

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Cidades compactas e mais verdes: conciliando densidade urbana e vegetação por meio do desenho urbano

Patricia Mara Sanches

Tese apresentada para obtenção do título Doutora em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2020

Patricia Mara Sanches
Arquiteta e Urbanista

**Cidades compactas e mais verdes: conciliando densidade urbana e vegetação por meio
do desenho urbano**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título Doutora em
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em
Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Sanches, Patricia Mara

Cidades compactas e mais verdes: conciliando densidade urbana e vegetação por meio do desenho urbano / Patricia Mara Sanches. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. Piracicaba, 2020.

160 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Áreas verdes 2. Métricas da paisagem 3. Densidade 4. Morfologia urbana I. Título

AGRADECIMENTOS

Enfim, tese concluída! Uma trajetória longa, de anos, que só quem aceita este desafio e adentra este universo, sabe do valor e de todo o esforço envolvido. Porém, não se faz pesquisa somente pela dedicação e esforço do pesquisador. Inúmeras pessoas, condições e acontecimentos corroboraram para o andamento, o sucesso e a conclusão deste doutorado. Por isso, antes do leitor embarcar nesta leitura, não posso deixar de registrar meus profundos agradecimentos a todos os envolvidos:

À meu orientador, Demóstenes Ferreira da Silva Filho, por acreditar no meu potencial e confiar em todas minhas decisões, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos de dúvidas, incertezas e de conquistas.

Ao técnico, Jefferson Polizel e aos professores do Departamento de Ciências Florestais-ESALQ-USP, bem como aos colegas, Eduardo Alexandrino, Marcela Locatelli e Welinton Hirai da ESALQ-USP, pelo conhecimento compartilhado, assistência, dedicação e amizade.

Aos colegas do Laboratório de Silvicultura Urbana e à assistente de pós-graduação, Giovanna Oliveira, pela ajuda técnica e administrativa e à amizade, os quais colaboraram na construção de um ambiente produtivo e de harmonia.

À Universidade de São Paulo, pela infraestrutura e apoio financeiro para a condução e execução de diversas etapas do doutorado.

Aos colegas e professores de outras universidades brasileiras, como Maurício Cetra, Felipe Martello, Marcos Melo, Augusto Piratelli e Vanessa Peixoto, da UFSCar; Ricardo Machado, da UnB; Milton Ribeiro, da UNESP-Rio Claro; Eugênio Queiroga, da FAU-USP; e Vinicius Netto, da UFF, que me ensinaram, apoiaram e colaboraram com alguma etapa da pesquisa.

À Universidade de Humboldt por me receber e oferecer toda a infraestrutura e apoio durante meu estágio em Berlim. Aos funcionários e aos pesquisadores do Departamento de Geografia e do Laboratório de Ecologia da Paisagem desta mesma instituição, como André Mascarenhas, Pedro Leitão e Ansgar Poloczec, e à minha orientadora no exterior e coordenadora do mesmo laboratório, Dagmar Haase, por todo o suporte acadêmico, científico, administrativo, e por acreditar no potencial desta pesquisa e de seus desdobramentos por meio de parcerias e projetos em conjunto. À Michelle Picoli pelo apoio, principalmente, emocional, e pelo companheirismo e amizade durante minha estadia em Berlim.

Às instituições governamentais alemãs, em Berlim, e brasileiras, nas cidade de São Paulo e do Distrito Federal, pelo fornecimento de dados e pela assistência no esclarecimento de dúvidas ou recepção em visitas e reuniões técnicas.

À fundação americana Digital Globe pela doação das imagens de satélite de alta resolução.

À CAPES pelo auxílio inicial quanto à bolsa de doutorado.

À FAPESP pelo financiamento da bolsa de doutorado no Brasil (processo 2015/21754-9) e no exterior (processo 2017/21099-6).

À Caixa Econômica Federal pela licença concedida, enquanto funcionária desta instituição, para dedicação exclusiva ao meu doutorado.

Aos meus amigos, pelo interesse, admiração e companheirismo, e pelas conversas que me trouxeram leveza, mas também insights e inspirações no momentos de maior descontração.

À minha família, que sem dúvida foi o alicerce emocional que me sustentou e deu força e coragem para seguir em frente. Ao meu pai, José Carlos, pela confiança, conselhos e apoio emocional e físico em todos em meus projetos e sonhos, e à minha mãe, Maria Cecília, pela admiração, parceria, incentivo e interesse em todas as minhas

descobertas científicas. À minha irmã e amiga de todas as horas, Thaís, e ao meu cunhado, Marcos, pela cumplicidade, compreensão, incentivo e compartilhamento de sonhos em comum, além de dicas e apoio profissional e acadêmico. Ao Leonardo, meu companheiro de vida, pela participação em todos os momentos importantes e decisivos, pela cumplicidade, paciência, incentivo, admiração, escuta ativa e ombro amigo, e por seu companheirismo em vários eventos científicos.

Às minhas felinas, Sophie e Heleninha, pela companhia dócil nos dias intensos de escrita e leitura e pela alegria singela que animavam meus dias mais solitários de imersão total.

E sem dúvida, à Deus, essa força superior, universal e divina, que nos provê de sabedoria, abundância, amor, paz e harmonia e, acima de tudo, coragem e determinação para enfrentar todos os obstáculos e desafios e nos superarmos a cada dia.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1. OBJETIVOS.....	11
1.2. HIPÓTESES	11
1.3. ESTRUTURA DA TESE.....	12
1.4. PRINCIPAIS CONCEITOS	13
1.4.1. Desenho e Morfologia Urbana	13
1.4.2. Densidade urbana	15
1.4.3. Espaços livre, espaço verde e áreas verde	21
1.4.4. Ecologia da paisagem urbana	22
1.4.5. Métricas da paisagem	23
2. O IMPACTO DA FORMA URBANA NOS ESPAÇOS VEGETADOS RESIDENCIAIS – UMA ABORDAGEM PRELIMINAR	26
2.1. INTRODUÇÃO.....	26
2.2. MATERIAIS E MÉTODO.....	26
2.2.1. Área de estudo	26
2.2.2. Classificação automática supervisionada	30
2.2.3. Variáveis e processamento dos dados	30
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3. DA LEITURA MORFOLÓGICA AO MAPEAMENTO.....	36
3.1. INTRODUÇÃO.....	36
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.2.1. Áreas de estudo	36
3.2.2. Critérios preliminares	37
3.2.3. Tipos morfológicos.....	39
3.2.4. Mapeamento dos tipos morfológicos.....	48
3.3. RESULTADO DO MAPEAMENTO E DISCUSSÃO.....	55
4. CIDADES DENSAS E MAIS VERDES: UTOPIA OU REALIDADE?	59
4.1. INTRODUÇÃO.....	59
4.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	60
4.2.1. Área de estudo	60
4.2.2. Variáveis.....	60
4.2.3. Delineamento Amostral.....	63
4.2.4. Coleta de dados.....	63
4.2.5. Análise estatística dos dados	67
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
4.3.1. Análise univariada	68
4.3.2. Análise multivariada.....	84
4.3.3. Quadras urbanas de alto desempenho.....	92
5. PARÂMETROS, DIRETRIZES E APLICABILIDADE NA REALIDADE BRASILEIRA..	105
5.1. PARÂMETROS E DIRETRIZES DE VEGETAÇÃO E DENSIDADE.....	105
5.2. APLICABILIDADE NO BRASIL: QUAIS CIDADES E EM QUE CONTEXTOS?.....	109
5.3. O PARADIGMA DO PLANEJAMENTO E DESENHO URBANO NO BRASIL	111
5.3.1. Análise comparativa de estudo de caso: Berlim.....	113

5.4. FATORES SOCIOCULTURAIS	114
5.5. DESAFIOS E OPORTUNIDADES.....	119
5.5.1. Avanços da política urbana em São Paulo	120
5.5.2. A experiência colombiana dos Planos Parciais e o reajuste de terras	122
5.5.3. Outros instrumentos e possibilidades.....	124
6. CONCLUSÕES.....	129
REFERÊNCIAS.....	131
ANEXOS.....	141

RESUMO

Cidades compactas e mais verdes: conciliando densidade urbana e vegetação por meio do desenho urbano

Diante do rápido crescimento das cidades nas últimas décadas e de cenários preditivos de maior aumento populacional urbano em todo o mundo, estratégias para o desenho de cidades mais compactas e com qualidade ambiental são cada vez mais urgentes. No entanto, conciliar o necessário adensamento urbano e a provisão de áreas verdes - a fim de alcançar maior resiliência frente as mudanças climáticas - tem sido um dos grandes desafios das cidades contemporâneas. Vários estudos na literatura sugerem que este fenômeno sejam antagônicos, e portanto, estabelecem uma correlação negativa entre si. A hipótese desta pesquisa é que o desenho urbano é um dos elementos-chave para enfrentar essa contradição e buscar soluções eficientes e equilibradas para a ocupação do solo urbano, assim como, gerar matrizes mais permeáveis e favoráveis à conectividade ecológica e à provisão de serviços ecossistêmicos. Portanto, o objetivo é investigar o impacto das formas urbanas nos espaços verdes residenciais (EVR), e como conciliar alta densidade e cobertura vegetal por meio dos estudos morfológicos. Os estudos de caso se localizam em São Paulo, Brasília (Brasil) e Berlim (Alemanha), e compreenderam áreas de uso residencial e misto, de alta densidade, classificadas em oito tipos morfológicos. As variáveis contemplam a composição e a configuração dos EVR a partir de métricas da ecologia da paisagem, e variáveis morfológicas e de ocupação do solo urbano, como densidades populacional, habitacional e construída-CA, e taxa de ocupação dos edifícios. Os dados espaciais foram gerados e processados com auxílio de SIG e técnicas de sensoriamento remoto, e analisados por métodos uni e multivariados. Diferentes configurações morfológicas, que possuem a mesma taxa de densidade habitacional, apresentaram grande variação da vegetação, com diferenças média de até 88% da área de cobertura arbórea, 91% no tamanho médio do fragmento vegetado, 46% na conectividade (distância entre áreas verdes) e 30% no grau de agregação da vegetação. O desenho urbano baseado na quadra como unidade mínima de planejamento mostrou ter um desempenho melhor em conciliar alta densidade urbana e alta cobertura arbórea, do que o desenho urbano baseado em diretrizes e parâmetros de ocupação aplicados exclusivamente ao lote. Identificou-se que outros fatores externos, como mobilidade e questões socioculturais podem influenciar no desenho urbano e impactar na quantidade e configuração dos EVR. A partir das unidades amostrais melhor avaliadas, foram estabelecidos diretrizes de desenho e parâmetros de referência quanto as variáveis de paisagem e de morfologia urbana, bem como discutido os obstáculos e desafios da aplicabilidade destas lições no contexto urbano brasileiro. Os resultados poderão contribuir na formulação de novas estratégias e políticas públicas urbanas em busca de cidades mais compactas e verdes, potencializando, assim, os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade urbana. Além disso, os resultados desta pesquisa trazem avanços na compreensão e integração entre morfologia urbana e ecologia da paisagem, bem como diminui as lacunas entre a ciência e a prática do planejamento e do desenho urbano.

Palavras-chave: Áreas verdes urbanas, Métricas de paisagem, Geoprocessamento, Morfologia urbana

ABSTRACT

Compact green cities: reconciling urban density and vegetation through urban design

Due to the rapid city growth of cities worldwide in the last decades and the predictive scenarios of urban population growth, strategies for the design of more compact and environmentally-friendly cities are becoming increasingly urgent. Although, reconciling urban density and the provision of green spaces - in order to achieve greater resilience in the face of climate change - has been one of the great challenges of contemporary cities. Several studies in the literature suggest that these meanings are opposite and therefore, set a negative correlation with each other. The research hypothesis is the urban design is a key element to deal with this contradiction and to seek effective and balanced solutions for use land, as well as, create “softer” matrixes to promote ecological connectivity and ecosystem services. The aim is to investigate the impact of urban forms on spatial features of residential green spaces (RGS), and how to reconcile high density and vegetation cover through morphological studies. The case studies are located in São Paulo, Brasilia (Brazil) and Berlin (Germany), and comprised high-density residential-mixed use sample areas, classified into eight morphological types. We used landscape metrics variables to measure the composition and configuration of RGS (area-PLAND, average patch size, connectivity- ENN and aggregation index-AI) and morphological and land use metrics, such as population and housing densities, floor space index-FSI, and coverage building or ground floor space-GSI. Spatial data were generated and processed using GIS and remote sensing techniques and analyzed through univariate and multivariate methods. Different morphological configurations, which have the same housing density rate, showed large vegetation range with average differences of up to 88% in tree cover area, 91% in average tree patch size, 46% in connectivity (distance between green space) and 30% in aggregation index of the vegetation. The block-based urban design perform better in reconciling high urban density and high tree cover than urban design based on guidelines and land parameters applied only to the plot. We found out that external factors, such as mobility and sociocultural issues, can influence on urban design and impact on the composition and configuration of EVR. From the best evaluated sample units, we set design guidelines and reference parameters regarding to landscape and urban morphology variables, as well as, the obstacles and challenges of the applicability of these lessons in the Brazilian urban context. The results could help decision makers in setting urban strategies and urban public policies towards compact green cities, thus enhancing ecosystem services, urban biodiversity and better quality of life. Moreover, the results of this research bring advances in the understanding and integration of urban morphology and landscape ecology, as well as closing the gaps between science and the practice of urban planning and design.

Keywords: Urban green spaces, Landscape metrics, Geoprocessing, Urban morphology

1. INTRODUÇÃO

Os temas que abordam as cidades, seus problemas e desafios nunca foram tão discutidos na sociedade como nas últimas décadas. Este protagonismo não é por acaso: elas concentram 54% da população mundial. A ONU (Organização das Nações Unidas) estima que este percentual atinja 66% em 2050 (UNITED NATIONS, 2014). No Brasil, essa proporção é ainda mais relevante, pois a população urbana já atingiu 85% do total no último censo (IBGE, 2010).

Ora, se crescimento das cidades e a concentração humana são uma tendência mundial e irreversível (UNITED NATIONS, 2014), devemos nos atentar às formas e aos padrões de ocupação das novas áreas urbanas ou de áreas a serem regeneradas no tecido urbano consolidado, pois eles serão aspectos-chave na provisão dos serviços ecossistêmicos, biodiversidade urbana (LIN; FULLER, 2013; SOGA et al., 2014), bem como da qualidade de vida da população (CASTRO et al., 2019).

As cidades latino-americanas, em especial, vem apresentando uma taxa de expansão horizontal espacial de 2 a 3 vezes maior que a de crescimento populacional (UN HABITAT, 2012). Uma das graves consequências do espraiamento urbano é o desmatamento de áreas naturais nas franjas da cidade para dar lugar à novas habitações. Por isso, estudos sobre a sustentabilidade urbana preconizam cidades mais compactas, ou seja, cidades estruturadas nos princípios de alta densidade, uso misto, desenvolvimentos orientado pelo transporte público e modais não motorizados (caminhar e andar de bicicleta) (ACIOLY; DAVIDSON, 1998; BURTON, 2000; OECD, 2012). Tecidos urbanos mais compactos permitem conter o crescimento horizontal da área urbana, preservar áreas naturais nas franjas da cidade, otimizar os recursos naturais, energéticos e financeiros devido ao menor gasto em infraestrutura e deslocamento, e diminuir a emissão de CO₂ e a poluição (ACIOLY; DAVIDSON, 1998; EDWARDS, 2010; JENKS; BURGESS, 2001; UNITED NATIONS, 2017; WILLIAMS; BURTON; JENKS M. (EDS.), 2000).

No entanto, ao buscar um desenho urbano mais compacto, tanto em novas frentes de urbanização, como em áreas de renovação urbana (tecidos urbanos já consolidados), a oferta de áreas verdes urbanas públicas tende a ser prejudicada, com risco de reduções drásticas ou perdas irreversíveis (JIM, 2004) devido à disputa por terras urbanas e interesses econômicos variados.

Diversas pesquisas comprovaram a correlação negativa entre densidade urbana (densidades habitacional, populacional ou construída) e áreas verdes urbanas (BRUNNER; COZENS, 2013; FULLER; GASTON, 2009; JIM, 2004; TRATALOS et al., 2007b; XU; HAASE; PAULEIT, 2018), ou densidade urbana e biodiversidade (mensurada, por bioindicadores, como a avifauna) (CHACE; WALSH, 2006; MACGREGOR-FORS; SCHONDUBE, 2011; SUSHINSKY et al., 2013; TOLEDO; DONATELLI; BATISTA, 2012; TRATALOS et al., 2007a; VAN HEEZIK; ADAMS, 2016). Assim, tais estudos indicam que se trata de um fenômeno cujos processos são antagônicos, no qual o aumento de densidade provoca inevitavelmente a diminuição de áreas verdes ou vice-versa. Especialistas sobre densidade urbana costuma chama-lo de “paradoxo das cidades compactas” (DE ROO, 2000; MELIA; PARKHURST; BARTON, 2011; NEUMAN, 2005; WILLIAMS, 2000)

Sabemos que o papel relevante das áreas verdes públicas, como parques, praças, jardins e áreas protegidas urbanas, é inquestionável, uma vez que são capazes de fornecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos e abrigar maior biodiversidade (NIELSEN et al., 2014; NIEMELÄ et al., 2010; YOUNG, 2010). Estas áreas atuam como “trampolins ecológicos” ou corredores verdes, favorecendo o fluxo gênico e de indivíduos entre áreas naturais, periurbanas e rurais, permitindo, assim, a manutenção e a perpetuação de algumas espécies, populações e

comunidades importantes para a manutenção dos serviços ecossistêmicos (ALMEIDA; VASCONCELOS, 2007; FORMAN, 2014; HOUGH, 1995; MACGREGOR-FORS; SCHONDUBE, 2011; SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2012).

Dessa forma, parte-se da lógica de que o aumento da densidade é tão necessário quanto a presença de áreas verdes intraurbana para se alcançar, concomitantemente, maior sustentabilidade e resiliência. Portanto, enfrentar o desafio de conciliar o necessário aumento de densidade habitacional e oferta de áreas vegetada de forma equitativa e inclusiva se torna de suma importância para o futuro das cidades (ARTMANN; INOSTROZA; FAN, 2019a; HAALAND; VAN DEN BOSCH, 2015; SUN et al., 2019; XU; HAASE; PAULEIT, 2018).

Neste sentido, alguns estudos têm apontado a importância de considerar o potencial da matriz urbana na conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmico, a partir de uma visão de matriz menos hostil (“soft matrix”; Franklin, 1993; Lin & Fuller, 2013), por meio de espaços verdes intersticiais de maior complexidade, principalmente nos espaços livres residenciais, como jardins, quintais e áreas coletivas de lazer (HOBBS; SAUNDERS, 1990). Tais espaços podem ser estratégicos e fundamentais para promover a conectividade com áreas-fonte (fragmentos naturais) e corredores ecológicos, e portanto, contribuir com a biodiversidade urbana e regional (FORMAN, 2014; GASTON et al., 2005; GODDARD; DOUGILL; BENTON, 2010; J. GASTON et al., 2005; MAGALHÃES, 2013; MCDONNELL; HAHS; BREUSTE, 2009; MCKINNEY, 2002; RUDD; VALA; SCHAEFER, 2002; SMITH et al., 2005).

Essa visão também é compartilhada por especialistas que estudam a interação entre o microclima e o ambiente construído, e recomendam a necessidade de incorporar vegetação, sempre que possível, nos espaços livres existentes (WONG; CHEN, 2009), uma vez que seus efeitos positivos são locais, pois não vão muito além dos limites das manchas verdes, como por exemplo, a atenuação da temperatura do ar (DUARTE, 2015; SHINZATO, 2009; SPANGENBERG et al., 2019).

Pesquisadores que buscam soluções para esta aparente contradição, a partir de diferentes métodos, escalas e perspectivas (ARTMANN et al., 2019; BYRNE; SIPE; SEARLE, 2010; GAVRILIDIS et al., 2019; SUN et al., 2019), poucos se aprofundaram na matriz urbana, mais especificamente na relação entre quantidade/configuração dos espaços verdes residenciais, densidade e morfologia urbana na microescala urbana (SUN et al., 2019). Ou seja, pouco se investiga sobre os motivos que levam diferentes arranjos e padrões morfológicos urbanos, com densidades similares, a ter taxas de cobertura arbórea e vegetal tão distintas entre si.

O entendimento de como a forma urbana afeta os processos ecológicos, os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade é também escasso (SUSHINSKY et al., 2013; TRATALOS et al., 2007a; WILLIAMS; BURTON; JENKS M. (EDS.), 2000), o que torna este tema ainda incipiente e imaturo, e considerado uma “caixa preta” no campo do planejamento e projeto urbano (ANDERSSON & COLDING, 2014) necessitando mais estudos científicos (LIN; FULLER, 2013).

Segundo Duarte (2015) “há uma relação entre densidade e morfologia urbana que precisa ser explorada com critérios de desempenho ambiental qualitativo e quantitativo, que possam subsidiar políticas públicas, decisões de projeto urbano e de projeto do edifício”. Um desses critérios deve ser a disponibilidade e a configuração dos espaços livres vegetados intraquadra. Segundo a autora, que defende a necessidade do aumento do adensamento das cidades latino-americanas, os impactos negativos da alta densidade podem ser consideravelmente minimizados se houver planejamento, infraestrutura adequada e excelência na prática do desenho urbano. Assim, para um uso mais intenso e eficiente do solo urbano, é necessário políticas públicas que estabeleçam a relação entre densidade e forma

urbana, com atenção à configuração espacial a fim de alcançar uma melhor percepção da qualidade do ambiente construído pelos moradores (GALLENT; TEWDWR-JONES, 2007; RAMAN, 2010).

Dito isso, esta pesquisa pretende investigar se a forma urbana é de fato um dos aspectos cruciais no desempenho ecológico na microescala, constituindo um fator-chave para conciliar alta densidade - um dos princípios da sustentabilidade urbana - e alta cobertura vegetal - um dos meios para se alcançar maior resiliência e promover serviços ecossistêmicos. Para tanto, é necessário ampliar os estudos sobre morfologia urbana e densidade e relacioná-las com a ecologia da paisagem, campos ainda pouco explorados em conjunto (TIAN; JIM; WANG, 2014). É necessário que os princípios da ciência da Ecologia da paisagem sejam aplicados no planejamento de áreas verdes urbanas (JIM; CHEN, 2003; LI et al., 2005; TIAN et al., 2011), pois isso implica em otimizar a configuração dos espaços vegetados visando maior conectividade (JIM, 2013)

Os estudos mais recentes que focam em padrões de ocupação, forma urbana, densidade, vegetação e/ou biodiversidade (ANDERSSON; COLDING, 2014; GUPTA et al., 2012; SUSHINSKY et al., 2013; TRATALOS et al., 2007a, 2007b) restringiram seus estudos de caso a uma pequena variação tipológica e nenhum deles foi conduzido em cidade latino-americanas. Ao final de suas pesquisas, alguns autores sugerem a necessidade de ampliar a diversidade tipológica habitacional nas futuras investigações. Tratalos et al. (2007) também concluiu que há oportunidades de maximizar o desempenho ecológico em qualquer grau de densidade urbana construída, desde que se considere a proporção e a configuração das áreas verdes e coberturas arbóreas de maneira apropriada.

Apesar de poucos estudos na literatura desenvolvidos na escala da vizinhança ou do bairro, a análise nesta escala espacial é fundamental para alcançarmos cidades mais verdes e compactas, pois a compreensão, o envolvimento e a participação da sociedade é mais direta e potencialmente maior, bem como, a efetividade das estratégias de planejamento (ARTMANN et al., 2019).

1.1. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é investigar o impacto da forma urbana nos espaços verdes residenciais e como conciliar alta densidade e cobertura vegetal por meio dos estudos morfológicos.

Os objetivos específicos são:

- I. Compreender como a composição¹ e a configuração dos espaços verdes intraquadra se estabelece em diferentes padrões morfológicos urbanos residenciais;
- II. Identificar os tipos morfológicos com melhor desempenho em termos de densidade e cobertura vegetal, contribuindo, assim, na discussão de diretrizes de desenho urbano e políticas públicas para áreas urbanas em expansão ou a ser revitalizadas;
- III. Contribuir na integração entre a prática do planejamento, desenho urbano e ecologia da paisagem, buscando maior compreensão das relações entre eles.

1.2. Hipóteses

Tendo em vista as ideias expostas acima, as hipóteses estabelecidas nesta pesquisa são:

¹ A composição, neste caso, se refere aos diferentes estratos da vegetação (arbóreo-arbustivo e herbáceo-gramínea) e sua proporção na paisagem.

- I. A forma urbana é um fator-chave que impacta na quantidade e na configuração dos espaços livres vegetados, mesmos entre áreas com densidades² semelhantes, e que, portanto, torna-se um aspecto fundamental a ser considerado na conciliação entre alta densidade e alta cobertura vegetal e arbórea.
- II. Os padrões morfológicos que têm a quadra como unidade mínima de projeto³ apresentam potencialmente um desempenho melhor em termos de espaços verdes residenciais maiores e alta densidade, do que os tipos morfológicos que têm apenas o lote como unidade mínima de projeto⁴.
- III. Nos casos em que a quadra é a unidade mínima, a forma urbana resultante é mais uniforme, homogêneo e coeso. O tamanho médio, a conectividade e a agregação⁵ da vegetação são maiores do que nas quadras cujo desenho é baseado apenas no lote.

1.3. Estrutura da tese

A tese é composta de 5 capítulos e a conclusão. O atual capítulo (capítulo 1) é introdutório, contextualiza e insere os principais problemas e lacunas no conhecimento científico, objetivos, hipóteses e os principais conceitos a respeito de morfologia urbana, densidade, áreas verdes e ecologia da paisagem (próximo item).

O capítulo 2 visa testar parte da primeira hipótese (se a forma urbana é um elemento-chave que impacta na quantidade e configuração dos espaços vegetados, mesmo em tecidos urbanos de densidades semelhantes). Brasília foi escolhida para esta discussão, devido à peculiaridade de ter o Plano Piloto e as Regiões Administrativas (cidades satélites) com padrões morfológicos homogêneos internamente, mas distintos entre si, permitindo um ótimo estudo de caso para testar o impacto da forma urbana nas variáveis cobertura vegetal e densidade.

Ao constatar o impacto significativo da forma urbana na variação da distribuição e da quantidade de vegetação e de densidade, é dada continuidade na pesquisa buscando responder quais tipos morfológicos são capazes de enfrentar o desafio de conciliar alta densidade e alta cobertura vegetal. Por isso, o capítulo 3 está focado na caracterização e no mapeamento de todos os tipos morfológicos de alta densidade que existem em São Paulo, Brasília e Berlim, para que depois seja possível a amostragem, coleta e análise dos dados.

O capítulo 4 é uma continuidade do capítulo anterior, com foco na amostragem de 8 tipos morfológicos mapeados e coleta dos dados a partir de 9 variáveis. Esta etapa contou com técnicas de sensoriamento remoto e ferramentas de SIG (Sistema de informação geográfico) para captar os dados de cobertura do solo e dados espaciais relacionados à densidade urbana. Foi realizada análises estatísticas univariada e multivariada para se identificar os tipos morfológicos mais bem avaliados em termos de densidade e cobertura vegetal/arbórea.

O capítulo 5 apresenta parâmetros e diretrizes de desenho para maior adensamento e oferta de espaços verdes, bem como, a discussão sobre os obstáculos e os desafios da aplicabilidade dessas diretrizes na realidade urbana brasileira.

² As densidades que referimos são: densidade habitacional, populacional e construída.

³ A unidade mínima de projeto corresponde à área em que diretrizes de desenho e parâmetros de uso e ocupação do solo incidem.

⁴ Atualmente, grande parte das cidades brasileiras é concebida e gerida a partir de diretrizes e parâmetros urbanísticos aplicadas somente ao lote urbano (CYMBALISTA, 1999; DIAS; PRESSER, 2014; GONÇALVES et al., 2015; JESUS, 2016; LOTUFO, 2017; MACEDO, 2013; SANTORO, 2011), não havendo, dessa maneira, a preocupação com a forma resultante na escala da quadra.

⁵ Conectividade e agregação são termos relacionados a configuração da cobertura vegetal, de acordo com a ciência da Ecologia da Paisagem. A conectividade diz respeito o quanto as áreas verdes estão próximas ou distantes entre si e a agregação, diz respeito ao grau de dispersão das áreas verdes, quanto maior agregação, menos difusa e mais concentrada, a vegetação se encontra no tecido urbano (MCGARIGAL; CUSHMAN; ENE, 2012).

1.4. Principais conceitos

Como a natureza deste trabalho é interdisciplinar, verificou-se a necessidade de explanar previamente os principais conceitos abordados nesta pesquisa, os quais são provenientes de campos distintos do conhecimento. De um lado, temos o Desenho urbano, a Morfologia Urbana e o conceito de densidade pertencentes ao campo do Urbanismo e da Ciências Sociais Aplicadas. De outro lado, temos a Ecologia da Paisagem cuja origem é do campo da Ecologia, da Geografia Física e de outras vertentes das Ciências Ambientais. Por fim, o tema das áreas verdes urbanas e cobertura vegetal permeia ambos os campos e estabelece ligações e relações entre eles.

Esta introdução conceitual visa auxiliar os leitores, cujas formações acadêmicas e atuações profissionais podem ser variadas, e oferecer maior embasamento para a compreensão dos pontos levantados no capítulo seguintes.

1.4.1. Desenho e Morfologia Urbana

Como o estudo das formas urbanas ou morfologia urbana é um dos assuntos centrais desta pesquisa, acredita-se ser relevante compreender o significado de desenho urbano e diferenciá-lo das demais terminologias empregadas no campo do urbanismo.

Desenho Urbano é definido por Del Rio, (1990) como “o campo disciplinar que trata da dimensão física ambiental da cidade, enquanto conjunto de sistemas físico-espaciais e sistemas de atividade que interagem com a população através de suas vivências, percepções e ações cotidianas”(DEL RIO, 1990). Em outras palavras, poderíamos dizer que ele lida com os processos de produção, apropriação e controle dos espaços construídos e livres. Esses processos dão a forma e a função ao território, na escala do lote, da quadra, do bairro e da cidade, ao longo do tempo, interagindo assim com a população que usufrui destes espaços. (CUTLER; CUTLER, 1983; DEL RIO, 1990).

Diferentemente do planejamento Urbano, que aborda as questões políticas, econômicas, espaciais e setoriais (zoneamento) de forma mais ampla a fim de organizá-la e estruturá-la bidimensionalmente, o desenho urbano preenche uma lacuna, criada há tempos, entre Arquitetura, Paisagismo e Urbanismo, pois atua de forma interdisciplinar e colaborativa com os elementos urbanos e suas inter-relações tridimensionalmente (BARNETT, 1982; DEL RIO, 1990; RAPOPORT, 1977; WATERMAN, 2012). Essa lacuna esteve diretamente relacionada ao abandono e descuido da dimensão urbana mais próxima da comunidade, que é o “espaço vivencial público” do cotidiano (BARNETT, 1982; DEL RIO, 1990).

A discussão sobre o desenho urbano só ganhou força após a década de 60, quando surgiram diversas críticas da sociedade, pesquisadores e acadêmicos sobre a qualidade do espaço urbano gerado, resultado tanto das ações da iniciativa privada como de políticas públicas. Cinco fatores foram determinantes para o surgimento deste momento: as intervenções e renovações urbanas financiadas pelo poder público, principalmente, nas cidades europeias em decorrência da destruição de parte delas pela 2ª Guerra Mundial; o movimento de valorização do

patrimônio histórico; o início da participação popular na gestão urbana; e intensa crítica aos princípios modernistas aplicado no campo do planejamento urbano.

Segundo a abordagem metodológica de Del Rio (1990), o desenho urbano pode ser analisado a partir de 4 categorias: morfologia urbana, análise visual, percepção ambiental e comportamento ambiental, sendo que a primeira é o campo de interface com a presente pesquisa.

A Morfologia Urbana corresponde ao estudo da forma das cidades e dos processos que as moldam, o que implica em “compreender a lógica da formação, evolução e transformação do tecido urbano, seus elementos e suas inter-relações” ao longo do tempo (COSTA; GIMMLER NETTO, 2015; DEL RIO, 1990; LAMAS, 1992; SAMUELS, 1986). E quais seriam estes elementos? Todos que dão forma à cidade: os edifícios (sua volumetria, altura e fachada), o lote, a quadra, as ruas e seu traçado, e demais espaços livres (as calçadas, praças, parques, jardins, etc.) (COSTA; GIMMLER NETTO, 2015; DEL RIO, 1990; LAMAS, 1992). Dessa forma, a morfologia urbana possibilita analisar e avaliar formas mais “apropriadas cultural e socialmente” – e também por que não ecologicamente? – para intervir e renovar trechos da cidade consolidada e desenhar novos espaços urbanos em áreas de expansão (DEL RIO, 1990).

É importante ressaltar que este campo do conhecimento não objetiva estudar os processos de urbanização, como conjunto de fenômenos sociais, econômicos e outros fatores indutores, mas busca relacioná-los com elementos físicos da forma urbana na tentativa de explicar as estruturas e configurações morfológicas de uma paisagem (DEL RIO, 1990; LAMAS, 1992).

A Morfologia Urbana teve sua origem na Geografia, primeiramente na Alemanha e França, no início do século XX, e depois na Inglaterra. Mas a sua aplicação no Urbanismo veio com os trabalhos pioneiros dos arquitetos e urbanistas italianos e franceses, após a década de 60 junto com a discussão do Desenho Urbano (DEL RIO, 1990; LAMAS, 1992).

Ao longo do movimento pós-moderno, entre as décadas de 60 e 70, junto à discussão de desenho urbano, despontaram estudos que buscavam relacionar a forma urbana com a tipologia arquitetônica, reduzindo a lacuna disciplinar entre Arquitetura e Urbanismo (PEREIRA, 2012). As pesquisas de Aldo Rossi, Giulio Argan, Carlo Aymonino, Saverio Muratore, Gianfranco Caniggia e Phillipe Panerai, e posteriormente José Lamas, são referências deste pensamento e recorreremos a elas para a definição de tipo morfológico (DEL RIO, 1990).

Como uma reação aos preceitos reducionistas do modernismo, que exploravam apenas parâmetros quantitativos relacionados ao tráfego (circulação) e à setorização funcional, este movimento buscava a análise qualitativa da forma urbana. Esta discussão veio à tona, à medida que se tornava necessário regulamentar a configuração dos novos edifícios em meio ao tecido urbano já consolidado. Neste momento, os fatores históricos e culturais foram novamente valorizados e considerados no processo de construção das cidades (PEREIRA, 2012).

Pode-se dizer, então, que o estudo das formas urbanas vai além das estruturas físicas, pois também aborda fatores socioeconômicos e culturais, que as moldaram, seus significados e a percepção de seus cidadãos (SILVA, 2014). Os principais condicionantes morfológicos, segundo a autora, podem ser agrupados em cinco aspectos: (1) biofísico, como relevo e hidrografia; (2) histórico-político, que reflete ideologias e decisões normativas de um período, bem como o grau de consolidação; (3) socioeconômico, em relação ao perfil populacional e o valor da terra; e (4) atuação dos agentes de produção do espaço (Estado, mercado imobiliário, proprietários individuais, etc.)

Ao longo do séc. XX, o diálogo entre os edifícios e os espaços livres ganharam relevância, enfatizando, assim, a importância da análise morfológica e tipológica no desenho urbano.

Os principais elementos morfológicos compreendem o traçado viário, a quadra, o lote e o edifício (LAMAS, 1992). Segundo Silva (2014), a análise morfológica vai se debruçar no parcelamento do solo, que resulta em diferentes formatos de quadras e traçados viários; na estrutura fundiária, que gera lotes de tamanhos distintos; na configuração e forma dos espaços livres (públicos e privados) e sua relação com os espaços construídos; e na inserção do edifício no lote, em termos de taxa e intensidade de ocupação (verticalização) (Figura 1). Já a análise tipológica tem estreita relação com a morfológica, pois considera a área e a intensidade de ocupação do edifício no lote, porém, se aprofunda nas especificidades edilícias, como volumetria e gabarito do edifício, sua relação com o traçado viário e com outros edifícios, tipos de fachadas, área para automóveis, entre outros.

Para melhor compreensão, estes componentes são agrupados e classificados em tipos morfológicos, de acordo com características de composição e configuração semelhantes e padrões de ocupação que se repetem pelo tecido urbano (PEREIRA, 2012; SILVA, 2014).

Nos próximos capítulos, os aspectos morfológicos e tipológicos serão explorados na escala do lote, da quadra e do bairro.

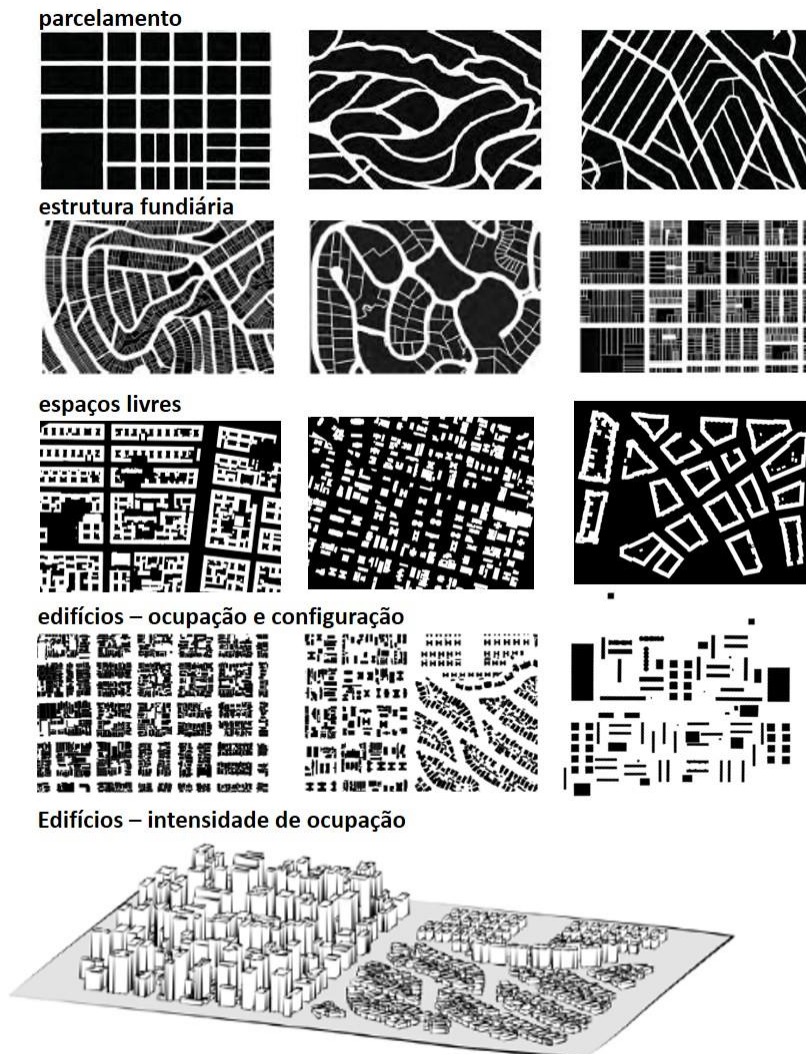


Figura 1. Componentes da análise morfológica. Fonte: Adaptados de Silva (2014).

1.4.2. Densidade urbana

A densidade é um dos aspectos quantitativos da morfologia urbana, e, portanto, um atributo importante do desenho urbano que impacta na eficiência do uso do solo, no uso de recursos naturais, na permeabilidade do solo, e na qualidade e salubridade do ambiente construído, como ventilação, insolação, luz natural, entre outros (ACIOLY; DAVIDSON, 1998; MIANA, 2010; VARGAS, 2003).

Martin e March foram pesquisadores pioneiros na década de 60 e 70, do séc. XX, a desenvolver bases teóricas (MARTIN; MARCH, 1972) que relacionam a forma urbana e densidade (BERGHAUSER PONT; HAUPT, 2009). Eles buscavam investigar diferentes configurações e estruturas morfológicas mais eficientes em termos de ocupação do solo, aliando densidade e espaços livres.

A cidade compacta, segundo Richard Rogers (GEHL, 2013), é a única forma de cidade sustentável ambientalmente. Porém, ele alerta que para elevar a densidade populacional, a cidade deve aumentar a qualidade de espaços públicos. Ou seja, eles devem ser agradáveis, bem planejados, na escala humana, seguros e com vitalidade, pois todo cidadão “deve ter direito aos espaços abertos, assim como o direito a água tratada, ou o direito de ter uma árvore na vista de sua janela ou uma praça ou parque a distâncias caminháveis, inspirando seus moradores”. Ao passo que cidades mal planejadas e sem espaços abertos de qualidade brutalizam seus cidadãos.

Neste contexto é oportuno lançarmos mão do conceito de densidade medida ou física *versus* densidade percebida (BERGHAUSER PONT; HAUPT, 2009; CAMPOLI, 2007; RAPOPORT, 1975).

De acordo com o estudo Berghauser Pont & Haupt (2009) a densidade física é obtida por métricas de densidade, sendo que as mais utilizadas na literatura é densidade populacional (número de habitantes por uma determinada área), densidade habitacional ou domiciliar (número de domicílios por uma determinada área) e aquelas relacionadas com a intensidade do uso do solo. Desta última categoria, as mais aplicadas são densidade construída ou coeficiente de aproveitamento (área construída total por uma determinada área), taxa de ocupação (área de projeção do edifício por uma determinada área) e “taxa de espaço livre” (em inglês, *spaciousnes* ou *open space ratio*⁷) que corresponde ao espaço livre no nível do solo dividido pela área construída total.

No entanto, quando se fala de densidade em números, a população em geral não tem em mente a ordem de grandeza e nem qual é a aparência de empreendimentos em diferentes densidades, mas consegue ter a percepção de alta ou baixa densidade quando está dentro dele ou os vê por imagens (FARR, 2013).

Muitas vezes um empreendimento residencial de alta densidade, mas com um projeto muito bem resolvido e de alta qualidade transmite às pessoas a percepção de uma densidade menor que ele realmente tem de fato (CAMPOLI, 2007; OECD, 2012; RAMAN, 2010). Assim, o conceito de densidade percebida pode ser utilizado como estratégia projetual para se obter maior aceitação e satisfação da população local, e alcançar taxas de densidade maiores (OECD, 2012; RAMAN, 2010).

Um exemplo é o conjunto residencial Java-eiland, que pertence ao projeto urbano *Eastern Docklands*, em Amsterdã, na Holanda. Ele é considerado um empreendimento de alta densidade para o padrão holandês⁷, comportando 100 unidades habitacionais/ha (VAZ, 2008). No entanto, a alta densidade não é sentida ou percebida devido a qualidade arquitetônica e a distribuição equilibrada entre espaços construídos e livres (Figura 2).

⁷ As novas áreas de habitação em Amsterdam tem em torno de 30 unidades/ha (VAZ, 2008).



Figura 2. a) Empreendimento residencial Java-eiland parte do projeto urbano *Eastern Docklands*, Amsterdã com densidade de 100 unidades/ha. Crédito: Jo Coenen. b). Vista de um dos espaços livres internos vegetados que se trata de uma área coletiva do empreendimento. Fonte: www.bna.nl

O inverso também pode ocorrer, quando um empreendimento é pobre em termos de projeto, frequentemente marcado pela monotonia (padrões de habitação repetitivos, construídos em larga escala), gera a percepção de uma densidade muito maior do que realmente ele possui (CAMPOLI, 2007; OECD, 2012). Ilustramos como exemplos o empreendimento de habitação popular multifamiliar “Altos do Ipanema”, em Sorocaba com densidade de 54 unidades/ha e unifamiliar “Morada do Bosque” em Itapeva com 25 unidades/ha, ambos financiados pelo Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal (Figura 3). Estes empreendimentos têm como característica principal a repetição em larga escala, com um só tipo de implantação e de arquitetura, o que traz monotonia, baixa qualidade de espaços construídos e livres, e a percepção de uma densidade muito maior do que de fato é.



Figura 3. a) Conjunto habitacional multifamiliar em Sorocaba-SP, com densidade de 54 unidades/ha. Crédito: Emerson Ferraz. b) Conjunto habitacional unifamiliar em Itapeva-SP, com densidade de 25 unidades/ha.

Atingir uma densidade elevada e uma compactação espacial construtiva são “prerrogativas inerentes à sustentabilidade e ao crescimento econômico das cidades contemporâneas” (SILVA et al., 2016), pois impacta positivamente na economia de recursos e de gastos públicos com implantação e manutenção de infraestrutura (saneamento, asfalto, iluminação, equipamentos públicos) uma vez que há uma otimização do uso do solo. Implica também em menor impacto ambiental, pois minimiza o desmatamento de fragmentos naturais ao redor das cidades para ampliação de áreas urbanizáveis; e redução de energia e emissão de CO₂, uma vez que os deslocamentos internos na cidade são menores. A alta densidade pode induzir maiores investimentos em transporte públicos de massa, a prosperidade de novos negócios, o fortalecimento das comunidades, além de demandar ofertas de serviços variados, como lazer, cultura, arte, gastronomia, o que traz dinamicidade e vida urbana para o local (ACIOLY; DAVIDSON, 1998; CAMPOLI, 2007; GEHL, 2013; SILVA; SILVA; ALEJANDRO, 2016).

No entanto, estudos (MELIA; PARKHURST; BARTON, 2011; NEUMAN, 2005; WILLIAMS, 2000) alertam que densidade demasiadamente alta também pode trazer prejuízos como intenso e constante ruído, aumento do tráfego de veículos e congestionamentos, falta de privacidade, e pior, insalubridade devido à falta de acesso à ventilação ou ao sol. Pesquisadores qualificam este caso como “*crowding*” ou “*overcrowding*”, que é ligado à percepção subjetiva de que o local está superpopuloso.

Algumas vezes, alta densidade não necessariamente determina a vitalidade de um bairro, pois se mal planejados e comportando uma densidade muito elevada resultam em espaços urbanos ruins (GEHL, 2013). O autor cita Manhattan, em Nova York-EUA, como exemplo clássico de alta densidade, mas também podemos adicionar como situação semelhante o centro histórico de São Paulo, pois são espaços escuros e insalubres devido ao excessivo sombreamento das ruas pelos altos edifícios, e ausência de árvores em virtude das calçadas estreitas e falta de insolação. Em contraposição, ele menciona os bairros de Soho e Greenwich Village em Nova York, como bons exemplos, pois, embora não possuam densidades tão altas como de Manhattan, oferecem melhor qualidade dos espaços urbanos, mais arborizados, ensolarados e atrativos. Por isso, é fundamental buscar uma situação intermediária que propicie boas condições de habitabilidade, equilíbrio entre espaços construídos e livres, aliado à alta densidade e compacidade urbana.

É preciso lembrar também que o conceito de cidades compactas vai além da alta densidade, sendo esta última apenas um dos pré-requisitos. Outros aspectos devem ser levados em conta para um uso eficiente, vivo e atraente, como o uso misto, aproximando espacialmente as funções de habitar e trabalhar; caminhabilidade e acessibilidade, priorizando pedestres e ciclistas; e um sistema de transporte público eficiente (BURTON, 2000; JENKS; BURGESS, 2001; OECD, 2012)

Campoli (2007) menciona alguns aspectos e atributos que devem ser considerados na proposição de bairros e empreendimentos de alta densidade com qualidade ambiental, gerando uma percepção de densidade menor, e que serão retomados no Capítulo 4 e 5. São eles:

I. Diversidade arquitetônica x monotonia

Se obtém uma alta densidade com qualidade, quando se oferece diversas opções de habitação em termos de tipo (unifamiliar ou multifamiliar), arquitetura, tamanho das unidades, etc. em um único empreendimento, abrangendo maior número de moradores de diferentes faixa-etárias, gostos, rendas e estilos, e resultando, assim em uma diversidade social maior.

Quando se tem a mesma arquitetura e implantação multiplicada em larga escala, a percepção de alta densidade é bem maior. No caso que não seja possível atingir tal diversidade por conta de custo de execução, pequenas modificações, como variações nas fachadas e número de cômodos minimizam a monotonia do empreendimento. Isso pode ser constatado, por exemplo, em um empreendimento residencial Villa Flora em Sorocaba compostos por tipologias habitacionais diferentes (casas geminadas e edifícios de apartamentos) de vários tamanhos (Figura 4). Com pequenas variações nas fachadas e arranjos variados de implantação das edificações, o local alcançou uma densidade de 51 unidades/ha, próximo a densidade do empreendimento “Alto de Ipanema”, que possui apenas edifícios multifamiliares. No entanto, a percepção de densidade é menor do que a densidade medida.



Figura 4. a) e b) Vistas do empreendimento residencial com tipologias mistas (sobrados e apartamentos), variações arquitetônicas e de implantação.

II. Diversidade de usos x áreas monofuncionais

O mesmo podemos dizer a respeito da diversidade de usos. Locais de alta densidade que abrigam atividades distintas (habitação, comércio, serviços, lazer,) em um mesmo espaço, garante maior vitalidade e a qualidade urbana do local.

O empreendimento Golden Gateway (hoje conhecido como Embarcadero Square), em São Francisco, no EUA, que faz parte de um projeto de revitalização na década de 80 (séc. XX) é um exemplo (Figura 5 a 7). O conjunto tem uso misto, sendo comércio no térreo e habitação nos três pavimentos acima, cujo acesso é a partir de um grande terraço entremeados por vegetação e elementos de convívio. A densidade habitacional é de 53 unidades por ha (CAMPOLI, 2007), ou seja, muito próxima do empreendimento Altos do Ipanema (Figura 3) e Villa Flora (Figura 4), sendo que nenhum dos dois últimos possuem área comercial dentro do empreendimento.



Figura 5. a) Vista aérea do empreendimento misto Golden Gateway, São Francisco,EUA. b) Vista de uma das fachadas do empreendimento Golden Gateway, São Francisco,EUA, com destaque do comércio no térreo.



Figura 6. a) Vista de uma das áreas comuns residenciais (piso superior) do empreendimento Golden Gateway, São Francisco, EUA. **b)** Vista de uma das áreas comuns residenciais (piso superior) do empreendimento Golden Gateway, São Francisco, EUA.



Figura 7. a) Vista de uma das áreas comuns residenciais (piso superior) do empreendimento Golden Gateway, São Francisco, EUA. **b)** Vista de uma das áreas comuns residenciais (piso superior) do empreendimento Golden Gateway, São Francisco, EUA.

III. Densidade habitacional x densidade construída

É importante ressaltar que alta densidade construída não significa alta densidade habitacional. Bairros de alto padrão, em que cada casa e apartamento tem uma área construída maior que a média da cidade, resultam em uma densidade habitacional menor. Por isso, quando há o fomento de tecidos de alta densidade, planeja-se que as habitações sejam de pequeno à médio porte.

Vertical x horizontal

A alta densidade habitacional com qualidade é facilmente alcançada quando se promove a verticalização com a adoção de edifícios multifamiliares. Segundo Silva et al. (2016), “o conjunto multifamiliar pode democratizar o acesso às áreas verdes no interior da quadra, transformando o espaço privado em espaço coletivo (...) mais próximos dos moradores e com raios de abrangência mais bem distribuídos. No entanto, o grande desafio é encontrar o equilíbrio entre o crescimento vertical e horizontal, de forma a evitar o efeito indesejado do superpovoamento (*overcrowding*).

Escala humana x escala do automóvel

O modelo de mobilidade, bem como, as políticas públicas voltadas a esta questão, impactam diretamente na forma urbana e na densidade. Quando cidades são construídas com base na circulação de pedestres, o senso de escala e distância mudam completamente, pois se pensa em distâncias curtas caminháveis e acesso ao transporte público. Ou seja, as cidades se moldam e se tornam mais compactas e proporcionais a escala humana, alcançando densidades maiores com maior qualidade urbana.

Espaço construído x espaço livre

Buscar a articulação e proporção equilibrada entre espaço construído e livre, é uma das principais estratégias para o aumento da densidade com qualidade ambiental. Os espaços livres se tornam verdadeiros respiros da densa massa construída, permitindo a entrada de luz, ventilação, e a criação de locais de convívio e sociabilização que promovem bem-estar e atividades de lazer aos moradores. O empreendimento Golden Gateway, por exemplo, apresenta proporção equilibrada entre espaços construídos e livres.

Arborização e diversidade de espaços livres vegetados

Por fim, tão importante quanto os outros itens é a presença de vegetação nos espaços livres em locais de elevada densidade. Árvores de grande porte minimizam a percepção da alta densidade, sem falar nos inúmeros serviços ambientais.

Além dos benefícios ambientais e sociais, a diversidade e multifuncionalidade dos espaços livres verdes (jardins, praças, ruas e caminhos arborizados, bulevares, canteiros, parques lineares) podem organizar e hierarquizar os espaços intensamente construídos.

O empreendimento Java-iland é uma referência do uso da vegetação através da arborização e de jardins comuns na área interna da quadra, minimizando a alta densidade e trazendo maior qualidade ambiental. É neste contexto das cidades mais compactas que reafirmamos a importância e a necessidade dos espaços livres vegetados e que exploraremos do começo ao fim da pesquisa.

Os aspectos qualitativos apresentados acima são retomados na discussão dos resultados do capítulo 4 e no capítulo 5, uma vez que a densidade não deve ser considerada como um elemento meramente quantitativo e estatístico (SILVA; SILVA; ALEJANDRO, 2016)..É necessário uma visão mais ampla junto a uma abordagem qualitativa do espaço urbano.

1.4.3. Espaços livre, espaço verde e áreas verde

São inúmeras as terminologias, com definições variadas, na literatura utilizadas para caracterizar a vegetação urbana em sua dimensão espacial. Neste trabalho utilizaremos a definição empregada no campo do Paisagismo e Urbanismo definidos por Hijjoka et al. (2007), que aperfeiçoaram termos definidos por pesquisadores pioneiros da área (MAGNOLI, 1982).

Segundo estes pesquisadores, espaço livre é todo espaço não construído ou não ocupado por volumes edificados. Podem ser ruas, praças, calçadas, quintais, praças, parques, estacionamentos, etc.

Já o espaço verde é um local predominantemente ocupado por vegetação, independente se o solo é totalmente permeável ou não. Por exemplo uma calçada arborizada é considerada um espaço verde, pois apesar da presença da vegetação arbórea, seu espaço é predominantemente impermeável. Na maioria dos casos, os espaços verdes se encontram em espaços livres, no entanto, em casos isolados, podemos encontrá-los confinados dentro de um volume edificado, como um jardim de inverno de um edifício, por isso alguns pesquisadores são mais específicos e empregam o termo espaços livres vegetados.

Por fim, área verde é utilizada para definir todo e qualquer espaço livre que possui vegetação em solo permeável. Assim, podemos dizer que área verde é uma categoria do espaço livre (ver esquema da Figura 8).

Nesta pesquisa foram analisados os espaços verdes em quadras residenciais e mistas, independente se localizam em solo predominantemente permeável (jardins e canteiros) ou impermeáveis (pátios, áreas de convívio e calçadas). Portanto, iremos utilizar o termo “espaços verdes residenciais”, no qual o conceito de “áreas verdes” está incluso.

A terminologia “cobertura arbórea” e “cobertura vegetal” (árvores, arbustos, herbáceas e gramíneas) são utilizadas no campo do geoprocessamento e empregadas nesta pesquisa, principalmente, quando nos referimos a sua ocupação bidimensional (2D) e na caracterização ou quantificação da cobertura do solo urbano.

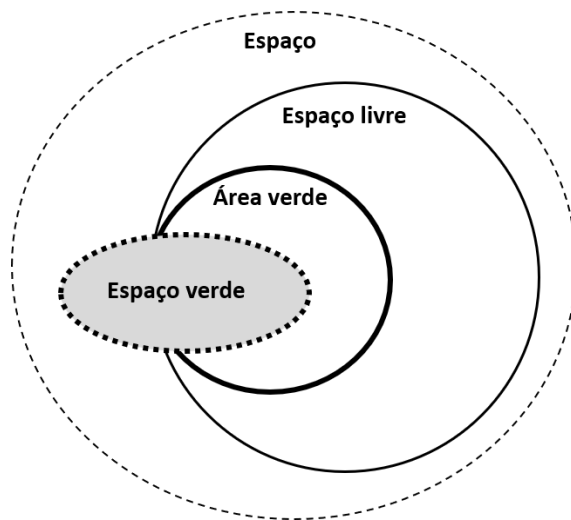


Figura 8. Esquema conceitual sobre espaço livre, área verde e espaço verde. Fonte: Adaptado de Hijioka et al., (2007).

1.4.4. Ecologia da paisagem urbana

A ecologia da paisagem é uma ciência relativamente nova, cujas origens remontam as bases da Teoria de Biogeografia de Ilhas, da década de 60 do séc. XX (FRANCIS; MILLINGTON; CHADWICK, 2016). Sua aplicação tem sido extremamente valiosa para entender as relações entre a estrutura e função da paisagem e os processos ecológicos que ali ocorrem. O conhecimento adquirido é bastante importante e útil para os planejadores e arquitetos paisagistas, uma vez que a dimensão espacial é a base comum entre o planejamento e ecologia da paisagem (BOTEQUILHA LEITÃO; AHERN, 2002; DRAMSTAD; OLSON; FORMAN, 1996).

A ecologia da paisagem aplicada em área urbana é ainda mais recente, sendo que o primeiro artigo focado exclusivamente ao estudo da paisagem urbana é do final da do século XX (HOBBS, 1988), mas só a partir do século XXI é que se observou um grande salto em termos de números de pesquisas (FRANCIS; MILLINGTON; CHADWICK, 2016).

O ambiente urbano, devido a sua complexidade, é um mosaico extremamente heterogêneo, de modo que em poucos quilômetros, pode-se encontrar uma grande variação de uso e cobertura do solo com mudanças abruptas, de um parque com predominância florestal para uma área industrial completamente impermeabilizada.

O modelo espacial amplamente adotado na ecologia da paisagem para entender os padrões espaciais na paisagem é composto pelos elementos mancha- corredor- matriz desenvolvido por Forman e Godron (1986). A matriz é o ambiente ou elemento predominante na paisagem, já as manchas e os corredores são elementos que se diferem da matriz em sua composição, estrutura e função, ou seja, são ambientes distintos de seu entorno. (FORMAN; GODRON, 1986).

No planejamento de áreas verdes na escala da cidade, as manchas são os fragmentos compostos por vegetação, e outras superfícies naturais, como corpos d'água, que se encontram nos espaços livres urbanos (parques, praças, fragmentos florestais, áreas alagadas (de brejo), cemitérios, terrenos baldios, áreas esportivas e de recreação). Os corredores são fragmentos alongados constituídos pelos mesmos elementos das manchas (parques lineares, caminhos arborizados ao longo de canais, rios e córregos, matas ciliares, orlas, espaços livres de áreas servidão como linhas de alta tensão, gasodutos, oleodutos, aquedutos) (BOTEQUILHA LEITÃO; AHERN, 2002; FORMAN, 2014; FRANCIS; MILLINGTON; CHADWICK, 2016; MAGALHÃES, 2013). A matriz corresponde às áreas urbanizadas (BIONDI; KISCHLAT, 2006; PELLEGRINO et al., 2007) ou estão relacionadas com o uso do solo, o que inclui todas as áreas residenciais, mistas, comerciais, industriais e institucionais, exceto as áreas verdes, como parques e praças (AHERN, 2007).

No entanto, podemos encontrar espaços livres vegetados menores, como jardins e espaços arborizados (consideradas manchas) em áreas residenciais, comerciais, industriais. Por isso não há um consenso na literatura sobre a definição de matriz urbana, pois depende da escala da análise.

