



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**PROPOSTA DE ZONAS MORFOCLIMÁTICAS LOCAIS PARA A
ÁREA URBANA DO DISTRITO FEDERAL – BRASIL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MAMEDES LUIZ MELO

Brasília / DF
JUNHO de 2022
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MAMEDES LUIZ MELO

**PROPOSTA DE ZONAS MORFOCLIMÁTICAS LOCAIS PARA A
ÁREA URBANA DO DISTRITO FEDERAL – BRASIL**

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Geografia, opção Acadêmica.

Orientadora: Profa. Ercília Torres Steinke

Brasília
2022

TERMO DE APROVAÇÃO

MAMEDES LUIZ MELO

PROPOSTA DE ZONAS MOFOCLIMÁTICAS LOCAIS PARA A ÁREA URBANA DO DISTRITO FEDERAL – BRASIL

Dissertação de Mestrado aprovada como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Geografia, opção Acadêmica pela seguinte banca examinadora:

Profa. Ercília Torres Steinke, Doutora (UnB)
(Orientadora)

Prof. Rafael Rodrigues da Franca, Doutor (UnB)
(Examinador Interno)

Profa. Rebecca Luna Lucena, Doutora (UFRN)
(Examinadora Externa)

Brasília, 30 de Junho de 2022.

MELO, MAMEDES LUIZ

Proposta de Zonas Morfoclimáticas Locais para a Área Urbana do Distrito Federal - Brasil, 56 p., 297 mm (UnB – Departamento de Geografia, Mestre, Geografia, 2022).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia.

1 – Zonas climáticas

2 – Área Urbana

3 – Climatologia Geográfica

4 – Clima

I. UnB-GEA

II. Título (série)

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Mamedes Luiz Melo

Com a permissão de Deus e pensando no bem estar das
pessoas que este projeto foi desenvolvido,
por isso dedico esta pesquisa a todos
aqueles a quem este estudo possa ajudar de alguma forma.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por mais uma maravilhosa e desafiadora oportunidade concedida em minha vida neste mundo, pois sem Ele, não se teria a capacidade para desenvolver, realizar e finalizar este trabalho.

Também agradeço a minha família pelo incentivo, encorajamento e paciência ao longo de todo este processo, em especial minha esposa.

Não poderia deixar no esquecimento meus professores e orientadores, Dr. Valdir Steinke e Dra. Ercília Steinke, que me apoiaram incondicionalmente neste projeto do início ao fim, fosse em conhecimentos científicos ou numa palavra amiga, os quais sou eternamente grato.

A todas as 20 famílias que cederam seus espaços e cuidados nos instrumentos instalados em suas residências, que nos permitiram adquirir dados necessário para a confecção deste estudo.

Também agradeço, em especial, ao Wallace Vieira da Silva pelo apoio e dedicação nas confecções iniciais dos mapas do DF.

Aos amigos do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet, pelo incentivo à realização deste estudo, em especial àqueles que trabalham comigo no Centro de Análise e Previsão e Tempo - Capre.

Ao Departamento de Geografia pelos instrumentos e equipamentos cedidos para a coleta de dados em campo.

SUMÁRIO

Lista de figuras	viii
Lista de abreviaturas e siglas	ix
Resumo	xi
Abstract	xii
1. Introdução	13
2. Revisão da Literatura	18
3. Procedimentos Metodológicos	27
4. Resultados e Discussões	34
5. Considerações Finais	48
Referências	51

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Estimativa do Crescimento Global
- Figura 2 - Densidade Demográfica Mundial (pessoas / km²)
- Figura 3: Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais – Tipologias da Construção.
- Figura 4: Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais – Tipologias de Cobertura de Solo.
- Figura 5 – Localização da Regiões Administrativas do DF
- Figura 6 – Áreas de investigação da pesquisa: área Urbana, Lagos e Represas do DF.
- Figura 7: Gráfico da Variação anual da temperatura do ar e da precipitação na estação Brasília.
- Figura 8: Fluxograma dos procedimentos metodológicos
- Figura 9: Modelo de Interação de Dados e Informações (células hexagonais)
- Figura 10: Tipologias de edificações e de solo do DF
- Figura 11: Tipos de uso da terra no DF de acordo com GeoPortal GDF 2019
- Figura 12: Tipos de Cobertura do solo na área urbana do DF.
- Figura 13: Classes hipsométricas e distribuição dos termohigrômetros
- Figura 14: Comparação da temperatura máxima da estação do Inmet/termohigrômetro-setembro/202
- Figura 15: Infográfico do ponto de coleta de Águas Claras
- Figura 16: Infográfico do ponto de coleta de Brazlândia
- Figura 17: Infográfico do ponto de coleta de Ceilândia
- Figura 18: Infográfico do ponto de coleta de Cruzeiro Velho
- Figura 19: Infográfico do ponto de coleta de Guará
- Figura 20: Infográfico do ponto de coleta de Sudoeste
- Figura 21: Infográfico do ponto de coleta de Itapoã
- Figura 22: Infográfico do ponto de coleta de Park Way
- Figura 23: Infográfico do ponto de coleta de São Sebastião
- Figura 24: Infográfico do ponto de coleta de Sobradinho
- Figura 25: Infográfico do ponto de coleta de Santa Maria
- Figura 26: Carta Sinótica/Agosto-2020
- Figura 27: Carta Sinótica/Setembro-2020
- Figura 28: Carta Sinótica/Octubre-2020

Figura 29: Interpolação da Temperatura máxima

Figura 30: Interpolação da Temperatura máxima

Figura 31: Interpolação da umidade relativa máxima

Figura 32: Interpolação da umidade relativa mínima

Figura 33: Mapa das Zonas Morfoclimáticas Locais para as áreas urbanas no Distrito Federal

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Admitância de Superfície, Adm. Sup.
Albedo Superficial, Alb. Sup.
Altura dos elementos de Rugosidade, Alt. Rug.
Aspecto de ratio ou relação, H/W (H/W)
Calor Antropogênico, Clr. Ant.
Centro de Análise e Previsão e Tempo - Capre
Classe de Rugosidade, Cls. Rug.
Companhia de Planejamento do Distrito Federal , CODEPLAN
Distrito Federal, DF
Fator de Visão do Céu, FVC
Fração de Superfície Edificada, % Edif.
Fração de Superfície Impermeável, % Imp.
Fração de Superfície Permeável, % Perm.
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE
Instituto Nacional de Meteorologia, INMET
Intergovernamental Panel on Climate Change, IPCC
Modelo Digital de Terreno, SRTM
Nordeste do Brasil, NEB
Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada), NDVI
Organização das Nações Unidas, ONU
Organização Meteorológica Mundial, WMO
Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, PBMC
Population Reference Bureau, PRB
Regiões Administrativas, Ra's
Sistema Clima Urbano, S.C.U
Temperatura da Superfície Terrestre, LST
Temperatura da Superfície Terrestre, LST
Zona de Convergência do Atlântico Sul, ZCAS
Zona de Convergência Intertropical, ZCIT
Zonas Climáticas Locais , ZCL
Zonas Morfoclimáticas Locais, ZMCLs

RESUMO

O processo de urbanização acarretou inúmeros problemas e impactos socioambientais, em todas as partes do mundo, incluindo o Brasil e, no Distrito Federal (DF), não foi diferente.

No ano de 2019, segundo o IBGE, a população do DF estimada era de 3.015.268 de habitantes, um crescimento de 445.108 pessoas, referente ao censo de 2010 (2.570.160 pessoas), com uma densidade demográfica (2010) de 444,66 hab/km². Nesse contexto, esta proposta de pesquisa, visa levar à definição e localização de microclimas existentes na área urbana do DF e a identificação de Zonas Morfoclimáticas Locais, tendo como ponto de partida a metodologia de Stewart e Oke (2012), de acordo com a espacialização da temperatura do ar e da umidade relativa do ar. Os dados foram coletados em 20 pontos, no período entre 01 de agosto e 31 de outubro de 2020 (período seco no DF). Tais procedimentos resultaram em sete zonas (1 a 7), com situações distintas, sendo as zonas 6 e 7 as mais adequadas (menos críticas) para as atividades antrópicas no período de análise, enquanto que, as zonas 1, 2 e 3 apontam condições menos adequadas (mais críticas), com elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e um conjunto urbanístico que não apresenta indicadores de qualidade socioambiental. Recomendam-se novos trabalhos nessa mesma perspectiva e que considerem períodos mais longos de monitoramento das variáveis climáticas, bem como, levantamentos durante a estação chuvosa.

Palavras-chave: clima, urbano, qualidade ambiental

ABSTRACT

The urbanization process has caused numerous problems and socio-environmental impacts, all over the world, including Brazil, although at different time intervals. In the Federal District (DF) it was no different. In 2019, according to the IBGE, the estimated population was 3,015,268 inhabitants, an increase of 445,108 people, referring to the 2010 census (2,570,160 people), with a population density (2010) of 444.66 inhab. /km². In this context, this research aims to lead to the definition and location of existing microclimates in the urban area of the DF and the identification of Local Morphoclimatic Zones, having as a starting point the methodology of Stewart and Oke (2012), according to the spatialization of the air temperature and relative humidity collected at 20 points, in the period between August 1st and October 31st, 2020 (dry period in DF), and adding other variables. Such procedures resulted in seven zones (1 to 7), with different situations, with zones 6 and 7 being the most suitable (less critical) for human activities in the period of analysis, while zones 1, 2 and 3 indicate conditions less adequate (more critical), with high temperatures, low relative humidity and an urban set that does not present socio-environmental quality indicators. Further studies in this same perspective are recommended and that consider longer periods of monitoring of climatic variables, as well as surveys during the rainy season.

Keywords: climate, urban, environmental quality

1. INTRODUÇÃO

Segundo Barbosa e Amorim (2021), as primeiras preocupações com a temática de clima urbano surgiram antes da Revolução Industrial. O mais antigo vestígio sobre o clima urbano pode ser encontrado em Londres do século XVII com Evelyn em 1661, em sua obra *Fumifugium* que tratou do tema da poluição atmosférica. Os espaços urbanos passaram a assumir a responsabilidade do impacto máximo da atuação humana sobre a organização na superfície terrestre e na deterioração do ambiente.

O processo de urbanização acarretou inúmeros problemas e impactos socioambientais, por todas as partes do mundo, incluindo o Brasil, embora em intervalos de tempos diferentes. Hoje, Clima Urbano é um assunto muito debatido, dentro e fora do país, pois cada cidade torna-se um grande laboratório de pesquisa a ser estudado. A expansão demográfica está acelerada em diversas cidades do mundo e isso está se tornando um risco, pois a ocupação desordenada do solo, leva muitos desafios para a população e seus governantes no que tange à saúde e em qualidade de vida.

No Brasil, também houve expansão demográfica desordenada em diversos Estados, que provocou problemas em todos os setores, a começar pelo crescimento populacional. O órgão responsável pela contagem do número da população, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou no dia 28/08/2019 as estimativas da população brasileira. Pela data de referência de 1º de julho de 2019, o Brasil tinha uma população estimada em 210.147.125 habitantes. Os dados relativos aos Estados foram publicados na edição do Diário Oficial da União nesta mesma data.

É possível ter uma ideia de quanto as cidades brasileiras tiveram que se adaptar ou não a esta nova realidade, uma grande explosão demográfica, muitas vezes sem critérios. As cidades cresceram e com este crescimento, seus problemas também aumentaram em diversos setores ligados à população de forma geral, especialmente a àquelas que vivem nos grandes centros urbanos, pois neste cenário, novas famílias surgiram, novas moradias se fizeram necessário; houve o aumento de veículos circulando; desmatamentos; etc., problemas estes, decorrentes da ocupação desordenada e da falta de planejamento urbano.

No Distrito Federal (DF) não foi diferente. No ano de 2019, segundo o IBGE, a população estimada era de 3.015.268 de habitantes, um crescimento de 445.108 pessoas, referente ao censo de 2010 (2.570.160 pessoas), com uma densidade demográfica (2010) de 444,66 hab/km².

É sabido que o crescimento das cidades, está modificando seu próprio clima (OKE, 1987).

Essa modificação climática pode ser aumentada localmente pelas ilhas de calor, independentemente de qualquer cidade. Portanto, também é uma preocupação para a questão da saúde pública (JOHNSON e WILSON, 2009) e para o consumo de energia (OHASHI et al., 2007).

Outra consequência, devido à estas mudanças nas alterações de temperatura do ar no meio urbano, as ilhas de calor, se destacam entre os de maiores impactos no clima urbano (AYOADE, 1998). Este fenômeno provém da elevação das temperaturas médias nos centros urbanos e, também, pela atuação industrial.

Isso acontece, principalmente, devido às diferenças de irradiação de calor entre as regiões construídas, as regiões com solo exposto ou com maior vegetação.

Um ou mais fatores climáticos podem interagir, influenciando na temperatura do ar, umidade relativa do ar, pluviosidade e deslocamento de ar, etc., entre estes fatores, podem ser destacados: a altitude, a latitude, a continentalidade, a maritimidade, o relevo, a vegetação, as massas de ar e a urbanização (PBMC, 2016). Portanto, quando se refere ao clima, se trata de um conjunto de dados (temperatura, pressão, umidade) a respeito das condições atmosféricas de um determinado local, durante um período cronológico específico. O tipo de clima depende de uma série de fatores, como latitude, altitude, relevo e radiação solar. Até mesmo a presença do ser humano pode alterar as condições climáticas (CRUZ, et al., 2010) e a ciência que estuda estas variações é a Climatologia.

Outro aspecto crucial para análise de séries temporais de dados, em Climatologia, é o cuidado com a origem dos dados, mais precisamente com o fato de as estações meteorológicas estarem situadas em ambientes homogêneos ou heterogêneos. Via de regra, a distinção entre estes espaços está centrada entre o urbano e o rural, porém, Stewart e Oke (2006) ressaltam que devem-se estar atento às características distintas dentro de cada paisagem (rural e urbana) e que é necessário um maior cuidado quando consideradas enquanto objetos de análise científica. Esta observação que os autores indicaram, mostra ser muito importante, pois a diversidade, tanto de aplicação e utilização dos termos urbano e rural, quanto aos elementos estruturais das paisagens, em especial, nas paisagens urbanas, é muito importante. Isto fica mais evidente nos estudos de ilha de calor urbano nos trabalhos de Shitara (1957); Chandler (1965); Lombardo, 1985; Ludwig (1970); Sharon e Koplowitz (1972); Okoola (1980) e Robaa (2003) e Silva e Ribeiro (2006).

Outro “consenso” em Climatologia é de que os espaços urbanos e rurais diferem em valores de registro dos fenômenos climáticos, em evidência para os valores de temperatura do ar mostram as prováveis influências das áreas urbanas em fenômenos regionais (STEINKE et al., 2010 e JONES et al. 1990). Para Jones et al. (1990), as cidades industrializadas podem exercer forças capazes de gerar tendências de temperatura do ar, no entanto, cidades de menores portes

não apresentam tal significância. Portanto, deve-se considerar as especificidades locais e as particularidades de cada aglomerado urbano e suas vizinhanças, como indicado no estudo de Stewart e Oke (2012) que apresentaram uma nova proposta de classificação de zonas climáticas para áreas urbanas a partir da definição dos microclimas.

No Brasil, considerado o pai da Climatologia Urbana, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, em sua obra: *Teoria e Clima Urbano: um projeto e seus caminhos* (MONTERIO e MENDONÇA, 2003), traz em linhas gerais, uma proposta teórica e técnica de sustentação e fundamentação aos trabalhos de climatologia urbana no país, intitulado Sistema Clima Urbano (S.C.U) e foi na Teoria Geral dos Sistemas de Ludwing Von Bertalanffy, que Monteiro buscou direcionamento técnico e teórico para a elaboração do S.C.U.

Nos últimos anos, muitos trabalhos científicos foram desenvolvidos sobre clima urbano especialmente sobre “ilhas de calor” e, após o advento do aquecimento global pelo mundo, divulgado principalmente pelo IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima), estes trabalhos se multiplicaram e na avaliação de Stewart (2011), a maioria se tornou uma “pobre prática científica”, comprometendo quase metade da literatura publicada sobre ilhas de calor. Vários pontos fracos, entre eles, as preocupações sobre a autenticidade desses estudos, especialmente no que diz respeito à medição, definição e relato das magnitudes das ilhas de calor, que contribuem para essa avaliação, podem ser aprimorados com o novo sistema de classificação, proposto por Stewart e Oke (2012), conhecida como Zonas Climáticas Locais. Assim, Stewart e Oke (2012), ao observar esse aumento na produção desenfreada de trabalhos científicos sobre ilhas de calor, resolveram, no intuito de padronizar uma forma para que os pesquisadores norteassem em suas pesquisas e que pudesse ser usado em qualquer parte do mundo, desenvolveram um sistema de classificação da paisagem baseando-se no clima de paisagens urbanas e rurais. O sistema compreende a uma categoria de 17 Zonas Climáticas Locais, sendo 15 definidas pela morfologia de superfície e cobertura de solo, e duas pelo uso do solo e material de construção componentes deste uso. A partir daí e utilizando a metodologia de Stewart e Oke (2012), em diversas partes do mundo, especialmente na China e no Brasil, vários trabalhos começaram a serem desenvolvidos com bons resultados, por exemplo Monteiro (2018) no Brasil, utilizando esta metodologia, obteve um excelente resultado para Campinas-SP, o mesmo ocorrendo com Shan He et al. (2018) para a cidade de Xi'an na China.

Tanto no verão, como inverno, existem situações do tempo que levam os habitantes do DF, muitas vezes, a passarem por situações extremas, como danos físicos e materiais provocados pelas fortes chuvas, ventos, raios, etc., e, principalmente na saúde, ocasionados pela poeira e baixa umidade relativa do ar ao longo do período seco, que se estende de maio a setembro, conforme informações das mídias locais (escrita e falada), tais como a reportagem do jornal Correio

Braziliense, de 20/09/2021 e da TV Globo, de 18/09/2019; e comprovados nos estudos de Steinke, et al. (2006), Steinke (2004), entre outros. A percepção que seus habitantes têm, em relação ao clima e ao tempo, é diferente entre eles, seja o calor ou o frio, os ventos fortes ou fracos, a falta ou o excesso de chuva, etc., e isso pode confundir o real aspecto climático da região, pois, individualmente, cada pessoa possui uma sensibilidade própria em relação ao conforto ambiental (STEINKE, et al. 2010). Associa-se a isso, a atividade humana no meio urbano do DF, que, com a impermeabilização do solo, a retirada da cobertura vegetal e com os adensamentos urbanos surgidos de forma indevida, pode influenciar o campo térmico urbano e alterar os parâmetros climáticos (STEINKE, et al., 2020).

Diante deste cenário, o DF carece de uma pesquisa abrangente em seu território, pois é sabido pelos seus moradores os problemas afetados pelo “clima urbano” em suas duas estações climatológicas bem definidas: fria e seca (outono/inverno) e a outra, quente e úmida (primavera/verão), pois quando não é a baixa umidade relativa do ar e alta temperatura do ar que afeta a saúde da população, as tempestades de verão, associadas com vendavais, descargas elétricas, enxurradas, etc., trazem grande transtorno aos seus moradores, acarretando até mesmo em vítimas fatais (ALMEIDA e STEINKE, 2016; STEINKE e BARROS, 2015; SANTOS et al, 2011). Assim, nesta pesquisa, se objetiva identificar as áreas onde predominam-se os acentuados intemperes do clima local que afetam a maioria de seus habitantes, por meio de uma classificação do clima local, focando somente na área urbana. Com isso, levando-se os resultados ao conhecimento do governo local, o mesmo poderá realizar um melhor planejamento em cada estação do ano sobre a Região, numa tentativa de amenizar os intemperes do clima sobre a população de maneira geral.

