007. v. 1. 214p .

MARENGO J. A.; NOBRE. C.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M.; OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M.; BROWN, I. F. The drought of Amazônia in 2005. **Journal of Climate**, n. 21, p. 495-516, 2008.

MARENGO J. A.. Water and Climate Change. **Estudos Avançados (USP.Impresso)**, v. 22, p. 83-96, 2008.

MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. Modelo de avaliação do nível de sustentabilidade urbana: proposta para as cidades brasileiras. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 397-410, 2015.

MEIRELES, V.H.P. 2011. Estudo do Fenômeno da Ilha de Calor Urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) Usando Dados do Sensor AVHRR dos Satélites NOAA - 14 e 18. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Dissertação de Mestrado**, 142p.

MELO, A. C.; CARDOSO, A. C. D. Cidades para quem? Descompasso entre políticas ambientais e urbanas na periferia do capitalismo. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo (PUCMG)**, v. v. 21, p. 83-103, 2014.

MESTRE, A. P.; FONSECA, H. R. O Plano Diretor e a regionalização como ferramenta do planejamento de Campinas: uma análise da região do Jardim Campo Belo. **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 1, p. 31-46, 2011.

MOLION, L.C.B. (1987). Climatologia dinâmica da região amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p.107-117.

MONTE MÓR, R. L. M. Urbanização, sustentabilidade, desenvolvimento: Complexidades e diversidades contemporâneas na produção do espaço urbano. In: Geraldo Magela Costa, Heloísa Soares de Moura Costa, Roberto Luís de Melo Monte-Mór. (Org.). **Teorias e Práticas Urbanas - Condições para a sociedade urbana**. 01 ed. Belo Horizonte/MG: C/Arte, 2015, p. 55-69.

NOSSO FUTURO COMUM. **Relatório Brundland**. Comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas. 1988.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. Second Edition. London & New York: Routledge, 1987. 435 p.

_____. City size and urban heat island. **Atmospheric environment**, New York, v. 7, n. 8, 1973. pp. 769-779.

OLIVEIRA, P. C. F.; ANDRADE, A. R.; HABERLAND, N. T.; POTTKER, G. S.; SILVA, F. C. B. A importância das áreas verdes em uma cidade de pequeno porte: estudo

de caso na cidade de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, 8(1), 2013.

PONTES, L.; CARDOSO, A. C. D.; GOMES, T. do V.; BIBAS, L. Descompasso entre linhas: das linhas do tempo às linhas que separam cidade e natureza. In: III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e restrições ambientais ao parcelamento do solo, 2014, Belém. **III APPUrbana - A Dimensão Ambiental da Cidade**. Belém: PPGAU/UFPA, 2014. p. 1-20.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. **Plano Municipal De Saneamento Básico De Abastecimento De Água E Esgotamento Sanitário De Belém – Pará**. V. 1, 2014.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A. ; DA ROCHA, R. P. ; AMBRIZZI, Tércio . Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)**, v. 25, p. 185-204, 2010.

RIBEIRO, W.C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 27, p. 297-321, 2008.

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M.; SARAIVA, J. S. Análise Morfológica dos bairros de Nazaré e Guamá no processo de redução das áreas verdes urbanas no município de Belém-PA. In: VI Congresso Ibero-americano de Estudos Territoriais e Ambientais. **Anais**. São Paulo, v. 1, 2014.

SACHS, I. Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones ruralurbanas. Los casos de India y Brasil. **Pensamiento Iberoamericano, Madrid**, v. 46, p. 235-256, 1990.

SALGUEIRO, T. B. A morfologia urbana da cidade do Funchal e seus espaços públicos estruturantes. **Revista Malha Urbana**, nº 10, 2010

SANTIN, J. R.; MARAGON, E. O estatuto da cidade e os instrumentos de política urbana para proteção do patrimônio histórico: outorga onerosa e transferência do direito de construir. **História (São Paulo. Online)**, v. 27, p. 89-109, 2008.

SANTOS, F. A. A.; ROCHA, E. J. P. Alagamento e inundação em áreas urbanas. Estudo de caso: cidade de Belém. **Revista Geoamazônia**, Belém, v. 02, p. 33-55, 2013.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. Ed. Hucitec. São Paulo, 1993.

SILVA, A. N. B. Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. **Dissertação de Mestrado**, 2010.

