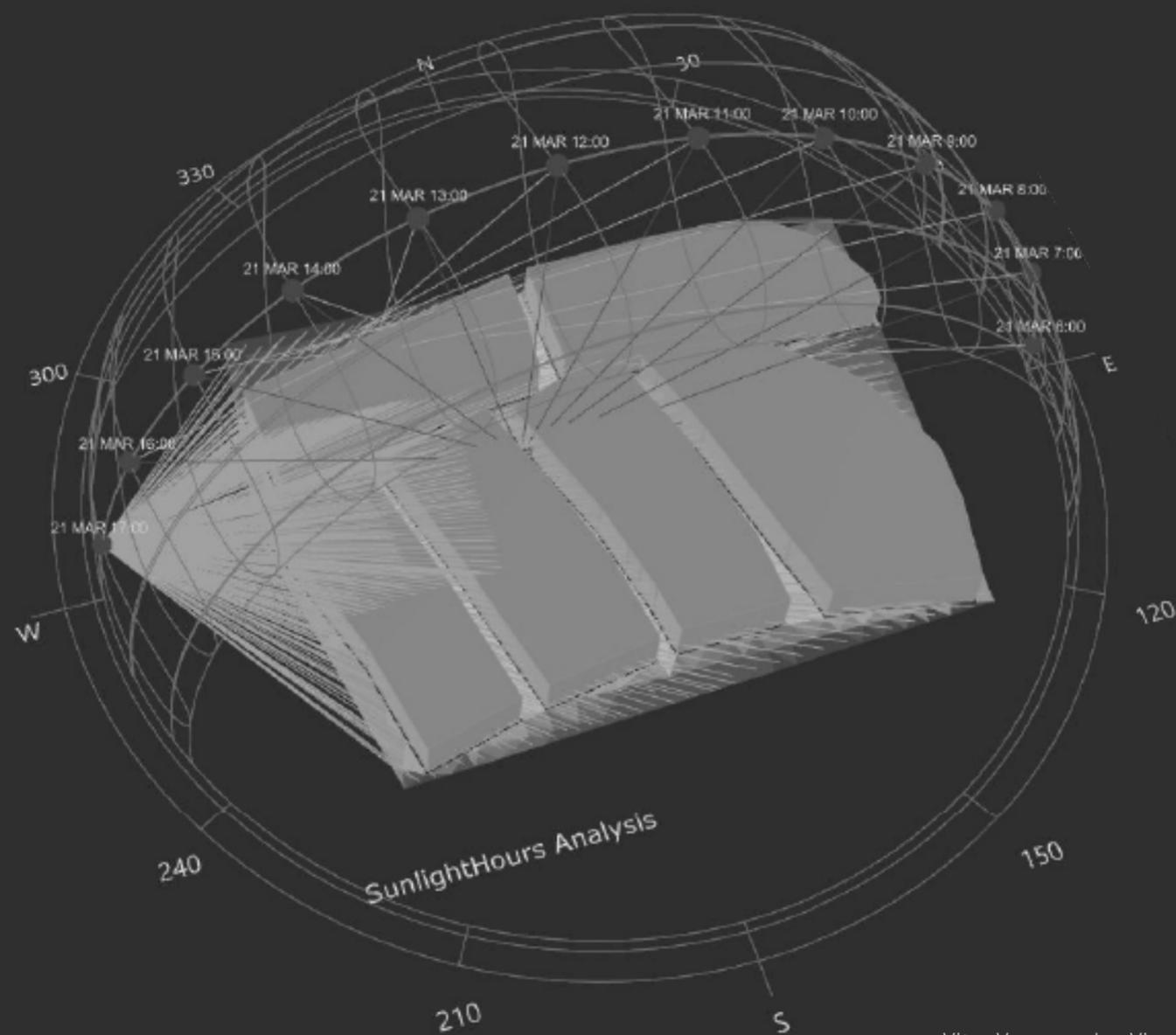


código urbano

a forma como ferramenta de melhoria do conforto térmico urbano



Vitor Vasconcelos Viana
sob orientação do Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso

CÓDIGO URBANO a forma como ferramenta de melhoria do conforto térmico urbano

VITOR VASCONCELOS VIANA

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso (professor orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Renan Cid Varela Leite (convidado interno)
Universidade Federal do Ceará

Arq. José Aderson Araújo Passos Filho (arquiteto convidado)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V1c VIANA, VITOR VASCONCELOS.
CÓDIGO URBANO : a forma como ferramenta de melhoria do conforto térmico urbano / VITOR
VASCONCELOS VIANA. – 2020.
40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Arquitetura e Urbanismo, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso.

1. urbanismo paramétrico. 2. conforto térmico urbano. 3. metodologia de planejamento. I. Título.
CDD 720

FORTALEZA
20 DE NOVEMBRO DE 2020.

motivações e agradecimentos

"O projeto é o produto de um processo."

Essa frase me guia nos últimos tempos dessa jornada pelo urbanismo e arquitetura iniciada em 2013 como bolsista Prouni no Centro Universitário Estácio. Com a mudança para a, carinhosamente chamada, Escola de Arquitetura da UFC expandi meus olhares e reflexões sobre o papel do profissional e cidadão dentro da sociedade capitalista contemporânea, tornando-me sensível às demandas sociais e é em busca de atendê-las que exercerei minha profissão.

Os agradecimentos são amplos. Agradecimentos à minha família pela motivação, ajuda e encaminhamento no decorrer dessa jornada. Agradecimentos para os amigos de longa data do IFCE, Allana Ferreira, Bianca Daniel, Beatriz Braga, Jayssa Nobre, Mariana Alexandre, Herbert Hermorgenes e Ronaldo Júnior. Agradecimentos para os amigos da cultura, Leonardo e Ana. Agradecimentos aos companheiros e companheiras de profissão da Estácio, Dandara, Stephany, Priscila, Gustavo, Brenda, Daiane e Semírames, Agradecimentos para as amigas do DAU que motivaram, me acompanharam nessa jornada, principalmente a Suzana e a Anne. Quero agradecer ao melhor grupo de discord, Luana, Lina e Morgana que tornaram essa jornada, principalmente o final dela, mais leve e me motivaram para que tivesse finalmente um fim.

Agradecimentos à banca pela sua disponibilidade, apoio e contribuições não apenas nessa fase final, como em todo o processo. Os diálogos foram fundamentais para que conseguisse chegar nesse estudo.

Agradecimentos aos professores do DAU, nas figuras do Prof. Ricardo Paiva por ter me dado a chance de ingressar na pesquisa e ter confiado em mim; ao Prof. Renato Pequeno pela sua paciência em responder minha infinidade de perguntas; ao Prof. Renan pela sua disponibilidade, vontade de ensinar e de ajudar seus alunos. Por fim, agradecimentos ao professor Daniel, pela sua colaboração, paciência e diálogos sobre todos os assuntos que me levaram as várias reflexões, não resumidas apenas nesse trabalho.

Agradecimentos para a classe trabalhadora e pela sua luta na construção de uma universidade pública, gratuita e universal.

*Ainda vão me matar numa rua.
Quando descobrirem,
principalmente,
que faço parte dessa gente
que pensa que a rua
é a parte principal da cidade.*

Paulo Leminski

sumário

Inquietações iniciais	5
Justificativa	7
Objetivo	7
Método	7
O planejamento urbano.	9
A necessidade do planejamento e uma análise do atual modelo: o zoneamento e os índices urbanísticos	9
Além do planejamento atual e um síntese de novas metodologias	11
Os Parâmetros: estabelecendo conexões	18
Os parâmetros climáticos de Fortaleza	18
Os parâmetros urbanísticos intra lote em Fortaleza	21
Correlacionando parâmetros: os parâmetros urbanísticos e climáticos sob a óptica do conforto urbano humano	23
O método e sua aplicação	29
O contexto do eixo de expansão oeste de Fortaleza	29
Simulações: Aplicabilidade e análise da atual legislação urbana	31
O código, arranjos e proposições	34
À guisa da conclusão, limitações e novas perspectivas.	45
Referências Bibliográficas	49

1. Inquietações iniciais

O planejamento do espaço urbano surge através da necessidade de criação do lugar necessário para o desempenho das atividades humanas (o lazer, morar, trabalhar) no espaço da cidade¹. A evolução desse conceito de cidade, como um conjunto de sistemas articulados entre si, um metabolismo urbano, um organismo. Este planejamento baseia-se, tradicionalmente, no modelo de zoneamento de determinadas áreas estabelecendo índices urbanísticos específicos, que por sua vez, determinarão sua morfologia, uso e ocupação do solo. Contudo, essa metodologia de planejamento do espaço gera problemas ambientais de diferentes ordens, como a inversão térmica, formação de ilhas de calor, ilhas secas, ilhas de frio, excesso de ruídos, entre outros. Dessa forma, se faz necessário avançar no estado da arte atual a fim de contribuir na elaboração de metodologias de planejamento urbano que minimizem os efeitos nocivos desse modelo, criando um ambiente mais saudável para as práticas humanas na cidade e sua relação com o meio ambiente natural-construído.

Neste contexto, segue a questão norteadora deste estudo:

Como planejar o espaço da cidade a fim de contribuir no conforto térmico urbano através da definição de parâmetros de uso e ocupação do solo intra-lote nas cidades urbanas brasileiras de clima tropical úmido?

Diante desse cenário, têm-se como ponto de partida desta pesquisa, o objeto empírico, a compreensão da repercussão dos índices urbanísticos (gabarito máximo, zoneamento, taxa de permeabilidade, taxa de ocupação, recuos, afastamentos laterais, entre outros.). A posteriori, a identificação e determinação de suas relações com os condicionantes bioclimáticos (incidência solar, ventos dominantes, entre outros) no espaço construído sobre a óptica do conforto térmico urbano. Esse último se configurará como elemento principal da metodologia de planejamento proposta devido a sua repercussão na questão da qualidade de vida urbana dos habitantes. Assim, será possível elaborar diretrizes de ocupação do solo e de um algoritmo em *software* paramétrico, este devido a possibilidade de validação em diferentes cenários de forma rápida, através do conceito a ser desenvolvido na pesquisa. Serão utilizados como parâmetros de análise desse

¹Entende-se cidade como um produto coletivo resultado do longo processo histórico econômico, social e cultural de sedentarização, domínio e permanência das ações de diversos atores - indivíduos, grupos e instituições - sobre o ambiente natural e construído, numa relação política centralizada, não homogênea, desequilibrada e estruturada hierarquicamente. A cidade é caracterizada pelo conflito, síntese e relação de dois elementos principais: fluxos/ funções e fixos, interligados através das redes de espaço e infra-estrutura. Esse primeiro é intenso, acelerado e transpõem os limites políticos da cidade, caracterizado pela faixa de pedestre, a rua, as filas, os impostos urbanos. Este último, formado pela perenidade arquitetônica dos materiais, formas e tipologias, é a síntese das transformações humanas, a materialização histórica, o registro, dos seres humanos que a construíram, podendo ser identificadas no tempo. (ROLNIK, 1995).

desempenho, o sombreamento e o comportamento da ventilação (velocidade e direção) do espaço urbano público.

O recorte físico, objeto concreto, será na região do Colosso, Fortaleza, Ceará. O motivo do recorte deve-se ao baixo grau de urbanização da área analisada abrindo possibilidade para discorrer de forma concreta e direta sobre a relação entre os parâmetros urbanísticos e os condicionantes bioclimáticos. Vale a ressalva de que esta pesquisa tem como objetivo utilizar-se de uma ferramenta paramétrica e portanto, abre a possibilidade de ser aplicada em cenários diferentes.

1.1. Justificativa

A relevância do estudo se justifica à medida que contribui na compreensão de como os parâmetros climáticos podem contribuir no planejamento urbano a fim de melhorar não só o conforto do espaço urbano construído, como também a qualidade de vida dos seus habitantes. Têm-se como expectativas dos produtos finais o processo metodológico de planejamento urbano baseado nos condicionantes climáticos, o algoritmo paramétrico no cenário proposto e alguns cenários propostos para o recorte físico analisado. Um método que formule, gere e avalie os projetos urbanos.

Entende-se a complexidade de problemas do espaço urbano construído da cidade como fruto da relação desigual dos diferentes atores, mercado imobiliário, poder público, movimentos sociais, que participam desse processo. Não se desconsidera ou se inferioriza as demais problemáticas urbanas, mas sim foca-se em propor uma alternativa de solução para uma delas dentro da seara do conforto térmico nas cidades de clima tropical úmido, principalmente.

1.2. Objetivo

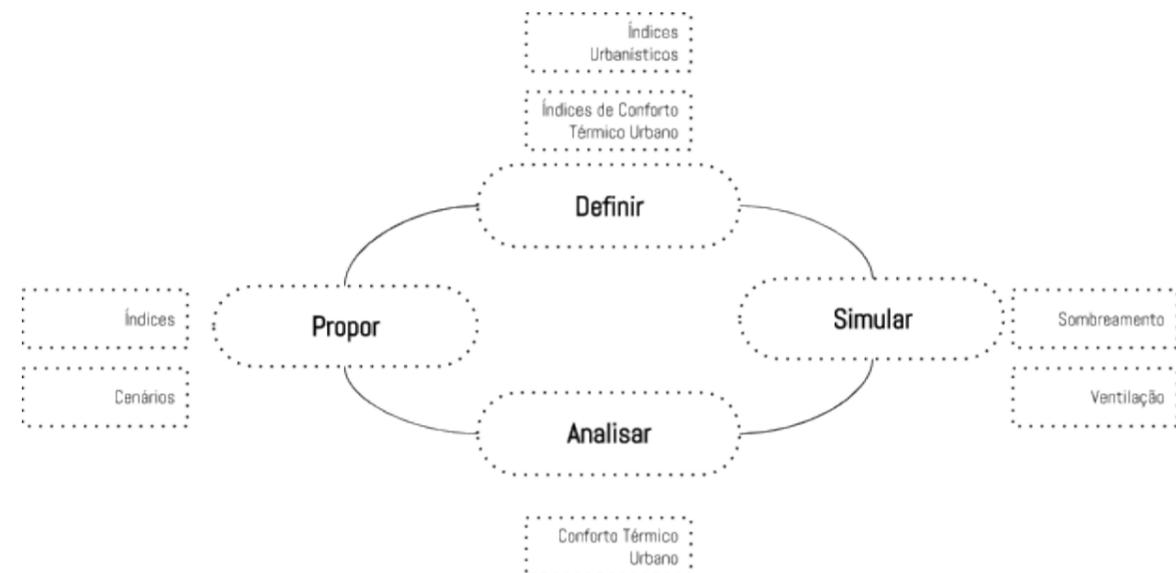
O objetivo geral desta pesquisa é propor uma revisão da metodologia de definição dos índices urbanísticos estabelecidos no Código da Cidade de Fortaleza 2019 a partir da sua adequação aos parâmetros de conforto térmico urbano selecionados.

Já os objetivos específicos serão:

- Revisar e definir parâmetros urbanísticos e de conforto térmico urbano que impactam no planejamento urbano;
- Compreender e identificar a repercussão espacial dos parâmetros urbanísticos no solo e forma urbana;
- Identificar/Estabelecer a relação entre índices urbanísticos e parâmetros climáticos;
- Simular, sob a óptica do conforto térmico urbano, a repercussão dos índices urbanísticos definidos;
- Propor um algoritmo paramétrico que relacione os parâmetros climáticos e urbanísticos
- Indicar diretrizes urbanísticas, proposições e/ou modelos a serem utilizadas no recorte

1.3. Método

Podemos sintetizar o método da seguinte forma:



Esquema 01 - Etapas metodológicas
Fonte: Autor, 2020 (baseado em Ascher 2010).

2. O planejamento urbano.

Neste capítulo aborda-se a necessidade de se planejar o espaço urbano, através da apresentação e análise do atual processo de planejamento. Além disso, busca-se realizar uma crítica desse modelo, apresentando novas visões sobre o conceito de urbanismo e expondo brevemente as seguintes metodologias de planejamento urbana: Form Base Code, Space Matrix e City Zoom. Por fim, analisa-se criticamente e sintetizando seus pontos positivos e negativos.

2.1. A necessidade do planejamento e uma análise do atual modelo: o zoneamento e os índices urbanísticos

planejar
pla·ne·jar vtd

2 Fazer planos para; devisar, programar, projetar²

O ato de planejar surge da necessidade de ordenar e qualificar a ocupação humana no espaço natural com o intuito de contribuir na melhoria da qualidade do espaço gerado, mas nem sempre alcançando tal objetivo. Presente desde o tratado vitruviano, através da categorização de composição morfológica ou atributos de configuração espacial em 6 ordenações: disposição, eurtmia, simetria, conveniência, distribuição e decoro. Historicamente, esse processo é resultado do espírito do seu tempo, *zeitgeist*, e das relações sociais dos seus cidadãos. Para Marshall (2011, p.03), a grade de Miletus exemplifica o *layout* grego clássico; Palmanova é um exemplo da ordem geometrizada das cidades ideais renascentistas; Bournville, Port Sunlight e Pullman exemplificam a combinação entre o progresso e a racionalidade de padronização da revolução industrial; Radburn e Nova Jersey representam o processo de suburbanização e a carrocracia³ e Brasília, por sua vez, simboliza a construção de uma nova cidade em uma nação pós-colonizada. Assim, nota-se que há um interesse no ordenamento do espaço urbano construído e como esse processo se modifica historicamente.

Dessa forma, durante a segunda revolução moderna na França no século XIX, esse estudo se insere como área do conhecimento, denominando-se Urbanismo. Neste contexto, ganha projeção um modelo de planejamento

²<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=planejar>, extraído em 27/05/2019 às 17:30h.

³ Carrocracia é transformação da paisagem urbana através da inserção e adaptação dos carros e um "sistema econômico capitalista e um sistema de locomoção capitalista" (LUDD, 2005, p.17).

urbano proposto pela Carta de Atenas de 1933 durante o IV Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM),

O zoneamento é a operação feita sobre um plano de cidade com o objetivo de atribuir a cada função e a cada indivíduo seu justo lugar. Ele tem por base a discriminação necessária entre as diversas atividades humanas, cada uma das quais reclama seu espaço particular: locais de habitação, centros industriais ou comerciais, salas ou terrenos destinados ao lazer. (CIAM, 1933, p. 08)

Preocupa-se em ordenar o espaço separando-o em usos distintos de maneira a criar locais salubres, com maior cobertura vegetal e racional, divididos para o desenvolvimento humano. Este modelo ficou conhecido como Urbanismo Racionalista. Faz-se necessário contextualizar historicamente que esse período é caracterizado pelo surgimento do Movimento Moderno, baseado na interpretação de um neoclassicismo, fomentado por regimes totalitários europeus na iminência do início de uma nova guerra. Outro ponto a ser destacado dentro da carta é a postulação de que o sol, a vegetação e o espaço devem ser pontos de partida para o planejamento urbano. Demonstrando a relevância da inserção dos condicionantes bioclimáticos no processo de planejamento desde essa época.

Para Saboya (2007), o zoneamento pode ser classificado como uma ferramenta utilizada nos planos diretores, através do qual a cidade é dividida em regiões sobre as quais incidem diretrizes específicas para o uso e a ocupação do solo, conhecidas por índices urbanísticos. Assim, tem como objetivo controlar o uso e o porte, também interpretada como geometria, dos lotes e edificações de forma a controlar o desenvolvimento urbano e tráfego e proteger áreas sócio-ambientais frágeis, através do zoneamento dos usos e índices urbanísticos. Já para Ferrari (2004), zoneamento urbano pode ser interpretado como uma divisão das zonas urbanas e de expansão urbana, delimitadas por lei (Plano Diretor e Código de Obras) incidindo sobre um determinado espaços como objetivo de especializar, predominantemente, seus usos e formas de ocupação do solo.

No que lhe diz respeito, os índices urbanísticos regulam através de um conjunto de regras, normas e modelos, a geometria dos lotes e edificações. Segundo Marshall (2011, p.01, grifo e tradução nossos),

Códigos (*parâmetros urbanísticos definidos pelo zoneamento*) fazem parte da linguagem oculta de criação de lugares. Eles influenciam diretamente na "estrutura comum" - onde comum não se refere a algo insignificante, mas representativo da grande maioria do tecido urbano. Os códigos urbanos são, portanto, importantes porque moldam significativamente o caráter de nossas áreas urbanas - para melhor ou para pior.

Nota-se a importância que a correta definição dos índices urbanísticos possuem na construção espacial do lugar. No Brasil, o processo de planejamento urbano se dá concomitantemente ao de urbanização desordenada, desenvolvimento industrial e migração campo-cidade na primeira metade do século XX. A Lei Federal 6.766 de

19 de dezembro de 1979 foi o primeiro instrumento de normatização do espaço urbano através da regulamentação do parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas ou expansão urbana, assim definidas a posteriori por lei municipal, e explicita os conceitos de loteamento e desmembramento em seu Capítulo I - Disposições Preliminares, artigo 2.º, parágrafos 1.º e 2.º,

Art. 2º. O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições desta Lei e as das legislações estaduais e municipais pertinentes.