Logo, esta pesquisa se fomentará como “diretriz” no trabalho de Stewart e Oke, 2012), no qual construíram um novo sistema de classificação de Zonas climática Locais – ZCL onde o universo da paisagem consiste em 17 ZCLs padrão, dos quais, 15 são definidos pela estrutura e cobertura da superfície e dois por materiais de construção e emissões de calor antropogênico. O conjunto padrão é dividido em “tipos construídos” 1–10 e “tipos de cobertura da terra” de A – G. Os tipos construídos são compostos por elementos construídos em uma cobertura predominante da terra, que é pavimentada para zonas compactas e plantas baixas / árvores dispersas para zonas abertas. Os tipos de cobertura da terra podem ser classificados em propriedades sazonais ou efêmeras (isto é, árvores nuas, solo coberto de neve, solo seco / molhado). Nesse contexto, esta proposta de pesquisa, visa levar à definição e localização de microclimas existentes no DF e da identificação de Zonas Morfoclimáticas Locais, tendo como ponto de partida a metodologia de Stewart e Oke (2012), à princípio, do período seco, compreendido entre a segunda quinzena de maio até a primeira quinzena de setembro. Uma vez definidos os microclimas e as Zonas

Climáticas Locais, pretende-se levar estas informações à comunidade científica e principalmente ao governo local, mostrando as áreas em potenciais de risco à saúde da população, para que este possa tomar suas medidas preventivas.

O objetivo geral da pesquisa foi identificar Zonas Morfoclimáticas Locais (ZMCL's) caracterizadas em um recorte espacial da área urbana do DF, de acordo com a espacialização da temperatura do ar e da umidade relativa do ar coletados em 20 pontos, no período entre 01 de agosto e 31 de outubro de 2020.

Objetivos específicos:

1. Elaborar a classificação de tipologia da cobertura do solo;
2. Elaborar a classificação de tipologia de construção;
3. Coletar dados de temperaturas do ar e de umidade relativa do ar em 20 pontos;
4. Analisar a variação espacial dos dados coletados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1- Crescimento e Ocupação do Solo

Um dos problemas atuais das sociedades e que é preocupação da maioria dos governantes de diversos países, é como assegurar moradia de qualidade de vida para os seus habitantes, pois o m² de terra é oneroso para muitos, principalmente nos grandes centros.

Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) de 10 de julho de 2019, 54% da população mundial está cada vez mais urbanizada e, mais da metade, vive em zonas urbanizadas ao que se podem juntar 2,5 mil milhões em 2050, com quase 90% do crescimento centrado na Ásia e África. (ONU NEWS, 2019)

Na figura 1 pode-se observar a estimativa do crescimento global, produzido pela *Population Reference Bureau* (2007), onde levou-se em consideração a diferença entre os países desenvolvidos e em processo de desenvolvimento, a partir dos anos de 1950 até os dias atuais, e, também, a previsão até o ano de 2050. Verifica-se que a taxa de crescimento da população dos países em processo de desenvolvimento é significativamente maior do que nos países desenvolvidos e, por sua vez, apresenta uma taxa de crescimento constante no período proposto.

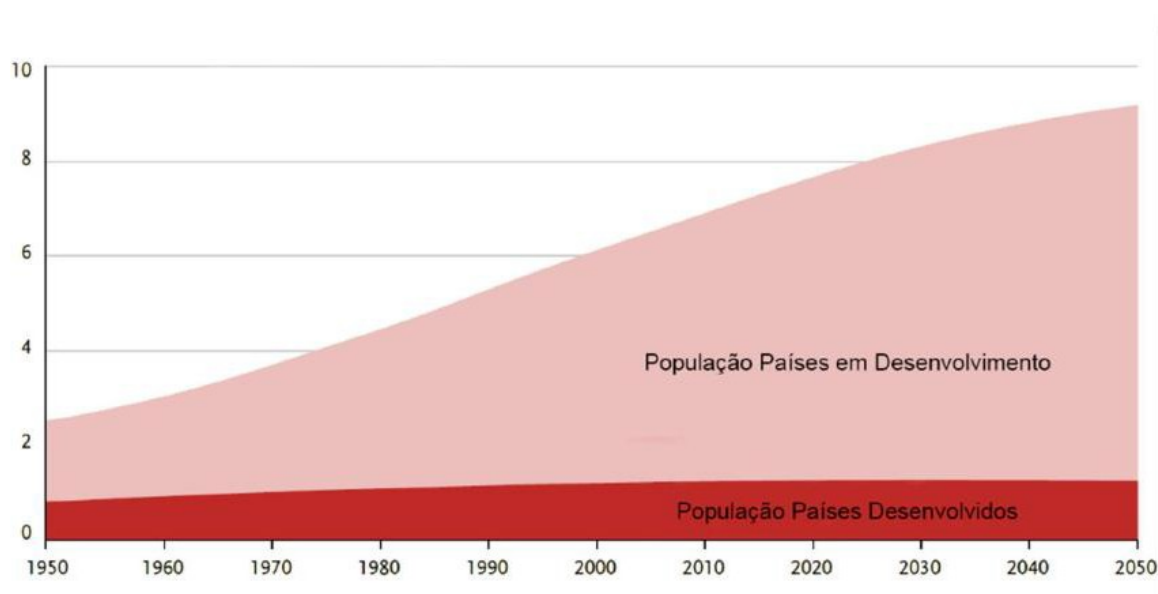


Figura 1- Estimativa do Crescimento Global - Population Reference Bureau (2007)

Fonte: adaptado de POPULATION REFERENCE BUREAU (2007).

Já a figura 2 mostra a Densidade Demográfica Mundial (pessoas / km²). Com sete bilhões de pessoas e aumentando a cada dia, a população do mundo encontra-se em ritmo acelerado e sem sinais de desaceleração num futuro próximo. Com um aumento de um bilhão de pessoas nos últimos quinze anos e um aumento de quatro bilhões e meio nos últimos quarenta e cinco anos, é razoável esperar cerca de dez bilhões de pessoas no mundo até 2050.

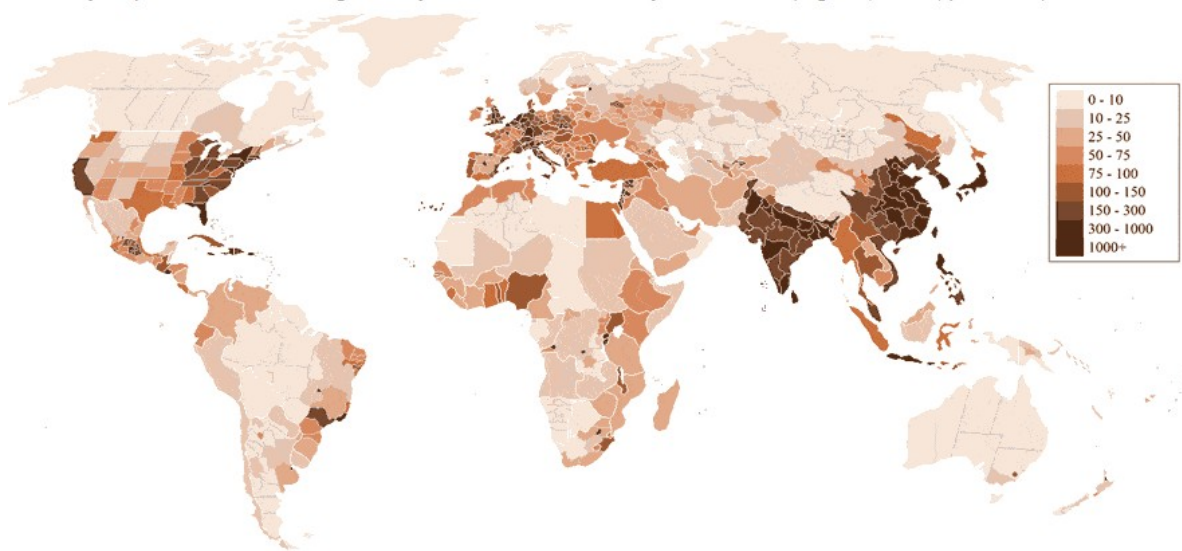


Figura 2 - Densidade Demográfica Mundial (pessoas / km²)

Fonte: Adaptado de <https://www.worldometers.info/world-population/>

De acordo com o novo relatório da Organização das Nações Unidas – ONU (2019), a população mundial deverá crescer em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, passando dos atuais 7,7 bilhões de indivíduos para 9,7 bilhões em 2050. O estudo concluiu que a população mundial poderá alcançar o seu pico por volta do final do atual século, chegando a quase 11 bilhões de pessoas em 2100 (*Perspectivas Mundiais de População 2019*.)

Quanto ao Brasil, o órgão responsável por esta contagem, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou no dia 28/08/2019 as estimativas da população do Brasil. Pela data de referência de 1º de julho de 2019, o Brasil tem uma população total de 210.147.125 pessoas. Os dados relativos aos estados foram publicados na edição do Diário Oficial da União nesta mesma data.

Em 1º de julho de 2018, o número era de 208.494.900. O crescimento absoluto da população em um ano foi 1.652.225 pessoas, o que representa aumento de 0,79%.

O estado com a menor população continua a ser Roraima, que chegou a 605.761 pessoas, um crescimento de 5,06% frente os 576.568 registrados no ano passado. Amapá tem população de 845.731 pessoas e o Acre somou 881.935.

A maior população se encontra em São Paulo, com 45.919.049 pessoas, um aumento de 0,83% em relação aos 45.538.936 estimados há um ano. Minas Gerais tem uma estimativa de população de 21.168.791 pessoas e o Rio de Janeiro aparece em terceiro lugar, com 17.264.943.

Uma curiosidade é de que em Roraima, na Revisão da Projeção de 2018, foi o único estado onde incorporou-se a migração internacional, em função dos intensos fluxos migratórios de venezuelanos ocorridos nos últimos anos, concentrados naquele estado.

Já o DF, no último censo realizado pelo IBGE, em 2010, contabilizou uma população estimada em 2.570.160 para o ano de 2021. Estimava-se chegar a 3.094.325. (IBGE, 2010).

Um dos critérios que indica o desenvolvimento de uma cidade é o seu crescimento. Contudo, quando analisados os parâmetros de tamanho e população, o crescimento das cidades produz modificações associadas a alteração da paisagem original. Estas modificações afetam as condições da água, do solo, do ar e, conseqüentemente, afetam o clima das cidades – o clima urbano.

Há um “consenso” em Climatologia de que os espaços urbanos e rurais diferem em valores de registro dos fenômenos climáticos, em evidência para os valores de temperatura do ar (Steinke et al., 2010). Jones et al. (1990) mostram as prováveis influências das áreas urbanas em fenômenos regionais.

As ilhas de calor contribuem para a formação de grandes e volumosas nuvens de chuva. Por isso, a inundação, em certa medida, é culpa do homem. E parte dessa culpa tem a ver com o desleixo com que se tem lidado com um importante fenômeno meteorológico: o aquecimento local, caracterizado por pequenas variações de temperatura entre regiões de uma mesma cidade, que viraram enormes com o aumento das intervenções humanas (VIANNA, 2018).

O Distrito Federal (DF) é um exemplo. No período chuvoso da região, as situações relacionadas a anomalias de precipitação são veiculadas com frequência pela mídia, como o episódio de chuva em março de 2016, que ocasionou diversos pontos de alagamento e acidentes de trânsito com ocorrência de mortes (BECKER, 2020).

2.2. Clima e Cidade

A Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1996) define clima urbano como a mudança das condições meteorológicas, referentes à combinação das ações humanas e áreas construídas. As cidades, com suas instalações industriais, circulação de veículos, cobertura vegetal insuficiente, impermeabilização dos solos, modificação na topografia e tantas outras, alteram substancialmente o balanço energético e o balanço hídrico da cidade, criando ambientes climáticos, na maioria das vezes inconvenientes ao pleno desempenho das funções urbanas. Essas alterações no organismo urbano acabam por gerar profundas mudanças no comportamento da atmosfera sobre a cidade, de que são exemplos problemas relacionados ao escoamento superficial e a umidade relativa do ar, com efeitos que comprometem a qualidade ambiental cidadina.

Segundo Monteiro (1976), a cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbana e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e de deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Yiannakou e Salata (2017) concluíram que a relação entre a forma urbana e o efeito combinado das alterações climáticas e ilha de calor, ainda é uma questão em aberto na literatura, bem como na prática do ordenamento de território, pois quanto mais compacta for uma cidade, maiores problemas terão desta natureza, bem como os relacionados aos níveis de tráfegos, congestionamentos, falta de espaços abertos e um decadente parque imobiliário.

McEvoy (2019) afirma que a combinação de crescimento da população, taxas sem precedentes de urbanização e mudanças climáticas, está levando a desafios e resiliência complexas para governos e sociedades de todo o mundo. Com uma perspectiva de a população mundial ultrapassar 9 bilhões em 2050, as pessoas que vivem em cidades, deverão duplicar em relação ao mesmo período de tempo. Mas que algumas entidades internacionais e nacionais têm tornado o desenvolvimento urbano mais sustentáveis e resilientes.

Feng e Myint (2015) confirmam a importância de que temperaturas de superfície elevadas, em paisagens urbanas, trazem uma variedade de problemas e um exagerado desconforto térmico. Este estudo incidiu sobre recurso de cobertura do solo distintas,

edifícios, explorando a relação entre a Temperatura da Superfície Terrestre (LST), em objetos de construção e os padrões de ocupação do solo em suas áreas vizinhas, no centro de Pequim, China.

Jamei et al. (2015) constataram que o aumento da temperatura do ar urbano e o aumento dos riscos de eventos da onda de calor são sérias preocupações de saúde pública. Eles resumiram e revisaram os últimos estudos sobre o efeito das estratégias mais promissoras (geometria urbana e arborização urbana) sobre conforto térmico.

Não só a ocupação irregular do solo traz consequências, mas também, o tipo de material construído é muito importante numa avaliação sobre clima urbano, pois gera desconforto ao ser humano e dispendiosa conta em energia elétrica. Mello et al. (2009) comprovaram, quando desenvolveram um trabalho na cidade de Presidente Prudente SP, em que foi medida a temperatura e umidade do ar, a partir de aparelhos medidores fixados nas habitações. Como resultado demonstrou-se que a temperatura média da cidade estudada aumentou cerca de 2,5° C nos últimos 30 anos e a diferença entre a área urbana e rural, em cerca de 10° C. O principal problema se refere as residências populares, que além de apresentarem áreas construídas muito pequenas, são densamente ocupadas. Além da produção de calor, da baixa qualidade de vida, estas áreas são o principal foco de doenças do aparelho respiratório.











Stewart e Oke (2009) explicam que uma classificação dos locais de clima urbano, depende tradicionalmente de descritores simplistas como “urbano” e “rural”. Embora esses descritores podem descrever adequadamente a configuração regional de uma investigação, eles não transmitem nada das suas propriedades de microescala, o que realmente pode influenciar o clima da camada superficial. Assim, demonstraram uma nova abordagem para a classificação usando uma versão protótipo de “zonas climáticas locais” e testaram estas zonas utilizando locais de campo “urbano” e “rural” em Nagano - Japão, pois, nesta cidade, correspondem bem com zonas climáticas locais, e o novo sistema fornece uma interpretação mais útil da paisagem para climatologistas urbanos. Com mais refinamento, o sistema de zona de clima local pode melhorar a consistência e precisão em relatórios de clima urbano.

Diante deste cenário de pesquisas e recomendações, se fez necessário uma busca ou resposta mais eficaz sobre clima urbano e dar um “norte” aos pesquisadores de diversos pontos do planeta e, com essa preocupação, Stewart e Oke (2012) construíram um novo sistema de classificação da paisagem baseando-se no clima de paisagens urbanas e rurais com o objetivo de padronizar os estudos sobre ilhas de calor - são as

Zonas climática locais – ZCL

2.3 – Zonas Climáticas Locais - ZCL








As Zonas Climáticas Locais se estendem horizontalmente por centenas de metros a dezenas de quilômetros e têm, por definição, regiões com materiais, estrutura, cobertura de superfícies uniformes e atividades humanas semelhantes. Cada Zona Climática Local é caracterizada de acordo com um determinado regime de temperatura sobre superfícies secas, com atmosfera calma, noites claras em áreas com relevo suave e devem possuir um diâmetro mínimo de 400 á 1000m (ou seja, um raio de 200 á 500m) (STEWART e OKE, 2012). O sistema compreende a categorização de 17 Zonas Climáticas Locais sendo 15 definidas pela morfologia de superfície e cobertura de solo, e 02 pelo uso do solo e material de construção componentes deste uso, sendo que o conjunto padrão é setorizado em dois, as tipologias de construção e as tipologias de cobertura de solo (figuras 3 e 4). Como um aprofundamento mais específico quanto ao uso do solo e a morfologia e geometria urbana, as classificações das Zonas Climáticas Locais complementam a tradicional diferenciação de área urbana e área rural. Uma vez que apresentam um detalhamento de parâmetros influentes ao clima urbano, e que caracterizam as propriedades do local, possibilitando desta forma, uma análise mais adequada à magnitude da ilha de calor por meio da distribuição da temperatura entre estas diferentes classificações (STEWART, 2011).

Tipologia da Construção	Descrição
1. Maciço de edifícios altos 	Densa mistura de edifícios altos. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.
2. Maciço de edifícios médios 	Mistura densa de edifícios médios (3-9 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de pedras, tijolos, ladrilhos e concreto.
3. Maciço de edifícios baixos 	Densa mistura de prédios baixos (1-3 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo principalmente pavimentada. Materiais de construção de pedras, tijolos, ladrilhos e concreto.
4. Espaço aberto com edifícios altos 	Arranjo aberto de edifícios altos. Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.
5. Espaço aberto com edifícios médios 	Arranjo aberto de edifícios médios (3-9 pavimentos). Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.
6. Espaço aberto com edifícios baixos 	Arranjo aberto de edifícios baixos (1-3 pavimentos). Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de madeira, tijolos, pedras, telhas e concreto.
7. Adensamento de Edifícios baixos leves 	Densa mistura de edifícios baixos. Poucas ou nenhuma árvore. A cobertura de solo expostos. Materiais de construção leves (por exemplo, madeira, palha, metal ondulado).
8. Grandes edifícios baixos, galpões 	Arranjo aberto de grandes edifícios baixos (1-3 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo principalmente pavimentada. Materiais de construção de aço, concreto, metal e pedra.
9. Escassamente construído 	Arranjo com pequenos ou médios edifícios em um ambiente natural. Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas).
10. Indústria pesada 	Estruturas industriais de baixa gabarito e de médio alcance (torres, tanques, pilhas). Poucas ou nenhuma árvore. A cobertura de solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de metais, aço e concreto.

Fonte: adaptado de Stewart e Oke (2012).

Figura 3: Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais – Tipologias da Construção.

Fonte: adaptado de Stewart e Oke (2012).

Tipologias de Cobertura de Solo	Descrição
A. Árvores adensadas 	Paisagem fortemente arborizada de árvores decíduas e/ou de folhas perenes. A cobertura do solo é principalmente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, cultivo de árvores ou parque urbano.
B. Árvores dispersas 	Paisagem levemente arborizada de árvores de folha caduca e/ou de folhas perenes. A cobertura do solo é principalmente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, cultivo de árvores ou parque urbano.
C. Arbustos 	Arranjo aberto de arbustos e árvores curtas e lenhosas. A cobertura do solo é principalmente permeável (solo exposto ou areia). A função da zona é arvoredo natural ou agricultura.
D. Gramíneas / Forrações 	Paisagem com gramíneas, forrações ou culturas herbáceas. Poucas ou nenhuma árvore. Função de zona é pastagem natural, agricultura ou parque urbano.
E. Pavimentação / Pedra exposta 	Paisagem com pedra exposta ou cobertura pavimentada. Poucas ou nenhuma árvore ou planta. A função da zona é o deserto natural (rocha) ou o transporte urbano.
F. Solo exposto / Areia 	Paisagem com solo exposto ou areia. Poucas ou nenhuma árvore ou planta. A função da zona é deserto ou agricultura natural.
G. Água 	Corpos de água grandes e abertos, como mares e lagos, ou pequenos corpos, como rios, reservatórios e lagoas.

Fonte: adaptado de Stewart e Oke (2012).

Figura 4: Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais – Tipologias de Cobertura de Solo.

Fonte: adaptado de Stewart e Oke (2012).