Como esta pesquisa faz um recorte espacial, focando apenas nas áreas residenciais e mistas, adentramos a um nível de análise com maior detalhe. Assim, a “matriz residencial” denominada por alguns especialistas, em uma escala mais fina, também vai apresentar uma estrutura de mancha-corredor-matriz. A definição de mancha e matriz, na escala residencial, parte da classificação da cobertura do solo (FRANCIS; MILLINGTON; CHADWICK, 2016; MAGALHÃES, 2013; VERGNES; VIOL; CLERGEAU, 2012): as manchas correspondem à todas as superfícies com vegetação e a matriz, às áreas impermeáveis (edifícios e demais estruturas construídas, asfaltos e pavimentação).

Uma abordagem comum na ecologia da paisagem urbana é a análise dos atributos quantitativos da paisagem, como área, conectividade, heterogeneidade e mudanças dos componentes espaciais da paisagem ao longo do tempo, sendo que algumas pesquisas focam exclusivamente na estrutura e mudança das áreas verdes urbanas, e outros já a relacionam com a distribuição das espécies e a biodiversidade (FRANCIS; MILLINGTON; CHADWICK, 2016).

Os países mais atuantes na área de ecologia da paisagem urbana são EUA, China, Austrália, Coreia, Reino Unido, Canadá, Espanha e Suécia (FRANCIS; MILLINGTON; CHADWICK, 2016). Tanto os países da África como América do Sul apresentam baixa atuação, indicando a importância do desenvolvimento de novas pesquisas da área nestes locais e reforçando a relevância da contribuição desta pesquisa de doutorado no âmbito acadêmico e científico.

1.4.5. Métricas da paisagem

Nos últimos anos, o avanço do sensoriamento remoto e a acessibilidade em adquirir imagens de satélite de alta resolução permitiram explorar a paisagem em uma escala fina, favorecendo a ampla utilização de inúmeras métricas ou índices da paisagem nas cidades proveniente do campo da Ecologia da Paisagem (FRANCIS; MILLINGTON; CHADWICK, 2016). As métricas são úteis para mensurar e entender os padrões espaciais

caracterizando-as a partir do tamanho, da quantidade, da forma, isolamento e da distribuição dos elementos no espaço (DOBBS; NITSCHKE; KENDAL, 2017; MAGALHÃES, 2013).

A maior parte das pesquisas em áreas urbanas que utilizam as métricas da paisagem tem relacionado a estrutura da paisagem com o habitat de grupos taxonômicos específicos de mamíferos, répteis, anfíbios, principalmente, de aves, ou desenvolvido estudos preditivos do impacto das mudanças de uso no solo nas espécies estudadas. Outra aplicação é a caracterização e quantificação da estrutura da paisagem, a fim de relacionar com os padrões de ocupação do solo – tema no qual a presente pesquisa está inserida – ou com o impacto na provisão de serviços ecossistêmicos em determinado local (MAGALHÃES, 2013; SOARES; NETO; SOUZA, 2011).

As escalas espaciais da aplicação das métricas no ambiente urbano são diversas, da escala regional à escala local, do bairro, no nível de quadras e lotes (que é o caso desta pesquisa), auxiliando na definição de parâmetros de ocupação para estudos futuros de planejamento e subsídio a políticas públicas (MAGALHÃES, 2013).

2. O IMPACTO DA FORMA URBANA NOS ESPAÇOS VEGETADOS RESIDENCIAIS – UMA ABORDAGEM PRELIMINAR

2.1. Introdução

As pesquisas que estudam a relação entre as características morfológicas e tipológicas do espaço construído (densidade, altura e taxa de ocupação dos edifícios, configuração dos espaços construídos e livres, entre outras) e a oferta de áreas verdes, principalmente residenciais, a partir da escala da quadra ou do bairro (CASTRO et al., 2019; GUPTA et al., 2012; OSSOLA et al., 2019; SUN et al., 2019; TRATALOS et al., 2007b), são escassas, ainda mais sobre a perspectiva de cidades compactas verdes (SUN et al., 2019).

A literatura brasileira, que abordam esta temática, foi construída sob uma ótica descritiva e qualitativa (ARAGÃO, 2007; MACEDO, 1997, 2012, 2013, 2014; QUEIROGA, 2014, 2016; TAKAESU, 2012). Os estudos que geraram dados quantitativos por meio ferramentas de geoprocessamento (CAMPOS et al., 2009; CASTRO et al., 2019; SILVIO MACEDO; CUSTÓDIO; DONOSO, 2018) são muito recentes, e raros são aqueles que inserem a densidade como variável fundamental na análise (CASTRO, 2017; MACEDO; HULSMeyer, 2018) e no delineamento de estratégias e soluções urbanas para cidades mais verdes e compactas.

Este capítulo trata de uma análise preliminar e abrangente com o objetivo de testar a primeira hipótese, ou seja, investigar a influência da forma urbana na composição das áreas verdes residenciais e sua relação com a densidade habitacional no contexto brasileiro, especificamente na mancha urbana do Distrito Federal, por meio de uma abordagem quantitativa associada a técnicas de SIG e sensoriamento remoto.

2.2. Materiais e método

2.2.1. Área de estudo

O estudo de caso pertence ao Distrito Federal (DF) (46' 48" Sul, 47° 55' 45" Oeste), Brasil, as das Regiões Administrativas (RA's) de Brasília (Plano Piloto) e das “cidades satélites” Guará, Taguatinga, Águas Claras, Ceilândia e Samambaia⁸ (Figura 9). A área total do estudo de caso possui 104 Km² e abriga um pouco mais de 1 milhão de habitantes (IBGE, 2010).

8. O Distrito Federal (DF) tem uma estrutura administrativa própria. Ele não é considerado um Estado e nem possui municípios. Quando Brasília (Plano Piloto) foi criada existia a premissa que esta pudesse abrigar o máximo possível da população e que o excedente resultante do crescimento urbano iria ser acomodado em núcleos urbanos ao redor do núcleo central interligados entre si. Por isso, estes territórios foram denominados “cidades-satélites”. Por diversas razões, as cidades-satélites foram se formando desde a construção do Brasília e hoje elas são denominadas oficialmente Regiões Administrativas (RA's). Elas não possuem autonomia política de governo como um município e nem uma autonomia econômica, estabelecendo uma relação de dependência de serviços, comércio e empregos com Brasília. Por esse motivo, as cidades-satélites são consideradas como um bairro do Distrito Federal, cujo centro é o Plano Piloto (Brasília) (CARVALHO, 2016).



Figura 9. Imagem da área de estudo, que compreende as Regiões Administrativas de Brasília, Guará, Taguatinga, Ceilândia, Águas Claras e Samambaia. Crédito: autora.

A região do DF foi escolhida como primeiro estudo de caso nesta pesquisa devido a sua conformação sociopolítica peculiar e distinta de todas as outras regiões do país. As RA's apresentam padrões morfológicos diferentes entre si, mas homogêneo dentro delas, o que cria uma situação extremamente favorável para testar empiricamente a influência da forma urbana na escala do bairro.

Dentre as 34 RA's atuais do DF, foram escolhidas Brasília, Guará, Taguatinga, Águas Claras, Ceilândia e Samambaia, seguindo critérios de densidade e diversidade morfológica. As RA's selecionadas eram visualmente, as mais densas em termos construtivos, e segundo os dados do IBGE, tinham as maiores densidades habitacionais, além de apresentar uma ampla diversidade morfológica entre si. Por isso, tecidos urbanos compostos de grandes lotes de habitações unifamiliares com jardins, como por exemplo, Lago Sul, Lago Norte e Jd. Botânico, loteamento fechados ou chácaras suburbanas (CARVALHO, 2016) foram excluídas da análise.

Além disso, dentro das RA's escolhidas, foram excluídas as áreas de parques e quadras exclusivamente industriais ou comerciais, uma vez que o foco eram principalmente áreas mistas e residenciais.

Outro aspecto que reforça a escolha no DF é que os padrões morfológicos e tipológicos das RA's (com exceção de Brasília – Plano Piloto) se assemelham à realidade morfológica urbana brasileira, embora na maioria das cidades brasileiras, estes padrões ocorrem de forma mesclada e heterogênea no tecido urbano. Mas apesar disso, a semelhança morfológica nos permite estendermos algumas conclusões gerais, obtidas no DF, para uma escala nacional (CARVALHO, 2016), respeitando, obviamente as especificidades históricas e socioeconômicas regionais.

Ceilândia e Samambaia possuem um padrão morfológico horizontal, compostos por habitações unifamiliares térreas ou assobradadas, de padrão construtivo baixo, com recuos frontais e de fundo, mas nem sempre com recuos laterais. Os edifícios ocupam a maior parte do lote, restando poucos espaços livres (CASTRO, 2017), conforme Figura 10.



Figura 10. Rua, fachadas das edificações e padrão de ocupação no lote em Ceilândia, DF. Crédito: Autora.

Taguatinga e Guará apresentam tanto habitações unifamiliares, como edifícios verticais que se estendem ao longo das principais avenidas ou agrupados em algumas quadras. Em geral, Taguatinga apresenta ruas e calçadas mais largas do que Guará, mas a forma de ocupação intralote é similar (Figura 11).



Figura 11. Rua, fachadas das edificações e padrão de ocupação no lote em Taguatinga (esquerda) e Guará (direita), DF. Crédito: Autora.

Águas Claras possui urbanização mais recente comparada com as regiões anteriores (ALBUQUERQUE, 2009; SILVA, 2016). Nesta pesquisa será analisado o padrão morfológico da porção norte desta RA, exclusivamente vertical, dotada por torres de até 36 pavimentos, isoladas no lote (Figura 12).



Figura 12. Rua, fachadas das edificações e padrão de ocupação no lote em Águas Claras, DF. Crédito: Autora.

Todas as regiões, mencionadas acima, foram construídas a partir de “Planos Satélites”, planejados e projetados para abrigar uma população de média e baixa-renda (CARVALHO, 2016). A Terracap (Agência de

Desenvolvimento do Distrito Federal) foi e continua sendo o órgão responsável pelo desenvolvimento imobiliário e incorporação dos Planos Satélites. Estas atividades incluem o processo de concepção, desenho urbano e definição das diretrizes de ocupação nos lotes e resultaram nos padrões morfológicos que acabamos de descrever.

Já Brasília (Plano Piloto) é fruto de um plano idealizado por Lúcio Costa e embasado nos conceitos modernistas de meados do séc. XX, que rompe com a implantação da quadra tradicional (edifícios são alinhados à rua). A estrutura e organização de Brasília difere totalmente das demais, principalmente porque segue diretrizes de ocupação a partir da quadra como unidade mínima de desenho urbano (e não do lote como nas outras RA's). A área residencial que selecionamos para o estudo localiza-se nas asas sul e norte do Plano Piloto. Elas são compostas predominantemente por edifícios alongados (edifícios lâmina) sobre pilotis, dispostos ortogonalmente em superquadras de 300 por 300 metros, e envoltos por generosas áreas verdes⁹. As quadras são abertas de forma que pedestres e veículos têm acesso por vias internas de circulação. Todos os espaços livres e sob os edifícios são públicos, permitindo que o pedestre caminhe por dentro das quadras sem barreiras ou muros (Figura 13).



Figura 13. Superquadras de Brasília, DF, com grandes espaços livres comum. Crédito: Autora.

A seguir, estão ilustrados, em imagens aéreas, os padrões morfológicos predominantes de cada Região Administrativa (Figura 14).



Figura 14. Padrões morfológicos do Distrito Federal selecionados para análise: (da esquerda para direita) **a)** Ceilândia/Samambaia. **b)** Taguatinga/Guará. **c)** Águas Claras. **d)** Brasília (Plano Piloto). Fonte: Google Earth, 2017.

Em uma etapa posterior da pesquisa, os padrões morfológicos das RA's selecionadas foram classificados em “tipos morfológicos” a partir das características comuns de suas estruturas físicas e serão detalhadas no próximo capítulo, junto com os padrões morfológicos de outras cidades.

⁹ Neste estudo, excluímos os setores de casas da asa sul e norte (Setor de Habitações Individuais Geminadas -SHIG e Setor Habitacional de Casas Geminadas-SHCG) pois o foco foi analisar tecidos urbanos mais densos. Os demais setores do Plano Piloto que não tinham usos residenciais também foram excluídos.

2.2.2. Classificação automática supervisionada

A classificação automática supervisionada baseada no pixel foi utilizada para o mapeamento e quantificação da cobertura do solo na área de estudo. Ela é uma técnica de sensoriamento remoto ágil e eficaz que classifica a cobertura do solo de imagens aéreas a partir de características espectrais e de textura. O produto final é uma imagem raster, cujos valores de cada pixel correspondem a uma determinada classe de cobertura (SILVA FILHO, 2004).

Esta técnica é denominada “supervisionada”, pois o classificador indica as unidades amostrais de pixels (treinadores) que representam cada classe de cobertura do solo para que o programa gere uma imagem classificada automaticamente. As classes são determinadas pelo próprio observador de acordo com seu propósito e o grau de detalhamento que ele deseja (HAMAMURA, 2013). As categorias de cobertura do solo definidas neste estudo preliminar foram: (1) área impermeável (edificação, pisos, asfalto e calçada), (2) vegetação arbustiva e herbáceas (inclusive gramíneas), (3) vegetação arbórea, (4) solo exposto, (5) sombra¹⁰.

Para este procedimento de classificação foi utilizado o módulo de extensão (plugin) *Dzetsaka*¹¹ que é executado dentro do ambiente do software QuantumGIS com o algoritmo de classificação *Random Forest*.

A acurácia da classificação foi avaliada pela estatística Kappa que é baseada em uma matriz de erro e utiliza técnicas de análise multivariada para determinar a concordância entre a imagem classificada e a verdade de campo. Os valores variam de 0 a 100%, sendo que o intervalo de referência considerado como uma excelente acurácia encontra-se entre 80 e 100% (LANDIS; KOCH, 1977).

As imagens aéreas foram cedidas pela Terracap e compreendem ortofotos de 2015, com alta resolução espacial de 24cm e 4 bandas espectrais (azul, verde, vermelho e infravermelho). A banda do infravermelho auxiliou a detecção mais eficaz da cobertura vegetal, pois nesta faixa observa-se uma alta reflectância da vegetação (FLORENZANO, 2011; PONZONI; SHIMABUKURO; KUPPLICH, 2012).

2.2.3. Variáveis e processamento dos dados

As variáveis utilizadas correspondem a densidade bruta domiciliar, densidade bruta populacional, renda média familiar, área de cobertura vegetal (árvores, arbustos, herbáceas e gramíneas) e de cobertura arbórea. Além dos dados absoluto e relativo (percentual) de cobertura arbórea, foi calculado um índice de cobertura arbórea por habitante, representada em m² de árvore por pessoa, para que seus valores fossem relativizados e passíveis de comparação com relação à oferta de espaços vegetados entre as RA's.

As densidades foram calculadas a partir dos dados de número de habitantes e domicílio fornecidos pelo último censo (IBGE, 2010) por meio da seleção dos setores censitários que pertenciam a cada RA. A renda familiar foi também obtida pelo último censo, a partir dos valores médios de renda familiar dos setores censitários.

As variáveis de densidade e renda foram calculadas e espacializadas no software QuantumGIS (QGis) e a quantificação da cobertura do solo foi obtida através do módulo de extensão LecoS- Land cover statistics dentro do mesmo software.

¹⁰ Esta última classe foi mapeada, mas não foi considerada para o cálculo de área e proporção na paisagem, uma vez que se trata da sombra de todos os elementos urbanos de grande porte como edifícios e árvores.

¹¹ Dzetsaka foi desenvolvido por Nicolas Karasiak originalmente para identificar diferentes classes de vegetação. O plugin foi aperfeiçoado ao longo dos anos e está disponível em todas as versões do QuantumGIS. Maiores informações podem ser obtidas em < <http://www.karasiak.net/> >.

2.3. Resultados e discussão

Brasília, é sem dúvida, o núcleo urbano com maior cobertura vegetal e arbórea, com 47% e 23% respectivamente. O segundo núcleo mais arborizado, Guará, apresenta uma grande diferença do primeiro, com apenas 7,5% de cobertura arbórea (Tabela 1).

Observa-se nas RA's, de forma geral, que as taxas de cobertura vegetal são relativamente altas (variando de 17 a 27%). Porém, os valores altos não são decorrentes da cobertura arbórea, e sim em função da classe de vegetação herbácea e gramínea (Figura 15 e Tabela 1). CASTRO et al. (2019) chegou a resultados semelhantes em termos de percentual de gramíneas, por meio de amostragem e classificação manual. É necessário lembrar que isso não significa que estes espaços livres sejam áreas verdes de elevada qualidade, uma vez que fatores qualitativos não foram levados em consideração nesta análise.

Águas claras, por exemplo, é um núcleo urbano recente, e, portanto, possui ainda muitos terrenos vagos o que contribui para o grande percentual de gramíneas (22%) e solo exposto (5%). Somado a isso, a RA possui grandes lotes nos quais foram lançados empreendimentos verticais. Os condomínios de torres altas seguem a tendência do mercado imobiliário brasileiro e oferecem ampla área de lazer, nas quais predominam diversos equipamentos comuns e superfícies impermeáveis (MACEDO, 2012), permeados por áreas ajardinadas de extrato herbáceo e poucos exemplares arbóreos (Figura 14.c). Ao caminhar por Águas Claras, verifica-se a ausência de arborização viária e a presença mais marcante de palmeiras nas calçadas (Figura 12). O levantamento da cobertura do solo confirma esta constatação visual, revelando uma cobertura arbórea de apenas 3%, muito semelhante aos achados por CASTRO et al. (2019).

Samambaia também apresenta alto percentual de gramíneas (27%) e solo exposto (7%) (Figura 15) em decorrência da grande quantidade de vazios urbanos e espaços livres superdimensionados vinculados ao sistema viário, como avenidas com largos canteiros.

O próprio Plano Piloto (Brasília) possui extensos gramados, representando 24% de toda a área (Figura 15). As Entreguadas Institucionais são o maior exemplo disso, pois apresentam amplos gramados, sem tratamento paisagístico e uso pela população (BELO FERREIRA, 2016; RIBEIRO, 2013). No Plano original de Lucio Costa, estas áreas foram destinadas para o lazer e cultura e deveriam ser ocupadas por equipamentos comunitários (BELO FERREIRA, 2016). Ademais, os extensos gramados do Plano Piloto deixam de cumprir, muitas vezes, diversos serviços ecossistêmicos, devido à ausência de uma estrutura e composição florística mais complexa com diferentes estratos e espécies nativas (ROCHA, 2011).

Tabela 1. Quantitativo de densidade, área verde, árvores nas Regiões Administrativas- DF, avaliadas. Fonte: Dados extraídos do IBGE (Censo 2010) e da classificação supervisionada de cobertura do solo.

RA*	Área (ha)	Densidade populacional (habitantes/ha)	Densidade habitacional (domicílios/ha)	Renda familiar (R\$)	Desvio padrão Renda (R\$)	Cobertura vegetal (%)	Cobertura arbórea (%)
Águas Claras	4.1	205.1	68.4	5819.82	1607.21	25.5	3.1
Samambaia	25.4	77.5	21.8	1227.79	814.28	31.1	3.8
Taguatinga	18.4	106.4	32.3	2487.04	1017.36	21.4	5.5
Ceilândia	2,565.8	126.5	37.5	1274.20	384.85	23.0	6.4
Guara	877.0	125.4	39.7	3472.87	1137.01	25.7	7.5
Brasília	21.8	82.1	31.4	7103.05	2499.31	46.8	22.9

*Nas RA's foram excluídos os parques e as quadras exclusivamente industriais ou comerciais.

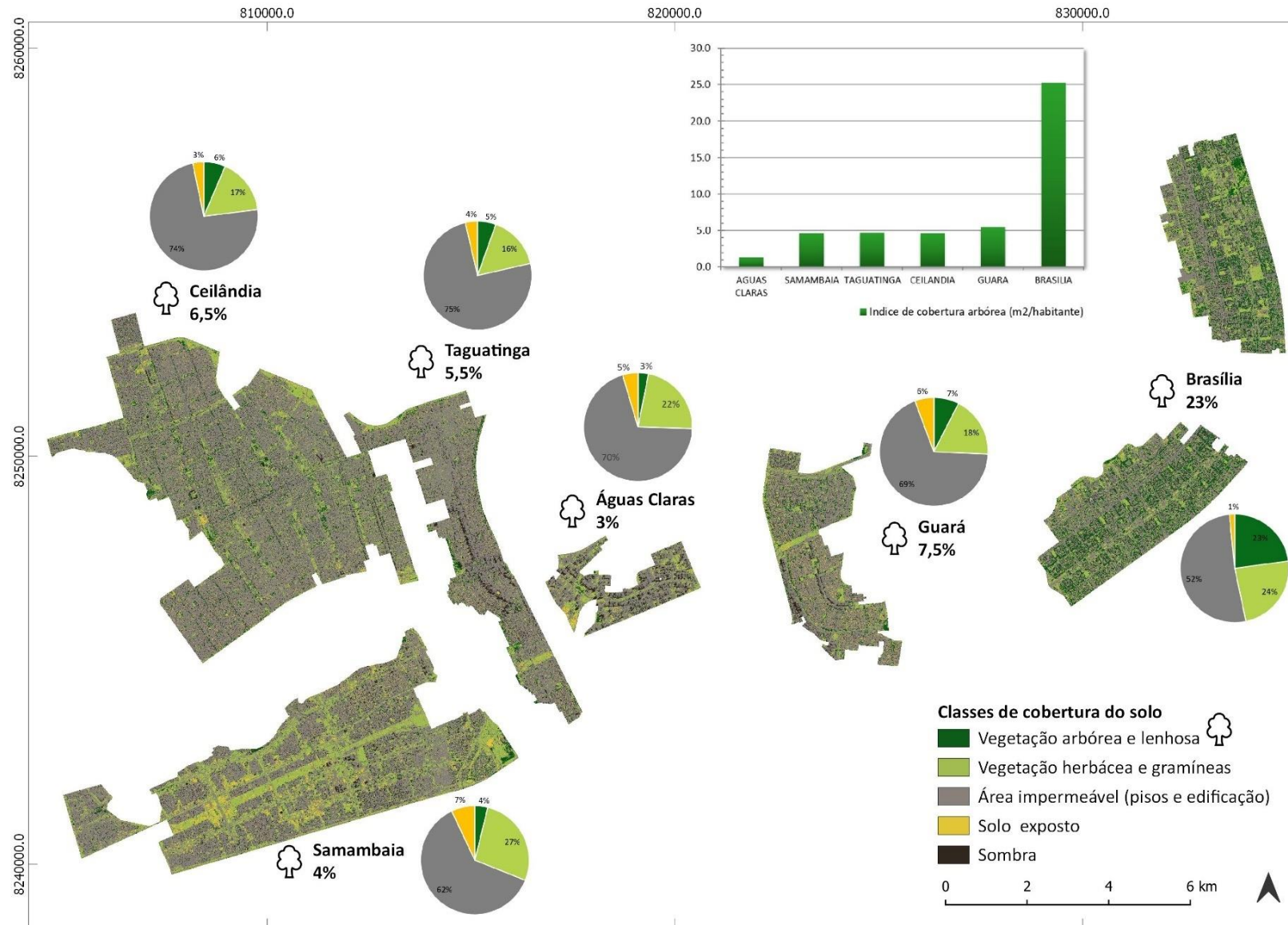


Figura 15. Mapa da cobertura do solo, com gráfico de pizza do percentual de cada classe (excluído a classe sombra) e Índice de cobertura arbórea (m²/habitantes) para cada RA.

Com exceção de Brasília (Plano Piloto), a área impermeável (edificação, pisos e asfalto) é indiscutivelmente predominante em todas as RA's, ocupando de 62 a 74% da área (Figura 15). Segundo Kohlsdorf et.al (2013), núcleos urbanos, como Ceilândia, Samambaia, Guará e Taguatinga, são representantes do “modernismo periférico”, ou seja, resultantes de projetos urbanos que seguiram “regras modernistas empobrecidas” caracterizada pela grande quantidade de superfície viária (superdimensionamento do sistema viário), setorização funcional e descontinuidade do tecido urbano.

Quando inserimos as variáveis de densidade na análise, outros dados interessantes são revelados. Por exemplo Brasília e Taguatinga têm valores similares de densidade habitacional média, no entanto, Taguatinga possui 18% a menos de cobertura arbórea (Tabela 1 e Figura 15). Esse fato nos leva a refletir sobre a influência da forma urbana no desempenho ambiental dos espaços urbanos.

Taguatinga é predominantemente horizontal e unifamiliar, e, por isso, não possui densidade habitacional muito alta. Embora ela apresente trechos verticalizados nas principais avenidas, o solo urbano é intensamente pavimentado e construído (75%), restando poucos espaços livres (Figura 16). Já Brasília, apesar de verticalizada, os edifícios laminares não ultrapassam 6 pavimentos e são distribuídos de forma espaçada, resultando em uma densidade habitacional próxima de Taguatinga e baixa comparada à Águas Claras e aos bairros verticais das demais cidades brasileiras. Os espaços livres entres os edifícios são preenchidos predominantemente por vegetação, o que justifica não só a alta cobertura vegetal, mas também alta cobertura arbórea (Figura 16).



Figura 16. Os padrões morfológicos de Brasília (à esquerda) e de Taguatinga (à direita) são muito distintos, mas possuem densidades habitacionais similares.

A figura 15 também nos traz os resultados do índice de cobertura arbórea que diz respeito à oferta de vegetação em relação ao número de habitantes. Como esperado, Brasília (Plano Piloto) possui a maior proporção ($25\text{m}^2/\text{habitante}$), e Águas Claras, a menor proporção ($1,3\text{m}^2/\text{habitante}$), em decorrência do baixo percentual de cobertura arbórea somado a alta densidade populacional. Já as outras RA's possuem índices bem próximos, entre 4 a $5\text{m}^2/\text{habitantes}$.

A renda foi inserida com o intuito de identificar se ao poder aquisitivo dos moradores influenciou de alguma forma o aumento da cobertura arbórea, como demonstram os estudos na literatura (MACEDO, 2012).

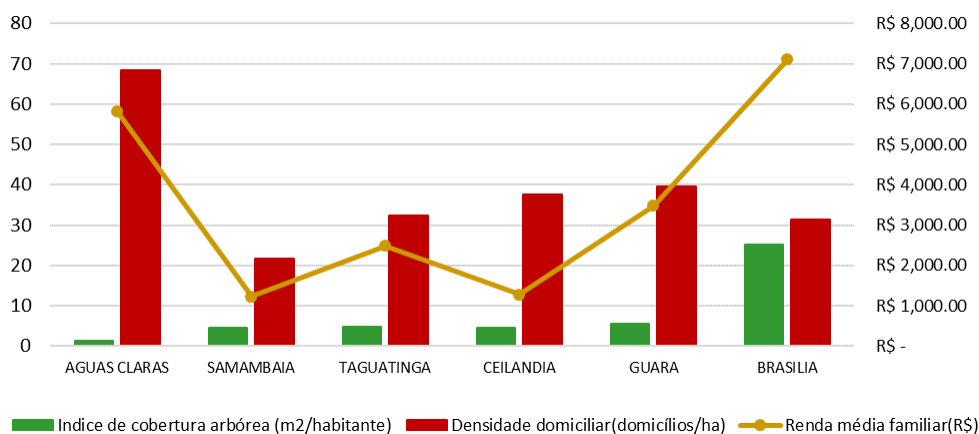


Figura 17. Gráfico de barras de três variáveis: Índice de cobertura arbórea, densidade habitacional e Renda média familiar das Regiões Administrativas avaliadas.

Os resultados apontaram que o desempenho tão distinto entre Brasília e Águas Claras em termos de vegetação parece estar muito mais relacionado às questões morfológicas e do desenho urbano do que à renda, visto que ambas possuem as maiores renda familiares médias entre RA's, R\$ 7.103,00 e R\$5.8019, respectivamente (Tabela 1). Ou seja, apesar de Águas Claras ter a segunda maior renda média, é a pior em termos de cobertura arbórea. Portanto, nem a renda e nem a densidade parecem ser fatores-chave que se relacionam com a cobertura vegetal. Essas constatações podem ser observadas na figura 17, ao confrontar as variáveis renda, densidade e vegetação em cada RA.

Como dito anteriormente, Águas Claras é densamente ocupada por edifícios altos¹² de padrão socioeconômico elevado, o que gera uma grande demanda por vagas de estacionamentos que são alocadas nos subsolos ou no nível térreo. No primeiro caso, não tendo vagas de garagem no térreo, os espaços livres e seus usos acontecem sobre laje e se destinam prioritariamente ao atendimento das demandas de lazer e recreação, sobrando poucos espaços físicos para arborização.

Ou seja, tanto áreas de estacionamento térreos como no subsolo limitam o plantio de árvores nos espaços livres intralote, principalmente, as de grande porte, que ficam restritas aos recuos frontais dos edifícios, e que muitas vezes, são substituídas por jardins com arbustos e palmeiras.

As limitações físicas atreladas à forma urbana, somadas ao afrouxamento normativo do poder público parecem ser fatores-chave que levaram Águas Claras a um desempenho tão ruim em termos de cobertura vegetal.

Como mencionado anteriormente, este resultado é preliminar, pois se obteve dados únicos para cada RA, não possibilitando uma análise estatística da variância dos elementos que compõem a cobertura do solo, e das densidades dentro de cada RA.

Nas demais cidades brasileiras, o tecido urbano tende a ser bem mais heterogêneo, como por exemplo, em São Paulo, que possui grandes variações dentro de um mesmo bairro. Tal condição exige a análise em uma escala mais fina, de maneira a captar os diferentes padrões morfológicos, o que é o foco do próximo capítulo. De qualquer forma, os resultados deste capítulo nos levaram a conclusões importantes que demonstram o impacto da forma urbana nos espaços livres vegetados.

¹² O plano original de Águas Claras determinava uma altura máxima de até 12 pavimentos para edifícios residenciais e 15 pavimentos para uso comercial. Devido às pressões do setor imobiliário, houve a flexibilização e o adensamento descontrolado, surgindo edifícios de mais de 36 pavimentos (SILVA, 2016).

3. DA LEITURA MORFOLÓGICA AO MAPEAMENTO

3.1. Introdução

A análise do desempenho de diferentes padrões morfológicos e tipológicos implica, antes de tudo, na identificação e classificação dos mesmos, a partir de atributos e características físicas do território. Nesse sentido, este capítulo é dedicado à classificação morfológica e tipológica das formas urbanas.

Segundo Argan (2000), o termo “tipo” pode ser atribuído ao esquema simplificado de um conjunto de variáveis relativas à forma e podem ser reconhecidas pela sua configuração (arranjo) e função (por exemplo uso institucional, residencial, comercial). Além disso, especialistas (LAMAS, 1992; ROSSI, 1964) reforçam a relação dialética entre tipologia edilícia e morfologia, uma vez que o espaço urbano depende dos tipos edificados e como eles se arranjam.

O tipo morfológico inserido em um contexto espacial pode ser também considerado uma unidade de paisagem (MACEDO, 2012), uma vez que ela possui um tecido urbano particular e homogêneo, resultante da repetição de padrões e atributos relacionados à forma de ocupação do lote, dimensão, distribuição, qualificação e usos das edificações e aos espaços livres (DOVEY, 2016; SILVA, 2014).

É neste contexto, que a pesquisa insere a abordagem conceitual e metodológica dos Tipos de Estruturas Urbanas (em inglês, *Urban Structure Types – UTS*), utilizada inicialmente por Wickop et al. (1998) e Banzhaf & Höfer (2008). As UTS compreendem áreas homogêneas no tecido urbano, na escala do bairro/vizinhança, com relação às características físicas dos elementos, como tamanho dos lotes, tipos de edifícios (uso, volumetria, taxa de ocupação, altura, padrão construtivo), a relação entre os edifícios na quadra (configuração, densidade, distribuição, etc.), espaços livres (tamanho das áreas verdes e sua configuração, áreas impermeáveis), e a relação entre os espaços livres e os edifícios (BANZHAF; HÖFER, 2008; HECHT et al., 2013).

As UTS têm sido utilizadas de forma crescente na literatura (BERGER et al., 2018; CASTRO et al., 2019; DOWNES et al., 2015; HECHT et al., 2013; HEIDEN et al., 2012; MOON et al., 2009; RÉQUIA JÚNIOR; ROIG; KOUTRAKIS, 2015; RUJNER; GOEDECKE, 2015; WEBER; HAASE; FRANCK, 2014) para o mapeamento das estruturas morfológicas do tecido urbano e entendimento do impacto da forma urbana nas dinâmicas da cidade em suas múltiplas dimensões (social, ambiental, ecológica e econômica).

Partindo do conceito da UTS, o objetivo deste capítulo foi desenvolver um método de mapeamento das áreas residenciais e mistas de alta densidade e classificação de seus padrões de ocupação, conforme suas características morfológicas, por meio de geotecnologias. Uma parcela deste conjunto de dados espaciais será amostrada para avaliação do desempenho dos tipos morfológicos em termos de densidade e cobertura vegetal (capítulo 4).

3.2. Materiais e métodos

3.2.1. Áreas de estudo

As áreas de estudo estão localizadas nas cidades de São Paulo, Berlim e Distrito Federal (DF). Uma das justificativas iniciais da escolha destas três regiões urbanas foi o fato destas apresentarem arranjos morfológicos distintos com cobertura vegetais aparentemente bem variadas. Mas, acima de tudo, estes arranjos morfológicos são

recorrentes em outras regiões urbanas, assim, o estudo não enseja uma avaliação comparativa entre três cidades em si, mas a avaliação de tecidos urbanos típicos e representativos de cidades, em países diferentes, elevando a discussão do desenho urbano para um patamar de importância e de interesse internacional. Busca-se, assim, enfrentar problemas urbanos globais – como a necessidade de adensamento e ofertas de espaços livres verdes - a partir de experiências locais.

O Distrito Federal, é considerado um campo experimental de desenho urbano (ACIOLY; DAVIDSON, 1998), e representa uma situação peculiar no contexto brasileiro e, portanto, interessante para estudos de análise urbana. Várias Regiões Administrativas do DF apresentam padrões morfológicos similares à outras cidades brasileiras, em contraposição à Brasília (Plano Piloto), que foi uma experiência única e totalmente inovadora para época em foi idealizada, seguindo diretrizes urbanísticas modernista, as quais são mantidas até hoje. Ela é um dos únicos núcleos urbanos brasileiros que rompeu com a lógica de planejamento lote-a-lote, pois foi concebida a partir de superquadras e unidades de vizinhança. Embora haja muitas críticas em torno dos conceitos modernistas, por não atenderem as necessidades da sociedade contemporânea (GEHL, 2013; HOLSTON; COELHO, 1993; JACOBS, 2011), não se pode negar a diferença entre Brasília e as demais áreas urbanas do Distrito Federal em termos da qualidade dos espaços livres e áreas verdes (ACIOLY; DAVIDSON, 1998; MACEDO, 2012).

As Regiões Administrativas consideradas neste projeto são: Guará, Taguatinga, Águas Claras, Ceilândia, Samambaia e Brasília, cuja a soma de suas áreas é 104 Km² e possui, aproximadamente, 1 milhão de habitantes.

Já o município de São Paulo, com uma área de 1.523 km², e 12.038.175 habitantes (IBGE, 2016), também possui padrões de ocupação e exigências legais urbanísticas atreladas ao lote (GONÇALVES et al., 2015; MACEDO, 2013), com muitos bairros horizontais, mas com outros intensamente verticalizados, preenchidos por altas torres residenciais, acima de vinte andares. Tais características fazem de São Paulo um caso representativo para a avaliação da morfologia vertical em contraste com a morfologia horizontal, que permeia toda a zona periférica da cidade (MACEDO, 2012, 2013; ROLNIK, 1997; TASCHNER; BÓGUS, 1996). Além disso, a capital paulistana, a partir das primeiras décadas do século XX, foi e continua sendo um centro urbano de referência do país e, por isso, possui grande poder de influência cultural e urbanística, disseminação e replicação de arranjos morfológicos para as demais cidades brasileiras (MACEDO, 2013).

Por fim, Berlim, com uma área de 891,82 km² e aproximadamente 3.431.700 habitantes, é considerada uma referência nos estudos morfológicos (LAMAS, 1992; PANERAI et al., 2004). É uma das cidades que mais tem inovado em termos de experimentações e novas propostas de desenho urbano desde o início do século 20, devido, principalmente, à reconstrução da cidade após duas guerras mundiais (BODENSCHATZ, 2010), e pelos esforços de reunificação da cidade após a queda do muro em 1989 (CALABI, 2008). Na década de 80, as iniciativas do IBA (Internacional Building Exhibition) se destacam pela revitalização e propostas de novas moradias para área central que foi arrasada pela guerra e que se encontrava ainda degradada (CALABI, 2008; DOVEY, 2016). É uma cidade que está em constante reconstrução e renovação, e segue uma lógica de planejamento que considera não apenas o lote, mas principalmente a quadra como unidade mínima de desenho urbano.

3.2.2. Critérios preliminares

O primeiro critério de seleção para o estudo dos padrões morfológicos a serem investigados diz respeito ao uso do solo. Como o objetivo da pesquisa é investigar o equilíbrio entre cobertura vegetal e densidade, os objetos de estudo foram os locais aonde concentram o maior número de habitantes fixos, ou seja, as quadras residenciais e

mistas. Assim, excluiu-se áreas verdes públicas (parques e praças), quadras com áreas institucionais, industriais, e exclusivas de comércio e serviço.

Partiu-se da premissa de que os tipos morfológicos a serem investigados devessem apresentar alta densidades. Por isso, o segundo critério foi o estabelecimento de um limiar de densidade líquida mínima de 30 domicílios/há. Este parâmetro foi resultado de fundamentação teórica na literatura combinada a análise exploratória de dados das regiões-sede dos estudos de caso (São Paulo e Berlim, e parte da região urbana do Distrito Federal)¹³.

O conceito de alta e baixa densidade é relativo, uma vez que está condicionado às origens socioeconômicas, étnica-culturais, e ao modo de vida da população do local, que influenciam diretamente na forma de ocupação e configuração do espaço urbano. Alta densidade para uma cidade americana, por exemplo, tem um significado muito diferente do entendimento dos habitantes de uma cidade chinesa (GREATER LONDON AUTHORITY, 2015).

Como os estudos de caso estão localizados em países distintos, Brasil (São Paulo e Distrito Federal) e Alemanha (Berlim), a noção de baixa e alta densidade também podem variar. Buscou-se, portanto, estudos mais abrangentes e programas de políticas públicas urbanas que discutam ou fomentem o aumento de densidade habitacional tanto na Europa quanto nas Américas e estabeleçam parâmetros de densidade alta e baixa.

Dempsey & Jenks (2005) destacam a política pública habitacional da Inglaterra ao longo do século XX sobre o incentivo ao aumento da densidade. O último estudo que o autor cita e que estabeleceu padrões de densidade foi a publicação do governo local de Londres “*The Government’s Response to the Environment Transport and Regional Affairs Seventeenth Report, Housing*” (2000). Este normativo recomenda, como padrão de alta densidade, que novos empreendimentos tenham entre 30 a 50 domicílios por hectare¹⁴ (GREATER LONDON AUTHORITY, 2015).

Campoli (2007) em sua pesquisa sobre densidade (bruta) nas cidades americanas, estabeleceu alguns parâmetros através de estudos de caso reais, considerando baixa densidade o intervalo de 10 a 16 domicílios/ha cujo tecido urbano é composto por unidades unifamiliares isoladas no lote, com amplo jardim frontal e quintal nos fundos. Acima de 53 unidades/ha é considerado, pelo autor densidade alta onde predomina os edifícios multifamiliares.

Ao realizar uma análise exploratória dos dados de densidade habitacional líquida total em São Paulo, Distrito Federal e Berlim, notou-se que as amplitudes interquartílicas (entre o 1º e o 3º quartil) não são discrepantes entre as regiões urbanas (Tabela 2).

Berlim tem o menor valor do primeiro quartil, provavelmente, devido à grande quantidade de bairros na periferia de padrão residencial unifamiliar com generosos jardins. No entanto, o valor do terceiro quartil é intermediário, posicionando-se entre São Paulo e Distrito Federal. A mediana de Berlim é bem próxima ao limiar adotado.

Em São Paulo, os bairros com baixa densidade correspondem, em grande parte, às unidades unifamiliares isoladas com jardins de frente e fundo de lote, aos moldes cidade-jardim. Seus valores de densidade são inferiores ao primeiro quartil (30 domicílios/ha).

13 As regiões administrativas do Distrito Federal contempladas nesta pesquisa foram Brasília, Guará, Águas Claras, Taguatinga, Samambaia e Ceilândia pela proximidade entre elas e por apresentarem densidades acima de 30 domicílios/ha.

14 A densidade que o governo de Londres estabelece é a densidade líquida, ou seja, o cálculo do número de habitações ou de pessoas dividido pela área que corresponde exclusivamente ao empreendimento habitacional (do alinhamento do lote para dentro). Já a densidade bruta considera a área total da região, incluindo ruas, calçadas, praças e edifícios com outros usos, que porventura, estejam dentro da zona medida. Portanto, a densidade bruta é menor, equivalendo 50 a 65% da densidade líquida (ACIOLY; DAVIDSON, 1998; VARGAS, 2003).

Tabela 2. Intervalo de densidade habitacional líquida (domicílios/ha) entre o 1º e 3º quartil nos setores censitários de São Paulo, Distrito Federal e Berlim.

Densidade habitacional	São Paulo	Distrito Federal	Berlim
1º quartil	39.1	28.4	17.3
Mediana	70.3	49.2	31.6
3º quartil	136.3	75.6	108.0

Fonte: IBGE (Brasil)-Censo 2010 e Federal Statistical Office (Alemanha – 2014).

Em São Paulo e no Distrito Federal, o cálculo da densidade habitacional líquida foi estimada a partir dos dados do número de domicílios do IBGE (Censo 2010) associados a dados espaciais. Em Berlim, a densidade foi estimada a partir da densidade líquida populacional fornecida pelo Senate Department for Urban Development and Environment of Berlin e pelo número médio de habitantes por domicílio fornecido por Federal Statistical Office, Alemanha ¹⁵.

3.2.3. Tipos morfológicos

Definido o primeiro filtro com relação ao uso do solo, por meio da seleção de áreas residenciais e mistas do tecido urbano – e o segundo filtro, com relação ao limiar de densidade habitacional, a etapa subsequente compreendeu a interpretação visual e o reconhecimento dos diferentes padrões de ocupação, assim como nos estudos de Banzhaf; Höfer (2008); Rode et al.(2014); De Castro et al. (2019)- com auxílio de ferramentas como *Google Earth* e *Streetview*, e com as próprias imagens de satélite de alta resolução adquiridas para a pesquisa.

Em seguida, foram definidos os critérios morfológicos e tipológicos¹⁶ (SILVA, 2014) para classificação dos padrões de ocupação, baseado na abordagem metodológica de “tipos de estrutura urbana” (urban structure type -UST) (BANZHAF; HÖFER, 2008; HECHT et al., 2013; MOON et al., 2009; VOLTERSEN et al., 2014; WICKOP et al., 1998) ou igualmente denominada de “unidades de estruturas urbanas” (urban structure unity -USU) (HAGGAG; AYAD, 2002; OSMOND, 2011; PAULEIT; DUHME, 1998) ou “tipos morfológicos urbanos” (urban morphology types - UMT)(GILL et al., 2008) . Esta metodologia trata de uma forma de descrever e classificar espacialmente, na escala da quadra ou de vizinhança, áreas urbanas homogêneas em termos de cobertura e uso do solo e outras características físicas, como tamanho da edificação, densidade, arranjo e relação com as áreas livres (BANZHAF; HÖFER, 2008; HAGGAG; AYAD, 2002; HECHT et al., 2013; PAULEIT; DUHME, 1998). A figura 18 ilustra um exemplo de tipos de estruturas urbanas e suas principais características.

De acordo com Banzhaf & Höfer (2008), a classificação das UST’s depende da área de estudo e dos objetivos da respectiva análise. Por isso, a partir das referências de literatura sobre esta abordagem metodológica, foram selecionados os seguintes critérios para a classificação tipológica:

- Implantação dos edifícios, considerando a configuração (arranjo) dos edifícios na quadra e a intensidade de ocupação, e alinhamento em relação à rua e quadra;
- Volumetria e altura das edificações;
- Relação entre espaços construídos e livres;
- Relação entre espaços livres e espaços verdes em termos de tamanho e configuração, bem como áreas de estacionamento internas.

¹⁵ Dados de 2014. Disponível em: < <http://www.statistik-portal.de>>. Acesso em: 10/2017.

¹⁶ Segundo Silva (2014), os critérios morfológicos dizem respeito ao tipo de parcelamento, de quadra, de espaço público, à estrutura fundiária e à relação entre espaço edificado e espaço livre. Já os critérios tipológicos estão relacionados aos padrões de edificação no lote, como intensidade de ocupação do lote, verticalização, relação da edificação com a rua e com o entorno, área para automóveis, entre outros.

Associado à UST, a pesquisa também se fundamentou em estudos anteriores que já haviam classificados padrões morfológicos semelhantes ao dos estudos de caso em tipologia (AMORIM; TANGARI, 2006; DOVEY, 2016; FIGUEROA, 2006; MEINEL; HECHT; HEROLD, 2009; MIANA, 2010; NETTO; VARGAS; SABOYA, 2012; RODE et al., 2014; VARGAS, 2003) e pela literatura específica sobre o padrões morfológicos em São Paulo (CYMBALISTA, 1999; MACEDO, 1995, 1997, 2013, 2015; QUEIROGA, 2016), Distrito Federal (CASTRO et al., 2019; CASTRO, 2017) e Berlim (SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT, 2011)



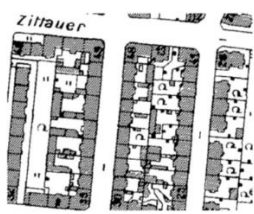

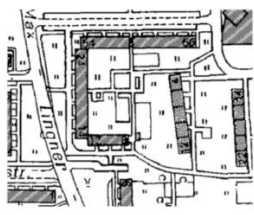
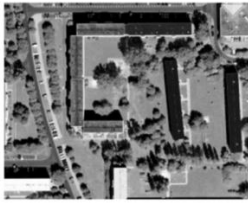
<p>Casas semi geminadas e isoladas Baixa densidade e baixa altura dos edifícios, lotes pequenos, taxa de área verde de 40 -70%, alta proporção de espécies arbóreas, baixa impermeabilização</p>		
<p>Casas geminadas contínuas com pátios internos edificadas Alta densidade construída, déficit de áreas verdes, alta impermeabilização (70 -90%)</p>		
<p>Conjuntos habitacionais construídos depois de 1960 Complexo de edifícios altos, alinhamento regular, habitação pré-fabricada: 4-12 pavimentos, taxa de área 25-80%, vegetação ruderal, impermeabilização média</p>		

Figura 18. Exemplo de tipos de estruturas urbanas e suas principais características. Fonte: Adaptado de BANZHAF; HÖFER, (2008).

A classificação final resultou em 8 tipos morfológicos:

- Tipo Vertical: quadra com edifícios verticais com 4 ou mais pavimentos (tipo torre), os quais estão isolados no lote (Figura 19);
- Tipo Horizontal: quadra com edifícios horizontais de até 3 pavimentos, os quais estão isolados ou geminados no lote (Figura 20);
- Tipo Misto: quadra com edifícios verticais e/ou horizontais que estão isolados ou geminados no lote (Figura 21);
- Tipo Tradicional: quadra fechada por edifícios contínuos e compactos formando vários pequenos pátios internos no miolo da quadra (Figura 22);
- Tipo Perimetral: quadra fechada por edifícios perimetrais, formando um único pátio interno (espaço livre) comum (Figura 23);
- Tipo Semiaberto: quadra semiaberta com edifícios semicontínuos, formando com ampla área livre comum interna e com conexões e acesso à rua (Figura 24);
- Tipo Moderno: quadra aberta com edifícios tipo lâmina dispostos, em geral, ortogonalmente sem alinhamento à rua (Figura 25);

- Tipo Contemporâneo: quadra com edifícios variados (torres, lâminas, semicontínuos) em quadra aberta datados a partir de 1990 (Figura 26).

Se faz necessário ressaltar que os oito tipos são frutos de basicamente de duas lógicas distintas de morfologia. Os três primeiros tipos (Vertical, Horizontal e Misto) são consequência de um arranjo e um controle normativo baseado no lote como unidade mínima de planejamento e desenho (CYMBALISTA, 1999; DIAS; PRESSER, 2014; GONÇALVES et al., 2015; JESUS, 2016; LOTUFO, 2017; MACEDO, 2013; SILVA, 2014). Já o Tradicional, Semiaberto, Moderno e Contemporâneo resultam de uma lógica de desenho urbano a partir da quadra. Isso não significa eles não possuam lotes e nem diretrizes atrelados a eles, mas os regramentos de ocupação do solo vão além do lote, estabelecendo relações entre os edifícios e entorno, e trazendo unidade à quadra.

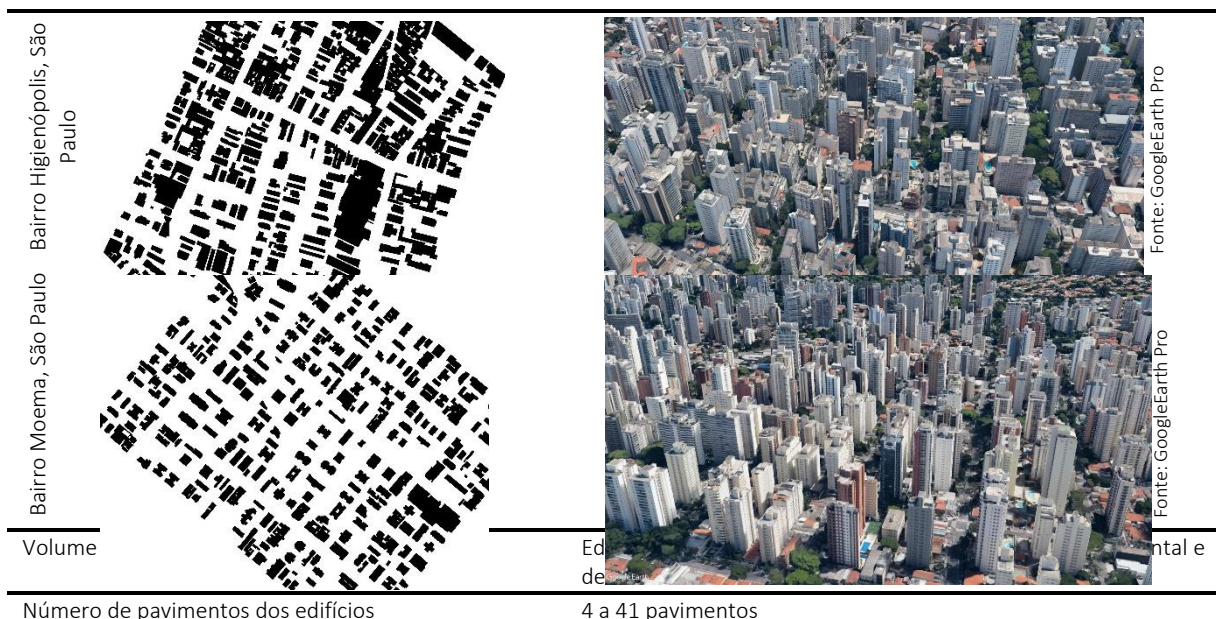
A seguir, são apresentados os quadros com informação mais detalhadas e ilustração de cada tipo morfológico.

O tipo Vertical (Figura19) representa habitações multifamiliares do tipo torre e seguem regulamentações de recuos nos quatro lados do lote e de taxas de ocupação máxima, que podem variar de uma região para outra.

Apesar de ser amostrada na cidade de São Paulo-SP e em Águas Claras-DF, o tipo pode ser encontrado em várias cidades brasileiras de médio a grande porte. Ela enseja um período de verticalização mais recente das cidades brasileiras a partir da década de 60 e 70 do século XX, fortemente influenciada pelos princípios modernistas da torre isolada no lote e, ao mesmo tempo, moldadas pelos planos diretores e leis de zoneamento mais restritivas quanto à taxa de ocupação do solo (MACEDO, 2012, 2013). Antes disso, os edifícios tinham apenas pequenos recuos frontais e de fundo, criando fachadas contínuas entre os edifícios, sendo que nas primeiras décadas do século XX não havia quase nenhum tipo de recuo. Tampouco havia preocupação com vagas de garagem. Após a década de 70, as legislações locais instauraram a obrigatoriedade de vagas de veículos para cada apartamento, criando, assim, as áreas de estacionamento nos subsolos ou no térreo (MACEDO, 2012, 2013).

Estes fatores, por si só, provocam uma significativa mudança na configuração e composição dos espaços livre intraquadra: a arborização no nível do solo se torna limitada às poucas áreas de fato permeáveis (sem garagens no subsolo) e os espaços livres vegetados se tornam mais fragmentados intraquadra, constituindo um tipo morfológico singular, como veremos com mais detalhes no capítulo a seguir.

VERTICAL Edifícios verticais tipo torre isolado



Configuração dos edifícios na quadra	Fragmentada e implantação individual (a partir do lote)
Permeabilidade	Solo predominantemente impermeável com garagens subterrâneas
Locais de ocorrência	São Paulo e Distrito Federal (Águas Claras)

Figura 19. Quadro do tipo Vertical (Edifícios verticais tipo torre isolados no lote) com mapa figura-fundo¹⁷, perspectivas e características gerais.

O tipo horizontal (Figura 20) é o que mais tem representatividade na paisagem urbana das cidades brasileiras, composta por edifícios horizontais com até 3 pavimentos, que incluem casas térreas ou sobradadas (unifamiliar) e sobreloja residencial (unifamiliar ou multifamiliar). Elas podem ter ou não recuos, visto que há uma significativa quantidade de habitações geminadas, sem recuo lateral e as mais antigas, sem recuo frontal. Apesar da intensa verticalização de São Paulo, este tipo é ainda predominante na cidade (MACEDO, 2012).

Partindo da densidade mínima de 30 domicílios/ha, o padrão de ocupação deste tipo resulta em espaços livres mínimos, definidos pelos recuos obrigatórios, que em muitas vezes são reduzidos ou suprimidos ilegalmente pelo proprietário do lote. Nem sempre estes espaços livres são vegetados, podendo ser destinados exclusivamente à garagem de veículos ou circulação. A presença de jardins e arborização no lote depende do poder aquisitivo, do estilo de vida e da necessidade de cada morador ou proprietário, gerando, na maioria das vezes, espaços verdes fragmentados e reduzidos (MACEDO, 2012; MAGNOLI, 1982).

HORIZONTAL Edifícios horizontais isolado ou geminado

Bairro da Penha, São Paulo		
	Ceilândia, Distrito Federal	
Volume edificado e forma de ocupação	Edifícios horizontais com ou sem recuos (frontal, lateral e fundo)	
Número de pavimentos dos edifícios	1 a 3 pavimentos (< 11m)	
Configuração dos edifícios na quadra	Fragmentada e implantação individual (a partir do lote)	
Permeabilidade	Solo predominantemente impermeável com garagens no térreo	
Locais de ocorrência	São Paulo e Distrito Federal (Ceilândia, Guará, Taguatinga, Samambaia)	

¹⁷ A linguagem figura-fundo é um dos recursos mais utilizados no campo da morfologia urbana para analisar os espaços construídos e livres, público e privado, distâncias e acessibilidade, além das demais relações entre os elementos conformadores do tecido urbano (DEL RIO, 1990).

Figura 20. Quadro do tipo Edifícios horizontais -isolado ou geminado no lote com mapa figura-fundo, perspectivas e características gerais.

Assim, como o tipo Vertical, o Misto (Figura 21) está muito presente na paisagem urbana brasileira, mesmo nas cidades de pequeno porte, consolidando o processo de verticalização no Brasil (MACEDO, 2012). Ela representa um tecido em transformação e em processo de densificação, não apresentando predominância nem de habitações horizontais e nem de verticais.

Apesar da amostragem ser em bairros de São Paulo, este tipo ocorre na maioria das cidades brasileiras como uma resposta ao aumento do valor da terra e à necessidade de otimização do uso do solo nas últimas décadas, adotando a verticalização como solução.

MISTO Edifícios horizontais e/ou verticais isolado ou geminado

V. Mariana, São Paulo			Fonte: GoogleEarth Pro
Bairro Moema, São Paulo			Fonte: GoogleEarth Pro
Volume edificado e forma de ocupação	Edifícios verticais (tipo torre) ou horizontais		
Número de pavimentos dos edifícios	1 a 41 pavimentos		
Configuração dos edifícios na quadra	Fragmentada e implantação individual (a partir do lote)		
Permeabilidade	Solo predominantemente impermeável com garagens subterrâneas		
Locais de ocorrência	São Paulo e Distrito Federal (Águas Claras)		

Figura 21. Quadro do tipo Misto (edifícios horizontais e verticais) com mapa figura-fundo, perspectivas e características gerais.

O tipo tradicional (Figura 22) teve seu apogeu entre final do século XIX e início do século XX, não só em Berlim como em muitas cidades europeias. São conhecidos também como “*Mietskaserne*”, espécie de cortiços ou apartamentos populares para alugar voltado para a classe operária, e se espalhou pelas regiões centrais de Berlim (BODENSCHATZ, 2010; CALABI, 2008). Os edifícios não só estão apenas alinhados ao perímetro da quadra, mas também possuem prolongamentos para os fundos, formando quadriláteros com pequenos pátios internos, que a princípio foram dimensionados minimamente para as manobras de carro e os equipamentos de bombeiros (CALABI,

2008), mas que no decorrer do tempo aumentaram e desempenha a função de ventilação e iluminação. O tipo Tradicional aparenta ser a morfologia mais densa da capital alemã e sua volumetria é resultado de regulamentações urbanísticas que determinou altura máxima de 25 m e pátios internos mínimos de 5,30m²(CALABI, 2008). Quando o térreo dos edifícios tem usos comerciais ou de serviço, estes pátios são, em geral, impermeáveis e utilizados meramente como acesso aos edifícios internos da quadra ou como local para disposição de resíduos orgânicos. (SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT, 2011).

Algumas quadras apresentam variações que foram classificadas como novas categorias pelo poder público local de Berlim, mas que aqui, para fins de simplificação, serão considerados uma única classe. Uma das variações tem como principal diferença o seu uso, pois inclui edifícios comerciais, industriais ou institucionais (serviços públicos) ou edifícios novos ou reformados que seguem o mesmo padrão de configuração. Porém, os pátios não necessariamente são cercados por edifícios nos quatro lados, sendo separados dos vizinhos por cercas ou muros, formando espaços livres assimétricos no interior da quadra, (SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT, 2011) .

A outra variação deste tipo apresenta jardins frontais e seus pátios internos receberam tratamento paisagístico desde sua concepção original (século XIX e início do XX). Eles possuem 4 pavimentos e se localizam no subúrbio de Berlim. Além do edifício principal (alinhado à rua), esta variação apresenta edifícios laterais (conectados com o edifício principal) ou um edifício posterior (no miolo da quadra), mas raramente os dois casos juntos (SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT, 2011).

Em geral, observa-se a ausência de garagens de veículos na arte interna da quadra. Assim, na maioria das vezes, eles são estacionados no alinhamento do meio fio da calçada externa ou pequenos bolsões externos à quadra.