§ 1º Considera-se loteamento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes.

§ 2º Considera-se desmembramento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, nem no prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes.

Esse processo de loteamento e parcelamento do solo, definição dos parâmetros urbanísticos é atribuída legalmente para o profissional arquiteto urbanista segundo Artigo 3 da Resolução CAU/BR N° 21, de 5 de abril de 2012⁴,

Para fins de Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), definido em Resolução própria do CAU/BR, as atribuições profissionais dos arquitetos e urbanistas serão representadas no Sistema de Informação e Comunicação do Conselho de Arquitetura e Urbanismo (SICCAU) através das seguintes atividades:

(...)

1.8. URBANISMO E DESENHO URBANO

(...)

1.8.4. Projeto de parcelamento do solo mediante loteamento;

1.8.5. Projeto de parcelamento do solo mediante desmembramento ou remembramento;

Nota-se a preocupação no planejamento urbano em criar ambientes aptos ao desenvolvimento das atividades humanas, levando em consideração seu conjunto de variáveis, como a densidade do solo, funções, superfícies livres e edificadas, locais, climas, volumes edificados, entre outras. Em suma, o planejamento define-se como um conjunto de ações consideradas mais adequadas para conduzir da situação atual para uma situação desejada através de transformações do espaço a fim de adequá-lo aos objetivos desejados. Nota-se que o planejamento urbano incide sobre a função/uso do lote urbano e geometria do objeto arquitetônico a ser construído através da definição de parâmetros urbanísticos. Este, por sua vez, incidem sobre uma lógica que parte do princípio da área do lote, estipulando o elemento construído em uma relação entre área do lote e objeto. Contudo, ela é bastante limitada e excludente devido sua raiz funcionalista, simplista e repetitiva baseada na especificação dos usos e funções urbana dos espaços. Tornou-se obsoleta, frágil e pouco adaptável às crises urbanas e novas funções.

⁴ https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/Atribuicoes_CAUBR_06_2015_WEB.pdf, acessado em 22/10/2019 às 21:35h.

2.2. Além do planejamento atual e um síntese de novas metodologias

A necessidade de revisão contínua das atuais metodologias de planejamento urbano frente às ininterruptas dinâmicas sócio-espaciais da cidade contemporânea - inserção das novas tecnologias da informação e comunicação; problemáticas sociais, ambientais, e econômicas; mudanças comportamentais entre indivíduos e sua relação com a natureza; problemas de mobilidade urbana; dicotomia entre campo e cidade; multiplicidade espacial; permeabilidade entre o público e privado - culminam na necessidade constante de se repensar nas formas de planejamento do espaço urbano. Faz-se necessário uma abordagem personalizada sobre a cidade baseada nas suas especificidades e recorrências, fugindo do modelo de planejamento estanque e pouco dinâmico que não estabelece critérios concretos, prazos e metas e que são, comumente, utilizados na definição do zoneamento urbano e de parâmetros urbanísticos.

Dessa forma, deve-se buscar um modelo de planejamento que atenda as demandas sociais e expectativas dos cidadãos. Isso pode ser atingido através da, como bem sintetizado por Kohlsdorf (2017), busca por classificar e relacionar os atributos espaciais⁵ com essa satisfação e aspirações sociais contribuindo na síntese e esclarecimento social, de forma a construir uma nova e melhor situação no relacionamento entre os indivíduos e o espaço.

Nesse contexto insere-se o conceito de neourbanismo de Ascher (2010), baseado em atitudes reflexivas, soluções múltiplas, revisionismo constante, multifacetado, híbrido, participação democrática interesalar do local para o global, multissensorial, multi centralidades, polivalência de usos e domínios e hipóteses provisórias. O projeto urbano torna-se estratégico e pragmático, um espaço de negociação e análise entre os agentes que o compõem. O Planejamento estratégico urbano explora as várias possibilidades de maneira a se obter os diferentes objetivos através de modelos de gestão e produtividade altamente flexíveis. Avança no ideal do poder público de forma a conduzi-lo na função mais reguladora do que administrativa.

O neourbanismo avança na definição dos parâmetros urbanísticos, elemento importante deste estudo a ser analisado no item 3.2. Os parâmetros urbanísticos intra-lote, de forma a propor, diferente da metodologia estável e imperativa do modelo de zoneamento e parâmetros urbanísticos, uma lógica baseada em se alcançar os objetivos desejados. Isso se dará pela ação integrada dos autores de forma mais eficiente e coletiva a fim

⁵ Atributos espaciais podem ser definidos como todos os elementos que compõem e caracterizam o espaço urbano, sejam eles, praça, quadras, lotes, ruas, calçadas, parques, entre outros.

de se obter determinado objetivo ou regra por meio da negociação. Dessa forma, criam-se "regras" que limitam as atuações que não coincidem com os objetivos, mas são incentivadoras a boas práticas

Assim, a abordagem tradicional não é a solução definitiva dos problemas urbanos e que "como modelos normativos podem guiar as dinâmicas cada vez mais complexas (e potencialmente contraditórias) da cidade brasileira" (NETTO, SABOYA, 2010). Assim, até que ponto esse modelo de planejamento se relaciona com os problemas atuais, não comportando-se como uma simples listagem de regras? Deve-se avançar para um modelo de zoneamento como meio e não necessariamente o fim por si só, do processo de planejamento urbano. Faz-se necessário torná-lo mais sensível, detalhado e apto às constantes mudanças.

A seguir, apresenta-se novas metodologias de planejamento urbano em sintonia a essa nova realidade:

A. Form Base Code

O Form Base Code é uma metodologia de planejamento urbana baseada na configuração física urbana, ao invés da tradicional divisão de usos, por meio de uma linguagem clara, objetiva e ilustrada que relaciona a forma, escala e tipologia das edificações com os tipos de vias e quadras, comumente utilizada em uma área reduzida. O ponto principal da regulação está na definição da forma e escala, logo o caráter, o espírito de determinada região.

Esse modelo de planejamento baseia-se na gestão e controle do desenvolvimento por meio de parâmetros regulatórios, como número de vagas, habitação, controle de tráfego, entre outros, visando a sustentabilidade, caminhabilidade e o uso misto. Estes, por sua vez, são definidos através dos objetivos desenvolvidos pela comunidade que atua de forma direta na sua elaboração. Dessa forma, essa metodologia gera tipologias de ruas e de construções, disposição de espaços públicos através de 5 pontos (DEFINITION OF A FORM-BASED CODE, 2019): Plano de Regularização, Padrões dos espaços públicos, Padrões das construções, Administração e Definição. O primeiro define num plano ou no mapa as áreas designadas para regulação com as diferentes tipologias aplicadas; o segundo especifica os elementos da escala urbana, como calçadas, parques, estacionamentos, mobiliário urbano, entre outros; o terceiro regula as características, funções e configuração dos edifícios; e por fim, o quarto é composto pelo processo de revisão dos projetos implantados de forma clara e simples. Ao final, elabora-se um "glossário", uma espécie de manual com as técnicas e usos definidos de forma ilustrada com seus objetivos de forma a facilitar a compreensão.

Essa metodologia já foi aplicada em alguns bairros das cidades norte-americanas, Azusa, Califórnia, Beaufort, Carolina do Norte, Wilsonville, Oregon, Wyandanch e Nova York. Segundo Marshall (2011, p.02, grifo e tradução nossos),

O Form-based coding não controla a forma do tecido urbana, mas pode ser vista como uma alternativa do processo de criação desse tecido urbano. Elizabeth Plater-Zyberk definiu que o Form-based coding é uma “nova abordagem de criação de cidade”. Isso possibilita que o código (*urbano*) atue diretamente no planejamento.

Essa atuação direta permite a variabilidade da forma urbana e a formação de um espaço compacto, indutor do crescimento sustentável, e alinhado com os objetivos comunitários pré-determinados e determinantes de criação do espaço. Assemelha-se ao conceito proposto pelo neourbanismo de maneira a criar um repertório de possibilidades a serem “escolhidas” de forma a se atingir determinado resultado.

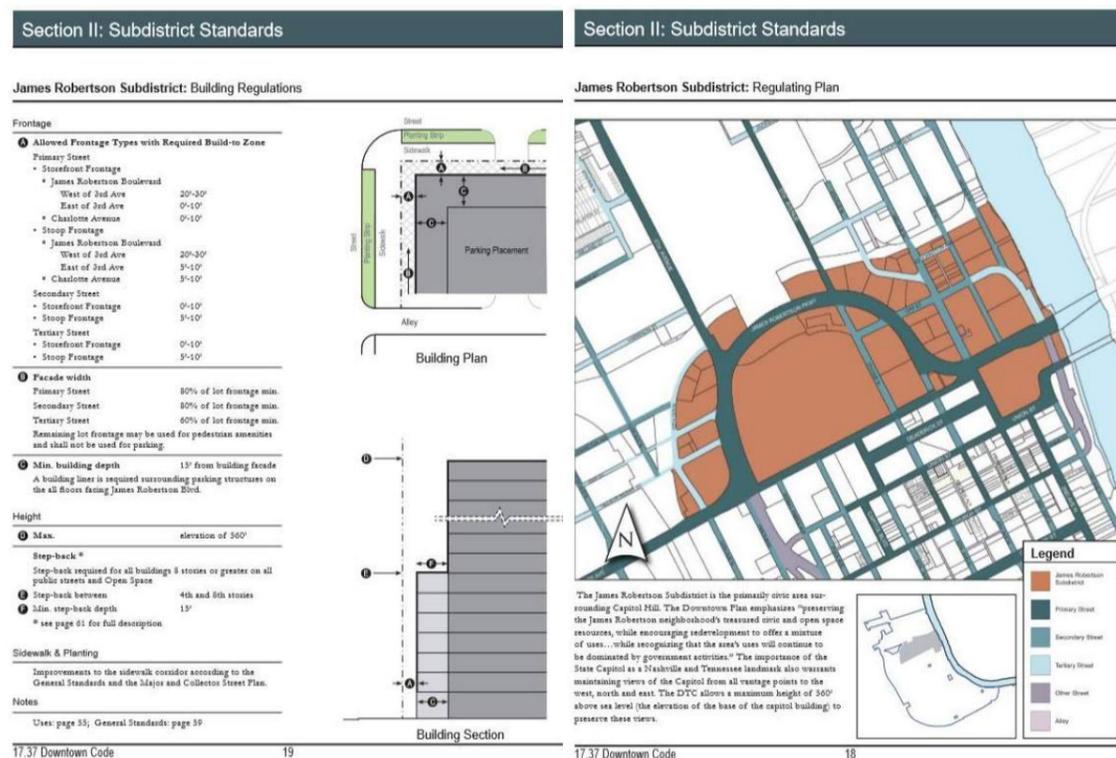


Imagem 01- Código de Downtown da cidade de Nashville, Tennessee, EUA, 2010.
Fonte: Form-based code, 2010.

B. SpaceMatrix

Metodologia desenvolvida pelos arquitetos Berghauer Pont e Haupt (2009) baseada na revisão crítica dos métodos tradicionais de cálculo da densidade, correlacionado-o a forma urbana e aos indicadores pré-definidos, através da observação do ambiente urbano “a partir de análise multivariável, construída por um conjunto de variáveis diretas (obtidas pela análise da forma) e indiretas (obtidas pelas relações entre os

indicadores ou entre escalas)” (Moscarelli, 2018). Essa metodologia busca compreender as especificidades e necessidades da complexidade das cidades atuais, como a inviabilização econômica da implantação de equipamentos, infraestruturas e transportes devido a baixa densidade e a variedade de disciplinas que compõem o estudo do urbanismo, como meio ambiente, engenharia de tráfego e ciências sociais.

Essa interpretação possibilita que a densidade torne-se uma ferramenta de orientação quantitativa e qualitativa a fim de unir o planejamento e a forma urbana ao conceito de urbanismo, através da análise dos indicadores FSI (*Floor Space Index*), GSI (*Ground Space Index*) e N (*Network Density*) ou, Intensidade Construtiva, Taxa de Ocupação e Densidade Viária, respectivamente em português. Esse parâmetros seriam mensurados através das variáveis, A (*Base land area*), I (*Network length*), F (*Gross floor area*) e B (*Built up area ou Footprint*) ou área do terreno, comprimento da rede viária, área construída e área ocupada do edifício, respectivamente em português. A combinação desses parâmetros permitiria uma análise com fins de aprofundar o impacto sobre a óptica do desempenho (capacidade de vagas de estacionamento, incidência da luz do dia, conectividade) do arranjo da intensidade e do volume construído.

O Spacemate, *software* que representa a metodologia SpaceMatrix através de diagrama viável, foi aplicado em diversos trabalhos de planejamento urbano, como na renovação urbana Parkstad, Amsterdã, Holanda.

Dessa forma, nota-se que não podemos inferir uma densidade adequada sem levar em consideração parâmetros sociais (cultura, renda média, época) e espaciais urbanos, centro ou periferia segundo a cidade onde se aplica. Essa metodologia foge do padrão de planejamento urbano brasileiro baseado no índice de aproveitamento e taxa de ocupação. Seu método de visualização permite compreensão de leigos e possibilidade de compreensão do planejamento como um processo completo

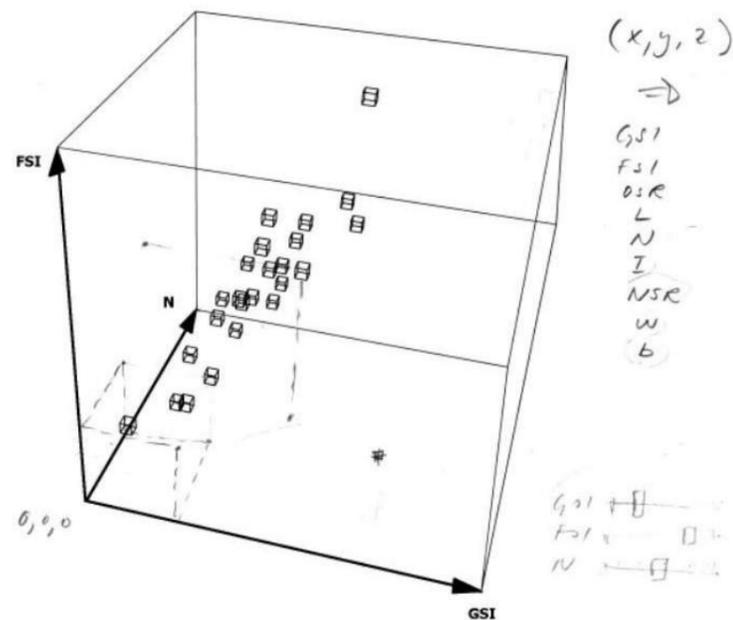


Imagem 02 - Diagrama tridimensional relacionando os indicadores, FSI, GSI e N.
Fonte: Berghauer Pont e Haupt, 2009.

C. CityZoom

Software desenvolvido por pesquisadores da UFRGS, em especial o Prof. Dr. Benamy Turkienicz, por meio do laboratório SimmLab, é um sistema de análise e suporte à decisão para planejamento urbano, simulando de forma rápida o impacto de diferentes projetos de arquitetura e os parâmetros urbanísticos através de uma interface clara e didática. Ele possibilita a tomada de decisões e testes de forma a se antever os eventuais problemas nas diversas fases do projeto urbano, possibilitando a comparação de diferentes cenários de ocupação urbana por meio da simulação do potencial construtivo, a geração de cenários de forma e ocupação e o crescimento da cidade.

O *software* possibilita as seguintes análises: iluminação natural interna das edificações, o conforto térmico nas fachadas, a potencialidade construtiva para os agentes privados, a densidade habitacional e as visuais urbanas. Possibilita, também, integração com outros *softwares*, como Google Earth, EnergyPlus, Sketchup, AutoCAD 3D, ArcGis. Este último amplia as possibilidades do *software*, através da simulação tridimensional de cenários, criação de um banco de dados e a volumetria da área projetada para validação.

O CityZoom divide-se nos seguintes módulos: BlockMagic possibilita a construção virtual do modelo com as edificações e seus respectivos potenciais construtivos dos seus lotes urbanos, baseado nos parâmetros do Plano Diretor, permitindo, assim, a geração de cenários urbanos ou a validação do existente

- AxiMagic viabiliza uma análise de sintaxe espacial operando dados axiais e técnicas de Sintaxe Espacial e Teoria dos Grafos com o objetivo de simular o tráfego urbano e a integração espacial da malha viária
- Mosaic é uma ferramenta que relaciona os modelos vetoriais gerados no CityZoom em grades de células em formato bitmap a fim de criar uma malha de imagem em pixels para processamento de imagem.

Segundo Sonza et al (2010), o modus operandi baseia-se na exportação da malha urbana (traçado das quadras e lotes) proposta produzida em *software* AutoCAD, separando-os em *layers* distintas que serão associados aos tipos de objetos (quadras, lotes e edificações) dentro do *software*. Insere-se os dados (índice de aproveitamento, número de pavimentos, taxa de ocupação e afastamento) na ferramenta "plan rule editor" que gerará as informações sobre zoneamento e parcelamento e apresenta-o num cenário bidimensional e tridimensional. Outra limitação apontada pelos presentes autores. Outra limitação apontada pelos presentes autores apresenta-se na falta de leitura de malhas não ortogonais, da aplicação da topografia e da possibilidade volumétrica de diversos edifícios a diversidade morfológica dos lotes.

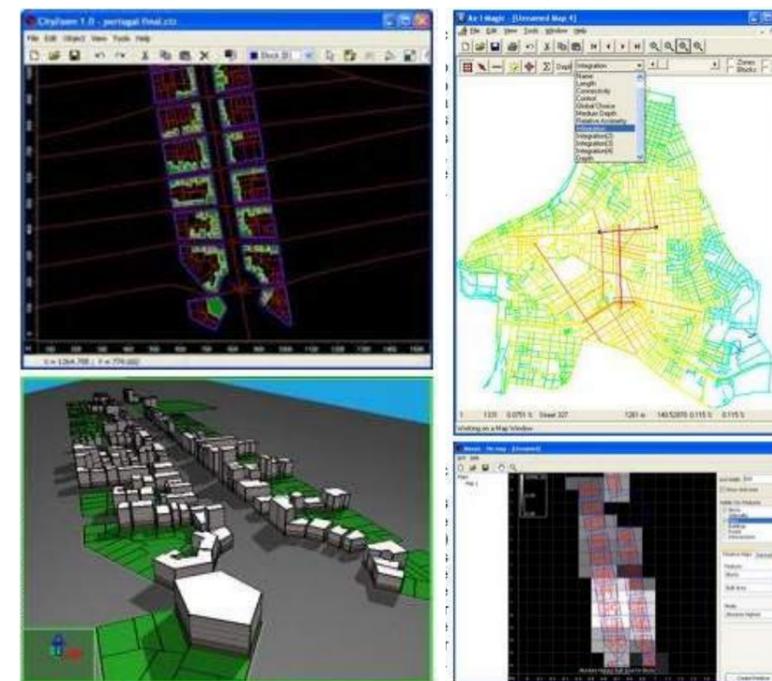


Imagem 03 - Interface dos softwares.
Fonte: CityZoom, 2009.

Nota-se a variabilidade de parâmetros como fio condutor no processo de planejamento urbano. O uso de parâmetros como tipologias, no caso do Form-base code; densidade, no caso do SpaceMatrix e parâmetros urbanísticos, como no CityZoom, demonstra a necessidade de que o planejamento deve ser passível de manipulação sobre os "aspectos significativos" correspondentes às relações entre indivíduos e espaços. Assim, faz-se necessário um processo metodológico de planejamento urbano que define parâmetros urbanísticos com fins de contribuir no conforto térmico urbano, visando a mitigação dos eventuais problemas gerados neste processo e buscando melhorar essas condições de forma passiva.

3. Os Parâmetros: estabelecendo conexões

Neste capítulo apresenta-se um panorama geral acerca dos parâmetros⁶ climáticos e urbanos, objetos fundamentais deste estudo, sintetiza-os, classifica-os e determina-os a fim de se estabelecer suas correlações. Aborda-se também as condições de conforto térmico do ser humano no meio urbano. Finaliza-se apresentando o processo metodológico que visa guiar o estudo.