A definição de cada Zona Climática Local é resultante de um conjunto de dados que caracterizam as propriedades geométricas e de cobertura de superfície e propriedades térmicas, radiativas e metabólicas. O primeiro grupo de dados tem como parâmetros, fator de visão do céu (FVC), aspecto de ratio ou relação H/W (H/W), fração de superfície edificada (% Edif.), fração de superfície impermeável (% Imp.), fração de superfície permeável (% Perm.), altura dos elementos de rugosidade (Alt. Rug.) e classe de rugosidade (Cls. Rug.). O segundo grupo aborda os parâmetros de admitância de superfície (Adm. Sup.), albedo superficial (Alb. Sup.) e saída de calor antropogênico (Clr. Ant.).

Stewart e Oke (2012) propõem que a magnitude das ilhas de calor seja representada pela diferença de temperatura entre Zonas Climáticas Locais e não apenas

pela diferença entre o urbano e rural. Assim, é possível facilitar o reconhecimento das influências urbanas e não urbanas sobre a temperatura.

A eficácia dessa nova classificação e orientação se faz pelos resultados de diversos trabalhos publicados recentemente pelo mundo, mesmo com algumas restrições, aplicando essa metodologia, tais como Collischonn e Mattos, (2011), Monteiro e Pezzuto, (2017), Alexander e Mills, (2014), Bechtel et al. (2015), Hidalgo, et al. (2019) e Qiu et al. (2018).

Monteiro (2018) mostrou a eficiência dessa nova metodologia em uma pesquisa que teve como objetivo analisar o comportamento das Zonas Climáticas Locais caracterizadas em um recorte espacial do município de Campinas – SP, onde o proposto para esta pesquisa e de acordo com a espacialização da temperatura e umidade relativa do ar, além de averiguar quais os parâmetros de classificação que gerariam maiores interferências aos dados climáticos coletados em uma área de abrangência de 200 metros de raio.

A proposta que ora é apresentada, tem como base a proposta de Stewart e Oke (2012), porém, outras variáveis foram acrescentadas à análise, como a hipsometria, o relevo e a orientação das vertentes, o que resultou na identificação de Zonas Morfoclimáticas Locais na área urbana do DF.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Delimitação da área de estudo.

A área de estudo dessa investigação compõe o Distrito Federal – DF (figura 5). Está localizado entre os paralelos de 15°30' e 16°03' de latitude sul e os meridianos de 47°25' e 48°12' de longitude oeste, na Região Centro-Oeste, ocupando o centro do Brasil e o centro leste do Estado de Goiás. Com uma área de 5.783 km², representa 0,06% da área do território nacional. Limita-se a leste com o município de Cabeceira Grande, pertencente ao Estado de Minas Gerais e com os seguintes municípios do Estado de Goiás: - Ao norte: Planaltina de Goiás, Padre Bernardo e Formosa; - Ao sul: Luziânia, Cristalina, Santo Antônio do Descoberto, Cidade Ocidental, Valparaíso e Novo Gama; - A leste: Formosa; - A oeste: Santo Antônio do Descoberto, Padre Bernardo e Águas Lindas. O Distrito Federal é o menor território autônomo do Brasil que, por determinação constitucional, não pode ser dividido em municípios. É formado pela Capital Federal Brasília e suas Regiões Administrativas (figura 5). Em 21 de abril de 1960, Brasília tornou-se Capital Federal da República Federativa do Brasil que até então era na cidade do Rio de Janeiro (CODEPLAN, 2017). A figura 6 mostra a área de estudo da pesquisa.

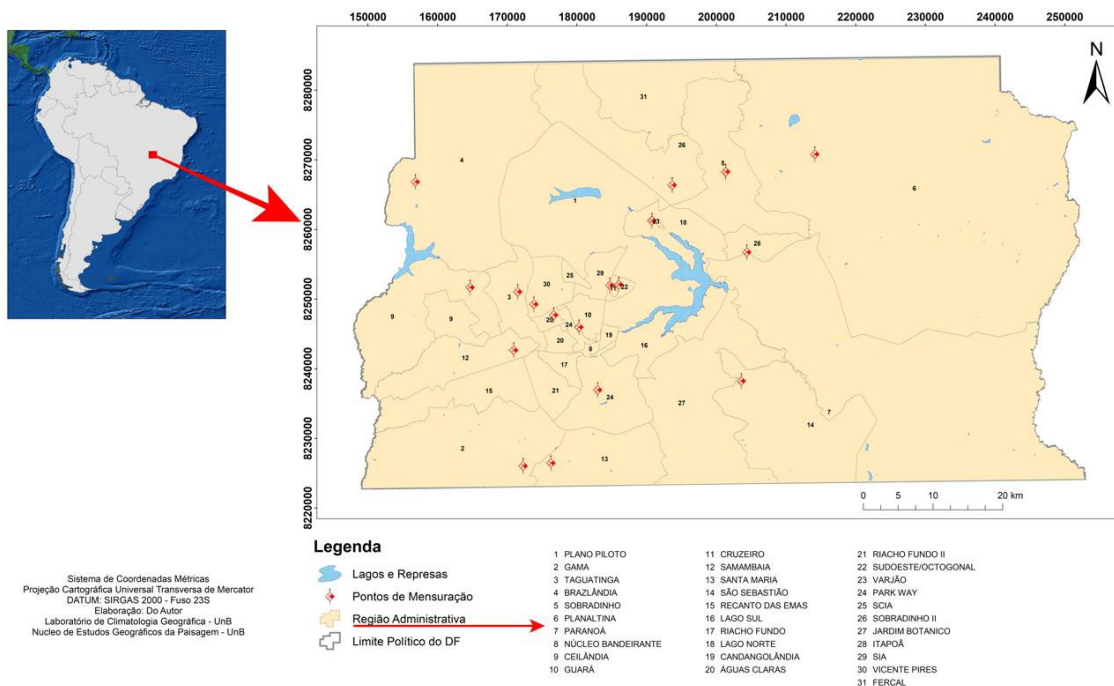


Figura 5 – Localização das Regiões Administrativas do DF

Fonte: Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN)

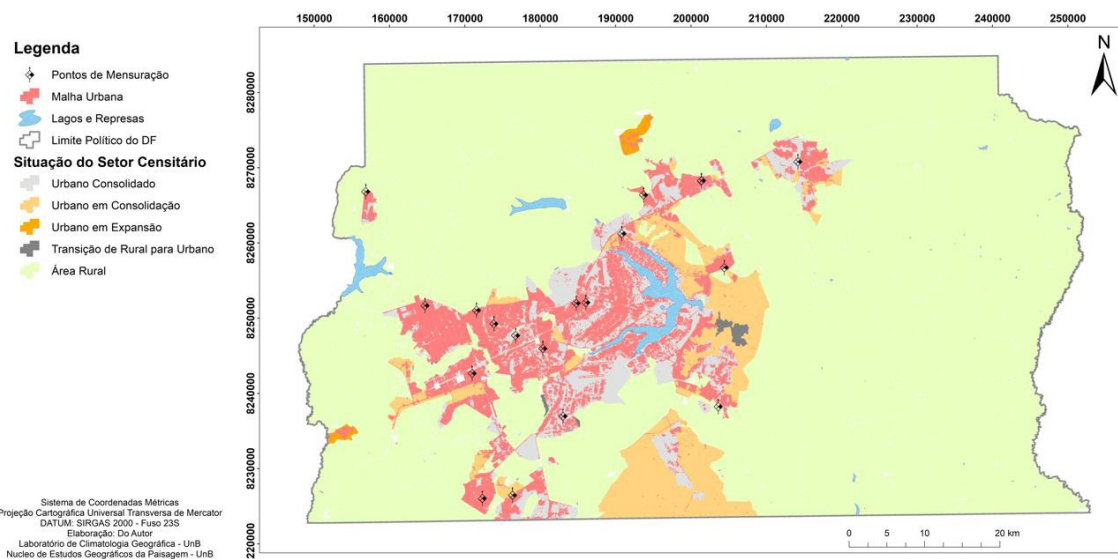


Figura 6 – Áreas de investigação da pesquisa: área Urbana, Lagos e Represas do DF. Elaboração do autor (2021)

Brasília é uma cidade que foi projetada para abrigar de 500 a 700 mil habitantes, e o projeto previa que, só se ultrapassasse este limite, seriam criadas cidades satélites. Mas a população prevista rapidamente foi ultrapassada, e já em 2010, último Censo do IBGE, chegou a 2.690.959 habitantes. Entretanto as cidades-satélites previstas para depois do adensamento surgem já na construção de Brasília, pois desde o início ocorreu um forte aumento de população, devido à busca de trabalho nas obras da construção, cujos operários moravam em assentamentos provisórios e aqui permaneceram. Os assentamentos populacionais foram dando origem às cidades satélites que mais tarde foram denominadas Regiões Administrativas - RAs (CODEPLAN, 2017).

Em síntese, o meio natural do DF pode ser caracterizado da seguinte forma: o relevo caracteriza-se por padrões aplainados, colinosos e morros, os quais foram detalhados por Steinke e Sano (2011) em mais de 80 unidades de relevo, constituindo-se nos divisores de água das bacias hidrográficas da região. A região é drenada por cursos d'água pertencentes as bacias hidrográficas: São Francisco, Tocantins/Araguaia e Paraná. Situa-se na região do Cerrado e apresenta diferentes tipos de vegetação, tais como: Cerradão, Cerrado Típico, Campo Cerrado, Campo Sujo e Campo Limpo. Matas Ciliares, Veredas e Campos Rupestres nas regiões mais elevadas

O clima do DF, segundo a classificação de Koppen, é tropical, em que são nítidas duas estações, a primavera-verão - período chuvoso, e o outono-inverno- período seco.

Dentro desta classificação subdivide-se em Tropical e Tropical de Altitude cuja diferenciação está relacionada à altitude, ocorrendo pequenas variações de temperatura.

Os sistemas de circulação atmosférica que atuam no Centro-Oeste, associados à posição geográfica do DF, permitem observar, na região, uma forte sazonalidade pluvial anual. Entre os meses de maio a setembro, registra-se pouquíssima chuva, sendo as principais características desse período: intensa insolação, pouca nebulosidade, forte evaporação, baixos teores de umidade no ar e grande amplitude térmica (máximas elevadas e mínimas reduzidas).

Já entre os meses de outubro a abril ocorre o período chuvoso. Nesse período, a insolação se reduz, a nebulosidade aumenta, diminui a evaporação, os teores de umidade do ar aumentam, a pluviosidade se intensifica e a amplitude térmica moderadamente reduz-se. A figura 7 mostra a variação anual da temperatura do ar e da precipitação na estação Brasília (INMET, 2020).

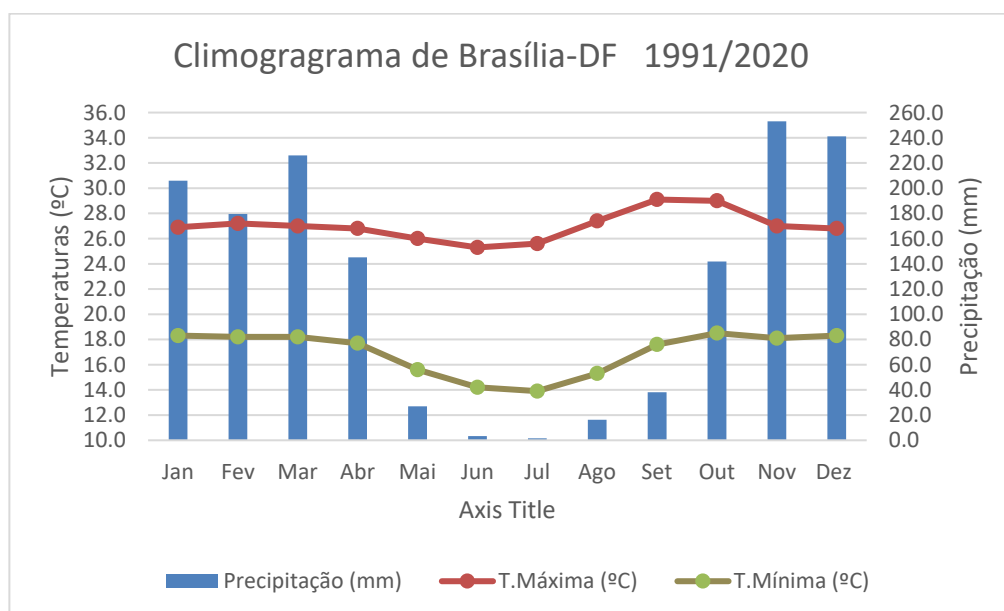


Figura 7: Gráfico da variação anual da temperatura do ar e da precipitação na estação Brasília Fonte: INMET (1992).

Existem, assim, dois semestres pluviometricamente distintos: um seco e um chuvoso. Dentro do período mais seco, os meses de julho e agosto são os que apresentam os mais baixos volumes de chuva no DF. Já no período mais chuvoso, o mês de maior pluviosidade é dezembro. Com relação às temperaturas, pode-se afirmar que permanecem

elevadas na primavera-verão, enquanto o inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, apresenta temperaturas amenas e frias, que ocorrem em função da latitude, da altitude e da maior participação da massa polar atlântica (STEINKE e BARROS, 2015).

Etapas da pesquisa

Com a premissa de atingir os objetivos previstos para a pesquisa, algumas etapas de trabalho foram empreendidas, as quais estão sintetizadas no fluxograma apresentado na figura 8.

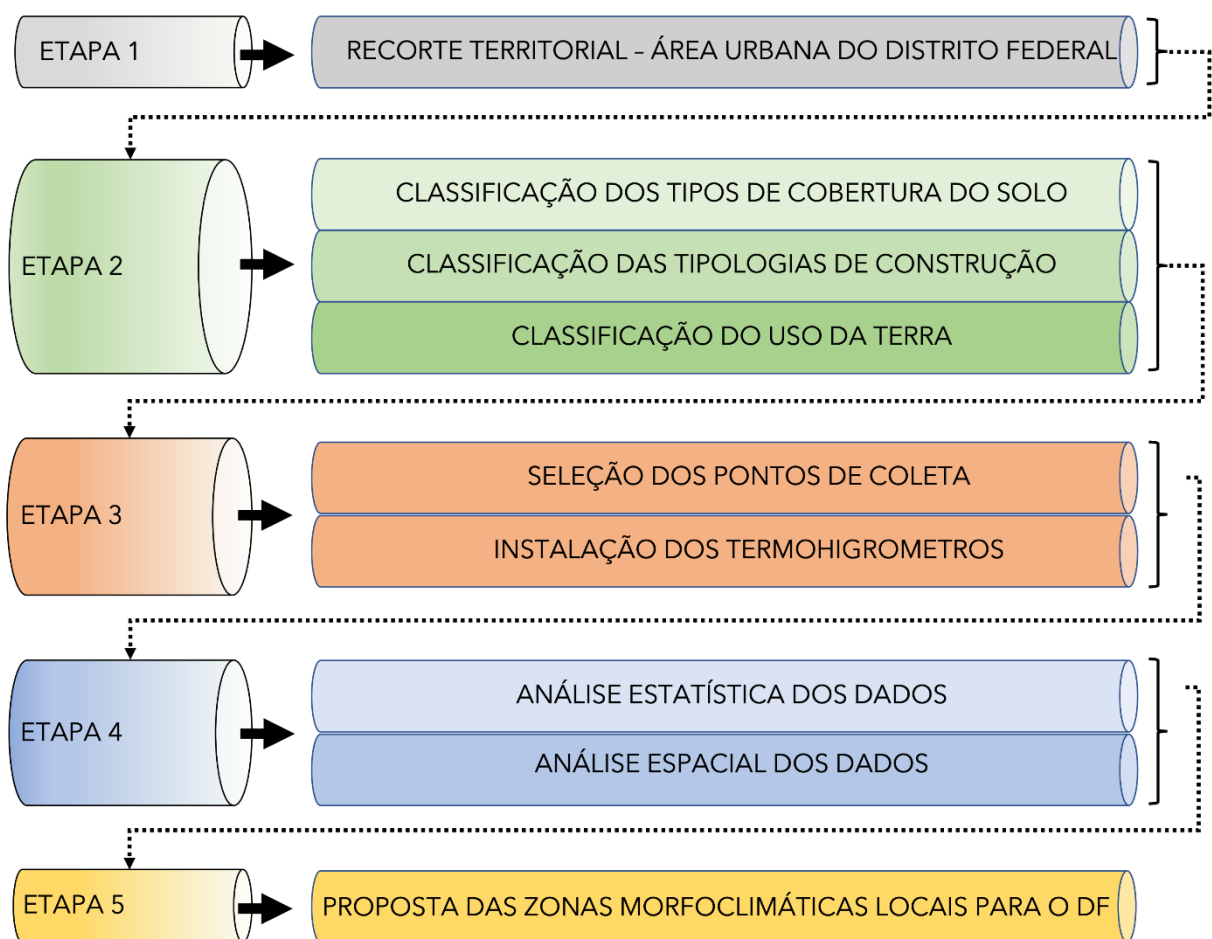


Figura 8: Fluxograma dos procedimentos metodológicos

Elaboração do autor (2021)

Interpretação de imagens

Com base nas diretrizes para classes de coberturas do solo, foi elaborada a construção de duas classificações da área urbana do DF, seguindo as classificações de

Stewart e Oke (2012).

Em primeiro lugar foi realizada a classificação das tipologias da cobertura do solo, conforme:

a) O mapa da classificação de tipologia da Cobertura do Solo foi produzido por meio da reclassificação dos dados de cobertura do solo de 2019, classificados com imagens Sentinel 2 pela Codeplan e disponibilizado no GeoPortal/DF (<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>). O dado original possuía quatro classes de cobertura e na reclassificação, conforme Stewart e Oke (2012), o dado passou a contar com sete classes. As áreas DF foram divididas em hexágonos de 200m de raio. Para a manipulação e conversão de dados foi utilizado o software Qgis 3.10.

b) A classificação de tipologia de Construção foi realizada na região da classe de “Pavimentação/Pedra Exposta” da classificação anterior (tipologia do solo). Foram realizadas duas classificações supervisionadas, Cart e Random Forest sobre 207 polígonos coletados em diferentes RA's.

No intuito de distinguir os diferentes edifícios, a imagem classificada foi composta de duas bandas, sendo a primeira o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) de imagens Sentinel 2, de 2019, e a segunda, a subtração de um Modelo Digital de Terreno (SRTM) como Modelo Digital de Superfície (ALOS Palsar). O acesso às imagens de satélite e às classificações foram realizadas no software de geoprocessamento Google Earth Engine e o Qgis 3.10 para converter as imagens resultantes no formato vetorial, compatível com Shapefile. Estas duas tipologias foram aglutinadas à classificação de uso da terra, disponível no Geoportal do GDF, originando um plano de informação para cobertura do solo no DF, tendo como ano base 2019. Assim, a cobertura do solo foi agrupada em sete classes. A seguir foi realizada a identificação da volumetria das edificações, para poder enquadrar nas tipologias propostas por Stewart e Oke (2012).

Na etapa seguinte, consistiu em realizar um fatiamento topográfico do território em análise e a confecção do mapa hipsométrico.

Levantamento de dados climáticos

Foram distribuídos 20 equipamentos para a mensuração de umidade do ar e da temperatura do ar previamente calibrados e distribuídos pelo DF no intuito de abranger

as tipologias de cobertura do solo e de construção. Essa distribuição também levou em conta a identificação de moradores que aceitassem a instalação dos equipamentos em suas residências. Os dados foram coletados entre os dias 01 de agosto e 31 de outubro de 2020, diariamente em intervalos de 30 minutos entre as medições. Os instrumentos utilizados foram termohigrômetros digitais datalogger modelo AKSO-AK-174. Este equipamento possui uma escala de 0 a 100% para UR com precisão de +/- 3% e de -40°C a 70°C para a temperatura com precisão de +/- 1,0°C. Além disso, foram utilizados mini abrigos meteorológicos. Todos equipamentos foram fornecidos pelo Laboratório de Climatologia Geográfica da UnB.

A distribuição destes equipamentos procurou atender a todas as classes de cobertura do solo de acordo com as tipologias definidas e, na medida do possível, todos os extratos de altimetria.