TRADICIONAL Edifícios contínuos compactos em quadra fechada



Volume edificado e forma de ocupação

Edifícios verticais com fachadas contínuas (acompanha o alinhamento da quadra), sem recuo lateral e, frequentemente, sem recuo frontal, formando pequenos pátios internos

Número de pavimentos dos edifícios	4 a 6 pavimentos
Configuração dos edifícios na quadra	Perimetral a quadra, mas também com edificação no interior dela
Permeabilidade	Solo predominantemente impermeável com garagens externas (ao longo das ruas)
Locais de ocorrência	Berlim

Figura 22. Quadro do tipo Tradicional (Edifícios contínuos compactos em quadra tradicional fechada) com mapa figura-fundo, perspectivas e características gerais.

O próprio nome do tipo Perimetral já diz sobre a forma e configuração: edifícios perimetrais à quadra formando uma “moldura” contínua e um grande pátio ajardinado internamente (Figura 23). O tipo foi adotado entre as décadas de 20 e 40 do século XX e possui de 3 a 4 pavimentos. Em alguns deles há passagens semipúblicas que conectam os pátios ajardinados com a rua. Os espaços livres verdes oferecem também alguns equipamentos para os moradores, como playgrounds e bancos e são pouco subdivididas fisicamente por cercas. As áreas pavimentadas restringem-se a acesso e caminhos ou vagas de garagem, construídas posteriormente (SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT, 2011).

PERIMETRAL Edifícios perimetrais em quadra fechada

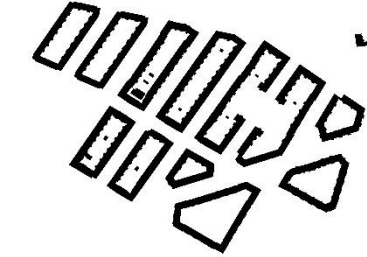

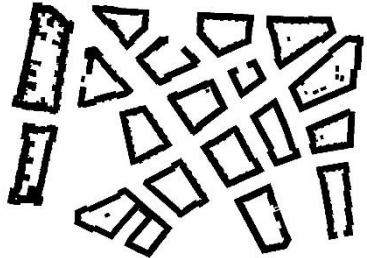

Helmholtzkiez, Berlim			Fonte: GoogleEarth Pro
Friedenai Berlim			Fonte: GoogleEarth Pro
Volume edificado e forma de ocupação	Edifícios verticais com fachadas contínuas (acompanha o alinhamento da quadra), sem recuo frontal e lateral, com um único jardim comum (pátio interno)		
Número de pavimentos dos edifícios	3 a 5 pavimentos		
Configuração dos edifícios na quadra	Perimetral a quadra (fechado)		
Permeabilidade	Solo predominantemente permeável com garagens externas (ao longo das ruas)		
Locais de ocorrência	Berlim		

Figura 23. Quadro do tipo Perimetral (Edifícios perimetrais em quadra fechada) com mapa figura-fundo, perspectivas e características gerais.

O tipo Semiaberto (Figura 24) tem início no pós-guerra com basicamente duas finalidades: (1) preencher alguns lotes vazios decorrentes da destruição das edificações existentes pela 2ª Guerra Mundial ou (2) construir novos arranjos em quadras inteiras que foram destruídas. A primeira imagem da Figura 24, ilustra a primeira

situação, com a implantação de novos edifícios em quadras tradicionais de Berlim. No entanto, ela não tem a configuração original de quadra fechada, estabelecendo algumas interrupções, e, assim, maior fruição por dentro da quadra e maior conexão dos espaços livres semipúblicos do interior com os espaços livres públicos exteriores.

A segunda imagem da é um exemplo da segunda situação: novas configurações que ocupam quadras inteiras, arrasadas durante a guerra, mas trazem uma releitura das configurações históricas anteriores, sempre mantendo uma relação com a malha viária. Assim, podemos ter desde edifícios que se assemelham aos perimetrais com grandes jardins internos até edifícios típicos de quadra mais compacta, sem constituir uma quadra fechada. Os fracionamentos do perímetro permitem o acesso ao miolo da quadra que assume um caráter semipúblico (FIGUEROA, 2006).

Neste contexto, nasce o movimento IBA (Internationale Bauausstellung), em 1987, uma exposição internacional de propostas pioneiras de remodelação de tecidos urbanos centrais tradicionais com edificações residenciais requalificadas e novas (CALABI, 2008). As propostas, que influenciaram várias cidades europeias, compreendiam, principalmente, o resgate da quadra perimetral e a releitura de tipologia histórica em quadras parcialmente consolidadas nas áreas centrais como uma resposta aos anos de degradação dessa região da cidade (ESKINAZI, 2007; FIGUEROA, 2006).

SEMIABERTO Edifícios semicontínuos em quadra semiaberta

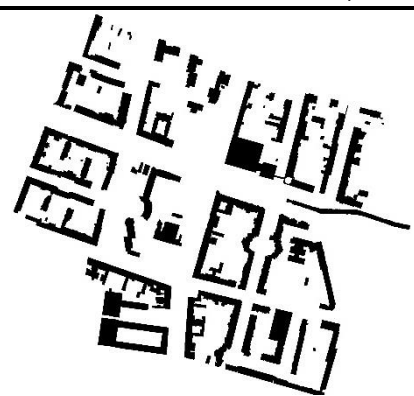
<p>Tiergarten, Berlim</p> 	 <p>Fonte: GoogleEarth Pro</p>
<p>Helmholtzkiez, Berlim</p> 	 <p>Fonte: GoogleEarth Pro</p>
<p>Volume edificado e forma de ocupação</p>	<p>Edifícios verticais com fachadas descontínuas, sem recuo frontal, formando um ou mais pátios internos</p>
<p>Número de pavimentos dos edifícios</p>	<p>5 a 6 pavimentos</p>
<p>Configuração dos edifícios na quadra</p>	<p>Perimetral a quadra com aberturas de acesso ao miolo da quadra (semiaberto)</p>
<p>Permeabilidade</p>	<p>Solo predominantemente permeável com garagens externas (ao longo das ruas)</p>
<p>Locais de ocorrência</p>	<p>Berlim</p>

Figura 24. Quadro do tipo Semiaberto com edifícios semicontínuos em quadra semiaberta com mapa figura-fundo, perspectiva e características gerais.

Os edifícios do tipo Moderno (Figura 25) são dispostos, na maioria das vezes, em paralelo ou ortogonalmente na quadra aberta, rompendo qualquer relação de alinhamento com a rua. Trata-se uma proposta iniciada no movimento moderno, a partir da década de 30 do século XX, com o desejo de romper com o modelo residencial vigente, denso e muitas vezes, insalubre, trazendo maior insolação, ventilação e áreas verdes no entorno da habitação.

No Brasil, a representação mais fiel deste pensamento, em larga escala, foi Brasília (Plano Piloto), inaugurada em 1957. Por isso, ela é considerada como um estudo de caso na pesquisa.

Em Berlim, este tipo surge no contexto da reconstrução da cidade, tanto no período entreguerras (décadas de 20 a 40) com o modelo *Siedlungen* (CALABI, 2008), como no pós-guerra (décadas de 50 a 70) do século XX. Inicialmente, os edifícios alongados eram dispostos paralelamente, com espaços livres estreitos e ainda preservavam uma relação de alinhamento com a rua. Algumas poucas implantações apresentam uma mistura de edifícios lâminas com semiperimetrais à quadra. Posteriormente, a partir da década de 50, a configuração dos edifícios rompe totalmente com o alinhamento da rua, e suas fachadas maiores se voltam no sentido Leste-Oeste para maior aproveitamento da insolação. Nas décadas seguintes, as disposições dos edifícios foram mais livres, construídas em um arranjo escalonado e deslocado ou arbitrariamente alinhadas. Com raras exceções - como em alguns bairros em Berlim que apresentavam torres, os edifícios eram predominantemente tipo lâmina, implantados espaçadamente, sugerindo, assim, uma baixa densidade habitacional.

MODERNO Edifícios tipo lâminas em quadra aberta

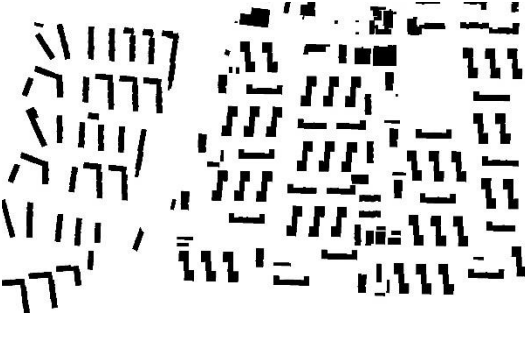
<p>Brasília, Distrito Federal</p> 	 <p>Fonte: GoogleEarth Pro</p>
<p>Charlottenburg Nord, Berlim</p> 	 <p>Fonte: GoogleEarth Pro</p>
<p>Volume edificado e forma de ocupação</p>	<p>Edifícios verticais, tipo lâminas, isolados sem alinhamento com a rua</p>
<p>Número de pavimentos dos edifícios</p>	<p>3 a 6 pavimentos</p>
<p>Configuração dos edifícios na quadra</p>	<p>Predominantemente ortogonal com ordenamento e uniformidade de implantação em quadra aberta</p>
<p>Permeabilidade</p>	<p>Solo predominantemente permeável com garagens no térreo e/ou subterrâneas (área de projeção do edifício)</p>
<p>Locais de ocorrência</p>	<p>Berlim e Distrito Federal (Brasília)</p>

Figura 25. Quadro do tipo Moderno (edifícios tipo lâmina em quadra aberta) com mapa figura-fundo, perspectivas e características gerais.

O tipo Contemporâneo (Figura 26), presente apenas em Berlim, compreende as construções a partir da última década do século XX em diante. Ele traz uma configuração e composição muito mais livre que o moderno, fazendo uso de edifícios já mencionados anteriormente, como tipo lâminas, torres e edifícios semicontínuos e semialinhados à quadra, mantendo, no entanto, uma coerência e unidade na configuração de cada quadra. Visualmente sugere uma densidade habitacional maior que o tipo Moderno devido a maior verticalização e espaçamentos menores entre os edifícios.

Segundo Figueroa (2006), a quadra aberta contemporânea é por essência um elemento híbrido conciliador. Permite a diversidade, a pluralidade da arquitetura contemporânea. Ela recupera o valor da rua e da esquina da cidade tradicional, assim como, entende a qualidade da autonomia dos edifícios modernos. A relação entre os distintos edifícios e a rua se dá por alinhamentos parciais, o que possibilita aberturas visuais e o acesso mais generoso do sol.

CONTEMPORÂNEO Edifícios variados em quadra aberta

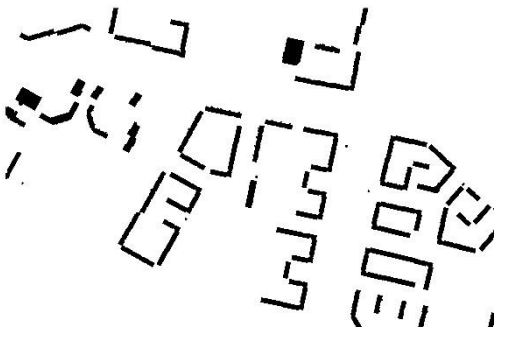



<p>Marzahn, Berlim</p> 	 <p>Fohte: GoogleEarth Pro</p>
<p>Lichtenberg, Berlim</p> 	 <p>Fohte: GoogleEarth Pro</p>
<p>Volume edificado e forma de ocupação</p>	<p>Mescla de edifícios verticais isolados (torres ou lâminas), com fachadas semicontínuas, parcialmente alinhados à rua</p>
<p>Número de pavimentos dos edifícios</p>	<p>3 a 28 pavimentos</p>
<p>Configuração dos edifícios na quadra</p>	<p>Livre, mas com ordenamento entre os edifícios e uniformidade de implantação em quadra aberta</p>
<p>Permeabilidade</p>	<p>Solo predominantemente permeável com garagens no térreo</p>
<p>Locais de ocorrência</p>	<p>Berlim</p>

Figura 26. Quadro do tipo Contemporâneo (edifícios variados em quadra aberta) com mapa figura-fundo, perspectivas e características gerais.

3.2.4. Mapeamento dos tipos morfológicos

O mapeamento dos oito tipos morfológicos urbanos, apresentados anteriormente, no território dos estudos de caso foi realizado de forma semiautomática e manual, pois dependeu da disponibilidade de dados e dos contextos espaciais de cada estudo de caso. Assim, foi desenvolvido um procedimento metodológico próprio para cada cidade, com auxílio das ferramentas de sistema de informação geográfica (SIG).

Tanto em São Paulo como Distrito Federal (DF), a unidade territorial mínima de análise foi o setor censitário do IBGE, uma vez que os dados de número de habitantes e domicílios, necessários para gerar os dados de densidade, estão atrelados ao setor. Já em Berlim, a quadra foi a unidade mínima territorial utilizada para mapear os tipos morfológicos.

3.2.4.1. São Paulo

A metodologia tem início a partir do mapa de Predominância de Uso do Solo fornecidos pela Prefeitura de São Paulo (Anexo A). A classificação do órgão é baseada no uso predominante (igual ou maior que 60%) de cada quadra. Selecionou-se apenas as quadras residenciais ou mistas (classes de residência com comércio e serviços ou residências com indústria e armazéns) conforme Figura 27, pois são estes usos que interessam na análise morfológica.

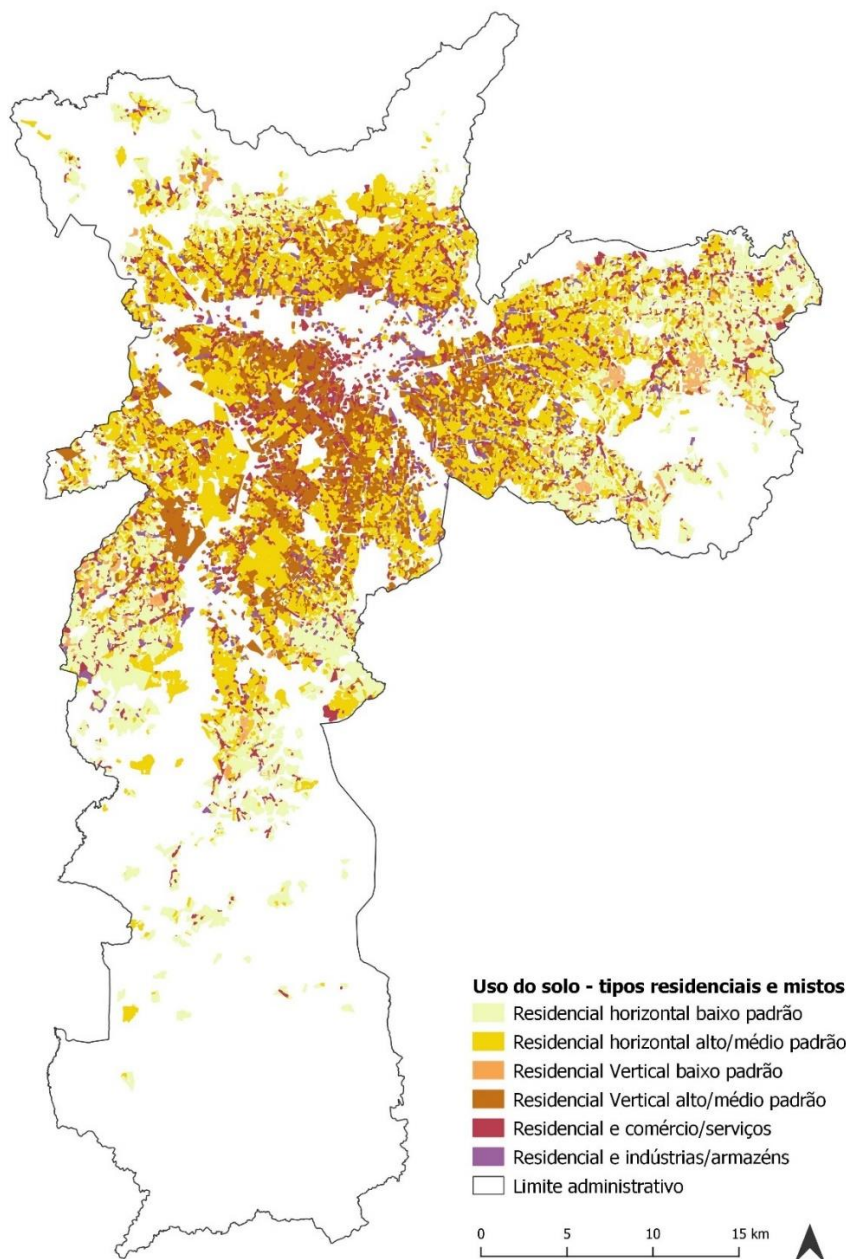


Figura 27. Mapa de usos residenciais e mistos do município de São Paulo. Fonte de dados da Prefeitura de São Paulo.

Assim, as diferentes categorias de quadras residenciais foram unificadas e sobrepostas aos setores censitários do IBGE, de forma a selecionar exclusivamente os setores que continham apenas quadras residenciais ou mistas, evitando incluir quadras de outros usos, ou ainda equipamentos e áreas verdes públicas, como praças e parques, distorcendo, assim, os dados de densidade habitacional e demográfica¹⁸.

Além disso, os setores censitários abaixo de 1 ha (menores que uma quadra) foram excluídos do universo amostral, pois são considerados muito pequenos, podendo distorcer os dados de cobertura vegetal e inviabilizar a comparação com os dados de Berlim que tem a quadra como unidade mínima.

¹⁸ Para selecionar setores censitários que continham apenas quadras residenciais e mistas, definiu-se um limiar mínimo de 65% de cobertura do setor com quadras residenciais e mistas.

A partir dos setores censitários selecionados, filtramos apenas aqueles que possuem acima de 30 domicílios/ha ou mais, descartando os demais. Com o auxílio da imagem de satélite (WorldView 2, de 2016), os tipos morfológicos urbanos encontrados foram: Horizontal, Vertical e Misto, como detalhado no item anterior “Tipos morfológicos”.

O maior desafio no mapeamento foi diferenciar os setores censitários do tipo Horizontal dos setores do tipo Misto, uma vez que eles estão muito mesclados no tecido urbano paulistano.

Primeiramente, foram identificadas manualmente, por meio da interpretação visual da imagem de satélite, os setores que continham o tipo Vertical, já que são poucos bairros que apresentam tal característica, e facilmente identificáveis. Após esta seleção, os setores restantes pertenciam aos outros dois tipos.

Para a separação das outras duas categorias utilizou-se os dados vetoriais de edificação fornecido pela Prefeitura de São Paulo¹⁹, que contém a altura dos edifícios. Seguindo o parâmetro de (QUEIROGA, 2016), todas construções iguais ou acima 4 pavimentos - equivalente a 11m de altura ou mais - foram selecionadas e sobrepostas aos setores censitários (Figura 28a). Selecionou-se então, apenas os setores censitários que continham estes edifícios.

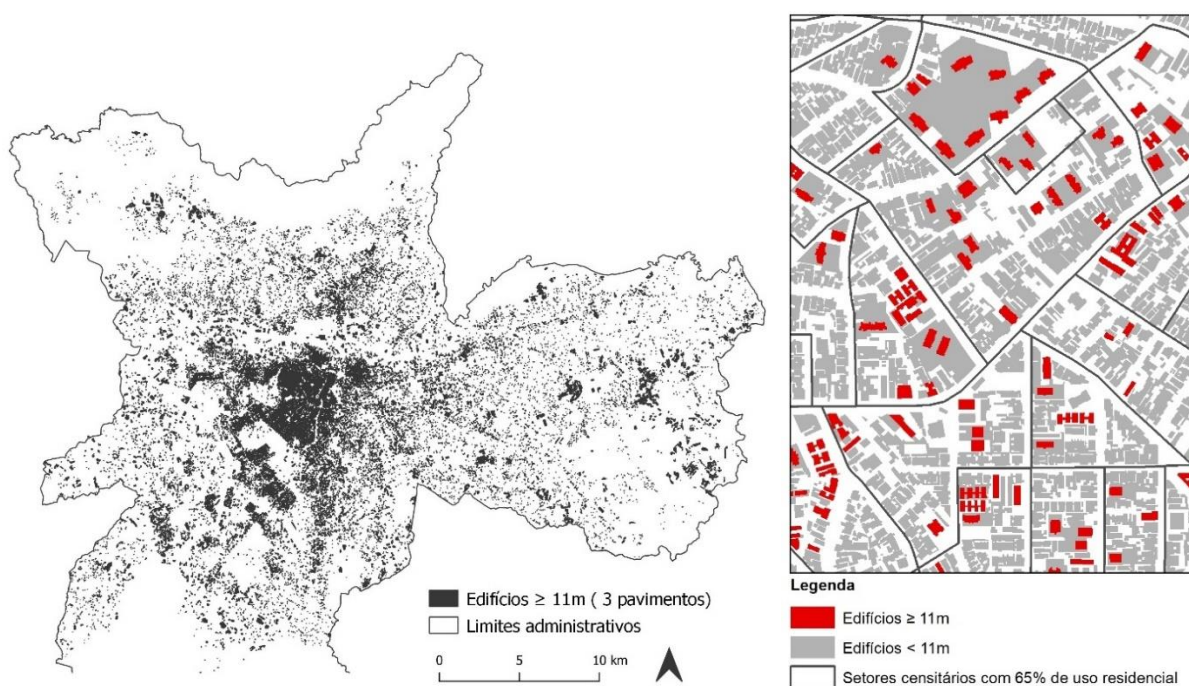


Figura 28. a) Mapa dos edifícios maior ou igual a 11m (acima de 3 pavimentos). Fonte de dados: Prefeitura de São Paulo (2004). **b)** Setores censitários “Mistos” que apresentam no mínimo 4% de sua área ocupada por edifícios igual ou acima de 11m. Fonte de dados: Prefeitura de São Paulo (2004).

No entanto, observamos que haviam muitos setores com número insignificante de edifícios (igual ou acima de 11m). Por isso, foi necessário estabelecer um limiar de área percentual mínima de edifícios dentro do setor para que este fosse considerado um tipo misto. Devido à inexistência de referência na literatura, após testes, foi estabelecido o limiar de 4% da área total do setor correspondente a área de edifícios (igual ou maior a 11m) (Figura 28 b).

¹⁹ O mapa de edificação foi elaborado a partir de imagens proveniente de sobrevôo em 2004. Dado disponível em: <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>>

Dessa forma, os setores foram classificados no tipo horizontal quando área de edifícios (de 11m ou mais) representavam menor que 4% do território ou eram inexistentes.

3.2.4.2. Distrito Federal

No caso do Distrito Federal (DF), com o auxílio dos dados de uso do solo fornecidos pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH) do DF, foram selecionados apenas os setores censitários que continham quadras predominantemente residenciais ou mistas, acima de 30 habitações/ha (densidade líquida) (Figura 29).

Como as Regiões Administrativas (RA's) contempladas neste estudo (Brasília, Guará, Taguatinga, Samambaia, Águas Claras e Ceilândia) são muito homogêneas em termos de morfologia, os tipos morfológicos foram facilmente identificados por análise visual: Brasília apresenta o tipo Moderno; Águas Claras, o tipo Vertical; Samambaia e Ceilândia, o tipo Horizontal; Guará e Taguatinga, os tipos Horizontal e Misto.

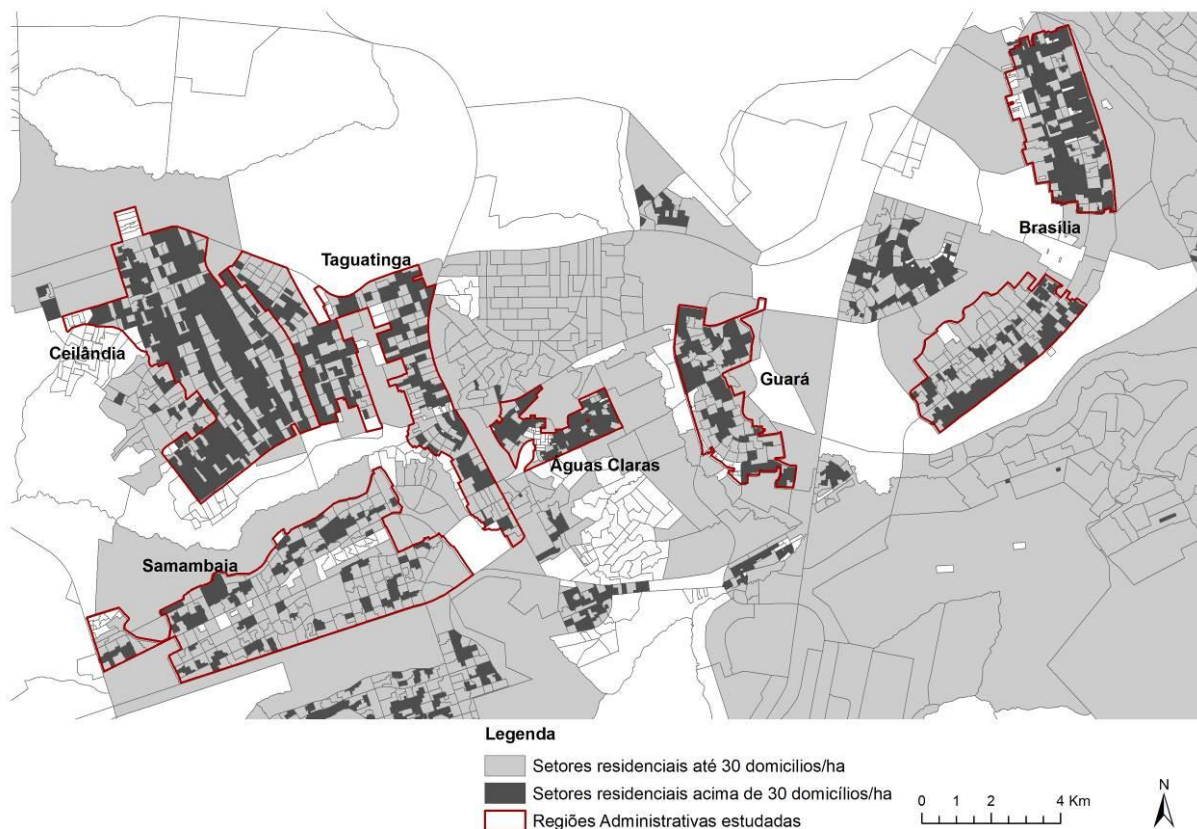


Figura 29. Mapa dos setores censitários com até 30 domicílios/ha e setores acima deste limiar de densidade em algumas Regiões Administrativas (RA's) do Distrito Federal.

Assim como foi feito em São Paulo, com o auxílio dos dados vetoriais de uso do solo do Governo Federal, foram selecionados os setores que continham apenas quadras residenciais e mistas, e posteriormente com mais de 1 ha.

3.2.4.3. Berlim

A metodologia de mapeamento dos tipos em Berlin partiu do mapa de Estrutura Urbana Diferenciada, fornecido pelo Senate Department for Urban Development and Housing²⁰, cuja metodologia é semelhante a UST de Wickop et al.(1998) e Banzhaf; Höfer (2008) . Este mapa apresenta a quadra urbana como unidade mínima de área - assim como outros dados espaciais disponibilizados pelo órgão - e compreende a classificação de diferentes estruturas urbanas de uso residencial denominadas também de tipos morfológicos. A classificação foi baseada na sua configuração, volumetria e idade dos edifícios residenciais, espaços livres resultantes e taxa de impermeabilização. Ao total são 62 categorias que foram organizadas em seis grupos de uso: (1) áreas residenciais de alta densidade, (2) áreas residenciais de baixa densidade, (3) comercial, industrial ou de serviços, (4) tráfego (transporte), (5) equipamentos públicos e usos especiais, e (6) áreas verdes públicas e espaços livres.

A partir do mapa de Estrutura Urbana Diferenciada, foi selecionado apenas o grupo das quadras residenciais de alta densidade, com área acima de 1 ha, e posteriormente, filtradas aquelas que tinham acima de 30 domicílios/ha (Figura 30). Como o interesse da pesquisa se concentra mais na morfologia do que na cronologia das edificações, os 11 tipos do grupo residencial de alta densidade foram sintetizados em 5 categorias finais já descritas no item “Tipos morfológicos”: Tradicional, Perimetral, Semiaberto, Moderno e Contemporâneo.

²⁰ O mapa de Estrutura Urbana Diferenciada de Berlim foi concluído em 2011 e obtido em: < <http://www.stadtentwicklung.berlin.de>>.

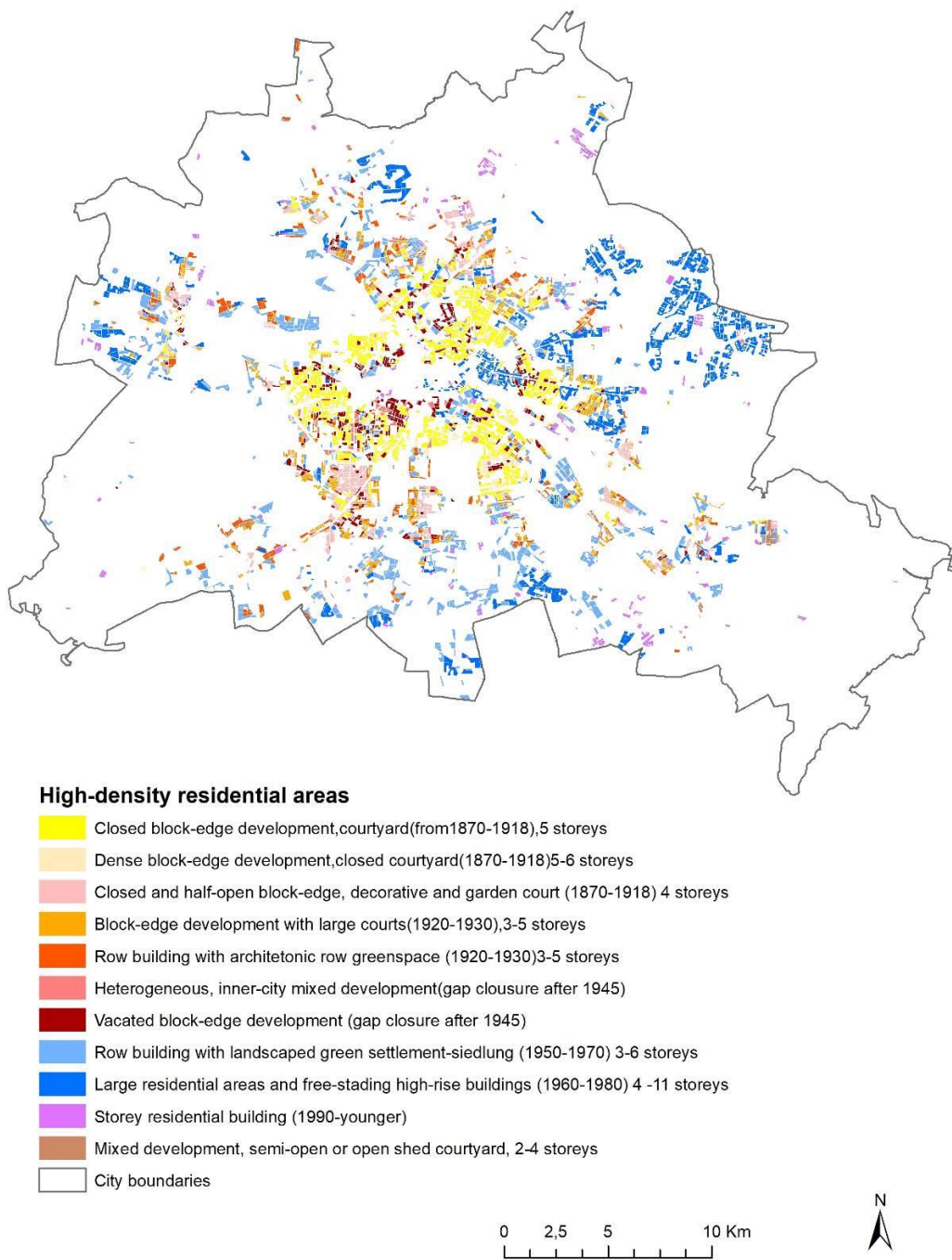


Figura 30. Tipos residenciais de alta densidade classificados pelo Senate Department for Urban Development and Housing, Berlim de acordo com critérios de estrutura e arranjos entre os edifícios, relação com espaços livres e ordem cronológica das implantações.

A fluxograma a seguir (Figura 31) esquematiza e sintetiza o processo metodológico do mapeamento dos tipos morfológicos descrito acima.

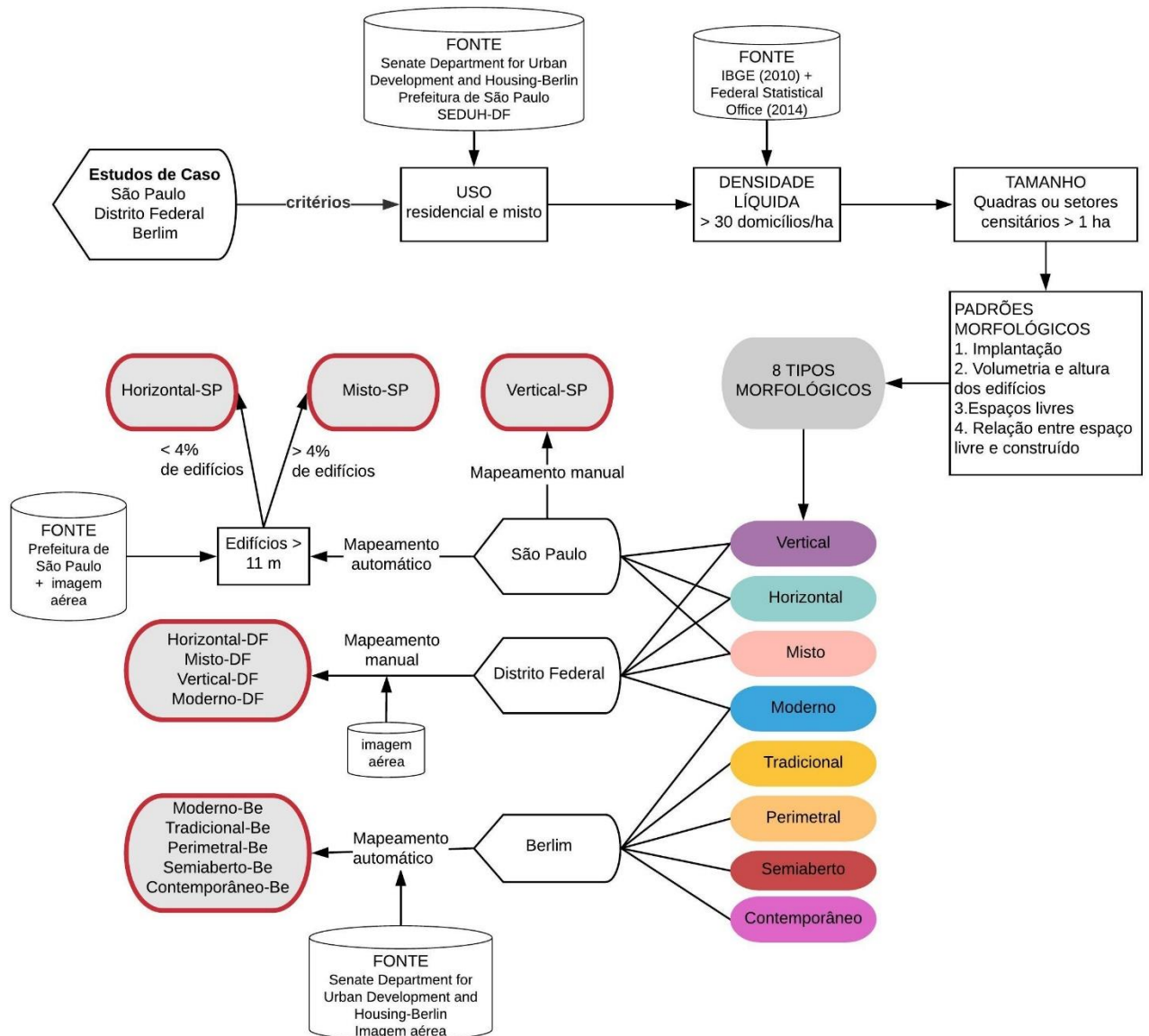


Figura 31. Fluxograma das etapas metodológicas para identificação e mapeamento dos tipos morfológicos.

3.3. Resultado do mapeamento e discussão

As imagens a seguir apresentam o resultado final do mapeamento dos tipos morfológicos em São Paulo, Distrito Federal e Berlim.

Na capital paulistana, o padrão espacial da verticalização já descrito por Rolnik et al. (1990), Taschner & Bógus (1996) e Macedo (2013) se manteve, concentrando-se na região central e estendendo em direção ao sudoeste da cidade (Figura 32). Alguns focos de verticalização que estão fora destas regiões (a leste) compreendem, em sua maioria, conjuntos habitacionais populares construídos pelo Estado durante da década de 80 do século XX.

Apesar de São Paulo estar associada à imagem de cidade altamente verticalizada (QUEIROGA, 2016), o tipo Vertical, que são setores censitários compostos predominantemente por torres residenciais isoladas no lote, representou apenas 4% da área residencial de alta densidade (acima de 30 domicílios/ha).

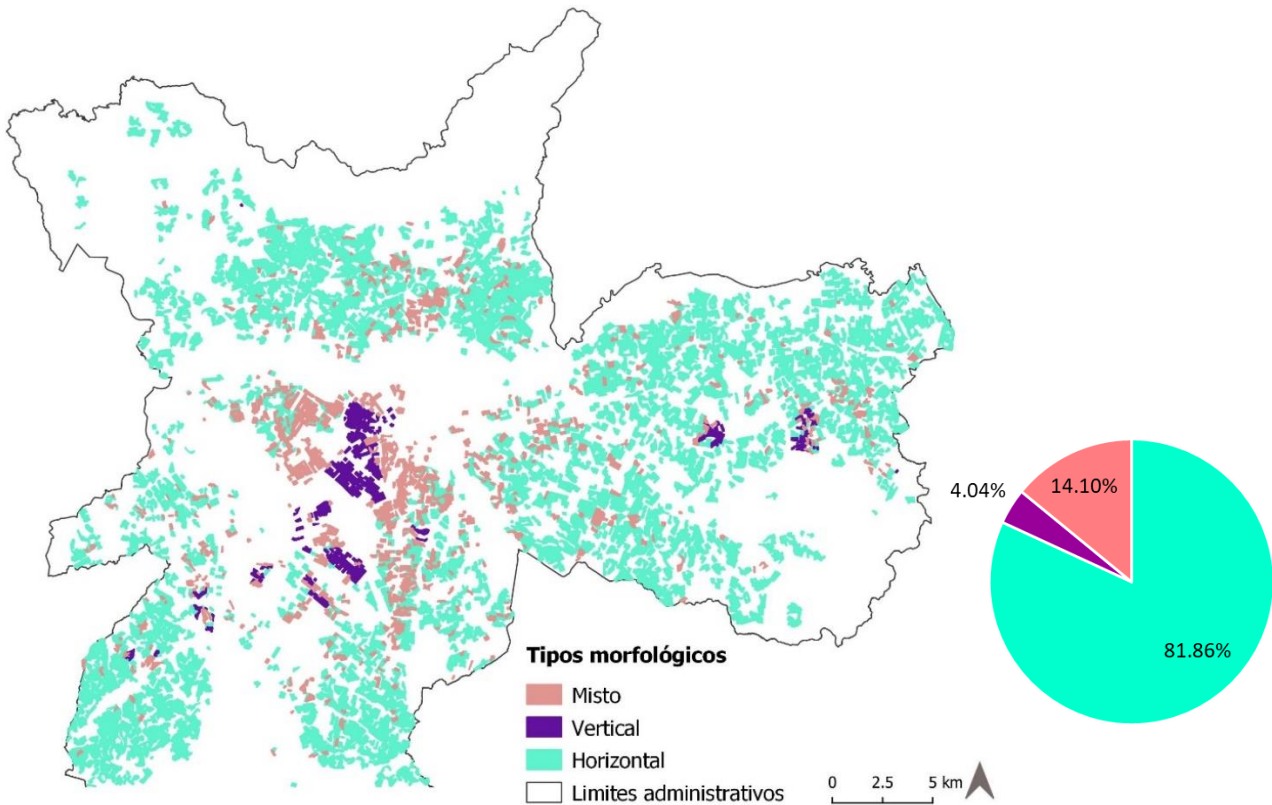


Figura 32. Mapeamento dos setores censitários com os tipos Horizontal, Vertical e Mistos na cidade de São Paulo.

O tipo Misto, localizado em áreas mais centrais, ao redor do Vertical, mas com alguns pontos na região leste, norte e sul, representa 14%.

O tipo Horizontal, que indiscutivelmente é predominante em boa parte do território (exceto nas áreas centrais), em concordância com os estudos de Taschner & Bógus (1996); Cymbalista, (1999) e Queiroga, (2016), representa 81% do total dos setores censitários mapeados.

Os bairros horizontais nobres de regiões mais centrais da cidade (como Pacaembu, Jardim Europa, Alto de Pinheiros, etc.), conhecidos como bairros-jardins e compostos apenas por casas isoladas em grandes lotes e circundada por jardins, não foram incluídos na pesquisa, pois apresentam densidades abaixo de 30 domicílios/ha. O tipo Horizontal mapeado aqui é mais denso, com alta taxa de ocupação e lotes com área mínima, muito distinto dos bairros-jardins.

No Distrito Federal (Figura 33), podemos ver claramente a distribuição espacial dos padrões morfológicos em concordância com os estudos de CASTRO (2017) e CASTRO et al. (2019). Estes padrões são bem distintos entre si e segregados, consequência de um desenvolvimento disperso e fragmentado (OJIMA, 2007), permitindo facilmente o reconhecimento visual da composição morfológica, diferentemente de São Paulo que é mais heterogênea e mesclada.

Praticamente todos os setores de Ceilândia e Samambaia pertencem à tipo Horizontal. Guará e Taguatinga possuem tanto setores Horizontais, como Mistos. Ao total, o tipo Horizontal representa 43% das áreas residenciais mais densas do DF e o Misto, 14% (Figura 33).

Já Águas Claras possui um padrão morfológico mais contemporâneo que se iniciou na década de 90 do século XX e se destaca das demais, pois é a única RA que possui exclusivamente torres, isto é, ela é a única representante do tipo Vertical, equivalente a 5% da área mapeada.

Brasília (Plano Piloto) também se sobressai com sua composição predominante de edifícios lâminas em superquadras abertas cujo térreo é totalmente permeável em termos de acessibilidade e representa exclusivamente o tipo Moderno, que equivale a 39% (Figura 33).

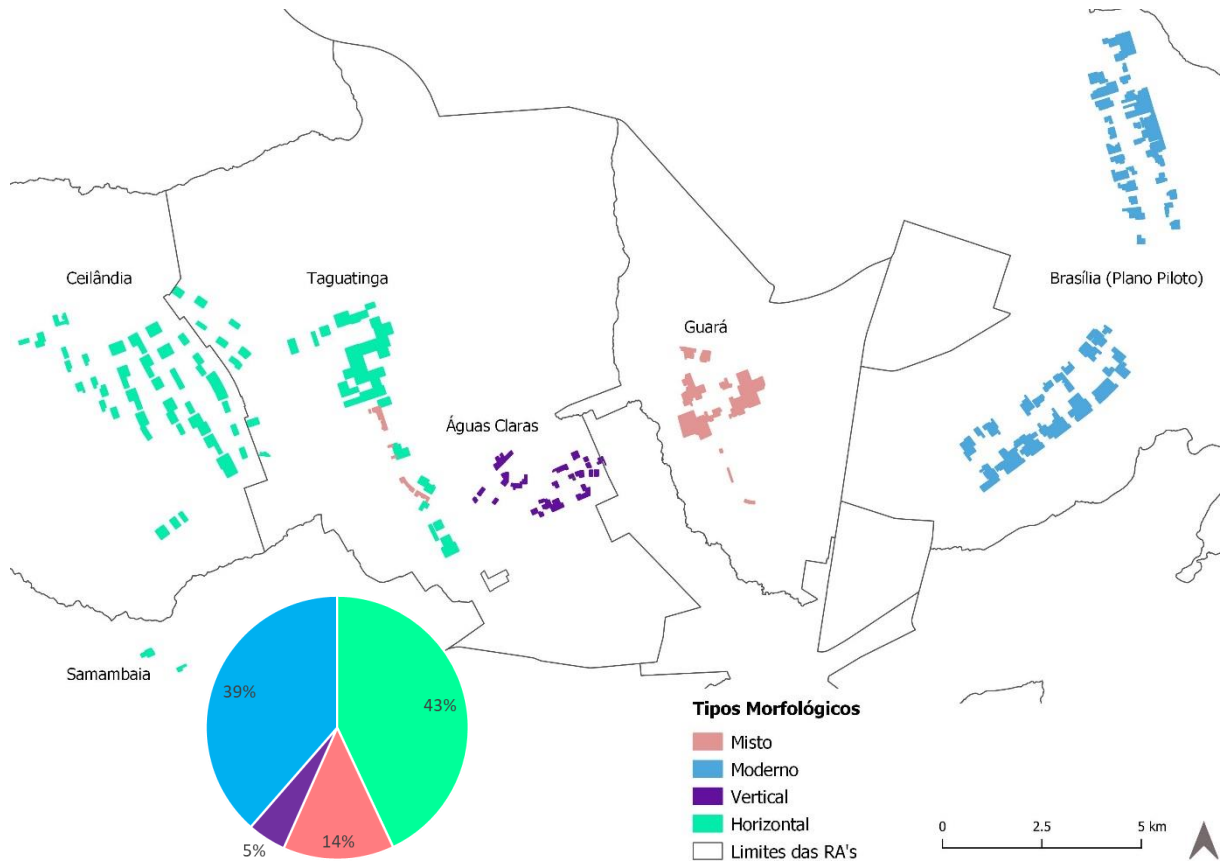


Figura 33. Mapeamento dos setores censitários: tipos Horizontal, Vertical, Mistos e Moderno nas Regiões Administrativas (RA's) de Ceilândia, Samambaia, Taguatinga, Águas Claras, Guará e Brasília, no Distrito Federal.

O resultado do mapeamento dos tipos de Berlim revela um padrão cronológico-espacial (Figura 34) semelhante a anéis de crescimento e evolução da cidade. Os tipos mais antigos, ou que propõe intervenções em bairros mais antigos e consolidados são o Tradicional, o Perimetral e o Semiaberto, e estão concentrados na região central da cidade. Já o tipo Moderno, que exigia novas áreas de implantações, ou o Contemporâneo, do final do século XX, estão distribuídos nas áreas circundante às áreas centrais ou nas áreas periféricas da cidade.

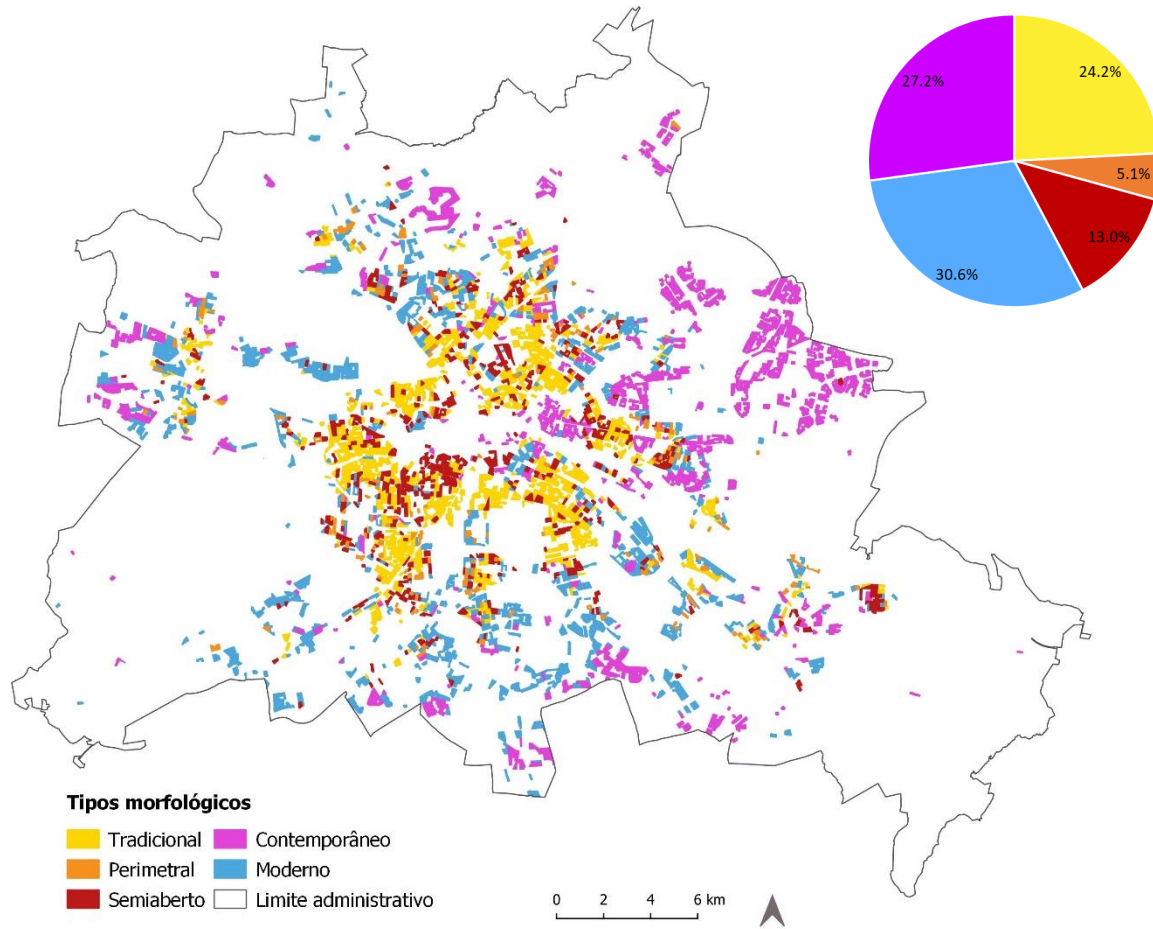


Figura 34. Mapeamento das quadras com os tipos Tradicional, Perimetral, Semiaberto, Moderno e Contemporâneo em Berlim.

4. CIDADES DENSAS E MAIS VERDES: UTOPIA OU REALIDADE?

4.1. Introdução

Conforme mencionado na Introdução, um dos grandes desafios das cidades contemporâneas é conciliar a necessidade do adensamento e maior oferta de áreas verdes intraurbana (ARTMANN; INOSTROZA; FAN, 2019a; HAALAND; VAN DEN BOSCH, 2015; SUN et al., 2019), uma vez que alguns especialistas consideraram esta questão antagônica ou paradoxal (DE ROO, 2000; NEUMAN, 2005).

Somente a partir de um planejamento integrado de cidade “verde e compacta” é que poderemos enfrentar os desafios socioeconômicos e ambientais da urbanização crescente (ARTMANN; INOSTROZA; FAN, 2019b; OECD, 2018). No entanto, para isso, os autores apontam a necessidade de compreender melhor as relações entre os elementos construídos e as áreas verdes e seus impactos multidimensionais e em escalas múltiplas.

As pesquisas mais recentes que buscam enfrentar este desafio mostram a necessidade de se considerar a multifuncionalidade das áreas verdes e paisagens de alto desempenho, baseado nos conceitos de infraestrutura verde e serviços ecossistêmicos (ARTMANN et al., 2019; GAVRILIDIS et al., 2019; HANSEN et al., 2019; LAFORTEZZA; GIANNICO, 2019), em virtude da escassez de terras urbanas para criação de novas áreas verdes. Mas poucos estudos (GUPTA et al., 2012; SUN et al., 2019; SUSHINSKY et al., 2013; TRATALOS et al., 2007a) relacionaram o tema de cidades verdes compactas, com a forma e o desenho urbano, principalmente na escala fina residencial (ARTMANN; INOSTROZA; FAN, 2019b).

Em termos de governança e políticas públicas brasileiras, o potencial de contribuição dos espaços livres residenciais no equacionamento deste dilema é muitas vezes negligenciado, uma vez que são considerados áreas residuais e não como sistemas (MACEDO, 1995). Segundo o autor, é necessário a revisão dos padrões de distribuição dos espaços livres intraquadra, principalmente o padrão verticalizado. Apesar da concepção ideológica modernista, que guiou a verticalização no Brasil (MACEDO, 2013), de que as torres isoladas “liberariam espaço” para amplos jardins e áreas de lazer em meio ao verde, parece não ter se concretizado nas cidades brasileiras, pois mesmo mais verticalizadas, elas carecem de vegetação.

O objetivo deste capítulo é analisar os tipos morfológicos de alta densidade presentes em três cidades (São Paulo, Brasília e Berlim) por meio de variáveis da paisagem e de morfologia urbana (inclusive densidade), para que possamos avaliar seus desempenhos e identificar os melhores padrões morfológicos a partir do conceito de cidades verdes compactas (“*green compact cities*”) (ARTMANN; INOSTROZA; FAN, 2019b). Ao tentar compreender as relações entre densidade, áreas verdes e morfologia urbana, por meio de estudos de caso reais, pretende-se extrair lições, estratégias e diretrizes de planejamento e desenho urbano.

A relevância desta pesquisa está alinhada aos argumentos de Artmann et.al. (2019b) sobre a necessidade e importância de estudos comparativos em diferentes cidades, bem como conceitos inovadores e estratégicas de planejamento mais abrangentes, para uma compreensão mais profunda das razões que levam algumas cidades a serem mais compactas e verdes que outras. Além disso, a pesquisa ganha uma importância ainda maior, visto que as pesquisas latino-americanas representam apenas 1% da literatura mundial sobre a relação entre adensamento e áreas verdes (HAALAND; VAN DEN BOSCH, 2015).

4.2. Materiais e métodos

4.2.1. Área de estudo

A área de estudo compreendeu quadras urbanas, predominantemente residenciais ou de uso misto, dos 8 tipos morfológicos horizontal, vertical, misto, tradicional, perimetral, semiaberto, moderno e contemporâneo das cidades de São Paulo, Brasília e entorno (DF), e Berlim., apresentados no Capítulo 3.

4.2.2. Variáveis

A fim de investigar como estabelecer um equilíbrio de espaços livres vegetados em tecidos mais densos, por meio do desenho urbano, os objetos de análise foram as edificações e a cobertura vegetal dentro das quadras. Das áreas construídas foram medidas seis variáveis: Densidade Populacional, Densidade Habitacional, Coeficiente de Aproveitamento, Taxa de Ocupação e Média de habitantes por Domicílio, (Tabela 3). As métricas de densidade são líquidas, ou seja, para o cálculo foi considerado apenas a área da quadra, excluindo o sistema viário.

Tabela 3. Quadro das variáveis de morfologia urbana com breve explicação, valores e interpretação dos dados

Código-Métrica	Fórmula	Descrição	Varição	Interpretação
POP Populacional	$POP = \frac{nh}{A}$ nh = número de habitantes A= área da quadra (ha)	É a razão do número de habitantes em uma ou mais quadras pela área da(s)mesma(s)	POP ≥ 0 Sem limites Unidade: habitantes/ha	A densidade populacional aumenta à medida que a quadra abriga maior número de habitantes
DOMIC Domiciliar ou habitacional	$DOMIC = \frac{nd}{A}$ nd = número de domicílios A= área da quadra (ha)	É a razão do número de domicílios em uma ou mais quadras pela área da(s)mesma(s)	DOMIC ≥ 0 Sem limites Unidade: domicílios/ha	A densidade habitacional aumenta à medida que a quadra abriga maior número de domicílios.
CA Coeficiente de aproveitamento (ou Densidade construída)	$CA = \frac{ac}{A}$ ac = área construída total de edificações (incluindo todos os pavimentos) (ha) A= área da quadra (ha)	É a razão da área construída total em uma ou mais quadras pela área da(s)mesma(s)	CA > 0 Sem limites Sem unidade	O coeficiente de aproveitamento aumenta à medida que a quadra comporta uma área construída maior, seja em extensão (horizontal) ou em número de pavimentos (vertical).
TO Taxa de ocupação do solo	$TO = \frac{ap}{A} \times 100$ ap = área de projeção dos edifícios no solo (ha) A= área da quadra (ha)	É a razão entre área de projeção dos edifícios, (área que os edifícios ocupam no solo) e a área da quadra multiplicado por 100.	0 ≤ TO < 100 Unidade: porcentagem	A taxa de ocupação se aproxima de 100% à medida que a área ocupada por edifícios aumenta, restando poucos espaços livres.

Código-Métrica	Fórmula	Descrição	Variação	Interpretação
HAB Média de habitantes por domicílio	$RES = \frac{nh}{nd}$ <p>nh = número de habitantes nd = número de domicílios</p>	É a razão entre o número de habitantes e o número total de domicílios de uma ou mais quadras.	MOR > 0 Unidade: residentes/domicílio	A média de habitantes por domicílio cresce conforme o número de habitantes aumenta ou o número de domicílios diminui.

Já as variáveis escolhidas para mesurar a composição e a configuração da cobertura vegetal, pertencem ao grupo das métricas da paisagem, as quais são muito utilizadas pela ciência da ecologia da paisagem para compreender os padrões e relações espaciais da cobertura e uso do solo e suas condicionantes em termos de forma, função e processos ecológicos.

Conforme explanado no capítulo 1 (Introdução), nesta pesquisa, os espaços vegetados são as manchas (*patch*) e as superfícies impermeáveis do tecido urbano, tanto edificações, como pavimentação, correspondem a matriz (*matrix*).

A escolha das variáveis da paisagem exigiu uma revisão bibliográfica sobre o significado e utilidade de cada uma (MCGARIGAL, 2015), principalmente das mais utilizadas nos estudos das áreas verdes urbanas (ROCHA; BORGES; MOURA, 2015, LI et.al., 2015; ASGARIAN et al., 2015; TIAN et.al. 2014 e 2011; MAGALHAES, 2013; KONG et al., 2005). Além da área total da cobertura vegetal na paisagem, as métricas que mensuram o tamanho da mancha de vegetação, a conectividade e o grau de agregação são relevantes, pois influenciam uma série de fatores condicionantes à conservação da biodiversidade. Entre estes fatores, podemos elencar riqueza de espécies, tamanho das populações das espécies, variabilidade e fluxo gênico de populações, mobilidade de indivíduos, dispersão e colonização de novas populações (DRAMSTAD; OLSON; FORMAN, 1996; PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Assim, as métricas que tinham como função medir a área total da cobertura vegetal, o tamanho das manchas, a agregação e a conectividade entre as manchas foram pré-selecionadas para a pesquisa sob a perspectiva ecológica para conservação da biodiversidade urbana. Durante o processo de seleção foram testadas métricas cujos cálculos são distintos, mas que possuem a mesma finalidade, como por exemplo, as métricas de agregação (AI, CLUMPY, PLADJ, NLSI). A relação das métricas pré-selecionadas e a explicação sobre o processo de exclusão das mesmas estão contidas no Anexo B.

Ao fim do processo de escolha, foram adotadas quatro variáveis da paisagem: área total relativa, tamanho médio da mancha; distância euclidiana do vizinho mais próximo, como um *proxy* de conectividade, e índice de agregação, que mede o grau de agregação *versus* dispersão da vegetação (Tabela 4).

Tabela 4. Quadro das variáveis de paisagem com breve explicação, valores e interpretação dos dados (MCGARIGAL, 2015).