3.1. Os parâmetros climáticos de Fortaleza

Fortaleza (-3,87° S, -38,5°W), capital do estado do Ceará localizada no oceano atlântico, é uma metrópole com área aproximada de 314,40km², concentrando a maior população do estado, com 2.669.342 habitantes e densidade demográfica de 7.786.4 hab/km², segundo dados do IBGE (2019). Para pensar a condição climática da cidade, objeto fundamental desse estudo, foi utilizado o arquivo⁷ disponibilizado pelo programa INMET 2016, com formatação Typical Metereological Year (TMY), que sintetiza os dados contendo um ano fictício, construído a partir de meses escolhidos em uma sequência de anos, sintetizando e representando de maneira mais fidedigna o clima da cidade. Esses dados foram compilados através do *software* Rhino⁸, por meio da linguagem de programação Grasshopper e de seu plugin Ladybug (Anexo 01) a fim de representar inteligivelmente os mesmos.

A NBR 15220/2013-3 (ABNT, 2005) classifica o clima do Brasil em 8 zonas relativamente homogêneas a fim de categorizar, sintetizar e traçar um perfil das condições climáticas daqueles territórios, estabelecendo diretrizes construtivas com fins de indicar estratégias passivas otimizando o desempenho térmico das edificações, por meio da adequabilidade ao clima. Fortaleza localiza-se na zona bioclimática 8⁹, caracterizada pelo clima tropical quente e úmido, com temperatura média de 26,6°C, sendo a máxima de 31°C e mínima de 24°C. Entre os meses de Março a Julho apresenta temperaturas mais amenas na faixa dos 25,5C, fenômeno provocado pelo período chuvoso e a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mas a partir de

⁶ Entende-se por parâmetros como as variáveis, valores ou até mesmo um determinado intervalo de valores referências recomendados com o objetivo de desenvolver determinado estudo em algum tipo de área.

⁷ Os dados climáticos de Fortaleza-Pinto Martins Intl AP :: 817580 :: INMET disponibilizado pelo endereço eletrônico <<https://www.ladybug.tools/epwmap/>> extraído do dia 06/09/2019.

⁸ Rhino, abreviação de Rhinoceros 3D, é um software de modelagem tridimensional baseado em um modelo matemático que gera curvas e superfícies, chamado de NURBS, além de se poder trabalhar com malhas poligonais

⁹ A Zona Bioclimática 8 compreende o território de toda a região Norte, litoral do Nordeste e um trecho a oeste dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, além do litoral do estado do Rio de Janeiro.

Novembro, e até Janeiro, a média da temperatura sobe para a casa dos 27°C devido às baixas e quase inexistentes precipitações, Imagem 01.

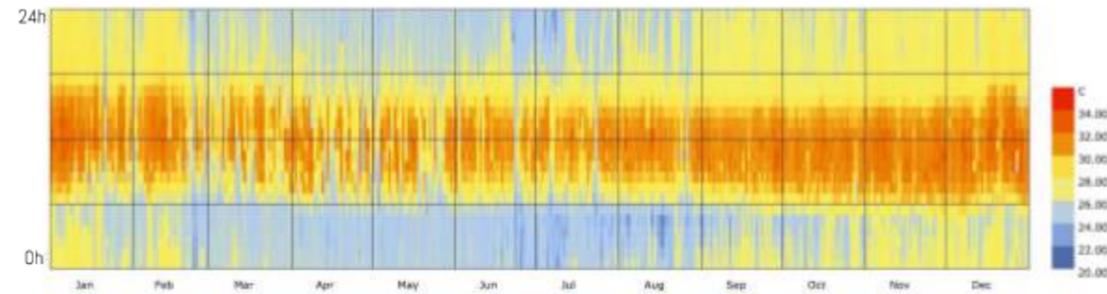


Imagem 04 - Temperatura de Bulbo Seco durante todo o ano e horário.
Fonte: INMET 2016. Elaborado pelo autor.

Por se tratar de uma cidade litorânea, Fortaleza apresenta alta pluviosidade, predominantemente no 1º semestre do ano, o que aumenta a umidade do ar, Figura 02. Por outro lado, nota-se uma baixa umidade do ar no 2º semestre, mas não ao ponto de acarretar problemas de saúde, já que não são abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde de 30%. Essa alta umidade anual é resultado do ar quente que possui maior capacidade de armazenamento das partículas de água. Fortaleza não apresenta temperaturas abaixo de 20°C, ou seja, não há desconforto pelo frio, contudo em 98% do ano possui desconforto por calor.

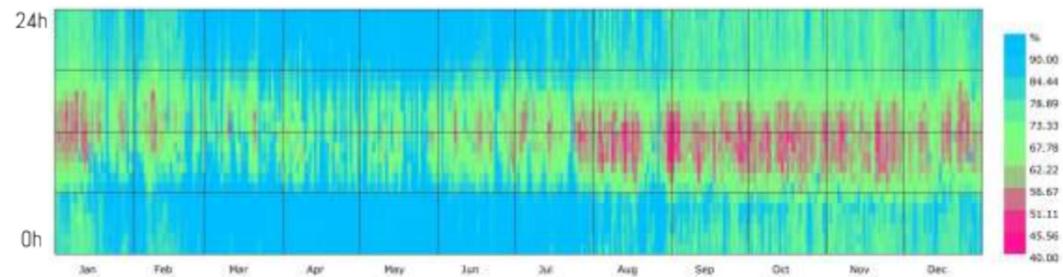
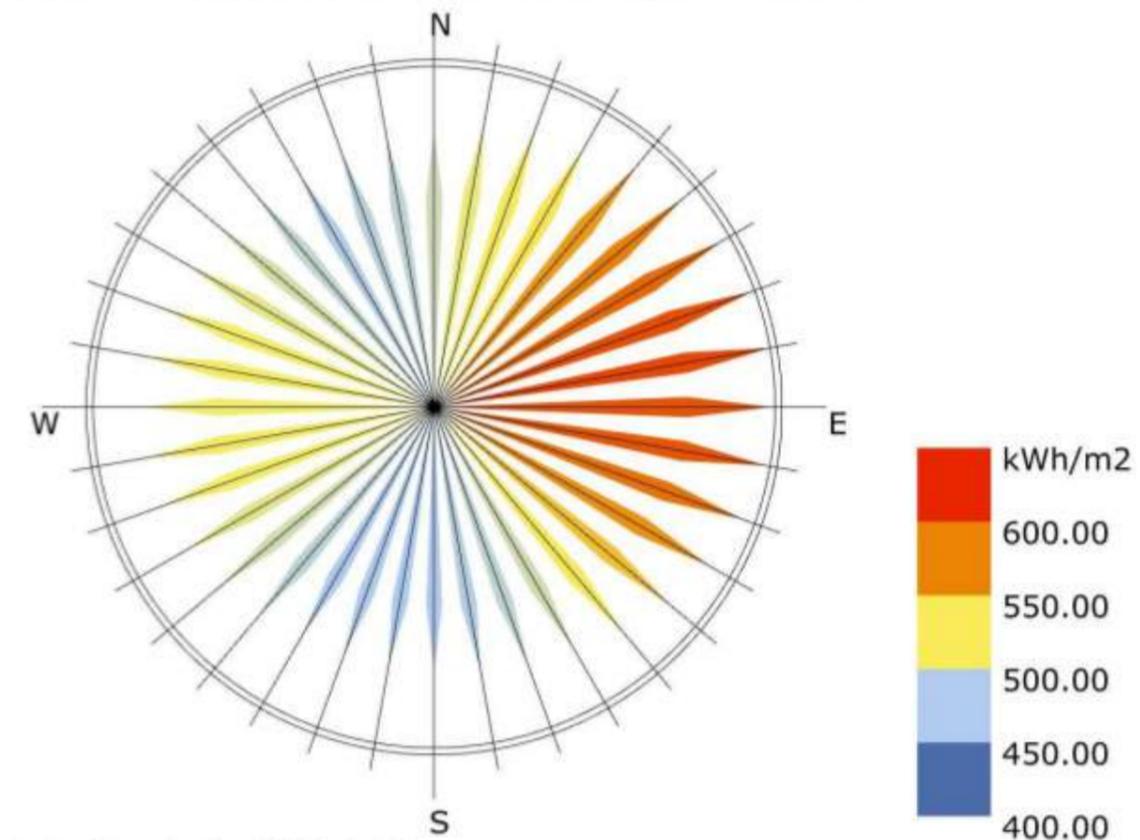
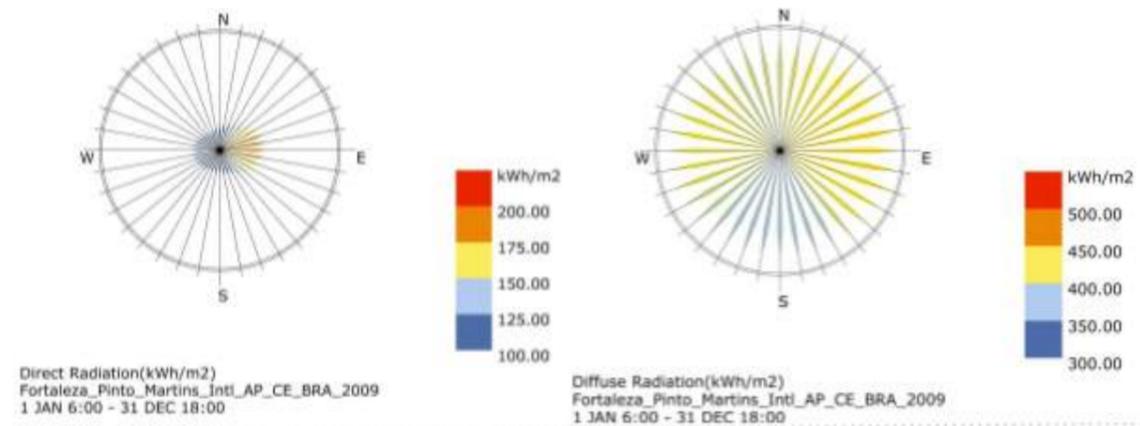


Imagem 05 - Umidade Relativa durante todo o ano e horário.
Fonte: INMET 2016. Elaborado pelo autor.

A radiação solar global, apresenta enorme ganho de carga térmica nas fachadas Leste das edificações, enquanto que nas fachadas Norte e Sul, é menor. Percebe-se que a Radiação Difusa é bastante uniforme, enquanto que a Direta concentra-se no eixo Leste-Oeste, Imagem 03. A radiação solar direta diminui no primeiro semestre do ano devido aumento da nebulosidade resultado da quadra chuvosa, sendo maior no 2º semestre pela falta de nebulosidade.



Total Radiation(kWh/m2)
Fortaleza_Pinto_Martins_Intl_AP_CE_BRA_2009
1 JAN 6:00 - 31 DEC 18:00

Imagem 06 - Radiação Global em Plano Horizontal
Fonte: INMET 2019. Gráfico elaborado pelo autor.

Com relação a ventilação, nota-se a predominância dos ventos vindo da posição leste correspondente a 44% e do sudeste com 34% com velocidade alcançando 6m/s. Têm-se uma velocidade média de 4,4m/s. Figura 04.

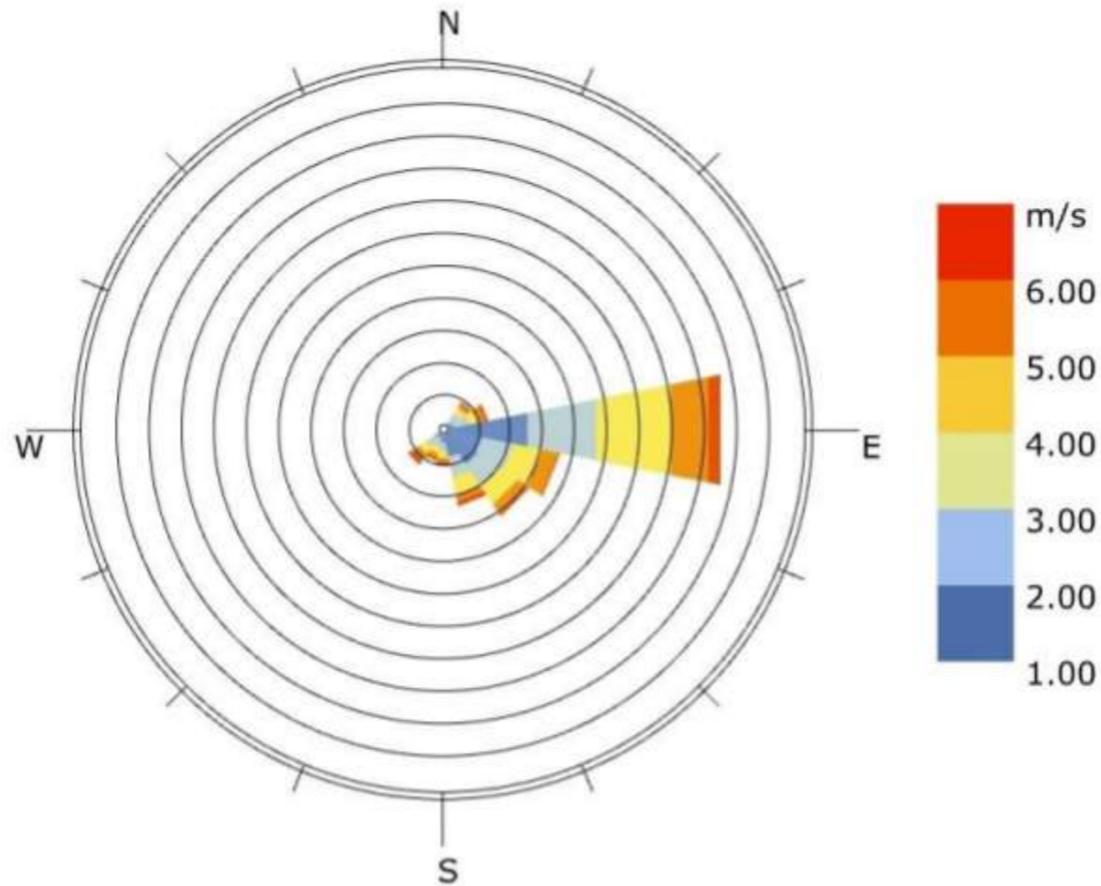


Imagem 07 - Rosa dos Ventos
Fonte: INMET 2019. Gráfico elaborado pelo autor.

Em síntese, caracteriza-se o clima de Fortaleza por pequenas variações das temperaturas diária e anual (baixa amplitude térmica diária e anual); alta incidência de radiação solar direta; elevada umidades e altas temperaturas. A combinação desse cenário acarreta na situação de desconforto térmico por calor mencionada anteriormente.

Com isso, em busca de se obter um melhor condicionamento térmico através de estratégias passivas na escala arquitetônica, a NBR 15.220 (ABNT, 2005) recomenda o uso da ventilação natural cruzada e permanente e sombreamento intensivo. Essas mesmas estratégias são ratificadas pelo diagrama de Givoni (1994), Imagem 05.

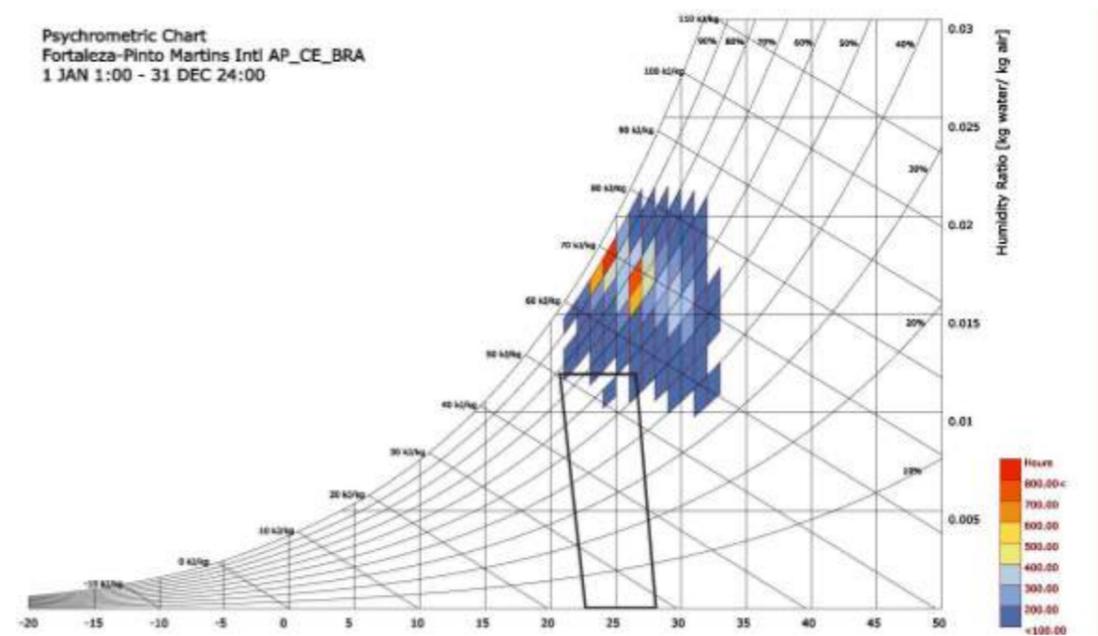


Imagem 08 - Diagrama bioclimático de Givoni.
Fonte: INMET 2019. Gráfico elaborado pelo autor.

Romero (1988, p.87) sintetiza algumas estratégias a serem adotadas neste tipo de clima, neste caso na escala urbana, sintetizados na Tabela 01, ratificando as estratégias propostas pela NBR15220/2005 e por Givoni (1994).

Elementos a controlar	Estações quente-secas
Temperatura	Reduzir a produção de calor (diminuir a temperatura). Procurar a perda de calor pela evaporação e pela convecção.
Ventos	Incrementar o movimento de ar.
Umidade	Evitar a absorção de umidade e diminuir a pressão de vapor. Promover a evaporação
Radiação	Reduzir a absorção de radiação
Chuvas	Máxima proteção nos espaços públicos

Tabela 01 - Elementos do clima a serem controlados. (Romero, 1988)

3.2. Os parâmetros urbanísticos intra lote em Fortaleza

O atual processo de planejamento do espaço urbano construído das cidades brasileiras é definido, após o processo de loteamento e arruamento, pela definição de índices e parâmetros de ocupação do solo. Para Ferrari (2004,), esses índices ou parâmetros podem ser números adimensionais ou dimensionais com o intuito de indicar alguma qualidade, mudança, variação ou atributo, seja qualitativo ou quantitativo a fim de se alcançar determinado objetivo, como o bem estar social dos seus moradores. Além disso, para a LUOS (2017), esses parâmetros podem ser interpretados como taxas, quocientes e indicadores que objetivam disciplinar a implantação de atividades e empreendimentos na cidade. Nota-se o caráter regulatório que os índices e parâmetros possuem e operam na cidade no âmbito da sua forma, ocupação ou densidade, podendo atuar estimulando ou inibindo determinado comportamento pelos agentes de construção do espaço. Dessa forma, o processo de loteamento, quanto a definição dos índices que incidiram sobre o mesmo, possui um caráter amplo, atuando com objetivos - sociais, ambientais, econômicos. - diversos.

Essas normas estão listadas e definidas no Código de Obras e Posturas, ou Código da Cidade no caso da capital cearense, instrumento legal de controle urbanístico que regulamenta as edificações municipais (zonas urbana e rural), estabelecendo os requisitos especiais para cada uma de suas modalidades (residencial, comercial, industrial e institucional) com o fim de assegurar sua higiene, estética, segurança e funcionalidade, em concordância com os objetivos mais amplos do plano de desenvolvimento integrado do Município.

Os parâmetros urbanísticos utilizados comumente nas cidades brasileiras são:

- Taxa de ocupação: relação entre a área da projeção, no plano horizontal, da construção e a área do lote. A legislação, muitas vezes estabelece esse índice tanto para o solo quanto para o subsolo, como é no caso de Fortaleza.
- Índice de permeabilidade: é a relação entre a área do terreno coberta de vegetação, possuindo capacidade de infiltração de água pluviais, e a área total do lote;
- Recuo: afastamento obrigatório do limite externo da edificação principal do lote com relação ao alinhamento das divisas no plano horizontal. Geralmente, esse índice é definido sobre 03 eixos, Recuos Laterais, Recuos de Fundos e Recuos Frontais podendo ser diferentes entre si;
- Índice de Aproveitamento: define-se como a relação entre a área total construída da edificação e área total do terreno. O Código de Obras de Fortaleza subdivide em 03 aspectos: Básico, Mínimo e Máximo. Visa mitigar eventuais efeitos de especulação imobiliária ou subaproveitamento do espaço construído do lote evitando o espraiamento do tecido urbano;

- Gabarito: configura-se como uma medida de altura, largura ou volume excedida. Em sua grande maioria, tem o objetivo de definir a altura máxima das edificações, a fim de se controlar a densidade de determinada zona;
- Área Mínima do lote: definida pela multiplicação da testada e da profundidade mínima, parâmetro também normatizado pela legislação urbana de Fortaleza a fim de garantir a salubridade mínima e a construtibilidade da edificação.