Identificação e mapeamento das ZMCLs

Os resultados da pesquisa compreendem a classificação descrita anteriormente e estão apresentados de acordo com a sequência dos produtos gerados no fluxo dos procedimentos. O recorte territorial diz respeito aos setores censitários urbanos do DF de acordo com o IBGE (2010).

Com base neste arranjo de procedimentos e de posse dos dados coletados pelos equipamentos, a próxima etapa foi analisar a distribuição espacial dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar com a finalidade de identificar padrões que possam indicar a formação Zonas Morfoclimáticas Locais para a área urbana do DF.

A proposta de interação de dados e informações neste estudo, procura articular os elementos geográficos baseados na premissa de análise complexa do território, tendo no Sistema de Informação Geográfica a ferramenta para a inserção e integração de dados geoespaciais vinculados a geomorfologia, as características urbanas e climáticas; esta etapa foi realizada de modo matricial, na qual todos os elementos estão articulados entre si e todos interagem, de alguma forma.

A figura 9, apresenta o modelo de interação de dados e informações, tendo como pressuposto uma abordagem geossistêmica de interação horizontal e vertical dos elementos que compõem a paisagem, sem a definição de níveis hierárquicos, isso significa dizer que todos os elementos interagem de modo transversal, em um processo contínuo e dinâmico de troca de energia desencadeado especialmente pelos aspectos da variabilidade climática anual à que estão condicionados.

Os elementos utilizados no ambiente SIG e sua estrutura de interação por células hexagonais. Neste procedimento, cada célula é submetida a um processo de interação espacial com todos os elementos selecionados e agrupados em categorias, quanto maior o número de interações presentes em cada célula, maior será seu grau de criticidade, normalizados entre 0 e 10. Indicando assim as Zonas Morfoclimáticas Locais mais e menos críticas para a área urbana do DF.

No mapa final, mostra a identificação das Zonas Morfoclimáticas Locais para a área urbana do DF, o qual foi elaborado a partir do recorte do território da área urbana em 7.609 células hexagonais de 0,15 km² cada. A cada célula foi atribuída uma nota, de 0 a 10 (0 corresponde ao menos crítico e 10 corresponde ao mais crítico) para cada variável envolvida no processo, a saber: tipologias de construção, cobertura da terra, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa máxima, umidade relativa mínima, hipsometria, orientação das vertentes e relevo. A metodologia de atribuição de notas foi baseada no trabalho de Steinke e Sano (2011).

COMPARTIMENTAÇÃO DO TERRITÓRIO EM CÉLULAS HEXAGONAIS		VARIÁVEIS UTILIZADAS NA MATRIZ DE INTERAÇÃO ESPACIAL						Classificação Morfoclimáticas Locais $\Sigma = ZMCL_1 + \dots + ZMCL_n$
		Cobertura	Pavimentação Antrópica	Temp. Max. Absoluta (°C)	Temp. Min. Absoluta (°C)	Altimetria	Relevo	
		$C_1 + \dots + C_n = C_v$	$Pa_1 + \dots + Pa_n = Pa_v$	$Tmax_1 + \dots + Tmax_n = Tmax_v$	$Tmin_1 + \dots + Tmin_n = Tmin_v$	$A_1 + \dots + A_n = A_v$	$R_1 + \dots + R_n = R_v$	
	10	10	10	10	10	10	1	MAIS CRÍTICO
	9	9	9	9	9	9	2	
	8	8	8	8	8	8	3	
	6	6	6	6	6	6	4	
	4	4	4	4	4	4	5	
	2	2	2	2	2	2	6	
	1	1	1	1	1	1	7	MENOS CRÍTICO

Figura 9: Modelo de Interação de Dados e Informações

Fonte: Steinke e Sano (2011).

4. RESULTADOS e DISCUSSÕES

Das 10 classes de tipologias de construção de Stewart e Oke (2012), nove foram identificadas durante a coleta de amostras, sendo deixada de lado a classe de “indústria pesada” entre as classificações.

O recorte territorial não utilizou a divisão em RAs, mas sim os setores censitários urbanos do DF de acordo com o IBGE (2010). Para este recorte foram selecionadas duas classes de tipologia, a saber: a tipologia de edificações e de solo (Figura 10).

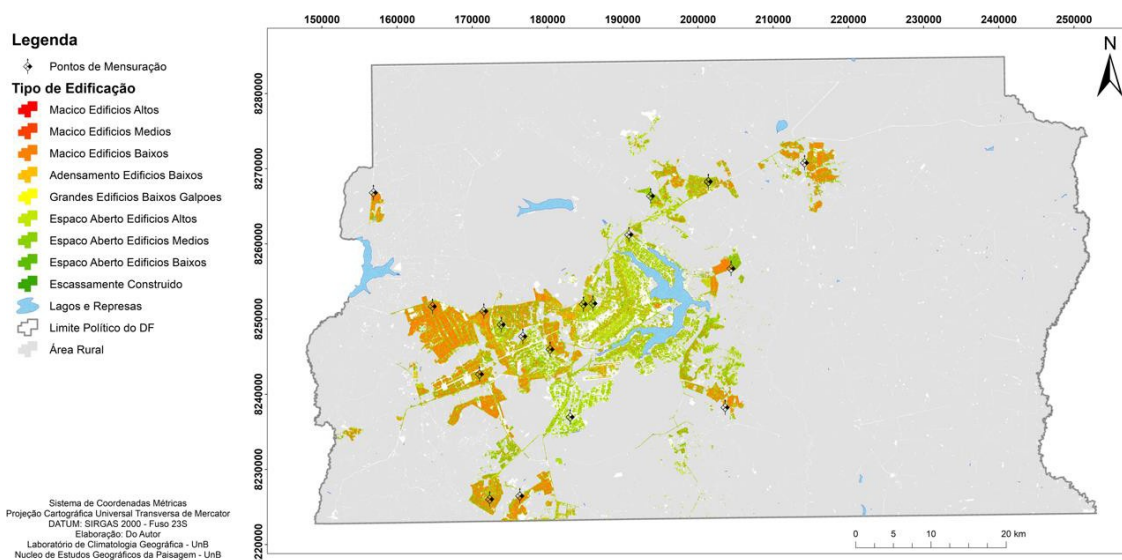


Figura 10: Tipologias de edificações e de solo do DF.

Elaboração do autor (2021)

Associada à estas duas tipologias foi aglutinada a classificação de uso da terra disponível no GeoPortal/DF, com ano base de 2019, oriunda da imagem Sentinel (Figura 11).

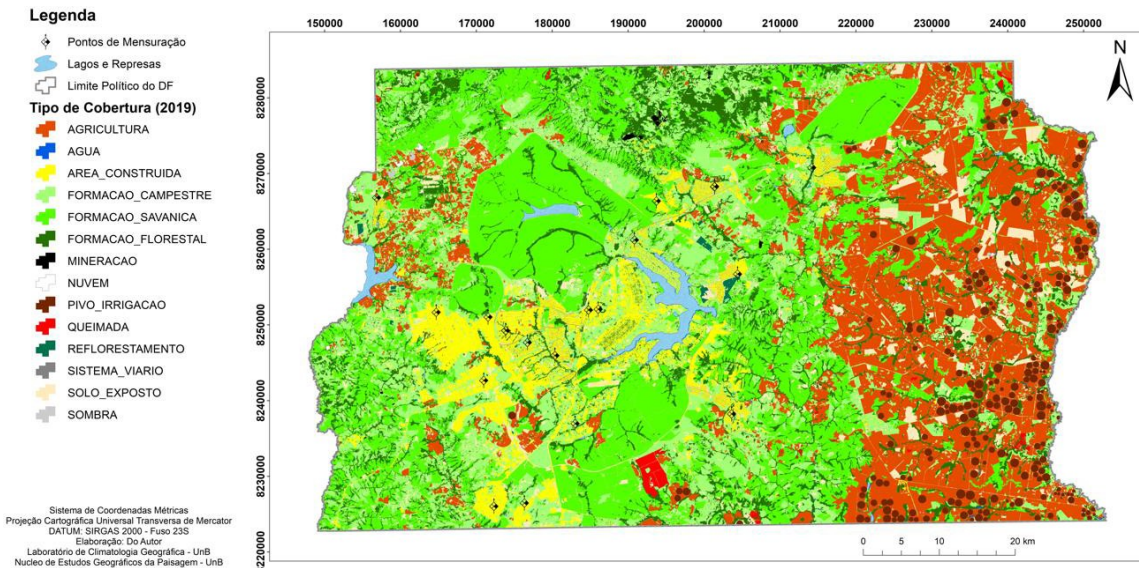


Figura 11: Tipos de uso da terra no DF de acordo com GeoPortal GDF 2019. Elaboração do autor (2021).

A associação destes recortes resultou em um plano de informação para cobertura do solo no DF, tendo como ano base 2019. Assim, a cobertura do solo foi agrupada em sete classes de acordo com a figura 12.

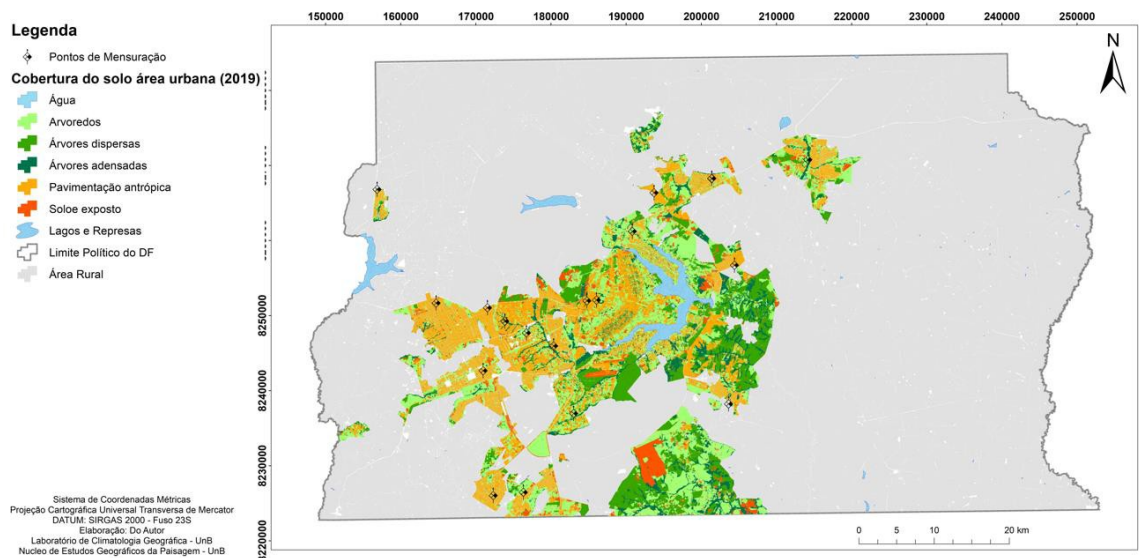


Figura 12: Tipos de cobertura do solo na área urbana do DF. Elaboração do autor (2021)

A identificação da volumetria das edificações foi realizada para poder enquadrar nas tipologias propostas por Stewart e Oke (2012), na qual exige-se identificar os prédios mais altos, os baixos, as áreas mais adensadas com edificações, entre outros. Para este procedimento foram utilizadas imagens do sensor ALOS e SRTM, com um conjunto de amostras de 207 pontos distribuídos pela área urbana do DF.

Após a avaliação da área considerada urbanizada, observou-se a existência de uma diversidade de configurações, desde áreas mais compactas, com área urbana consolidada, até áreas mais dispersas, algumas mais verticalizadas e outras mais vegetadas.

Como resultado, obteve-se a classificação tipológica por características de construção, com as áreas devidamente representadas no território, possibilitando, assim, identificar as Zonas Morfoclimáticas Locais em decorrência das tipologias de coberturas.

Entre as tipologias de construção definidas se destacam Espaço Aberto – Edifícios Altos; Espaço Aberto – Edifícios Baixos e Maciço de Edifícios Baixos. As duas primeiras classes são encontradas em Regiões Administrativas como Plano Piloto, área reconhecida pela Unesco como Patrimônio Cultural da Humanidade, onde predominam edifícios residenciais com até 6 pavimentos; e em regiões de ocupação mais recente como a verticalizada Águas Claras. Já a tipologia de Maciço de Edifícios Baixos predomina em regiões administrativas periféricas como Taguatinga, Samambaia e Ceilândia.

Steinke e Steinke (2014), em pesquisa realizada no DF, concluíram que as diferenças altimétricas, mesmo que não sejam muito expressivas, tendem a interferir nos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, por esse motivo e com o intuito de refinar o modelo proposto, foi realizada a fragmentação em classes topográficas (figura 13).

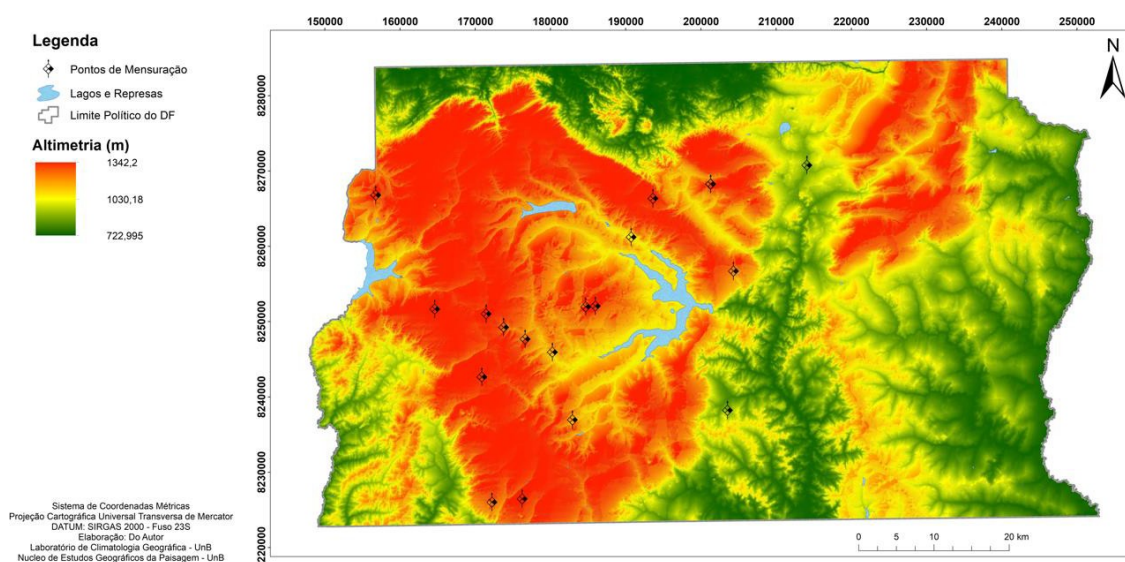


Figura 13: Classes hipsométricas e distribuição dos termohigrômetros.

Elaboração do autor

A característica mais significativa da área urbana, no DF, é o fato do tecido urbano apresentar-se fracionado, com pouca continuidade do ambiente construído entre os

diversos núcleos urbanos que o compõem. A área urbana se apresenta horizontalizada e polinucleada e a mancha urbana se estende em direção a ambientes de restrição ambiental e de recarga de aquíferos (áreas mais elevadas topograficamente).

Como já citado, as diferenças altimétricas, no DF, não são muito significativas. A altitude varia entre 750 m e 1.350 m, aproximadamente. As altitudes abaixo de 900 m estão localizadas em trechos ao longo dos rios das bacias do São Bartolomeu, Preto e Maranhão. As altitudes entre 900 m e 1.000 m ocupam, principalmente, o centro-leste e o leste do DF. As altitudes entre 1.000 m e 1.200 m são predominantes, caracterizando extensas áreas com declives suaves. As cotas mais elevadas, acima de 1.200 m, estão localizadas a oeste, ocupando um pequeno trecho contínuo.

A fragmentação definiu nove classes de altimetria (figura 12), que estão distribuídas pelos quatro padrões de relevo identificados por Steinke (2003): Interflúvios Tabulares, Colinas, Dissecação Intensa de Vales e Dissecado na Transição Interflúvio tabular e Colinas. A totalidade desses padrões configura, a princípio, um relevo plano a suave ondulado, com vertentes que se estendem da base das unidades mais elevadas em direção aos vales, e relevos dissecados, ao longo dos principais rios.

Após a confecção do mapa hipsométrico, foram distribuídos 20 equipamentos para medição dos dados de umidade relativa do ar e da temperatura do ar, durante um período de 90 dias (agosto a outubro). Conforme figura 14, observa-se que os padrões dos dados meteorológicos observados (temperatura e umidade), tanto na estação do Inmet (oficial), como no termohigrômetro instalado ao lado da estação do Inmet, seguiram os mesmos padrões. Assim, é possível afirmar que os dados coletados pelos termohigrômetros foram de inteira confiabilidade.

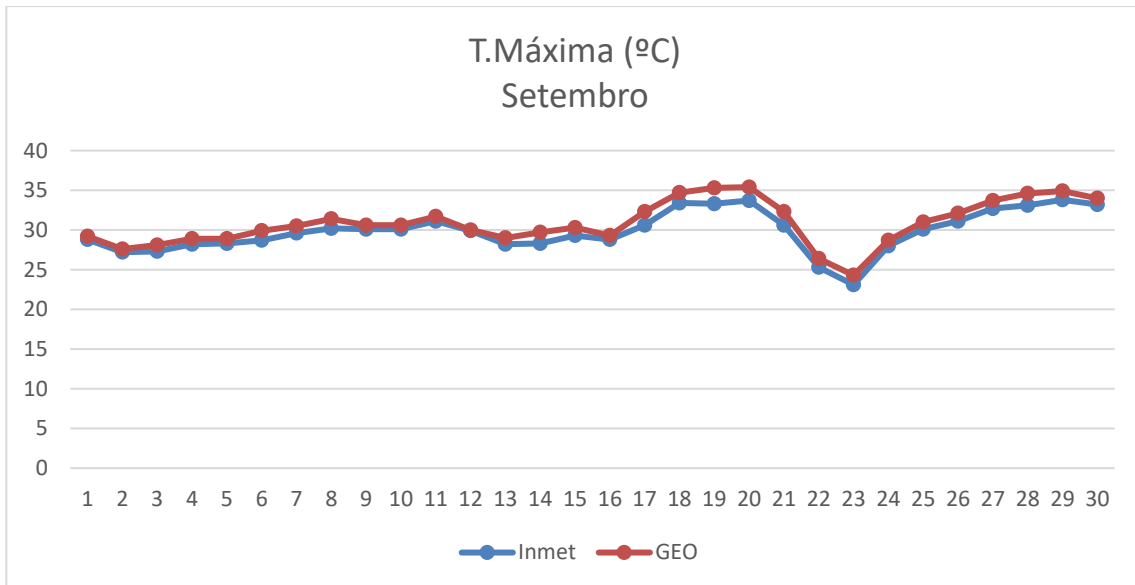
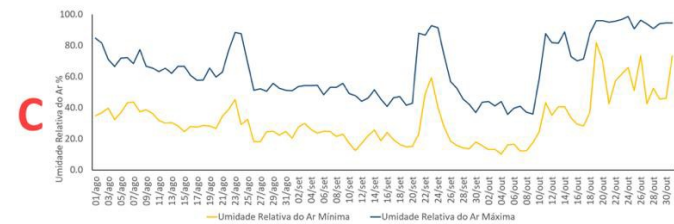
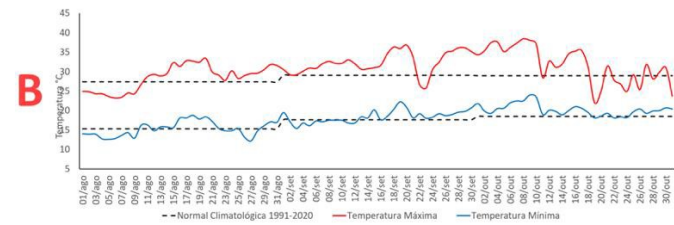


Figura 14: Comparação entre a estação do Inmet/termohigrômetro - Temp. Máx./setembro-2020
 Elaboração do autor.