Variável		Fórmula	Descrição	Variação	Interpretação
TAMANHO	PLAND (Percentage of landscape) Área total relativa	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=i}^n a_{ij}}{A} \cdot (100)$ <p>P = proporção da paisagem ocupada pela classe i a_{ij} = área (m²) do fragmento ij A = área total da paisagem (m²)</p>	Quantifica a área proporcional que a classe ocupa na paisagem total	$0 < PLAND \leq 100$ Unidade: porcentagem	Quanto mais próximo a 100, maior é a proporção de área da classe de interesse na paisagem. É uma métrica relativa mais apropriada para comparar a composição de paisagem de diferentes tamanhos.
	PATCH Tamanho médio dos fragmentos	$PATCH = \frac{\sum_{j=i}^n a_{ij}}{n_i}$ <p>a_{ij} = área (m²) do fragmento ij n_i = número total de fragmentos da classe i</p>	Quantifica o tamanho médio dos fragmentos ou manchas	$PATCH > 0$ Sem limites Unidade: metros quadrados	Interpretada em conjunto com a área total, esta métrica indica se a vegetação está distribuída, em média, em pequenas ou grande manchas.
AGREGAÇÃO	AI (Aggregation Index) Índice de agregação	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{max - g_{ii}} \right] \cdot (100)$ <p>g_{ii} = número de adjacências entre pixels de manchas da mesma classe $max - g_{ii}$ = número máximo de adjacências entre pixels de manchas da mesma classe</p>	Calcula o grau de agregação das manchas a partir de uma matriz de adjacência, que mostra a frequência que diferentes pares de manchas (de mesma classe) aparecem lado a lado no mapa	$0 \leq AI \leq 100$ Unidade: porcentagem	Quanto mais próximo a 100, mais agregado estão as manchas da classe de interesse, até atingir o máximo de agregação em uma única e grande mancha.
CONNECTIVIDADE	ENN_MN (Euclidean Nearest Neighbor Distance mean) Distância média euclidiana do vizinho mais próximo	$ENN = h_{ij}$ <p>h_{ij} = distância (m) da mancha ij para a mancha vizinha mais próxima da mesma classe</p>	Calcula a distância (m) de uma mancha à sua mancha vizinha mais próxima, de borda a borda.	$ENN > 0$ Sem limites Unidade: metros	ENN se aproxima de 0 se a distância ao vizinho mais próximo diminui, aumentando, assim, a conectividade. Como o ENN se refere a cada mancha, calculou-se a média da distância de todas as manchas de mesma classe.

As variáveis escolhidas (Tabela 4) foram aplicadas em três níveis de análise da quadra urbana que foram denominadas de classes: (1) a classe que considera apenas a cobertura arbórea-arbustiva; (2) a classe que inclui a cobertura vegetal total (incluindo gramados e herbáceas); e (4) a classe que considera a cobertura arbórea-arbustiva apenas da quadra (excluindo aquelas incidentes nas calçadas e o sistema viário perimetral à quadra). Maiores detalhes sobre este cálculo é explicado no item “5.2.4.2. Cálculo das Variáveis”.

4.2.3. Delineamento Amostral

Como a obtenção dos dados das variáveis para todas as quadras urbanas dos oito tipos morfológicos se tornaria inviável devido a limitação de tempo e recursos humanos, foi necessário amostrar.

Adotou-se o método de amostragem estratificada proporcional para maior representatividade e precisão, cobrindo, assim, a heterogeneidade da paisagem dentro de cada tipo morfológico. Para definição dos estratos, foram considerados dois parâmetros: a densidade habitacional e cobertura arbórea em razão da importância de ambas na pesquisa e rapidez de obtenção. A densidade foi gerada a partir de dados dos órgãos censitários e a segunda estimada pelo método TVI (*Transformed Vegetation Index*) detalhado no Anexo C.

Tanto para o universo de dados de densidade como de cobertura arbórea de cada tipo morfológico, os histogramas mostraram que distribuição não era normal, com grande amplitude e irregularidade (Anexo D). A distribuição dos dois conjuntos de dados foi subdividida em três níveis de intervalos iguais de frequência, a partir do método de quantis, e combinados entre si, gerando 9 novos estratos (Figura 35).

Utilizamos o método ótimo de amostragem com um “n” de 36 unidades amostrais (Anexo E). Assim, em cada um dos 9 estratos, selecionamos aleatoriamente quatro unidades amostrais, sendo quadra (no caso de Berlim) e setor censitário (no caso de São Paulo e Brasília), totalizando 36 unidades amostrais para cada tipo morfológico em cada cidade²¹. A área média das unidades amostrais foi de 3 ha, e no caso do setor censitário, a unidade amostral poderia variar de uma ou mais quadras, dependendo do tamanho do setor. Ao total, foram coletados 432 dados de cada variável.

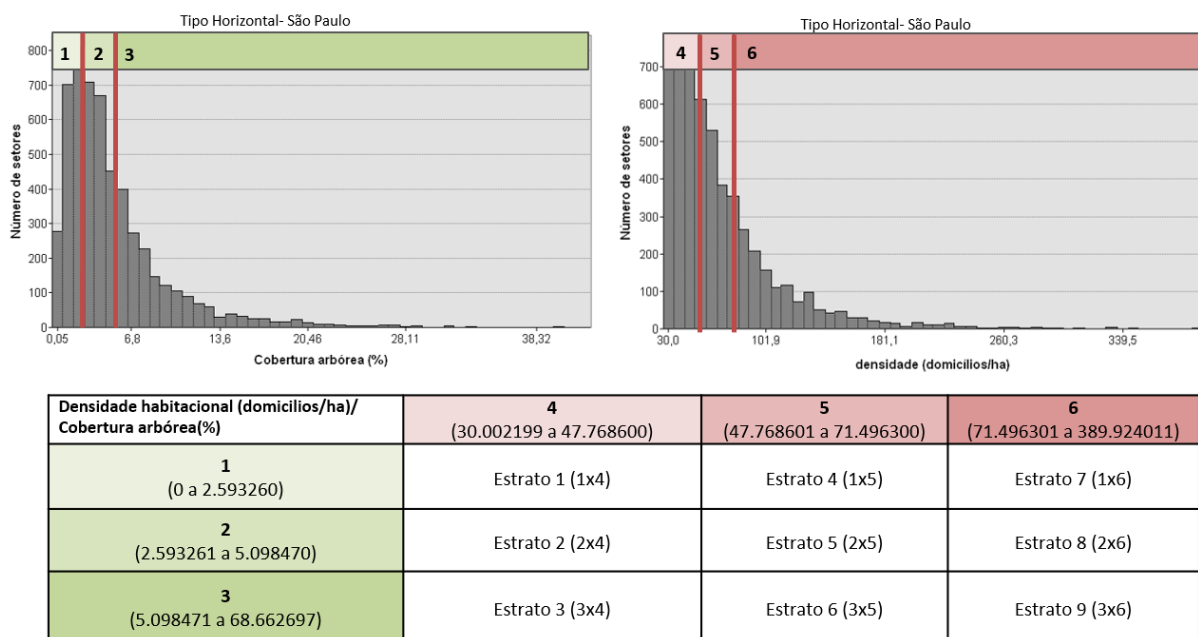


Figura 35. Exemplo da amostragem: histogramas de densidade habitacional (domicílios/ha) e cobertura arbórea (%) do Tipo Horizontal em São Paulo, com 3 intervalos definidos por quantis (linhas vermelhas). Abaixo dos histogramas, há a combinação dos intervalos, resultando 9 estratos de amostragem, dos quais serão escolhidos aleatoriamente 4 unidades amostrais de cada.

4.2.4. Coleta de dados

²¹ Em casos em que não haviam setores censitários que pertencesse ou que se enquadravam em um dos estratos (como o caso do Tipo Misto em Brasília), este estrato era excluído. As unidades amostrais faltantes foram coletadas nos demais estratos em proporções semelhantes.

4.2.4.1. Levantamento da cobertura do solo

Para o cálculo de variáveis de ocupação do solo e paisagem foi necessário gerar imagens raster da cobertura do solo com as seguintes classes: (1) árvores e arbustos, (2) herbáceas e gramíneas e (3) edificações.

Uma vez que a disponibilidade de informação espacial variava de uma cidade para outra, adotou-se procedimentos metodológicos distintos para o levantamento da cobertura do solo para cada cidade.

Em São Paulo, como a prefeitura não tinham informações espaciais da cobertura vegetal da cidade foi necessário adotar a técnica de classificação automática supervisionada, baseada no pixel, processado pelo DZetsaka (módulo de extensão do software QuantumGIS), com o algoritmo classificador Random Forest (maiores detalhes ver Anexo F).

A base de dados foi um mosaico de imagens aéreas do satélite Worldview 2 de toda mancha urbana de São Paulo, do ano de 2016²², com resolução espacial de 2m e combinação das bandas espectrais azul, verde e infravermelho.

Posteriormente, foram feitas aferições e correções manuais para aperfeiçoamento da classificação apenas na área das unidades amostrais. A camada vetorial de edificações fornecida pela Prefeitura de São Paulo²³ foi sobreposta ao produto raster da classificação, corrigindo e garantindo maior precisão dos limites dos objetos construídos. Além disso, como os dados de número de domicílios e população é do último Censo do IBGE, de 2010, e a imagem aérea é de 2016, houve o cuidado de compatibilizar a imagem classificada com a situação vigente em 2010, principalmente quanto a classe de edificações. Essas correções, quando necessárias, foram feitas manualmente a partir de imagens históricas de 2010 fornecidas pelo aplicativo Google Earth®.

Em Brasília e entorno, também foi adotada a classificação automática supervisionada baseada no pixel, processado pelo módulo DZetsaka (Anexo F). A base de dados foi um mosaico de imagens aéreas proveniente de sobrevoo do ano de 2015²⁴, com resolução espacial de 2m e combinação das 3 bandas espectrais azul, verde e infravermelho.

Quando necessário, também foram feitas correções manuais da imagem classificada de Brasília e entorno. A imagem raster foi sobreposta à camada vetorial de edificações²⁵, fornecida pela SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do Distrito Federal, corrigindo, assim, erros e imperfeições de limites. Complementarmente, houve o cuidado de compatibilizar o resultado com a situação vigente em 2010 da mesma forma como foi feito para os dados de São Paulo.

Em Berlim, como o órgão de Planejamento Urbano (Senate Department for Urban Development and Housing) forneceu informações espaciais suficientes, não foi necessário realizar a classificação automática supervisionada, uma vez que ela já havia sido feita pelo órgão competente. A imagem raster de cobertura do solo, com resolução de 2m, foi resultado da sobreposição e união das camadas vetoriais de vegetação e de edificação (disponibilizado em 2014)²⁶. Para mais detalhes, ver Anexo G.

Os dados de domicílios e população de Berlim datam de 2015²⁷, portanto, quando necessário, a camada vetorial de edificação das unidades amostrais foi atualizada manualmente com a situação vigente em 2015.

22 Doadas pela Fundação DigitalGlobe.

23 A fonte da base de dados é de 2004.

24 Cedidas pela Terracap - Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal.

25 A fonte da base de dados é de 2015.

26 Os dados vetoriais de edificação e vegetação, que inclui altura dos objetos, tem como base de dados imagens aéreas de 2009/2010, mapa das propriedades de 2012/2013, mapa das quadras de 2010 e modelo digital do terreno.

27 Fornecidos pelo Escritório de Estatística de Brandenburg (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg).

4.2.4.2. Cálculo das variáveis

Para o cálculo das densidades habitacionais e populacionais nas unidades amostrais, utilizamos, como já mencionado, os dados de domicílios e habitantes, respectivamente, do Censo de 2010 do IBGE para São Paulo e Brasília, e do Censo de 2015, do Escritório de Estatística de Brandemburgo para Berlim. A área utilizada para o cálculo foram as áreas das respectivas quadras amostrais.²⁸

Para o cálculo do coeficiente de aproveitamento, obteve-se a área construída total que foi o produto da área ocupada pelos edifícios no nível do solo multiplicada pelo número de pavimentos dos mesmos. O número de pavimentos foi fornecido pelas municipalidades de cada cidade como atributo junto com as camadas vetoriais de edificação.

Todas as demais variáveis relacionadas à morfologia e à edificação foram calculadas e espacializadas com uso de software SIG. Maiores detalhes deste cálculo, ver Anexo H.

Já o cálculo das métricas de paisagem foi feito no software Fragstats[®] versão 4.2.1, (MCGARIGAL; CUSHMAN; ENE, 2012), a partir de imagens raster de cobertura do solo.

Como dito anteriormente, a vegetação foi analisada a partir de três classes, exigindo a produção de 3 imagens raster distintas de cobertura do solo. Na primeira imagem (à esquerda, Figura 36) foram mapeados separadamente dois estratos de vegetação: arbóreo-arbustivo e herbáceo-gramínea. Na classe arbóreo-arbustivo, os arbustos tem uma participação quase que insignificante em termos de percentual, por isso, para fins de simplificação, esta classe foi denominada “arbórea”. Na segunda (meio, Figura 36), foi mapeada a vegetação total²⁹. Para obtenção desta classe, as imagens de cobertura do solo foram reclassificadas em software SIG, a partir da união dos estratos arbóreo-arbustivo e herbáceas-gramíneas em apenas uma categoria de vegetação. Na terceira imagem da Figura 36, foram mapeados os dois estratos novamente, porém, sem as calçadas e as vias adjacentes, de maneira a excluir o efeito da arborização viária no desempenho dos tipos morfológicos. Neste caso específico, partimos do pressuposto que o desenho interno das quadras não é um fator condicionante da presença de árvores nas calçadas e canteiros viários. A arborização viária depende muito mais de outros fatores urbanos, como largura das calçadas, presença de fiação elétrica, mobiliário urbano, etc.

A Figura 37 sintetiza de forma esquemática as etapas metodológicas para coleta e geração dos dados descritos acima.

²⁸ Apesar das unidades amostrais de São Paulo e Brasília serem setores censitários, para o cálculo das densidades, foi utilizada apenas a área das quadras dentro de cada setor.

²⁹ Para obtenção da classe vegetação total, as imagens de cobertura do solo foram reclassificadas em software SIG, a partir da união dos estratos arbóreo-arbustivo e herbáceas-gramíneas em apenas uma categoria de vegetação.

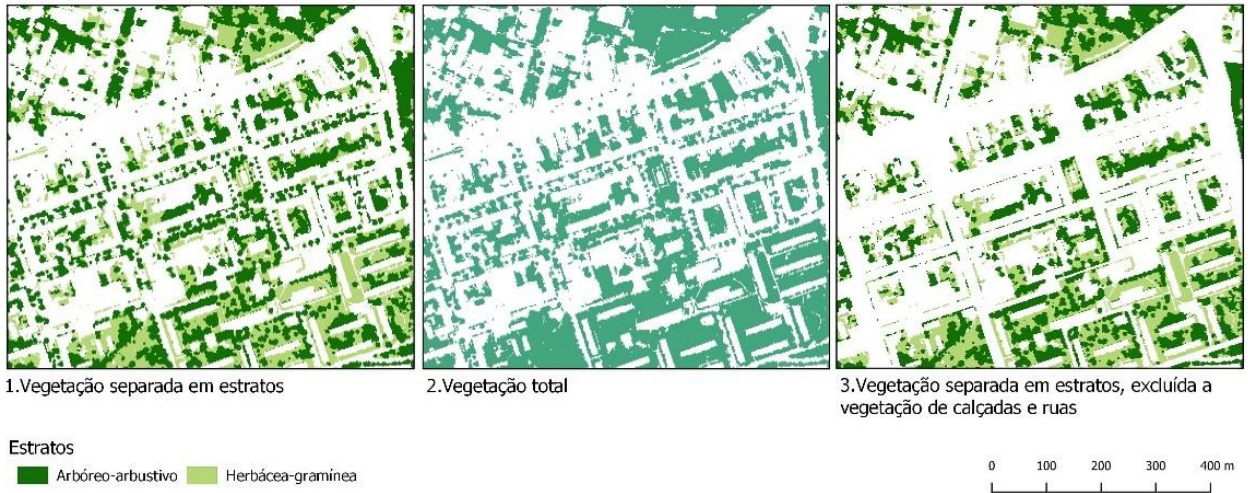


Figura 36. Exemplos de imagens raster a partir das quais a vegetação foi analisada: imagem 1 (à esquerda) corresponde a vegetação em estratos; imagem 2 (central) corresponde a vegetação total e imagem 3 (à direita) corresponde a vegetação em estrato apenas dentro dos lotes.

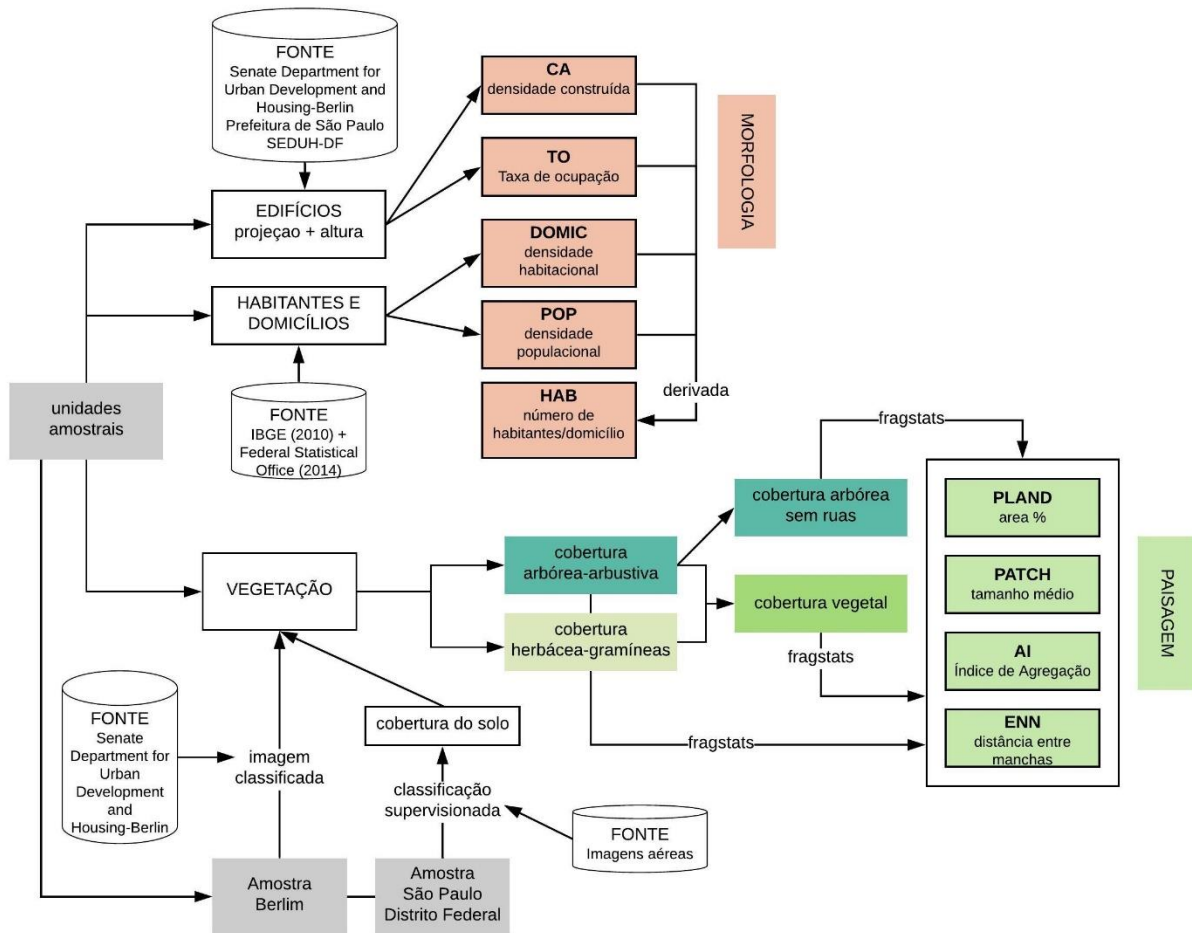


Figura 37. Fluxograma das etapas metodológicas para coleta e geração dos dados em relação às métricas de paisagem e morfologia.

4.2.5. Análise estatística dos dados

Primeiramente foi realizada uma análise univariada, baseada na estatística descritiva, para entender a distribuição de cada variável em cada tipo morfológico, como os valores médios, medianos, desvios padrões, máximos e mínimos, possível *outliers* e a curva de distribuição a fim de verificar a normalidade do conjunto de dados. Em seguida, foi gerada uma matriz de correlação confrontando as principais variáveis entre si e calculado o coeficiente de correlação linear de Spearman³⁰.

Além disso, analisamos o comportamento dos dados de uma variável da paisagem em função da presença de outra variável de morfologia, ao longo dos tipos morfológicos, como por exemplo, área relativa de cobertura arbórea versus a densidade populacional.

As diferentes classes de vegetação (cobertura arbórea-arbustiva com e sem ruas, cobertura herbácea-gramínea e cobertura vegetal total) também foram exploradas na análise univariada, identificando as diferenças mais relevantes entre os tipos morfológicos.

O passo seguinte foi avançar na análise multivariada, considerando todas as variáveis, exceto a Média de Moradores por Domicílio, uma vez que é matematicamente derivada das outras métricas de morfologia, as quais já estavam inclusas na análise multivariada.

Primeiramente, a multicolinearidade das variáveis foi analisada por meio do teste denominado Variance Inflation Factor (VIF). Caso alguma variável apresentasse VIF maior que 10 - parâmetro de indicação de problemas de colinearidade – ela seria excluída, evitando redundância e impacto negativo nas análises subsequentes.

Em seguida, cada tipo morfológico foi apresentado em um gráfico que mescla a função da caixa com a do radar³¹, construído a partir dos dados das variáveis. As variáveis utilizadas na composição deste gráfico foram aquelas que apresentaram valores positivos, cuja lógica é: quanto maior o valor, melhor desempenho. Portanto, TO e ENN foram descartadas nesta análise, pois representa relação negativa (quanto menor é seu valor, melhor é seu desempenho). Além destas, AI também não apareceu nesta análise, pois, após a padronização, sua variação foi pequena comparada as demais variáveis, não tendo grande relevância na distinção das figuras geométricas dos tipos morfológicos. Ao total, ficaram cinco variáveis: PLAND, PATCH, DOMIC, POP e CA. Foi necessário padronizar os valores das variáveis, a fim de que todas estivessem na mesma escala.

Cada tipo apresentou sua própria “assinatura ou identidade gráfica” podendo-se discutir as diferentes geometrias resultantes a partir das variáveis.

Em seguida, foi realizado um teste estatístico “Nonparametric Comparison of Multivariate Samples”, que é similar a Manova (Análise de variância multivariada), porém, para dados não-paramétricos. O intuito desta análise é inferir a significância do efeito da variável categórica independente (tipos morfológicos) nas oito variáveis numéricas dependentes (métricas da paisagem e de morfologia) conforme equação da Figura 38. Para tal foi utilizada a função *Nonpartest* do pacote NPMV³² (BURCHETT; ELLIS; BATHKE, 2017; ELLIS et al., 2017), no Software R[®].

A partir do mesmo pacote NPMV, foi realizado um segundo teste estatístico com a função *Ssnonpartest*, para avaliar a significância de cada variável na equação, ou seja, testa-se a hipótese de igualdade entre elas a partir de todas as combinações possíveis (dois a dois, três a três etc.) como um Teste de Tuckey em uma ANOVA.

³⁰ O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado devido a não normalidade do conjunto de dados.

³¹ Para gerar este gráfico, utilizou-se o pacote “radarBoxplot” disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/radarBoxplot/index.html>

³² Nonparametric Comparison of Multivariate Samples disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/npmv/index.html>

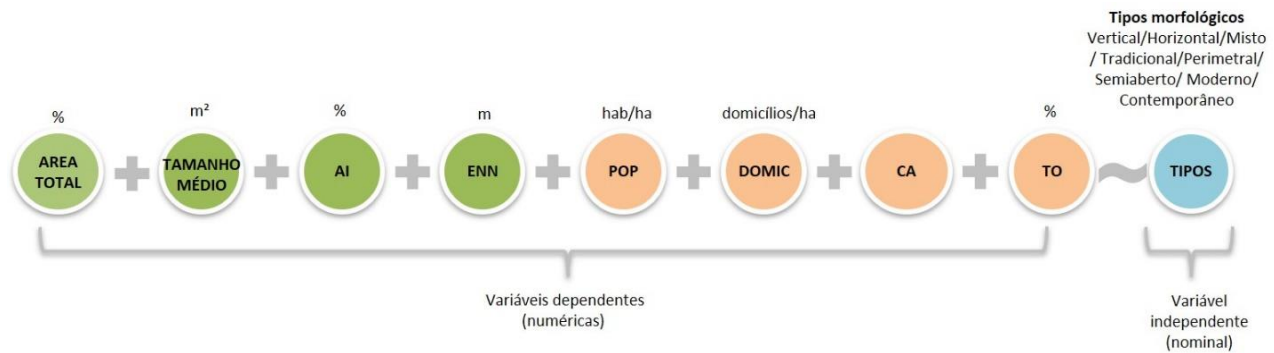


Figura 38. Estrutura esquemática de relação das variáveis dependentes e independente na análise multivariada (Nonpartest – Pacote NPMV).

A próxima técnica foi o agrupamento, a partir do conjunto de dados das oito variáveis numéricas (PLAND, PATCH, ENN, AI, DOMIC, POP, CA e TO). Esta técnica permite reduzir a dimensão do conjunto de dados, classificando os tipos morfológicos em grupos a fim de entender as similaridades ou proximidade entre eles (LINDEN, 2009). Antes de rodarmos a técnica de agrupamentos, os dados foram padronizados de modo que os valores de cada variável tivessem média igual a 0 e desvio padrão igual a 1, mantendo-os, assim, com a mesma escala. Utilizamos a função *fviz_nbclust*³³ (REDDY et al., 2018) para determinar o número ótimo de grupos e o método de agrupamento não-hierárquico *K-means*³⁴ (LINDEN, 2009; REDDY et al., 2018)

Por fim, foi feita uma Análise dos Componentes Principais (ACP), que trata-se de uma técnica de ordenação a partir do correlação entre variáveis e observações, a fim de reduzir as dimensões de variáveis em 2 ou 3 dimensões (eixos) e, assim, facilitar a visualização e compreender a distribuição dos dados, e a importância de cada variável. O intuito é que os resultados da ACP nos permitissem avaliar e identificar quais os tipos morfológicos e, principalmente, quais unidades amostrais conseguem conciliar altas densidades e alto desempenho da cobertura vegetal em termos de área, agregação e conectividade.

4.3. Resultados e Discussão

4.3.1. Análise univariada

Os resultados apresentados a seguir são oriundos de análise da cobertura vegetal no nível arbóreo, ou seja, para as métricas de paisagem considerou-se inicialmente apenas a cobertura arbórea.

As variáveis quantitativas foram relacionadas, par a par, expressa em uma matriz de correlação (Figura 39). Na diagonal da matriz são apresentados os nomes das variáveis com seus respectivos histogramas, cuja distribuição indica a não-normalidade dos dados. Esse fato foi comprovado estatisticamente pelo teste de Shapiro-Wilk para a distribuição dos dados de cada variável. Visto que os dados não tem uma distribuição normal, foram adotados testes não-paramétricos para as análises estatísticas seguintes.

O primeiro teste foi para medir a correlação linear entre as variáveis utilizando o coeficiente de Spearman, cujos valores estão no triângulo superior da matriz (Figura 39). No triângulo inferior estão os gráficos de dispersão entre as variáveis, par a par³⁵.

³³ Do pacote Factoextra, disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/factoextra/index.html>

³⁴ Do pacote Stats, disponível em: <https://www.rdocumentation.org/packages/stats/versions/3.6.1>

³⁵ Para saber quais pares de variáveis o coeficiente ou o gráfico de dispersão se refere, basta cruzar as linhas e colunas de cada variável.

Os valores de correlação mais altos são de PLAND (Área relativa da cobertura arbórea-arbustiva) com as demais variáveis de paisagem: ENN (- 0,85) com alta correlação negativa; AI (0,88) e PATCH (0,94) com alta correlação positiva. Assim, conhecendo a distribuição dos dados de PLAND, pode-se deduzir como se comporta a distribuição das demais variáveis. Conforme a área de cobertura aumenta, a conectividade, a agregação e o tamanho das manchas arbóreas crescem proporcionalmente, indicando uma interdependência entre as variáveis. No entanto, é necessário ressaltar que esta correlação é uma característica específica deste conjunto de dados, portanto, não significa que seja válido para conjunto de dados de outras cidades e que possa descartar as demais variáveis da paisagem.

Da mesma maneira aconteceu entre densidade habitacional (DOMIC) e densidade populacional (POP) com um coeficiente de correlação positiva alto (0,86). No entanto, o CA, variável de densidade construída, mantém uma correlação moderada com a densidade habitacional e a densidade populacional (0,56 e 0,57, respectivamente). Ou seja, áreas residenciais altamente construídas não implicam, necessariamente, em um grande número de domicílios ou de moradores, justificando, assim, a importância de se considerar as três variáveis em conjunto como representativas da densidade urbana. TO apresentou uma correlação negativa moderada em relação a PLAND, como já esperado, pois conforme o solo é ocupado por edifícios, menor é a área livre disponível para a vegetação.

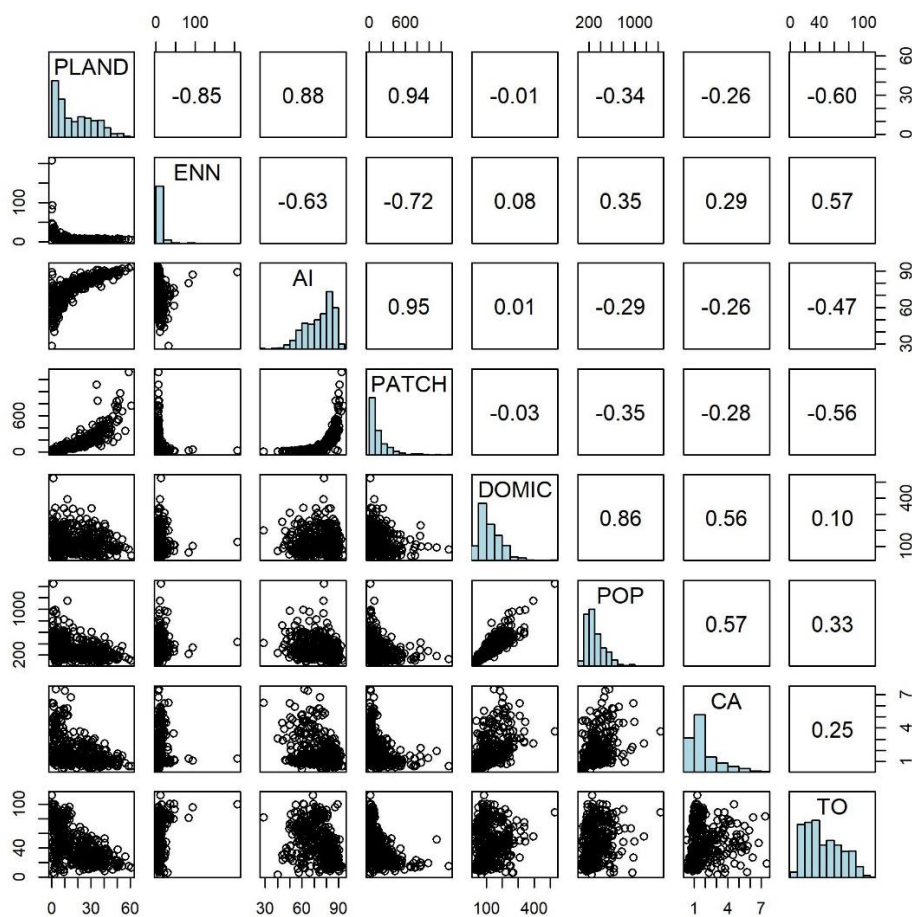


Figura 39. Matriz de correlação entre a combinação par a par de todas as variáveis, indicando os valores do coeficiente de correlação de Spearman, a distribuição da frequência em histogramas e distribuição da amostra em gráficos de dispersão.

Ao gerar a matriz de correlação para o conjunto de dados no nível de cobertura vegetal, o resultado foi bem próximo ao da primeira matriz (acima), tanto em termos de valores de coeficiente, como nos histogramas e gráficos de dispersão (ver Anexo I).

Ao analisar distribuição dos dados das variáveis da paisagem (PLAND, ENN, AI e PATCH) por cada tipo morfológico (Figura 40, lado direito) é possível identificar um padrão de variação que se repete e divide os tipos morfológicos em dois grandes grupos. O grupo 1 compreende os tipos Vertical, Misto e Horizontal e o grupo 2, Tradicional, Semiaberto, Perimetral, Moderno e Contemporâneo.

O grupo 1 apresenta um desempenho da cobertura arbórea inferior ao segundo, não só na quantidade, como também na conectividade, tamanho das manchas e grau de agregação. Esta divisão dos grupos coincide com a caracterização prévia dos tipos morfológicos no qual eles foram classificados em um grupo oriundo de um desenho que considera apenas o lote, e o segundo grupo que tem a quadra como unidade mínima de desenho, corroborando inicialmente com a segunda hipótese da pesquisa.

Com relação à variação da área de cobertura arbórea, além da distinção dos tipos morfológicos em dois grupos de desempenho, destaca-se a similaridade entre o vertical, misto e horizontal, cujas médias são em torno de 3 a 8 % (Tabela 5). Esperava-se que o Vertical apresentasse cobertura arbórea maior, pois, visualmente, este tipo parecia dispor de mais espaços livres dentro do lote do que no Horizontal ou no Misto. Em contraposição, as médias de cobertura arbórea do segundo grupo vão de 22 a 35% (Tabela 5). As maiores variações da área de cobertura arbórea dentro de cada tipo também ocorreram neste grupo, com destaque ao Contemporâneo (5 a 53%), ao Perimetral (10 a 56%), e ao Moderno (16 a 60%) (Figura 40).

Uma grande amplitude no tamanho médio das áreas verdes (PATCH) se observa também no grupo 2, tanto visualmente, no gráfico de caixa (Figura 40) como pelo grande desvio padrão (Tabela 5). No tipo Contemporâneo, por exemplo, as áreas verdes médias nas unidades amostrais variavam de 25 a 852m², e no Moderno, de 184 a 800m². Os desvios padrões da mesma variável para os tipos Vertical, Misto e Horizontal foram pequenos e o tamanho das áreas verdes das unidades amostrais variaram de 6m² até 112m². Esses resultados sugerem que os tipos morfológicos, baseados na quadra como unidade mínima (grupo 2), possuem uma diversidade maior em termos de configuração e de composição das áreas verdes.

Apesar da grande variação da área total e tamanho médio nos tipos Tradicional, Perimetral, Semiaberto, Moderno e Contemporâneo, a conectividade ainda se mantém homogênea, indicada pelo baixo desvio padrão do ENN comparado aos tipos morfológicos do grupo 1 (Horizontal, Vertical e Misto) (Tabela 5). Isto quer dizer que por mais que a configuração e o tamanho das áreas verdes se alteram, a conectividade permanece alta e regular. O ENN médio dos tipos morfológicos do grupo 2 variaram apenas de 6 a 7m de distância (Tabela 5). No grupo 1 (Vertical, Misto e Horizontal), o ENN apresentou os maiores desvios padrões. O Horizontal-DF, por exemplo, possui unidades amostrais cuja menor distância de uma mancha de vegetação até outra foi mais de 45m. Considerando que o tamanho médio da mancha neste tipo é de 32m², conclui-se que a vegetação quantificada no Horizontal-DF são indivíduos arbóreos isolados e não se trata de um conjunto de árvores.

A variável AI apresenta valores mais altos e um desvio padrão menor no segundo grupo. Isso significa que nestes tipos morfológicos não há unidades amostrais com áreas verdes dispersas ou difusas, resultando, portanto, em manchas maiores, cujo tamanho médio é constatado pelos valores altos de PATCH. No grupo 1 (Vertical, Misto e Horizontal) as manchas arbóreas são mais dispersas, com uma variação maior dentro de cada tipo morfológico, mas não entre eles, já que as médias são próximas, com exceção do tipo Vertical-DF.

Com relação ao resultado das variáveis de densidades (POP, DOMIC e CA), não é possível detectar o mesmo padrão de distribuição dos tipos morfológicos divididos em dois grupos, como nas variáveis de paisagem (Figura 40). Essa análise é confirmada pelos valores baixos do coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis PLAND, ENN, AI e PATCH com POP, DOMIC e CA (Figura 39). Os valores baixos indicam a

independência entre a vegetação e a densidade, e evidencia o grande potencial do desenho urbano em promover ambientes com maior cobertura vegetal sem abrir mão de um dos princípios da cidade compacta, que é a alta densidade.

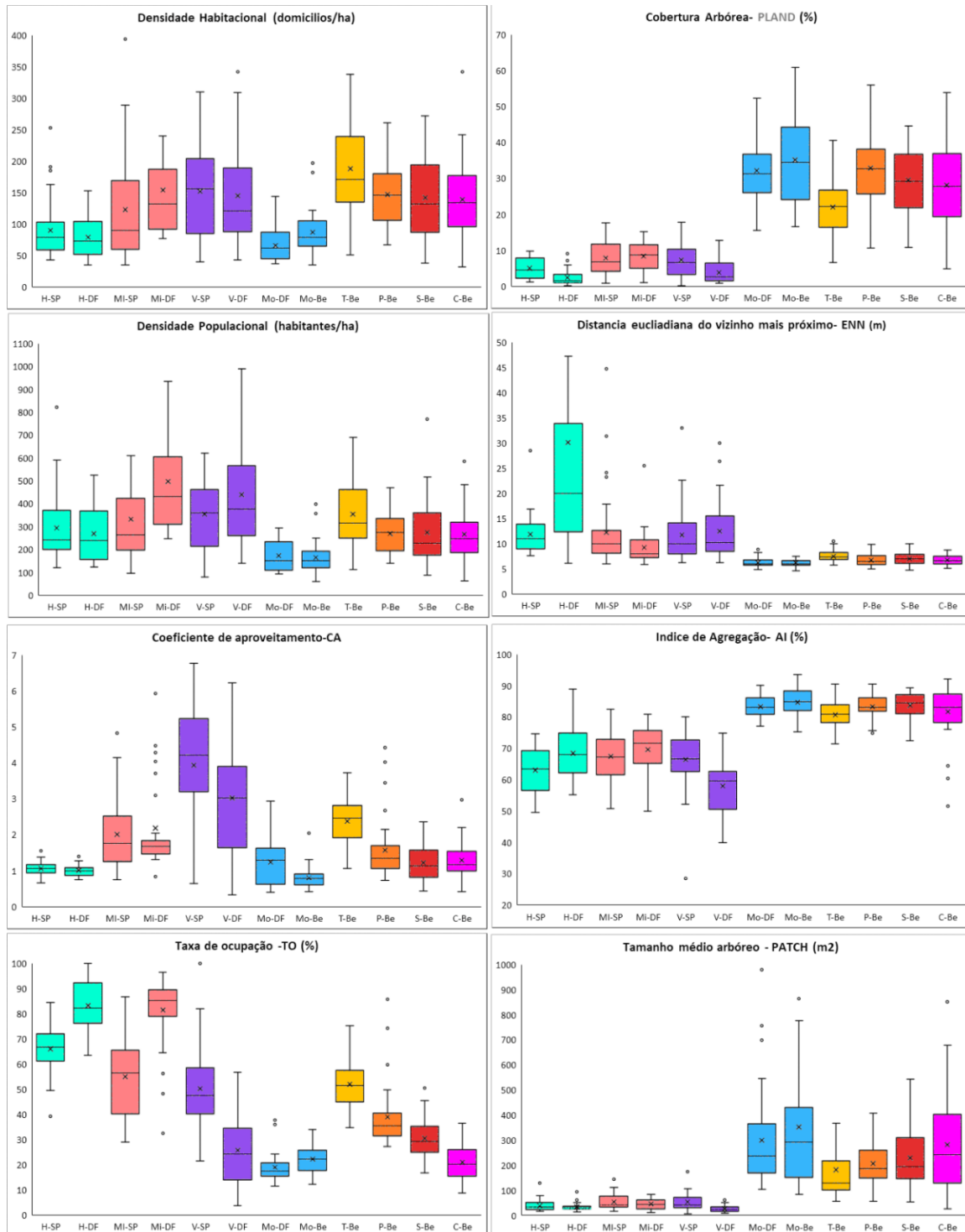


Figura 40. Distribuição dos dados das variáveis em cada tipo morfológico, com indicação do 1º quartil, mediana, média (“x”) e 3º quartil. Legenda: As primeiras letras representam o tipo morfológico e depois do hífen o local de ocorrência. H= Horizontal, MI= Misto, V=Vertical, Mo=Moderno, T=Tradicional, P= Perimetral, S= semiaberto, C= Contemporâneo, SP= São Paulo, DF= Distrito Federal, Be= Berlin.

Tabela 5. Valores médios e desvio padrão (SD) das variáveis da paisagem no nível de cobertura arbórea por tipo morfológico e local.

TIPO- LOCAL	PLAND (%)		ENN (m)		PATCH (m ²)		AI (%)	
	média	SD	média	SD	média	SD	média	SD
Horizontal-SP	5.08	2.88	11.82	3.95	39.44	21.71	62.94	7.15
Horizontal-DF	2.36	2.34	30.10	36.32	32.53	14.94	69.33	9.70
Misto-SP	7.82	4.78	12.24	7.73	53.92	30.14	67.44	7.56
Misto-DF	8.34	4.00	9.17	3.43	45.19	20.63	69.56	8.09
Vertical-SP	7.07	4.58	11.76	5.21	52.47	34.91	66.31	9.19
Vertical-DF	3.82	2.94	12.53	5.66	26.92	14.88	58.07	9.18
Moderno-DF	32.11	9.15	6.25	0.90	180.81	176.85	83.35	3.44
Moderno-Be	35.12	12.23	6.20	0.81	207.06	87.71	84.65	4.48
Tradicional-Be	22.07	7.46	7.51	0.99	230.42	118.13	80.73	4.30
Perimetral-Be	32.80	9.13	6.69	1.20	300.19	194.20	83.31	3.77
Semiaberto-Be	29.56	9.34	7.00	1.15	351.44	269.61	83.76	3.92
Contemporâneo-Be	28.15	11.85	6.76	0.90	288,28	212.61	81.56	8.38

Como já mencionado, há uma correlação forte entre a densidade populacional (POP) e a densidade habitacional (DOMIC), e uma correlação moderada destas duas com a variável CA (Figura 39). Ou seja, ter uma elevada densidade construída (CA) não necessariamente implica em uma alta densidade populacional e habitacional. Isso é comprovado pelo gráfico de caixa do CA (Figura 40) no qual o tipo Vertical-SP se desponta dos demais. Tal diferença parece ser atribuído a dois fatores. O primeiro e principal fator trata da área útil dos domicílios, que provavelmente é maior, já que muitos deles se localizam em edifícios de alto padrão em áreas nobres da cidade. O segundo é pelo fato destas mesmas quadras amostrais abrigar edifícios exclusivamente comerciais - pois a quadra pode ser residencial ou mista - o que elevou, assim, o valor do CA. No entanto, é o Tradicional, com no máximo 6 pavimentos, que possui a maior média de densidade habitacional e supera o Vertical, tanto de São Paulo (com edifícios de até 32 pavimentos) como de DF (com edifícios de até 41 pavimentos). Portanto, a verticalização, em si, também não condiciona necessariamente o aumento da densidade habitacional.

Tabela 6. Valores médios e desvio padrão (SD) das variáveis de densidade e morfologia por tipo morfológico e local: DOMIC= densidade domiciliar (domicílios/ha), POP= densidade populacional (habitantes/ha), CA = coeficiente de aproveitamento, TO= taxa de ocupação (%), HAB= número de habitantes por domicílio.

TIPOS - CIDADE	DOMIC		POP		CA		TO		HAB
	média	SD	média	SD	média	SD	média	SD	média
Horizontal-SP	89.61	45.53	292.33	148.34	1.06	0.20	65.97	8.21	3.26
Horizontal-DF	79.32	31.69	269.55	116.95	1.01	0.15	83.95	11.50	3.37
Misto-SP	122.97	80.23	332.89	203.00	2.00	1.03	54.88	15.11	2.23
Misto-DF	153.33	82.38	497.13	237.32	2.18	1.40	81.50	13.36	3.32
Vertical-SP	150.15	65.82	348.82	155.34	3.93	1.63	51.11	17.20	1.78
Vertical-DF	144.72	76.06	438.79	223.80	3.02	1.64	25.68	14.19	3.09
Moderno-DF	65.12	24.08	173.88	66.60	1.24	0.63	18.86	5.57	2.69
Moderno-Be	86.78	33.73	164.74	67.86	0.80	0.28	22.06	5.53	1.90
Tradicional-Be	187.89	75.03	353.04	144.83	2.37	0.67	51.94	9.37	1.89
Perimetral-Be	146.82	44.73	269.19	83.96	1.44	0.52	36.42	6.28	1.84
Semiaberto-Be	141.43	61.52	273.79	139.36	1.42	0.54	35.43	8.16	1.98

Contemporâneo-Be	126.98	47.39	244.62	80.77	1.18	0.36	19.36	7.26	1.98
-------------------------	--------	-------	--------	-------	------	------	-------	------	------

ROLNIK et al. (1990) já apontava a independência entre densidade construída (CA) e densidade populacional (POP) ou habitacional (DOMIC) em São Paulo há quase 3 décadas. A autora revelou que muitas áreas verticalizadas bem centralizadas e de elevada renda na cidade apresentam alta densidade construída, mas baixa densidade populacional, pois trata-se de apartamentos com grande área útil e o que reforça a ideia da “cidade oca” denominada por Nakano (2018). O CA acaba sendo utilizado como instrumento de “valor agregado da propriedade” ou como “moeda de troca entre negociações políticas” entre o Estado e o mercado imobiliário (SILVA, 2014). Por esse motivo, ROLNIK et al. (1990) ressalta a necessidade de melhor aproveitamento da terra urbana baseada no número de habitantes e domicílios e não apenas no simples aumento das áreas construídas.

Em termos de Densidade populacional, a relação entre os tipos morfológicos é um pouco diferente da situação anterior, pois o Vertical-DF e Misto-DF superam o Tradicional-Be. Uma das razões para este resultado é explicada pelo número médio de residentes por domicílio. No Distrito Federal, tanto o tipo Vertical como o Misto possuem média acima de 3 pessoas por domicílio, enquanto que o Tradicional e o demais tipos que ocorrem na cidade de Berlim apresentam médias menores que 2 pessoas por domicílio (coluna HAB, Tabela 6).

As diferenças do tamanho do núcleo familiar são influenciadas, principalmente, por fatores culturais, históricos e socioeconômicos, intrínsecos a cada país, e não são estáticos, mas sim dinâmicos (BERGHAUSER PONT; HAUPT, 2009). Ou seja, a população, ao longo da história, pode mudar, mesmo se o número de habitações se manter o mesmo. A densidade habitacional, portanto, é um parâmetro importante de controle do planejamento, uma vez que o Estado pode controlar a construção de habitações mais facilmente que o número de moradores por domicílio (DOVEY, 2016) e por isso, ela tende a ser uma métrica mais robusta e adequada nos estudos de morfologia urbana (BERGHAUSER PONT; HAUPT, 2009).

Com relação à distribuição da variável TO (Taxa de ocupação) (Figura 40), observa-se um gradiente decrescente dos tipos em Berlim, partindo do Tradicional ao Contemporâneo/Moderno, da mesma forma que se identifica este gradiente em São Paulo, do Horizontal ao Vertical. Já no Distrito Federal, este gradiente não é tão claro, pois o tipo Misto e o Horizontal apresentam médias muito similares. A verticalização parcial do tipo Misto-DF não reflete na disponibilidade de mais áreas livres, em virtude do padrão de ocupação marcado pela ausência de recuos frontais, laterais e de fundo, em grande parte dos lotes, se assemelhando, assim, ao Horizontal.

Nesse sentido, o misto do DF se diferencia bastante do misto de SP (Figura 40), sendo plausível até subdividi-los em duas subcategorias de Misto, de acordo o conceito metodológico de “*urban structure types*”, caso sejam feitos estudos futuros complementares.

De qualquer forma, é indiscutível a alta taxa de ocupação do tipo Horizontal em ambas as regiões (São Paulo e Distrito Federal)³⁶. Os espaços livres das habitações unifamiliares, foram sendo reduzidos ao longo das décadas do século XX (MACEDO, 2012). A ideia do quintal, da horta ou pomar, que antes se via nas casas mais antigas de São Paulo, por exemplo, dá lugar a uma outra paisagem horizontal. Os jardins frontais, por exemplo, foram progressivamente suprimidos e construídas garagens de veículos ou lajes de cobertura abrigando varandas ou novos cômodos, conforme Macedo (2012) ilustra na Figura 41. Tais características são facilmente vistas em várias ruas da amostra do Horizontal no Distrito Federal (Figura 42a) e em São Paulo (Figura 42b).

³⁶ Vale lembrar que o horizontal que estamos tratando é um tipo de alta densidade (acima de 30 domicílios/ha), ou seja, os grandes lotes residenciais que, em geral, possuem áreas ajardinadas, típicos do loteamentos cidade-jardim, não estão contemplados aqui, pois são abaixo do limiar de densidade estabelecido.

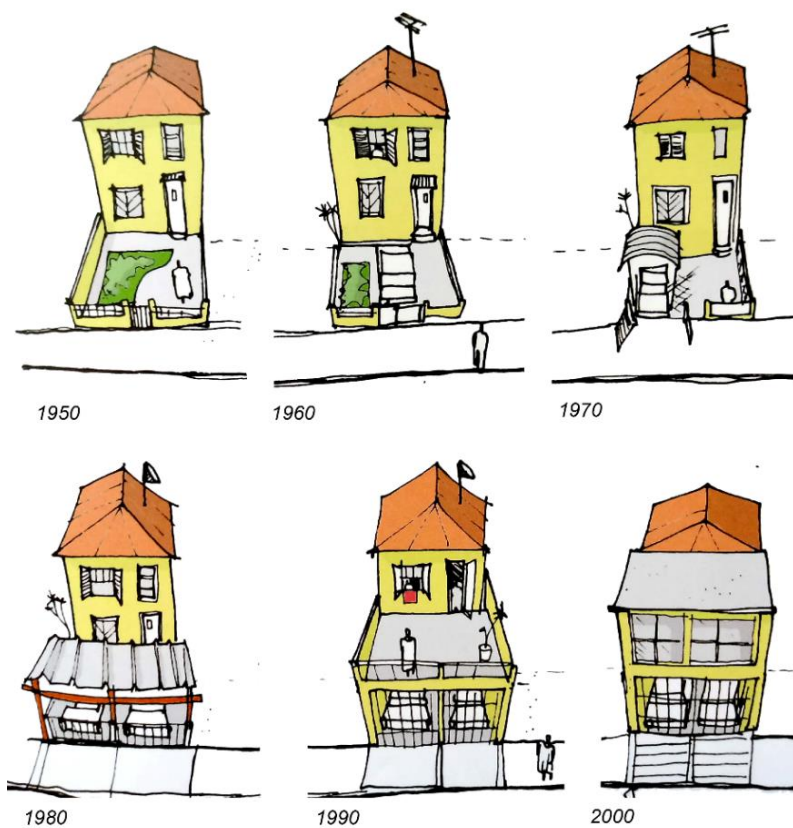


Figura 41. Processo de supressão do jardim frontal da habitação unifamiliar (Edifícios horizontais) ao longo das últimas décadas do séc. XX e XXI. Fonte: Adaptado de Macedo (2012).

Parte desta alta taxa de ocupação é decorrente do não cumprimento às normas de uso e ocupação do solo, principalmente aos recuos frontais e de fundo. Tal fenômeno não ocorre apenas na cidade “ilegal” - devido a autoconstrução acompanhada da falta de compreensão de tais parâmetros pela própria população (ROLNIK, 1997)- mas também na cidade “legal”, por meio de reformas não aprovadas pela Prefeitura, licenças e aprovações obtidos mediante corrupção, falta de fiscalização, entre outros (CYMBALISTA, 1999).

A característica intrínseca ao tipo Horizontal de ser composta por unidades unifamiliares, favorece a arbitrariedade do proprietário ou do morador, que busca atender aos interesses e necessidades individuais (MACEDO et al., 2012; SILVA, 2014) em detrimento de um bem coletivo maior, como por exemplo a retirada de um jardim para construção de um anexo ou uma laje de garagem.

É no Horizontal aonde obtivemos a combinação da maior taxa de ocupação com a menor densidade habitacional entre os tipos (Figura 40), uma situação muito ruim, típica da morfologia horizontal em cidades brasileiras (NETTO; SABOYA, 2010) o que faz com ela tenha potencialmente o pior desempenho.



Figura 42. a) Exemplos do panorama atual do tipo Horizontal-DF, em Ceilândia (à esquerda) e **b)** Horizontal-SP, São Paulo (à direita): lotes com áreas livres frontais mínimas destinadas a garagens com avanços de lajes e cômodos no pavimento superior. Crédito: a) Autora e b) Google Earth, 2019.

Outro ponto relevante é a diferença dos valores de TO e CA entre o Vertical-SP e o Vertical-DF, a qual é decorrente de padrões diversos de ocupação do solo, influenciados pelos contextos históricos e sociais, e regulamentações de uso e ocupação do solo distintas, o que permitiria os classificar em subcategorias de Vertical diferentes. Embora ambos os tipos sejam compostos por torres altas isoladas no lote, o processo de verticalização dos bairros amostrados em São Paulo teve início em um período muito anterior ao do Distrito Federal (Águas Claras). Estas variações do padrão vertical são reflexos de parâmetros e índices urbanísticos vigentes na época de sua construção, exigidos pelas leis de uso e ocupação do solo, e que, portanto, são específicas de cada cidade.

Os bairros paulistanos mais antigos e que pertencem ao Tipo Vertical datam da década de 70 e 80 do séc. XX (MACEDO, 2012). Eles constituem condomínios de poucas torres residenciais, e uma área de lazer mais compacta (Figura 43a) comparado aos condomínios verticais mais recentes tanto em São Paulo e em toda a área residencial de Águas Claras.



Figura 43. a) Vista aérea de um recorte do Vertical-SP, bairro de Higienópolis, em São Paulo (imagem de acima): alta taxa de ocupação e poucos espaços livres visíveis. **b)** Vista aérea de um recorte do Vertical-DF, Águas Claras (imagem de baixo): espaços livres condominiais de lazer. Fonte: Google Earth, 2019.

Já os novos empreendimentos, conhecidos como “condomínios-clubes”, ocupam grandes terrenos – algumas vezes toda a quadra – e possuem um conjunto de várias torres e ampla área de lazer (Figura 43 b) (ALBUQUERQUE, 2009; SILVA, 2016), o que gera uma implantação com menor densidade construída que nas unidades amostrais do tipo Vertical em São Paulo.

Como mencionado, a matriz da Figura 39 apresenta uma correlação negativa moderada (-0,6) entre TO e PLAND, indicando, assim, que áreas livres de edificação não necessariamente são vegetadas. Ao relacionar as duas variáveis em um gráfico de dispersão (Figura 44), é possível comprovar essa suposição ao verificar a relação negativa indicada pela regressão linear, a qual explica 50% os valores observados ($R^2 = 0,5$). Os valores restantes não se enquadram nesta equação, como por exemplo, o Vertical-SP e Misto-SP, que têm um valor médio de TO semelhante ao do Tradicional, mas este último possui 15% a mais de cobertura arbórea, em média. Da mesma forma, o valor médio de TO no tipo Vertical-DF é próximo ao do Semiaberto-Be, no entanto, o primeiro tem sete vezes menos vegetação arbórea (PLAND) que o segundo. O maior contraste dos valores de TO está entre o Vertical-DF e o Horizontal-DF (25,68 % e 83,95%, respectivamente), mas ambos possuem áreas similares de cobertura arbórea (3,82% e 2,36%, respectivamente).

Os tipos Verticais, de fato, apresentaram uma Taxa de ocupação (TO) igual ou inferior ao Misto, e inferior ao Horizontal, porém, os espaços livres do Vertical não refletiram um cenário de maior cobertura arbórea (Figura 44). Uma das explicações é que outros usos podem estar vinculados no nível do solo, como grandes áreas de estacionamentos, espaços de lazer, como quadras, piscinas e *playground*, com grandes áreas de pisos, etc., comuns em condomínios verticais de cidades brasileiras (ALONSO DE ANDRADE; BERGHAUSER PONT; AMORIM, 2018; MACEDO, 2012; TAKAESU, 2012).

As grandes áreas ocupadas por automóveis nada mais são que um reflexo do planejamento e da política rodoviária das cidades brasileiras, pautadas no transporte individual motorizado (ALONSO DE ANDRADE; BERGHAUSER PONT; AMORIM, 2018). Em São Paulo, só recentemente, excluiu-se a obrigatoriedade legal de um número mínimo de vagas de garagem por empreendimento em áreas mais centralizadas, próximo a eixos de mobilidade³⁷. Já no Distrito Federal, ainda existe a obrigatoriedade de um número mínimo de vagas de acordo com a área construída.³⁸ Dessa forma, podemos dizer que a questão da mobilidade afeta indiretamente a morfologia urbana residencial.

37 Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (nº 16.402/2016) de São Paulo, sancionada em 23/03/2016.

38 Lei de Uso e Ocupação do Solo (Nº 948/2019), dispõe a obrigatoriedade de no mínimo 1 vaga a cada unidade igual ou maior que 60m² e 1 vaga a cada 2 unidades, caso elas sejam inferiores a 60m².

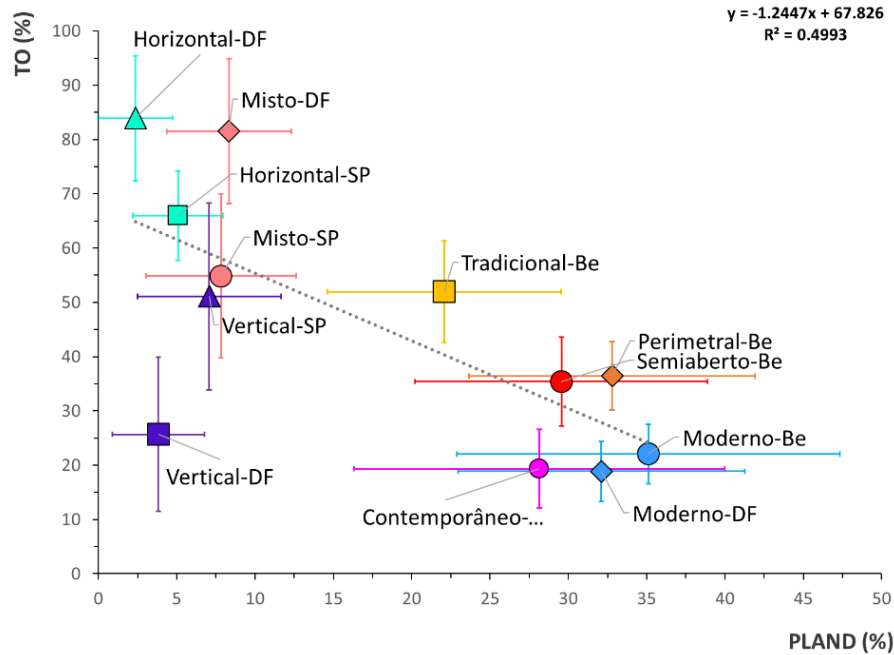


Figura 44. Valores médios e desvio padrão de PLAND (Área relativa de cobertura arbórea) (eixo X), em função de TO (Taxa de ocupação) (eixo Y).

Ainda sob a perspectiva da análise univariada, considerando a alta correlação de PLAND com as outras variáveis da paisagem (ENN, AI e PATCH) e a robustez da Densidade Habitacional (DOMIC), os dados das duas métricas foram cruzados, de forma que a relação entre elas permitisse sinalizar quais tipos morfológicos seriam capazes de conciliar eficientemente altas taxas de vegetação e de densidade. O gráfico de dispersão (Figura 45) apresenta a média e o desvio padrão de cada tipo, e a curva de tendência (regressão polinomial, $R^2 = 0,51$). O Contemporâneo, o Perimetral e o Semiaberto, com desempenho semelhante entre si, se destacam dos demais tipos, uma vez que atingiram densidade próxima aos tipos Vertical e Misto, porém, com maior área de cobertura arbórea.