Nota-se que esses parâmetros atuam de maneira distintas no lote. Alguns possuem maior caráter social a fim de minimizar os efeitos nocivos da cidade capitalista (especulação imobiliária, segregação sócio-espacial) além de promover arrecadação para o município, como o Índice de Aproveitamento. Outros possuem caráter ambiental, como o Índice de Permeabilidade, a fim de garantir a penetrabilidade no espaço construído das águas fluviais, evitando problemas como enchentes e alagamentos do espaço público e privado.

Há também, parâmetros que atuam de forma indireta na conformação geométrica da edificação no lote, relevantes e impactantes na análise do conforto urbano. Nota-se que os índices recuos (lateral, frontal e de fundos) e gabarito impactam de forma direta, à medida que a definem. Dessa forma, justificasse a escolha desses dois parâmetros no desenvolvimento do estudo a ser abordado a seguir. Além disso, conforme Lima, Bittercourt (2017, p. 15) cita “uma forte influência da combinação do gabarito com os recuos laterais no escoamento e velocidade do vento” após realizar uma longa e densa análise do comportamento da ventilação natural urbana na cidade de Maceió, com clima muito parecido com o de Fortaleza.

3.3. Correlacionando parâmetros: os parâmetros urbanísticos e climáticos sob a óptica do conforto urbano humano

Após a abordagem realizada no Capítulo 02 - O Planejamento urbano, nota-se a necessidade de avançar no debate acerca de novas metodologias e análises a serem consideradas no processo de planejamento do espaço. Aliado aos parâmetros abordados neste capítulo, identifica-se uma possível simbiose entre os parâmetros urbanísticos e climáticos, associando as expectativas metabólicas dos indivíduos com as características climáticas do meio em que se encontram, através da definição da geometria das edificações, essas definidas, por sua vez, pelos índices urbanísticos, a fim de se obter a situação de conforto térmico¹⁰ na escala urbana. Propõem-se que essa análise deva ganhar protagonismo no conjunto à medida que é fator

¹⁰ Existe outras condições de conforto, como o lumínico, acústico e de qualidade do ar que não serão abordados neste estudo.

importante de percepção e habitabilidade do espaço público pelos cidadãos, podendo promover, ampliar e melhorar a sua ocupação, além de potencializar a relação homem-meio ambiente.

A sensação de conforto é a condição caracterizada pela capacidade do indivíduo em realizar uma atividade desejada com o mínimo de esforço fisiológico, ou seja, em situação próxima à neutralidade entre o homem¹¹ e o meio. Essa condição varia a partir de 03 fatores: humano, construtivo e climático¹². O adequado funcionamento do corpo humano ocorre na temperatura entre 36°C e 37°C, com limites entre 32°C a 42°C. Próximos a estes limites, o corpo atua para manter constante a sua temperatura através da vasodilatação, diminuição do metabolismo e exsudação, nos casos de desconforto por calor, e vasoconstrição, aumento do metabolismo, arrepios e tremedeira no caso de desconforto por frio. O desconforto produz efeitos psicológicos, como o estresse. Estar em conforto contribui no aumento da produtividade e melhora a saúde física e mental.

Os parâmetros climáticos que influenciam no conforto térmico humano podem ser categorizados em: temperatura do ar, radiação, velocidade do vento e umidade, que se relacionam e se expressam numa escala chamada de calorimetria, através de uma equação intitulada Temperatura Operativa. Proposta por Winslow, Herrington e Gagge, relaciona a temperatura do ar, radiação, e velocidade do ar com a forma como o metabolismo humano se modifica,

$$T_o = t_s - \frac{M-E+S}{K_r+K_c} = \frac{K_r}{K_r+K_c} m.r.t + \frac{K_r}{K_r+K_c} \left[\sqrt{\frac{V}{V_o}} t_a - \left(\sqrt{\frac{V}{V_o}} - 1 \right) t_a \right]$$

Outros estudos apontam que a umidade relativa e a temperatura são parâmetros a serem considerados dentro da análise da ventilação, conforme diagrama proposto por Olgay, Figura 09. Nesta análise, a ventilação apresenta-se como fator determinante, devendo ser levado em consideração sua velocidade, predomínio de direção, constância. A análise de insolação deve respeitar o número de horas de sol, a nebulosidade do lugar e a incidência da radiação solar direta e indireta.

¹¹ O ser humano é um animal homeotérmico ou seja, o sistema termorregulador do corpo busca manter constante a temperatura interna do corpo através da metabolização da combinação dos alimentos ingeridos com o oxigênio obtido na respiração.

¹² Os fatores humanos baseiam-se na atividade a ser exercida, no tipo de vestuário, na idade dos indivíduos, no sexo e no metabolismo. Os fatores construtivos baseiam-se na materialidade, cor, composição química dos materiais que compõem do espaço. Os fatores climáticos são temperatura do ar, umidade, movimento do ar e temperatura radiante, esses foram abordados no item 3.1 Os parâmetros climáticos de Fortaleza.

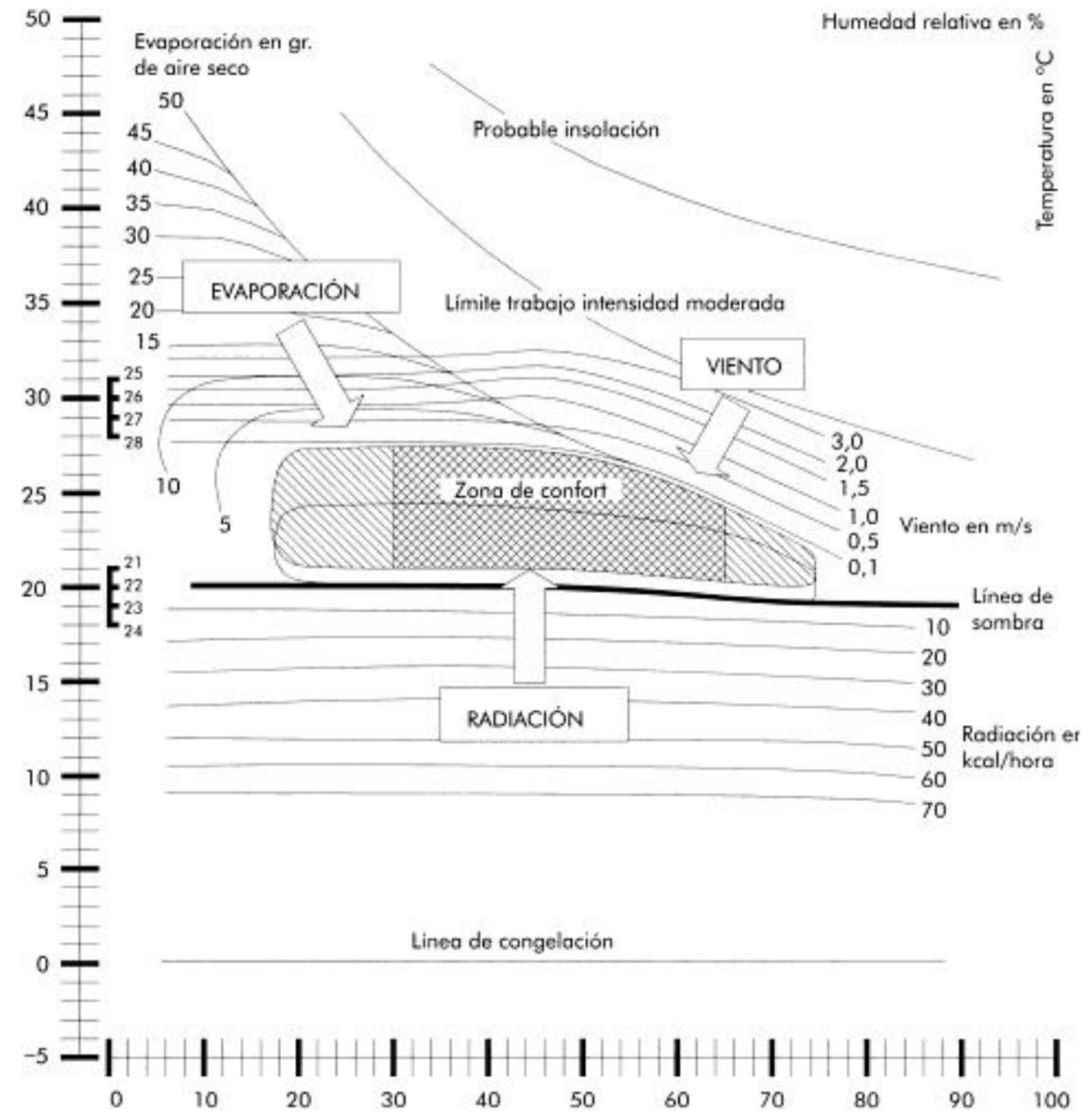


Imagem 09 - Diagrama de Olgay

Fonte: Olgay, 1963

Assim, nota-se o papel da ventilação, além do sombreamento na busca pelo conforto. Para Leite (2015), em climas quente as velocidades devem ser acima de 1,0 m/s. Além disso, a porosidade urbana, definida pela maior ou menor permeabilidade entre o arranjo dos espaços abertos e edificados à passagem dos ventos (SANTOS, 2004), como também a compacidade e rugosidade configuram-se como parâmetro fundamental a fim de garantir o conforto. Por fim, como confirma Lima, Bittercourt (2017, p.16),

"Se a captação da ventilação natural é um aspecto positivo para o conforto térmico, em regiões de clima quente e úmido, faz-se necessário então que as ruas principais estejam posicionadas ao longo da direção predominante dos ventos, garantindo assim uma melhor distribuição e velocidade do fluxo de ar "

No contexto de Fortaleza, cidade litorânea de clima tropical úmido, recomenda-se, reiterando os itens já citados na seção 3.1, uma conformação urbana que vise ampliar o sombreamento urbano e potencialize a ventilação natural. Essa circunstância é ratificada também por Givoni (1976) que indica que o planejamento deveria ser direcionado para otimizar a ventilação natural e maximizar a proteção da radiação solar direta (tradução nossa). Givoni (1976) avança nessa análise, com relação a forma urbana sobre a ventilação sugerindo (tradução nossa)

Quando os edifícios altos também têm grandes dimensões horizontais, desviam o fluxo de ar acima e sobre o bloco e causam "sombras de vento" atrás deles. Por outro lado, quando as dimensões horizontais não são muito maiores que as dos edifícios mais baixos, a diferença de turbulência e pressão criada ao seu redor melhora as condições de ventilação do edifício inferior em sua vizinhança.

Essa mesma situação "nas regiões quente-úmidas de baixa densidade, as dimensões dos lotes devem ser mais largas que compridas. As vedações escassas, e, de preferência naturais (vegetais), e a ventilação devem advir da rua. O alinhamento das edificações não devem ser rígido, permitindo a circulação do ar abundante." (ROMERO, 1988, p. 107) é recomendada. Romero (1988), também indica que nas áreas densamente edificadas deve-se buscar a construção de edificações altas entre os baixos, favorecendo a penetração do vento no tecido urbano. Ou seja, deve-se buscar um planejamento urbano que vise otimizar a ventilação urbana , e assim, justifica-se a escolha do parâmetro ventilação. Além disso, a ventilação urbana auxilia na dispersão de poluentes gerados pelo tráfego urbano. Lima e Bittencourt (2017) ressaltam que a ventilação natural é afetada por fatores além da verticalização, como a compacidade, rugosidade e porosidade. Esses fatores influenciam as condições de conforto térmico urbano, por consequência. Importante salientar que as análises da ventilação são realizadas através de *software* de fluidodinâmica computacional (CFD, do inglês, *Computational Fluid Dynamics*).

Assim, na intenção de se estabelecer uma possível relação entre os parâmetros, é necessário compreender que a forma urbana - configuração geométrica (arranjos dos edifícios e de outros elementos urbanos) como a inércia térmica das superfícies construídas devem contribuir na definição dos parâmetros urbanísticos (ASSIS, 2006,).



Esquema 02: Hipótese triádica de Kohlsdorf
Fonte: Kohlsdorf, 2017

O processo metodológico baseia-se no esquema de Kohlsdorf (2017), Esquema 02, que estabelece uma hipótese triádica correlacionado, ao olhar da arquitetura sobre os lugares através das dimensões¹³ propostas - Bioclimática, Copresencial, Econômica-Financeira, Expressivo-Simbólica, Funcional e Topoceptica -, propõe-se um esquema exemplificando o processo evolutivo do pensamento a fim de conduzir o estudo desse trabalho



Esquema 03: Hipótese de estudo do conforto urbano baseado em Kohlsdorf (2017).
Fonte: Autor, 2019.

¹³ Para Kohlsdorf (2017), o conceito de dimensão pode ser definido como todo plano, grau, nível ou direção que se apresenta ou se pode manifestar conduzindo a investigação ou uma ação ou ambos ao mesmo tempo. Sua utilização torna-se importante à medida que permite a análise de certa fração do todo que possa ser investigada de maneira autônoma e provisoriamente a fim de compreendê-lo como força atuante dentro do conjunto para depois reconstruí-lo de forma organizada.

correlacionando a definição de parâmetros urbanísticos, com parâmetros de conforto, após a sua caracterização e escolha, Esquema 03.

Contudo, devido a baixa latitude de Fortaleza, $-3,87^\circ$ S, há a impossibilidade da geometria das edificações impedir a radiação solar direta na vias e calçadas, em alguns horários, conforme Imagem XX. Dessa forma, o estudo irá buscar diminuir essa o máximo possível. Já com relação às análises de ventilação natural, os estudos de CFD mostrasse desafiadores e complexos,

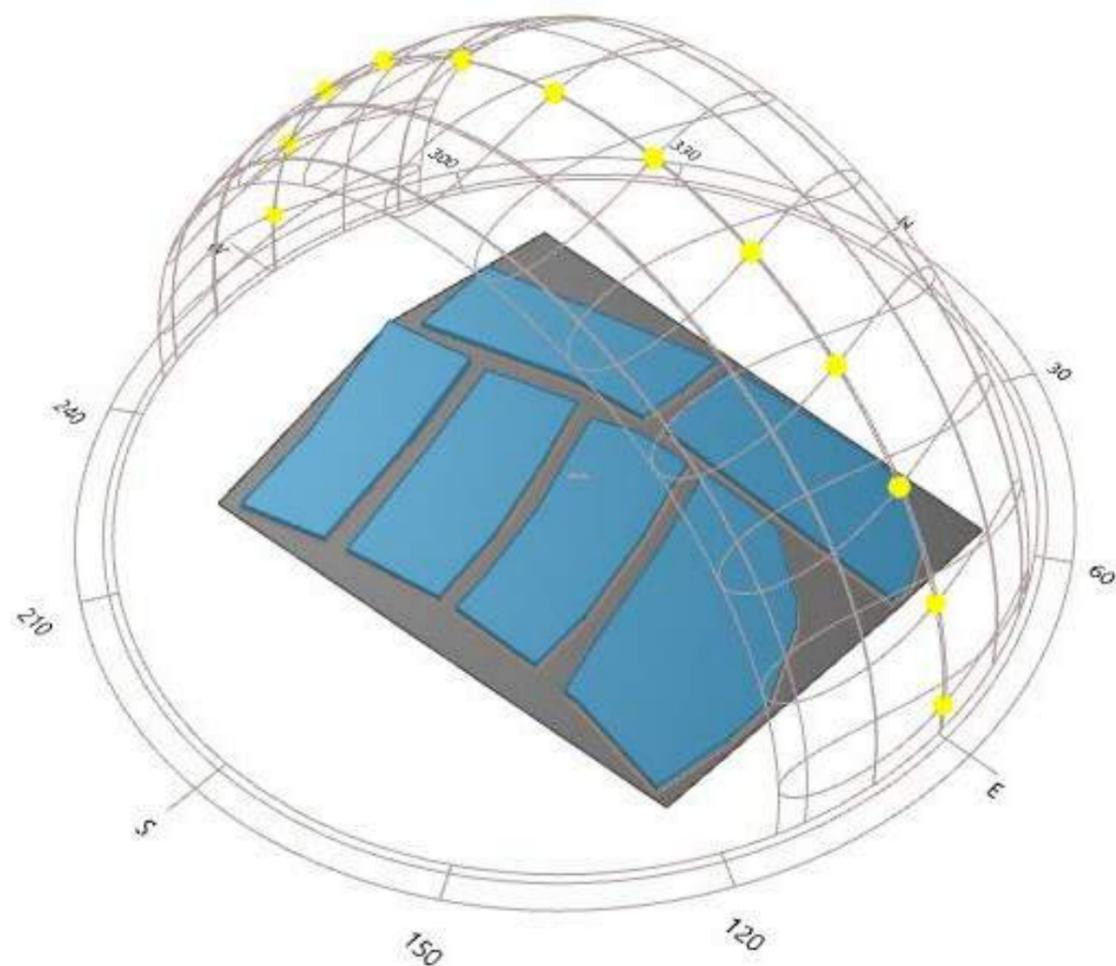
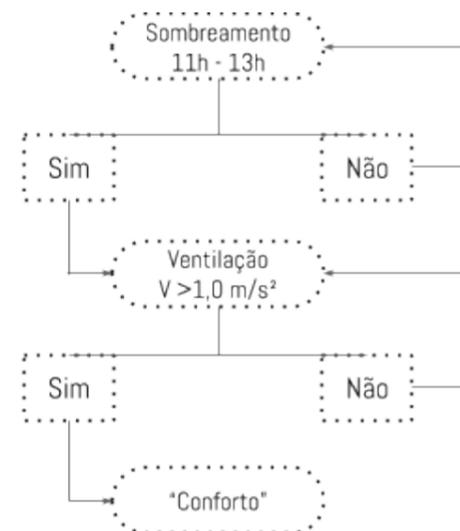


Imagem 10 - Carta Solar de Fortaleza no Equinócio (21/03)
Fonte: Autor, 2020.

Por fim, podemos sintetizar o processo evolutivo das análises a serem feitas através do Esquema 04. Demonstra-se que a primeira condição de conforto que obrigatoriamente deve ser atendida é o sombreamento do espaço, para que depois se proporcione uma ventilação adequada. Optou-se por manter a análise da ventilação do diagrama por entender que, mesmo não sendo contemplado no estudo, se faz necessário se analisar esse aspecto a fim de contribuir na busca pelo conforto térmico urbano.



Esquema 04 : Processo metodológico a fim de se obter conforto térmico no espaço urbano. O termo conforto encontra-se entre aspas por entender que ele não conseguirá ser totalmente garantido.
Fonte: Autor, 2020

Outra contribuição na inserção da análise do conforto térmico urbano¹⁴ no processo de planejamento urbano é a contribuição no equilíbrio dos ecossistemas, como afirma Villas Boas (2004), por meio do controle erosivo pelos picos de precipitação, análise das bacias hidrográficas e potencial de escoamento natural, o que evitaria problemas como inundações, desabamentos e formação de ilhas de calor. Assim, mostra-se um potencial de ampliação dos estudos do conforto térmico urbano focando, desta vez, no seu impacto sobre o meio físico natural e não no indivíduo. Esse aspecto não será discutido neste estudo.

Além disso, Kohlsdorf (2017) amplia a análise climática incorporando a pluviometria, balanço hídrico, altitude, estação do ano e ciclos climáticos, além dos já citados. ventos, umidade relativa do ar, insolação e nebulosidade. Além disso, outros fatores podem ser analisados, como a questão do relevo e configuração do solo, densidade de ocupação, presença de corpos hídricos, materialidade das superfícies expostas e atividades exercidas, orientação solar e eólica, permeabilidade do solo. Por fim, os arranjos urbanos, tamanho e dimensão da quadra, lote e ruas configura-se como fator importante dentro das análises urbanas. Esse aspecto também não será discutido neste estudo.

¹⁴ Importante salientar a diversidade de conceitos usadas comumente nessa área, como sustentabilidade, urbanismo ecológico, desempenho térmico, climatologia urbana, equilíbrio energético, entre outros. Cada uma com sua definição e propósito próprio. Diante disso, opta-se pelo conceito de conforto térmico urbano, a ser definido.

4. O método e sua aplicação

"Estas concepções bioclimáticas (os edifícios como um filtro/elemento dos fluxos energéticos interagindo entre o externo e interno) podem ser aplicadas ao espaço urbano, de forma que os ambientes urbanos resultantes possam se transformar também em filtros dos elementos do clima adversos às condições de saúde e conforto térmico do homem. Para que isso aconteça, todo o repertório do meio ambiente urbano (edifícios, vegetação, ruas, praças e mobiliário urbano) deve conjugar-se com o objetivo de satisfazer às exigências do conforto térmico para as práticas sociais do homem. " (ROMERO, 1988.)