A seguir, as figuras 15 a 25 correspondem aos infográficos dos pontos de coleta, que reúnem as informações referentes à localização do ponto de coleta, variação da temperatura do ar e da umidade relativa do ar no período estudado, perfil topográfico e foto do equipamento.



Legenda
 A) Recorte imagem área do google earth
 B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
 C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
 D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
 E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

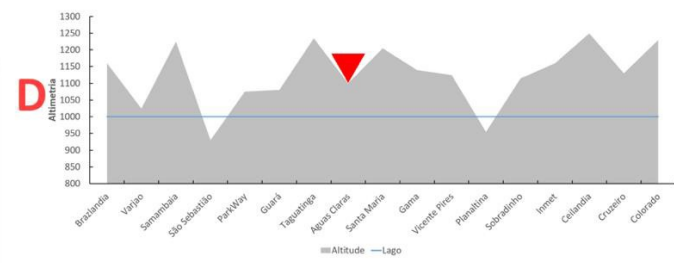


Figura 15: Infográfico do ponto de coleta de Águas Claras DF.
 Fonte dos dados: coleta em campo.



Legenda

- A) Recorte imagem área do google earth
- B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
- C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
- D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
- E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020

Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca

Foto: Mamedes Melo

Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo

Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

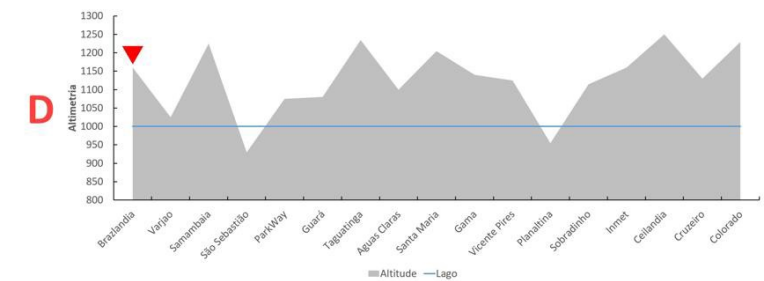
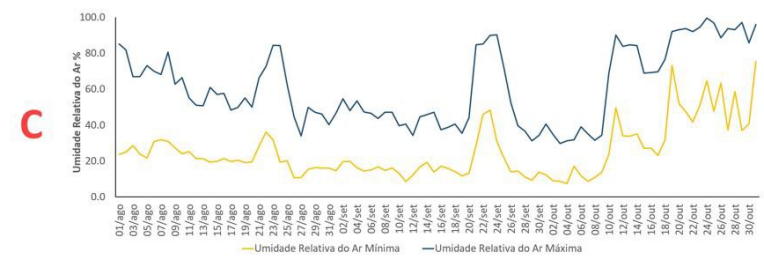
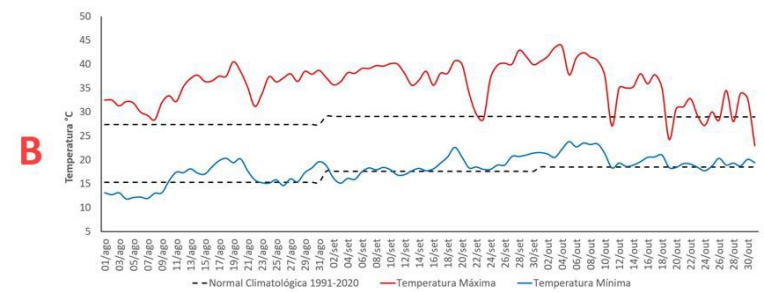
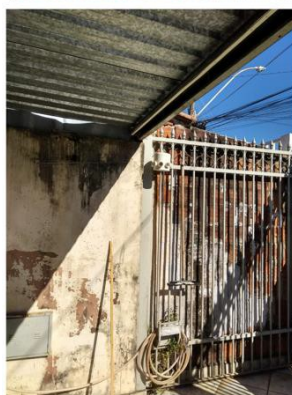
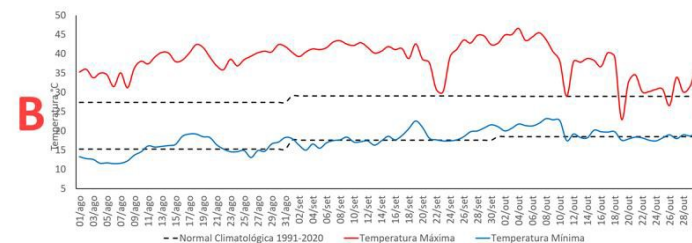
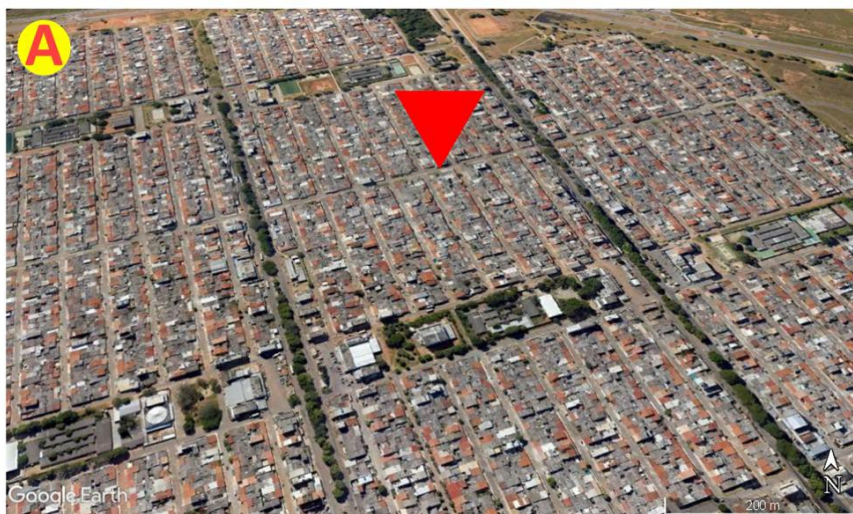


Figura 16: Infográfico do ponto de coleta de Brazilândia DF.

Fonte dos dados: coleta em campo.



E

Legenda

A) Recorte imagem área do google earth
 B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
 C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
 D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
 E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGE e Moradores dos pontos de coleta.

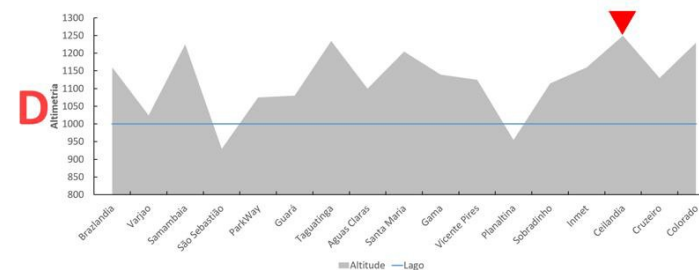
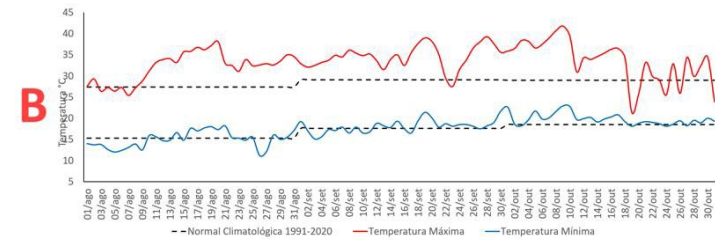
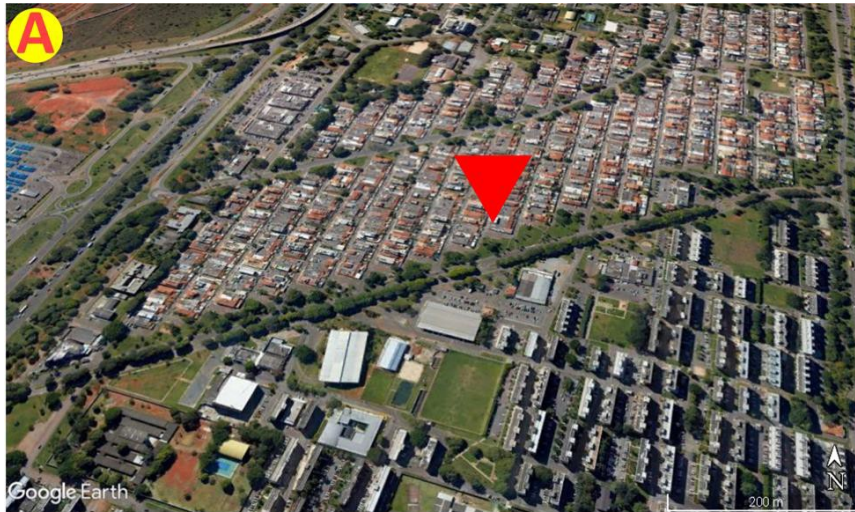


Figura 17: Infográfico do ponto de coleta de Ceilândia DF.

Fonte dos dados: coleta em campo.



E

Legenda
A) Recorte imagem área do google earth
B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

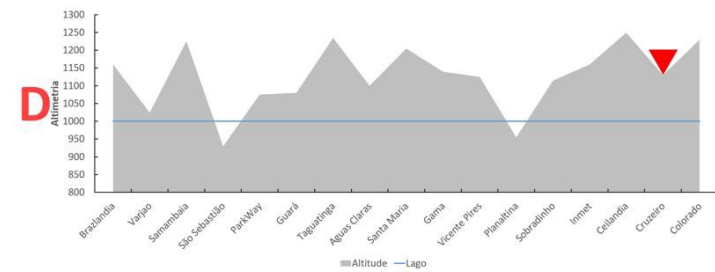
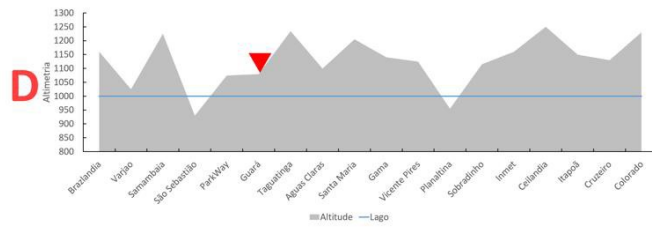
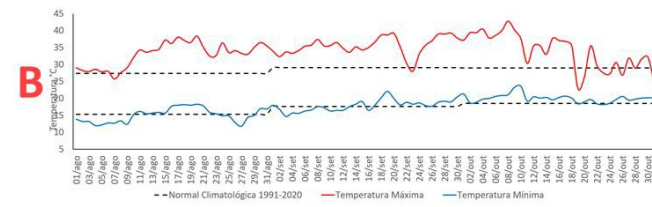
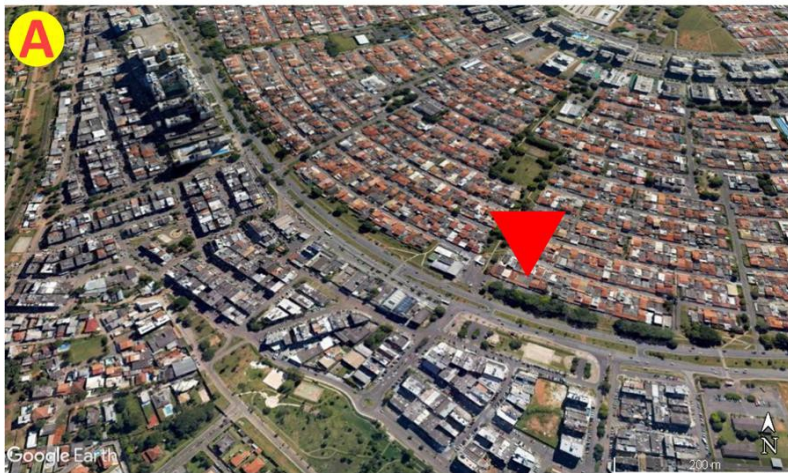


Figura 18: Infográfico do ponto de coleta do Cruzeiro Velho DF.
 Fonte dos dados: coleta em campo.



Legenda
 A) Recorte imagem área do google earth
 B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
 C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
 D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
 E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

Figura 19: Infográfico do ponto de coleta do Guará II DF.
 Fonte dos dados: coleta em campo.



Legenda
 A) Recorte imagem área do google earth
 B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
 C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
 D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
 E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

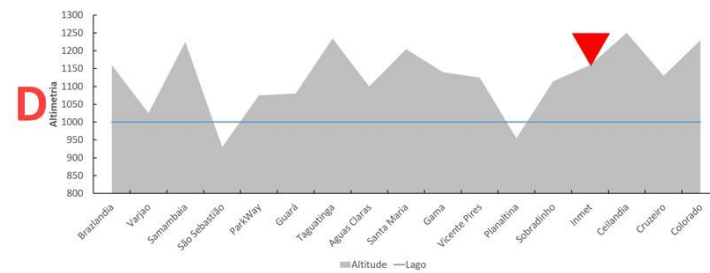
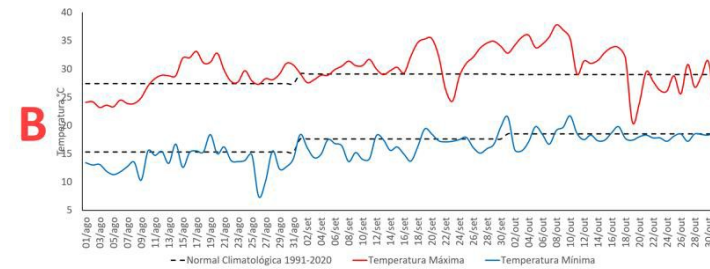
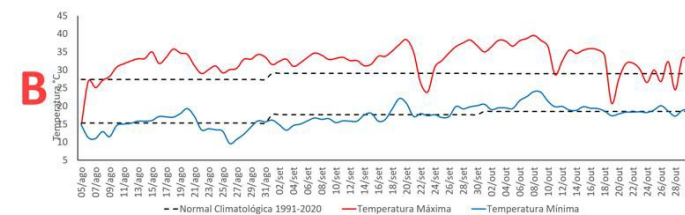


Figura 20: Infográfico do ponto de coleta do INMET/Sudoeste DF, ao lado de sua estação convencional/principal.

Fonte dos dados: coleta em campo.



Legenda

- A) Recorte imagem área do google earth
- B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
- C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
- D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
- E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

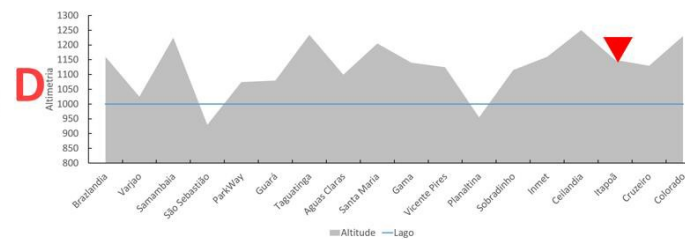
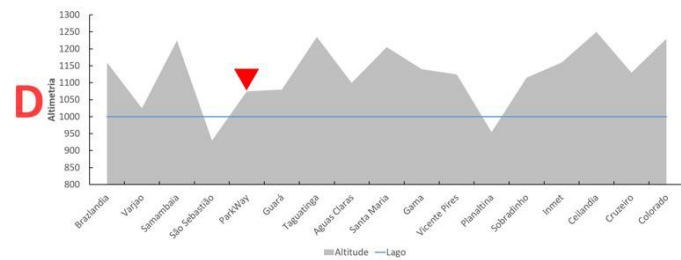
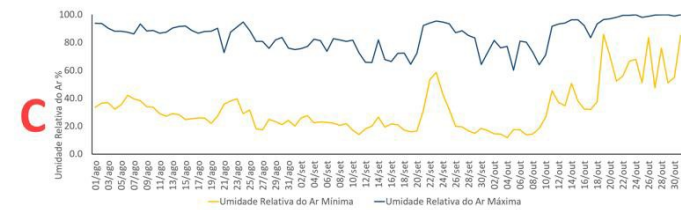
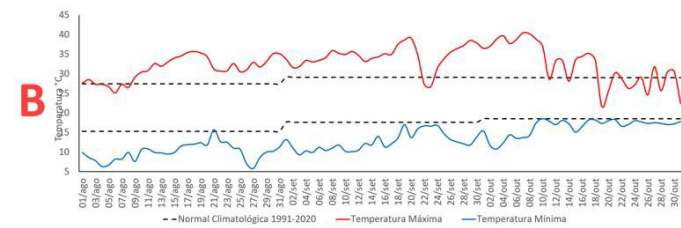


Figura 21: Infográfico do ponto de coleta de Itapoã DF.

Fonte dos dados: coleta em campo.



E

Legenda
 A) Recorte imagem área do google earth
 B) Tempertauras Máxima e Mínima Absolutas
 C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
 D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
 E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

Figura 22: Infográfico do ponto de coleta do Park Way DF.

Fonte dos dados: coleta em campo.

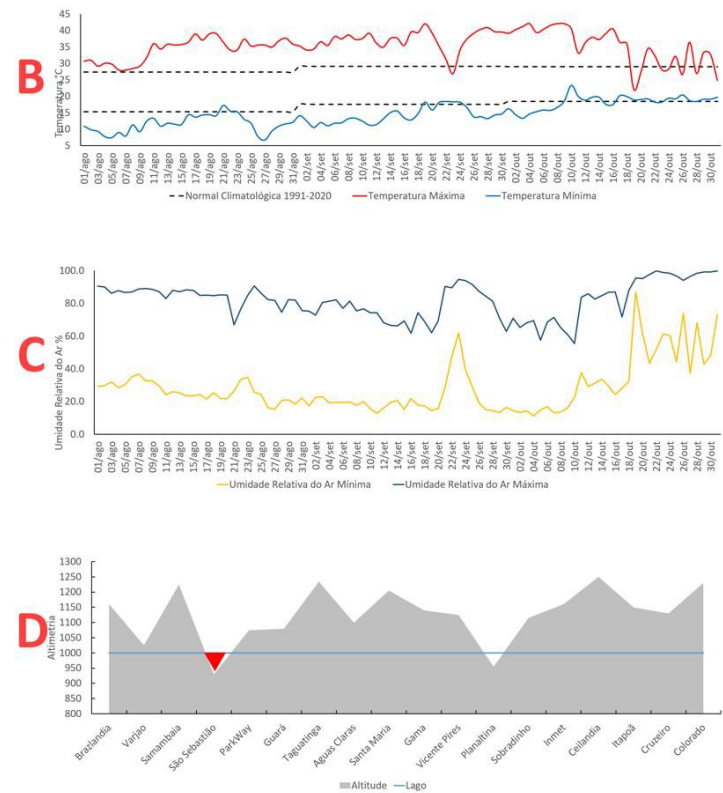
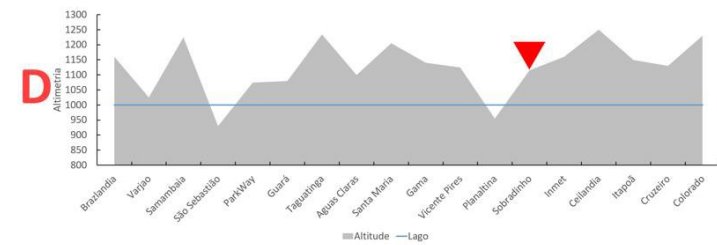
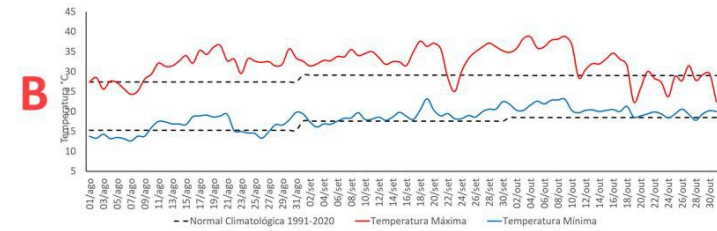
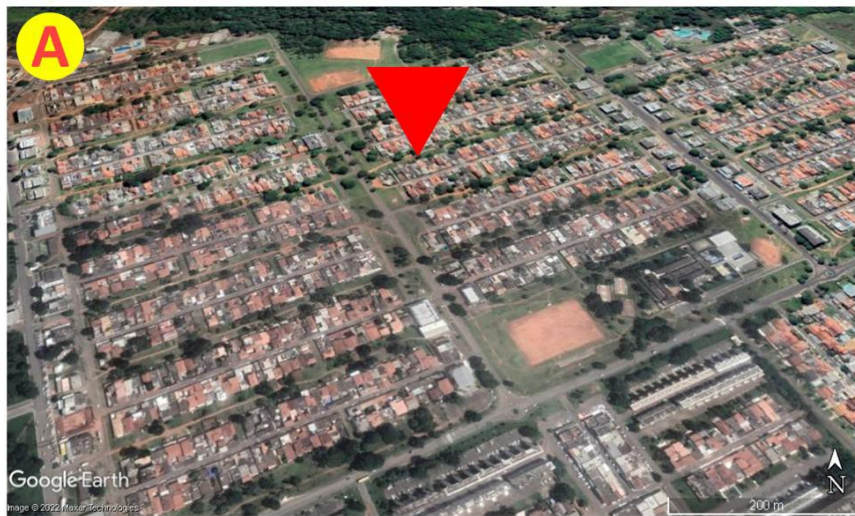


Figura 23: Infográfico do ponto de coleta de São Sebastião DF.