No Vertical-DF e Perimetral-Be, por exemplo, que possuem densidades habitacionais semelhantes, a diferença média da cobertura arbórea é a mais contrastante entre todos, chegando a 88%. As diferenças com relação às outras variáveis da paisagem também são grandes. Em termos de tamanho médio da área verdes (PATCH) a diferença é de 91%, de conectividade (ENN), 46%, e de agregação (AI), 30% (Tabela 5).

Os valores médios de DOMIC e PLAND fazem do tipo Tradicional o ponto mais próximo do vértice da curva de tendência (Figura 45) e por isso, tem um desempenho de destaque. Ele se encontra em posição intermediária em termos de cobertura arbórea (22%) e alcançou o maior valor médio de densidade habitacional entre os tipos (188 domicílios/ha).

O tipo Horizontal tem desempenho semelhante ao Moderno em termos de densidade, no entanto, em termos de cobertura arbórea, são muito contrastantes, com uma diferença média de 85%. Este resultado, obtido de forma mais precisa e na escala mais fina, é congruente com os dados já apontados no capítulo 2, quando identificamos valores de densidade habitacional semelhantes entre Taguatinga e Brasília na escala da cidade, mas com desempenho arbóreo muito distinto (ver pág. 31).

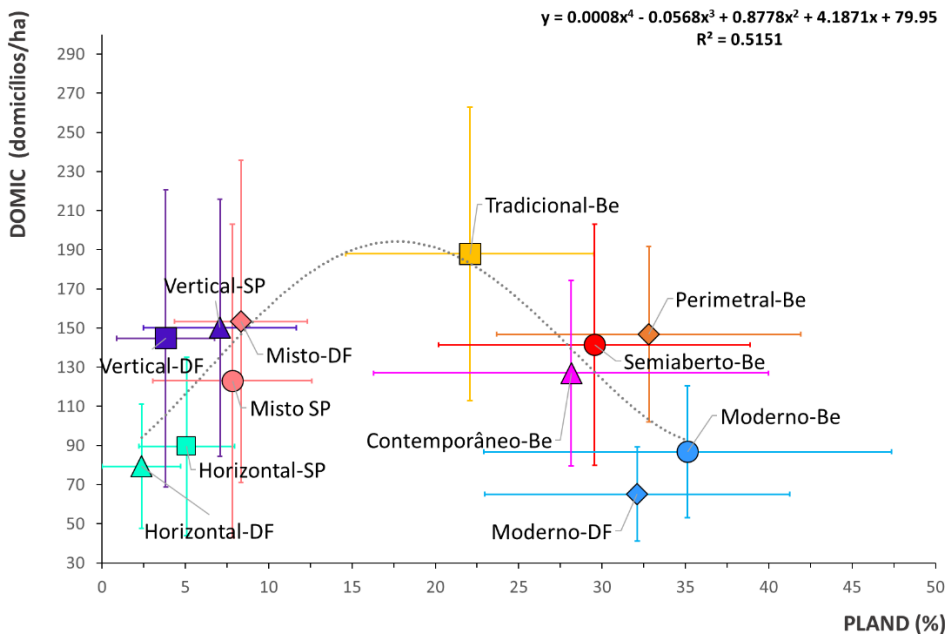


Figura 45. Valores médios e desvio padrão de PLAND (Área relativa de cobertura arbórea) (eixo X), em função de DOMIC (Densidade Habitacional) (eixo Y).

Como explanado anteriormente, a área de cobertura arbórea foi quantificada a partir de duas classes de análise. A primeira considera a cobertura arbórea total da unidade amostral (a quadra mais as calçadas e as ruas perimetrais à quadra, até o eixo da rua, conforme na Figura 46, pontilhado em vermelho), no qual os resultados anteriores se referem. Na segunda classe de análise, foi quantificado apenas a cobertura intraquadra (pontilhado em azul na Figura 46). Dessa forma, foi possível calcular apenas a área da arborização viária e verificar sua proporção em relação à área total de cobertura arbórea (Figura 47) e à área total da quadra (Tabela 7) em cada tipo morfológico.

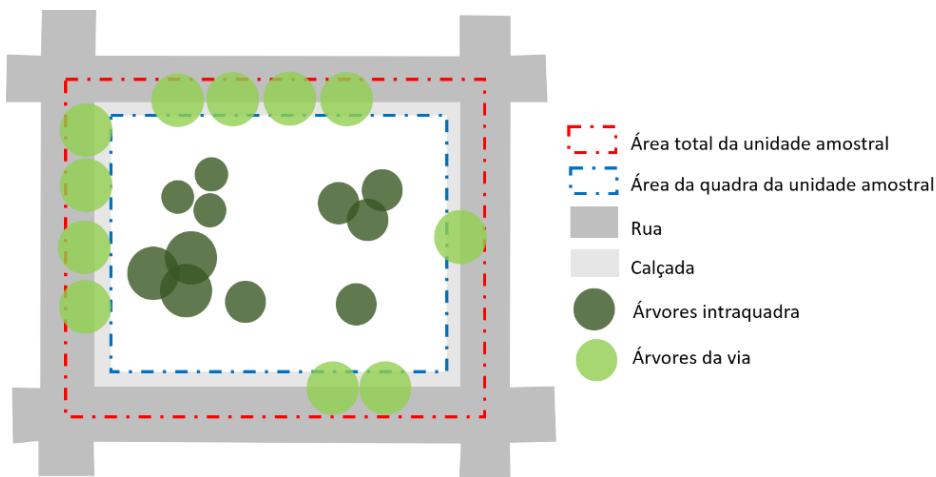


Figura 46. Esquema das áreas contabilizadas para cálculo da cobertura arbórea (PLAND) em duas formas de análise: a primeira considera apenas área da quadra e a segunda, toda a área da unidade amostral (inclusive calçadas e parte das ruas).

O Vertical-SP possui a maior proporção de arborização viária na cobertura arbórea total, com aproximadamente 50% (Figura 47). Apesar do valor alto, em relação a quadra, a cobertura arbórea viária representa apenas 3,6% (Tabela 7), pois sua taxa de cobertura arbórea total já era baixa (7,7%, conforme tabela 5). Já o

Horizontal-SP e o Misto-SP apresentaram uma proporção menor da arborização viária que o Vertical-SP, com 29% e 31% respectivamente (Figura 47).

Proporção da arborização viária na cobertura arbórea total

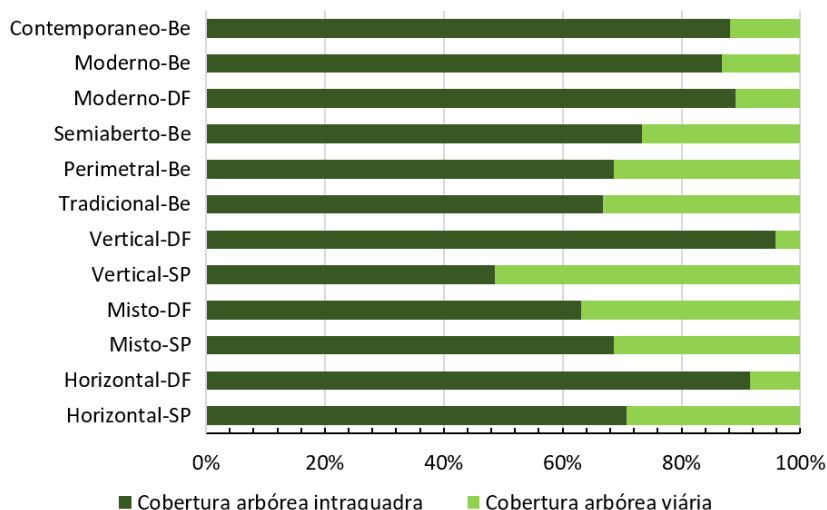


Figura 47. Proporção média da cobertura arbórea viária e intraquadra em relação à cobertura vegetal total em cada tipo morfológico.

Tabela 7. Área absoluta média e relativa média da arborização em relação à área total da quadra em cada tipo morfológico.

Tipos	Área de cobertura arbórea intraquadra		Área de cobertura arbórea viária	
	absoluta (m ²)	relativa (%)	absoluta (m ²)	relativa (%)
Contemporâneo-Be	12588.9	24.9	1677.0	3,3
Moderno-Be	12996.6	30.5	1968.4	4,6
Moderno-DF	10436.0	28.6	1288.1	3,5
Semiaberto-Be	5266.7	21.7	1915.1	7,9
Perimetral-Be	4586.8	22.5	2094.9	10,2
Tradicional-Be	4082.2	14.8	2024.9	7,3
Vertical-DF	702.6	3.7	30.6	0,1
Vertical-SP	592.0	3.4	628.0	3,6
Misto-DF	1942.2	5.3	1133.1	3,7
Misto-SP	1782.6	5.4	815.2	2,5
Horizontal-DF	974.4	2.2	89.9	0,2
Horizontal-SP	1480.8	3.6	613.9	1,5

Um dos fatores que pode ter certa influência sobre a variação da arborização viária em São Paulo é a renda familiar. O gráfico da Figura 48 apresenta a distribuição da renda familiar média obtida pelo último censo (IBGE, 2010) em cada tipo morfológico de São Paulo. Como esperado, a maior renda provém do tipo Vertical, pois a maioria dos bairros mapeados correspondente a este tipo se encontram em áreas mais bem centralizadas, ricas em serviços e infraestrutura, com edifícios de alto padrão (Figura 32). No sentido oposto, o Horizontal tem a menor renda familiar média e grande parte de seus setores censitários estão localizados em zonas periféricas da cidade, cujos imóveis são mais acessíveis economicamente refletindo em uma renda familiar menor (Figura 32).

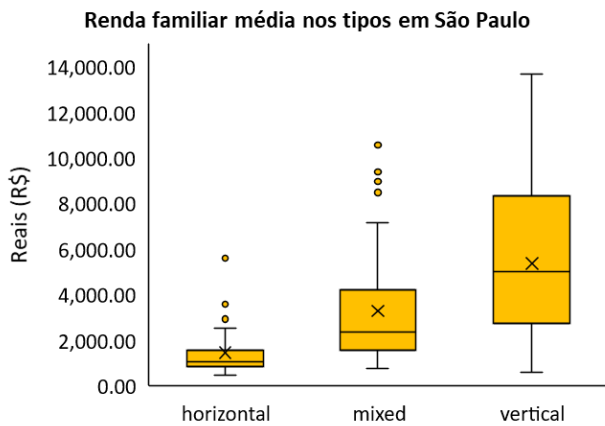


Figura 48. Distribuição da renda familiar média em cada tipo morfológico em São Paulo. Fonte dos dados: Censo 2010 (IBGE, 2010).

A partir dos dados de renda e de cobertura arbórea viária, foi calculado o coeficiente de Spearman para mensurar a correlação entre as duas métricas em São Paulo. O teste indicou que, de fato, a correlação é estatisticamente significativa ($p\text{-valor} = 4.471e-05$, $\alpha = 0,05$), porém, ela é fraca ($\rho = 0,38$). Portanto, a diferença de arborização entre os tipos não é explicada somente pela renda, outros aspectos podem estar influenciando, como, por exemplo, questões culturais, e por isso, é necessário um estudo futuro mais aprofundado.

Na mesma posição do Misto-SP e do Horizontal-SP, estão os tipos Perimetral e Tradicional, com 31% e 33% respectivamente de arborização viária em relação à cobertura arbórea total (Figura 47). No entanto, em relação à área da quadra, os dois últimos tipos têm taxas de arborização viária cinco vezes mais que o Misto-SP e Horizontal-SP (Tabela 7).

O Vertical-DF e o Horizontal-DF são os que possuem a menor proporção da arborização viária (Figura 47) e, por consequência, a maior arborização intraquadra. No entanto, esta vegetação interna representa apenas 3,7 e 2,2 %, respectivamente, da área total da quadra (tabela 7), fazendo parte de um paisagismo pobre nos condomínios verticais de Águas Claras-DF ou está à mercê das escolhas individuais dos proprietários nas unidades unifamiliares do Tipo Horizontal.

É importante ressaltar que a vegetação do miolo de quadra é a que sofre maior influência do desenho e da morfologia urbana. Por esse motivo, os dados apresentados na Figura 47 em conjunto com a tabela 7 são importantes para análise, uma vez que se almeja, do ponto de vista da ecologia da paisagem na escala da cidade, uma matriz urbana mais permeável. A capacidade da forma urbana de condicionar manchas verdes maiores no miolo da quadra permite que elas sirvam como *stepping stone* para diversas espécies ou, dependendo do grau de conectividade, como corredores ecológicos ligados à parques e outras áreas-fonte (GASTON et al., 2005; GODDARD; DOUGILL; BENTON, 2010; J. GASTON et al., 2005; RUDD; VALA; SCHAEFER, 2002; SMITH et al., 2005), além de garantir os serviços ecossistêmicos, os quais a arborização viária não é capaz de fornecer sozinha de forma plena e eficiente. A infiltração das águas pluviais e a recarga do lençol freático, por exemplo, necessita da permeabilidade do solo, e a arborização viária, em geral, dispõe de áreas reduzidas para tal finalidade. Os serviços culturais ecossistêmicos, como recreação e de lazer, são mais diversificados em áreas verdes maiores.

A próxima análise univariada diz respeito às classes ou categorias da vegetação, apresentando a área proporcional de cobertura arbórea e de gramíneas-herbáceas por tipo morfológico (Figura 49). Vale ressaltar que as categorias de vegetação foram quantificadas a partir de imagens aéreas, por meio da sua cobertura captada por

sensores de satélite, ou seja, toda a vegetação, seja gramínea ou herbácea, que está abaixo das copas não foram contabilizadas.

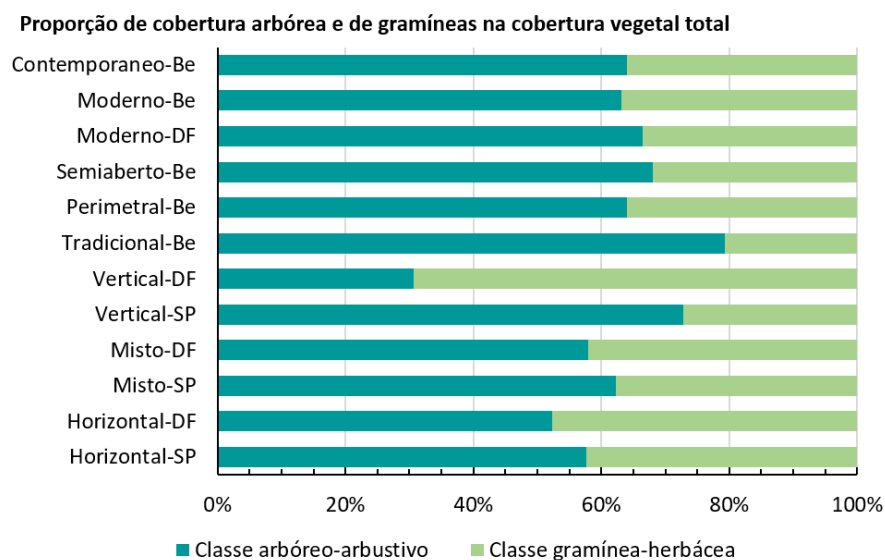


Figura 49. Gráfico de barras com a proporção média de cobertura arbórea e de gramíneas-herbáceas na cobertura vegetal total de cada tipo morfológico.

Os tipos do Distrito Federal, destacam-se novamente, pela maior proporção de gramíneas e herbáceas: o Vertical com 70%, o Horizontal com 48% e o Misto, com 42% (Figura 49). Como já comentado, a predominância de gramados está vinculada ao tipo de uso das áreas livres. No Vertical, os equipamentos de lazer no térreo estão sobre grandes estacionamentos subterrâneos e, de certa forma, inibiram, o plantio de espécies arbóreas de grande porte, prevalecendo pequenos arbustos e, em grande parte, gramados e herbáceas (Figura 50a). Os empreendimentos, que não possuem garagens subterrâneas, ocupam as áreas comuns do térreo com estacionamento, restando diminutos espaços para áreas verdes.

Apesar da maior proporção de árvores, o Moderno-DF (Brasília) apresenta uma das maiores áreas de gramado entre os tipos morfológicos, representando 16% da área da quadra (Tabela 8). Tais áreas, muitas vezes, são pobres em diversidade vegetal, sem uso pela população ou tratamento paisagístico (como abordado na pág. 31). De acordo com o plano urbanístico original de Lúcio Costa, algumas destas áreas gramadas foram destinadas à construção de edifícios habitacionais, mas permanecem vazias até hoje (Figura 51). Das 36 unidades amostrais do Moderno-DF, levantadas nesta pesquisa, 5 delas possuem lotes vazios destinados a habitação. De acordo com o Sinduscon-DF (AMORIM, 2015), 6% da área destinada à habitação em todo o Plano Piloto se encontram vazias, devido à diversas razões, entre elas, aos interesses econômicos especulativos. Se estes vazios urbanos fossem ocupados, contribuiriam para o aumento da densidade habitacional no Plano Piloto, que é o mais baixo de todos os tipos morfológicos (ver Tabela 6).



Figura 50. a) Espaços livres condominiais (intraquadra) típica do Vertical-DF (Águas Claras). Fonte: www.curtamais.com.br. b) Pátio internos permeáveis típicos do Tradicional-Berlim. Fonte: Bodenschatz, 2010.



Figura 51. Vazio urbano da Quadra SQN207, Brasília (Plano Piloto), com extenso gramado sem uso pela população e destinado à habitação. Fonte: Google Earth.

Tabela 8. Área absoluta média e relativa média da cobertura arbórea e gramínea-herbácea em relação à área total da quadra em cada tipo morfológico.

Tipos	Área de cobertura arbórea		Área de cobertura gramínea-herbácea	
	absoluta (m ²)	relativa (%)	absoluta (m ²)	relativa (%)
Contemporâneo-Be	14265.9	28.2	7801.1	15.8
Moderno-Be	14965.0	35.1	9242.4	20.5
Moderno-DF	11724.1	32.1	6005.9	16.2
Semiaberto-Be	7181.8	29.5	3281.3	13.8
Perimetral-Be	6681.7	32.8	3941.7	18.4
Tradicional-Be	6107.1	22.0	1615.6	5.7
Vertical-DF	733.1	3.8	1547.1	8.6
Vertical-SP	1220.0	7.0	506.3	2.6
Misto-DF	3075.4	8.3	2327.3	6.0
Misto-SP	2597.8	7.8	1700.3	4.7
Horizontal-DF	1064.3	2.3	878.1	2.1
Horizontal-SP	2094.7	5.0	1520.2	3.7







Já o Vertical -SP e o Misto-SP apresentam predominância de cobertura arbórea em mais de 60% junto com os tipos do Grupo 2 (Contemporâneo, Moderno, Semiaberto, Perimetral e Tradicional) (Figura 49). Dentre o grupo 2, o Tradicional é o que apresentou maior proporção de cobertura arbórea, com quase 80% (Figura 49). Este tipo morfológico contém vários pátios internos, em sua maioria permeáveis, variando de 150 a 650m², mas

relativamente pequenos se comparados com os espaços livres dos demais tipos em Berlim, como o por exemplo, o Perimetral que tem aproximadamente 7.000 a 11.000m² de área livre interna. Dessa forma, um único ou poucos exemplares arbóreos facilmente preenchem todo o espaço aéreo existente, sobrando poucas áreas para clareiras e a ocupação exclusiva de gramíneas (Figura 50b).

Os resultados da análise uni e bivariada mostraram o mesmo tipo morfológico em locais diferentes podem apresentar variações, principalmente, na questão da vegetação, como no caso do Tipo Vertical e o do Horizontal em São Paulo e no Distrito Federal. Tais nuances são intrínsecas aos fatores históricos, socioeconômicos, culturais e normativos (legislação) da cidade a qual eles pertencem, e vão condicionar os padrões de ocupação e uso do solo. Assim, as generalizações acerca de resultados do desempenho de um tipo morfológico, em uma determinada região urbana, devem ser evitadas, pois nem sempre o que funcionou para uma cidade, servirá para outra. Isso não significa que as soluções não possam ser replicadas, uma vez que muitos desafios e problemas urbanos são globais, mas é fundamental a condução de estudos mais aprofundados para compreender a realidade local e como essas soluções poderão ser adaptadas.

O quadro a seguir (Tabela 9) apresenta um resumo das principais conclusões obtidas por meio dos resultados da análise uni e bivariada.

Tabela 9. Principais conclusões dos resultados da análise uni e bivariada. Fonte dos ícones: flaticon.com

RESUMO DAS DOS RESULTADOS	
	<p>Métricas da paisagem</p> <p>✓ Neste estudo, a área de cobertura arbórea e de cobertura vegetal são altamente correlacionadas com as outras métricas de paisagem. Observou-se a dependência do tamanho médio da área das manchas (PATCH), da conectividade (ENN) e da agregação (AI) em função da área total (PLAND).</p>
	<p>Árvore x Densidade</p> <p>✓ As métricas de paisagem, na classe cobertura arbórea, não apresentaram forte correlação com as variáveis de densidade (construída, habitacional e populacional), o que pode ser interpretado como fenômenos independentes.</p>
	<p>Densidade construída x Habitacional/ populacional</p> <p>✓ Somente a consideração do Coeficiente de aproveitamento como parâmetro de planejamento e desenho urbano, não garante o aumento de densidade urbana, pois nem sempre esta variável está correlacionada com densidade habitacional e populacional.</p>
	<p>Verticalização</p> <p>✓ O processo de verticalização de um bairro nem sempre resulta no aumento de áreas livres e de densidade habitacional. Tal ação só será efetiva se acompanhada de um desenho urbano e parâmetros urbanísticos que garantam a existência de áreas livres.</p>
	<p>Áreas livres x Taxa de ocupação</p> <p>✓ Uma proporção alta de áreas livres não garante alta taxa de cobertura vegetal, pois esta disputa o espaço com o sistema viário, estacionamentos e outros usos comuns diversos intraquadra e intralote.</p> <p>✓ Muitas vezes tais decisões não estão nas mãos de planejadores e autoridade governamentais, mas no interesse do mercado imobiliário e nas decisões individuais de proprietários de unidades unifamiliares.</p>
	<p>Fatores externos a forma urbano</p> <p>✓ Outros fatores não relacionados diretamente com a forma urbana, como aspectos culturais e modelos de mobilidade urbana - que não foram considerados neste estudo - aparenta ter algum tipo de influência no balanço entre densidade e cobertura vegetal, e, portanto, merecem ser estudados em pesquisas futuras.</p>

Apesar desta etapa apresentar uma série de resultados relevantes, em grande parte das análises consideraram-se apenas as médias e os desvios padrões, o que a torna limitada. Para uma análise mais aprofundada e

com mais acurácia, é fundamental considerar os resultados de todos os dados amostrais, em um ambiente multivariado. Por essa razão, a etapa de análise seguinte focou neste aspecto.

4.3.2. Análise multivariada

Primeiramente, foi conduzido um teste de multicolinearidade VIF (Variance Inflation Factor), que não resultou na exclusão de nenhuma variável, uma vez que VIF é menor que 10 (MONTGOMERY; PECK; VINING, 2012).

A primeira análise exploratória multivariada foi o gráfico de caixa para compreender as distribuições dos dados. Porém, o gráfico de caixa foi substituído por um formato de radar, de maneira que pudéssemos visualizar algumas variáveis simultaneamente. O conjunto de dados utilizados foi no nível da cobertura arbórea (para as variáveis da paisagem).

Cada gráfico “caixa-radar” representa a distribuição das variáveis de um tipo morfológico em sua respectiva cidade, gerando uma figura geométrica (Figura 52). Os limites do polígono azul representam a distribuição total da amostra em relação a cada variável. Os limites do anel vermelho equivalem ao 1º e o 2º quartil, a linha branca indica a mediana e as bolinhas, os outliers. Pode-se dizer que estas figuras geométricas são uma espécie de “assinatura” de cada tipo, permitindo ao observador identificar facilmente diferenças geométricas resultantes do desempenho de cada tipo.

Como explicado em “Materiais e Métodos”, as variáveis utilizadas na composição deste gráfico foram cinco: PLAND, PATCH, DOMIC, POP e CA.

Se o desejo é identificar os tipos morfológicos que têm alta densidade e alta cobertura arbórea concomitantemente, logo, os melhores são aqueles que apresentam polígonos maiores e mais próximo de um pentágono. Levando em conta este raciocínio, o Horizontal em São Paulo e DF, muito semelhantes geometricamente, tem o pior desempenho, com polígonos muito pequenos. Já as geometrias do Vertical em São Paulo e DF pendem para o lado esquerdo na qual estão as variáveis de densidade, em contraposição com o Moderno, que pedem para o lado direito, aonde estão as variáveis de vegetação. O Tradicional e o Contemporâneo aparentam ter o melhor desempenho em razão do tamanho do polígono e do equilíbrio entre os vértices, se aproximando de um pentágono. Em segundo lugar, temos o Perimetral junto com o Semiaberto, com desempenhos similares e equilibrados entre as variáveis (Figura 52).

Ao gerar o gráfico “caixa-radar” para o conjunto de dados de toda a cobertura vegetal (não apenas arbórea, mas herbáceas e gramíneas), os tipos apresentaram um desempenho muito semelhante à análise anterior, e que pode ser visualizado no Anexo J.

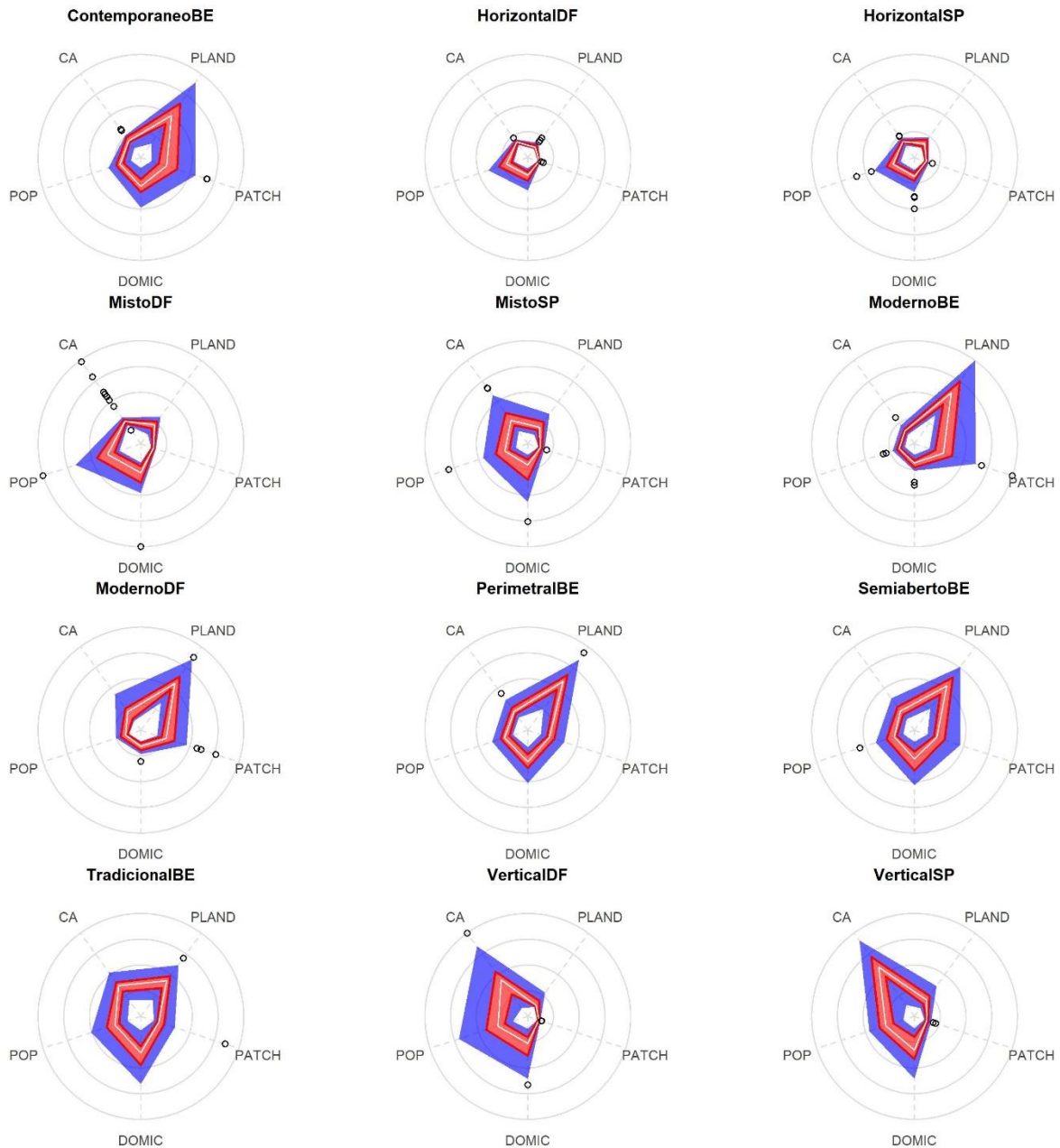


Figura 52. Gráfico “Caixa-radar” que apresenta a distribuição de cada variável para cada tipo morfológico e cidade em um radar a partir do conjunto de dados de cobertura arbórea.

Como no gráfico “caixa-radar” não se considerou todas as oito variáveis, foi adotada uma técnica estatística para entender a relação entre todas elas, denominada *Nonparametric Comparison of Multivariate Samples* (NPMV) (BURCHETT; ELLIS; BATHKE, 2017; ELLIS et al., 2017) que já foi explicada em “Materiais e Métodos”, pág. 67.

O intuito desta análise foi explorar simultaneamente o relacionamento entre os tipos morfológicos - enquanto variável independente categórica - e as variáveis dependentes numéricas de paisagem e de morfologia: PLAND, PATCH, ENN, AI, DOMIC, POP, CA e TO (Figura 38). A primeira hipótese que se testou é se o efeito dos tipos morfológicos sobre as variáveis numéricas é significativo e a segunda a hipótese, sobre a significância de cada variável na equação, bem como, de cada tipo morfológico.

O primeiro teste (*Nonpartes*) indicou que o efeito dos tipos morfológicos sobre as variáveis numéricas é significativo ($p\text{-value} = 0$) tanto para o conjunto de dados de cobertura arbórea como de cobertura vegetal total. O segundo teste (*Ssnonpartes*) revelou que cada variável dependente (numéricas) são significativas, portanto, distintas entre si. Porém, em relação às variáveis independentes (categóricas), o teste apontou que os seguintes tipos morfológicos são estatisticamente iguais entre si:

- Conjunto de dados – nível de cobertura arbórea: Moderno-DF e Moderno-Be; Misto-SP e Vertical-SP; Perimetral-Be e Semiaberto-Be.
- Conjunto de dados - nível de cobertura vegetal: nenhum tipo, todos são estaticamente distintos.

Alguma das combinações acima já eram esperadas, como por exemplo, para o Moderno de DF e de Berlim, uma vez que as distribuições de dados eram similares em praticamente todas as variáveis. No entanto, para outros tipos, o resultado surpreendeu, como a igualdade entre o Misto e o Vertical de São Paulo, revelando desempenhos iguais em termos de morfologia e vegetação.

O objetivo mais importante do NPMV (*Nonparametric Comparison of Multivariate Samples*) foi confirmar a significância do efeito das formas urbanas na vegetação e densidade, e indicar a igualdade estatística entre alguns tipos morfológicos. No entanto, para identificar tipo morfológicos que eram próximos, mas não iguais entre si, foi conduzido a técnica de agrupamento, considerando as oito variáveis (PLAND, PATCH, ENN, AI, DOMIC, POP, CA e TO) do conjunto de dados de cobertura arbórea.

A função *fviz_nbclust* indicou 3 grupos (ou 3 clusters: A, B e C) como número ótimo, pois foi o menor número de grupos que melhor distinguiu e separava os tipos de acordo com suas semelhanças e diferenças (Figura 53).

A porcentagem representativa dos 3 grupos em cada tipo morfológico pode ser vista no segundo gráfico da Figura 53, sendo possível identificar um gradiente de transição do Grupo A ao C, com a predominância de um ou dois grupos para cada tipo morfológico. O Grupo A (verde), por exemplo, é predominante nos tipos Contemporâneo, Moderno, Semiaberto, Perimetral e Tradicional, os quais que tem a quadra urbana como unidade mínima de desenho. O grupo B (azul) e C (rosa) tem representatividade equilibrada no tipo Vertical, e o Grupo C é predominante nos Mistos e nos Horizontais.

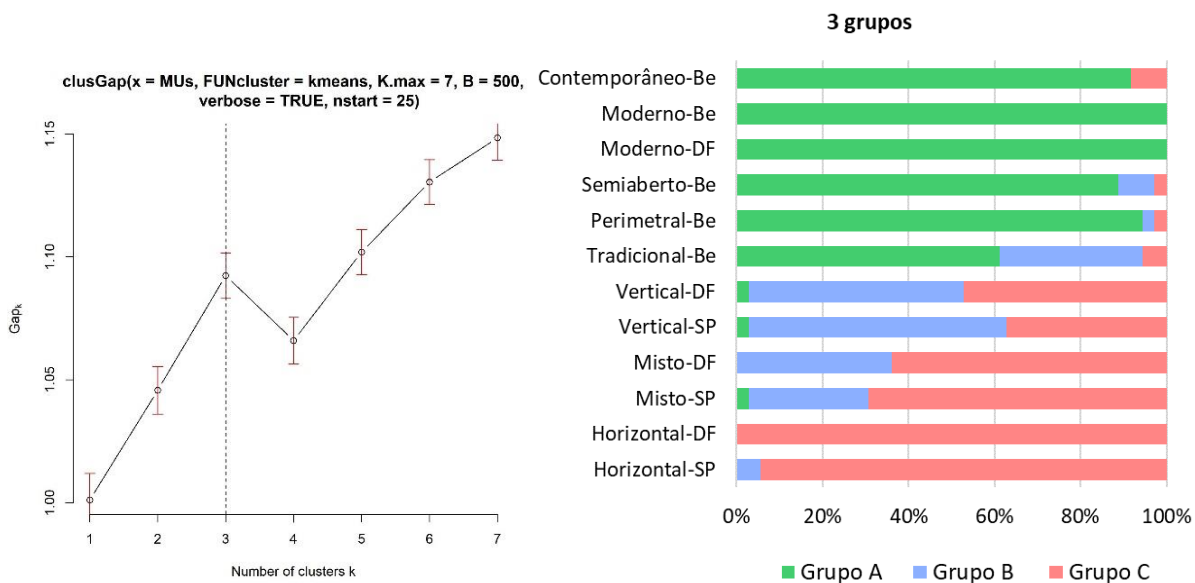


Figura 53. (Esquerda) Gráfico resultante da função *fviz_nbclust* que indica o número ótimo de grupos (cluster) para análise de agrupamento. (Direita) Percentual de unidades amostrais que pertencem aos Grupos A, B e C dentro de cada tipo morfológico.

Este tipo de análise nos auxilia no delineamento de conclusões sobre as características gerais de cada grupo e seu padrão do comportamento a partir do conhecimento dos tipos morfológicos associados a eles. Por exemplo, as unidades amostrais que pertencem ao Grupo B possuem características específicas e que só podem ser encontradas predominantemente no Vertical, parcialmente no Tradicional e no Misto, dificilmente no Horizontal, e raramente ou nunca nos tipos restantes. Em outras palavras, o Grupo B provavelmente está associado a alta densidade (populacional, domiciliar e construída). Partindo desta mesma lógica, como Grupo C é predominante no Horizontal, parcialmente presente no Misto e no Vertical, e quase inexistente nos demais, deve estar associado a uma densidade mais baixa, alta taxa de ocupação e baixa cobertura arbórea. Todas as unidades amostrais do Moderno pertencem ao Grupo A, o que sinaliza que este grupo está associado à alta cobertura arbórea já que ele era o tipo mais arborizado (Figura 40). Portanto, até momento, o Tradicional mostrou maior equilíbrio entre os tipos uma vez que ele pertence tanto ao Grupo A (associado a alta cobertura arbórea) como ao Grupo B (associado à alta densidade).

Vale ressaltar aqui que utilizamos um método não-hierárquico, pois o agrupamento hierárquico (método Ward) foi testado inicialmente e não gerou um dendrograma de fácil visualização gráfica dos relacionamentos e subgrupos, uma vez que utilizamos todas as observações (432 unidades amostrais) e não somente as médias de cada tipo. Como o agrupamento hierárquico obtém uma hierarquia de relacionamentos, e não grupos específicos (LINDEN, 2009), a visualização desta hierarquia ficou muito prejudicada pela grande quantidade de dados, e por isso, descartou-se este método (ver detalhes em Anexo K).

Apesar do método de classificação por agrupamento (*k-means*) elucidar, em um ambiente multivariado, alguns padrões de desempenho, não é possível descobrir como é o desempenho de cada unidade amostral e sua relação com as variáveis. Para tal, foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP)³⁹.

Os dados das unidades amostrais foram espacializados, considerando a Componente Principal 1 e 2 (CP1 e CP2) nos eixos x e y, respectivamente, conforme Figura 54.a; e a Componente Principal 1 e 3, conforme Figura 54.b. Inicialmente, as observações foram identificadas com base na classificação de agrupamento (Grupos A, B e C).

Observa-se no gráfico a esquerda (Figura 54.a) que a CP 1 e CP2 separaram espacialmente os 3 grupos em razão do grau de correlação destes com as variáveis e corrobora com as conclusões iniciais feitas na análise de agrupamento. A amostra do grupo B, mais denso, se concentra junto as variáveis de densidade, pois tem maior correlação com estas; a amostra do Grupo A, mais arborizado, está mais correlacionado com as variáveis positivas⁴⁰ de paisagem (PLAND, PATCH, AI); e o grupo C está mais correlacionado com ENN e TO. Mas há algumas observações do Grupo A e C (indicadas pela elipse em roxo), que se concentram no sentido oposto de CA, DOMIC e POP, o que indica que elas são negativamente correlacionadas com estas variáveis, portanto, possuem baixa densidade.

³⁹ Em inglês, denomina-se ACP- Principal Component Analysis

⁴⁰ A variável ENN é considerada negativa, pois quanto menor é seu valor, melhor é a conectividade. Por isso ele se posiciona no sentido oposto das demais variáveis de vegetação

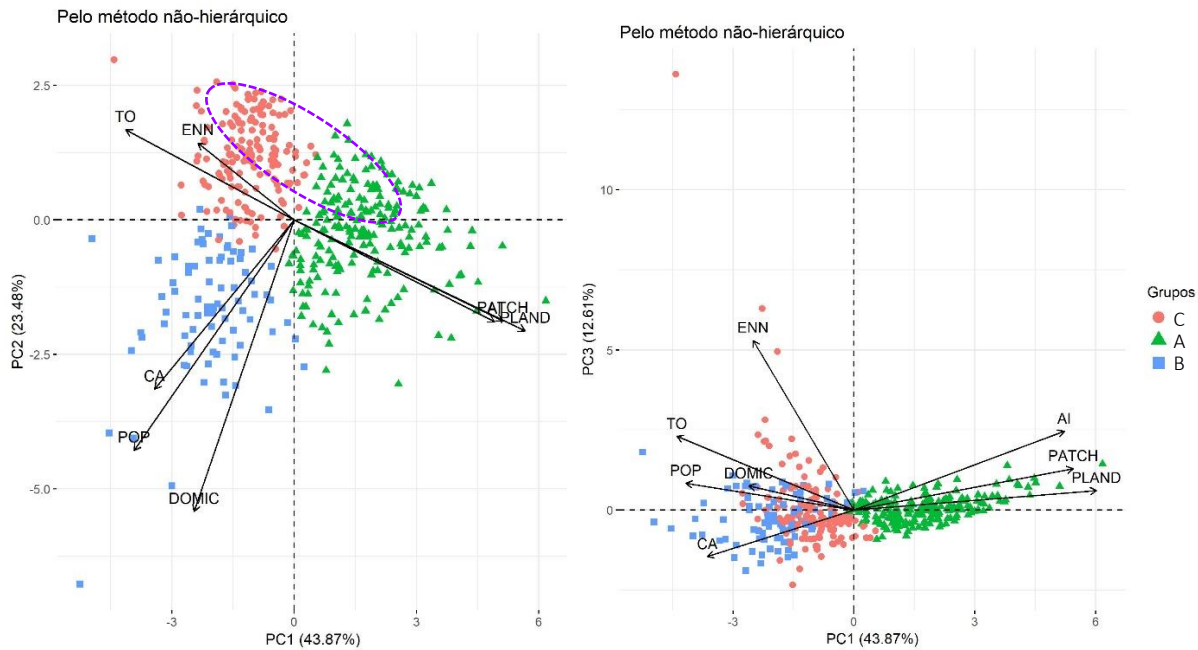


Figura 54. a) A direita. Análise de Componentes Principais (CP1 e CP2) e b) A esquerda. Análise de Componentes Principais (CP1 e CP3) com as observações organizadas segundo os grupos definidos pelo método de agrupamento e a partir do conjunto de dados que considera apenas cobertura arbórea.

As variáveis mais explicativas para cada componente principal são identificadas pelos valores de autovetor (Tabela 10). Na CP1 as variáveis PLAND, AI e PATCH apresentam alto grau de explicação, uma vez que possuem os valores mais altos (0.48, 0.42 e 0.44, respectivamente), além de serem altamente correlacionadas entre si. Na CP2 a variável DOMIC é que tem maior poder explicativo (0.63), seguido de POP (0.50) e CA (0.37). Na CP 3 apenas ENN tem um coeficiente de correlação alto (0.8).

Tabela 10. Autovetores das variáveis nas Componentes Principais (PC) e o percentual explicativo, para conjunto de dados no nível de cobertura arbórea.

Variáveis	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
PLAND	0.48	-0.24	0.09	-0.01	0.11	-0.02	-0.47	-0.68
ENN	-0.20	0.16	0.80	0.46	-0.24	0.04	-0.12	-0.06
AI	0.42	-0.22	0.37	-0.12	0.14	-0.63	0.43	0.17
PATCH	0.44	-0.22	0.19	0.10	0.28	0.71	0.15	0.33
DOMIC	-0.20	-0.63	0.11	-0.20	-0.15	-0.09	-0.53	0.44
POP	-0.33	-0.50	0.12	-0.23	-0.25	0.24	0.51	-0.44
CA	-0.29	-0.37	-0.21	0.63	0.54	-0.16	0.07	-0.07
TO	-0.35	0.19	0.34	-0.50	0.67	0.04	-0.10	-0.08
Proporção da variância	43.87%	23.48%	12.61%	7.90%	5,96%	3.72%	1.44%	0.98%
Proporção acumulada	43.87%	67.35%	80.00%	87.86%	97.58%	97.58%	99.02%	100%

A CP 1 e CP 2 são responsáveis por explicar 43,8% e 23,4% respectivamente, da variabilidade do conjunto de dados, resultando em um acumulado explicativo de 67% (Tabela 10). Se incluirmos a PC3 na análise, tem-se um acumulado explicativo de 80% da distribuição dos dados. Por isso, a PC3 foi cruzada junto com a CP1 gerando o gráfico da Figura 54.b. No entanto, este gráfico não ofereceu a mesma clareza e nitidez de distinção entre os grupos A, B e C e de correlação com as variáveis, como no gráfico gerado a partir da CP1 e CP2 (Figura 54.a), além de ter um percentual de explicação menor (56,4%).

Se o foco é identificar quais observações estão mais correlacionadas positivamente com a densidade (DOMIC, POP, CA) e positivamente com a vegetação (PLAND, PATCH, AI), o cruzamento da PC1 com a PC2, de fato, é a melhor forma de ordenação para análise. Caso nosso interesse fosse identificar as observações mais correlacionadas com ENN, a melhor análise seria a partir do cruzamento da CP1 com a CP3, pois, como dito, ENN tem um valor de autovetor alto nesta componente (Tabela 10).

Dito isso, torna-se importante saber a que tipos morfológicos as observações pertenciam. Assim, o gráfico de cruzamento entre CP1 e CP2 foi gerado novamente, porém, com base na classificação tipológica, e cada observação ganhou um número de identificação próprio (ID) (Figura 55).

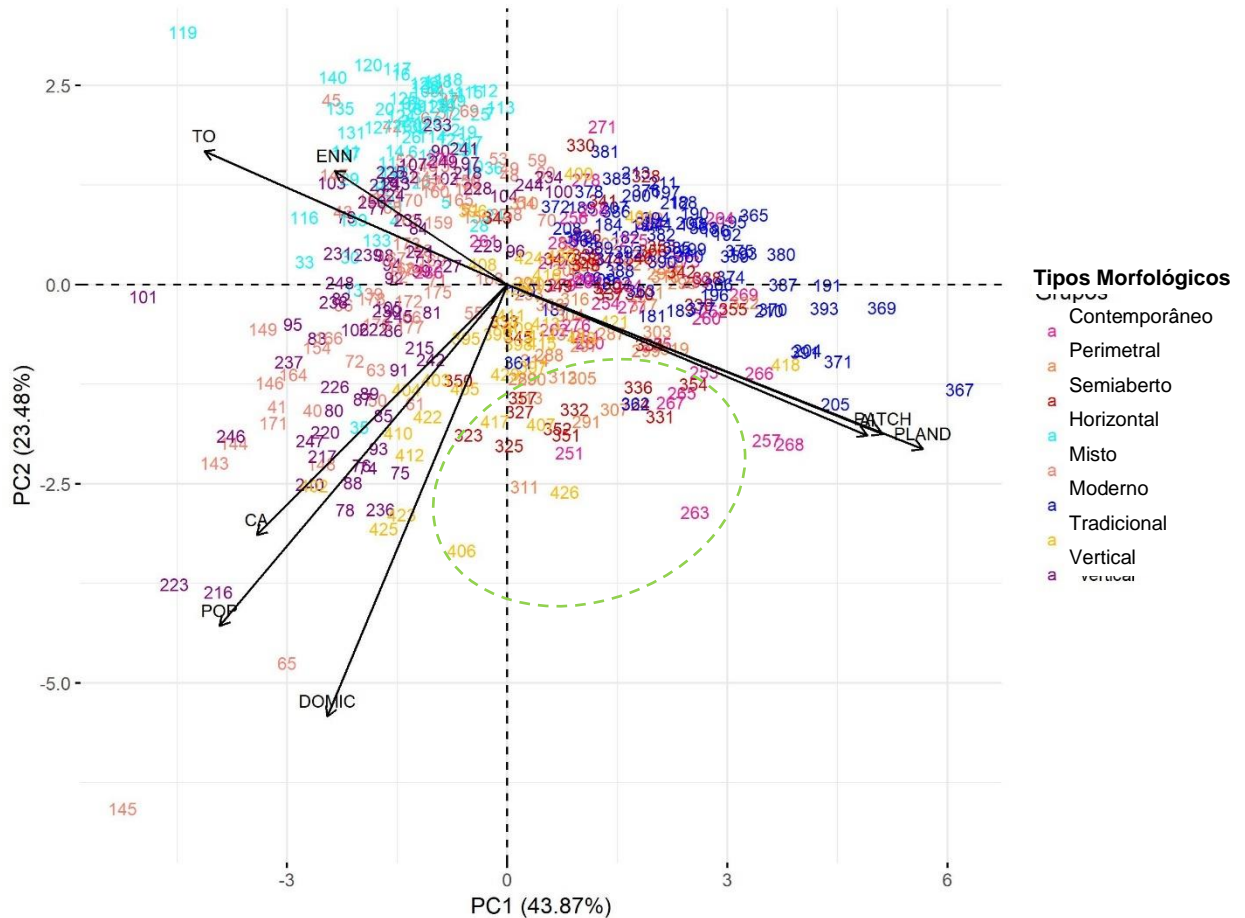


Figura 55. Análise de Componentes Principais (CP 1 e CP2) com as observações classificadas segundo sua tipologia, a partir do conjunto de dados de cobertura arbórea.

Conforme a Figura 55, o eixo PC1 separa as observações dos tipos Contemporâneo, Perimetral, Semiaberto, Moderno para o lado positivo do eixo, no sentido de PLAND, PATCH e AI - indicando que eles são correlacionados com estas variáveis - e as observações do tipo Horizontal, Misto e Vertical para do lado negativo do eixo. As observações do Tradicional se concentram em ambos os lados. Este é o padrão de separação mais forte e responsável por quase 44% da variabilidade no conjunto de dados.

O eixo PC2, que está mais correlacionado com DOMIC, POP e CA (tabela 10), separa as observações do Horizontal e a maior parte das observações do Moderno para o lado positivo do eixo, no sentido oposto às variáveis de densidade. As observações dos tipos Perimetral, Contemporâneo, Semiaberto, Vertical e Misto estão distribuídos ao longo desse eixo PC2, sem predominância de um lado ou outro - indicando que nem todas as observações destes tipos estão correlacionadas positivamente à alta densidade. O tradicional é o único cujas observações estão predominantemente do lado inferior da PC2, no sentido das variáveis de densidade.

Repare que o resultado obtido na Análise dos Componentes Principais corrobora com os mesmos padrões de resultado apresentado no gráfico caixa-radar e na análise de agrupamento. Além disso, a ACP deixa claro que as observações com melhor desempenho (alta densidade e vegetação) são aquelas que estão entre o conjunto de vetores DOMIC-POP-CA e PLAND-AI-PATCH (indicado pela elipse verde), com os valores altos nas duas componentes principais (CP1 e CP2), pois, isso quer dizer que elas tem alta correlação com ambos conjuntos de variáveis

A fim de facilitar a visualização destas observações, a partir das médias entre os autovetores de DOMIC, POP, CA, PLAND, AI e PATCH, foi calculado um ponto ótimo e dele, gerado um novo vetor médio (segmento verde da Figura 56). Em seguida, foi feito uma simulação de dados, lançando 1.000 pontos amostrais aleatórios de uma distribuição normal, cuja média é o próprio valor do ponto ótimo e a variância são os autovalores de cada componente principal. Esse procedimento garantiu a geração de curvas de densidade (representada por anéis pontilhados), de forma confiável, facilitando a visualização das unidades amostrais que estão mais alinhadas ao novo vetor criado e próximo ao ponto ótimo (final do vetor), indicando assim, um gradiente de desempenho (Figura 56). Dentre as observações com melhor desempenho, destaca-se as unidades amostrais 263, 406, 426 e 311.

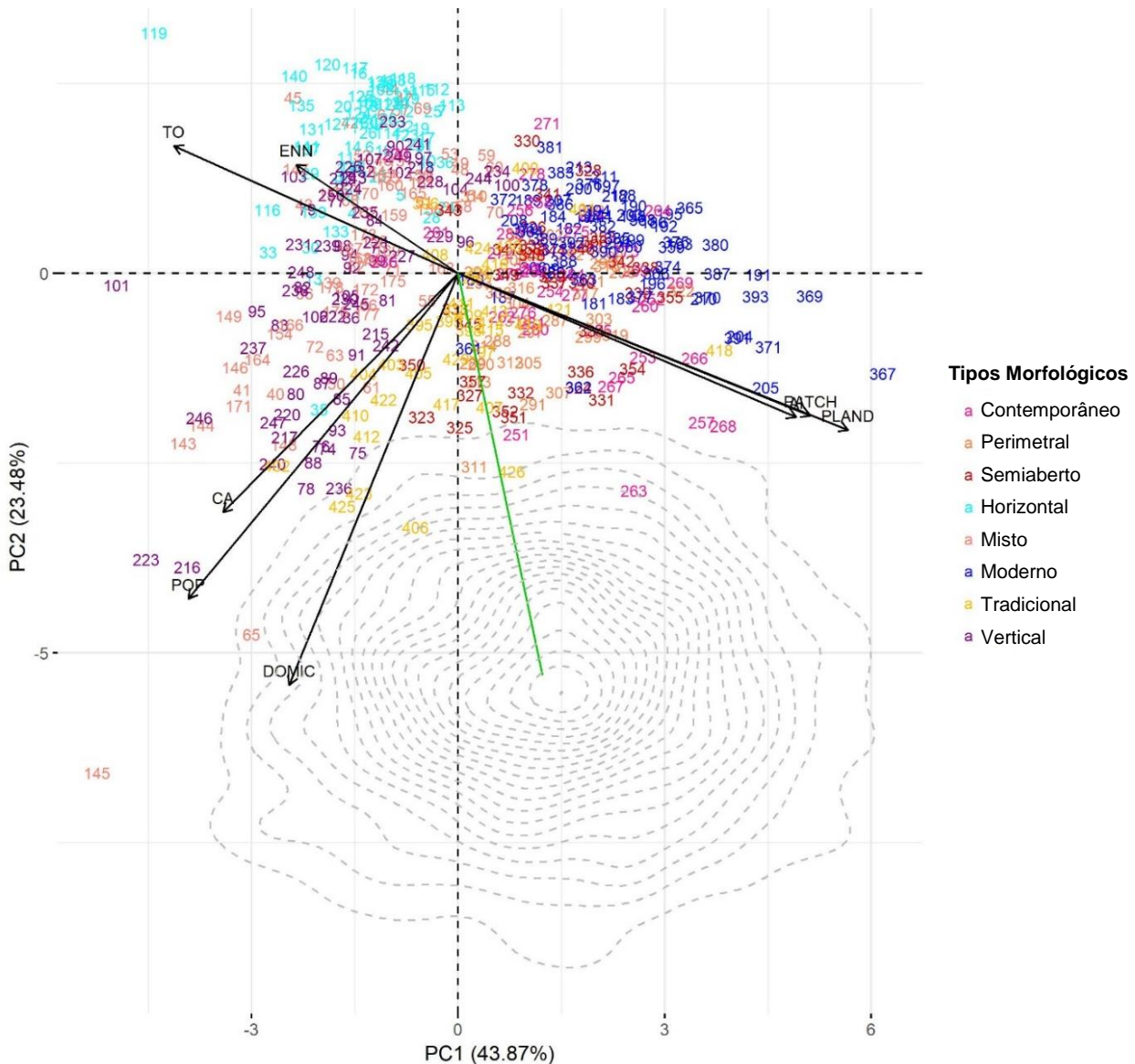


Figura 56. Análise de Componentes Principais (CP 1 e CP2), vetor e ponto ótimo, e curvas de densidade, a partir do conjunto de dados de cobertura arbórea.

Esta mesma análise foi feita a partir do conjunto de dados de cobertura vegetal total. (Figura 57). A porcentagem de explicação foi de 47% na CP1 e 23% da CP2, totalizando um acumulado explicativo de 70% (a tabela com os autovetores e a porcentagem explicativa se encontra no Anexo L). Os autovalores de PATCH, PLAND, AI e ENN apresentaram pouca diferença em relação ao gráfico anterior e as demais variáveis quase nenhuma. A distribuição das observações foi também muito semelhante, com pequenas variações. Com melhor desempenho, destacaram-se as unidades amostrais 251, 426, 311 e 263.

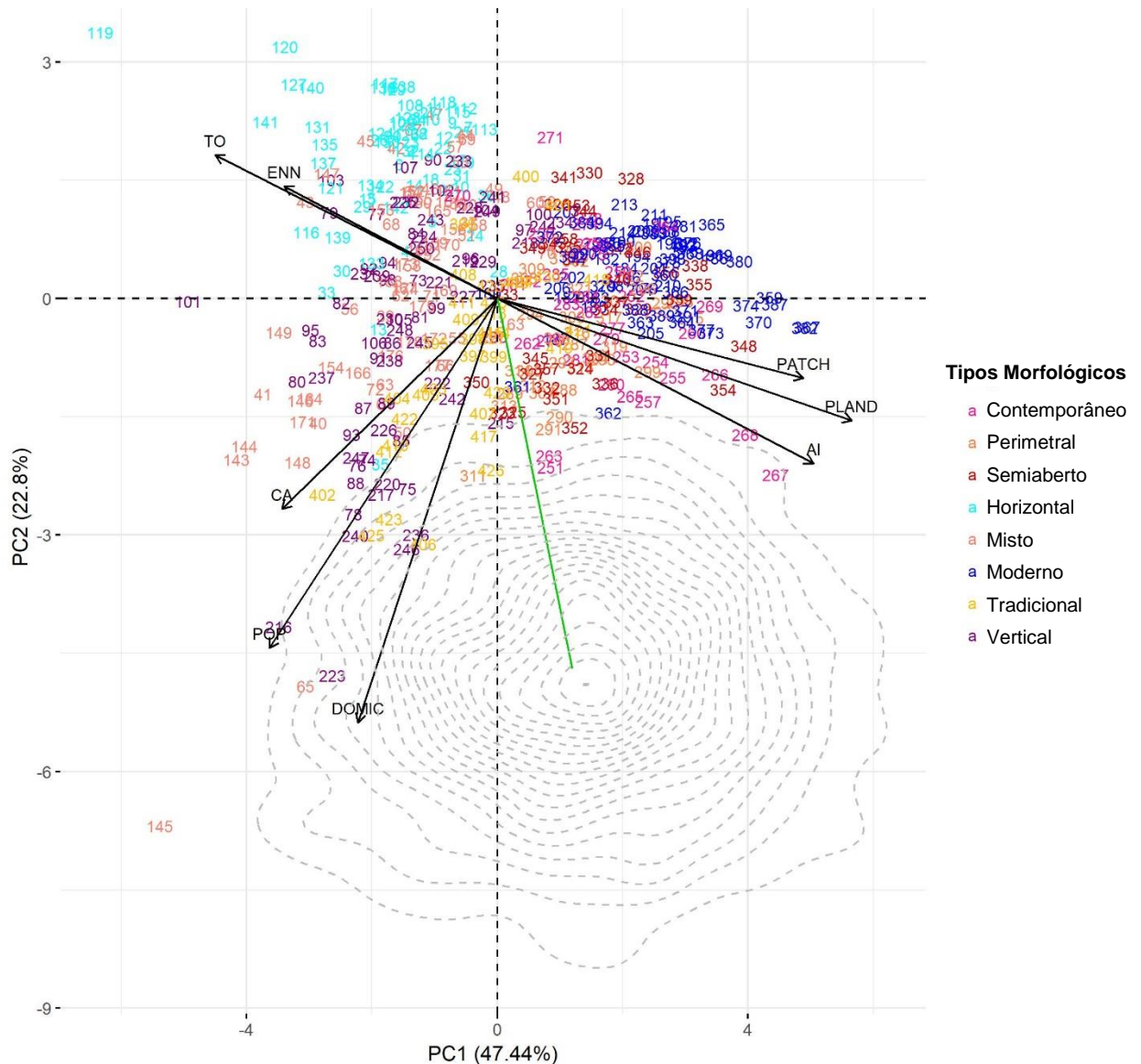


Figura 57. Análise de Componentes Principais (CP 1 e CP2), vetor e ponto ótimo, e curvas de densidade, a partir do conjunto de dados de cobertura vegetal.

Antes de nos aprofundarmos nas unidades amostrais de melhor desempenho (próximo item), foram elencadas a seguir, de forma resumida, as principais conclusões extraídas dos resultados da análise multivariada.