Neste capítulo apresenta-se a área de intervenção da pesquisa, como os argumentos utilizados para a sua definição. Aborda-se como a legislação urbanística impacta sobre ela atualmente. Realiza-se as primeiras simulações a fim de se obter os primeiros resultados e como eles serão utilizados à posteriori para guiar o estudo.

4.1. O contexto do eixo de expansão oeste de Fortaleza

Para escolha do sítio foi usado o critério de se buscar um território propício para a realização das simulações de sombreamento e ventilação no qual o contexto imediato não esteja totalmente ocupado a fim de não interferir na questão fundamental do estudo, o impacto da geometria dos edifícios sobre as condições de conforto térmico urbano. Ressaltando que essa geometria é definida pelos índices urbanísticos.

Dessa forma, opta-se pelo bairro denominado Edson Queiroz. Caracteriza-se por uma grande gleba de terra ainda não ocupada, próxima a um importante eixo comercial e de expansão do mercado imobiliário, a Avenida Washington Soares, ligação entre a capital com o litoral leste e as cidades da região metropolitana. Além disso, possui importante corpo hídrico, formado pela Lagoa do Colosso que se interliga com um pequeno riacho que, por sua vez, deságua no Rio Cocó. Possui ocupação baixa e predominantemente residencial com casas térreas ou de 02 pavimentos além de inexistente densidade habitacional no recorte, Imagem XX.

Apresenta parcelamento e arruamento já definido com importantes avenidas como a Av. Francesa e a Av. Corrêa Lima.



Imagem 11 - Situação atual da área
Fonte: Google Earth, 2020.

Dessa área, realiza-se um recorte, em destaque, definido pelo seguinte limite: R. Seis, Av. B e Av. Corrêa Lima, Imagem 12.



Imagem 12 - Área de Intervenção.
Fonte: Google Maps modificado pelo Autor. (2020).

A região encontra-se em Zona de Ocupação Moderada 2 - ZOM2 (Anexo 02), caracterizada “pela insuficiência ou ausência de infraestrutura, carência de equipamentos públicos, tendência de intensificação da implantação de equipamentos privados comerciais e de serviços de grande porte e áreas com fragilidade ambiental, destinando-se ao ordenamento e controle do uso e ocupação do solo condicionados à ampliação dos sistemas de mobilidade e de implantação do sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário” (LUOS, p. 5-6, 2017). Isso demonstra que o parcelamento, uso e ocupação do solo devem buscar preservar os recursos naturais; priorizar soluções de mobilidade urbana de baixo impacto de carbono, como o uso de bicicletas, e o transporte público; destinar espaços para ocupação dos equipamentos públicos necessários à garantia de direito à cidade; buscar soluções para implantação de infraestruturas que conciliam baixo custo de implantação e manutenção devido baixa densidade.

Os índices que incidem sobre essa zona são:

- Índice de aproveitamento Mínimo, Básico e Máximo: 0,1 | 1,0 | 1,5 (respectivamente)

- Taxa de Permeabilidade: 40%
- Taxa de Ocupação: 50%
- Taxa de Ocupação do Subsolo: 50%
- Altura Máxima e Mínima: 48m
- Área mínima do lote: 150m²
- Testada mínima: 6,0m
- Profundidade mínima do lote: 25m

Nota-se que mesmo apresentando poucas condições para a ocupação da área, os índices urbanísticos são permissíveis para uma ocupação mais intensa do que deveria, o que evidencia uma dissonância entre o planejado e o que se propõem com ele.

Outro fator importante para a análise do conforto térmico urbano, será os recuos. Esse variam de acordo com o grupo de atividade - comercial, serviços, industrial, institucional e urbo-agrário- e a classe viária - expressa, arterial I e II, coletora, comercial e local. O tipo da via atual para a maioria das ruas, é a local, com relação ao uso opta-se por classificar como residencial já que é a mesma encontrada, majoritariamente, no bairro. Dessa forma, segundo, TABELA 8.1 - GRUPO RESIDENCIAL - SUBGRUPO RESIDENCIAL - R (Anexo 03), subgrupo residencial, os recuos variam:

- Recuo Frontal: 3,00m-5,00m
- Recuo lateral: 2,00m-3,00m
- Recuo de Fundos: 3,00m

4.2. Simulações: Aplicabilidade e análise da atual legislação urbana

As simulações foram realizadas no cenário desconsiderando o atual loteamento das quadras. Muitas questões são levadas em consideração no processo de loteamento, seja o caráter econômico ou a relação da densidade habitacional por unidade habitacional. Entende-se que os parâmetros urbanísticos intra-lotes serão resultados da conformação geométrica da quadra e não o aposto, como comumente é realizado. Para as análises de conforto urbano é necessário compreender a conformação da quadra como um todo, não sendo apenas o conjunto da geometria individual dos lotes, Imagem 07.



Imagem 13 - Área de Intervenção com lotes.
Fonte: Autor, 2020.

Foi utilizado a base de dados disponibilizados pela SEINFRA do ano de 2016 para elaboração da geometria das quadras. As simulações foram realizadas nos dias de solstícios, 21 de dezembro (verão) e 21 de julho (inverno) entre 6h até às 18h por entender que são representativas da análise solar anual. Entende-se que as condições de conforto térmico urbano na cidade de Fortaleza já são garantidas no período noturno devido a alta taxa de umidade e temperaturas abaixo de 25°C na maior parte do ano.

Nas simulações utiliza-se um grid de 1,00mx1,00m. Aplica-se como recuo o valor de 03 metros em todas os lados, por entender se tratar de recuos frontais, gabaritos variados, 09, 24 e 48 e calçadas com 02m. As simulações foram realizadas no *software* Rhino, por meio da linguagem de programação Grasshopper e de seu plugin Ladybug, Anexo 04, pela sua capacidade de simular a partir de um modelo tridimensional de clima urbano.

Conforme observado em, 3.3 Correlacionando parâmetros: os parâmetros urbanísticos e climáticos sob a óptica do conforto urbano, as condições de conforto iniciam-se através do processo de sombreamento natural.

Após a simulação, têm-se que a via no sentido norte-sul no equinócio de 21/06 sofre com maiores horas expostas ao sol Imagem 14, chegando a quase 12 horas com o gabarito mais baixo. Já as vias no sentido leste-oeste, apresentam menores horas expostas ao sol ou quase a sua total ausência, com exceção dos horários mais críticos, entre às 11h até às 14h. Já com relação ao solstício de verão, 21/12, Imagem 15, destaca-se um cenário muito semelhante, contudo com um ganho de horas de sol maior e sombras projetadas mais curtas.

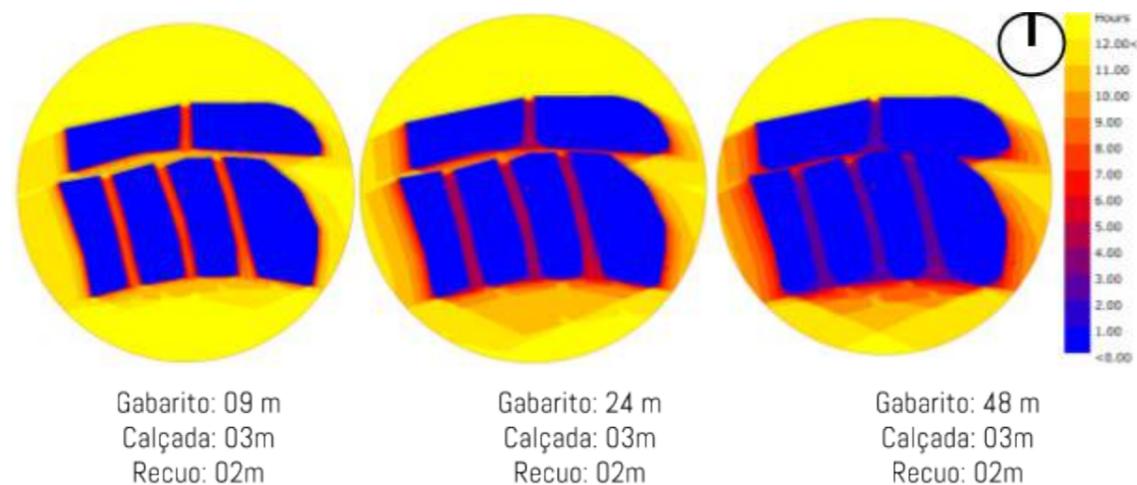


Imagem 14 - Horas de sol total no 21/06
Fonte: Autor, 2020.

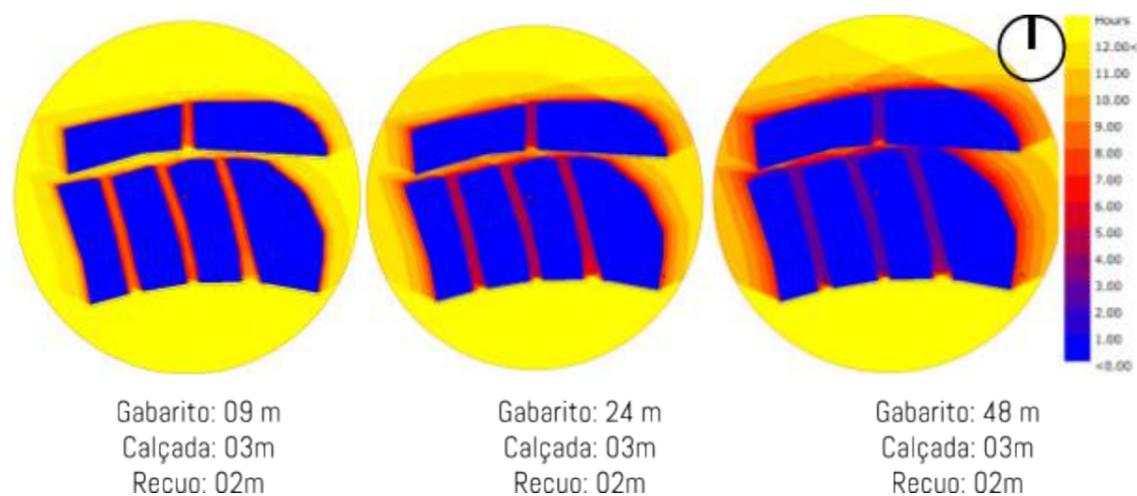


Imagem 15 - Horas de sol total no 21/12
Fonte: Autor, 2020.

Com relação às análises de ventilação natural da malha urbana, temos que devido ao alto grau e complexidade dos estudos de CFD, esses caracterizados pela necessidade de uma representação específica do ambiente construído a fim de se adaptar ao processo de simulação fluidodinâmica, geração da malha tridimensional desestruturada, isotérmica, turbulenta e estacionária com o ar como fluido incompressível, a incapacidade de se realizar neste estudo. Importante salientar que esse estudo é fundamental para a definição do conforto.

5. O código, arranjos e proposições

O código baseia-se na criação do algoritmo capaz de, através da exportação de shapes oficiais ou geometrias definidas pelo planejador urbano, a geração de malha de análise própria, a simulação de horas totais de sol e a análise de conforto térmico em 02 pontos de monitoramento. Como produtos dessas análises, teremos

- uma malha indicando as horas de sol totais nas vias e calçadas;
- pontos de monitoramento gerados automaticamente pela simulação, que, através de uma geometria formada por linhas de ligação entre esses e a posição da carta solar¹⁵ do dia/hora determinada anteriormente pelo planejador urbano, interceptarão, ou não, a geometria das edificações;
- Pontos de monitoramento gerados automaticamente e parametrizáveis capazes de indicar a temperatura do planejador urbano, como a sua posição na carta solar

A escolha de 02 pontos de monitoramento na escala do pedestre deve-se a necessidade de compreender como os parâmetros urbanísticos, objeto de estudo, se comportam frente a geometria solar nas ruas em sentido Leste-Oeste e Norte-Sul, Imagem 16. Essa localização será: P1- Avenida Desembargador Adalberto, via no sentido leste-oeste e P2- Rua Vinte e Um, via no sentido norte-sul. Foram analisados esses pontos no centro da via e nas calçadas.

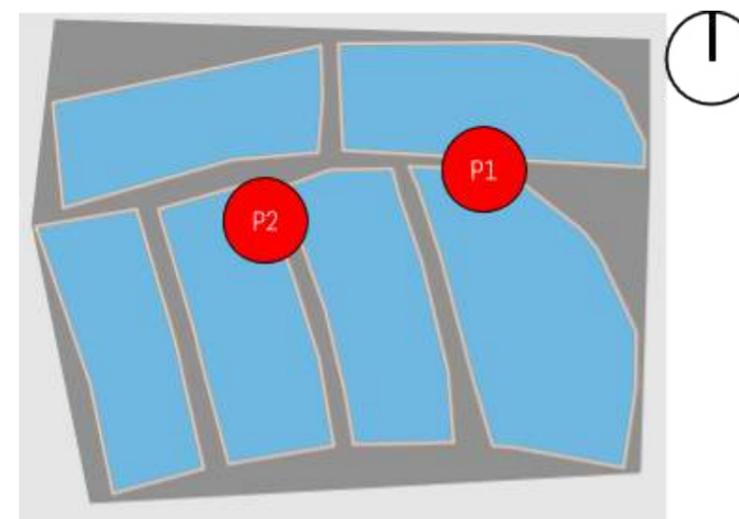


Imagem 16 - Geração da malha e das áreas de simulação.

Fonte: Autor, 2020.

A seguir, será apresentado o algoritmo, como também o resultado das análises pertinentes à problemática do estudo.

¹⁵ A carta solar pode ser definida como “uma forma de representação gráfica dos percursos aparentes do sol na abóbada celeste ao longo do dia em diferentes épocas do ano. Estes percursos são identificados através da transposição do azimute e da altitude solar sobre o plano.”, extraído em 11/10 no site <http://projeteee.mma.gov.br/implementacao/uso-da-carta-solar/#:~:text=A%20carta%20solar%20%C3%A9%20uma,altitude%20solar%20sobre%20o%20plano.>

O algoritmo funciona a partir da definição da área de interesse ou importação da geometria pelo planejador urbano. Realiza-se importação do shape fornecidos pela Prefeitura Municipal de Fortaleza¹⁶ através do plugin *@it*, após uma série de operações para que essa geometria seja levada ao centro do *software* Rhino a fim de melhorar as simulações computacionais, Imagem 17. Permite-se também a geração de recuos e a definição do gabarito das geometrias exportadas.

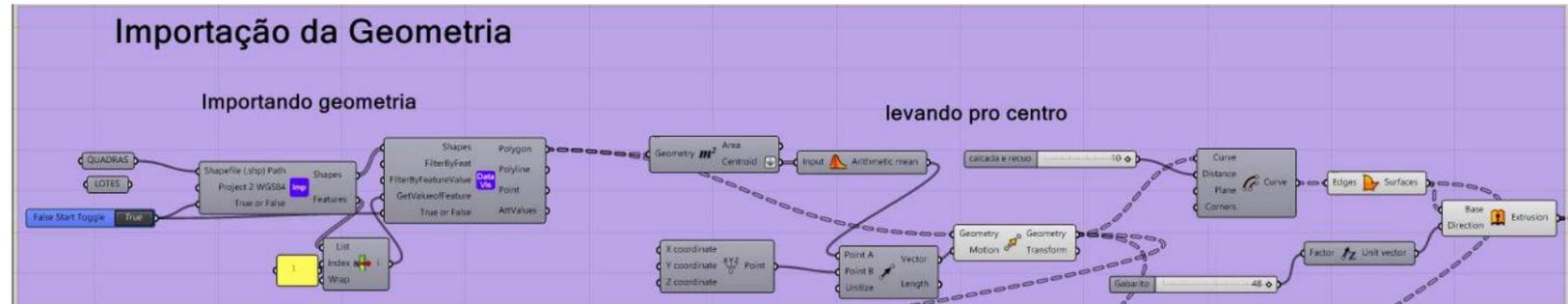


Imagem 17 - Importação da geometria.
Fonte: Autor, 2020

Depois, cria-se a malha de simulação de sombreamento de forma automática. Essa é criada a partir da geração de pontos de monitoramento externo que definem a malha principal. Depois, essa malha é dividida, entre calçadas e ruas para que a se possa melhor qualificar os dados gerados, conforme Imagem 18.

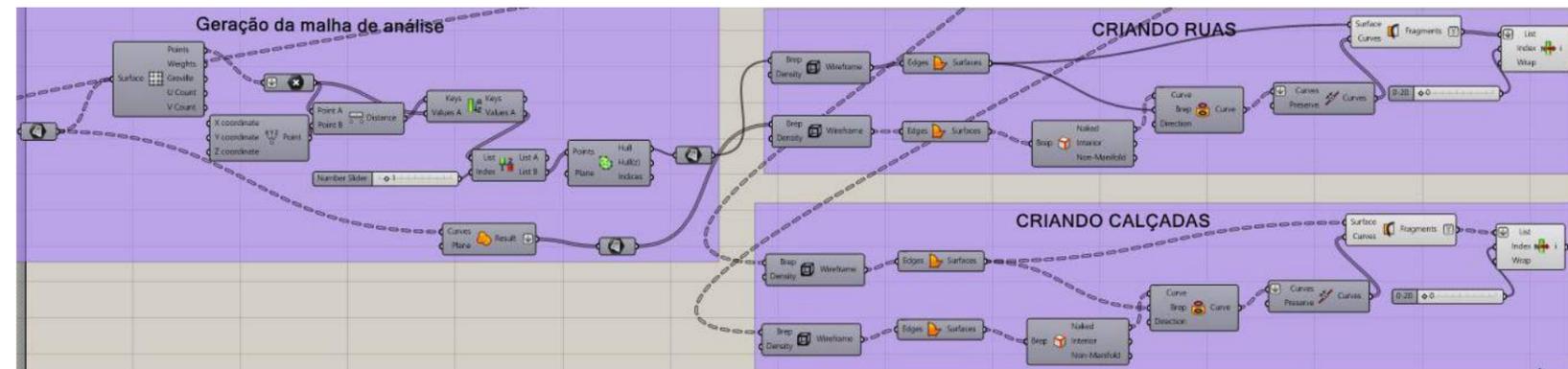


Imagem 18 - Geração da malha e das áreas de simulação.
Fonte: Autor, 2020.

¹⁶ Como potencialidades de trabalhos futuros, pretende-se utilizar o banco de dados online.

Depois, cria-se a carta solar e realiza-se às simulações nas ruas e calçadas, Imagem 19 e 20. Essa simulação permite identificar os pontos de maior insolação solar direta no ano e assim, contribuir na definição de índices que consigam mitigar seus efeitos.