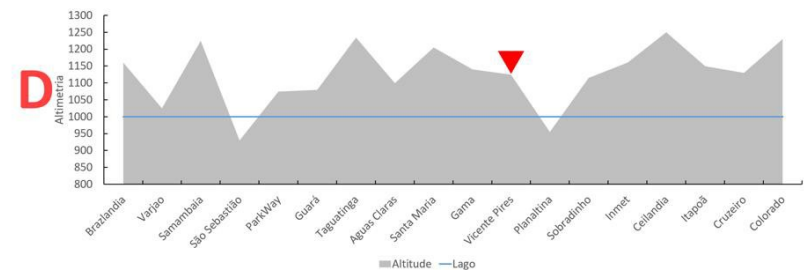
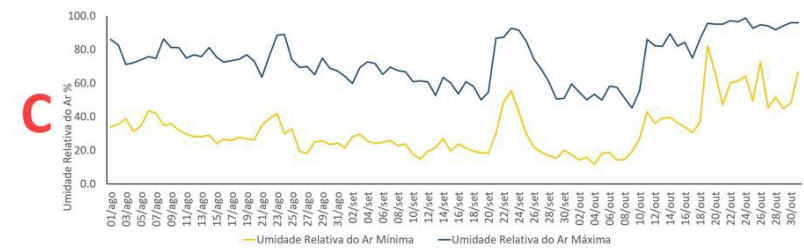
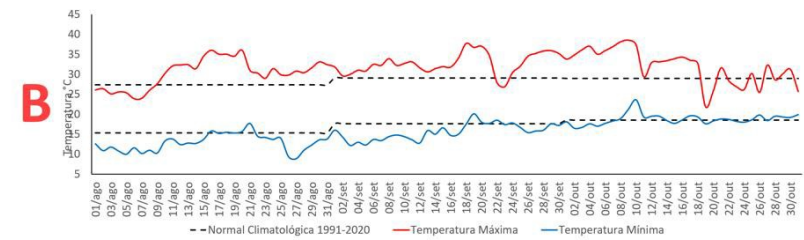
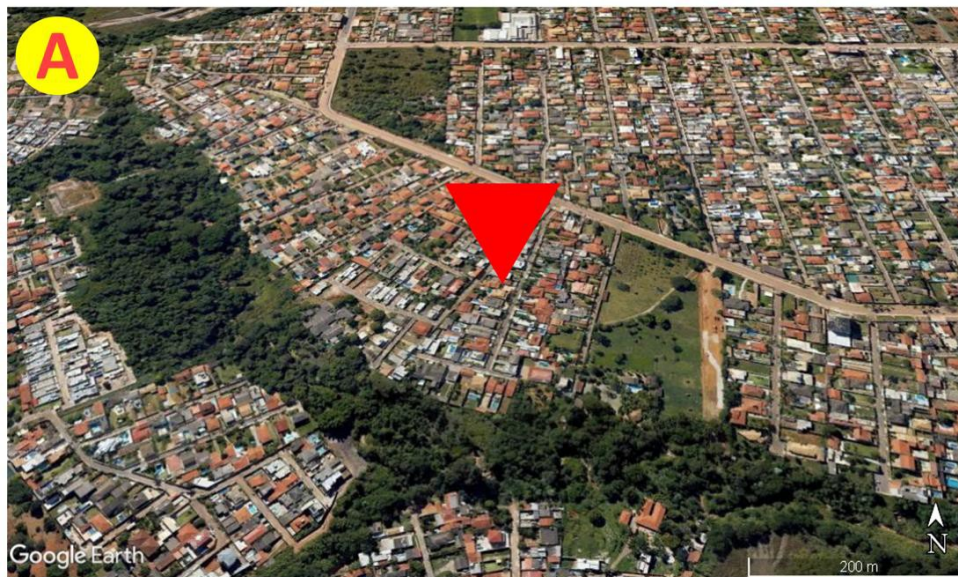
Fonte dos dados: coleta em campo.



Legenda
 A) Recorte imagem área do google earth
 B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
 C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
 D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
 E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

Figura 24: Infográfico do ponto de coleta de Sobradinho DF.
 Fonte dos dados: coleta em campo.



E

Legenda

- A) Recorte imagem área do google earth
- B) Temperaturas Máxima e Mínima Absolutas
- C) Umidades Relativas Máxima e Mínima Absolutas
- D) Perfil topográfico dos Pontos de Coleta
- E) Foto do equipamento instalado

Período de Coleta dos dados: 01/08/2020 a 31/10/2020
 Elaboração dos Gráficos: Mamedes Melo e Rafael R. da Franca
 Foto: Mamedes Melo
 Elaboração do Infográfico: Mamedes Melo
 Agradecimentos: LCGEa e Moradores dos pontos de coleta.

Figura 25: Infográfico do ponto de coleta de Santa Maria DF.

Fonte dos dados: coleta em campo.

Ao analisar os infográficos de todos os pontos de coleta, observou-se que, de modo geral, os valores de temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa (máxima e mínima) registrados, em sua ampla maioria, se mantiveram, no período estudado, acima da Normal Climatológica. Entretanto, a passagem de um sistema frontal entre os dias 22 e 24 de setembro, conforme figura 26, ao largo do litoral do país em direção ao Nordeste do Brasil (NEB), ocasionou o declínio das temperaturas, sobretudo nas máximas, em todos os pontos de coleta. Isso ocorreu em função da atuação de uma alta pressão, pós-frontal, que se posicionou entre o litoral da Região Sudeste e o interior do país, alterando a circulação dos ventos e transportando ar mais frio em direção ao DF. A seguir será descrita a participação dos sistemas meteorológicos que atuaram no período de coleta dos dados.

Climatologicamente, o mês de agosto no DF, ainda passa pelo seu período seco (primeira quinzena de maio até a primeira quinzena de setembro), porém, alguns eventos isolados de precipitação podem ocorrerem isoladamente. Também pode ocorrer registros de umidade relativa do ar (UR) bem abaixo de 20%. Com relação a temperatura, normalmente na sua segunda quinzena, começa se elevar.

Os sistemas sinóticos que predominaram sobre o DF ao longo do mês de agosto, foram:

- a) Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS): teve 11 vezes em que sua circulação atingiu o DF
- b) Alta pressão pós frontal: 07 vezes que sua circulação chegou sobre o DF
- c) Frente fria (FF): 04 FF passaram pelo país, mas somente uma chegou muito próxima do DF (dias 17 e 18/08)
- d) Baixa pressão e/ou cavado: 11 vezes sobre o DF

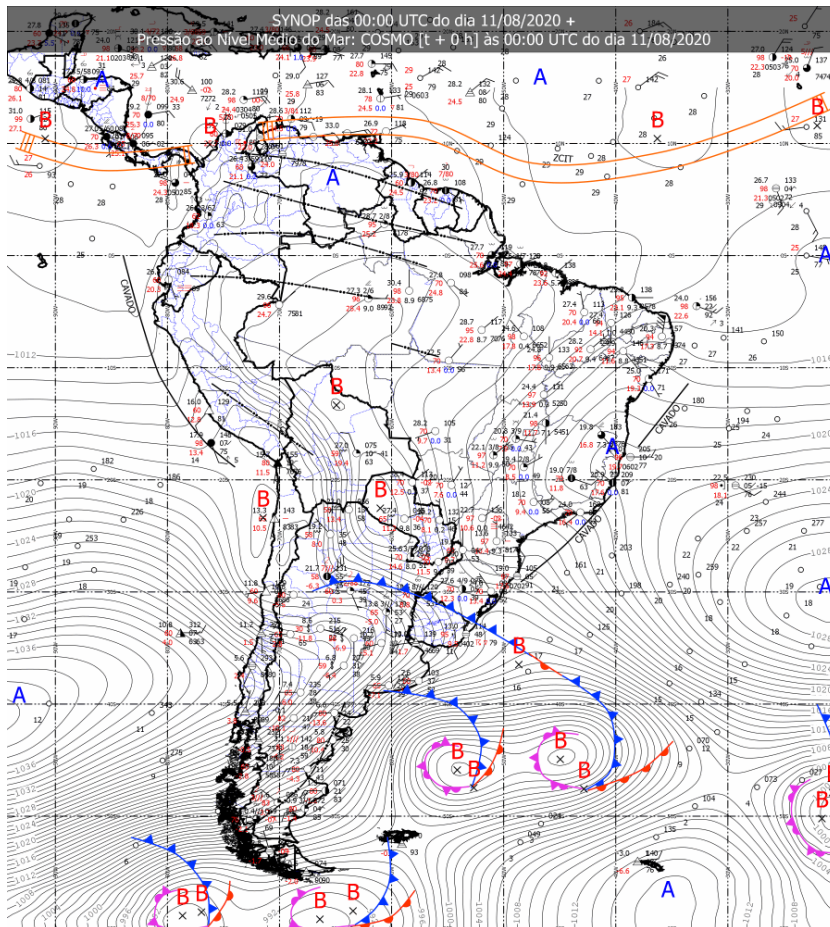


Figura 26: Carta de Superfície do dia 11/08/2020, às 00:00 UTC

Fonte: Inmet

Setembro é um mês de transição, inverno para a primavera no Hemisfério Sul. Sobre o DF, pela sua climatologia, na segunda quinzena inicia-se o período chuvoso, porém, ainda pode ocorrer picos de UR% em torno de 10% nas horas mais quentes. Também pode ocorrer tempestade severa localizada, acompanhadas de rajadas de ventos, descargas elétricas, queda de raios e, em algumas vezes, até queda de granizo, devido ao contraste térmico da chegada da nova estação.

Os sistemas sinóticos que predominaram sobre o DF ao longo do mês de setembro, foram:

- a) Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS): teve 07 vezes em que sua circulação atingiu o DF
- b) Alta pressão pós frontal: 03 vezes que sua circulação chegou sobre o DF
- c) Frente fria (FF): 07 FF passaram pelo país, mas nenhuma chegou próximo do DF
- d) Baixa pressão e/ou cavado: 19 vezes sobre o DF

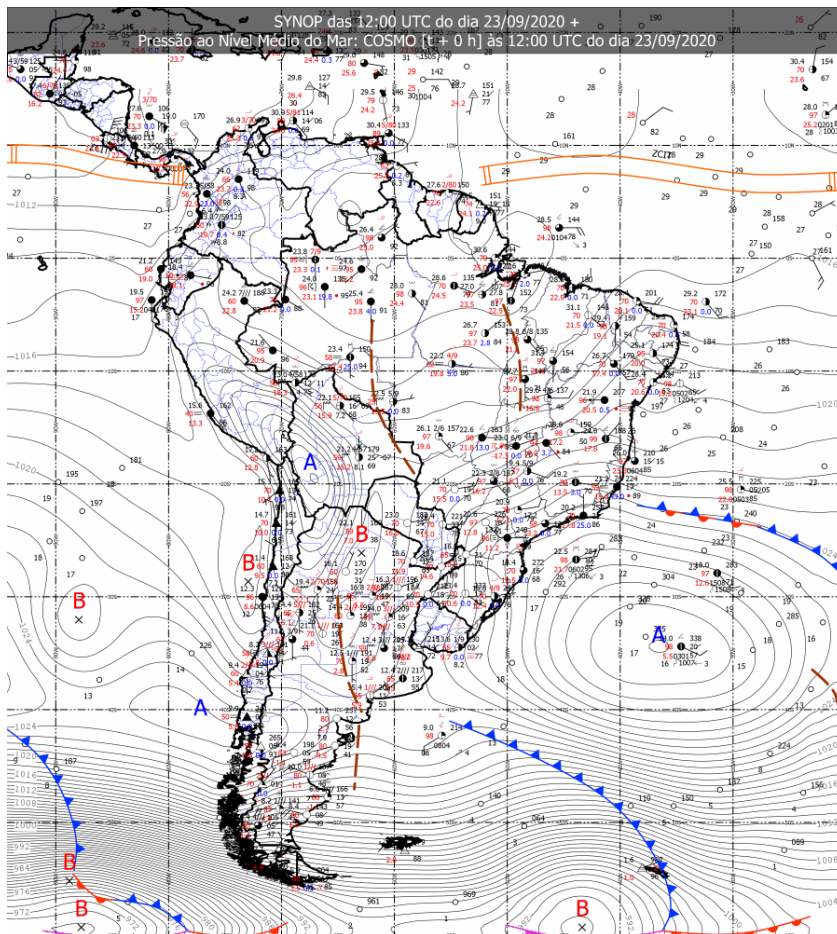


Figura 27: Carta de Superfície do dia 23/09/2020, às 12:00 UTC

Fonte: Inmet

No mês de outubro, normalmente se registram as temperaturas máximas mais altas sobre o DF, induzida pelas ocorrências de veranicos (período sem chuva dentro da estação chuvosa de uma a duas semanas), comum neste período. Devido à temperatura ser elevada, acima de 30°C, e do aumento da umidade, a volta da chuva, após o veranico, normalmente é forte e vem acompanhada de descargas elétricas, queda de raios e, também, uma alta probabilidade de queda de granizo.

Os sistemas sinóticos que predominaram sobre o DF ao longo do mês de outubro, foram:

- a) Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS): teve 09 vezes em que sua circulação atingiu o DF
- b) Alta pressão pós frontal: 08 vezes que sua circulação chegou sobre o DF
- c) Frente fria (FF): 08 FF passaram pelo país, mas nenhuma chega próxima do DF
- d) Baixa pressão e/ou cavado: 15 vezes sobre o DF
- e) Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS): 01, com duração de seis dias (26,27, 28, 29,30 e 31/10) entre a Bahia e Minas Gerais.

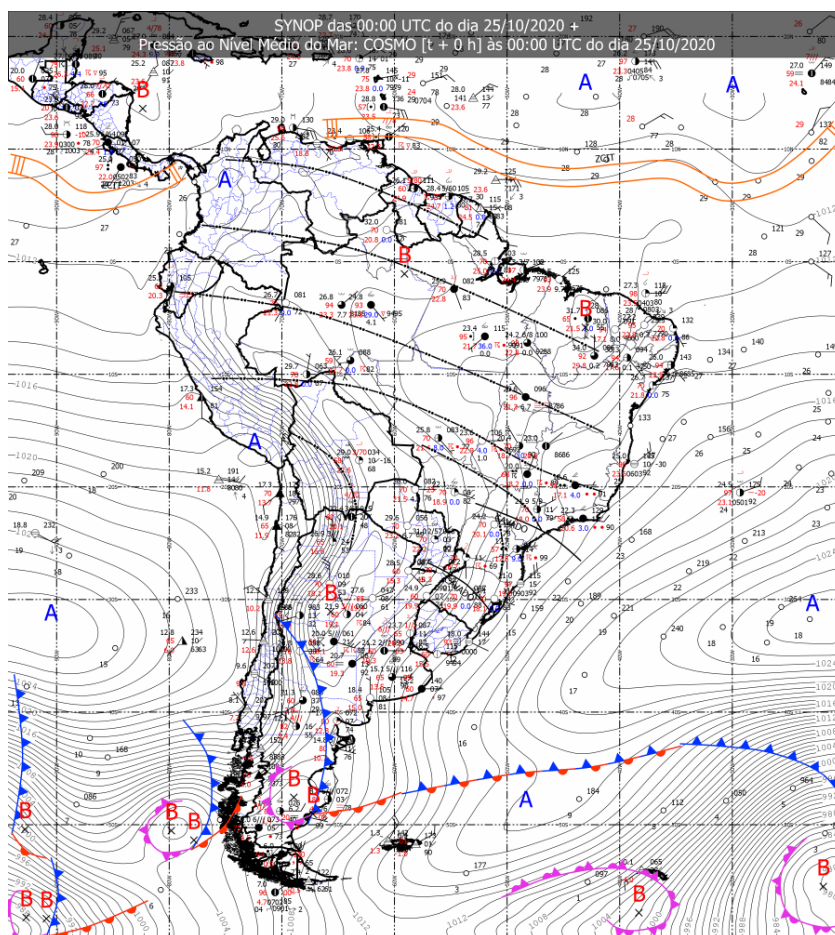


Figura 28: Carta de Superfície do dia 25/10/2020, às 00:00 UTC
 Fonte: Inmet

Análise estatística descritiva dos dados de temperatura e umidade relativa do ar

Com base neste arranjo de procedimentos e de posse dos dados coletados pelos equipamentos instalados nos 20 pontos, a próxima etapa foi avaliar a variação dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar com a finalidade de identificar padrões que possam indicar a formação de Zonas Morfoclimáticas Locais para a área urbana do DF.

A seguir serão descritos dados resultantes do tratamento estatístico-descritivo das

medições dos parâmetros temperatura e umidade relativa do ar nos 20 pontos localizados no DF. Algumas variações espaciais importantes foram notadas, como também é mostrado nos mapas de interpolação (figuras 29 a 32).

No período analisado, a média das temperaturas máximas absolutas entre os diversos pontos de monitoramento foi 41,0°C; a das temperaturas mínimas absolutas igual a 10,0°C; e a das temperaturas médias diárias igual a 23,8°C. O desvio padrão entre os pontos para cada um desses parâmetros foi, respectivamente, igual a 2,4°C; 2,4°C e 0,9°C.

Para o parâmetro temperatura máxima absoluta, o maior valor foi registrado em Ceilândia (46,6°C), seguido por Santa Maria (44,2°C) e Brazlândia (43,8°C). Já os menores valores absolutos de temperatura máxima foram observados na estação do Inmet, na RA Sudoeste/Octogonal (37,8°C); Colorado (38,1°C) e Águas Claras (38,4°C) (figura 25). O maior desvio padrão de um ponto para temperatura média foi em São Sebastião (7,7°C) e o menor em Águas Claras (5,1°C).

Para a temperatura mínima absoluta, os menores valores foram encontrados no Varjão (5,5°C); Parkway (5,8°C) e São Sebastião (6,7°C). Já os maiores valores de temperatura mínima entre os 20 pontos monitorados foram registrados nos seguintes locais: Sobradinho (12,6°C); Santa Maria (12,5°C) e Águas Claras (12,2°C) (figura 26). Provavelmente, tais contrastes se devem à influência de aspectos morfoclimáticos sobre esses locais.

Em termos de temperatura média diária, os maiores valores foram encontrados em Brazlândia (24,9°C), Ceilândia (24,9°C) e Cruzeiro (24,7°C) e os menores no Parkway (21,4°C); Inmet (22,8°C) e Vicente Pires (23,2°C).

Para a umidade relativa do ar, as médias entre os pontos foram 11,5% para mínima absoluta; 99,0% para máxima absoluta; e 49,5% para médias diárias, com os respectivos desvios padrão: 1,3%; 1,1%; e 4,1%.