SILVA, G. J. A.; WERLE, H. J. S. Planejamento urbano e ambiental nas municipalidades: da cidade à sustentabilidade, da lei à realidade. **Paisagens em Debate (USP)**, v. Nº. 5, p. 01-24, 2007.

SILVA, E. A.; FREIRE, O.; QUEVEDO-SILVA, F. Indicadores de sustentabilidade como instrumentos de gestão: uma análise da GRI, Ethos E ISE. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, p. 130-148, 2014.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, 2013.

SODRÉ, G. R. C.; VITORINO, M. I.; COHEN, J. C. P.; MORAES, B. C. Estudo observacional da convecção de mesoescala em diferentes superfícies no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 8, p. 45-55, 2015.

TRINDADE JÚNIOR., S-C. C. **Formação Metropolitana de Belém (1960-1997)**. Belém: Paka-Tatu, 2016.

ANEXOS

ANEXO A – RESUMO DO ARTIGO ENVIADO PARA PUBLICAÇÃO.**RELAÇÃO DE ÁREAS VERDES E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE PARA A CIDADE DE BELÉM
RELATIONSHIP OF GREEN AREAS AND SURFACE TEMPERATURE TO THE CITY OF BELÉM**Fernanda da Silva de Andrade Moreira³Maria Isabel Vitorino⁴**Resumo**

O presente trabalho vem contribuir com o estudo da relação entre áreas verdes, temperatura da superfície e urbanização na cidade de Belém, localizada na Amazônia. Foram analisados dados demográficos do IBGE e imagem do LANDSAT 8 para quantificar aquelas variáveis. Os resultados indicaram que as áreas localizadas na parte continental, primeira légua patrimonial, DABEL e DAGUA, têm as maiores taxas de urbanização, 99,02% e 98,47%, os menores índices de cobertura vegetal por habitante, 0,79 m² e 0,67 m², e conseqüentemente as temperaturas de superfície mais elevadas, na faixa de 30°C a 36°C. Por outro lado, a parte ao norte, distrito de DAMOS, e a região das ilhas, DAOUT, apresentam, respectivamente, as melhores taxas de áreas verdes, 85,21% e 79,66%, apresentando os melhores índices de cobertura vegetal por habitante, 5.278,47 m² e 1.910,01 m², e conseqüentemente as temperaturas de superfície mais amenas, na faixa de 20°C a 26°C. Isso converge para importância das áreas verdes, as quais garantem temperaturas da superfície menores e conseqüentemente, proporcionam uma melhora na qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Áreas verdes. Temperatura da superfície. Urbanização. Amazônia.

Abstract

The present work contributes to the study of the relationship between green areas, surface temperature and urbanization in the city of Belém, located in the Amazon. Demographic data from IBGE and LANDSAT 8 images were analyzed to quantify those variables. The results indicate that the areas located in the mainland, the first heritage region, DABEL and DAGUA, have the highest rates of urbanization, 99.02% and 98.47%, the lowest vegetation cover per inhabitant, 0.79 m² and 0.67 m², and consequently the highest surface temperatures, in the range of 30 ° C to 36 ° C. On the other hand, the northern part, DAMOS district, and the island region, DAOUT, present the best rates of green areas, 85.21% and 79.66%, respectively, with the best Inhabitant, 5,278.47 m² and 1,910.01 m², and consequently the milder surface temperatures, in the range of 20°C to 26°C. This converges to the importance of green areas, which guarantee lower surface temperatures and, consequently, provide an improvement in the quality of life of the population.

Keywords: Green areas. Surface temperature. Urbanization. Amazon.

³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientas, PPGCA/UFPA.

⁴ Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientas, PPGCA/UFPA.

ANEXO B – EMAIL COM ACEITE PARA PUBLICAÇÃO.

20/12/2017

Email – fsamoreira@hotmail.com

Re: Artigo para submissão

papers_naea@ufpa.br

ter 19/12/2017 13:10

Para: Fernanda Moreira <fsamoreira@hotmail.com>;

 1 anexo (61 KB)

Parecer para autores.doc;

Fernanda, segue o parecer do avaliador. Peço que faça as alterações sugeridas para posterior publicação.

At.,

Roseany Caxias

Papers do NAEA

Em 2017-08-31 20:29, Fernanda Moreira escreveu:

Prezados,

Submeto o artigo em anexo para avaliação.

Por gentileza confirmar o recebimento.