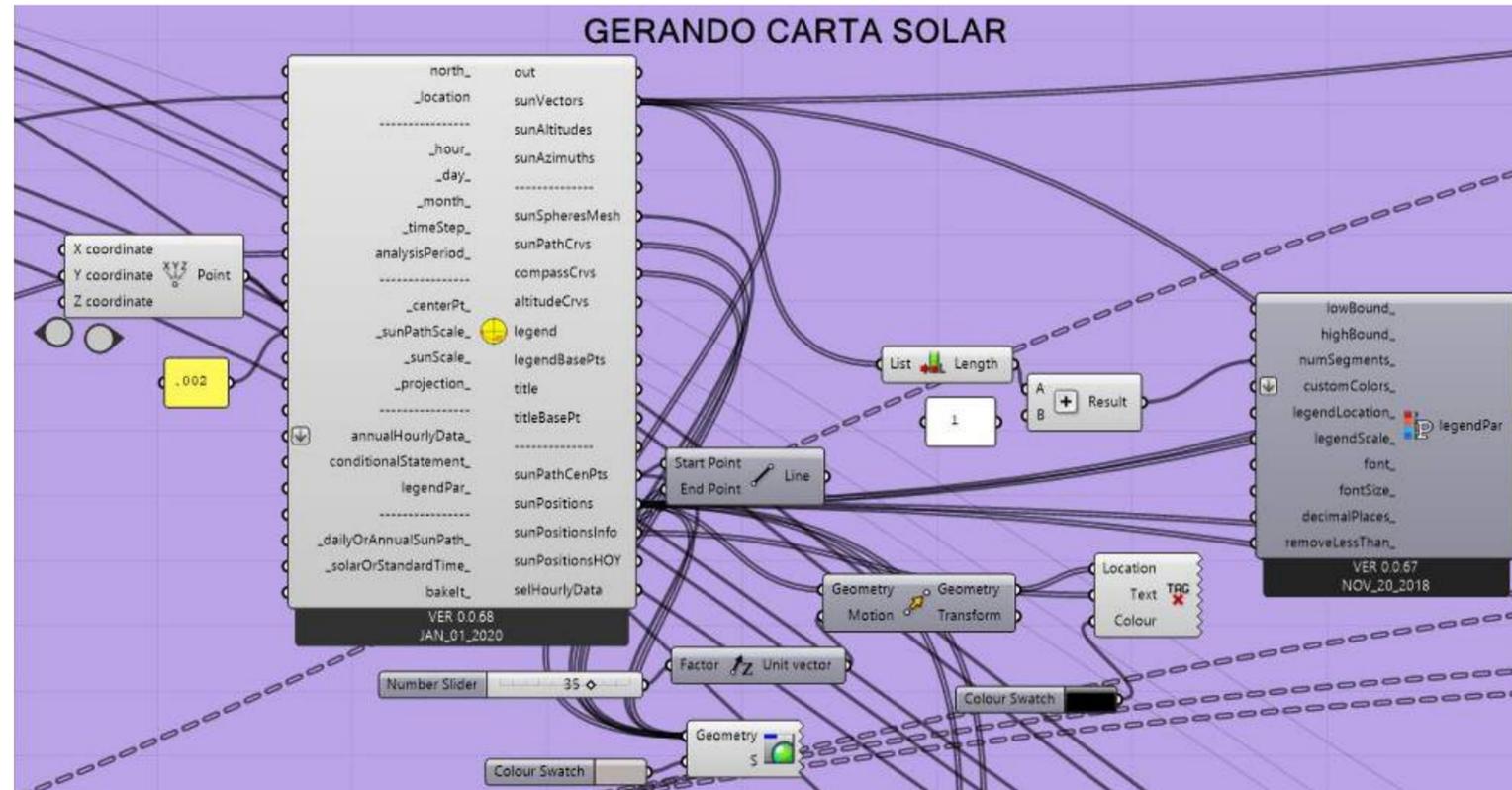


Imagem 19 - Geração da malha e das áreas de simulação.
Fonte: Autor, 2020

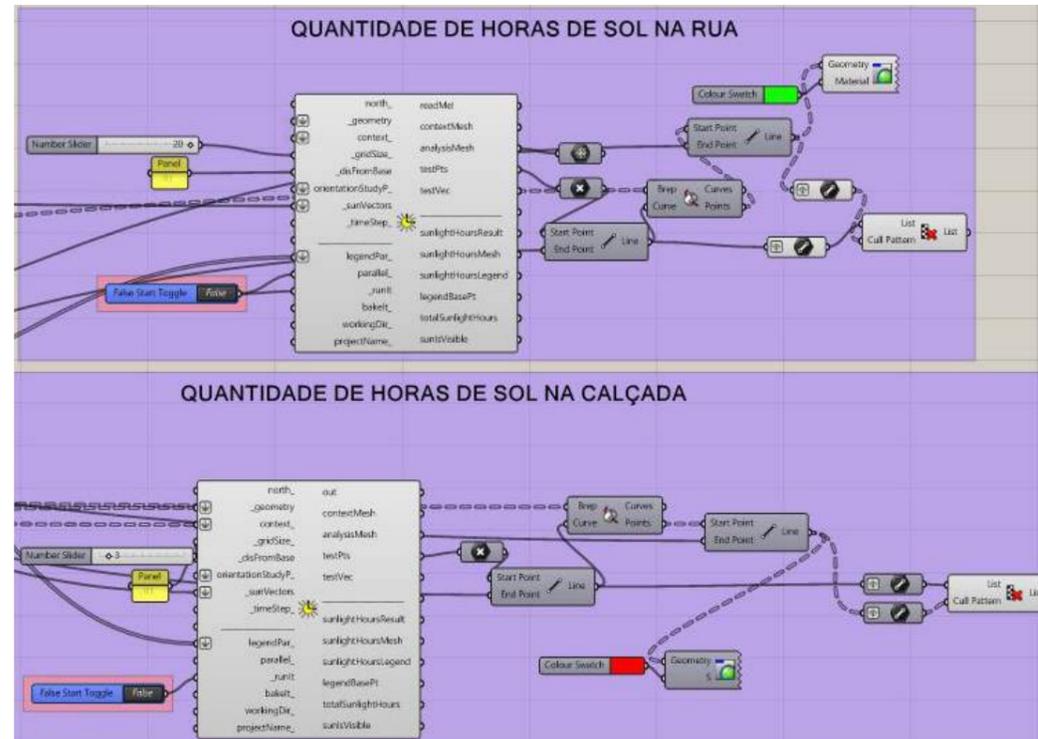
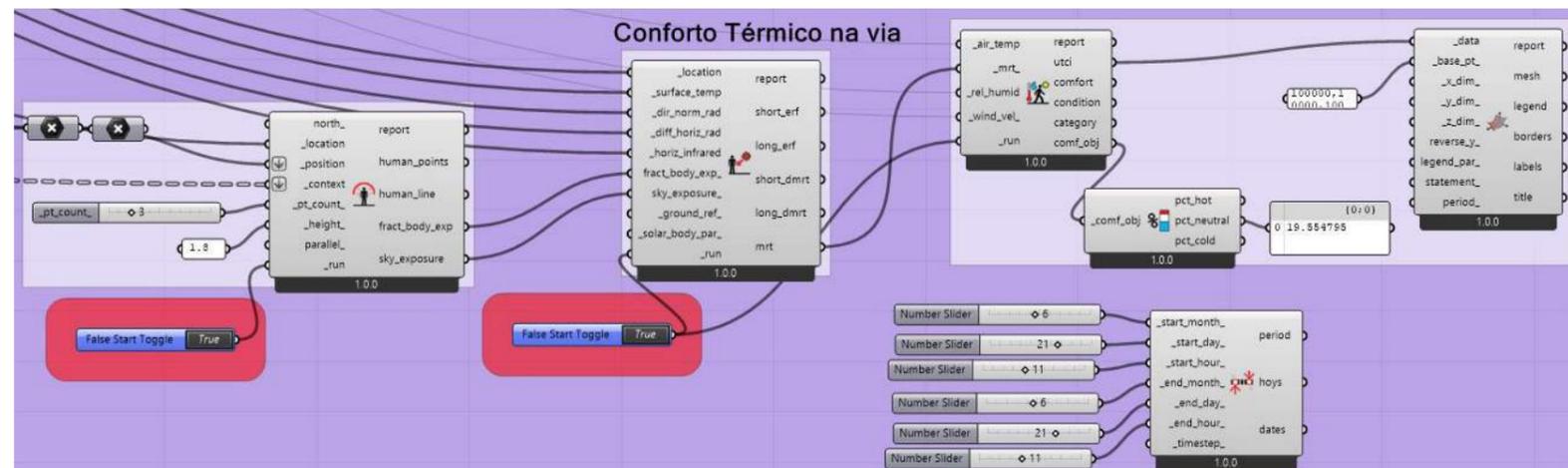


Imagem 20 - Geração da malha e das áreas de simulação.
Fonte: Autor, 2020.

Já para o monitoramento das condições de conforto térmico do pedestre baseia-se em criar pontos, a partir da geometria dos lotes escolhidos pelo planejador urbano anteriormente, que se interligam com a posição do sol na carta solar escolhida, Imagem 21. Assim, podemos realizar o cálculo de conforto térmico no período analisado ou em todo o ano, Imagem 22.

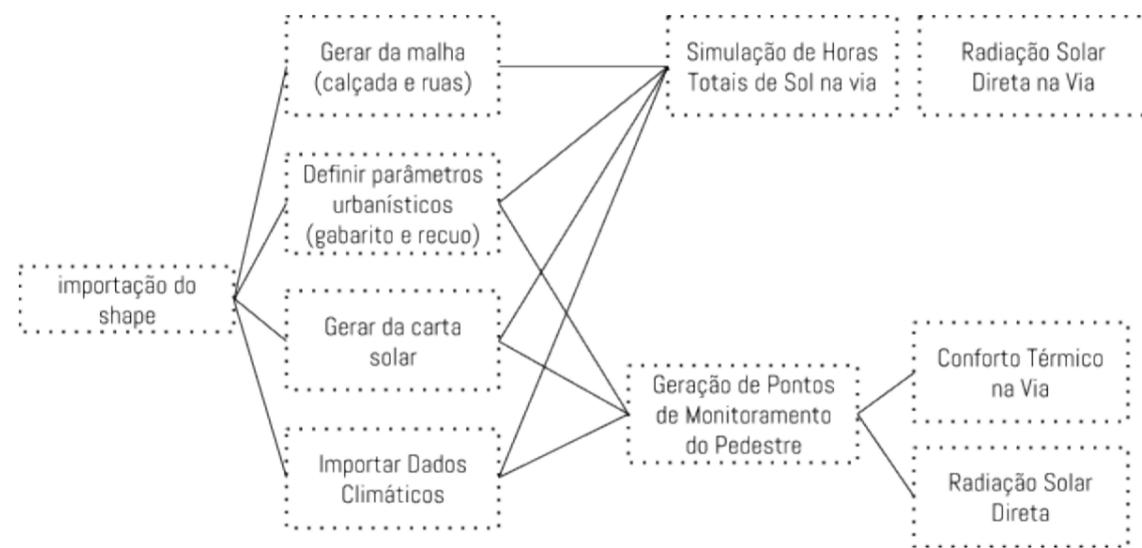


.Imagem 21 - Geração da malha e das áreas de simulação.
Fonte: Autor, 2020.



.Imagem 22 - Geração da malha e das áreas de simulação.
Fonte: Autor, 2020.

Podemos sintetizar a lógica do algoritmo através do seguinte diagrama/esquema:



Esquema 05 - Síntese metodológica do algoritmo
Fonte: Autor, 2020

As simulações foram realizadas da seguinte forma:

- **As simulações de Horas Totais** foram realizadas no solstício, 21/06 e equinócio 21/03 entre às 06h - 18h, Imagem 23. A escolha dessas datas e horas deve-se na tentativa de compreensão de como os índices atuam nesses dois momentos extremos. Para essas simulações, foi considerado a calçada padrão de 02m e os recuos variando entre de 0 até 10m. Já com relação ao gabarito, eles podem variar de 03m até 72m, maior gabarito do Código da Cidade.

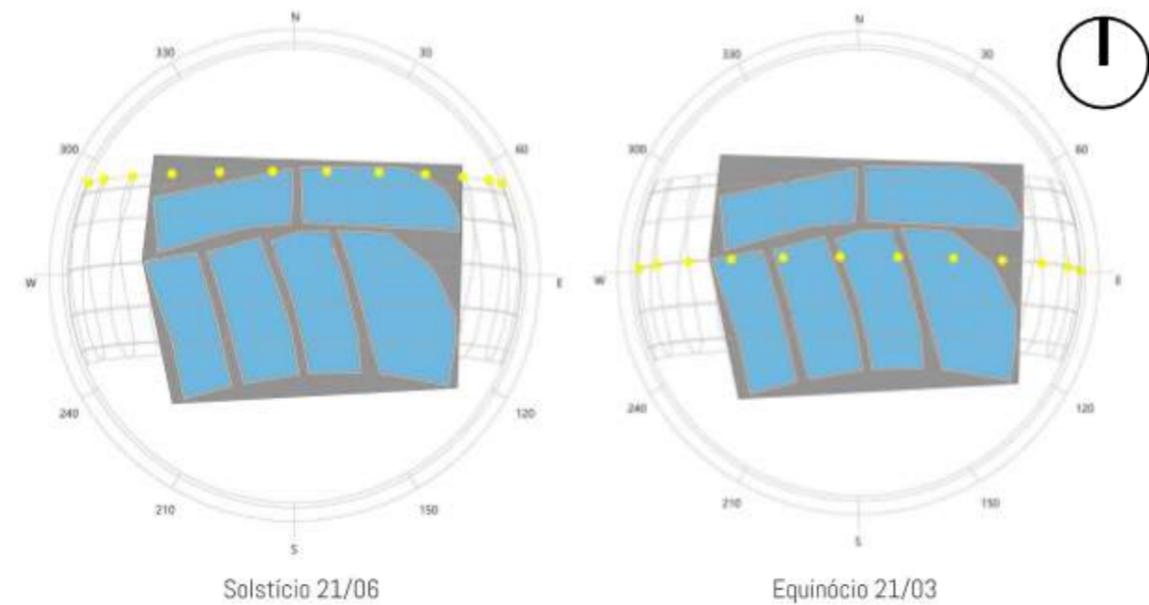


Imagem 23 - Carta solar nas simulações de Horas Totais. Em amarelo, a posição do sol durante o dia.
Fonte: Autor, 2020

Baseado nas análises preliminares do Capítulo 4.2. Simulações: Aplicabilidade e análise da atual legislação urbana, nota-se a importância que o gabarito possui na mitigação dos ganhos de radiação solar direta. Assim, foi realizado simulações a fim de compreender como o Recuo aliado ao alto gabarito se comportaria. Dessa forma, temos na primeira simulação, o uso gabarito de 48m com recuo de 0m e calçada de 02m, já na segunda temos o mesmo cenário com o recuo de 05m, Imagem 24. Nota-se que o uso dos recuos no equinócios e nos solstícios aumentou as horas de sol nas vias, agravando o problema do conforto térmico. Além disso, foi realizado simulação utilizando gabarito máximo, 72m com recuos de 05m a fim de compreender se o recuo aliado ao alto gabarito conseguiria diminuir essa situação, Imagem 25. Esse cenário continuou se mostrando insatisfatório.

Como **resultado das Simulações de Horas Totais** nas vias, conclui-se que o uso de recuo deve ser ponderado, visto que aumenta consideravelmente, principalmente nos equinócios, as radiações solares.

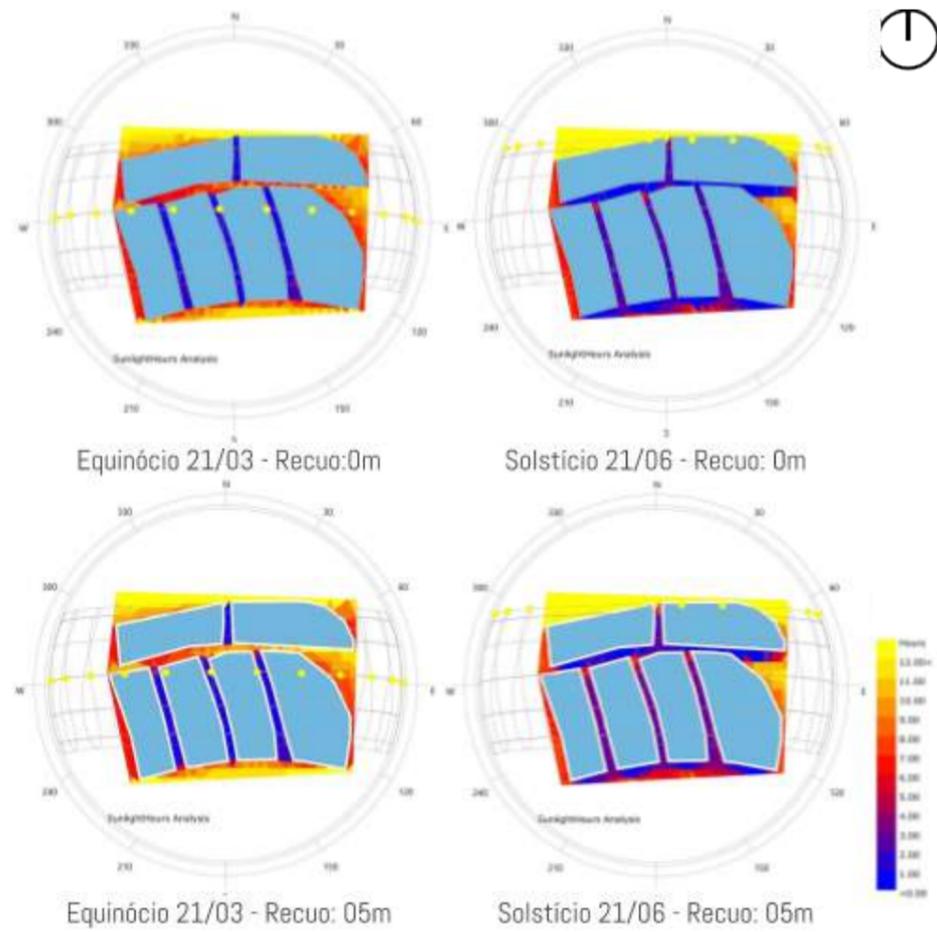


Imagem 24 - Simulação Horas Totais na Via.
Fonte: Autor, 2020

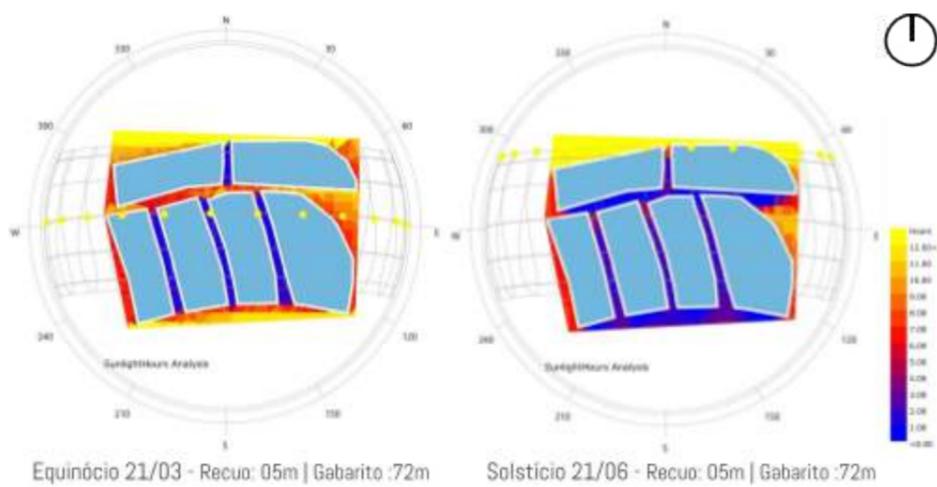


Imagem 25 - Simulação Horas Totais na Via com gabarito máximo.
Fonte: Autor, 2020

- As **Simulações de Conforto Térmico do Pedestre** também foram realizados no solstício, 21/06 e equinócio 21/03 entre às 06h - 18h, Imagem 26. Para essas simulações, foi considerado a calçada padrão de 02m e os recuos variando entre de 0 até 10m. Já com relação ao gabarito, eles podem variar de 03m até 72m, maior gabarito do Código da Cidade.

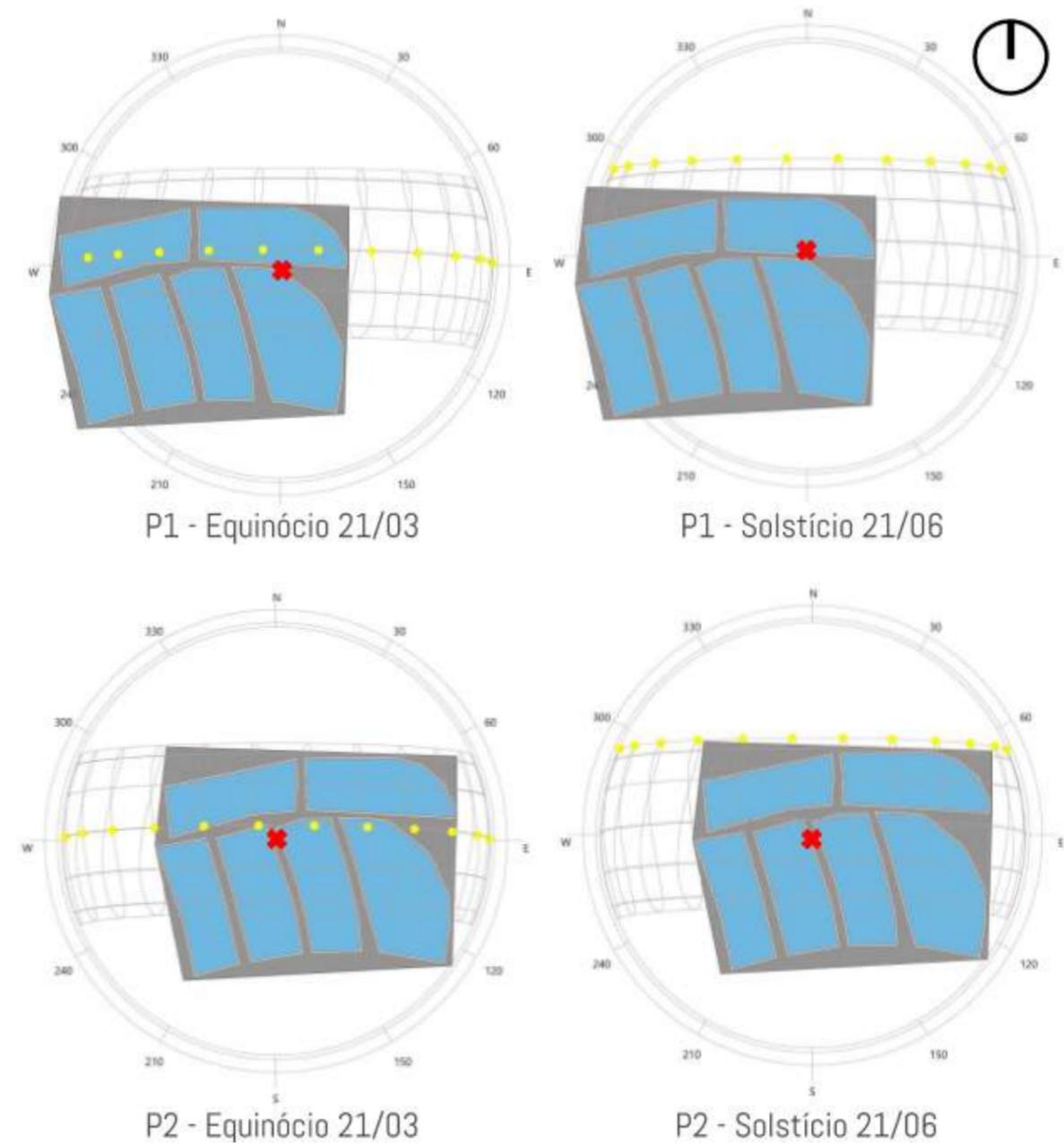


Imagem 26 - Carta solar nas simulações de Conforto Térmico do Pedestre. Em amarelo, a posição do sol durante o dia e em vermelho a localização do pedestre. Fonte: Autor, 2020

Já para as **Simulações de Conforto Térmico do Pedestre**, temos os seguintes cenários propostos para o Ponto 01 localizado na Avenida Desembargador Adalberto, via no sentido leste-oeste:

Para as simulações realizadas durante o **Equinócio 21/03** tem-se dois cenários, uma com o gabarito de 72 e recuo de 0, outra com gabarito de 09m e recuo de 05m para entender o impacto direto no pedestre nesses dois casos extremos, Imagem 27. Nota-se que o pedestre, quando localizado na calçada, recebe menor radiação solar direta, principalmente, nos horários mais críticos representado por uma temperatura menor quando comparada ao pedestre localizado no centro da via com temperaturas mais altas e radiação solar incidindo durante todo o dia de forma direta. Mesmo assim, a diferença a porcentagem de conforto durante esse dia entre ambos é pequena, 20,15% e 20,06% entre o pedestre na calçada e o pedestre na via, respectivamente.