A umidade relativa mínima absoluta foi menor em Ceilândia (apenas 6,2%), seguida por Brazlândia (7,4%) e Santa Maria (8,5%), enquanto que Sobradinho (12,8%); Gama (12,0%) e Parkway (11,7%) exibiram os valores mais altos (figura 28). A umidade relativa máxima absoluta variou pouco entre os pontos: de 99,9% em vários locais a 96,1% em Santa Maria (figura 27). Já a média da umidade relativa diária foi maior no Parkway (59,5%); São Sebastião (54,3%); e Varjão (54,0%); e menor em Santa Maria (44,3%); e Ceilândia e Brazlândia (44,6%). O maior desvio padrão de um ponto para umidade relativa média foi encontrado no Parkway (24,4%) e o menor em Vicente Pires (21,2%).

Legenda

- ◆ Pontos de Mensuração
- 🌊 Lagos e Represas
- ⊕ Limite Político do DF

Interpolação Temperatura Máxima (°C)

Temperatura (°C)

- 37,8 – 38,23
- 38,24 – 38,73
- 38,74 – 39,30
- 39,31 – 39,96
- 39,97 – 40,72
- 40,73 – 41,59
- 41,60 – 42,59
- 42,60 – 43,74
- 43,75 – 45,07
- 45,08 – 46,6
- ⊕ Abrangência Aproximada da Área Urbana

Sistema de Coordenadas Métricas
Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator
DATUM: SIRGAS 2000 - Fuso 23S
Elaboração: Do Autor
Laboratório de Climatologia Geográfica - UnB
Núcleo de Estudos Geográficos da Paisagem - UnB

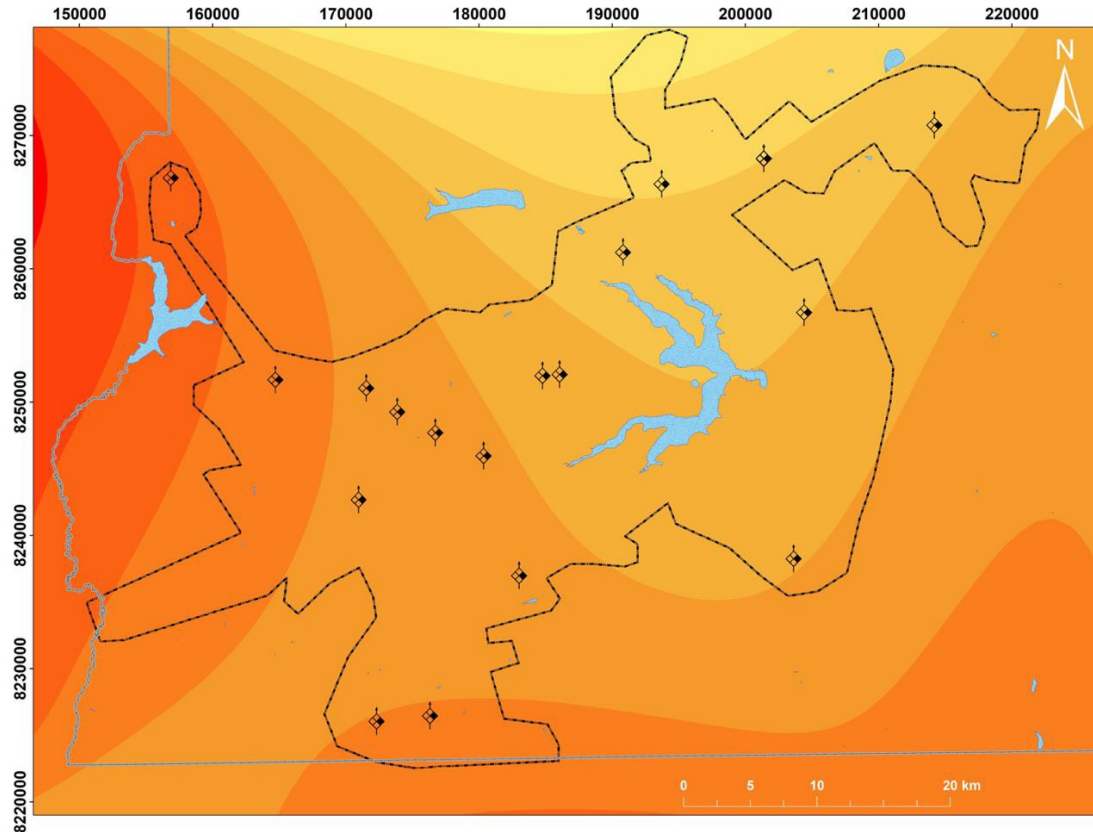








Figura 29: Interpolação da temperatura máxima

Legenda

-  Pontos de Mensuração
-  Lagos e Represas
-  Limite Político do DF
-  Abrangência Aproximada da Área Urbana

Interpolação Temperatura Mínima (°C)

Temperatura (°C)

-  5,5 – 6,31
-  6,32 – 7,40
-  7,41 – 8,88
-  8,89 – 9,98
-  9,99 – 10,79
-  10,80 – 11,39
-  11,40 – 11,84
-  11,85 – 12,17
-  12,18 – 12,41
-  12,42 – 12,6

Sistema de Coordenadas Métricas
Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator
DATUM: SIRGAS 2000 - Fuso 23S
Elaboração: Do Autor
Laboratório de Climatologia Geográfica - UnB
Núcleo de Estudos Geográficos da Paisagem - UnB

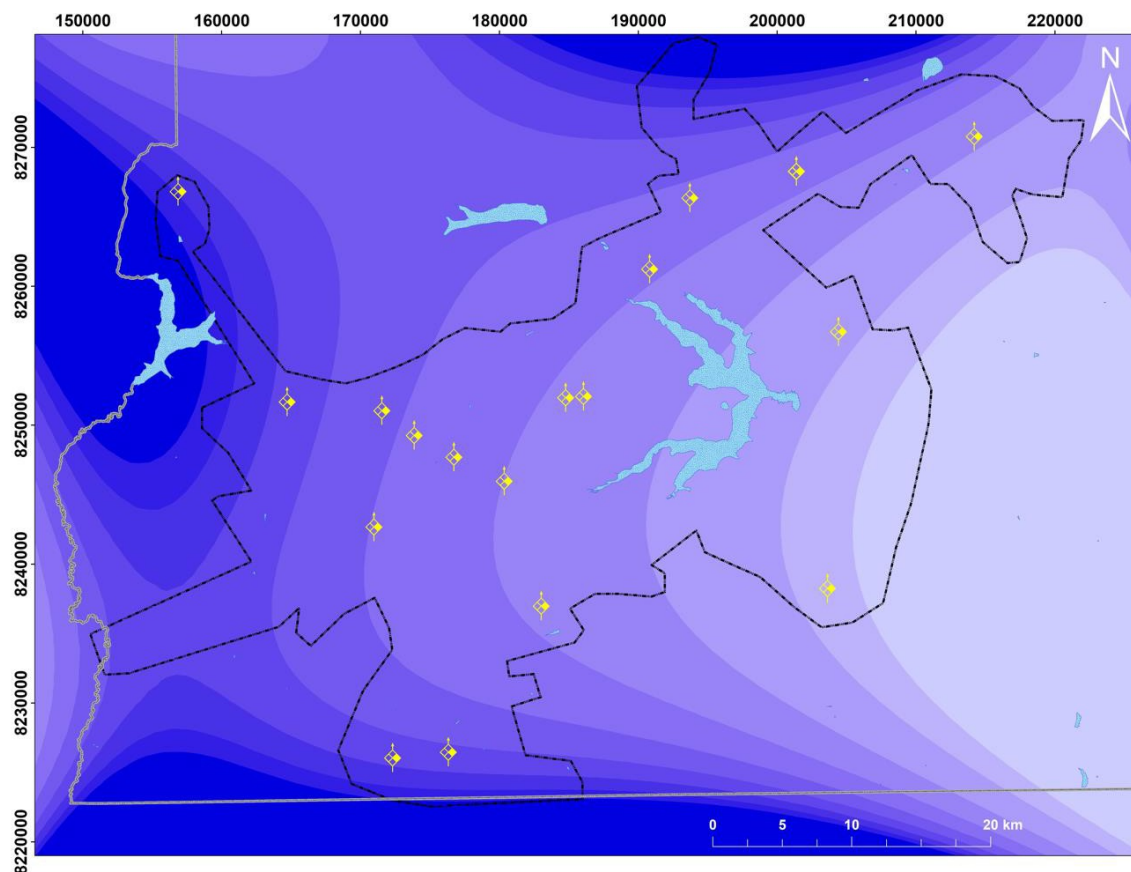


Figura 30: Interpolação da temperatura mínima.

Legenda

- ◆ Pontos de Mensuração
- 🟦 Lagos e Represas
- ⊞ Limite Político do DF
- ⊞ Abrangência Aproximada da Área Urbana

Interpolação Umidade Relativa Máxima (%)

Umidade Relativa (%)

- 96,1 – 97,03
- 97,04 – 97,76
- 97,77 – 98,32
- 98,33 – 98,75
- 98,76 – 99,08
- 99,09 – 99,34
- 99,35 – 99,53
- 99,54 – 99,69
- 99,70 – 99,80
- 99,81 – 99,9

Sistema de Coordenadas Métricas
Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator
DATUM: SIRGAS 2000 - Fuso 23S
Elaboração: Do Autor
Laboratório de Climatologia Geográfica - UnB
Núcleo de Estudos Geográficos da Paisagem - UnB

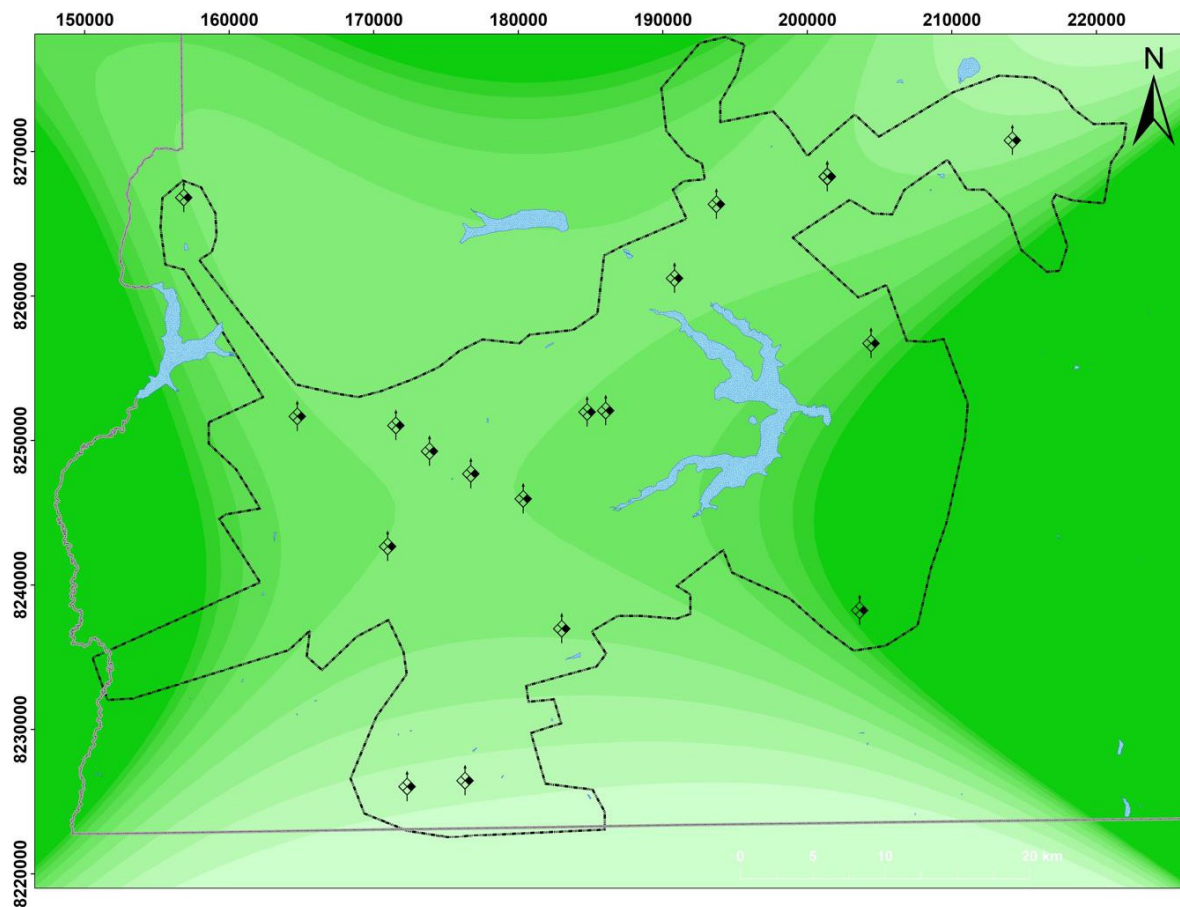


Figura 31: Interpolação da umidade relativa máxima.

Legenda

- ◆ Pontos de Mensuração
- 🟦 Lagos e Represas
- ⊞ Limite Político do DF
- ⊞ Abragência Aproximada da Área Urbana

Interpolação Umidade Relativa Mínima (%)

Umidade Relativa (%)

- 6,2 – 7,72
- 7,73 – 8,86
- 8,87 – 9,69
- 9,70 – 10,32
- 10,33 – 10,78
- 10,79 – 11,12
- 11,13 – 11,37
- 11,38 – 11,71
- 11,72 – 12,17
- 12,18 – 12,8

Sistema de Coordenadas Métricas
Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator
DATUM: SIRGAS 2000 - Fuso 23S
Elaboração: Do Autor
Laboratório de Climatologia Geográfica - UnB
Núcleo de Estudos Geográficos da Paisagem - UnB

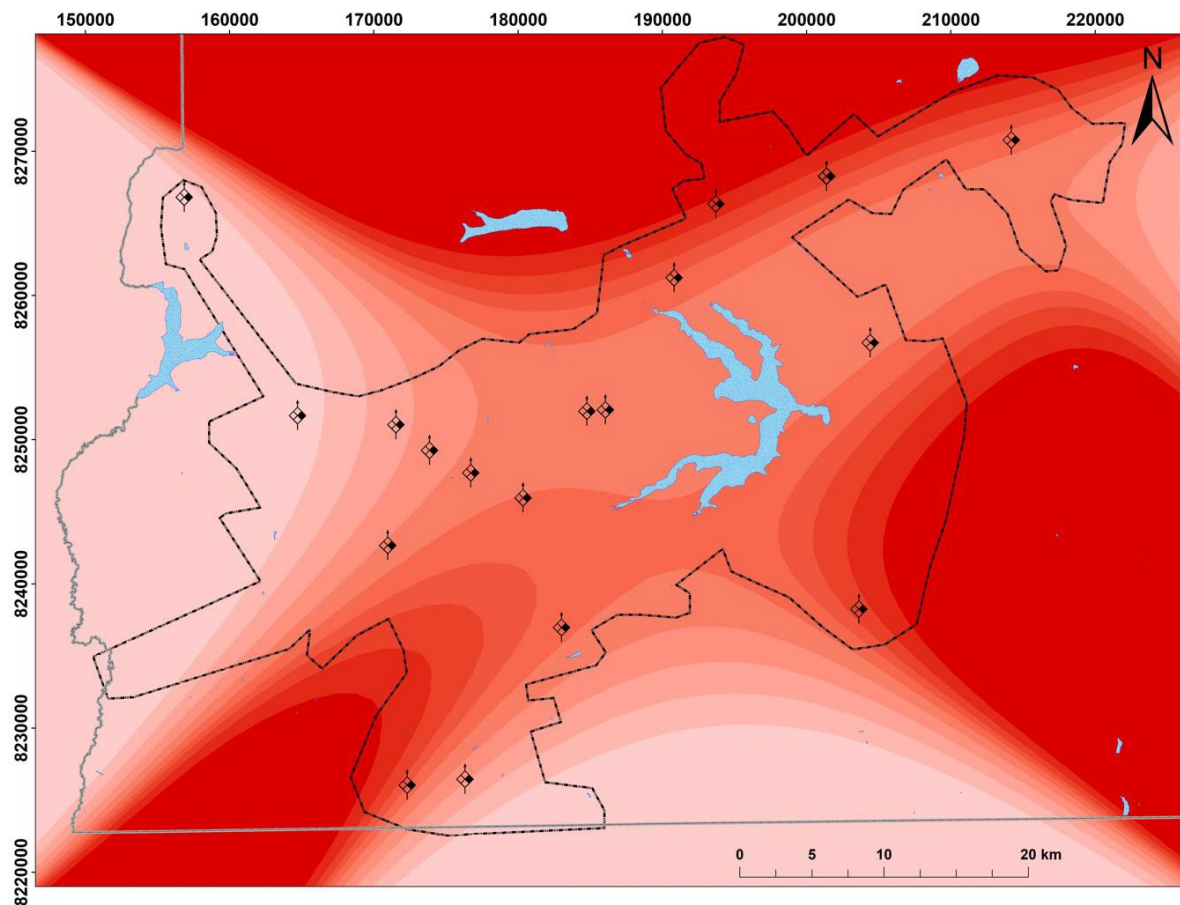


Figura 32: Interpolação da umidade relativa mínima.

A figura 33 apresenta o mapa de identificação das Zonas Morfoclimáticas Locais Urbanas no DF. A classificação proposta tem como perspectiva apontar as aglutinações que possuem características similares entre os elementos morfológicos do terreno, dos tipos de uso e cobertura da terra e as variáveis climáticas vinculadas às temperaturas e umidades relativas máximas e mínimas absolutas.

Nesta abordagem, o processo de concepção da estrutura urbana que deu origem ao núcleo urbano de Brasília, e suas derivações posteriores, ressalta as condições de centralidade e periferia dos centros urbanos, uma vez que a área central conhecida como “Plano Piloto” se destaca das demais em função da sua proposta de bem estar social e ambiental, e o crescimento e expansão da mancha urbana levou a um processo de degradação do bem estar social e ambiental que fica evidente nos resultados desse trabalho.

Neste sentido, as classes propostas entre a zona 1 e a zona 7 indicam situações distintas, tendo as zonas 6 e 7 como as mais adequadas (menos críticas) para as atividades antrópicas no período de análise, enquanto que, as zonas 1, 2 e 3 apontam as condições menos adequadas (mais críticas) com elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e um conjunto urbanístico que não apresenta indicadores de qualidade socioambiental (quadro 01).

A classificação proposta, em última instância, constitui importante contribuição aos gestores públicos nas práticas de planejamento e gestão territorial e ambiental urbana, pois indicam áreas de recente ocupação que merecem receber maior atenção a fim de proporcionar melhorias na qualidade de vida ambiental de seus habitantes.