Atenciosamente,

Fernanda Moreira

Bacharel em Direito - UFPA

Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFPA

Especialista em Direito Público Material - UGF

Mestranda em Ciências Ambientais - PPGCA/UFPA

ANEXO C – PARECER DA PUBLICAÇÃO.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
FICHA DE PARECER PARA PUBLICAÇÃO DE PAPER



Caro Avaliador (a),

Estamos encaminhando esta ficha de avaliação para auxiliar no seu parecer acerca do artigo submetido aos Papers do NAEA. Agradecemos antecipadamente a sua colaboração. Solicitamos que o parecer seja devolvido em no máximo vinte (20) dias a partir da solicitação de sua colaboração.

Editor	
Título do Artigo	RELAÇÃO DE ÁREAS VERDES E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE PARA A CIDADE DE BELÉM
Avaliador	Conceito
1.Tema (Atual e relevante)	(<input checked="" type="checkbox"/>) Excelente (<input type="checkbox"/>) Bom (<input type="checkbox"/>) Regular (<input type="checkbox"/>) Insuficiente
2.Objetivos (Claros e bem definidos)	(...) Excelente (<input checked="" type="checkbox"/>) Bom (<input type="checkbox"/>) Regular (<input type="checkbox"/>) Insuficiente
3.Consistência conceitual ou teórica do trabalho (Adequada e bem estruturada)	(<input type="checkbox"/>) Excelente (<input checked="" type="checkbox"/>) Bom (<input type="checkbox"/>) Regular (<input type="checkbox"/>) Insuficiente
4.Análise de dados e resultados (Interpretação correta dos dados e articulada com a base teórica)	(<input checked="" type="checkbox"/>) Excelente (<input type="checkbox"/>) Bom (<input type="checkbox"/>) Regular (<input type="checkbox"/>) Insuficiente
5.Conclusões (Fundamentadas nos dados da pesquisa, claras e objetivas)	(<input type="checkbox"/>) Excelente (<input checked="" type="checkbox"/>) Bom (<input type="checkbox"/>) Regular (<input type="checkbox"/>) Insuficiente
6.Contribuição Científica (Para o conhecimento atual na área temática)	(<input checked="" type="checkbox"/>) Excelente (<input type="checkbox"/>) Bom (<input type="checkbox"/>) Regular (<input type="checkbox"/>) Insuficiente
7.Redação e organização do texto (Ortografia, gramática, clareza)	(<input type="checkbox"/>) Excelente (<input checked="" type="checkbox"/>) Bom (<input type="checkbox"/>) Regular (<input type="checkbox"/>) Insuficiente
Parecer do Avaliador	
	<p>A pesquisa realizada é de grande relevância, com temática atual e contemporânea, trazendo resultados bastante interessantes. Apresenta base teórico-metodológica boa e utiliza método adequado para demonstrar os resultados da pesquisa.</p> <p>Sugere-se pequenos ajustes e correções:</p> <p>1 - Correção geral no texto (normas e gramatical);</p> <p>2 – Inserção dos objetivos da pesquisa de forma clara no resumo do texto;</p> <p>3 – Ao citar autores no decorrer do texto, inserir de imediato o ano da obra após o nome do autor. Ex: “Segundo Monte-Mor (ano)” e outros;</p> <p>4 – Trocar o termo “homem”, por “ser humano” ou “indivíduo”, por questões de respeito aos debates de gênero na sociedade moderna;</p> <p>5 – Sempre que citar dados do CENSO, citar a fonte IBGE (ano);</p> <p>6 – Explicar termos ou categorias utilizadas em nota de rodapé</p>

	<p>(sustentabilidade, qualidade de vida, permeabilidade, antropogênico etc.), a fim de esclarecer ao leitor sobre que bases teóricas a pesquisa está embasada e também esclarecer terminologias a quem não é da área de estudo específica;</p> <p>7 - Ao se referir a “diversas organizações internacionais” (página 4), exemplificar quais seriam essas organizações;</p> <p>8 – Colocar em <i>itálico</i> as palavras em outro idioma;</p> <p>9 – Diminuir tamanho da imagem 1;</p> <p>10 – Na Conclusão, indicar proposições para melhorias e/ou possíveis mudanças para o quadro de resultados atual apresentado.</p> <p>Parecer Final: APROVADO, com o atendimento das correções e sugestões supracitadas.</p>
--	--