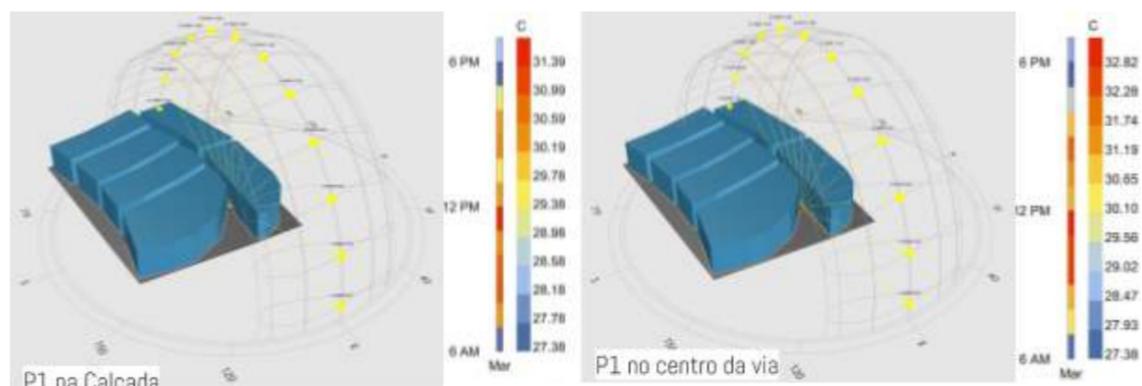


Imagem 27 - Ponto P1 no Equinócio 21/03
Fonte: Autor, 2020

Já para o cenário de gabarito de 09m com recuos de 05m, os valores de temperatura são bastante semelhantes, visto que o gabarito não impede a radiação solar direta no pedestre, aliado ao recuo muito grande que potencializa esse cenário, Imagem 28. A diminuição da radiação direta só pode ser observada nos horários com o sol muito baixo, próximo às 07h e às 16h, mas de maneira muito discreta. Assim, há uma queda na porcentagem de conforto durante esse dia, na qual temos 19,80% e 19,59% de conforto para o pedestre localizado na calçada e o na via, respectivamente.

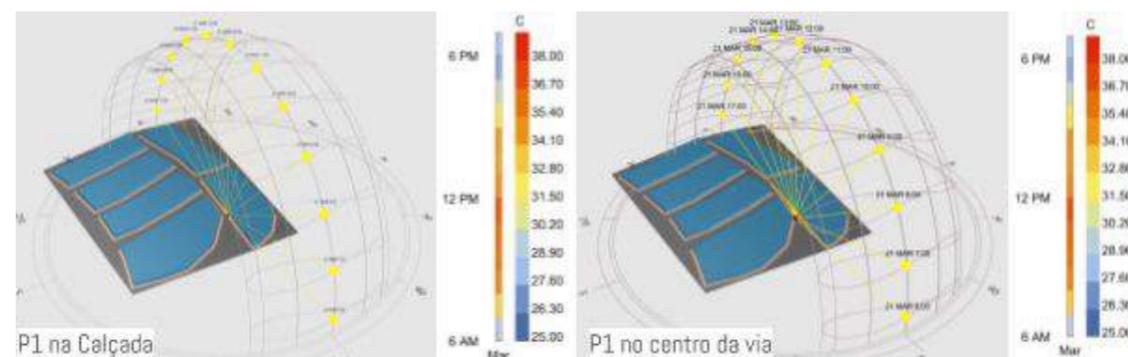


Imagem 28 - P1 com gabarito de 09m
Fonte: Autor, 2020

Para as simulações realizadas durante o **Solstício 21/06** com gabarito de 72m, recuo de 0m e calçada de 02m, nota-se a contribuição da geometria formada pelo alto gabarito como forma de impedir a radiação solar de forma direta no pedestre, Imagem 29. Contudo, as porcentagens de desconforto são bastante semelhantes ao cenário de equinócio, sendo 20,14% para o pedestre localizado na calçada e 20,09% para o pedestre localizado no centro da via. Contudo, observa-se que o desconforto por calor é com temperaturas menores do que observada na mesma situação no período do equinócio 21/03.

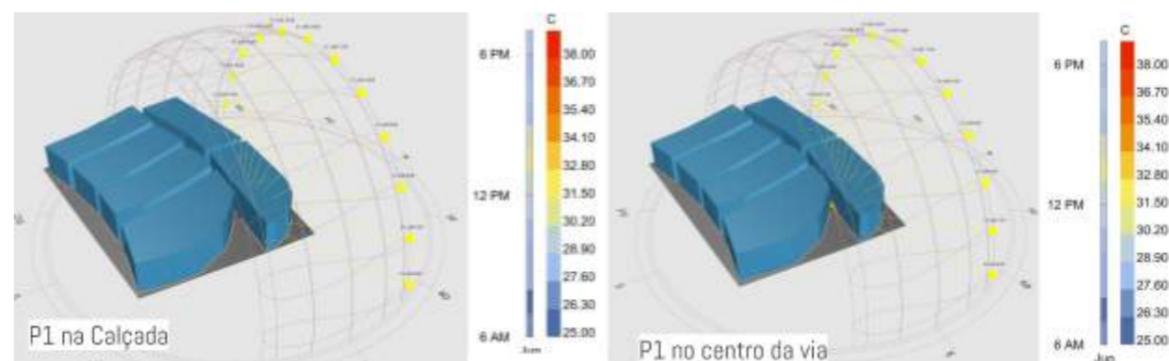


Imagem 29 - Solstício 21/06, Gabarito 72, Recuo de 0m e Calçada de 02m
Fonte: Autor, 2020

Já para o cenário de gabarito de 09m com recuos de 05m e calçada de 02m temos bastante semelhante às condições de conforto térmico no equinócio com os mesmos parâmetros urbanos. Com relação a porcentagem de conforto, temos um cenário parecido com 19,73% e 19,59% representando o conforto do pedestre durante o dia localizado na calçada e na via, respectivamente. A principal diferença baseia-se que o pedestre localizado na calçada apresenta um ganho de temperatura mais lento e gradual até às 12h,

enquanto o pedestre na via tem um ganho mais abrupto, justificado pela ausência de geometria solar que mitigariam esse cenário, Imagem 30.

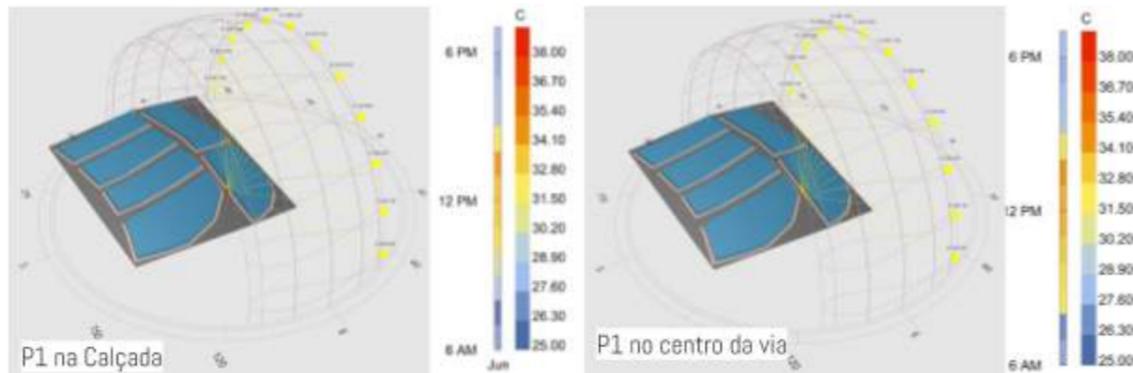


Imagem 30 -Solstício 20/06, Gabarito 09, Recuo de 5m e Calçada de 02m
Fonte: Autor, 2020

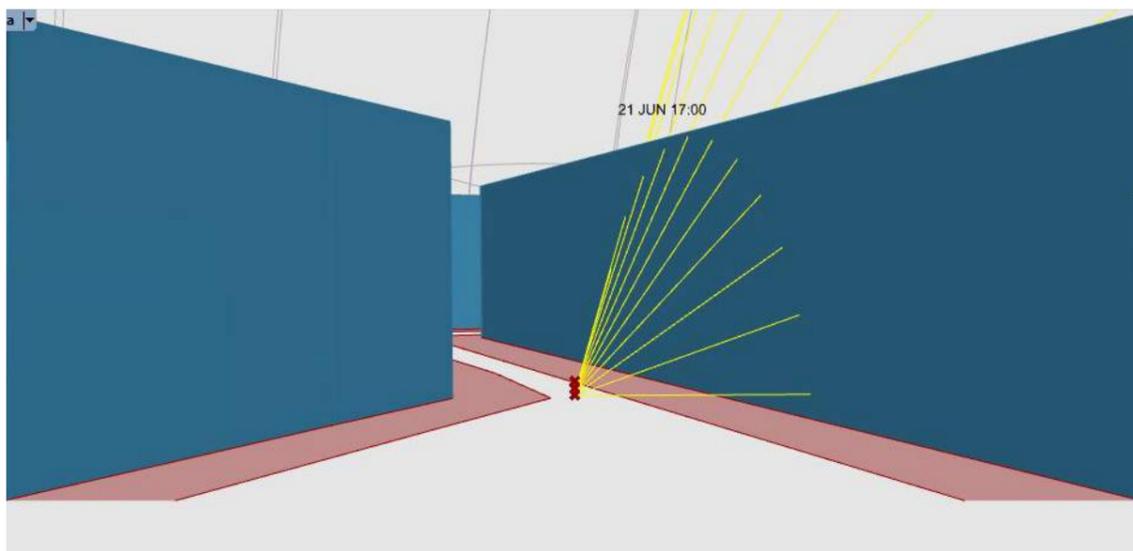


Imagem 31 - Geometria das edificações e radiação solar direta
Fonte: Autor, 2020

Uma **conclusão preliminar** baseada nas análises do P1 temos que, mesmo a geometria das edificações se comportando como um impeditivo, em alguns momentos como no solstício não há grandes variações de conforto térmico, Imagem 31. Essa geometria comporta-se muito mais como um “retardante” dos efeitos adversos das altas temperaturas, impedindo o ganho térmico de forma mais rápida e proporcionando uma temperatura mais próxima a condição de conforto. Além disso, nota-se a dificuldade em garantir conforto nos equinócio para o pedestre localizado no centro da via já que o sol, praticamente perpendicular a essa via e mesmo sem recuos com altos gabaritos não conseguem impedir a radiação solar de forma direta. O

Fonte: Autor, 2020.

Já para as **Simulações de Conforto Térmico do Pedestre** no Ponto 02 localizado na Rua Vinte e Um, via no sentido norte-sul, baseando-se nos resultados obtidos no Ponto 01, optou-se em gerar o seguinte conjunto de simulação. No primeiro, o pedestre está localizado na calçada e os índices urbanísticos são gabarito de 09m, recuo de 05 e calçada de 02m juntamente com o pedestre localizado no meio da via com índices urbanísticos de gabarito com 72 m, recuo de 0 m e calçada de 02m, Imagem 32. Neste caso, nota-se, através da análise da temperatura a importância que a geometria das edificações possuem para retardar os ganhos térmicos, permitindo temperaturas mais altas na casa dos 31°C. com uma porcentagem de conforto no dia em 20,69% no segundo caso. O mesmo não é identificado no primeiro que apresenta recuo de 05m e gabarito de 09m. Mesmo a porcentagem de conforto total ficando na casa dos 19,84%, muito semelhante a anterior, as condições de desconforto são mais adversas, ou seja, apresentam temperaturas mais altas, mesmo o pedestre estando na calçada, com temperaturas chegando na casa dos 38°C

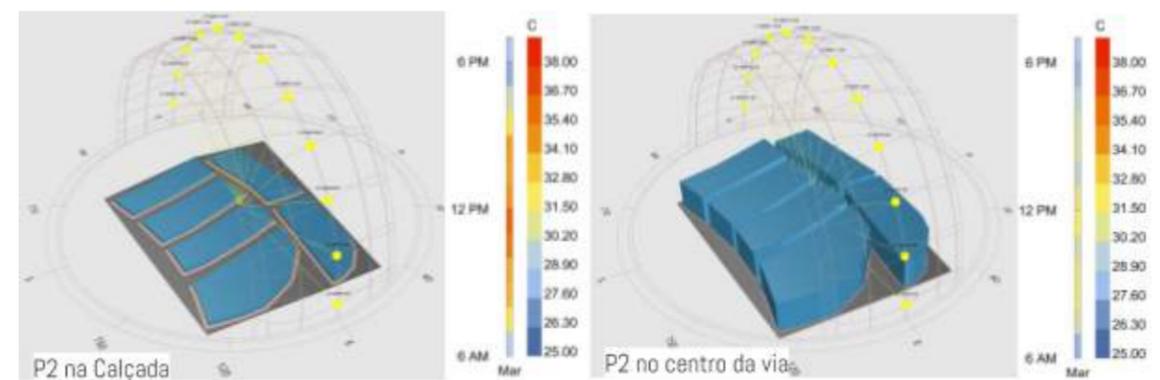


Imagem 32 - P2 no dia 21/03 com gabarito e recuos variados.
Fonte: Autor, 2020.

Para as simulações realizadas durante o **Solstício 21/06** foi criado dois cenários, o primeiro com o pedestre localizado na calçada com gabarito de 72m, recuo de 0m e calçada de 02m e o outro no qual o pedestre localiza-se no meio da via com gabarito de 09m, recuo de 05m e calçada de 02m, Imagem 33. Como resultado da simulação, reitera-se os pontos já observados anteriormente, o gabarito contribui para mitigar e desacelerar os ganhos térmicos da radiação solar direta, contudo os índices de conforto no dia permanecem quase que inalterados, com 20,51% para o pedestre localizado na calçada e 19,80 para o pedestre localizado no centro da via.

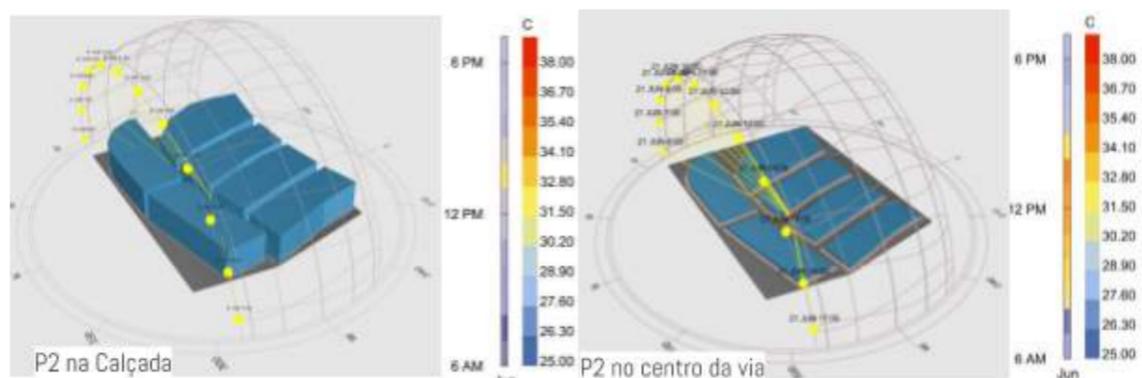


Imagem 33 - P2 no dia 21/06 com gabarito e recuos variados.

Fonte: Autor, 2020.

Assim, podemos tirar algumas **conclusões** depois desse conjunto de análises e simulações. O gabarito tem papel fundamental na mitigação dos ganhos térmicos provocados pela radiação solar direta, contudo esse potencial é limitado e em determinadas situações, como as vias localizadas no sentido leste-oeste e principalmente nos equinócios, torna-se, praticamente, incapaz de contribuir no conforto. Além disso, o uso de recuo frontal deve ser melhor estudado e revisto, visto que potencializa essa mesma problemática. Logo, não é possível definir um modelo volumétrico ou cenários a serem seguidos e reproduzidos pelos planejadores urbanos. Dessa forma, a incorporação do algoritmo no processo de planejamento se faz necessário a fim de orientar as decisões, mas levando em consideração suas limitações de análise.

Temos também, uma ferramenta no processo de planejamento urbano denominada recuo progressivo utilizado em algumas cidades que se baseia em estabelecer uma relação entre, o aumento do gabarito gerando o aumento do recuo frontal. Contudo, como se provou pelas simulações, o recuo funciona como um fator potencializador das situações adversas de conforto térmico urbano nas vias. Assim, recomenda-se a sua reavaliação por parte dos planejadores urbanos. Outro fator importante da análise baseia-se que o aumento do gabarito depois de determinada altura, aproximadamente, 40 metros no caso de Fortaleza, não garante melhores condições de conforto térmico. Ou seja, funciona apenas como instrumento de especulação imobiliária e ganhos de capital sobre o solo. Além disso, questiona-se sobre a possível importância do elemento marquise poderá possuir na melhoria da qualidade do conforto térmico urbano com a diminuição ou quase inexistência que a radiação solar urbana direta teria sobre os pedestres

Importante salientar novamente que não é apenas a análise da geometria da radiação solar direta deve ser considerada na análise do conforto térmico urbano, como também, a velocidade, predominância e direção dos ventos (através de simulações de CFD); a temperatura e a umidade relativa do ar. Essas análises contribuem na mitigação dos efeitos da insolação solar direta no pedestre a fim de melhorar sua condição de conforto. Além disso, vale-se a considerar que as recomendações propostas baseiam-se exclusivamente em análises da geometria solar no espaço construído em Fortaleza e que, portanto, se faz necessário incluir outros conhecimentos na definição desse índices.

6. À guisa da conclusão e novas perspectivas.

“Abordar os lugares por meio de suas várias dimensões implica distintas leituras da mesma situação, seja nos procedimentos analíticos, avaliativos ou de proposição”

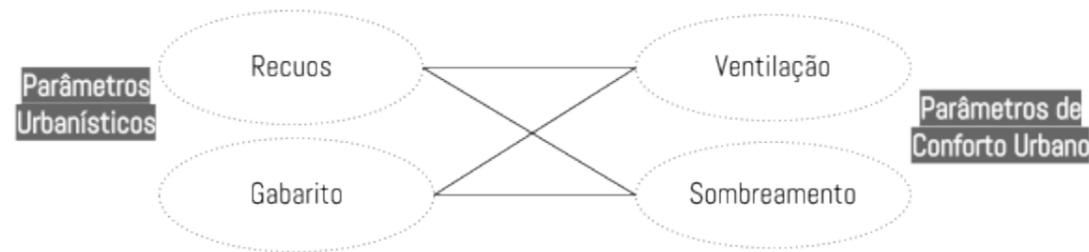
(Kohlsdorf, 2017, ,p.71)

A abordagem propositiva de ampliação dos estudos de planejamento urbano através da inserção de uma nova ótica, a do conforto térmico, apresenta-se instigante e desafiadora à medida que demonstra as potencialidades em qualificar o espaço dos centros urbanos, numa escala de microclima. Destaca-se a importância das simulações computacionais como aliadas nessas análises urbanas, de forma a gerar resultados satisfatórios e rápidos, configurando-se como importante ferramenta no processo de planejamento multidisciplinar e cada vez mais dinâmico. Por fim, um bom espaço urbano é aquele no qual as pessoas se sentem convidadas a usá-lo e para isso precisam se sentir confortáveis.