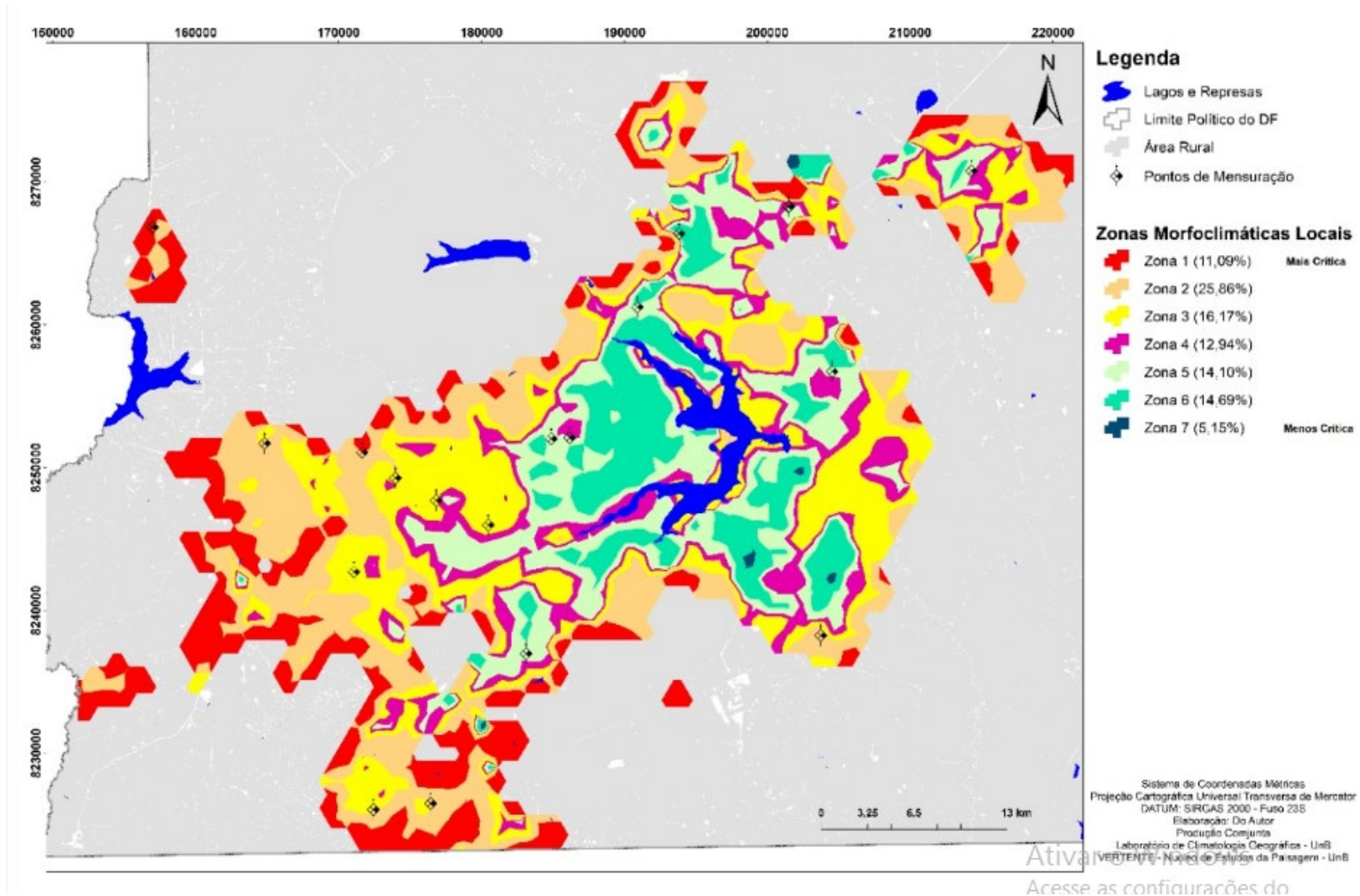



Figura 33: Mapa de identificação das Zonas Morfoclimáticas Locais Urbanas no DF. Elaboração do autor (2022)

Quadro 01: Classificação das Zonas Morfoclimáticas Locais Urbanas para o Distrito Federal

Mais crítico	ZMCLs	Cobertura	Pavimentação antrópica	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Altitude (m)	Orientação Predominante das Vertentes	Relevo
	1	Adensamento de Edifícios Baixos	Superior a 93%	>44	>12,4	Variável entre 1100 e 1200	Noroeste	Superfícies aplainadas (Chapadas), com índice de rugosidade entre 0.001 e 0,021, interflúvios longos, declividade inferior a 3%
	2	Maciço de Edifícios Médios e Baixos	75% – 84%	42,44 – 43,9	11,8 – 12,3	Variável entre 1100 e 1200	Noroeste	Superfícies aplainadas (Chapadas), com índice de rugosidade entre 0.001 e 0,021, interflúvios longos, declividade inferior a 3%
	3	Adensamento de Edifícios Baixos e Adensamento de Edifícios Médios	75% – 84%	41,4 – 42,43	10,9 – 11,7	Variável entre 950 e 1200	Oeste	Colinas suaves, intermediárias, com índice de rugosidade entre 0.150 e 0.299, vertentes predominantemente complexas, declividade entre 4 e 12%.
	4	Maciço de Edifícios Médios e Espaços Abertos Edifícios Médios	68% - 74%	40,2 – 41,3	9,8 – 10,8	Variável entre 950 e 1100	Sul e Norte	Colinas suaves e curtas, com índice de rugosidade entre 0.300 e 0.456, vertentes predominantemente complexas, declividade entre 4 e 12%.
	5	Edifícios Altos e Médios e Espaços Abertos	61% – 67%	39,8 – 40,1	8,4 – 9,7	Variável entre 900 e 1150	Leste	Colinas suaves, intermediárias, com índice de rugosidade entre 0.150 e 0.299, vertentes predominantemente complexas, declividade entre 4 e 12%.
	6	Espaços Abertos Edifícios Médios	50% - 60%	36,9 – 39,7	6,5 – 8,3	Variável entre 1000 e 1120	Sudeste	Colinas suaves, longas, com índice de rugosidade entre 0.072 e 0.150, vertentes predominantemente retilíneas, declividade entre 4 e 12%.
	Menos crítico	7	Espaços Abertos Edifícios Baixos	Entre 30% e 49%	36,8 >	6,4 >	>1000	Sudeste

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa propôs a definição e localização de microclimas na área urbana do DF a partir da identificação de Zonas Morfoclimáticas Locais, tendo como ponto de partida a metodologia de Stewart e Oke (2012), acrescentando a hipsometria, a orientação das vertentes e o relevo. O presente estudo teve como objetivo identificar Zonas Morfoclimáticas Locais (ZMCLs) caracterizadas em um recorte espacial da área urbana do DF, de acordo com a espacialização dos dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados em 20 pontos, no período entre 01 de agosto e 31 de outubro de 2020 (período seco no DF).

Destaca-se que a área urbana do DF é polinucleada, apresentando a separação física dos núcleos urbanos com a existência de uma diversidade de configurações, desde áreas mais compactas, com área urbana consolidada, até áreas mais dispersas, algumas mais verticalizadas e outras mais vegetadas.

O recorte territorial adotou os setores censitários urbanos do DF, de acordo com o IBGE (2010). Para este recorte foram selecionadas duas classes, a saber: a tipologia de edificações e de tipologia de solo. A associação destes recortes resultou em um plano de informação para cobertura do solo no DF, com as seguintes classes: água, área construída, arvoredos, árvores adensadas, árvores dispersas e solo exposto.

Entre as tipologias de construção, das dez classes de Stewart e Oke (2012), nove foram identificadas, destacando-se: Espaço Aberto – Edifícios Altos; Espaço Aberto – Edifícios Baixos, encontradas em RAs onde predominam edifícios residenciais com até seis pavimentos e em regiões de ocupação mais recente e bastante verticalizada; e Maciço de Edifícios Baixos, predominante nas RAs periféricas ao centro do DF.

Com base nos diferentes tipos de construções e de cobertura da terra encontrados na área urbana do DF, a partir da metodologia de Stewart e Oke (2012), acrescidos da hipsometria e o relevo, se pode classificar a área de estudo em Zonas Morfoclimáticas Locais (ZMCLs). Ressalta-se a importância desse estudo no sentido de contribuir com o delineamento teórico do conceito de ZCLs e avançar para a identificação das ZMCLs em toda a área urbana do DF, no intuito de identificar as áreas mais e menos críticas para o desenvolvimento de atividades humanas.

Mesmo entendendo que o período de análise foi apenas do período seco do ano de 2020, partindo de um preceito que a região do DF possui estações muito bem definidas e marcantes, é possível extrapolar este resultado para outros anos e, principalmente, dar início ao processo

de reorganizar o território com objetivos muito específicos na busca por melhorias da qualidade ambiental dos ambientes urbanos.

É importante ressaltar o caráter inovador dessa proposta, com todos os riscos e vulnerabilidades que possam estar intrínsecos em estudos desse tipo. No entanto, direcionar o olhar para a paisagem urbana em uma escala de maior detalhe é uma necessidade que emana em função das fragilidades que o processo de consolidação dessas áreas gerou ao cotidiano da população, e nesta proposta foi possível, pela primeira vez, com base na análise de registros in loco, avaliar a dinâmica espacial da temperatura e umidade relativa do ar no período seco.

Embora reconhecendo-se o papel importante de dados gerados por satélites, neste estudo, o foco foi analisar a temperatura do ar e a umidade relativa do ar “in loco”, pois estes parâmetros não são captados por satélites. Logo, fica uma recomendação aos gestores da urgência da instalação de uma rede de monitoramento constante do clima urbano no DF.

Destaca-se a relevância do processo de compartimentação do território em células hexagonais como aglutinadoras para geração de células para análise das variáveis pois, com essa compartimentação, foi possível tratar da complexidade das interações para a proposição das Zonas Morfoclimáticas locais em ambientes urbanos. A partir disso houve o incremento da análise, com acréscimo dos elementos geomorfológicos que extrapolam as variáveis definidas nos trabalhos de Stewart e Oke (2012), que deram as diretrizes iniciais desta pesquisa.

Recomendam-se novos trabalhos nessa mesma perspectiva e que considerem períodos mais longos de monitoramento das variáveis climáticas, bem como, levantamentos durante a estação chuvosa.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, P.J., MILLS, G., 2014. Local climate classification and Dublin's urban heat island. *Atmosphere*, 2014, 5, 755–774. Disponível em <<https://www.mdpi.com/2073-4433/5/4/755#cite>>. Acesso em junho 2021.

ALMEIDA, E.K.A, STEINKE, E.T. - Casos de Internação hospitalar por doenças do aparelho respiratório e sua relação com variáveis meteorológicas no Distrito Federal, entre 2003 e 2012. *Geografia*, Rio Claro, v. 41, n. 1, p. 147-165, jan./abr. 2016

AYOADE J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 1998.

BARBOSA, H. P.; AMORIM, M. C. de C. T.: Ilhas de Calor Urbanas Noturnas no Bairro Jardim Maracanã em Presidente Prudente (São Paulo, Brasil). *Geografia em Questão*. V.14, N. 01, 2021, pág. 137-159. Disponível em: < <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/22472>>. Acesso em junho de 2021.

BECHTEL, B., FOLEY, M., MILLS, G., CHING, J., SEE, L., ALEXANDER, P., O'CONNOR, M., ALBUQUERQUE, T., ANDRADE DE, M.F., BROVELLI, M., DEBASHISH, D., FONTE, C.C., PETIT, G., HANIF, U., JIMENEZ, J., LACKNER, S., WEIBO, L., PERERA, N., ROSNI, N.A., THEEUWES, N., GÁL, T. Census of cities: LCZ classification of cities (Level 0) – workflow and initial results from various cities. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF URBAN CLIMATE, 9, 2015, Toulouse. *Anais...* Toulouse, 2015, pp. 8–13. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/283492324_CENSUS_of_Cities_LCZ_Classification_of_Cities_Level_0_-_Workflow_and_Initial_Results_from_Various_Cities>. Acesso em junho 2021.

BECKER, I. M. P. Identificação de eventos de chuvas extremas em Brasília-DF: estudo de caso na área urbana da Bacia do Lago Paranoá. Brasília, 2020, 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/39974>>. Acesso em junho 2021.

CHANDLER, T.J. **The Climate of London**. London: Hutchinson of London, 1965. Disponível em: <http://urban-climate.org/documents/TonyChandler_TheClimateOfLondon.pdf>. Acesso em junho 2021.

COLLISCHONN, E.; MATTOS, G.P. Classificação de ambientes termicamente homogêneos para estudos de clima na camada dossel urbano – metodologia e aplicação à cidade de Pelotas/RS. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 9, p. 56-67, 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/27515>>. Acesso em junho 2021.

CRUZ, F. N. da; BORBA, G. L.; ABREU, L. R. D. de. **Clima e tempo**. Natal, RN: EDUFRN Editora da UFRN, 2005.

FENG, X; MYNT, S.W. Exploring the effect of neighboring land cover pattern on land surface temperature of central building objects. **Building and Environment**, v. 95, jan 2016, 346-354. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013231530127X>>. Acesso em junho 2021.

GDF – SEDUH - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. GEOPORTAL (2019). Disponível em: <<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>>. Acesso em junho 2021.

HIDALGO, J, DUMAS, G., MASSON, V, PETIT G., BECHTEL B., BOCHER E, FOLEY M, SCHOETTER R., MILLS, G. Comparison between local climate zones maps derived from administrative datasets and satellite observations. **Urban Climate**, v. 27. Marc 2019, 64-89. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095518303109>>. Acesso em junho 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sobre-censo.html>. Acesso em 12/03/2022.

JAMEI, E; RAJAGOPALAN, P; SEYEDMAHMOUDIAN, M; JAMEI, Y. Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Volume 54, February 2016, Pages 1002-1017.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115011831>. Acesso em junho 2021.

JOHNSON, D.P., WILSON, J.S. The socio-spatial dynamics of extreme urban heat events: the case of heat-related deaths in Philadelphia. *Applied Geography*, 29, 2009, 419 e 434. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622808000763>. Acesso em junho 2021.

JONES, P. D., GROISMAN, P. YA., COUGHLAN, M., PLUMMER, N., WANG, W-C., KARL, T. R. Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. *Nature*, V. 347, 169–172, 1990. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/347169a0>. Acesso em junho 2021.

LOMBARDO, M.A. **Ilhas de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p

LUDWIG, F. L. Urban temperature fields. *Urban Climates*. WMO Technical Note, Genebra, n.108, p.80-107. 1970.

MCEVOY, D. Climate Resilient Urban Development. *Sustainability*, 11, 2019, 724. Disponível em: <file:///Users/mac/Downloads/sustainability-11-00724.pdf>. Acesso em junho 2021.

MELLO, M.A.R; MARTINS, N; SANTÁNA NETO. A Influência dos Materiais Construtivos na Produção do clima Urbano. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 5, 2009. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/50473/31568>. Acesso em 2junho 2021.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, USP/FFLCH, (Tese de Livre Docência) - 1976.

MONTEIRO. C. A. F. Teoria e clima urbano – um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO. C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). *Clima urbano*. São Paulo: Contexto, 2003

MONTEIRO, V. S. **Zonas Climáticas Locais e a Relação com a Morfologia Urbana. Estudo de Caso: Campinas/SP.** Campinas, 2018. 167 f. Dissertação (Mestrado). Centro de ciências exatas, ambientais e de tecnologia, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/1047>. Acesso em junho 2021.

MONTEIRO, V. S.; PEZZUTO, C. C. Classificação das zonas climáticas locais através de medidas móveis. Estudo de caso – Campinas/SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA, 1, 2017, São Carlos. **Anais..** São Carlos.

OKOOLA, R. E. The Nairobi heat island. Kenya J. Sci. Technol., 1A, 1980.p.53–65. Disponível em: <https://profiles.uonbi.ac.ke/rokoola/publications/nairobi-heat-island>. Acesso em junho 2021.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates.** 2. ed. London: Matheun, 1987.

OKE, T. R. Towards better communication in urban climate. **Theor. Appl. Climatol.** 84, 2006, 179–190. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-005-0153-0>. Acesso em junho 2021.

OHASHI, Y., GENCHI, Y., KONDO, H., KIKEGAWA, Y., YOSHIKADO, H., HIRANO, Y. Influence of air-conditioning waste heat on air temperature in Tokyo during summer: numerical experiments using an urban canopy model coupled with a building energy model. **Journal of Applied Meteorology and Climatology** 46, 2007. 66-81. Disponível em <https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/46/1/jam2441.1.xml>. Acesso em junho 2021.

PBMC. Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 2016, 116p.

POPULAÇÃO MUNDIAL DEVE TER MAIS 2 BILHÕES DE PESSOAS NOS PRÓXIMOS 30 ANOS. ONU News, 2019. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/06/1676601>>. Acesso em 20/08/2021

POPULATION REFERENCE BUREAU. Population Bulletin. A publication of the population reference bureau. v. 62, n. 3, 2007.

QIU, C. P.; SCHMITT, M; MOU,L.C; ZHU, X.X. Urban Local Climate Zone Classification With a Residual Convolutional Neural Network and Multi-Seasonal Sentinel-2 Images. 2018 10th IAPR Workshop on Pattern Recognition in Remote Sensing (PRRS), 2018, pp. 1-5. Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org/document/8486155>. Acesso em junho 2021.

ROBAA, S. M. Urban-suburban/rural differences over Greater Cairo, Egypt. **Atmósfera**. v.16, 2003. p.157–171. Disponível em http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362003000300003. Acesso em junho 2021.

SANTOS, J. P. dos ; STEINKE, E. T. ; ZAPATA, M. T. A. G. Uso e Ocupação do Solo e a Disseminação da Hantavirose no Distrito Federal: Estudo de Caso - São Sebastião, 2004 - 2008. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (Impresso)**, v. 44, p. 53-57, 2011.

SHAN HE, YUNWEI ZHANG, ZHAOLIN GU, Local Climat Zone Classification With Different Source data in Xi'an, China - First Published September 3, 2018 - <https://doi.org/10.1177/1420326X18796545>

SHARON, D., KOPLOWITZ, R. Observations of the heat island of a small town. *Meteorologische Rundschau*. v.25, 1972. p.143–146.

SHITARA, H. Effects of buildings upon the winter temperature in Hiroshima city (in Japanese). *Geographical Review of Japan*. v.30, 1957. p.468–482. Disponível em https://www.jstage.jst.go.jp/article/grj1925/30/6/30_6_468/article/-char/en. Acesso em junho 2021.

SILVA, E.N; RIBEIRO, H. Alterações da temperatura em ambientes externos de favela e desconforto térmico. **Rev. Saúde Pública**. 2006, 40(4), pp. 663-70. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/hvJbNSKZFXLWt87K33ptkQf/?lang=pt>. Acesso em junho 2021.

STEINKE, E. T.; BARROS, J. R. Tipos de tempo e desastres urbanos no Distrito Federal entre 2000 e 2015. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 1435-1453, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233484>>. Acesso em junho 2021.

STEINKE, E.T, considerações sobre variabilidade e mudança climática no distrito federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público, 2004.

STEINKE, E. T. REZENDE, M.S., CAVALCANTI, L – 2006, Sistemas atmosféricos geradores de eventos extremos de precipitação em outubro de 2006 no Distrito Federal: uma análise geográfica dos desastres - **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 2, p. 23-34.

STEINKE, V. A.; MELO, L. A. M. P. de; MELO, M. L.; FRANCA, R. R. da; REBECCA, R. L.; STEINKE, E. T. Trend Analysis of air Temperature in the Federal District of Brazil: 1980–2010. **Climate**, 2020, 8, 89, PG. 1-18.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 6, 2010. p. 37-56. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25604>. Acesso em jan. 2021.

STEINKE, V. A.; SANO, E. E. Semi-Automatic Identification, Gis-Based Morphometry of Geomorphic Features of Federal District of Brazil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, p. 03-09, 2011. Disponível em: <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2864965> Acesso em jan.2021.

STEINKE, V. A. STEINKE, E. T. Correlação entre umidade relativa do ar e parâmetros fisiográficos da paisagem do parque urbano Olhos D'água - Brasília/Brasil. In: SILVA, C. A da; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. (Org.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. 1ed. Dourados: UFGD, 2014, v. 1, p. 187-199.

STEINKE, V. A.; MARTINS, L. A. P. de M; MELO, M. L.; FRANCA, R. R. da; LUCENA, R. L.; STEINKE, E. T. Trend Analysis of air Temperature in the Federal District of Brazil: 1980-2010. **Climate**, v. 8, p. 89-107, 2020.

STEWART, I. D. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. **Int. J. Climatol.**, 31, 2011. 200–217. Disponível em <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.2141>. Acesso em jan. 2021.

STEWART, I; OKE, T. Classifying Urban Climate Field Sites by Local Climate Zones: the case of Nagano, Japan. The seventh International Conference on Urban Climate. Japan, Yokohama, 2009 July 3 - June 2. Disponível em http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf. Acesso em jan. 2021.

STEWART, I. D., OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 93, n. 12, 2012. p. 1879–1900. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml>. Acesso em jan. 2021.

VIANNA, E. O. **O Campo Térmico Urbano – Ilhas de Calor em Brasília-DF**. Brasília, 2018. 267 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília. Disponível em <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/33012>>. Acesso em junho 2021.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Climate and Urban Development*. Geneva, n. 844, 1996.

YIANNAKOU, A; SALATA, K-D. Adaptation to Climate Change through Spatial Planning in Compact Urban Areas: A Case Study in the City of Thessaloniki. *Sustainability*, 2017, 9, 27. Disponível em <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v9y2017i2p271-d90368.html>. Acesso em jan. 2021.