Tabela 11. Principais conclusões dos resultados da análise multivariada. Fonte dos ícones: flaticon.com

RESUMO DOS RESULTADOS		
	Assinatura geométrica	✓ O gráfico “Caixa-radar” mostrou ser uma técnica de visualização eficaz de fácil interpretação com relação ao desempenho geral dos tipos morfológicos, identificando, assim, aqueles com melhor equilíbrio entre as variáveis consideradas (PLAND, PATCH, CA, DOMIC, POP), bem como as similaridades e diferenças entre os tipos.
	Efeito do desenho morfológico	✓ O teste do NPMV apontou que a forma urbana influencia na densidade e na cobertura vegetal, e por isso, torna-se um ponto chave nas discussões de cidade mais resiliente e sustentável
	Desempenho baixo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Os resultados trouxeram evidências do baixo desempenho dos tipos Horizontal e Moderno em relação aos demais. Apesar do Moderno apresentar alta cobertura vegetal e arbórea, tem uma taxa média de densidade tão baixa quanto o Horizontal. Este último, além da baixa densidade, também, apresentou os menores valores com relação as variáveis de vegetação. ✓ Em vista do bom desempenho em termos de vegetação, as soluções morfológicas do tipo Moderno no DF e em Berlim não devem ser descartadas, mas sim revistas e aperfeiçoadas, a fim de se alcançar desenhos e formas urbanas mais eficientes, conciliando densidades urbanas maiores. ✓ De fato, a quadras dos tipos Vertical, Horizontal e Misto de São Paulo e DF ficaram muito aquém do que se espera de uma cidade que consiga conciliar alta densidade, sem perder a qualidade ambiental proporcionadas pelas áreas verdes.
	Desempenho alto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Não se identificou um tipo morfológico dominante de melhor desempenho. Todos os tipos baseados na quadra, como unidade mínima de desenho (exceto o Moderno), de uma forma geral, apresentaram os melhores resultados. ✓ O Perimetral, o Semiaberto e o Contemporâneo, como verificamos no Caixa-Radar e na técnica de Agrupamento são similares. O NPMV, inclusive, apontou que o Perimetral e o Contemporâneo são estaticamente iguais, assim como, o Semiaberto e o Contemporâneo. Esse resultado tem total lógica e coerência, uma vez que o Contemporâneo não tem características próprias, mas é uma releitura e associação dos tipos anteriores a ele, expressando maior liberdade e flexibilidade formal. ✓ Apesar do Tradicional não ter valores tão altos com relação as variáveis de vegetação como o demais listado acima, ele apresentou ótimo desempenho em termos de densidade, indicando ser uma opção alternativa ao Tipo Vertical

4.3.3. Quadras urbanas de alto desempenho

A partir dos resultados das duas ACP's, foram selecionadas as 10 unidades amostrais com melhor desempenho concomitantemente no nível da cobertura arbórea (figura 56) e no de cobertura vegetal total (figura 57) – unidades amostrais até o limite do último “anel”- a fim de se aprofundar em seus desenhos morfológicos e entender as características e principais fatores que as fazem ter um melhor resultado.

As 10 unidades amostrais se encontram em Berlim, sendo duas do tipo Contemporâneo (251 e 263), três do Semiaberto (352, 351, 325), três do Tradicional (426, 417 e 406), e duas do Perimetral (311 e 291). Portanto, não há um tipo morfológico predominante, mas todos têm a quadra como unidade mínima de desenho urbano, o que corrobora com a hipótese inicial da pesquisa.

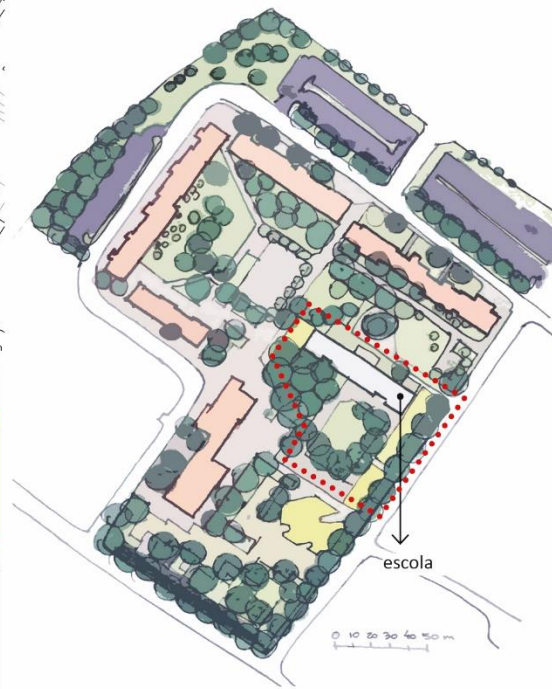
Os quadros a seguir mostram o desenho de cada unidade amostral em maior detalhe, com os valores de cada variável e uma breve descrição de suas características, a fim de entender seu bom desempenho.

251- Tipo Contemporâneo

LOCALIZAÇÃO



IMPLANTAÇÃO



- edifícios
- pisos e calçadas
- estacionamento
- árvores
- arbustos
- herbáceas/gramíneas
- areia (playground)
- área escolar

VARIÁVEIS

Cobertura arbórea	Cobertura vegetal
PLAND 28,6 %	PLAND 44%
ENN 6,7m	ENN 5,6m
AI 84,7%	AI 88%
PATCH 260m ²	PATCH 579m ²

Morfologia

DOMIC	244 domicílios/ha
POP	417 habitantes/ha
CA	2,1
TO	15,6%
Tamanho médio domicílio= 86,91m ²	

A quadra tem dois conjuntos de edifícios da déc.70 do séc. XX (SENSTADTWOHN, 2018): um conjunto contorna parte da quadra e possui 11 pavimentos; e o segundo conjunto, com 21 pavimentos, se assemelha as torres do tipo Vertical, e se encontra mais recuados em relação a rua. O edifício mais baixo que compõe a quadra, mas está fora da mancha cinza (ver localização), é um escola.

As áreas verdes estão conectadas entre si e têm carácter semipúblico, pois são abertas e oferecem opções de lazer e recreação, como playground, quadra poliesportiva e áreas de convívio.

Os estacionamento se concentra na periferia da quadra em dois bolsões (a esquerda, na parte superior e na parte inferior da quadra), e são cobertos parcialmente por árvores.

VISÃO - Vôo de pássaro



Fonte: Google Earth

VISÃO - Nível do observador



Crédito: Ansgar Poloczec

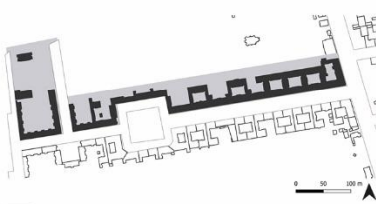


Crédito: Ansgar Poloczec

Figura 58. Quadra 251, do Tipo Contemporâneo, Bairro Prenzlauer Berg, Berlim.

426- Tipo Tradicional

LOCALIZAÇÃO



Área de interesse para cálculo das métricas

IMPLANTAÇÃO

A quadra 426 é alongada e preenchida por edifícios de cinco pavimentos, construídos predominantemente na déc.40 do séc. XX (SENSTADTWOHN, 2018), e que formam pequenos pátios internos com jardins.

A arborização no perímetro da quadra é a responsável pelo grande incremento da cobertura arbórea. A área posterior da quadra (atrás dos edifícios) foi computada como se fosse uma rua de 10m (até seu eixo). Portanto, a grande área verde, que se observa na imagem “Vôo de pássaro”, não foi computada, somente o que aparece como árvores no croqui.

As vagas de estacionamento não se localizam internamente, mas na área externa, rente às guias ou nos canteiros centrais das ruas, intercaladas por árvores de grande porte.

VARIÁVEIS

Cobertura arbórea	Cobertura vegetal
PLAND 40,6%	PLAND 66,3%
ENN 7m	ENN 6,7m
AI 87,8%	AI 89,5%
PATCH 368m ²	PATCH 394m ²

Morfologia

DOMIC 239 domicílios/ha
POP 520 habitantes/ha
CA 2,6
TO 52,9%
Tamanho médio domicílio= 110m ²



VISÃO - Vôo de pássaro



Fonte: Google Earth

VISÃO - Nível do observador



Credito: Ansgar Poloczek



Credito: Ansgar Poloczek



Credito: Ansgar Poloczek

Figura 59. Quadra 426, do Tipo Tradicional, Bairro Neukölln, Berlim

263 - Tipo Contemporâneo

LOCALIZAÇÃO



VARIÁVEIS

Cobertura arbórea		Cobertura vegetal	
PLAND	35,1%	PLAND	44,6%
ENN	7,9m	ENN	6 m
AI	87,3%	AI	87,1%
PATCH	852m ²	PATCH	688m ²

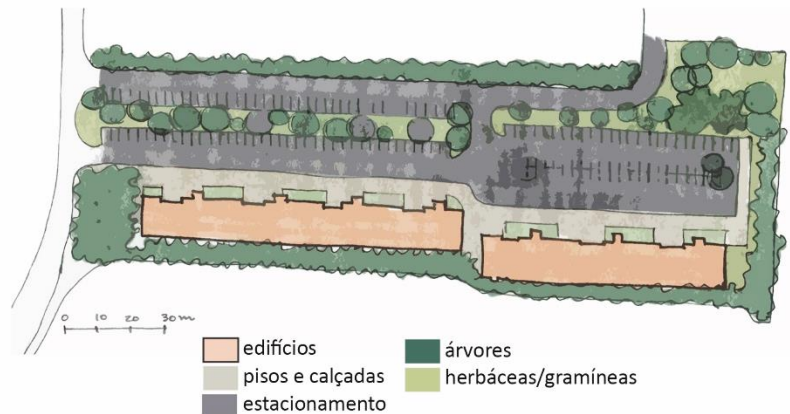
Morfologia

DOMIC	230 domicílios/ha
POP	419 habitantes/ha
CA	2,2
TO	20%
Tamanho médio domicílio= 95,46m ²	

IMPLANTAÇÃO

A quadra 263 é alongada e preenchida por um único bloco de sete edifícios geminados, com 10 pavimentos, 180m de comprimento, ao total, e foi construído na década de 80 do séc. XX (SENSTADTWOHN, 2018). Apesar de ser um único bloco, a quadra está inserida em um tecido urbano contemporâneo, e por isso, foi classificada neste tipo morfológico.

A arborização no perímetro da quadra é a responsável pelo grande incremento da cobertura arbórea, criando espaços de caráter semipúblico. O bolsão de estacionamento se localiza em frente ao edifício, coberto por árvores.



VISÃO - Vôo de pássaro



Fonte: Google Earth

VISÃO - Nível do observador

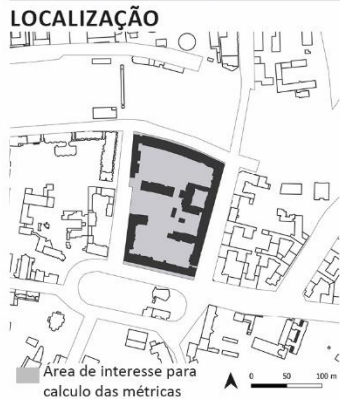


Crédito: Christoph Schmal

Crédito: Christoph Schmal

Figura 60. Quadra 263, do Tipo Contemporâneo, Bairro Köpenick, Berlim.

351- Tipo Semiaberto



IMPLANTAÇÃO



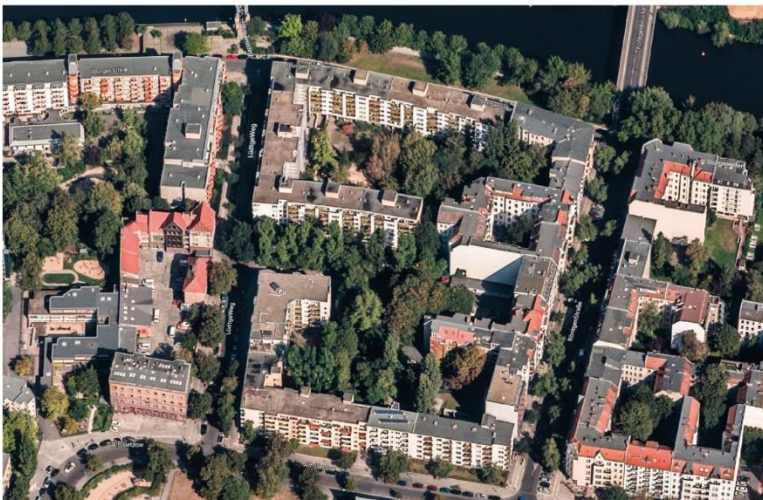
VARIÁVEIS

Cobertura arbórea	Cobertura vegetal
PLAND 34,3%	PLAND 45,3%
ENN 8,7m	ENN 7,1 m
AI 87,6%	AI 90,4%
PATCH 247m ²	PATCH 450m ²

Morfologia

DOMIC 231 domicílios/ha
POP 404 habitantes/ha
CA 2,1
TO 38,7%
Tamanho médio domicílio= 92m ²

VISÃO - Vão de pássaro



A quadra 351 possui um conjunto de edifícios de cinco a seis pavimentos, alinhados às ruas adjacentes, e que datam predominantemente da década de 70 do séc.XX (SENSTADTWOHN, 2018). Há alguns edifícios no interior da quadra, mas como a maior parte do espaço livre interno permanece conectado entre si e apresenta ligação com o lado externo da quadra, foi classificado como Semiaberto.

As áreas verdes compreendem duas grande manchas que se conectam e possuem espaços comuns de lazer e contemplação privados.

Há pequenos bolsões de estacionamento dentro da quadra, porém, cobertos parcialmente por árvores.

VISÃO - Nível do observador



Fonte: Google Earth



Crédito: Ansgar Poloczek

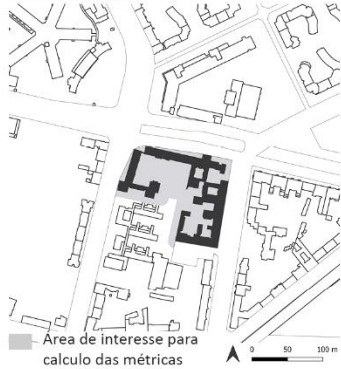


Crédito: Ansgar Poloczek

Figura 61. Quadra 351, do Tipo Semiaberto, Bairro Charlottenburg, Berlim.

325- Tipo Semiaberto

LOCALIZAÇÃO



Area de interesse para calculo das métricas

IMPLANTAÇÃO



- edifícios
- pisos e calçadas
- estacionamento
- árvores
- herbáceas/gramíneas
- areia (playground)
- área escolar

VARIÁVEIS

Cobertura arbórea	Cobertura vegetal
PLAND 26,5%	PLAND 34,5%
ENN 8,2m	ENN 7,4 m
AI 85,4%	AI 88,8%
PATCH 180m ²	PATCH 298m ²

Morfologia

DOMIC 271 domicílios/ha
POP 413 habitantes/ha
CA 2,2
TO 46,5%
Tamanho médio domicílio= 83,6m ²

A quadra 325 possui um conjunto de edifícios de cinco ou seis pavimentos, parcialmente alinhados à rua, nos quais alguns datam do final do séc. XIX e outros foram reconstruídos no pós-guerra (SENSTADTWOHN, 2018).

VISÃO - Vôo de pássaro



Fonte: Google Earth

Vale ressaltar que a área de interesse está demarcada pela mancha cinza (ver localização), e portanto, não ocupa toda a quadra. No lado esquerdo, fora da área analisada, há uma escola cujo o espaço livre alcança até o meio da quadra.

Os valores altos das métricas de vegetação é em virtude de duas manchas de áreas verdes de tamanhos distintos interconectadas pela área livre da escola.

Há um pequeno bolsão de estacionamento próximo a rua, na lateral direita da quadra.

VISÃO - Nível do observador



Fonte: Google Earth



Crédito: Ansgar Poloczek

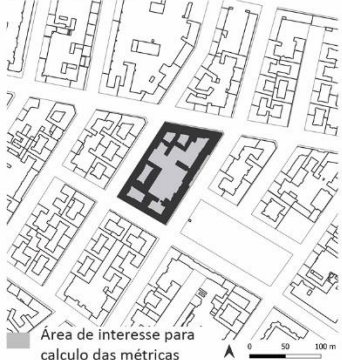


Crédito: Ansgar Poloczek

Figura 62. Quadra 325, do tipo Semiaberto, Bairro Tiergarten, Berlim

406- Tipo Tradicional

LOCALIZAÇÃO



VARIÁVEIS

Cobertura arbórea		Cobertura vegetal	
PLAND	30,4%	PLAND	34,5%
ENN	7,3m	ENN	6,7 m
AI	83,2%	AI	84,1%
PATCH	233m ²	PATCH	241m ²
Morfologia			
DOMIC	336,5 domicílios/ha		
POP	609 habitantes/ha		
CA	2,8		
TO	56,9%		
Tamanho médio domicílio= 82,7m ²			

IMPLANTAÇÃO



VISÃO - Vôo de pássaro



A quadra 406 compreende um conjunto de edifícios de cinco pavimentos do início do séc.XX (SENSTADTWOHN, 2018), que fecham os quatro lados da quadra, e portanto, não permite aberturas e conexão entre o exterior e interior.

A área verde está distribuída em quatro dos cinco pátios internos, sendo que um deles tem grandes dimensões. Justamente pelo fato desta quadra, do tipo Tradicional, ter poucos pátios pequenos e um de grandes dimensões coberto por vegetação, ela consegue atingir um alta cobertura arbórea. Algumas quadras deste tipo, em Berlim, chegam até 20 pátios.

Não há vagas de estacionamento interno à quadra e os veículos são estacionados ao longo do meio fio das ruas adjacentes.

VISÃO - Nível do observador



Crédito: Ansgar Poloczek

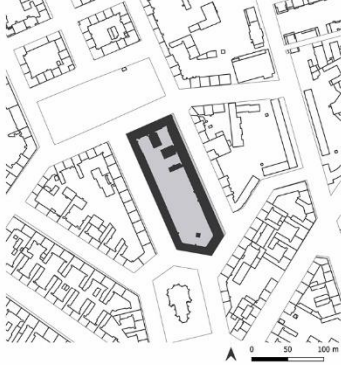


Crédito: Ansgar Poloczek

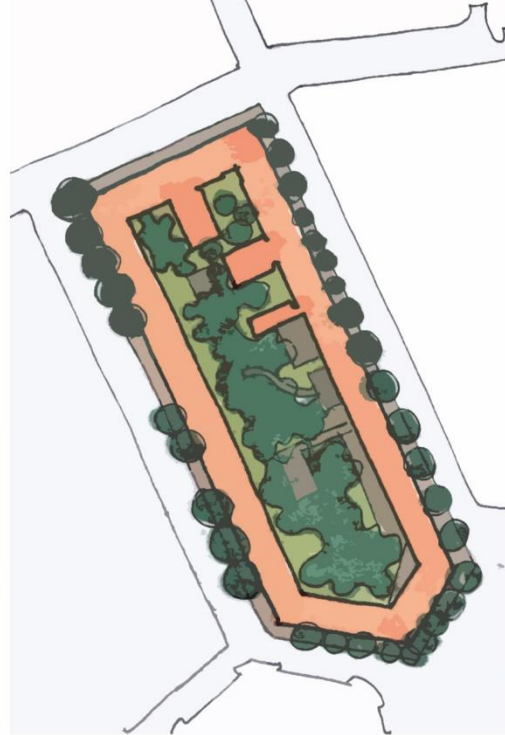
Figura 63. Quadra 406, do Tipo Tradicional, Bairro Friedrichshain, Berlim

311 - Tipo Perimetral

LOCALIZAÇÃO



IMPLANTAÇÃO



A quadra 311 possui um conjunto de edifícios predominantemente do final do séc XIX e início do séc XX (SENSTADTWOHN, 2018), de seis pavimentos, que contorna e fecha a quadra.

Apesar do espaço livre interno ser composto por várias parcelas (27 lotes) correspondentes aos edifícios da quadra, a área verde tem unidade, aparentando ser um único grande jardim.

Não há vagas de estacionamento internas à quadra, sendo distribuídas ao longo do meio fio das ruas adjacentes.

VARIÁVEIS

Cobertura arbórea		Cobertura vegetal	
PLAND	32,8%	PLAND	37,3%
ENN	6,7m	ENN	6,4 m
AI	86,5%	AI	88,8%
PATCH	285m ²	PATCH	324m ²

Morfologia

DOMIC	260 domicílios/ha
POP	469,1 habitantes/ha
CA	3,05
TO	51,1%
Tamanho médio domicílio= 117m ²	

- edifícios
- pisos e calçadas
- árvores
- herbáceas/gramíneas

VISÃO - Vôo de pássaro



Fonte: Google Earth

VISÃO - Nível do observador



Crédito: Ansgar Poloczek

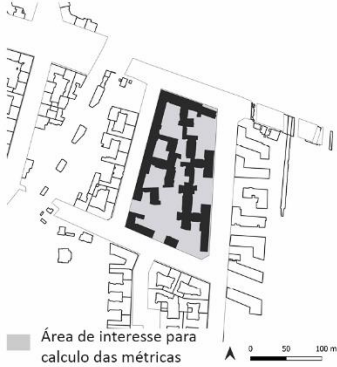


Crédito: Ansgar Poloczek

Figura 64. Quadra 311, do Tipo Tradicional, Bairro Mitte, Berlim.

417 - Tipo Tradicional

LOCALIZAÇÃO



Área de interesse para cálculo das métricas

VARIÁVEIS

Cobertura arbórea	Cobertura vegetal
PLAND 24,3%	PLAND 41,8%
ENN 6,7m	ENN 6,5 m
AI 80,9%	AI 85,1%
PATCH 174m ²	PATCH 343m ²

Morfologia

DOMIC	232 domicílios/ha
POP	467 habitantes/ha
CA	2,3
TO	44,8%
Tamanho médio domicílio= 98,1m ²	

IMPLANTAÇÃO



A quadra 417 possui uma configuração que data do início do séc. XX (SENS-TADTWOHN, 2018). Apesar de não ser uma quadra totalmente fechada, ela possui edificação no miolo, por isso foi classificada no tipo Tradicional. Todos os edifícios tem cinco pavimentos, resultando em sete pátios internos, cobertos por vegetação. A maior parte deles são espaços comuns de uso privados, no entanto, há alguns lotes vazios que foram utilizados como espaço público com acesso pela rua e oferece usos de recreação e lazer.

Há dois pequenos bolsões de estacionamento na porção sul e a nordeste da quadra.

- edifícios
- pisos e calçadas
- estacionamento
- árvores
- arbustos
- herbáceas/gramíneas
- areia (playground)

VISÃO - Vôo de pássaro



Fonte: Google Earth

VISÃO - Nível do observador



Crédito: Ansgar Poloczek



Crédito: Ansgar Poloczek

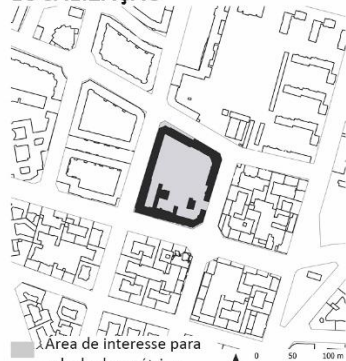


Fonte: Google Earth

Figura 65. Quadra 417, do Tipo Tradicional, Bairro Kreuzberg, Berlim.

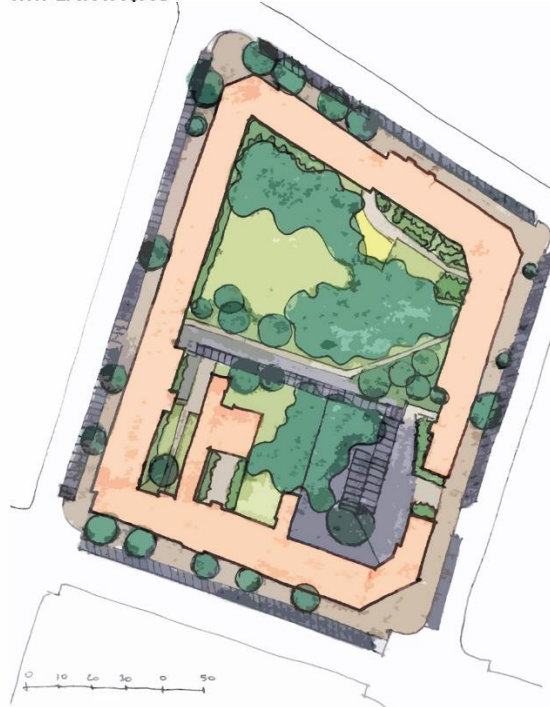
291 - Tipo Perimetral

LOCALIZAÇÃO



Área de interesse para
cálculo das métricas

IMPLANTAÇÃO



- edifícios
- pisos e calçadas
- estacionamento
- árvores
- arbustos
- herbáceas/gramíneas
- areia (playground)

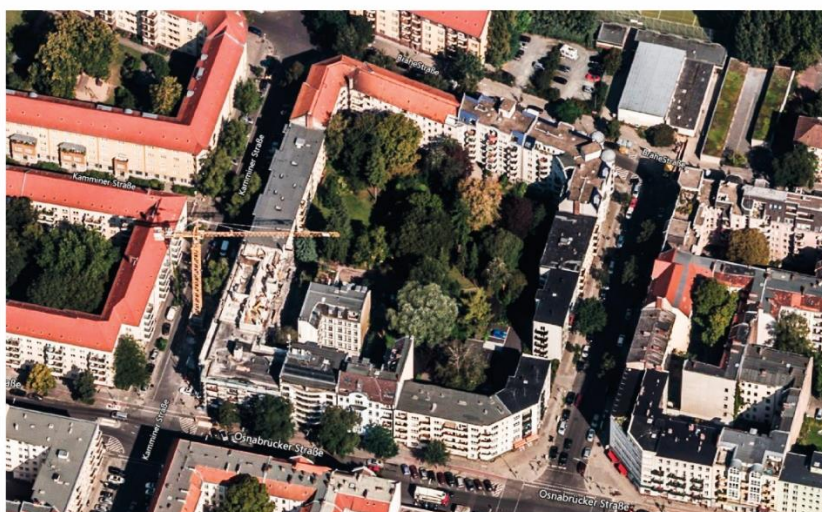
VARIÁVEIS

Cobertura arbórea	Cobertura vegetal
PLAND 40,8%	PLAND 57,2%
ENN 8,8m	ENN 6,8 m
AI 87%	AI 91%
PATCH 220m ²	PATCH 282m ²

Morfologia

DOMIC 225 domicílios/ha
POP 393 habitantes/ha
CA 1,6
TO 38,7%
Tamanho médio domicílio= 72,5m ²

VISÃO - Vôo de pássaro



Fonte: Google Earth

A configuração da quadra 291 é da década de 20 a 40 do séc. XX (SENSTADTWOHN, 2018), cujos os edifícios são de cinco a seis pavimentos. A única exceção é um edifício construído no miolo da quadra. Alguns edifícios foram reformados ou reconstruídos na década de 50, mas manteve-se a mesma configuração.

A área verde compreende uma única grande mancha de uso comum privado.

Há um pequeno bolsão de estacionamento junto à calçada, nas bordas da quadra.

VISÃO - Nível do observador



Fonte: Google Earth



Crédito: Ansgar Poloczek

Figura 66. Quadra 291, do Tipo Perimetral, Bairro Moabit, Berlim.

352 - Tipo Semiaberto

LOCALIZAÇÃO



VARIÁVEIS

Cobertura arbórea		Cobertura vegetal	
PLAND	31,3%	PLAND	50,2%
ENN	6,9m	ENN	5,8 m
AI	83,3%	AI	87,8%
PATCH	201m ²	PATCH	632m ²
Morfologia			
DOMIC	245 domicílios/ha		
POP	429 habitantes/ha		
CA	1,4		
TO	28,2%		
Tamanho médio domicílio= 59m ²			

IMPLANTAÇÃO



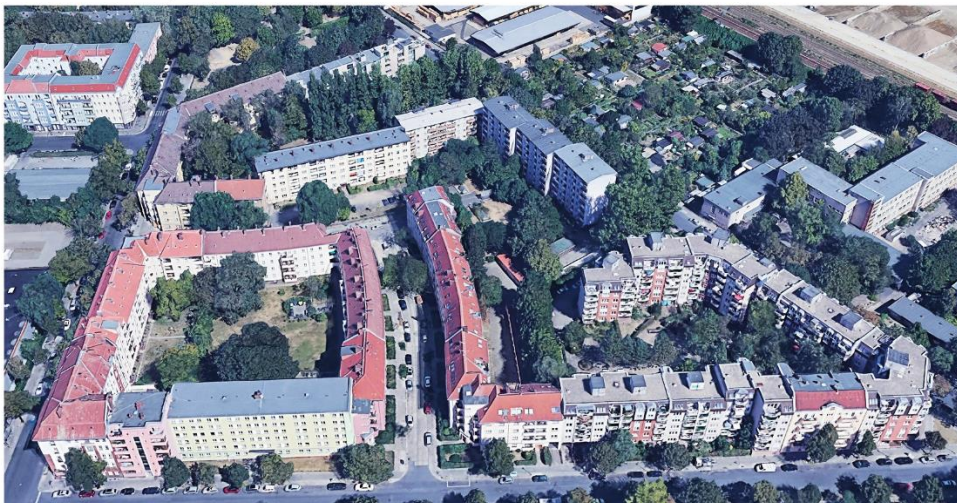
- edifícios
- pisos e calçadas
- estacionamento
- árvores
- arbustos
- herbáceas/gramíneas
- areia (playground)

A configuração da quadra 352 data dos anos 20 do séc. XX, apesar de apresentar edifícios mais novos (década de 80) que preencheram vazios em decorrência da 2ª Guerra Mundial (SENSTADTWOHN, 2018). Os edifícios tem entre quatro e seis pavimentos.

Há passagens privadas para o interior da quadra, inclusive para a entrada de veículos.

As áreas verdes estão distribuída em 3 manchas que abrigam pequenas áreas de estacionamento e pequenos espaços de convívio e lazer.

VISÃO - Vôo de pássaro



Fonte: Google Earth

VISÃO - Nível do observador



Crédito: Ansgar Poloczek



Crédito: Ansgar Poloczek



Crédito: Ansgar Poloczek

Figura 67. Quadra 352, do Tipo Semiaberto, Bairro Neukölln, Berlim

É importante lembrar que estas quadras foram as que melhor conciliaram alta densidade e vegetação a partir da amostragem realizada e, portanto, representam, de forma confiável, uma “amostra” das melhores situações encontradas em cada tipos morfológicos. Mas esse procedimento, de forma nenhuma, esgota a possibilidade de encontrar outras quadras com desempenho similar em Berlim ou até melhor em outra cidade, tão pouco limita as infinitas oportunidades de criação de novos projetos de desenho urbano de melhor performance.

Vale ressaltar também que nem sempre uma quadra de alto desempenho em termos de densidade e vegetação terá um impacto social positivo, resultando em uma forma urbana mais bem resolvida, e de maior qualidade, alinhado, por exemplo, aos princípios de diversidade arquitetônica e escala humana, que foram citados no Capítulo 2.

Os atributos qualitativos e as implicações sociais na vitalidade e urbanidade da cidade destas unidades amostrais merecem ser abordados e aprofundados em estudos complementares futuros, uma vez que esta questão exige maior tempo, com um viés mais qualitativo, e que traga para discussão outras temáticas, como urbanidade e vitalidade, segurança e inclusão social. Sendo assim, o conhecimento adquirido com esta pesquisa significa apenas uma iniciação à discussão de cidades sustentáveis e resilientes, baseado em situações reais, mas que deve ser ampliado e aprofundado, a fim de trazer uma visão e abordagem interdisciplinar ainda maior.

A análise das 10 quadras também nos leva ao questionamento sobre o que se pode “tirar” de aprendizado e lição destes arranjos morfológicos com o intuito de replicar as boas práticas. É o que veremos no capítulo a seguir.

5. PARÂMETROS, DIRETRIZES E APLICABILIDADE NA REALIDADE BRASILEIRA

5.1. Parâmetros e diretrizes de vegetação e densidade

A análise de cada variável nas 10 melhores quadras possibilitou estabelecer parâmetros de desempenho no que diz respeito à densidade e cobertura vegetal com a finalidade de auxiliar no desenho de formas urbanas mais eficientes a partir da escala da quadra. Os valores paramétricos podem servir de referência para formulação e revisão de normativos de regulação da ocupação do solo, a fim de criar ou renovar áreas residenciais que demandem maior densidade e qualidade ambiental, ou serem incorporados, por exemplo, em metodologias de projeto, como no urbanismo paramétrico, a fim de gerar novos arranjos morfológicos (JUNIOR, 2016).

A tabela abaixo apresenta os parâmetros em três colunas, a primeira diz respeito aos valores de cobertura arbórea, a segunda, de cobertura vegetal, e a terceira coluna, aos valores de densidade.

Tabela 12. Parâmetros de referência com relação a vegetação e densidade baseados nas 10 melhores unidades amostrais avaliadas, considerando a quadra urbana como unidade mínima de área.

Parâmetros de referência		
Cobertura arbórea	Cobertura vegetal	Densidade
PLAND mín.= 25%	PLAND mín.= 35%	DOMIC mín.= 220 domicílios/ha
ENN máx. = 9m	ENN máx. = 7m	POP mín= 390 habitantes/ha
PATCH mín. = 175m ²	PATCH mín. = 240m ²	CA mín.= 1,5
AI mín.= 80%	AI mín.= 84%	TO máx.= 57%

Variáveis: PLAND (percentual de cobertura arbórea), ENN (distância euclidiana do vizinho mais próximo), PATCH (tamanho médio da mancha), AI (índice de agregação), DOMIC (densidade domiciliar), POP (densidade populacional), CA (coeficiente de aproveitamento) e TO (taxa de ocupação).

É importante esclarecer que não se pretende, aqui, impor estes parâmetros como verdade absoluta, mas trazê-los como referências originadas de casos reais, com o intuito de iniciar a discussão sobre esta temática e refletir o quanto os instrumentos urbanísticos brasileiros estão distantes desses referenciais.

O estudo de Bazant et al. (1978) recomenda que densidades aceitáveis e desejáveis para otimização dos custos de infraestrutura devem situar em 300 a 600 habitantes/ha, em empreendimentos de até 3 pavimentos e com taxas de ocupação de 30 a 35%. O mesmo intervalo de densidade populacional (300 a 600 habitantes/há) é defendido por Brandão (1975) apud Acioly & Davidson (1998) e por Mascaró (1987). Outro estudo de Mascaró (1989), focado nas cidades médias brasileiras, aponta que é possível aumentar a densidade em torno de 100 a 120 domicílios/ha sem a substituição de infraestrutura vigente.

Ao tomar como exemplo comparativo os parâmetros de ocupação para lotes previstos no zoneamento atual de São Paulo (Lei nº 16.402 de 2016), verificamos que nas zonas que se almeja maior densidade na cidade (ZEU, ZEUa, ZEUP, ZEUPa, ZEM e ZEMP), o TO máximo varia de 70 a 85% , CA mínimo de 0,5 - sendo que em algumas zonas ele não se aplica - CA básico de 1 e CA máximo de 2 ou 4 ⁴¹ (SÃO PAULO, 2016). A lei

⁴¹ O Coeficiente de Aproveitamento é a relação entre a área edificada total e a área do lote. O Ca básico é o valor que se pode chegar em potencial construtivo sem oneração ao proprietário. Caso o CA de um futuro empreendimento esteja acima do valor básico, o excedente construtivo deve ser pago, o que se chama de outorga onerosa, no entanto, o valor final ele não deve ultrapassar o Ca máximo. Já se o futuro empreendimento apresentar um valor abaixo do CA mínimo, o imóvel poderá ser considerado subutilizado e será passível da incidência do IPTU progressivo no tempo. Este instrumento permite que a alíquota do IPTU suba progressivamente a cada ano, até atingir uma alíquota máxima de 15% em cinco anos. Trata-se de um instrumento criado pelo Estatuto da Cidade para viabilizar a função social da terra urbana e impedir atitudes especulativas do empreendedor ou investidor, forçando-o a construir acima do CA mínimo.

estabelece uma taxa de permeabilidade que varia de 15 a 30% dependendo da localização⁴² e desde que o lote seja igual ou maior que 500m² (SÃO PAULO, 2016). Apesar da taxa de permeabilidade não ter o mesmo significado que a variável PLAND - pois na primeira não se exige cobertura vegetal, mas apenas que o solo seja permeável, permitindo a infiltração da água pluvial - é interessante confrontá-las a título de comparação⁴³.

Observa-se que mesmo em São Paulo, um centro urbano de grande porte e referência para outras cidades brasileiras, as regiões orientadas para um maior adensamento, pelo zoneamento, possuem parâmetros de densidade construída (CA mínimo e CA básico) abaixo dos valores das melhores unidades amostrais avaliadas nesta pesquisa, bem como uma taxa de ocupação (TO) maior.

No novo zoneamento do Distrito Federal (Lei nº 948, 2019), as zonas orientadas para ter maior densidade estão em Águas Claras, cujo uso é residencial multifamiliar ou misto. Nestas áreas não foi estabelecido CA mínimo, sendo que o CA básico varia em média de 0,5 a 5; Ca máximo de 2 a 7; taxa de ocupação máxima (TO) de 60 a 100%, e taxa de permeabilidade mínima de 0 a 30% (DISTRITO FEDERAL, 2019).

As zonas mais densas de Guará e Taguatinga ficam em segundo lugar em termos adensamento no DF, com CA básico em torno de 2,4 a 3, CA máximo 2,4 a 4, TO máximo de 60 a 100% e taxa de permeabilidade mínima de 0 a 30% (DISTRITO FEDERAL, 2019).

A principal diferença de Guará e Taguatinga em relação a Águas Claras está na altura máxima dos edifícios. Em Guará e Taguatinga, não se pode ultrapassar de 15 pavimentos, e em Águas Claras, a regulamentação define de 15 a 26 pavimentos.

Com base nestes parâmetros, verifica-se a falta de atenção do zoneamento de DF com relação à necessidade de áreas permeáveis intraquadra, e o incentivo à alta taxa de ocupação, o que se distancia dos parâmetros obtidos pelas 10 unidades amostrais no que diz respeito à potencialidade de adensar com qualidade ambiental.

É importante também salientar que o aumento do CA e a diminuição de TO não necessariamente deve resultar em aumento da verticalização, pois pode-se buscar este objetivo por meio de outras tipologias edilícias mais compactas, como apresentadas nas 10 quadras urbanas de Berlim, em que altura dos edifícios não ultrapassam 11 pavimentos.

A reflexão sobre os parâmetros referenciais desta pesquisa também nos leva a outras perguntas: Tais parâmetros são factíveis de se alcançar na realidade brasileira? Em que tipo de cidade e em que contexto urbano? Quais seriam os desafios e obstáculos para que eles fossem aplicados nos projetos urbanos? Algumas respostas e possíveis caminhos serão abordados no próximo item deste capítulo.

Além de valores quantitativos, as unidades amostrais apresentaram fatores qualitativos que garantiram alta cobertura vegetal, alta densidade e qualidade do ambiente urbano, como um todo, e que foram traduzidos em 7 diretrizes, apresentadas a seguir.



1.GRANDES ESPAÇOS VEGETADOS INTRAQUADRA

Uma das características comuns entre as quadras melhor avaliadas é o grande tamanho das manchas de áreas verdes. Do ponto de vista da ecologia da paisagem, é preferível ter poucas manchas com grande área, do que ter muitas manchas verdes pequenas, difusas e fragmentadas (DRAMSTAD; OLSON; FORMAN, 1996). Esse conceito é também defendido por estudos

42 A taxa de permeabilidade que incide no lote não é determinada pela zona aonde ele se encontra, mas por outros critérios ambientais que resultaram em perímetros de qualificação ambiental (SÃO PAULO, 2016).

43 O único mecanismo do zoneamento de São Paulo que mais se aproximaria de PLAND seria a Quota ambiental, mas que não é medida em área, e veremos mais à frente.

recentes sobre os padrões de ocupação *land-sharing* versus *land-sparing*⁴⁴ aplicado nas cidades (LIN; FULLER, 2013). As conclusões destas pesquisas sugerem que quando se trata de tecidos de alta densidade, o modelo *land-sparing* apresenta maiores vantagens ecológicas (GESCHKE et al., 2018; SOGA et al., 2014) ainda mais se houverem áreas naturais preservadas nas bordas da cidade (COLLAS et al., 2017). Essas características se traduzem em um valor alto de AI e PATCH. Por isso, os tipos Semiaberto e Perimetral, que, geralmente, apresentam uma única grande área verde central (e em poucos casos, o Contemporâneo e o Tradicional) possuem uma morfologia mais concordante com este preceito.



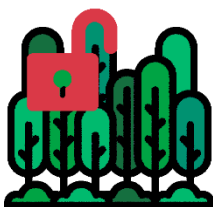
2. ESTACIONAMENTO INTERNO, DIMENSIONAMENTO E ARBORIZAÇÃO

Notou-se que quando há estacionamentos de carros internos a quadra, ele não possui grandes dimensões, representando, em média, 10% da área total da quadra. Em geral, eles se localizam no perímetro da quadra, próximo à rua evitando a perda da área com ruas internas. Quando não há garagem interna ou quando há excedente de veículos que não são comportados internamente, eles ficam estacionados externos à quadra, no meio fio da rua (rente a guia).

Este é um ponto interessante, pois está diretamente ligado a duas questões que influenciaram a morfologia residencial: a mobilidade e a cultura. A primeira diz respeito à necessidade de mais ou menos vagas, que é influenciado pelo quanto os moradores são dependentes do automóvel para se deslocar, ou seja, se o modelo de desenvolvimento da cidade é baseado prioritariamente no transporte individual motorizado ou no transporte público coletivo.

A questão cultural também é colocada, uma vez que, em Berlim, não se constatou o costume dos moradores que possuem automóveis de estacioná-los em locais cobertos e resguardados. Deixar o carro estacionado na rua, debaixo de chuva e sol, é uma cena muito comum e culturalmente aceita pela população.

Além disso, o fato de ter bolsões de estacionamento intraquadra não exclui a possibilidade de ter concomitantemente a cobertura arbórea, ao contrário, a maior parte das áreas impermeabilizadas eram cobertas por árvores de grande porte, o que ajuda a minimizar aspectos negativos da pavimentação (aumento da temperatura e diminuição da umidade) e auxilia na redução do escoamento superficial das águas pluviais, devido a intercepção das águas pelas copas das árvores (ALVES; FORMIGA, 2019; DA SILVA et al., 2010; XIAO, 2002; XIAO et al., 1998).

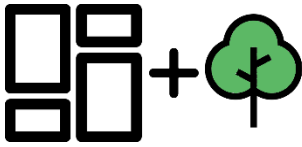


3. DIVERSIDADE DE VEGETAÇÃO E NÍVEIS DE ACESSIBILIDADE DOS ESPAÇOS LIVRES INTRAQUADRA

Diferentes estratos de vegetação (herbácea-gramíneas, arbustos e árvores), bem como, um gradiente de visibilidade e acessibilidade aos espaços vegetados intraquadra (espaço público, semiprivado ou semipúblico, e privado) favorecem a criação de espaços livres menores, adequados à escala humana, além de promover maior identidade dos moradores com local, vitalidade urbana e a percepção de uma menor densidade (ALONSO DE ANDRADE; BERGHAUSER PONT; AMORIM, 2018; CAMPOLI, 2007). Essas características são claramente perceptíveis na maior parte das unidades amostrais selecionadas e auxiliou a minimizar o impacto visual de extensas fachadas do tipo Contemporâneo.

⁴⁴ O modelo de ocupação *land-sparing* compreende uma ocupação intensiva do solo de alta densidade urbana, de forma a priorizar poucas manchas verdes, porém, maiores e mais agregadas. Em contraposição ao *land-sharing* compreende uma ocupação urbana mais espalhada (extensiva) e baixa densidade mesclada por áreas verdes menores e difusas (LIN; FULLER, 2013).

4. FORMA DAS QUADRAS E ARBORIZAÇÃO VIÁRIA

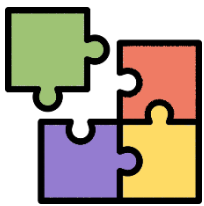


O aspecto a seguir é mais uma característica identificada e que deve ser ressaltada do que propriamente uma diretriz ser seguida.

As quadras em formato mais alongado, e conseqüentemente com maior perímetro, apresentaram um percentual de cobertura arbórea alto (PLAND) devido ao incremento da arborização viária. Essa situação foi mais notável no tipo Tradicional, que em geral possui espaços livres e vegetados menores comparada com outros tipos de Berlim.

Como dito em “Materiais e Métodos” (pág. 66), um dos pressupostos desta pesquisa é que o desenho interno das quadras não é um fator condicionante da arborização viária. Contudo, foi constatado que a forma da quadra, que é um aspecto morfológico, pode influenciar na quantidade de arborização viária e, portanto, afetar a cobertura arbórea total.

Na análise estatística dos dados verificamos que a arborização das vias pode contribuir, em média, em até 51% da cobertura arbórea total (Figura 47). No entanto, o potencial de arborização viária também depende de outros fatores, como ausência de fiação aérea, calçadas largas e poucas entradas de garagem ao longo da rua. É importante ressaltar que este último fator está condicionado ao tipo de habitação multifamiliar, viabilizando, assim, a manutenção de árvores de grande porte a uma curta distância uma das outras, formando um dossel contínuo ao longo das ruas.



5. DIÁLOGO ARQUITETÔNICO E URBANÍSTICO: COERÊNCIA E HARMONIA

Esta diretriz diz respeito à qualidade da concepção arquitetônica e urbanística de um edifício residencial em seu respectivo lote, no sentido de buscar um diálogo coerente e harmônico com outros edifícios da quadra. Isso não diz respeito apenas à altura dos edifícios e aos valores de Coeficiente de Aproveitamento e Taxa de Ocupação, regulamentados por leis e códigos de edificação, mas pela sua configuração e relação que se estabelece com as demais áreas construídas e espaços livres. Em Berlim, esse aspecto é muito valorizado, tanto que em projetos de expansão e requalificação urbana, coordenados pela administração pública, são elaborados, previamente, planos de desenho urbano conceituais com a volumetria dos edifícios para embasamento a regulamentações futuras.

Essa característica foi escolhida como diretriz, pois a qualidade urbanística resultante do novo empreendimento e sua relação com os demais edifícios do entorno impacta positivamente na percepção de densidade pelo morador, dando a sensação de ser um conjunto menos denso do que ele realmente é.



6. EDIFÍCIOS DE ALTURA MÉDIA, FACHADAS DIVERSIFICADAS E ARBORIZAÇÃO INTENSA

As amostras melhores avaliadas nos provam de que não é necessário edifícios muito altos para conseguir alta densidade, assim como vimos nas análises dos resultados que verticalização não é sinônimo de alta densidade. A média das 10 melhores unidades amostrais foi de 7 pavimentos (incluso térreo), sendo que o mínimo e o máximo foram de 4 e 11 pavimentos, respectivamente.

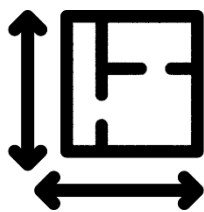
Uma das conseqüências de edifícios muito altos é a necessidade do aumento proporcional das vagas de estacionamento, o que implica na diminuição de áreas verdes, ou no aumento do custo da obra para construção de pavimentos garagens para acomodar o incremento de veículos.

Quando construído pavimentos de garagem, a área livre do térreo não é alterada, mas se transforma em um espaço sobre laje. No Brasil, vemos certa resistência das incorporadoras e dos projetistas na especificação e no plantio de árvores de grande porte nestes espaços, pois requer, no mínimo, soluções de projeto e execução com maior qualidade técnica e custo, a fim de se evitar problemas futuros, como infiltração, sobrecarga e danos na estrutura.

Outra consequência dos edifícios altos é a percepção negativa da alta densidade pela população. Tais empreendimentos ultrapassam as proporções da escala humana (GEHL, 2013) e transmite uma sensação de uma densidade maior do que é de fato (CAMPOLI, 2007; RAMAN, 2010).

Percebemos que a maior parte dos edifícios nas 10 quadras apresentavam diversidade de cores, estilos, materiais e volumetria, apesar de terem o mesmo gabarito, evitando, assim a monotonia visual que impacta negativamente na percepção de densidade.

A arborização de grande porte presente nas 10 unidades amostrais (Figura 58 a 67), além de proporcionar diversos serviços ecossistêmicos, é um elemento chave para adequar os empreendimentos à escala humana e minimizar os impactos negativos de grandes superfícies construídas (FOUCHIER, 1997 *apud* OECD, 2012; CAMPOLI, 2007), principalmente de edifícios lâminas que chegam a ultrapassar 200m de comprimento.



7. TAMANHO MÉDIO DOS DOMICÍLIOS

O tamanho médio dos domicílios nas melhores unidades amostrais foi de 90m². É preciso lembrar que no cálculo está incluso uma parte proporcional das áreas de circulação do pavimento e que, representa em torno de 10 a 15% da área do pavimento. Levando isso em consideração, a média estimada do domicílio (sem circulação) fica em torno de 81 a 76m², o mínimo de 50 a 53, e o máximo de 100 a 105m².

Os apartamentos de menor área (50 a 53m²) é ainda superior ao mínimo que se tem construído no mercado imobiliário brasileiro com foco na habitação popular ou estabelecidos em programas de habitação do Governo Federal brasileiro na última década⁴⁵.

Estabelecer um mínimo de área útil dos domicílios para garantir qualidade habitacional, mas também refletir sobre parâmetros máximos de área útil ou quanto ao número mínimo de domicílios (SILVA, 2014) em regiões urbanas que deseja adensar, é uma estratégia que, definitivamente, deve ser levada em conta para se alcançar alta densidade habitacional e populacional.

5.2. Aplicabilidade no Brasil: quais cidades e em que contextos?

As diretrizes mencionadas acima nos fazem refletir sobre a realidade das cidades brasileiras, principalmente sobre o quanto estamos longe de um cenário favorável à aplicabilidade das mesmas, mas também nos faz refletir sobre em que contexto urbano e tipos de cidades esse conhecimento seria útil e adequado.

O panorama da urbanização brasileira nos aponta que diretrizes de adensamento e melhoria da cobertura vegetal se tornam extremamente importantes principalmente para as cidades médias⁴⁶, em constante expansão, e que

⁴⁵ O programa Minha Casa Minha Vida estabelece área mínima de 48m² para empreendimento de Habitação Popular ou de Interesse Social.

⁴⁶ O IBGE e alguns autores (AMORIM FILHO; SERRA, 2001; BRAGA, 2005; MARICATO, 2001; SANTOS, 1994), consideram cidades médias aquelas com população entre 100 a 500mil habitantes, enquanto que a ONU (Organização das Nações Unidas) define como aglomerações entre 100.000 e 1.000.000 de habitantes. Sposito (2004, 2006) define que cidade média vai além do atributo demográfico, pois desempenham papéis de intermediação em suas redes urbanas, do ponto de vista econômico e político-administrativo.

por isso, tem estoques de terras potenciais para ser edificadas, seja em vazios urbanos existentes, seja em áreas limítrofes do perímetro urbano. Mas, podemos também verificar essa possibilidade em grandes cidades ou metrópoles, que estão em transformação e que vêm sofrendo processos de renovação de partes do seu território.

Nas últimas décadas, as cidades médias, principalmente aquelas que não pertencem a uma região metropolitana, cresceram à taxas muito superiores comparada às grandes cidades (acima de 500 mil habitantes), o que é um reflexo do importante papel destas cidades no desenvolvimento econômico do país (STAMM et al., 2013).

Já quando comparamos com cidades menores (abaixo de 100.000 habitantes), as cidades médias tem vantagem sobre elas, pois possui maior capacidade de agregar e sediar vários setores de atividades econômicas em decorrência das diversas condições e vantagens locais, as quais impulsionaram o processo de interiorização no país. Recentemente, algumas cidades médias também agregaram um papel de polos de inovação tecnológica (AMORIM FILHO; SERRA, 2001) potencializando sua importância regional.

Para se ter uma ordem de grandeza desse crescimento, a população das grandes cidades metropolitanas e de cidades médias, em 1980, eram, respectivamente, 35% e 21% do total da população urbana. Em 2010, verificou-se uma estagnação do percentual representativo da população das grandes cidades com 34% e um aumento significativo da população das médias cidades com uma representatividade de quase 28% (STAMM et al., 2013).

O fenômeno da interiorização e “estagnação” populacional das grandes metrópoles foram motivados principalmente pela desconcentração industrial, ocorridas entre as décadas de 70 a 90 do séc. XX, pela mobilidade da fronteira agrícola e pelos investimentos de infraestrutura de integração territorial.

Atualmente, várias cidades médias estão em processo de metropolização, e portanto, necessitam de um esforço maior de planejamento e gestão urbana para que não se replique os mesmos erros cometidos pelas metrópoles brasileiras, ordenando, assim, o território de forma a minimizar os impactos negativos e maximizar os positivos (STAMM et al., 2013). O planejamento de novas áreas habitacionais e a construção de novos bairros de forma mais eficiente, otimizando a terra urbana e a infraestrutura, e potencializando a promoção de serviços ecossistêmicos se torna uma oportunidade única e valiosa para estas cidades em atuar de forma alinhada aos princípios de sustentabilidade e resiliência urbana.

Além disso, o custo de investimento na melhoria da mobilidade e do transporte público, os quais impactam indiretamente na qualidade urbanística e morfológica de novos bairros, tende a ser menor do que nos grandes centros metropolitanos já consolidados, o que reforça e justifica a importância deste olhar para as cidades médias.

Simultaneamente, o fenômeno de desconcentração industrial levou o surgimento de terrenos e glebas urbanas desocupadas nas regiões metropolitanas, inclusive em áreas centrais, que antigamente eram fábricas, galpões ou áreas de infraestrutura, como zonas portuárias ou pátios ferroviários (LEITE; AWAD, 2012; SANCHES, 2014; SANCHEZ, 2001). Atualmente essas áreas passam por um processo de reestruturação e renovação guiadas por grandes projetos urbanos, sob a coordenação do poder público, como foi o caso do Porto Maravilha, no Rio de Janeiro, ou foram adquiridas e fatiadas pelo mercado imobiliário para a construção de grandes complexos habitacionais e de uso misto (torres de escritórios, hotéis, shopping centers aliados a empreendimentos habitacionais) como o Jardim das Perdizes e o empreendimento Parque da Cidade, na cidade de São Paulo (SANCHES, 2014). O fato é que muitas áreas deste tipo ainda continuam ociosas, compreendendo ótimas oportunidades de regeneração urbana não só física, mas conceitual, permitindo testar novas diretrizes urbanas, como as apresentadas nesta pesquisa, por meio da experimentação e implantação de projetos pilotos.

Somado ao exposto acima, a questão do constante crescimento horizontal urbano é outro ponto crítico que justifica a urgência na adoção de diretrizes de adensamento. Apesar da verticalização e da desaceleração do crescimento demográfico, as cidades brasileiras, como um todo, continuam a se espalhar na periferias em um percentual 2 ou 3 vezes maior que o do crescimento populacional (UN HABITAT, 2012).

O conhecimento e as diretrizes lançadas por esta pesquisa se mostram como uma importante contribuição no subsídio para formulação de políticas públicas, bem como de critérios normativos e legais no campo do planejamento e desenho urbano no Brasil. Mas para a sua adoção, há uma série de obstáculos comuns às cidades brasileiras, que estão relacionados a dois grandes campos de discussão e que trataremos a seguir: o paradigma atual do planejamento e desenho urbano brasileiro - que inclusive envolve legislação e as políticas públicas atuais - e os fatores socioculturais.

5.3. O paradigma do planejamento e desenho urbano no Brasil

Como já abordamos em diversas partes desta tese, a maioria das cidades brasileiras guardam um aspecto em comum em relação à morfologia urbana: o lote foi e continua sendo a unidade mínima de planejamento e desenho urbano (CYMBALISTA, 1999; DIAS; PRESSER, 2014; GONÇALVES et al., 2015; JESUS, 2016; LOTUFO, 2017; MACEDO, 2013; SILVA, 2014). Este conceito pode parecer obvio e repetitivo, mas é necessário enfatizar esta peculiaridade, pois, além de ser determinante nos padrões morfológicos do Tipo Vertical, Horizontal e Misto, ela dificulta a implementação de várias diretrizes apresentadas anteriormente, principalmente a primeira (“Grandes espaços vegetados intraquadra”) e a quinta (“Diálogo arquitetônico e urbanístico”).

Para melhor compreender esse fenômeno é necessário nos remetermos aos instrumentos de regulação urbana das cidades brasileiras, que compreendem basicamente o Plano Diretor e a lei de Zoneamento. Os dois primeiros são os principais arcabouços legais nos quais se estabelecem parâmetros de uso e ocupação do solo, como o coeficiente de aproveitamento, a taxa de ocupação, o gabarito máximo do edifício e os recuos (MACEDO, 2013; NETTO; SABOYA, 2010; SILVA, 2014).

No contexto brasileiro, tais mecanismos estabelecem normas genéricas e tratam de um controle normativo restrito ao lote, ao edifício e ao uso, mas raramente tratam sobre a qualidade e a configuração do espaço urbano, e muitos desprezam as estruturas tradicionais consolidadas culturalmente de antigos bairros, bem como, seu suporte físico (relevo, rede hídrica, vegetação, tipo de solo, etc.) (MACEDO, 2013; SILVA, 2014).

Apesar dos esforços e avanços da política urbana a partir da década de 80, com destaque à Constituição Federal de 1988, ao Estatuto da Cidade e à crescente implementação e aperfeiçoamento dos Planos Diretores nos municípios brasileiros, pouco se tem avançado sobre a discussão da relação dos parâmetros de uso e ocupação do solo com a forma urbana resultante (CYMBALISTA, 1999; NAKANO; GUASTELLA, 2015; NETTO; SABOYA, 2010; SILVA, 2014). Netto & Saboya (2010) exemplifica claramente isto quando apresenta uma situação hipotética de 2 quadras urbanas (Figura 68), cujos lotes seguiram os mesmos parâmetros de ocupação do solo, mas que resultaram em uma grande variedade de formas e características tipológicas.



Figura 68. Resultados morfológicos possíveis a partir da aplicação de um mesmo conjunto de parâmetros urbanísticos em duas quadras urbanas. Crédito: Netto & Saboya (2010).

Segundo Silva (2014), o coeficiente de aproveitamento, por exemplo, é parâmetro que “não expressa a espacialidade da forma urbana”, pois se estabelece um valor máximo (e raramente um mínimo), proporcionando “certo grau de liberdade de constituição de morfológica (...) o que dificulta o entendimento do resultado morfológico e paisagístico local”.

A falta de critérios mais concretos e definidores, por parte do poder público, que transcendam o lote e gerem espaços urbanos que se dialoguem e se articulem, contribui para que outros agentes da produção do espaço (proprietários dos terrenos, as incorporadoras e os investidores) desempenhem o importante papel de planejar e desenhar a cidade. Assim, coube ao Estado o papel apenas de regular e fiscalizar (CYMBALISTA, 1999). Somado a isso, muitos atores do mercado imobiliário mantêm relações de clientelismo com dirigentes do governo local, influenciando-os e impondo seus interesses privados em primeiro plano nas decisões políticas, ao invés de ações que beneficiem a cidade e cidadãos como um todo (FERREIRA, 2012).

Contraditoriamente, ao mesmo tempo que a normatização é genérica, impõe um conjunto de restrições e limitações sobre as possibilidades do desenho urbano, que se fossem aplicados na escala da quadra, possibilitariam espaços livres de maior qualidade e mais eficientes em termos de tamanho e configuração (FERREIRA, 2012; GONÇALVES et al., 2015). Netto (2010) acrescenta que parâmetros urbanísticos definidos por regras atuais de ocupação urbana são “limitadas no que diz respeito à composição dos espaços urbanos, às relações de interação entre a forma construída e espaços abertos, à noção de conjunto formal, à leitura do espaço e a uma série de outros aspectos importantes sob o ponto de vista do desenho urbano”. Assim, o resultado se traduz em padrões rígidos dentro de cada lote fechado em si (MACEDO, 2013) onde se perde a referência ao lote vizinho, à quadra, ao contato com a rua e os espaços públicos.