Como **contribuição** do trabalho têm-se a compreensão do papel que os índices recuo frontal e gabarito possuem no planejamento urbano. Compreendeu suas potencialidades, aplicabilidade e limitações com objetivos de se alcançar a solução da pergunta inicial deste estudo. Além disso, possibilitou-se responder de forma clara e rápida as necessidades dos atuais urbanistas neste processo de planejamento do espaço, através da utilização de um algoritmo paramétrico.

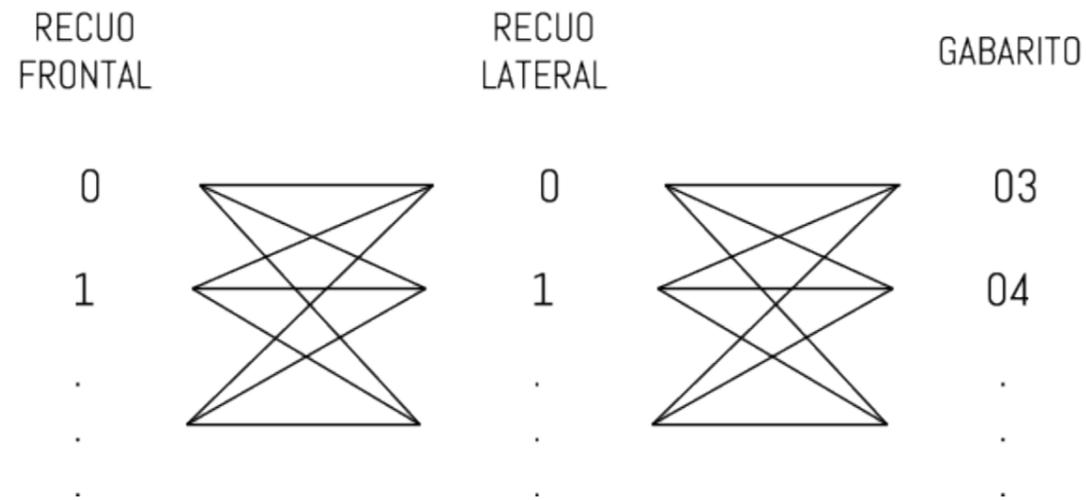
Por fim, tem-se como **futuras perspectivas e potencialidades**:

- Ampliação dos estudos sobre ventilação natural urbana, compreendendo seu comportamento frente às alterações dos parâmetros urbanísticos, assim como seu papel na garantia do conforto térmico urbano através de simulações de CFD;
- Qualificação a relação entre os parâmetros urbanos e de conforto a fim de identificar o impacto de um sobre o outro, Esquema 06;



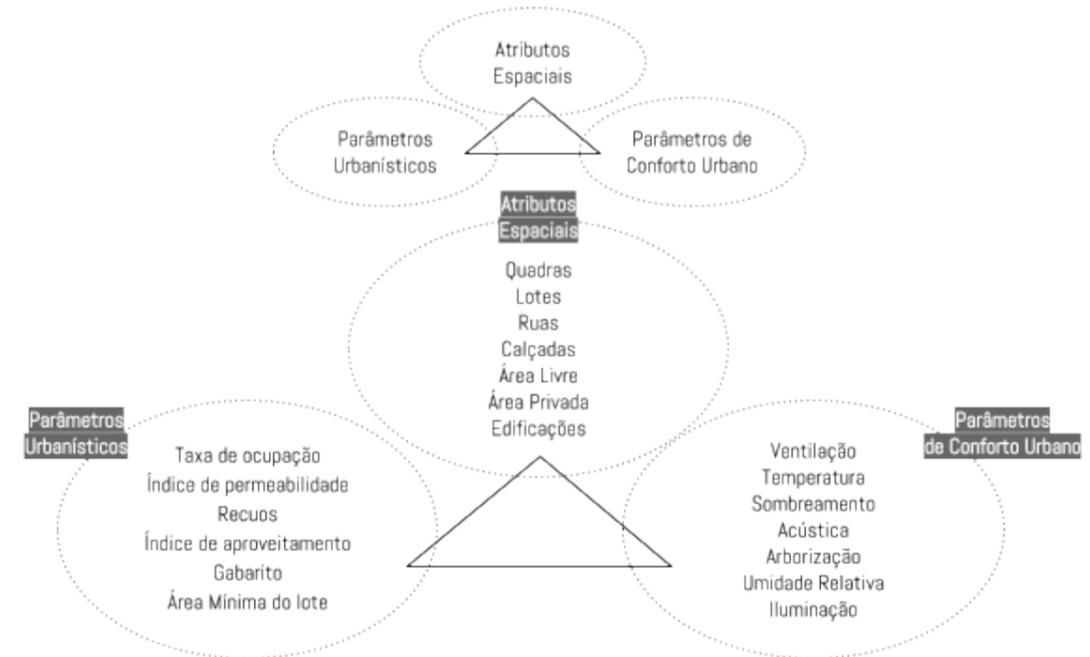
Esquema 06 - Hipótese de estudo do conforto urbano
 Fonte: Autor, 2020 baseado em Kohlsdorf

- Ampliação da análise das correlações - uma análise combinatória - entre os parâmetros urbanísticos, através dos conceitos de Teoria Geral do Sistema, *Design Science* ou Design Generativo, a fim de aperfeiçoar o processo metodológico, facilitando o desenvolvimento do projeto. Como também, Incorporação do Machine Learning, Passos Filho, Cardoso (2019);



Esquema 07: Análise Combinatória de índices urbanísticos
 Fonte: Autor, 2020.

- Análise dos atributos morfológicos urbanos (entendido como estrutura ou malha urbana resultado da combinação de parâmetros como: áreas livres e ocupadas, com vegetação ou pavimentação, materiais, cores, etc, a orientação e dimensionamento das quadras, lotes e ruas, uso ou não de muros) impactam na formação no conforto térmico urbano, bem como suas consequências, Esquema 07.



Esquema 08 - Evolução do processo de pesquisa
 Fonte: Autor, 2020

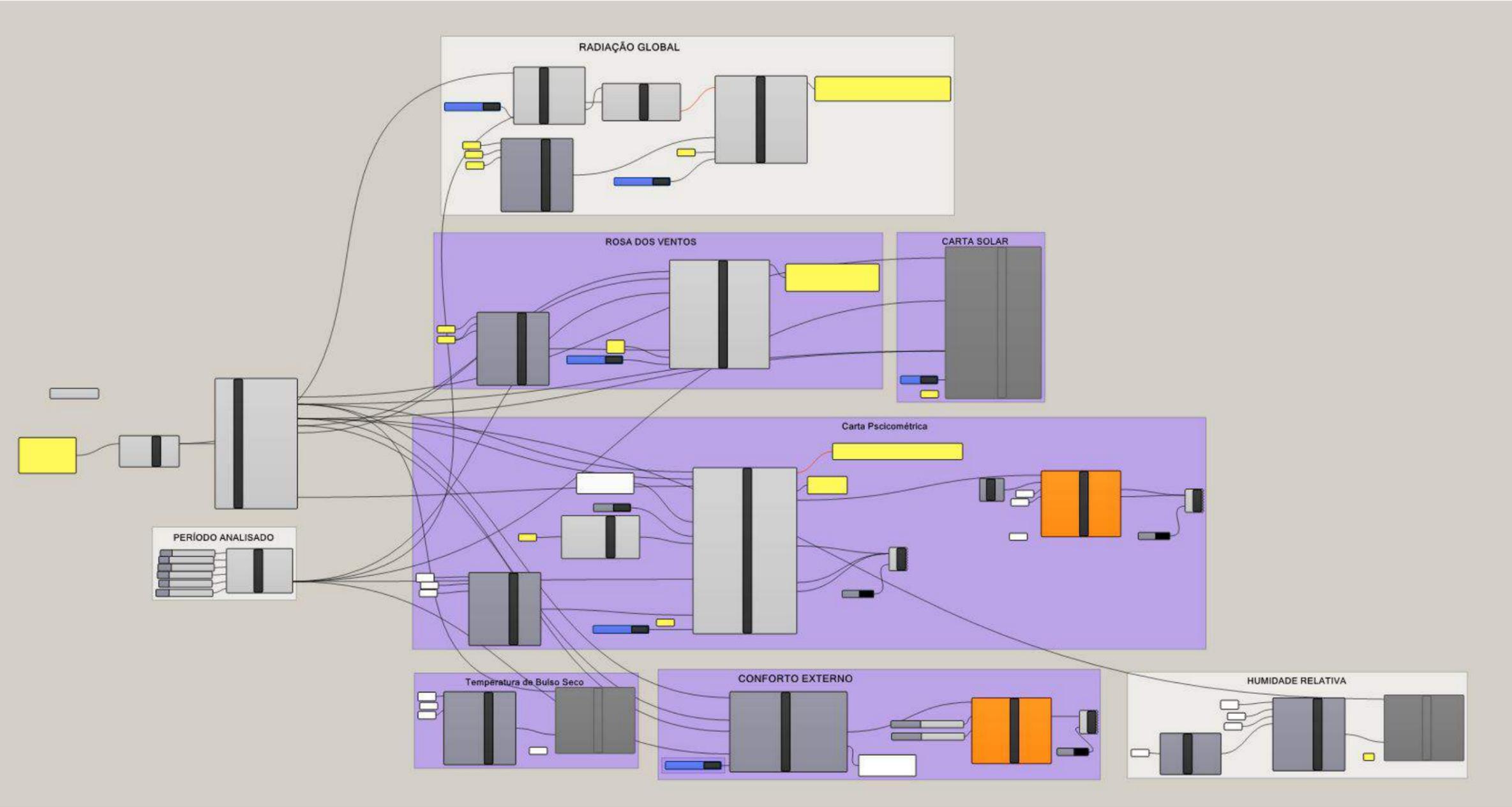
- Utilização no espaço urbano já constituído, principalmente na cidade informal e auto-construída, visto a necessidade de planejar esse espaço a fim de garantir condições mínimas de conforto urbano e qualidade de vida para seus moradores.
- Análise em outros climas urbanos, como as altas latitudes e em regiões nos quais as estações climáticas são melhores definidas do que no em Fortaleza-CE.

Por fim, não pretende-se encerrar as questões, reflexões levantadas pelo tema, mas sim iniciá-lo, mostrar seus potenciais e possíveis caminhos futuros que demandam tempo e aprofundamento. A essência baseia-se na tentativa de criar um método que formule, gere e avalie os projetos urbanos baseado em constantes simulações com regras e soluções altamente flexíveis e que permita fazer frente às dinâmicas da cidade contemporânea. Assim, podemos continuar essa discussão agregando novas camadas e complexidades, superando essa abordagem atual altamente patrimonialista, excludente e elitista.

7. Referências Bibliográficas

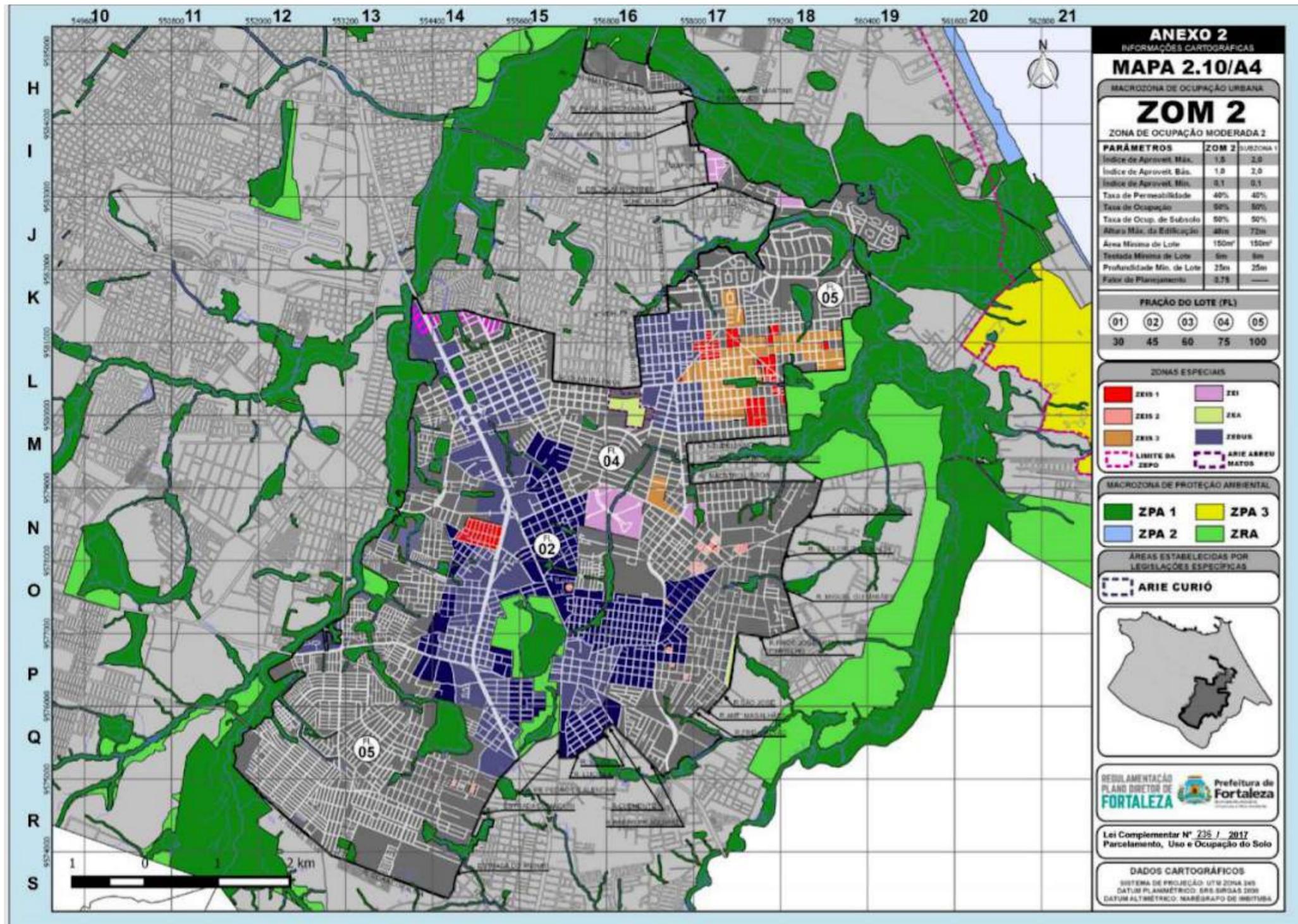
- ASCHER, François. **Os novos princípios do Urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra, 2010. p. 81-100 (Tradução de Nádia Somekh).
- ASSIS, Eleonora Sad de Assis. **Aplicações da Climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros**.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220:desempenho térmico de edificações residenciais. Parte 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.
- DEFINITION OF A FORM-BASED CODE. **Form-Based Codes Institute**. Disponível em: <<https://formbasedcodes.org/definition/>>. Acesso em: 05 novembro de 2019.
- FERRARI, Celson. **Dicionário de urbanismo**. São Paulo: Disal, 2004.
- GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. 2. ed. London: Applied Science Publishers, 1976.
- KOHLSDORF, Gunter; KOHLSDORF, Maria Elaine. **Ensaio sobre o desempenho morfológico dos lugares**. Brasília: FRBH, 2017.
- LEI Nº 6.766, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1979 <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l6766.htm>
- LEITE, Renan Cid Varela. **Cidade, vento, energia: limites de aplicação da ventilação natural para o conforto térmico face à densificação urbana em clima tropical úmido**. 2015. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. doi:10.11606/T.16.2015.tde-15072015-142805. Acesso em: 2020-11-13.
- LIMA, Raffaella Germano de and BITTENCOURT, Leonardo Salazar. **A influência de diferentes arranjos construtivos no comportamento da ventilação natural**. *urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana* [online]. 2017, vol.9, suppl.1, pp.425-441. ISSN 2175-3369. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.009.supl1.a013>.
- LUDD, Ned (org.). **Apocalipse motorizado: a tirania do automóvel em um planeta poluído**. São Paulo: Conrad Editora do Brasil, 2005.
- LUOS, 2017
- MARSHALL, Stephen (Org.). **Urban Coding and Planing**. Oxfordshire: Routledge, 2011. 272p.
- MODERNA), Assembleia do Ciam (Congresso Internacional de Arquitetura. **Carta de Atenas**. 1933. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Atenas%201933.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.
- MOSCARELLI, Fernanda. **Densidade e desempenho urbano**. Disponível em <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/17.202/7082>>. Acesso em 05 de novembro de 2019.
- NETTO, Vinicius M.; SABOYA, Renato T. de. **A urgência do planejamento. A revisão dos instrumentos normativos de ocupação urbana**. *Arquitextos*, São Paulo, ano 11, n. 125.02, Vitruvius, out. 2010 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.125/3624>>.
- PASSOS FILHO, J. A. A.; CARDOSO, D. R. **Machine Learning para a acessibilização de análises em escala urbana**. *VIRUS*, São Carlos, n. 19, 2019. [online] Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus19/?sec=4&item=3&lang=pt>>. Acesso em: 20 Set. 2020
- RESOLUÇÃO CAU/BR Nº 21, de 5 de abril de 2012 <https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/Atribuicoes_CAUBR_06_2015_WEB.pdf> Acesso em 17 outubro 2019.
- ROLNIK, Raquel. **O que é cidade?**. São Paulo: Coleção Primeiros Passos, 1995.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Sao Paulo: Projeto, 1988.
- SABOYA, Renato. **Zoneamento e Planos Diretos**. Disponível em <<https://urbanidades.arq.br/2007/11/26/zoneamento-e-planos-diretos/>>. Acesso em 17 outubro 2019.
- SANTOS, Rosângela M. **Morfologia urbana e conforto térmico**. IN: 2º Seminário de Integração, São Paulo, 2004.
- SONZA, Danielle, LINS, Arthur Eduardo Becker, ELY, Vera Helena Moro, Bins. **Simulações em malhas urbanas: Projeções de crescimento com foco na insolação**. In: 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. Anais ... Faro, Portugal, 2010.
- VILLAS BOAS, Mário. **Dimensão bioclimática do processo de urbanização**. Brasília: GDF/Terracap, 2004.

Anexo 01 - Algoritmo para obtenção de dados climáticos da cidade de Fortaleza.
Fonte: Autor, 2020.



Anexo 02 - Mapa da Zona de Ocupação Moderada 02 de Fortaleza.

Fonte LUOS, 2017.



ANEXO 8 - NORMAS E ADEQUAÇÃO DOS USOS AO SISTEMA VIÁRIO / ANEXO 8.1 - ADEQUAÇÃO DOS USOS AO SISTEMA VIÁRIO

TABELA 8.1 - GRUPO RESIDENCIAL - SUBGRUPO RESIDENCIAL - R

CLASSE	VIA EXPRESSA					VIA ARTERIAL I					VIA ARTERIAL II					VIA COLETORA					VIA COMERCIAL					VIA LOCAL				
	USO	RECUOS (m)			NORMAS Anexo 8.2	USO	RECUOS (m)			NORMAS Anexo 8.2	USO	RECUOS (m)			NORMAS Anexo 8.2	USO	RECUOS (m)			NORMAS Anexo 8.2	USO	RECUOS (m)			NORMAS Anexo 8.2					
		FT	LT	FD			FT	LT	FD			FT	LT	FD			FT	LT	FD			FT	LT	FD		FT	LT	FD		
1	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14					
2	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-					
3	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14					
4PE	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14	A	4	2	3	1/14					
5	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-					
6PE	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-					
7	A	3	2	3	1/14	A	3	2	3	1/14	A	3	2	3	1/14	A	3	2	3	1/14	A	3	2	3	1/14					
8PE	A	3	2	3	1/14	A	3	2	3	1/14	A	3	2	3	1/14	A	3	2	3	1/14	A	3	2	3	1/14					
9	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-					
10PE	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-	A	5	3	3	-					

Anexo 04 - Algoritmo das simulações.
Fonte: Autor, 2020.