Em vista do exposto acima, “a constituição morfológica da cidade ainda é um tema pouco valorizado no Brasil” (MACEDO, 2013, salvo raras exceções em que algumas cidades brasileiras - como Brasília (exemplo de expressão máxima) e Curitiba, ou partes da cidade, como a Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro - foram planejadas pelo Estado em um momentos políticos de intensa centralização dos processos decisórios (CYMBALISTA, 1999; MACEDO, 2013). Nelas observamos um maior controle e intencionalidade do desenho da forma urbana, fruto de regulamentação e diretrizes que transcendem o lote.

5.3.1. Análise comparativa de estudo de caso: Berlim

Em contrapartida ao exposto acima, a prática do planejamento e a estrutura de política urbana em Berlim oferece um cenário mais favorável à inovação e às intervenções de desenho urbano, menos limitadas aos regramentos do zoneamento e mais inclinada a atender às necessidades específicas de uma área, a partir da adoção de instrumentos locais, como veremos a seguir.

É importante salientar também que a Alemanha, assim como em outros países da Europa central (Holanda, Áustria, Suíça, Inglaterra) e da Escandinávia se destacam na prática de *Town planning* ou *City planning*, reflexo da valorização e do reconhecimento do impacto do desenho urbano na qualidade de vida da população e do desenvolvimento das cidades. Ou seja, não basta planejar a cidade, é preciso desenhá-la, o que envolve segundo Waterman (2012) a definição dos edifícios, das ruas, dos parques, etc., de forma a tornar os espaços urbanos atrativos, viáveis economicamente, adequados frente às demandas da sociedade e enriquecedores à vida urbana.

A Alemanha estabeleceu regulamentações a nível federal que delinearão a estrutura da prática de planejamento urbano do macro à microescala. Essa estrutura inclui processos e procedimentos que definem, por exemplo, como e em que grau ocorre a participação de diversos atores (agentes do mercado imobiliário, autoridades públicas, proprietários de terra e população) na concepção e construção da cidade. Uma das regulamentações que o Governo Federal exige é o Código de Edificações (*Baugesetzbuch*), uma espécie de Plano Diretor que toda a cidade alemã possui e é o principal mecanismo legal da prática do planejamento e desenho urbano (SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND HOUSING, [s.d.]).

O Código de edificações prescreve um plano em duas etapas. A primeira consiste no Plano de Uso do Solo (*Flächennutzungsplan*), semelhante ao zoneamento, para toda a cidade com a definição de alguns instrumentos urbanísticos básicos (como Taxa de ocupação e Coeficiente de Aproveitamento). A segunda etapa consiste na elaboração do Plano de Desenvolvimento Local (*Bebauungsplan*) que inclui a concepção do desenho urbano das quadras e o detalhamento de outros parâmetros de uso e ocupação do solo na escala da vizinhança com a condição que estejam em concordância com o zoneamento). Nele se estabelece, por exemplo, a densidade habitacional, a localização dos edifícios e seus usos, quais e onde serão os equipamentos públicos (escolas, creches, centros comunitários, bibliotecas), o arruamento, as áreas verdes públicas e privadas, os bolsões de estacionamento, etc. O plano também contém regras textuais adicionais, além de um desenho com legenda.

Como regra geral, os Plano de Desenvolvimento Local são desenvolvidos pelo Departamento de Planejamento Urbano de cada distrito (*Bezirk*)⁴⁷ a qual o bairro ou vizinhança pertence. Nos casos que a área a ser renovada ou desenvolvida tem um alto grau de importância e significado político urbano, o papel designado pelo distrito é assumido pelo Departamento de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Senado (equivalente a Prefeitura Municipal).

Cada plano tem uma justificativa, na qual o distrito explica suas metas e decisões de planejamento urbano e descreve o impacto ambiental de seus planos. Eles podem ser alterados sempre que o Distrito entender que é necessário, ou seja, existe uma autonomia local e uma dinâmica própria que permite a mudanças e adaptações independente do Zoneamento, desde o Plano local não contradiga este último. Caso seja necessária a mudança de uso do solo, como por exemplo áreas industriais ou ferroviárias abandonadas que serão usadas para habitação ou um novo parque ou *playground*, é necessário que o zoneamento (*Flächennutzungsplan*) seja alterado através de emendas.

47. Atualmente, Berlim conta com 12 distritos.

Um dos pontos mais interessantes do Plano de Desenvolvimento Local é que a participação pública é explicitamente incentivada em casos de construção de novos edifícios, conversões ou mudanças de uso do solo. A participação popular ocorre em dois momentos do processo da elaboração do plano e pode se dar através de reuniões, workshops, audiências, ou canais oficiais de comunicação para envio de sugestões, demandas ou comentários, etc.

Em algumas situações, são executados previamente projetos conceituais de desenho urbano que não tem força de lei, mas são instrumentos informais para explorar o potencial de desenvolvimento de um bairro e traçar perspectivas para seu uso futuro. Eles contemplam uma visão alicerçada em objetivos mais genéricos e traduzida na criação de volumes construídos (plano de massas) - inclusive de equipamentos comunitários - de espaços livres de estar e circulação, e na relação que se estabelece entre eles (conforme Figura 69).

Percebemos, claramente, que a prática e o processo do planejamento urbano em Berlim, como em qualquer cidade alemã, são estruturados de tal forma que o mercado imobiliário tem pouco poder de definição e influência na criação dos espaços urbanos. Ao invés de ditar as regras, ele as segue, e atua de forma colaborativa - e limitada - junto aos técnicos de planejamento urbano do poder público local, assim como à sociedade atua através do processo participativo.



Figura 69. a) A esquerda: Projeto urbano conceitual para um conjunto de quadras na Av. Kosmonauten, Berlim, elaborado pelo escritório Spath+Nagel, a pedido do Distrito de Marzahn-Hellersdorf, 2016. Fonte: www.spathnagel.de. b) A direita: Projeto urbano conceitual da quadra 74 na Rua Boxhagener, Berlim, elaborado pelo escritório BSM a pedido do Distrito de Friedrichshain-Kreuzberg, 2009. Fonte: www.bsm-berlin.de.

5.4. Fatores socioculturais

A cultura urbanística também constitui grandes obstáculos para mudança de paradigma (DEL RIO; SIEMBIEDA, 2013), e, portanto, na incorporação das diretrizes recomendadas nesta pesquisa. Existem problemas cujas soluções estão muito aquém do poder da regulamentação urbanística, pois estão enraizados em um conjunto de valores, hábitos e comportamentos sociais e culturais, construídos a aceito por gerações, e, portanto, são mais difíceis de se transformar a curto prazo.

É o caso, por exemplo, dos condomínios verticais (presentes no Tipo Vertical e Misto) lançados a partir da década de 70 e 80 – e que continua até hoje - como um produto imobiliário vantajoso e atraente à classe média e alta, devido ao oferecimento de infraestrutura de lazer - que em geral contém os itens “obrigatórios”: piscina, playground, academia (Figura 70.a), e dependendo do porte do empreendimento, oferece adicionalmente quadras poliesportivas, quiosques de churrasqueira, praça ajardinadas de “convívio” com gazebos ou pergolados, fontes e espelhos d’ água, redário, etc., (Figura 70.b) (MACEDO, 2013; TAKAESU, 2012) - e a desejada segurança garantida por muros e

grades altas, guaritas, câmeras, sensores e outros dispositivos de segurança. A conveniência, a comodidade e a tranquilidade são os valores mais bem desejados para quem escolhe este tipo de empreendimento.

O fato é que a ampla gama de equipamentos de lazer associada ao jardim sobre laje (uma vez que o nível do subsolo é ocupado por garagens) reduz a oportunidade de uma densa cobertura arbórea intralote.

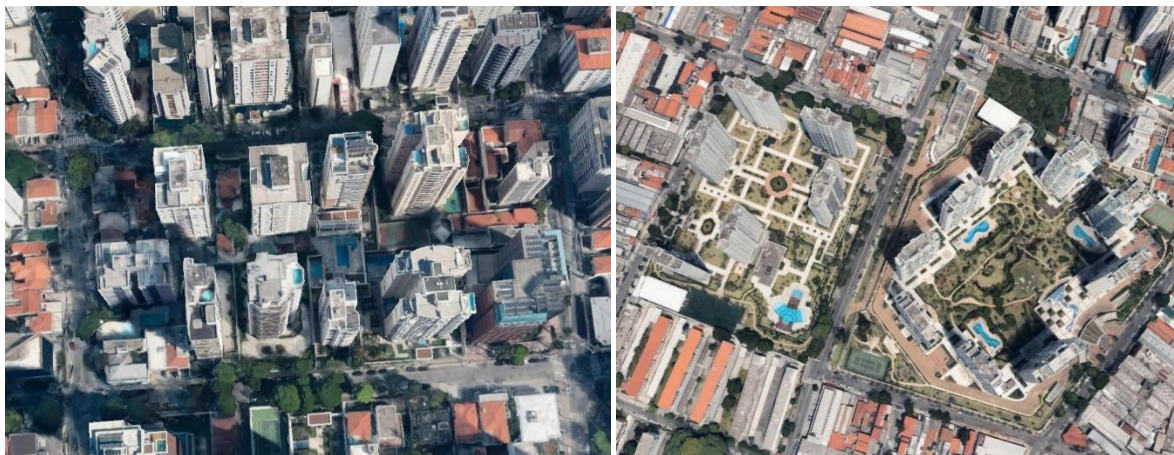


Figura 70. a) Piscina como item obrigatório de lazer nos espaços livres dos condomínios verticais, no bairro do Paraíso, São Paulo. b) Ampla área de lazer e jardins sobre laje, mas com pouca cobertura arbórea, nos empreendimentos residenciais verticais mais recentes, como no bairro da Mooca, em São Paulo.

Mais tarde, este modelo de habitação foi sendo replicado e vendido também às classes econômicas mais baixas, obviamente, com adaptações, como garagens no nível do solo, menos recursos de lazer e segurança (Figura 71), proporcionais ao poder aquisitivo dos moradores (MACEDO, 2012, 2013). O fato é que a aceitação destes tipos de condomínio também ocorre pelas camadas mais pobres, uma vez que se tornaram um símbolo de status socioeconômico (SOMEKH, 1997).

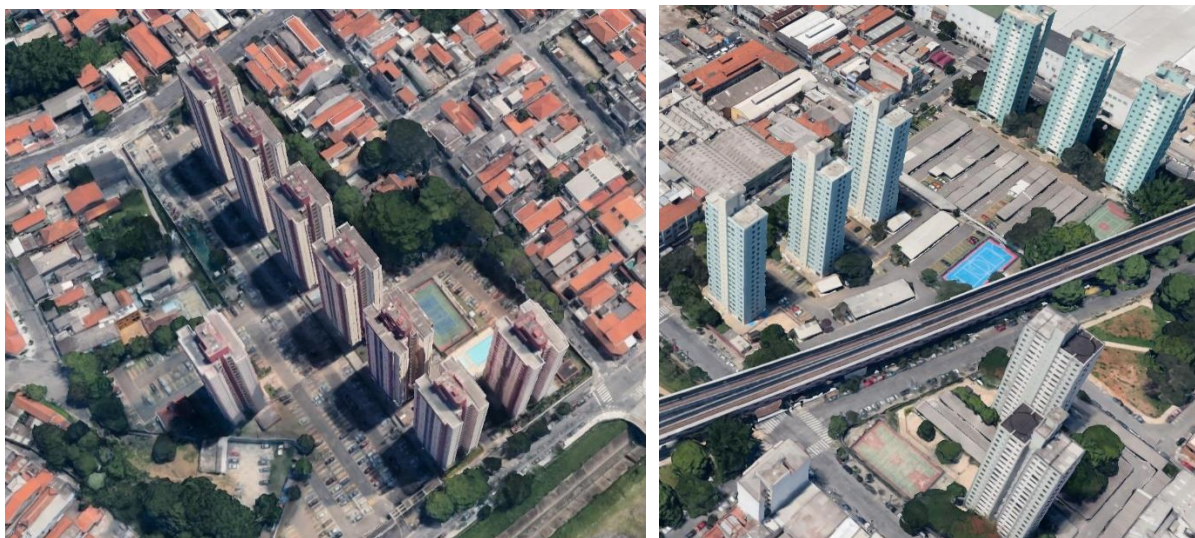


Figura 71. Condomínios verticais de renda média-baixa no bairro da Penha (esquerda) e Brás (direita), em São Paulo: maior parte das áreas livres são destinadas ao estacionamento, e o que sobra é ocupado pela piscina e quadra poliesportiva

Na prática, o que se verifica é a privatização do lazer, onde a rua perde seu papel protagonista de espaço de uso múltiplo e de convívio, para ser apenas um espaço exclusivo de circulação. Este fenômeno é impulsionado

pela combinação da falta de espaços públicos e de áreas verdes de qualidade com o aumento da violência urbana (MACEDO, 2013; TAKAESU, 2012), gerando um círculo vicioso que se retroalimenta. Quanto mais pessoas vivem em fortalezas e enclaves condominiais cercados por muros altos, menor é a vida urbana do lado de fora, potencializando a percepção de insegurança, e muitas vezes o aumento da criminalidade de fato, pela ausência de “olhos nas ruas”, da falta de espaços de transição sutil entre o público e o privado e das grandes distâncias entre as fachadas dos edifícios e as ruas (GEHL, 2013; JACOBS, 2011; MACEDO, 2013).

O mais grave neste fenômeno é que as gerações mais novas que nasceram neste modelo nem sequer o questionam ou identificam esses impactos negativos, pois lhe falta repertório de convívio com outros tipos de desenho urbano. É como se existisse somente um único modelo de habitar quando se trata de unidades multifamiliares.

Apesar deste fenômeno ser uma tendência nas médias e grandes cidades, não se pode deixar de falar de um outro produto habitacional que o mercado imobiliário começa a explorar nas grandes metrópoles, e que caminha no sentido oposto: os apartamentos studios e quitinetes. Trata-se de apartamentos compactos (de até 50m²) em que o grande valor agregado não é a construção em si, mas sua localização. Em geral, os estúdios não oferecem garagem ou dispõem de poucas vagas de, em contrapartida, situam-se em locais com farta rede de transporte públicos, comércio e serviços e diversas opções de lazer. Ou seja, o morador que se interesse por este empreendimento não busca como prioridade os itens de lazer em seu condomínio, mas sim estar em volta de melhores serviços, infraestrutura a um valor de venda ou aluguel mais acessível. O público alvo, em geral, são solteiros e jovens casais que constituem uma nova geração que não vê o automóvel como um bem prioritário, uma vez que seu bairro oferece opções alternativas de mobilidade.

A relação cultural com a vegetação também é outro aspecto crítico. Vivemos em um país tropical, onde, por séculos, a flora nativa foi vista por nossos colonizadores como algo “selvagem, desconhecido e perigoso” (THOMAS, 1996) que deveria estar distante ou ser domesticada, sob uma visão extremamente funcionalista para alimentação e extração de matéria prima. Esses valores foram passados de geração para geração e, infelizmente, ainda vemos resquícios dessa cultura impregnada. Apesar dos movimentos de valorização da cultura brasileira ao longo do século XX, inclusive paisagística, como por exemplo a contribuição fundamental de Burle Marx, Azis Ab’saber, Rosa Klías, Fernando Chacel, entre outros, nos dias atuais ainda é possível verificar a influência de antigos padrões paisagísticos europeus em empreendimentos residenciais por meio de jardins neoclássicos (topiarias, pérgolas e gazebos) como elementos de valorização imobiliária (MACEDO, 2013)

De modo geral, a relação harmoniosa com natureza nas cidades é algo ainda distante dos brasileiros principalmente nas atividades de plantar, manter e cuidar. Ao contrário, a cultura germânica tem outra forma de se relacionar com as áreas verdes urbanas. Um exemplo emblemático é o fomento ao arrendamento de pequenos pedaços de jardins e hortas urbanas (conhecidos como “*allotment gardens*”, figura 72) ao longo de décadas do sec. XIX e XX. Até hoje, eles estão presentes em diversas partes de Berlim (representam 3% de território) e são um grande sucesso na cultura urbana, uma vez que muitos moradores não dispõem de quintais ou áreas verdes condominiais, e sentem a necessidade mental, psíquica e física do contato com a natureza, da prática da jardinagem e do cultivo do seu próprio alimento (GRENIER, 2018; SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT, 2012).



Figura 72. a) Vista aérea de um *allotment garden* em Berlim. Credito: Imago. b) Vista interna de um *allotment garden* em Berlim. Fonte: <http://news.bbc.co.uk>

O culto a natureza associado à maneira de como o berlinense compreende e interage nos espaços coletivos, à consciência de sua corresponsabilidade enquanto cidadão – que inclusive favorece a cultura do voluntariado – à oferta e acessibilidade à equipamentos e áreas verdes de lazer, e o alto nível de segurança determinaram o sucesso das densas áreas verdes coletiva nos miolos das quadras enquanto elementos fundamentais para a qualidade habitacional.

Se faz necessário, no entanto, ressaltar que a configuração dos edifícios condicionou a apropriação dos espaços livres vegetados intraquadra de formas diferentes, refletindo valores e comportamentos culturais distintos.

Podemos elencar basicamente três modos de apropriação dos espaços livres. O primeiro ocorre em espaços livres totalmente privados, cercados pelos edifícios no perímetro da quadra, como observado no tipo Perimetral e Tradicional (quadra fechada) (Figura 73). No segundo caso, representado pelo tipo Semiaberto e, algumas vezes, pelo Contemporâneo, vemos diferentes níveis de acessibilidade ao espaço livre intraquadra: pública, semipública e privada (aonde só os moradores tem acesso), o que torna este espaço mais diversificado (Figura 74). O terceiro, caracterizado pela quadra aberta e representado majoritariamente pelo tipo Moderno e parcialmente pelo Contemporâneo, dificilmente terá esse gradiente de acessibilidade, pois a maior parte dos espaços livres são públicos (Figura 75).



Figura 73. Exemplo do caso 1: espaço livre comum de acesso privado (quadra fechada) em Friedenau, Berlim. Fonte: (esquerda) Google Earth; (direita): crédito da autora.



Figura 74. Exemplo do caso 2: diferentes níveis de acessibilidade ao espaço livre intraquadra, com acesso público parcial e acesso exclusivamente privado, em Prenzlauer Berg, Berlim. Fonte: (esquerda) Google Earth; (direita): crédito da autora.



Figura 75. Exemplo do caso 3: espaços livres de acesso público, em Siemensdamm, Berlim. Fonte: (esquerda) Google Earth; (direita): crédito da autora.

É interessante frisar que apropriação destes espaços e aceitação cultural não é algo estático, mas dinâmico, embora a longo prazo. Empreendimentos em quadras totalmente abertas em Berlim parecem não ser tão aceito como antes (informação verbal)⁴⁸, portanto, os novos empreendimentos tendem a buscar um certo equilíbrio entre privacidade e coletividade. Nesse sentido, arranjos representativos do tipo Semiaberto e Contemporâneo parecem responder melhor e são vistos como as tipologias predominantes nos empreendimentos mais recentes (SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNGSPLAN UND UMWELT, 2015).

Embora tenhamos Brasília, como o único exemplo representativo no Brasil do terceiro caso (espaços livres públicos), e tal condição ser aceita culturalmente pelos moradores do Plano Piloto - e até ser motivo de orgulho (DEL RIO; SIEMBIEDA, 2013; HOLANDA, 2018), o nível de tolerância ao coletivo e ao compartilhamento dos espaços livres residenciais é um aspecto sociocultural que deve ser cuidadosamente pensado, se quisermos fomentar desenhos mais densos e com espaços verdes mais generosos. E não estamos falando aqui da mistura de classes socioeconômicas tão necessária à vitalidade urbana, mas de limites de privacidade intrínsecos a uma cultura de um povo. É preciso lembrar que a aceitação cultural e a mudança de comportamento não ocorrem de forma abrupta, mas gradualmente ao longo das gerações.

O outro fator cultural que se traduz em obstáculo à incorporação das diretrizes recomendadas nesta pesquisa diz respeito a cultura do automóvel. Além de ser o principal meio de locomoção de um grande contingente

⁴⁸ Fala do Departamento de Planejamento Urbano Distrito de Friedrichshain-Kreuzberg, Berlim, durante o evento MakeCity Berlin, em 06/2018 (<https://makecity.berlin/en/>).

populacional em decorrência de um sistema de transporte ineficiente, o carro é um símbolo de status social, sonho de consumo de muito brasileiros (MACHADO, 2001). Tal comportamento é denominado por Gegner (2011) de “egomóvel” que se reflete em zelo e muitas vezes em cuidado excessivo. É muito comum ver empreendimentos residenciais que possuem cobertura para proteção dos veículos no pavimento térreo, sendo inadmissível em muitas regiões urbanas do país, o morador ter que deixar seu carro descoberto e menos ainda estacionado do lado de fora do empreendimento no meio fio da rua, como vemos de forma tão comum em Berlim. Esse comportamento é ainda potencializado pela insegurança e violência urbana, como altas taxas de assalto e furto. Dessa forma, esta situação sociocultural impacta negativamente na aceitação cultural imediata de novos empreendimentos que abram mão de estacionamentos maiores para ampliar sua área verde.

Por fim, o problema do planejamento lote-a-lote, discutido intensamente aqui, também esbarra em aspectos culturais. Da perspectiva de empreendimentos multifamiliares, o proprietário ou o incorporador, uma vez que tenha atendido aos parâmetros de ocupação do solo, tem total liberdade para decidir o que fazer dentro do seu lote. A questão é que raramente há um desejo de se pensar em um desenho urbano coletivamente melhor, em que se possa maximizar a qualidade dos espaços urbanos, os ganhos em serviços ecossistêmicos e o aumento a biodiversidade como um todo. O retorno imediato do lucro é um valor imensamente maior do que a consciência de sua corresponsabilidade na construção de cidades melhores (FERREIRA, 2012), que inclusive iriam beneficiar a qualidade de vida do próprios agentes do mercado imobiliário (enquanto cidadãos) e a suas futuras gerações.

Do ponto de vista da habitação unifamiliar, essa questão é ainda mais crítica, pois a autoconstrução, a irregularidade, e a falta de fiscalização se soma às decisões arbitrárias do proprietário do que se fazer e como fazer em seu lote. O resultado é a intensa impermeabilização do solo, a construção de “anexos”, “puxadinhos”, garagens e lajes irregulares, reduzindo drasticamente o pouco de área verde que resta, se que é sobra algo. A questão é que as tomadas de decisão do proprietário são altamente influenciadas pela sua visão e cultura urbanística, bem como no atendimento imediato de suas necessidades (MACEDO, 2012), aumentando consequentemente a Taxa de Ocupação, como vimos nos resultados do Capítulo 4.

5.5. Desafios e oportunidades

Para se buscar alta densidade e qualidade ambiental (neste caso, espaços livres vegetados) é cada vez mais nítida a necessidade da mudança de paradigma do planejamento e desenho urbano nas cidades brasileiras (principalmente nas de médio e grande porte), a começar pela lógica do lote, como unidade mínima, e a falta de critérios mais concretos e definidores dos espaços urbanos. Sem uma mudança paradigmática, dificilmente conseguiremos implementar diretrizes como as que foram recomendadas aqui, tão pouco alcançar os parâmetros referenciais relacionados à vegetação (PLAND, ENN, PATCH e AI) nas áreas livres residenciais tão fragmentadas e subdivididas pela lógica do planejamento lote-a-lote.

Outro desafio é mobilidade, uma vez que esta possui estreita ligação com a diretriz dos estacionamentos intraquadra. O desempenho ruim do tipo Misto e, principalmente, do Vertical com relação à vegetação intraquadra está relacionada, em parte, pelo tipo de uso das áreas livres condominiais. Como já abordado no capítulo anterior, boa parte das áreas livres em condomínios de baixo poder aquisitivo são destinados às vagas de automóveis. Nos condomínios verticais de média e alta renda são construídos pavimentos-garagem (subterrâneo ou não), utilizando-se as áreas livres como “jardins” sobre laje e reduzindo as possibilidades de se ter uma ampla e densa cobertura arbórea

O fato é que a grande proporção de vagas por apartamento, muitas vezes superior a 2 vagas por apartamento, é um reflexo do modelo de mobilidade pautado no automóvel.

A decisão de diminuir a área de estacionamento ou simplesmente abdicar deste item nos condomínios não é interessante para o incorporador, tampouco atraente para os moradores se não for oferecidas outras opções de mobilidade eficientes.

Em 2017, o município de São Paulo e o Distrito Federal tinham 50 e 44 automóveis para cada 100 habitantes⁴⁹, respectivamente, enquanto que Berlim tinha 33 automóveis para cada 100 habitantes⁵⁰. O número menor de automóveis em Berlim se justifica pela existência de um sistema de transporte coletivo multimodal muito eficiente que atende toda a malha urbana, além de uma boa cobertura de malha cicloviária. A decisão de ter um automóvel próprio acaba tornando-se mais uma decisão pessoal do que uma necessidade básica de deslocamento.

Portanto, regulamentações que estabelecem limites do número de vagas por domicílios em áreas residenciais, cujo foco é o adensamento, só serão eficazes se forem acompanhadas da melhoria contínua da rede de transporte público rápido, seguro e eficiente.

5.5.1. Avanços da política urbana em São Paulo

Felizmente, existe algumas perspectivas positivas no âmbito da legislação urbanística, mais especificamente da cidade de São Paulo com o novo Plano Diretor Estratégico- PDE (Lei nº 16.050, 2014), que foi reconhecido pelo seu caráter inovador na Agenda Urbana (UN-HABITAT, 2017), e complementarmente, a lei de zoneamento (Lei de Parcelamento, uso e ocupação do solo - LPUOS, nº 16.402 de 2016).

O primeiro ponto positivo é que, em áreas estratégicas bem servidas de transporte público (Eixos de estruturação e transformações urbana), não há mais a exigência de um número mínimo de vagas por unidade habitacional e foi estabelecido um limite de 1 vaga por unidade habitacional, sendo que para construção de vagas adicionais é necessário o pagamento de outorga onerosa (SÃO PAULO, 2014). Apesar de tantas outras práticas e recomendações voltadas à redução do protagonismo dos estacionamentos (KODRANSKY; HERMANN, 2011), que não foram contempladas neste PDE, não se pode negar que tais medidas significaram um passo importante em direção a uma mudança estrutural na morfologia destes espaços.

O PDE também introduziu o conceito de fruição pública, que visa o uso público de áreas livres privadas intralote para atividades de valor social, cultural e econômico, trazendo maior urbanidade e dinamismo (SÃO PAULO, 2014). Para promover a fruição pública, a lei de zoneamento de São Paulo estabeleceu incentivos urbanísticos com relação ao potencial construtivo em troca do proprietário disponibilizar áreas livres internas ao seu lote ao acesso público para lazer, recreação, convívio, etc. desde que esses espaços tenham acesso pelo passeio público (SÃO PAULO, 2014, 2016). De certa forma, esse mecanismo oferece meios de viabilizar a terceira diretriz recomendada nesta pesquisa, com relação aos níveis de acessibilidade das áreas livres, possibilitando a criação de pequenas áreas verdes de lazer e estar, como ocorre em algumas quadras de Berlim, promovendo maior urbanidade, bem como, o aumento da densidade com qualidade ambiental e incremento de cobertura arbórea.

Outro ponto positivo que tem relação com a sétima diretriz recomendada (tamanho dos domicílios) - é o estabelecimento de um número mínimo de unidades habitacionais⁵¹ nos eixos de estruturação e transformações

49 Fonte de dados: Detran-SP e Detran-DF

50 Fonte de dados: Office of Statistics Berlin Brandenburg

51 Esse instrumento é chamado de Cota Parte Máxima de Terreno por Unidade.

urbana, que são destinados ao adensamento. Tal medida visou otimizar o uso da terra em área bem servidas de infraestrutura e, conseqüentemente, impactará no tamanho final dos futuros domicílios ou ao menos na mescla de apartamentos maiores e menores diversificando a tipologia (SÃO PAULO, 2014, 2016). O objetivo é evitar que “o adensamento incentivado nos eixos seja exclusivamente construtivo, sem que haja aumento populacional” (JESUS, 2016) como vimos no Tipo Vertical recorrente em São Paulo. Uma cota mínima de unidades habitacionais somada a um limite de área construída (coeficiente de aproveitamento) promoverá unidades habitacionais futuras menores e mais diversificadas, atendendo a diferentes arranjos familiares e perfis socioeconômicos, diferentemente do que foi praticado pelo mercado imobiliário em vários bairros centrais verticalizados de São Paulo nas últimas décadas (SILVA, 2014).

Quanto a exigência de parâmetros mínimos de vegetação intralote, a lei de zoneamento (LPUOS) de São Paulo introduziu a Quota Ambiental (QA): um instrumento que visa regular o uso do solo com a finalidade principal de melhoria da drenagem, biodiversidade, e redução das ilhas de calor. Os lotes acima de 500m² devem atingir uma pontuação mínima de QA por meio de cálculo que está embasado em várias soluções combinadas de vegetação e permeabilidade do solo, tais como o plantio de diferentes estratos e porte de vegetação (arbóreo, arbustivo e forração), paredes e tetos verdes, pisos com diferentes graus de permeabilidade e cisternas de retenção de águas pluviais. Cada solução tem um peso diferente no cálculo da QA e é proporcional aos serviços ambientais que ele pode prestar.

Comparativamente ao que era exigido no zoneamento antigo de São Paulo e presente na maioria dos zoneamentos brasileiros - apenas a taxa de permeabilidade mínima - a QA apresenta vantagens não necessariamente pela exigência de mais área permeável de terreno, mas porque induz à qualificação dessa área. Porém, ela tem uma abrangência limitada, uma vez que os lotes menores que 500m², destinados à habitação unifamiliar, não são contemplados por este instrumento, e sabemos que a maior parte da área residencial na cidade é horizontal e unifamiliar. Mas, por outro lado, entende-se que o controle e a fiscalização da aplicação deste instrumento são ainda mais difíceis, e portanto, tornar-se-ia pouco eficaz no caso de propriedades individuais.

Ainda que este mecanismo fosse amplamente empregado para todos os lotes residenciais e em outras cidades, a fim de promover o aumento da cobertura arbórea, enfrentaríamos outros desafios com relação a arborização, principalmente a arborização viária, por conta da dificuldade de equacionar os conflitos infraestruturais e de espaço físico. O primeiro está relacionado às redes aéreas convencionais que desestimula o plantio de árvores de médio a grande porte ou é fator gerador das podas drásticas ou podas inadequadas, afetando o equilíbrio e a saúde do indivíduo arbóreo. Já o aspecto do espaço físico diz respeito ao subdimensionamento das calçadas e aos lotes unifamiliares muito estreitos, que geram guias rebaixadas contínuas para entrada de veículos por quase todo o perímetro da quadra, e assim, restringindo muito as opções de locais de plantio arbóreo. Felizmente, a solução para a questão do espaço físico é menos complexa, embora de longo prazo, a partir da mudança nos parâmetros de parcelamento do solo e maior fiscalização.

Voltando ao PDE de São Paulo, é preciso salientar que o próprio plano reconhece a importância de mudança da lógica do lote para quadra como unidade mínima, ao mencionar que a legislação de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS) deve ser revista, simplificada e consolidada segundo algumas diretrizes, sendo que uma delas é “(...) proporcionar a composição de conjuntos urbanos que superem exclusivamente o lote como unidade de referência de configuração urbana, sendo também adotada a quadra como referência de composição do sistema edificado”(SÃO PAULO, 2014). No entanto, o único dispositivo que mais se aproxima da lógica desta diretriz são os Projetos de Intervenção Urbana – PIU também proposto pelo PDE.

O objetivo do PIU é requalificar e adensar áreas consolidadas do tecido urbano que se encontram subutilizadas, tendo o Estado como ente centralizador e executor do processo ao produto final, e o mercado imobiliário e a população como atores parceiros e colaboradores (FERREIRA, 2015; LEITE, 2016). Segundo o PDE, o PIU poderá ser usado em regiões de adensamento e que demandam transformações (perímetros de operações urbanas consorciadas-OUC, áreas de intervenção urbana, áreas de estruturação local e concessão urbanística). Uma das medidas para viabilizar o PIU é desapropriação de imóveis, terrenos ociosos ou subutilizados - podendo ser um conjunto de lotes ou algumas quadras - pela Prefeitura, implantação ou melhoria de infraestrutura pública tornando a área atrativa ao mercado imobiliário para construção de moradias, áreas comerciais, equipamentos públicos e áreas verdes já definidos em estudo e elaborados em projeto urbano pelo poder público (FERREIRA, 2015).

Ainda que haja críticas de como submodalidades do PIU foram sendo mal interpretados e mal utilizados legalmente no decorrer de sua implementação e transformação, como o PIU dos Terminais Urbanos (SANTORO; NUNES, 2018), acredita-se que soluções deste tipo sejam um dos caminhos viáveis para a prática do desenho urbano que transcenda o lote e qualifique os espaços urbanos das cidades brasileiras, desde que o bem comum e coletivo seja priorizado e garantido.

Mesmo com certas limitações em direção a práticas e métodos de desenho urbano mais amadurecidos, não se pode negar o caráter inovador do Plano Diretor e da Lei de Uso e Ocupação do Solo de São Paulo, face aos planos convencionais das demais cidades brasileiras. Tal fato abre janelas de oportunidade não só para o futuro de São Paulo, a médio e longo prazo, mas também para o cenário urbano brasileiro, uma vez que a capital paulista sempre foi uma referência para outras cidades (MACEDO, 2013), e pode influenciar positivamente no estabelecimento de novos instrumentos e parâmetros nas revisões dos planos diretores e de zoneamento destas cidades.

Em geral, para a elaboração destes tipos de planos e projetos especiais locais mencionados acima se realizam estudos técnicos e estabelecem diretrizes e parâmetros específicos aplicadas a situações particulares, amarrando bem as propostas de intervenção e articulando com diversos setores do poder público. Eles são normalmente viabilizados por meio de instrumentos baseados em parceria público-privada, mas as propostas são centralizadas e coordenadas pelo poder público local - como é praticado em Berlim e outras cidades europeias. Tais planos tem se mostrado como um dos principais caminhos para promover um desenho urbano integrado (LEITE, 2016), que seja atento ao adensamento e, ao mesmo tempo, que dê a devida importância aos espaços livres vegetados, garantindo qualidade ambiental.

5.5.2. A experiência colombiana dos Planos Parciais e o reajuste de terras

As inovações recentes no âmbito da regulação urbanística brasileira certamente foram influenciadas por políticas urbanas exitosas em países vizinhos, como a Colômbia, com os Planos Parciais (PP's) de Desenvolvimento (áreas de expansão urbana) e de Renovação (áreas urbanas consolidadas subutilizadas e degradadas). Os PP's são formas de planejamento e gestão de determinadas áreas da cidade, e regulamentado por Lei Federal de Desenvolvimento Territorial (Lei 388 de 1997, uma espécie de "Estatuto da Cidade") e demarcadas pelo Plano de Ordenamento Territorial- POT (de abrangência municipal). Os PP's são coordenados e executados pelo poder público, que estabelece as diretrizes para os planos, desenha, discute e aprova. Eles englobam processos participativos e conta com a parceria público-privada para a viabilização físico-financeira, utilizando-se,

principalmente, do instrumento de reajuste de terras (*land readjustment*), que veremos a seguir. Assim, como no PIU, há um grande aparelho de técnicos do poder público - arquitetos, urbanistas, e advogados - por trás das operações.

A grande diferença entre a política urbana brasileira e a colombiana é que a primeira enfatiza a escala municipal de planejamento, por meio do plano diretor e lei de zoneamento, e a segunda, prevê um conjunto de planos em diversas escalas que chegam na escala e detalhamento do desenho urbano (PP's), que de certa forma, se aproxima mais da política urbana de Berlim. O Estatuto da Cidade, com exceção das OUC's, “não propõe planos em escala menor que a municipal, não amarra uma articulação entre as diversas escalas de planejamento, além de ter se afastado do regimento do parcelamento do solo, que no Brasil continua normatizado principalmente pela Lei Federal de Parcelamento do Solo (Lei Federal no 6.766/79)” (SANTORO, 2011).

O resultado colombiano é um planejamento que “supera a tradição do urbanismo construído lote a lote” (SANTORO, 2011), e redefine a forma urbana a fim de solucionar diversos problemas locais de ordem urbanística, social, ambiental e econômica (integração da malha urbana, acessibilidade, mobilidade, habitação, espaços públicos generosos, incremento das áreas verdes, integração dos espaços públicos e privados, etc.) Acima de tudo, os PP's de Desenvolvimento tem significativa contribuição, pois reduz o processo de expansão urbana informal, gerando um “semi-anel” de intervenções urbanas com desenho urbano de maior qualidade (SANTORO, 2011), e evitando a urbanização periférica da autoconstrução sem qualquer atenção a combinação eficiente de densidade e áreas verdes.

O reajuste de terras (*land readjustment*), instrumento pautado na parceria público privada, guarda grande potencial para a reformulação do desenho urbano na escala da quadra. Ele teve sua origem no Japão e já é utilizado em várias cidades no mundo - inclusive para viabilizar alguns planos parciais das cidades colombianas (HERRERA; EBERHARD, 2014; PEREIRA, 2016; SANTORO, 2011).

O instrumento é aplicado em situações em que há grande glebas ou terrenos subutilizados, ou quando o parcelamento do solo é problemático com lotes de difícil aproveitamento e sistema viário comprometido, subdimensionado e mal conectado a malha. Nestes casos, o reajuste de terras permite o remembramento e o posteriormente reparcelamento a partir de uma nova configuração mais inteligente e eficiente do ponto de vista urbanístico. Neste novo parcelamento, os proprietários doam uma porção de seus lotes ao poder público, que parte será revertida em recursos financeiros para custear o projeto por meio de sua comercialização futura e outra parte será utilizada para alocar melhorias de infraestrutura (ampliação das ruas, criação de canteiros, calçadas acessíveis, rede de águas, esgoto, drenagem, novos espaços públicos e equipamentos, e áreas verdes). Em troca, os proprietários obtêm maior valorização imobiliária de seus lotes (Figura 76) (HERRERA; EBERHARD, 2014; NETTO; SABOYA, 2010; PEREIRA, 2016; SOUZA, 2009; YANESE, 2010).

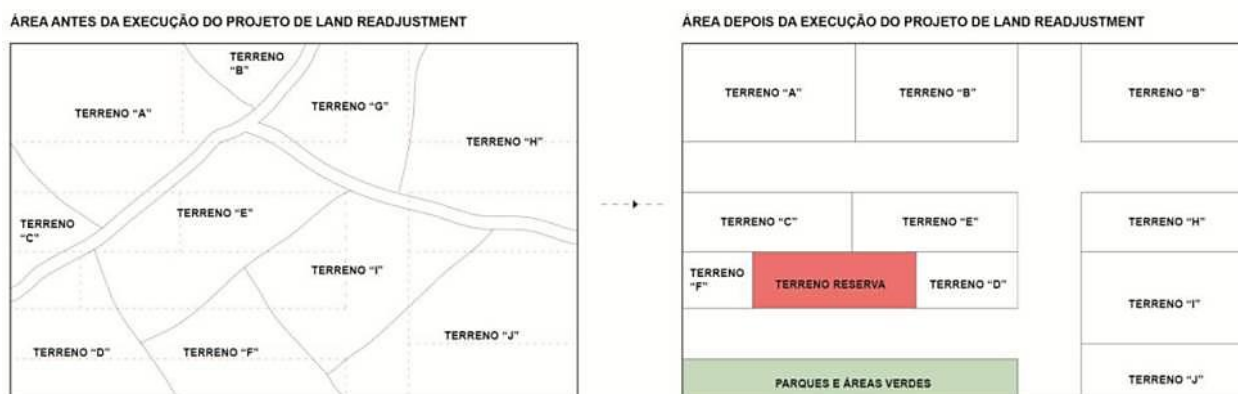


Figura 76. Esquema conceitual de ajustamento de terras. Crédito: PEREIRA, 2016.

5.5.3. Outros instrumentos e possibilidades

A maioria dos métodos empregados nos planos mencionados acima – seja os planos parciais ou o PIU – são caracterizados pelo forte controle e centralização das decisões nas mãos do Estado, mas também abrem espaço ao diálogo e a uma construção coletiva da cidade, através do processo participativo.

Os mecanismos de participação popular devem ser vistos como um grande salto positivo na prática e no sucesso das intervenções urbanas na microescala. É na escala do bairro e da vizinhança que estes processos de planejamento e gestão são mais bem aproveitados e compreendidos pela população, uma vez se aproximam da realidade e do cotidiano dos moradores, impactando na qualidade de vida dos mesmos.

Dessa forma, a participação popular nas fases de elaboração e implementação de planos urbanos auxilia no processo de “alfabetização urbanística” (MARICATO, 2002) do próprio cidadão, na ampliação da consciência de seus direitos e deveres, bem como, no êxito dos novos empreendimentos urbanos, seja por conta de um diagnóstico mais assertivo das demandas e reais necessidade, seja devido à atuação dos moradores na valorização, manutenção e “fiscalização” contra o mal uso dos espaços coletivos e públicos.

A longo prazo, esse processo é capaz de contribuir positivamente no estabelecimento de uma nova cultura urbana, principalmente, para as novas gerações, mais abertas a novas formas de habitar, de conviver, de se relacionar nos espaços urbanos, e por que não valorizando mais e fomentando espaços vegetados, sejam eles públicos ou privados? Por isso, acredita-se que o processo participativo possa ser uma alavanca no equacionamento dos diversos obstáculos socioculturais apontados anteriormente.

É preciso reconhecer também que a política urbana brasileira está ainda “engatinhando” nestes assuntos, pois infelizmente as novas experiências abordadas aqui são pontuais, focadas em áreas consolidadas para requalificação, e não em zonas de expansão urbana. Acima de tudo, são ainda exceções frente ao panorama do planejamento urbano da maioria das cidades brasileiras. Em geral, o que se observa é uma insuficiência dos instrumentos do planejamento urbano tradicional brasileiro de moldar a forma urbana (NETTO; SABOYA, 2010). O próprio Estatuto da Cidade oferece instrumentos importantes para solucionar diversos problemas sociais urbanos, mas não são capazes de equacionar problemas decorrentes da forma urbana, e nem de inserir no seu conteúdo aspectos de parcelamento do solo e de planejamento em menor escala (NETTO; SABOYA, 2010; SANTORO, 2011)

Segundo Netto & Saboya (2010), a forma de adensamento deve basear-se no estudo da capacidade da área em questão, da eficiência de tipologias arquitetônicas (densidade, altura, relação com a rua e demais espaços públicos) e o impacto do conjunto em termos social, microeconômico e ambiental. Somente assim, será possível definir limiares de densificação e escolha tipológica aplicadas não tanto por zonas, mas por uma combinação de um tipo morfológico adequado para uma determinada rua, considerando seu papel de centralidade e acessibilidade. Os autores complementam afirmando a necessidade de regras voltadas para o conjunto de edifícios e seu papel na vitalidade da cidade. Por isso, especialistas (NAKANO; GUASTELLA, 2015; NETTO; SABOYA, 2010) apontam como contribuição importante do zoneamento baseado na forma urbana (em inglês “*form-based code*”).

O conceito do zoneamento baseado na forma urbana está alinhado ao movimento “New Urbanism” e compreende uma nova maneira de parametrizar o uso e a ocupação dos espaços urbanos baseado na forma urbana. Por isso, os critérios que subsidiam os parâmetros adentram a um nível de detalhamento muito maior com atenção às relações entre os edifícios, e estes com os espaços livres, criando condições que “privilegiam a proximidade entre

as edificações e a rua, a permeabilidade interior/exterior, a continuidade das fachadas e a criação de áreas amigáveis aos pedestres” (NETTO; SABOYA, 2010). Esses parâmetros dizem respeito, por exemplo, ao alinhamento das fachadas dos edifícios, a porcentagem mínima de aberturas na fachada do edifício, o tipo de acesso frontal, aos usos no térreo, etc. (Figura 77) (NETTO; SABOYA, 2010; PAROLEK; PAROLEK; CRAWFORD, 2008).

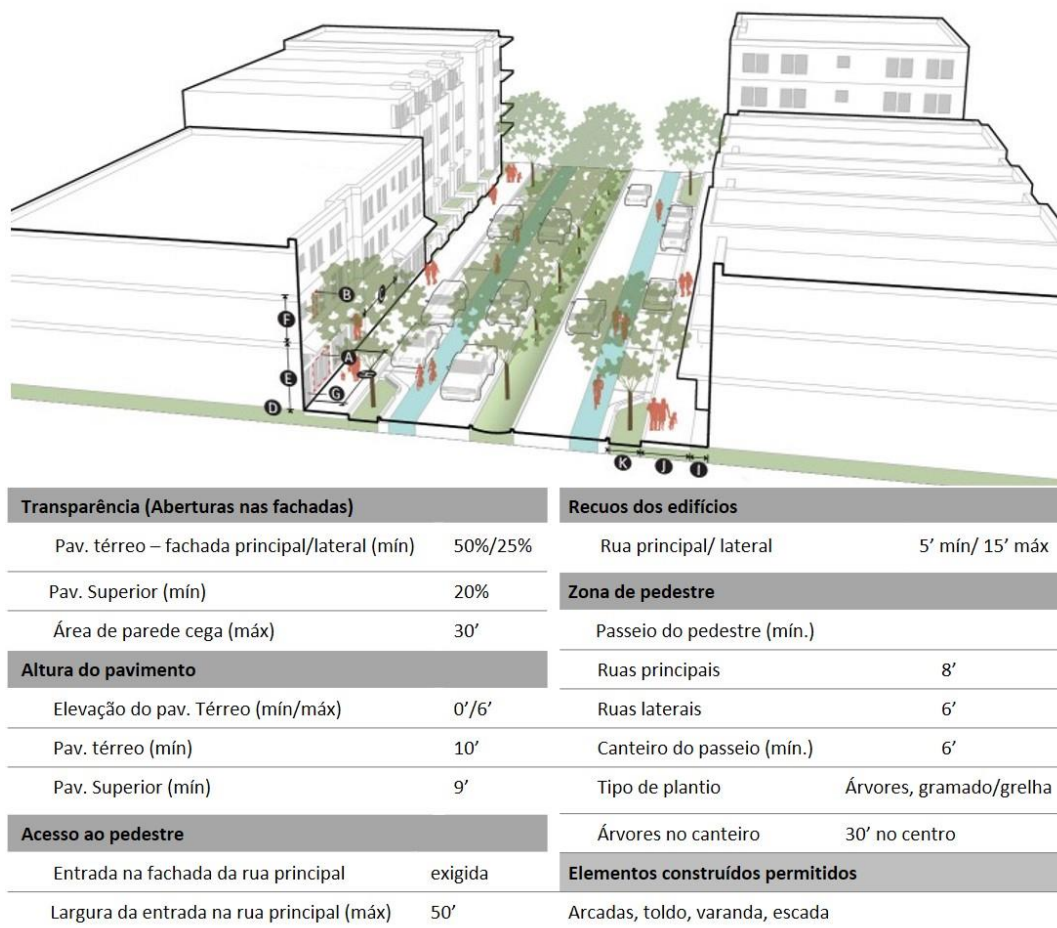


Figura 77. Exemplo de alguns parâmetros de um zoneamento “baseado na forma”, cidade de Chattanooga, EUA. Adaptado de: Downtown Chattanooga Form-Based Code – Public Review Draft, 2016.

Vale a pena mencionar também as oportunidades de transformação a partir de incentivos tributários, como por exemplo, o IPTU verde (também conhecido como ecológico ou sustentável). No Brasil, ele foi implantado a partir de 2008 no Brasil, e desde então, vários municípios brasileiros foram aderindo. Antes disso, ele já era adotado em Berlim, Dublin, (Irlanda), Helsinque (Finlândia) e Medellín e Bogotá (Colômbia) (MAY, 2016). O instrumento concede desconto – que varia em cada município, podendo ir de 2% até a isenção total – para empreendimentos imobiliários que adotem medidas sustentáveis. Dentre as medidas sustentáveis, estão inclusas a manutenção de áreas verdes e o plantio de espécies arbórea, inclusive nas calçadas.

Obviamente o IPTU verde não tem o poder de equacionar totalmente a falta de áreas verdes residenciais, mas pode ser estratégica na mudança de valores entre gerações, com relação à valorização da vegetação urbana, a partir de um gatilho financeiro (ZUGMAN, 2012). Muitas práticas tem alta adesão inicial quando ela representa um retorno financeiro para o contribuinte. Mas, em geral, sua consolidação e sucesso ocorre com as próximas gerações, uma vez que a prática se torna um valor incorporado na cultura de uma sociedade.

No momento atual, em que se abre uma janela de oportunidades, baseadas em um leque de opções de intervenção no desenho urbano, a equipe técnica do poder público local se torna um dos pilares necessários e fundamentais para a operacionalização dessas inovações. E isso ainda é um grande desafio de ordem institucional no Brasil, pois a proposição de instrumentos e ferramentas urbanísticas inovadoras exige um corpo técnico interdisciplinar (arquitetos, urbanistas, advogados, economistas, gestores públicos, etc.), capacitado e qualificado para viabilizar processos mais complexos e intersetoriais, em todas as suas fases, desde do diagnóstico à gestão. No entanto, a realidade da grande maioria das Prefeituras, principalmente de cidades de médio e pequeno porte, está muito distante do mínimo necessário, e se traduz em um corpo técnico muitas vezes despreparado, mal remunerado, e em casos mais críticos, verifica-se a escassez ou a total ausência destes profissionais, habilitados para tal atividade.

Frente a estrutura enfraquecida do poder municipal em recursos financeiros e humanos, a contribuição de instituições federais se torna fundamentais não só na capacitação técnica e no estabelecimento de parcerias, como também na atuação mais forte e incisiva de políticas públicas “*top-down*”, como forma de fomentar a melhoria do planejamento e do desenho urbano nas cidades brasileiras (CARDOSO, 2013; SANCHES, 2018).

O Programa Minha Casa, Minha Vida, um dos maiores programas de habitação que o Brasil já teve (CARDOSO, 2013; FERREIRA, 2012), desperdiçou uma valiosa oportunidade de influenciar positivamente as cidades brasileiras por meio de recomendação e até exigências de critérios de projetos com maior qualidade urbanística (SANCHES, 2018). Os critérios exigidos, até hoje, se restringem à qualidade mínima de habitabilidade e não consideram os impactos da implantação e configuração da forma urbana de tais empreendimentos na cidade, como já foi abordado no Capítulo 1 (pág. 15). Uma das modalidades do programa habitacional é voltado não só para a construção de habitação de interesse social, mas também promover a infraestrutura e saneamento básico, assim como equipamentos, espaços públicos e áreas verdes no entorno destes conjuntos habitacionais (MINISTERIO DAS CIDADES, 2013a, 2013b, 2016, 2017). Assim, construiu-se não apenas conjuntos habitacionais, mas grandes parcelas de cidade ou mesmos bairros inteiros periféricos, sem qualquer preocupação com a qualidade do desenho e da forma urbana, e sua inserção na malha (FERREIRA, 2012; SANCHES, 2018). Seus desdobramentos e efeitos negativos são inúmeros, como monotonia formal, falta de identidade da população com o local, áreas mortas, sem vitalidade, ausência de diversidade de usos, aumento da segregação socioespacial e da violência urbana, potencializada pela formação de imensos guetos socioeconômico e culturais (CARDOSO, 2013; FERREIRA, 2012; MARICATO, 2001; SANCHES, 2018).

Em face de tudo o que foi exposto até agora, fica claro que existe uma discrepância entre as realidades de São Paulo/Distrito Federal e Berlim no que tange ao desempenho das morfologias em compatibilizar alta densidade e cobertura vegetal. O enorme desafio de incorporar as lições aprendidas pelo estudo morfológico urbano da capital alemã incide não só em São Paulo e no Distrito Federal, mas também em qualquer cidade brasileira de médio a grande porte que, de alguma forma, deseja se reinventar e adensar, por meio da requalificação dos espaços urbanos e da contenção da expansão urbana horizontal. No entanto, os obstáculos não devem impedir de alcançar estes objetivos; ao contrário, os instrumentos de planejamento apresentados aqui, e exemplos inspiradores podem ser o estímulo e a oportunidade de mudança de visão em direção à transformação do desenho urbano brasileiro.

Um último fato importante nesta discussão, que não podemos nos esquecer, é que, apesar de todos os desafios, já tivemos experiências precedentes exitosas na prática do desenho urbano brasileiro, como Brasília (Plano Piloto) cujo detalhamento chega na escala da vizinhança, e se replica para toda uma cidade. Embora as ideias modernistas que fundamentaram seu desenho não respondem mais às dinâmicas e as demandas das cidades contemporâneas, o fato é que naquele contexto histórico, é o que se tinha de mais atual e avançado em termos de

desenho urbano no mundo, conseguindo incorporar, da forma mais fiel possível, os princípios modernos no planejamento e no projeto da cidade, tanto que, até hoje, ela é uma referência mundial. Obviamente Brasília não é qualquer cidade, estava se propondo um plano e um desenho para a futura capital do país. Mas o ponto que se quer chamar a atenção aqui, é que há 60 anos já se tinha capacidade técnica e uma estrutura política no Brasil que pudessem concretizar ideias em desenho e projetos. Este precedente evita qualquer pretexto ou justificativa infundada de que, devido à nossa condição de país em desenvolvimento, não temos o arcabouço técnico e político necessário para lançar novas sementes e definirmos novos espaços urbanos alinhados às ideias de cidade que queremos habitar.

6. CONCLUSÕES

Acredita-se que a presente pesquisa traz importantes contribuições no campo acadêmico e profissional do planejamento e desenho urbano, buscando melhor compreensão nas relações entre densidade urbana, vegetação e morfologia urbana, bem como, pontua desafios, estratégias e diretrizes de desenho, na microescala, para o planejamento de cidades mais verdes e compactas no contexto brasileiro.

A pesquisa traz reflexões inclusive aos pesquisadores da área de ecologia urbana e ecologia da paisagem, uma vez que as discussões sobre morfologia urbana raramente são abordadas como variáveis no estudo do impacto da urbanização na biodiversidade urbana e serviços ecossistêmicos.

As conclusões obtidas nesta pesquisa podem se estender, em partes, para o contexto latino americano, uma vez que os padrões de ocupação e os processos de urbanização são semelhantes entre as cidades deste continente.

Além disso, a abordagem interdisciplinar desta temática permite maior aprofundamento sobre as inter-relações entre ecologia, planejamento da paisagem e desenho urbano, ainda desconexas e pouco exploradas em conjunto.

No capítulo 2, a investigação sobre os padrões morfológicos em Brasília corroborou com a primeira hipótese de que a forma urbana impacta de forma decisiva na oferta de áreas verdes residenciais, independentemente da densidade urbana. Ou seja, tecidos urbanos com padrões morfológicos distintos, mas com densidade populacional ou habitacional semelhantes, apresentaram taxas de cobertura arbórea variadas. Tal resultado exigiu que no capítulo seguinte (capítulo 3), a análise fosse ampliada para uma maior gama de tipos morfológicos de alta densidade a fim de entender mais profundamente as relações entre cobertura vegetal, morfologia e densidade em cidades distintas.

No capítulo 4, os resultados corroboram com segunda hipótese da pesquisa, de que os tipos morfológicos do grupo 2 cuja quadra é a unidade mínima de desenho, apresentam melhor desempenho com relação ao conceito de cidades mais verdes e compactas, do que os tipos morfológicos que tem o lote como unidade mínima de desenho (grupo 1).

Em termos de vegetação, os tipos do grupo 2 também apresentaram valores mais altos não só em termos de área (PLAND), mas tamanho médio das manchas de vegetação (PATCH), conectividade (ENN) e grau de agregação (AI), potencializando uma matriz residencial mais permeável para a mobilidade de espécies da fauna e flora e conectividade com fragmentos naturais maiores dentro da cidade ou ao redor dela.

O tipo Tradicional de Berlim apresentou um ótimo balanço entre alta densidade e cobertura arbórea. Os tipos Contemporâneo, Semiaberto e Perimetral também apresentaram bons desempenhos, apesar de densidades inferiores, compensadas por coberturas arbóreas e vegetal mais altas do que o Tradicional. No entanto, o resultado das 10 melhores unidades amostrais avaliadas não revelou a predominância de um dos quatro tipos morfológicos. Verificou-se que a partir de um desenho que segue padrões do tipo Perimetral, Tradicional, Contemporâneo e Semiaberto é possível conjugar alta densidade e cobertura vegetal.

Mais do que identificar o(s) tipo(s) morfológico(s) de melhor desempenho, esta pesquisa reafirmou que o desenho urbano pensado a partir da quadra como unidade mínima, de fato, apresenta potencialmente um resultado muito melhor do que a cidade planejada lote-a-lote.

Naturalmente, o desempenho dos tipos morfológicos não é apenas influenciado pelo planejamento e projeto a partir da unidade mínima da quadra ou do lote ou pelo arcabouço de parâmetros legais de uso e ocupação

do solo, mas também por fatores externos, como, por exemplo, as políticas públicas de mobilidade e as questões socioculturais, como vimos anteriormente.

Ter um panorama do desempenho dos padrões morfológicos vigentes em São Paulo e Brasília, e compará-las com os de Berlim - uma referência internacional - nos permitiu identificar os principais gargalos na implementação de tecidos urbanos mais compactos e verdes no contexto brasileiro. Além disso, o estudo avança um passo à frente na discussão e amadurecimento destas questões na literatura nacional e latino-americana, que é muito escassa comparada aos avanços de países asiáticos, os quais enfrentam problemas e consequências semelhantes, frente ao rápido processo de urbanização (HAALAND; VAN DEN BOSCH, 2015).

É válido ressaltar que a pesquisa não pretende esgotar as conclusões sobre o desempenho morfológico por meio de 8 tipos apresentados aqui. Outros arranjos que não foram estudados nesta pesquisa poderão ser investigados, como, no âmbito brasileiro, a forma urbana densa e verticalizada que resultam em quadras compactas, com fachadas contínuas sem recuo frontal e lateral como o Bairro de Copacabana, no Rio de Janeiro ou as quadras do Plano de Cerdá, em Barcelona, Espanha.

Além disso, ao fim da pesquisa, verificou-se a necessidade de estudos futuros focados na avaliação da qualidade dos espaços vegetados em cada padrão morfológico, como um passo seguinte, que vai além da quantidade, tamanho e configuração, uma vez que isso impacta consideravelmente na biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos (BYRNE; SIPE; SEARLE, 2010; SUN et al., 2019).

De uma forma geral, este estudo oferece embasamento para desdobramentos futuros, por meio de investigações complementares. A análise temporal das mudanças não só do uso do solo, mas também da estrutura urbana baseado nos estudos morfológicos é um tema relevante e necessário para entender as dinâmicas socioeconômicas, as forças motrizes e os impactos ambientais, e traçar cenários preditivos. A relação entre a forma urbana e a biodiversidade local (tendo como bioindicador a avifauna, por exemplo) ou o impacto na provisão de serviços ecossistêmicos são campos do conhecimento em expansão (ANDERSSON; COLDING, 2014; GUPTA et al., 2012; RUDD; VALA; SCHAEFER, 2002; SUSHINSKY et al., 2013; TRATALOS et al., 2007a, 2007b), mas que necessita de mais estudos no Brasil e em outros países em desenvolvimento. O desempenho microclimático e de conforto ambiental, ou as implicações sociais (vitalidade urbana, segurança e coesão social) destes tipos morfológicos são também temáticas importantes a serem exploradas futuramente, a partir do conjunto de dados oferecidos por esta pesquisa, para que possamos traçar um futuro mais resiliente e sustentável para nossas cidades.

REFERÊNCIAS

- ACIOLY, CLAUDIO; DAVIDSON, FORBES. **Densidades urbanas: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. São Paulo: Mauad, 1998.
- AHERN, Jack. Green infrastructure for cities: The spatial dimension. In: NOVOTNY, Vladimir; BROWN, Paul (Eds.). **Cities of the Future: Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management**. London: IWA Publishing, 2007.
- ALBUQUERQUE, Mariana Zerbone Alves. **A lógica da produção do espaço de Águas Claras na reprodução do capital no Distrito Federal**. 2009. Doctoral Thesis. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. University of São Paulo, [s. l.], 2009.
- ALMEIDA, A. F.; VASCONCELOS, M. K. (EDS.). **Fauna Silvestre: Quem são e onde vivem os animais na metrópole paulistana**. São Paulo: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, 2007.
- ALONSO DE ANDRADE, Patrícia; BERGHAUSER PONT, Meta; AMORIM, Luiz. Development of a Measure of Permeability between Private and Public Space. **Urban Science**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 87, 2018.
- ALVES, Patrícia Layne; FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins. Effects of urban afforestation on the reduction of runoff and on the peak flow delay. **Ciencia Florestal**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 193–207, 2019.
- AMORIM, Diego. **Plano Piloto ainda tem 94 projeções desocupadas para onde pode crescer**. 2015. Disponível em: <<http://sinduscondf.org.br>>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- AMORIM FILHO, O.; SERRA, R. V. Evolução e perspectivas do papel das cidades médias no planejamento urbano e regional. In: **ANDRADE, T. A.; SERRA, R. V. Cidades médias brasileiras**. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. p. 1–34.
- AMORIM, Flávia Pereira; TANGARI, Vera. Estudo tipológico sobre a forma urbana: conceitos e aplicações. **Paisagem Ambiente: ensaios**, [s. l.], v. 22, p. 61–73, 2006.
- ANDERSSON, Erik; COLDING, Johan. Understanding how built urban form influences biodiversity. **Urban Forestry and Urban Greening**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 221–226, 2014.
- ARAGÃO, Solange De. Espaços livres condominiais. **Risco: Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, [s. l.], v. 0, n. 6, p. 49, 2007.
- ARGAN, Giulio Carlo. **Projeto e destino**. São Paulo: Ática, 2000.
- ARTMANN, Martina et al. How smart growth and green infrastructure can mutually support each other — A conceptual framework for compact and green cities. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 96, n. November 2016, p. 10–22, 2019.
- ARTMANN, Martina; INOSTROZA, Luis; FAN, Peilei. From urban sprawl to compact green cities – advancing multi-scale and multi-dimensional analysis. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 96, p. 1–2, 2019. a.
- ARTMANN, Martina; INOSTROZA, Luis; FAN, Peilei. Urban sprawl, compact urban development and green cities. How much do we know, how much do we agree? **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 96, p. 3–9, 2019. b.
- BANZHAF, Ellen; HÖFER, René. Monitoring Urban Structure Types as Spatial Indicators With CIR Aerial Photographs for a More Effective Urban Environmental Management. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 129–138, 2008.
- BARNETT, Jonathan. **An Introduction to Urban Design**. New York: Harper & Row Publishers, 1982.
- BAZANT, S. J. et al. **Tipologia de Viviendas Urbana. Analisis Físico de Contextos Urbano-Habitacionales de la Poblacion de Bajos Ingresos en la ciudad de Mexico**. Mexico: Editora Diana, 1978.
- BELO FERREIRA, Ronald. Plano Piloto de Brasília : O vazio das Entrecruadas e o abandono do sujeito. [s. l.], p. 1–28, 2016.
- BERGER, C. et al. Robust mapping of urban structure types across three German cities. In: INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS) 2018, **Anais...** [s.l: s.n.]
- BERGHAUSER PONT, Meta Yolanda; HAUPT, Per André. **Space, density and urban form**. 2009. Technische Universiteit Delft, [s. l.], 2009.
- BIONDI, Daniela; KISCHLAT, Everton. A vegetação Urbana e a Biodiversidade. **Diálogo Canoas**, [s. l.], v. jul.dez, 2, n. 9, p. 155–168, 2006.
- BODENSCHATZ, Harald. **Berlin Urban Design - A brief history of a European City**. Berlin: DOM, 2010.

- BOTEQUILHA LEITÃO, André; AHERN, Jack. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 65–93, 2002.
- BRAGA, R. Cidades médias e aglomerações urbanas no Estado de São Paulo: novas estratégias de gestão territorial. In: X ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA 2005, **Anais...** [s.l: s.n.]
- BRUNNER, Julie; COZENS, Paul. “Where Have All the Trees Gone?” Urban Consolidation and the Demise of Urban Vegetation: A Case Study from Western Australia. **Planning Practice and Research**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 231–255, 2013.
- BURCHETT, Woodrow; ELLIS, Amanda; BATHKE, Arne. **Package ‘npmv’**Repository CRAN, , 2017.
- BURTON, Elizabeth. The Compact City: Just or Just Compact? A Preliminary Analysis. **Urban Studies**, [s. l.], v. 37, n. 11, p. 1969–2006, 2000.
- BYRNE, Jason; SIPE, Neil; SEARLE, Glen. Green around the gills? The challenge of density for urban greenspace planning in SEQ. **Australian Planner**, [s. l.], v. 47, n. 3, p. 162–177, 2010.
- CALABI, Donatella. **Historia Do Urbanismo Europeu**. São Paulo: PERSPECTIVA, 2008.
- CAMPOLI, Julie. **Visualizing Density**. New Hampshire: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.
- CAMPOS, Ana Cecília de Arruda et al. Análise do Sistema de Espaços Livres da cidade brasileira – uma metodologia em construção: Estudo de caso para o município de São Paulo. **Paisagem e Ambiente**, [s. l.], n. 26, p. 197, 2009.
- CARDOSO, Adauto Lucio (ED.). **O Programa Minha Casa Minha Vida e seus Efeitos Territoriais**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013.
- CARVALHO, S. V. Brasília: Paisagem Urbana Contemporânea. In: 5ª CONFERENCIA INTERNACIONAL DA REDE LUSÓFONA DE MORFOLOGIA URBANA -PNUM 2016, Guimarães. **Anais...** Guimarães: Escola de Arquitectura da Universidade do Minho, 2016.
- CASTRO, Kássia Batista De et al. New perspectives in land use mapping based on urban morphology: A case study of the Federal District, Brazil. **Land Use Policy**, [s. l.], v. 87, n. June 2018, p. 104032, 2019.
- CASTRO, K. B. **Segurança Hídrica Urbana: Morfologia Urbana e Indicadores de Serviços Ecossistêmicos: Estudo de caso do Distrito Federal, Brasil**. 2017. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, [s. l.], 2017.
- CHACE, Jameson F.; WALSH, John J. Urban effects on native avifauna: A review. In: LANDSCAPE AND URBAN PLANNING 2006, **Anais...** [s.l: s.n.]
- COLLAS, Lydia et al. Urban development, land sharing and land sparing: the importance of considering restoration. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 54, n. 6, p. 1865–1873, 2017.
- COSTA, Juliana Amorim Da. **The use of high-resolution imaging to evaluate green areas in the city of São paulo**. 2010. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2010.
- COSTA, Staël de Alvarenga Pereira.; GIMMLER NETTO, Maria Manoela. **Fundamentos de morfologia urbana**. Belo Horizonte: C/Arte, 2015.
- CUTLER, Lawrence; CUTLER, Sherry. **Recycling Cities for People: The Urban Design Process**. New York: Van Nostrand-Reinhold, 1983.
- CYMBALISTA, Renato. Regulação urbanística e morfologia urbana. In: ROLNIK, Raquel (Ed.). **Regulação urbanística e exclusão territorial**. São Paulo: Pólis, 1999.
- DA SILVA, Luzia Ferreira et al. Rainfall interception by two arboreal species in urban green area. **Cerne**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 547–555, 2010.
- DAVIES-COLLEY, R. J.; PAYNE, G. W.; ELSWIJK, M. Van. **Microclimate gradients across a forest edge** *New Zealand Journal of Ecology* *New Zealand Ecological Society*, , 2000.
- DE ROO, Gert. Environmental conflicts in compact cities: Complexity, decisionmaking, and policy approaches. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 151–162, 2000.
- DEERING, D. W. et al. Measuring forage production of grazing units from Landsat MSS data. In: 10TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT 2 1975, **Anais...** [s.l: s.n.]
- DEL RIO, Vicente. **Introdução ao Desenho Urbano no Processo de Planejamento**. São Paulo.
- DEL RIO, Vicente; SIEMBIEDA, William. **Desenho urbano contemporâneo no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- DEMPESEY, Nicolas; JENKS, Mike. **Future Forms and Design for Sustainable Cities**. Oxford: Elsevier, 2005.

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT. **Bestimmung von Gebäude- und Vegetationshöhen im Berliner Stadtgebiet [Ascertainment of building and vegetation heights in the Berlin urban area]**. [s.l: s.n.].

DIAS, Ciro Marchi Moreno; PRESSER, Victor de Almeida. **Análise crítica do “Concurso Nacional de Ensaio Urbanos: desenhos para o zoneamento de São Paulo”** Caderno de artigos: trabalhos finais da disciplina AUH240 História do Urbanismo Contemporâneo São Paulo FAU-USP, , 2014.

DISTRITO FEDERAL. Aprova a Lei de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal - LUOS2019.

DOBBS, C.; NITSCHKE, C.; KENDAL, D. Assessing the drivers shaping global patterns of urban vegetation landscape structure. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 592, p. 171–177, 2017.

DOVEY, Kim. **Urban design thinking : a conceptual toolkit**. London: Bloomsbury, 2016.

DOWNES, N. K. et al. Understanding Ho Chi Minh City’s urban structures for urban land-use monitoring and risk-adapted land-use planning. In: **Sustainable Ho Chi Minh City: Climate Policies for Emerging Mega Cities**. [s.l: s.n.], p. 89–116.

DRAMSTAD, Wenche E.; OLSON, James D.; FORMAN, Richard T. **Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning**. Washington: Island Press, 1996.

DUARTE, Denise. O clima urbano e o ambiente construído. In: **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

EDWARDS, Brian. **Rough guide to sustainability : a design primer**. London: RIBA Publishing, 2010.

ELLIS, Amanda R. et al. Nonparametric Inference for Multivariate Data : The R Package nrmv. **Journal of Statistical Software**, [s. l.], v. 76, n. 4, 2017.

ESKINAZI, Mara Oliveira. A DIVERSIDADE NA IBA 1987 EM BERLIM: FRAGMENTAÇÃO E PLURALIDADE. In: ANAIS DO III SEMINÁRIO PROJETAR 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FERREIRA, João Sette Whitaker (ED.). **Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano**. São Paulo: Fupam, 2012.

FERREIRA, João Sette Whitaker. **Projetos de intervenção urbana (PIU): São Paulo inovando na intervenção pública sobre o espaço urbano**. 2015. Disponível em: <<https://cidadesparaquem.org/blog/2015/12/25/projetos-de-interveno-urbana-piu-so-paulo-inovando-na-interveno-pblica-sobre-o-espao-urbano>>. Acesso em: 1 set. 2019.

FIGUEROA, Mário. Habitação coletiva e a evolução da quadra. **Vitruvius (Arquitextos)**, [s. l.], v. 6, n. 069.11, 2006.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FORMAN, Richard T. T. **Urban Ecology: Science of Cities**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

FORMAN, Richard T. T.; GODRON, Michel. **Landscape Ecology**. Minnesota.

FOUCHIER, Vincent. **Les densités urbaines et le développement durable : le cas de l’Île-de-France et des villes nouvelles**. Paris: SGVN, 1997.

FRANCIS, Robert; MILLINGTON, James; CHADWICK, Michael (EDS.). **Urban Landscape Ecology: science, policy and practice**. New York: Routledge, 2016.

FRANKLIN, Jerry F. Preserving Biodiversity : Species , Ecosystems , or Landscapes ? **Ecological Applications**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 202–205, 1993.

FULLER, R. A.; GASTON, K. J. The scaling of green space coverage in European cities. **Biology Letters**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 352–355, 2009.

GALLEN, Nick.; TEWDWR-JONES, Mark. **Decent homes for all : planning’s evolving role in housing provision**. New York: Routledge, 2007.

GASTON, Kevin J. et al. Urban domestic gardens (II): Experimental tests of methods for increasing biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 395–413, 2005.

GAVRILIDIS, Athanasios Alexandru et al. Methodological framework for urban sprawl control through sustainable planning of urban green infrastructure. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 96, p. 67–78, 2019.

GEGNER, Martin. O Brasileiro e o seu ego-carro: uma visão sociológica europeia sobre o ato de dirigir em um “país do futuro”. **Risco: Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, [s. l.], v. 0, n. 13, p. 75, 2011.

GEHL, Jan. **Cidade para pessoas** São Paulo Perspectiva, , 2013.

- GESCHKE, Andrew et al. Compact cities or sprawling suburbs? Optimising the distribution of people in cities to maximise species diversity. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 55, n. 5, p. 2320–2331, 2018.
- GILL, Susannah E. et al. Characterising the urban environment of UK cities and towns: A template for landscape planning. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 87, n. 3, p. 210–222, 2008.
- GODDARD, Mark A.; DOUGILL, Andrew J.; BENTON, Tim G. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. **Trends in Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 90–98, 2010.
- GONÇALVES, J. C. ... et al. Edifícios altos e forma urbana. In: GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus (Eds.). **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- GREATER LONDON AUTHORITY. **Housing in London 2015**. London.
- GRENIER, Elizabeth. **A brief guide to German garden colonies**. 2018. Disponível em: <<https://p.dw.com/p/2eCU7>>. Acesso em: 15 set. 2019.
- GUPTA, Kshama et al. Urban Neighborhood Green Index - A measure of green spaces in urban areas. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 105, n. 3, p. 325–335, 2012.
- HAALAND, Christine; VAN DEN BOSCH, Cecil Konijnendijk. **Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review** *Urban Forestry and Urban Greening* Elsevier GmbH., 2015.
- HAGGAG, Mahmoud A.; AYAD, Hany M. The urban structural units method: A basis for evaluating environmental prospects for sustainable development. **Urban Design International**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 97–108, 2002.
- HAMAMURA, Caio. **Mapeamento de Quintais Privados por Meio de Sensoriamento Remoto**. 2013. Dissertação de mestrado. Departamento Ciências Florestais- ESALQ-USP, [s. l.], 2013.
- HANSEN, Rieke et al. Planning multifunctional green infrastructure for compact cities: What is the state of practice? **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 96, p. 99–110, 2019.
- HECHT, R. et al. Automatic Derivation of Urban Structure Types from Topographic Maps by Means of Image Analysis and Machine Learning. In: 26TH INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE 2013, Dresden. **Anais...** Dresden: ICA, 2013.
- HEIDEN, Uta et al. Urban structure type characterization using hyperspectral remote sensing and height information. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 105, n. 4, p. 361–375, 2012.
- HERRERA, Beatriz Elena Rave; EBERHARD, María Cristina Rojas. Reajuste de tierras en planes parciales en Colombia. In: SMOLKA, Martim O.; FURTADO, Fernanda (Eds.). **Instrumentos Notables de Políticas de Suelo en América Latina**. [s.l.] : Lincoln Institute of Land Policy, 2014.
- HIJIOKA, Akemi et al. Espaços Livres e Espacialidades da Esfera de Vida Pública: Uma Proposição Conceitual para o Estudo de Sistemas de Espaços Livres Urbanos no País. **Paisagem Ambiente: ensaios**, [s. l.], n. 23, p. 116–123, 2007.
- HOBBS, E. R. Species richness of urban forest patches and implications for urban landscape diversity. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 141–152, 1988.
- HOBBS, R. J.; SAUNDERS, D. ... Nature conservation: the role of corridors. **Ambio**, [s. l.], n. 19, p. 94–95, 1990.
- HOLANDA, Frederico De. **O espaço de exceção**. 2ª ed. Brasília: FRBH, 2018.
- HOLSTON, James; COELHO, Marcelo. **A cidade modernista : uma crítica de Brasília e sua utopia**. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.
- HOUGH, M. **Cities and Natural Process**. London: Routledge, 1995.
- IBGE. **Censo 2010**. [s.l.: s.n.].
- J. GASTON, Kevin et al. Urban domestic gardens (IV): the extent of the resource and its associated features. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], 2005.
- JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. 3ª ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.
- JENKS, Michael; BURGESS, R. **Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries**. [s.l.] : Routledge, 2001.
- JESUS, Ligia Pinheiro De. Projeto de intervenção urbana como articulador de políticas públicas. In: BALBIM, Renato; KRAUSE, Cleandro (Eds.). **Eixos de estruturação da transformação urbana: inovação e avaliação em São Paulo**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016.
- JIM, C. Y. Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. **Cities**, [s. l.], v. 21, n.

4, p. 311–320, 2004.

JIM, C. Y. Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies. **Urban Ecosystems**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 741–761, 2013.

JIM, C. Y.; CHEN, Sophia S. Comprehensive greenspace planning based on landscape ecology principles in compact Nanjing city, China. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 65, n. 3, p. 95–116, 2003.

JUNIOR, Edgard Rosa Silva. Urbanismo Paramétrico: Experimentos para uma cidade compacta e sustentável. In: XX CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS 2016, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires

KODRANSKY, Michael; HERMANN, Gabrielle. **De la disponibilidad a la regulación de espacios de estacionamiento**. Ciudad de México.

KOHLSDORF, Maria Elaine; KOHLSDORF, Gunter; HOLANDA, Frederico De. Brasília: Permanência e metamorfoses. In: DEL RIO, Vicente; SIEMBIEDA, William (Eds.). **Desenho urbano contemporâneo no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. p. 39–56.

LAFORTEZZA, Raffaele; GIANNICO, Vincenzo. Combining high-resolution images and LiDAR data to model ecosystem services perception in compact urban systems. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 96, p. 87–98, 2019.

LAMAS, José M. R. G. **Morfologia urbana e o desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1992.

LANDIS, J. ..; KOCH, G. .. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 159–174, 1977.

LEITE, Carlos. Instrumentos urbanos inovadores. **Arcoweb**, [s. l.], 2016.

LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Marques. **Cidades sustentáveis, cidades emergentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LI, Feng et al. Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: A case study in Beijing, China. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 72, n. 4, p. 325–336, 2005.

LIN, Brenda B.; FULLER, Richard A. FORUM: Sharing or sparing? How should we grow the world's cities? **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 50, n. 5, p. 1161–1168, 2013.

LINDEN, Ricardo. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, [s. l.], n. 4, p. 18–36, 2009.

LOTUFO, José Otávio. HABITAR NAS 'BUFFER ZONES' DIRETRIZES ECO-SOCIAIS PARA UMA ARQUITETURA INTEGRADA À INFRAESTRUTURA VERDE. **Revista LABVERDE**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 65–90, 2017.

MACEDO, Silvio Soares. Espaços livres. **Paisagem e Ambiente: ensaios**, [s. l.], n. no 7, p. 15–56, 1995.

MACEDO, Silvio Soares. PAISAGEM, LOTES E TECIDOS URBANOS. **Paisagem e Ambiente: ensaios**, [s. l.], n. 10, p. 09–50, 1997.

MACEDO, Silvio Soares. **Paisagismo Brasileiro na Virada do Século 1990-2010**. São Paulo: Edusp, 2012.

MACEDO, Silvio Soares et al. Os Sistemas de Espaços Livres na Constituição da Forma Urbana Contemporânea no Brasil: Produção e Apropriação (QUAPÁSEL II). **Paisagem e Ambiente**, [s. l.], n. 30, p. 137, 2012.

MACEDO, Silvio Soares. A paisagem verticalizada de São Paulo: A influência do modernismo no desenho urbano contemporâneo. In: DEL RIO, Vicente; SIEMBIEDA, William (Eds.). **Desenho urbano contemporâneo no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. p. 71–90.

MACEDO, Silvio Soares. Cidade brasileira, habitação e espaços livres.pdf. **Revista Contraste**, São Paulo, 2014.

MACEDO, Silvio Soares. Morfologia Urbana - ensino e pesquisa. **Revista de Morfologia Urbana**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 69–72, 2015.

MACEDO, Silvio Soares; HULSMAYER, Alexander Fabbri. SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES E FORMA URBANA DE UMUARAMA. In: **Reflexões sobre espaços livres na forma urbana**. São Paulo: FAUUSP, 2018.

MACGREGOR-FORS, Ian; SCHONDUBE, Jorge E. Gray vs. green urbanization: Relative importance of urban features for urban bird communities. **Basic and Applied Ecology**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 372–381, 2011.

MACHADO, P. Adriane. A obsessão pelo automóvel. **Jornal Folha de Londrina**, Londrina, 2001.

MAGALHÃES, Danilo Marques De. **Análise dos espaços verdes remanescentes na mancha urbana conurbada de Belo Horizonte-MG apoiada por métricas de paisagem**. 2013. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais, [s. l.], 2013.

- MAGNOLI, Miranda Maria Esmeralda. **Espaços livres e urbanização uma introdução a aspectos da paisagem metropolitana**. 1982. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, [s. l.], 1982.
- MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MARICATO, Ermínia. Erradicar o analfabetismo urbanístico. **Revista FASE**, São Paulo, 2002.
- MARTIN, Leslie; MARCH, Lionel. **Urban space and structures**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.
- MASCARÓ, Juan. Costs of urban infrastructure networks and their impact on a macro-economic level. In: CARMONA, M.; BLENDER, M. (Eds.). **Social Housing in Latin America, a comparative study**. Delft: Delft University Press, 1987.
- MASCARÓ, Juan José. **Desenho Urbano e Custos de Urbanização**. 2. ed. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores, 1989.
- MAY, Peter H. Política fiscal verde: ICMS-Ecológico e IPTU-Verde. In: ALMEIDA, Maria Cristina Soares De; MAY, Peter H. (Eds.). **Gestão e governança local para a Amazônia sustentável: notas técnicas – 3**. Rio de Janeiro: IBAM, 2016.
- MCDONNELL, Mark J.; HAHS, Amy K.; BREUSTE, Jürgen H. **Ecology of Cities and Towns A Comparative Approach**. New York: Cambridge University Press, 2009.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, SA; ENE, E. **FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps**, 2012.
- MCGARIGAL, Kevin. **Fragstats Help** Amherst University of Massachusetts, , 2015.
- MCKINNEY, M. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. **BioScience**, [s. l.], v. 52, n. 10, p. 883–890, 2002.
- MEINEL, Gotthard; HECHT, Robert; HEROLD, Hendrik. Analyzing building stock using topographic maps and GIS. **Building Research and Information**, [s. l.], v. 37, n. 5–6, p. 468–482, 2009.
- MELIA, Steve; PARKHURST, Graham; BARTON, Hugh. The paradox of intensification. **Transport Policy**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 46–52, 2011.
- MIANA, Anna Christina. **Adensamento e Forma urbana: inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto**. 2010. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, [s. l.], 2010.
- MINISTERIO DAS CIDADES. Dispõe sobre as diretrizes gerais para aquisição e alienação de imóveis com recursos advindos da integralização de cotas no FAR, no âmbito do PMCMVBrasil, 2013a.
- MINISTERIO DAS CIDADES. **Dá nova redação à Portaria nº 168, de 12 de abril de 2013, do Ministério das Cidades, que dispõe sobre as diretrizes gerais para aquisição, requalificação e alienação de imóveis com recursos advindos da integralização de cotas no FAR, no âmbito do PNHU, iBrasil, 2013b.**
- MINISTERIO DAS CIDADES. Dispõe sobre as condições gerais para aquisição de imóveis com recursos advindos da integralização de cotas no Fundo de Arrendamento Residencial (FAR), no âmbito do Programa Nacional de Habitação Urbana (PNHU), integrado do Programa Minha Casa, Minha Vida (Brasil, 2016.
- MINISTERIO DAS CIDADES. Dispõe sobre as condições gerais para aquisição de imóveis com recursos advindos da integralização de cotas no Fundo de Arrendamento Residencial (FAR), no âmbito do Programa Nacional de Habitação Urbana (PNHU), integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCBrazil, 2017.
- MONTGOMERY, Douglas C.; PECK, Elizabeth A.; VINING, G. Geoffrey. **Introduction to Linear Regression Analysis**. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd, 2012.
- MOON, Kiduk et al. Adaptation of the Urban Structure Type Approach for Vulnerability Assessment of Climate Change Risks in Ho Chi Minh City. In: 45TH ISOCARP CONGRESS 2009, Porto. **Anais...** Porto
- MURCIA, Carolina. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995.
- NAKANO, Anderson Kazuo. A produção da “cidade oca” nos padrões recentes de verticalização e adensamento construtivo do município de São Paulo / The production of a “hollow city” in the recent patterns of verticalization and constructive densification of São Paulo municipality. **Oculum Ensaios**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 33, 2018.
- NAKANO, Anderson Kazuo; GUASTELLA, Sully Alonso. A forma urbana a partir de planos diretores e leis de zoneamento do município de São Paulo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 142, 2015.
- NETTO, Vinicius M.; SABOYA, Renato T. De. A urgência do planejamento a revisão dos instrumentos normativos de ocupação urbana. **Arquitextos (Vitruvius)**, [s. l.], 2010.

- NETTO, Vinicius M.; VARGAS, Julio Celso; SABOYA, Renato T. (Buscando) Os efeitos da morfologia arquitetônica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 261–268, 2012.
- NEUMAN, Michael. The compact city fallacy. **Journal of Planning Education and Research**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 11–26, 2005.
- NIELSEN, Anders Busse et al. Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence. **Urban Ecosystems**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 305–327, 2014.
- NIEMELÄ, Jari et al. Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: A Finland case study. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 19, n. 11, p. 3225–3243, 2010.
- OECD. **Compact City Policies: A Comparative Assessment**. Paris: OECD Publishing, 2012.
- OECD. **Rethinking Urban Sprawl: Moving Towards Sustainable Cities**. Paris: OECD, 2018.
- OJIMA, Ricardo. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. **Revista Brasileira de Estudos de População**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 277–300, 2007.
- OSMOND, P. Application of the urban structural unit method to inform postcarbon planning and design. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON URBAN FORM: URBAN MORPHOLOGY AND THE POST-CARBON CITY 2011, Montreal. **Anais...** Montreal
- OSSOLA, Alessandro et al. Greening in style: Urban form, architecture and the structure of front and backyard vegetation. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 185, n. February, p. 141–157, 2019.
- PANERAI, Philippe. et al. **Urban forms : death and life of the urban block**. Oxford: Architectural Press, 2004.
- PAROLEK, Daniel G.; PAROLEK, Karen; CRAWFORD, Paul C. **Form based codes: a guide for planners, urban designers, municipalities, and developers**. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd, 2008.
- PATON, Peter W. C. **The Effect of Edge on Avian Nest Success: How Strong Is the Evidence? Conservation Biology**WileySociety for Conservation Biology, , 1994.
- PAULETT, Stephan; DUHME, Friedrich. Assessing the Metabolism of Urban Systems for Urban Planning. **Urban Ecology**, [s. l.], p. 65–69, 1998.
- PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita et al. A paisagem da borda: uma estratégia para a condução das águas, da biodiversidade e das pessoas. In: COSTA, Lucia M. S. Antunes (Ed.). **Rios e Paisagens Urbanas em cidades brasileiras**. [s.l.] : Viana & Mosley, 2007.
- PEREIRA, IVAN AUGUSTO ALVES. **A APLICAÇÃO DO LAND READJUSTMENT NA COLÔMBIA**. 2016. Disponível em: <<http://ipiu.org.br/a-aplicacao-do-land-readjustment-na-colombia/>>. Acesso em: 2 set. 2019.
- PEREIRA, Renata Baesso. Urbana, Tipologia arquitetônica e morfologia Métodos, uma abordagem histórica de conceitos e métodos. **Vitruvius (Arquitextos)**, [s. l.], v. 13, 2012.
- PONZONI, Flavio; SHIMABUKURO, Yosio; KUPLICH, Tatiana. **Sensoriamento remoto da vegetação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. [s.l.] : Oficina de Textos, 2001.
- QUEIROGA, Eugenio Fernandes. Da relevância pública dos espaços livres um estudo sobre metrópoles e capitais brasileiras. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, [s. l.], v. 0, n. 58, p. 105, 2014.
- QUEIROGA, Eugenio Fernandes. Espaços Livres , Padrões Morfológicos E Apropriações Públicas Na Metrópole Paulistana Open Spaces , Morphological Patterns and Public Appropriations in Metropolis of São Paulo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 178–188, 2016.
- RAMAN, Shibu. Designing a liveable compact city physical forms of city and social life in urban neighbourhoods. **Built Environment**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 63–80, 2010.
- RAPOPORT, Amos. Toward a Redefinition of Density. **Environment and Behavior**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 133–158, 1975.
- RAPOPORT, Amos. **Humam Aspects of Urban Form**. Oxford: Pergamon Press, 1977.
- REDDY, Avulapalli Jayaram et al. Performance Analysis of Clustering Algorithm in Data Mining in R Language. In: COMMUNICATIONS IN COMPUTER AND INFORMATION SCIENCE 2018, **Anais...** : Springer Verlag, 2018.
- RÉQUIA JÚNIOR, W. J.; ROIG, H. L.; KOUTRAKIS, P. A novel land use approach for assessment of human health: The relationship between urban structure types and cardiorespiratory disease risk. **Environment International**, [s. l.], v. 85, p. 334–342, 2015.

- RIBEIRO, MANUELA SOUZA. **HABITAR, TRABALHAR, RECREAR E CIRCULAR: possibilidades e limitações nas superquadras de Brasília**. 2013. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, [s. l.], 2013.
- ROCHA, Mariana Arrabal Da. **Superquadras de Brasília: um olhar segundo critérios paisagísticos**. 2011. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, [s. l.], 2011.
- ROCHA, N. A.; BORGES, Junia Lúcio de Castro; MOURA, Ana Clara Mourão. Conflitos Das Dinâmicas De Transformação Urbana E Conflicts of Urban Transformation and Environmental Dynamics. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [s. l.], v. 6, n. 1, 2015.
- RODE, Philipp et al. Cities and energy: Urban morphology and residential heat-energy demand. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 138–162, 2014.
- ROLNIK, Raquel et al. **São Paulo crise e mudança**. São Paulo: Sempla/Brasiliense, 1990.
- ROLNIK, Raquel. **A cidade e a lei - legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo**. São Paulo: Estudio Nobel/Fapesp, 1997.
- ROSSI, Aldo. Consideraciones sobre la morfología urbana y la tipología constructiva. In: **Aspetti e problemi della tipologia edilizia**. Venezia: Cluva, 1964.
- RUDD, H.; VALA, J.; SCHAEFER, V. Importance of backyard habitat in a comprehensive biodiversity conservation strategy: a connectivity analysis of urban green spaces. **Restoration Ecology**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 368–375, 2002.
- RUJNER, H.; GOEDECKE, M. Urban water management: Spatial assessment of the urban water balance. In: **Sustainable Ho Chi Minh City: Climate Policies for Emerging Mega Cities**. [s.l: s.n.]. p. 133–150.
- SAMUELS, Ivor. **Urban Morphology in Developed Countries**. Oxford: Joint Centre for Urban Design, 1986.
- SANCHES, Patrícia Mara. O papel do programa habitacional Minha Casa Minha Vida no fomento de cidades mais sustentáveis. **Scitis**, São Paulo, v. 2, 2018.
- SANCHES, Patrícia Mara. **De áreas degradadas a espaços vegetados**. [s.l.] : Senac, 2014.
- SANCHEZ, L. E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2001.
- SANTORO, Paula Freire. O DESAFIO DE PLANEJAR E PRODUZIR EXPANSÃO: A Experiência Colombiana dos Planos Parciais em Bogotá, Colômbia. **R. B. ESTUDOS URBANOS E REGIONAIS**, [s. l.], v. 13, n. 1, 2011.
- SANTORO, Paula Freire; NUNES, Flávia. **Projetos de Intervenção Urbana (PIUs) em São Paulo: transferência de terras para exploração comercial por terceiros**. 2018. Disponível em: <<https://observasp.wordpress.com/2018/05/25/projetos-de-intervencao-urbana-pius-em-sao-paulo-transferencia-de-terras-para-exploracao-comercial-por-terceiros/>>. Acesso em: 1 set. 2019.
- SANTOS, M. A região cresce mais que a metrópole. In: **SANTOS, M. Por uma economia política da cidade**. São Paulo: PUC-SP, 1994. p. 53–77.
- SÃO PAULO. Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo São Paulo (cidade), 2014.
- SÃO PAULO. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE). São Paulo (cidade), 2016.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. Cities and Biodiversity Outlook: A Global Assessment of the Links between Urbanization, Biodiversity, and Ecosystem Services. **Executive Summary**, Montreal, p. 64, 2012.
- SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND HOUSING. **Procedimento do Plano de Desenvolvimento Local em Berlim**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/b-planverfahren/berlin/de/faq.shtml>>. Acesso em: 17 set. 2019.
- SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT. **Das bunte Grün-Kleingärten in Berlin**. Berlin.
- SENATE DEPARTMENT FOR URBAN DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT, B. **Urban Structure**. Berlin.
- SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNGSPLAN UND UMWELT. **Neues Wohnen in Berlin-22 Beispiele (2011-2014)**. Berlin.
- SHINZATO, Paula. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. 2009. Dissertação (Mestrado).

- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, [s. l.], 2009.
- SILVA, Geovany Jessé Alexandre Da; SILVA, Samira Elias; ALEJANDRO, Carlos. Densidade, dispersão e forma urbana. Dimensões e limites da sustentabilidade habitacional. **Arquitextos**, [s. l.], v. 16, n. 189.07, 2016.
- SILVA, Joyce Reis Ferreira Da. **Zonamento e forma urbana: ausências e demandas na regulação do uso e ocupação do solo**. 2014. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, [s. l.], 2014.
- SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira Da. **Aplicação de videogeografia aérea multiespectral na avaliação de floresta urbana**. 2004. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. UNESP- Jaboticabal, [s. l.], 2004.
- SILVA, Maria Alice Sampaio. O sistema de espaço livre de Águas Claras, a antítese dos espaços livres das superquadras de Brasília. In: XI COLÓQUIO QUAPA SEL – QUADRO DO PAISAGISMO NO BRASIL SALVADOR – BAHIA - UFBA 2016, **Anais...** [s.l: s.n.]
- SILVIO MACEDO, Soares; CUSTÓDIO, Vanderli; DONOSO, Verônica Garcia (EDS.). **Reflexões sobre espaços livres na forma urbana**. São Paulo: FAUUSP, 2018.
- SMITH, Richard M. et al. Urban domestic gardens (V): Relationships between landcover composition, housing and landscape. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 235–253, 2005.
- SOARES, Carlos Pedro Boechat; NETO, Francisco de Paula; SOUZA, Agostinho Lopes De. **DENDROMETRIA E INVENTÁRIO FLORESTAL**. Viçosa: Universidade Fderal de Viçosa, 2011.
- SOGA, Masashi et al. Land sharing vs. land sparing: Does the compact city reconcile urban development and biodiversity conservation? **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 51, n. 5, p. 1378–1386, 2014.
- SOMEKH, Nadia. **Cidade Vertical e o Urbanismo Modernizador**. São Paulo: Studio Nobel, 1997.
- SOUZA, Felipe Francisco De. **Métodos de Planejamento Urbano: Projetos de Land Readjustment e Redesenvolvimento Urbano**. São Paulo: Paulo's, 2009.
- SPANGENBERG, Jörg et al. SIMULATION OF THE INFLUENCE OF VEGETATION ON MICROCLIMATE AND THERMAL COMFORT IN THE CITY OF SÃO PAULO. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 1, 2019.
- SPOSITO, M. Novos conteúdos nas periferias urbanas nas cidades médias do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Investigaciones Geográficas**, [s. l.], n. 54, p. 114–139, 2004.
- SPOSITO, M. Loteamentos fechados em cidades médias paulistas – Brasil. In: SPOSITO, M. E. B.; SORBAZO, O.; SPOSITO, E. S. (Eds.). **Cidades médias: produção do espaço urbano e regional**. São Paulo: Expressão Popular, 2006.
- STAMM, Cristiano et al. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil Urban population and dissemination of medium size cities in Brazil La population urbaine et la diffusion des villes moyennes au Brésil Población urbana y difusión de las ciudades de tamaño. **Interações (Campo Grande)**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 251–265, 2013.
- SUN, Caige et al. Spatial pattern of urban green spaces in a long-term compact urbanization process—A case study in China. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 96, p. 111–119, 2019.
- SUSHINSKY, Jessica R. et al. How should we grow cities to minimize their biodiversity impacts? **Global Change Biology**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 401–410, 2013.
- TAKAESU, Luciana. ESPAÇOS LIVRES DA HABITAÇÃO VERTICALIZADA EM SÃO PAULO: ESTUDO DE CASO DA VILA ROMANA. **Paisagem Ambiente: ensaios**, [s. l.], v. 30, p. 11–28, 2012.
- TASCHNER, Suzana Pasternak; BÓGUS, Lucia M. M. A cidade dos anéis: São Paulo. In: **O futuro das metrópolis: desigualdade e governabilidade**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 1996.
- THOMAS, K. **O homem e o mundo natural: mudanças de atitudes em relação às plantas e aos animais (1500-1800)**. São Paulo: Cia das Letras, 1996.
- TIAN, Yuhong et al. Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. **Urban Forestry and Urban Greening**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 79–86, 2011.
- TIAN, Yuhong; JIM, C. Y.; WANG, Haiqing. Assessing the landscape and ecological quality of urban green spaces in a compact city. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 121, p. 97–108, 2014.
- TOLEDO, M. C. B.; DONATELLI, R.; BATISTA, J. G. T. Relation between green spaces and bird community structure in an urban area in Southeast Brazil. **Urban Ecosystem**, [s. l.], n. 15, p. 111–131, 2012.
- TRATALOS, Jamie et al. Bird densities are associated with household densities. **Global Change Biology**, [s. l.], v.

13, n. 8, p. 1685–1695, 2007. a.

TRATALOS, Jamie et al. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 83, n. 4, p. 308–317, 2007. b.

UN-HABITAT. **Plano Diretor da cidade de São Paulo vence prêmio de agência da ONU**. 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/plano-diretor-da-cidade-de-sao-paulo-vence-premio-de-agencia-da-onu/>>. Acesso em: 18 set. 2019.

UN HABITAT. **State of Latin American and Caribbean Cities 2012**. [s.l: s.n.].

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights**. [s.l: s.n.].

UNITED NATIONS. **New Urban Agenda 2017**.

VAN HEEZIK, Yolanda; ADAMS, Amy Louise. Vulnerability of native and exotic urban birds to housing densification and changing gardening and landscaping trends. **Urban Ecosystems**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 1551–1563, 2016.

VARGAS, Júlio Celso. Densidade, paisagem urbana e vida da cidade: jogando um pouco de luz sobre o debate porto-alegrense. **Arquitextos (Vitruvius)**, [s. l.], n. 39, 2003.

VAZ, Elisa. Docas leste em Amsterdã: Multiplicidade ou multiplicação? **Vitruvius (Arquitextos)**, [s. l.], v. 9, n. 097.07, 2008.

VERGNES, Alan; VIOL, Isabelle Le; CLERGEAU, Philippe. Green corridors in urban landscapes affect the arthropod communities of domestic gardens. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 145, n. 1, p. 171–178, 2012.

VOLTERSEN, Michael et al. Object-based land cover mapping and comprehensive feature calculation for an automated derivation of urban structure types at block level. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 154, p. 192–201, 2014.

WATERMAN, Tim. **Desenho Urbano**. Porto Alegre.

WEBER, N.; HAASE, D.; FRANCK, U. Assessing modelled outdoor traffic-induced noise and air pollution around urban structures using the concept of landscape metrics. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 125, p. 105–116, 2014.

WICKOP, E. et al. **Qualitätszielkonzept für Stadtstrukturtypen am Beispiel der Stadt Leipzig**. Leipzig: UFZ, 1998.

WILCOVE, David; MCLELLAN, Charles; DOBSON, Andrew. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: **Conservation Biology: the science of scarcity and diversity**. Sunderland: Sinauer, 1986.

WILLIAMS, K. Does Intensifying Cities Make them More Sustainable? In: WILLIAMS, K.; BURTON, E.; JENKS, M. (Eds.). **Achieving Sustainable Urban Form**. London and New York: Spon Press, 2000. p. 30–45.

WILLIAMS, K.; BURTON, E.; JENKS M. (EDS.). **Achieving sustainable urban form**. London: Taylor & Francis, 2000.

WONG, N. H.; CHEN, Y. **Tropical urban heat islands: climate, buildings and greenery**. New York: Taylor & Francis, 2009.

XIAO, Qingfu et al. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 235–243, 1998.

XIAO, Qingfu. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Ecosystems**, [s. l.], v. 6, p. 291–302, 2002.

XU, Chao; HAASE, Dagmar; PAULEIT, Stephan. The impact of different urban dynamics on green space availability: A multiple scenario modeling approach for the region of Munich, Germany. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 93, p. 1–12, 2018.

YANESE, Norihiko. A Experiência do Japão com o Land Readjustment. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL INSTRUMENTOS URBANÍSTICOS DE GESTÃO DE VALORIZAÇÃO DA TERRA E DA INDUÇÃO DO DESENVOLVIMENTO URBANO: UM DIALOGO BRASIL-JAPÃO-COLÔMBIA 2010, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

YOUNG, Robert F. Managing municipal green space for ecosystem services. **Urban Forestry and Urban Greening**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 313–321, 2010.

ZUGMAN, MOISES. **IPTU VERDE: TRIBUTAÇÃO NA DEFESA DA NATUREZA E CONCRETIZAÇÃO DA CIDADE SUSTENTÁVEL**. 2012. Monografia. Dep. Ciências Jurídicas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

ANEXOS

ANEXO A.

USO DE SOLO DE SÃO PAULO

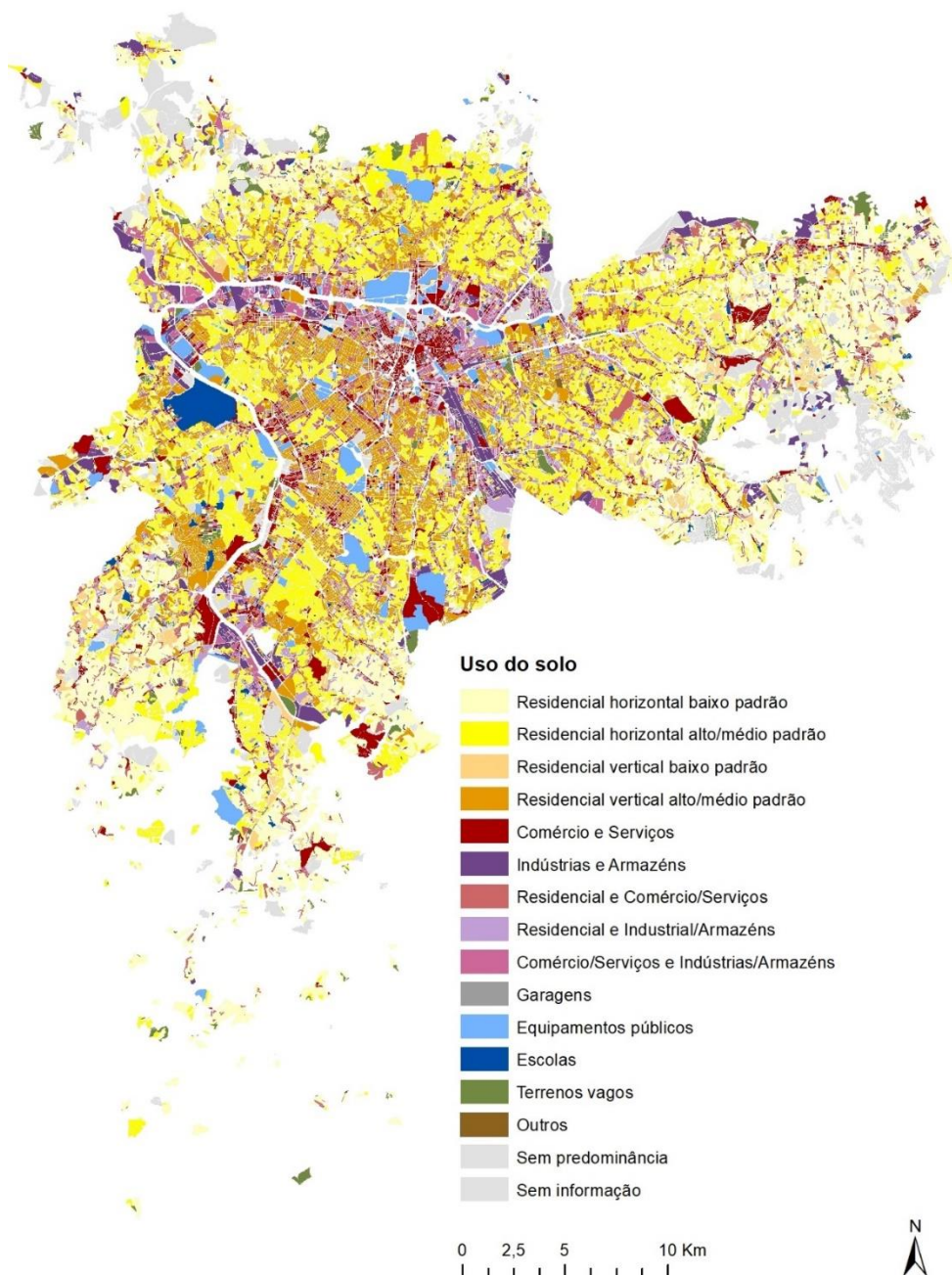


Figura 78. Mapa de Predominância do Uso do Solo da cidade de São Paulo. Fonte: Dados da Prefeitura de São Paulo.

Na classificação destas áreas, a Prefeitura de São Paulo diferenciou uso residencial horizontal do vertical (Figura 78). No entanto, esta classificação não pôde ser aproveitada para a identificação direta das tipologias urbanas da pesquisa, pois foi resultado de generalizações, pouca precisão e definição de predominâncias em uma escala mais grossa. Situações mistas (de edifícios horizontal e verticais, na mesma quadra), por exemplo, não foram mapeadas. Além disso, não é possível saber se a categoria “Residencial e Comércio/Serviços” é composta por edifícios verticais ou horizontais. Por esse motivo, decidiu-se desenvolver uma metodologia própria para a identificação das tipologias em São Paulo, selecionando apenas as quadras de uso residencial e misto deste mapeamento de uso do solo.

ANEXO B.**SELEÇÃO DAS MÉTRICAS DE PAISAGEM**

Para seleção das métricas da paisagem mais adequadas a este estudo, foi estabelecido previamente que os aspectos da paisagem medidos seriam área, tamanho, forma e agregação (MCGARIGAL; CUSHMAN; ENE, 2012; MCGARIGAL, 2015).

As métricas de área pré-selecionadas e testadas compreenderam: Área Total Absoluta (CA), Área Relativa Total (PLAND) e Tamanho Médio do Fragmento (PATCH AREA). Apenas as duas últimas foram mantidas, pois as unidades amostrais têm áreas distintas o que inviabilizaria a comparação entre ela se utilizássemos a métrica CA.

Já a métrica de forma testada foi apenas o Índice de Forma (SHAPE) que considera a relação perímetro-área. Devido a microescala da pesquisa, esta métrica não foi sensível a ponto de identificarmos diferenças e variações da cobertura vegetal entre os diferentes tipos morfológicos. As manchas vegetais e arbóreas intraquadra apresentam formas mais simples comparadas aos grandes fragmentos florestais da macroescala, que podem ter formas mais complexas e recortadas.

Entre as métricas de agregação testadas, obtivemos a Proporção de Adjacências Semelhantes (PLADJ), o Índice de Agregação (AI), a Aglomeração (CLUMPY) e o Índice de Forma da Paisagem Normalizado (NLSI). Como estas métricas têm finalidades semelhantes, as mesmas foram relacionadas através de uma matriz de correlação (figura 79) para verificamos quais eram redundantes e excluí-las. Como todas apresentaram alta correlação entre si, cujos valores do coeficiente de Spearman foram acima de 0.95, bastava selecionar uma delas para o estudo. Optou-se pelo AI pela fácil interpretação dos resultados cujo grau de agregação varia em percentagem de 0 a 100.

Para medir a conectividade foram escolhidas as métricas Distância euclidiana média e mediana do vizinho mais próximo (ENN_MN e ENN_MD) e Índice de Conectividade (CONNECT). Esta última não aborda a conectividade física e sim a conectividade funcional que é relativa e depende da capacidade de dispersão do organismo de cada espécie em uma determinada paisagem (VIEIRA; FORERO-MEDINA, 2007; WITH; KING, 1999). Ou seja, é necessário ter um grupo focal de espécies para estabelecer o limiar de distância máxima entre os fragmentos de vegetação para que seja possível medir a conectividade de determinada paisagem. Como o nosso foco não é um grupo de espécies, descartou-se esta métrica, optando pelo ENN que apenas trabalha com a conectividade física, estabelecida pela distância média entre os fragmentos.

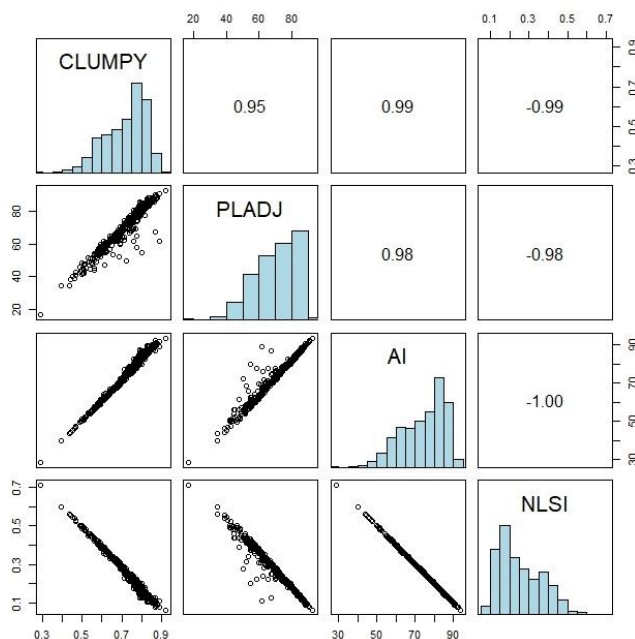


Figura 79. Matriz de correlação com histogramas e coeficiente de correlação de Spearman para os dados de vegetação arbórea.

Apesar de serem importantes na ecologia da paisagem, não incluímos as métricas de borda e de área central uma vez que elas tratam do efeito de borda e da área núcleo (“core”) de fragmentos florestais, cuja estrutura e escala não corresponde ao objeto deste estudo. Mas mesmo se houvessem, porventura, áreas verdes residenciais intraquadra densamente arborizadas, tais métricas não seriam coerentes nesta microescala da paisagem urbana (DRAMSTAD; OLSON; FORMAN, 1996). Evidências e estudos científicos apontam uma infinidade de efeitos de borda em um fragmento florestal, como alteração da umidade, temperatura, luminosidade, dispersão de semente, predação, etc. e que podem variar de 40 a 500 metros para dentro do fragmento (DAVIES-COLLEY; PAYNE; ELSWIJK, 2000; MURCIA, 1995; PATON, 1994; WILCOVE; MCLELLAN; DOBSON, 1986). Isto significa que só faria sentido utilizar as métricas de borda e área central para fragmentos acima de 20.000m² (considerando o mínimo de borda com raio 40m mais o mesmo raio para a área central). Uma área verde residencial intraquadra raramente atingem esse tamanho, excetos praças, parques e áreas protegidas, as quais não são objeto deste estudo.

ANEXO C.**CALCULO DO TVI**

A cobertura arbórea foi obtida através do TVI (*Transformed Vegetation Index*) gerado no *software* TNTmips© 2009, já testado por Costa (2010). Neste momento não optamos pela classificação automática supervisionada da cobertura do solo porque, apesar desta técnica ter muitas vantagens, exigiria significativo tempo de processamento para toda as áreas urbanas, uma vez que as imagens áreas utilizadas são de alta resolução.

O TVI é um índice derivado de álgebra de imagens multiespectrais, utilizando as bandas do infravermelho e vermelho na seguinte fórmula adaptada de Deering et al.(1975):

$$TVI = 100 \times \sqrt{\frac{IR - RED}{IR + RED}} + 0,5$$

Sendo: TVI = Transformed Vegetation Index; IR = banda do infravermelho; RED= banda do vermelho

A base digital utilizada foi um mosaico de imagens aéreas do satélite WorldView 2, 2016, para São Paulo, WorldView 2, (2014), para Berlim e imagem de sobrevoo de 2014 para Brasília e entorno, todas com resolução espacial de 2 metros.

O resultado final compreende uma imagem raster para cada cidade cujos pixels variam de um intervalo de 1 a 100 (Figura 80). Quanto mais próximo a 1, menor é a quantidade de vegetação e mais próximo a 100, maior é a quantidade de vegetação. Essa variação é em decorrência a alta reflectância da vegetação no intervalo espectral do infravermelho e que não ocorre com outras superfícies. No entanto, foi necessário definir os limiares da vegetação arbórea neste intervalo.

Após um processo de tentativa e erro de aproximações, comparando, concomitantemente, com a imagem de satélite, o limiar de cobertura arbórea para São Paulo foi igual ou acima de 55, ou seja, abaixo de 55 temos vegetação rasteira ou coberturas impermeáveis. A variação de 55 a 100 depende das físico-químicas da espécie, do seu estado fitossanitário ou da quantidade de água internamente (PONZONI propriedades; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). Para o Distrito Federal foi acima 63, e Berlim, acima de 68.

Após esta etapa, os valores dos pixels das imagens foram reclassificados gerando uma nova imagem binária: pixels sem árvores e pixels com árvores, conforme Figura 81 exemplificado para São Paulo.

O passo seguinte foi selecionar apenas a cobertura arbórea nas quadras das áreas de estudo de cada tipo morfológico, obtendo, assim, a área relativa de cobertura arbórea (em porcentagem) conforme exemplo da Figura 82.

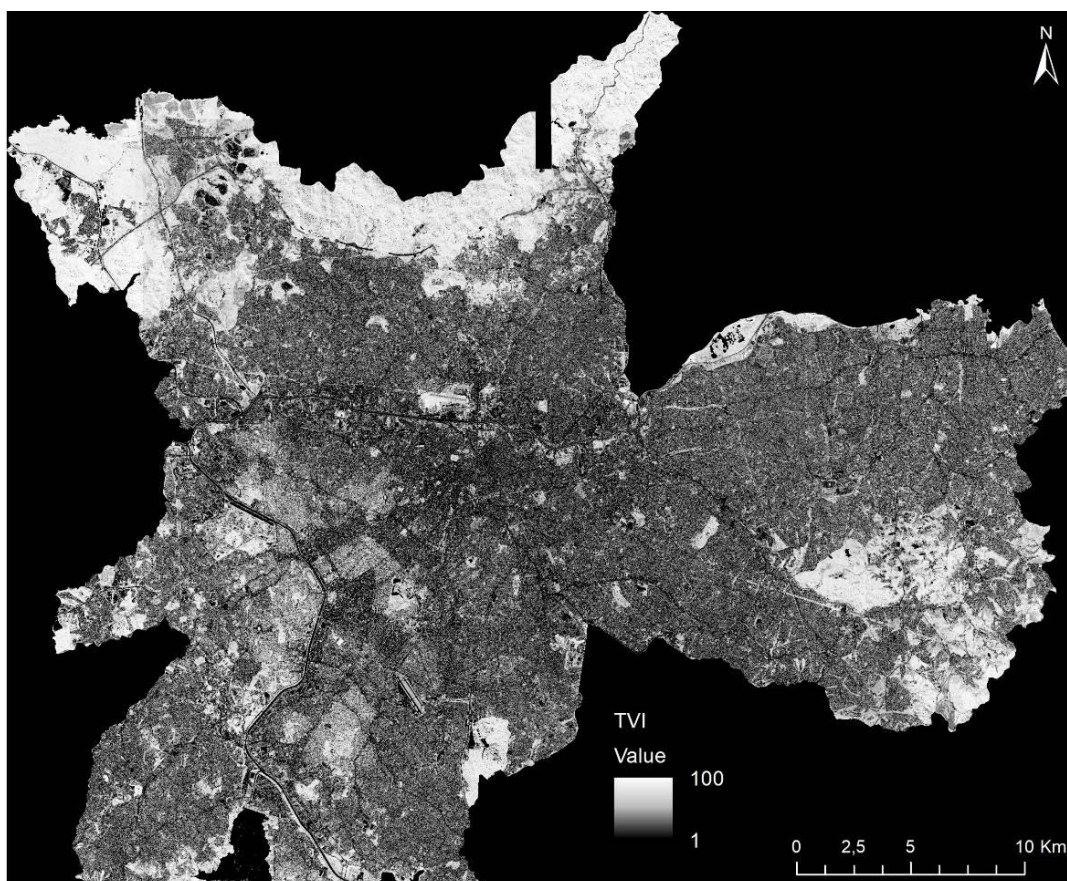


Figura 80. Raster resultante da obtenção do TVI (Transformed Vegetation Index) em São Paulo. Os valores de pixels variam de 0 a 100.

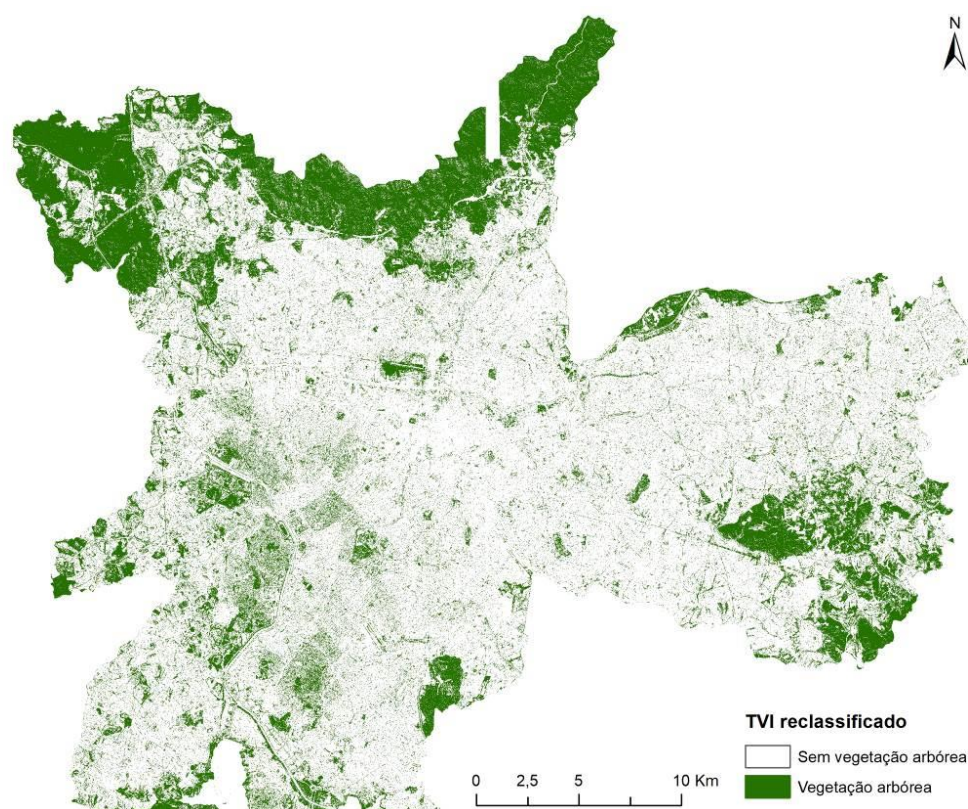


Figura 81. -Raster resultante da reclassificação do mapa de TVI em dois intervalos de valor: sem e com vegetação arbórea.

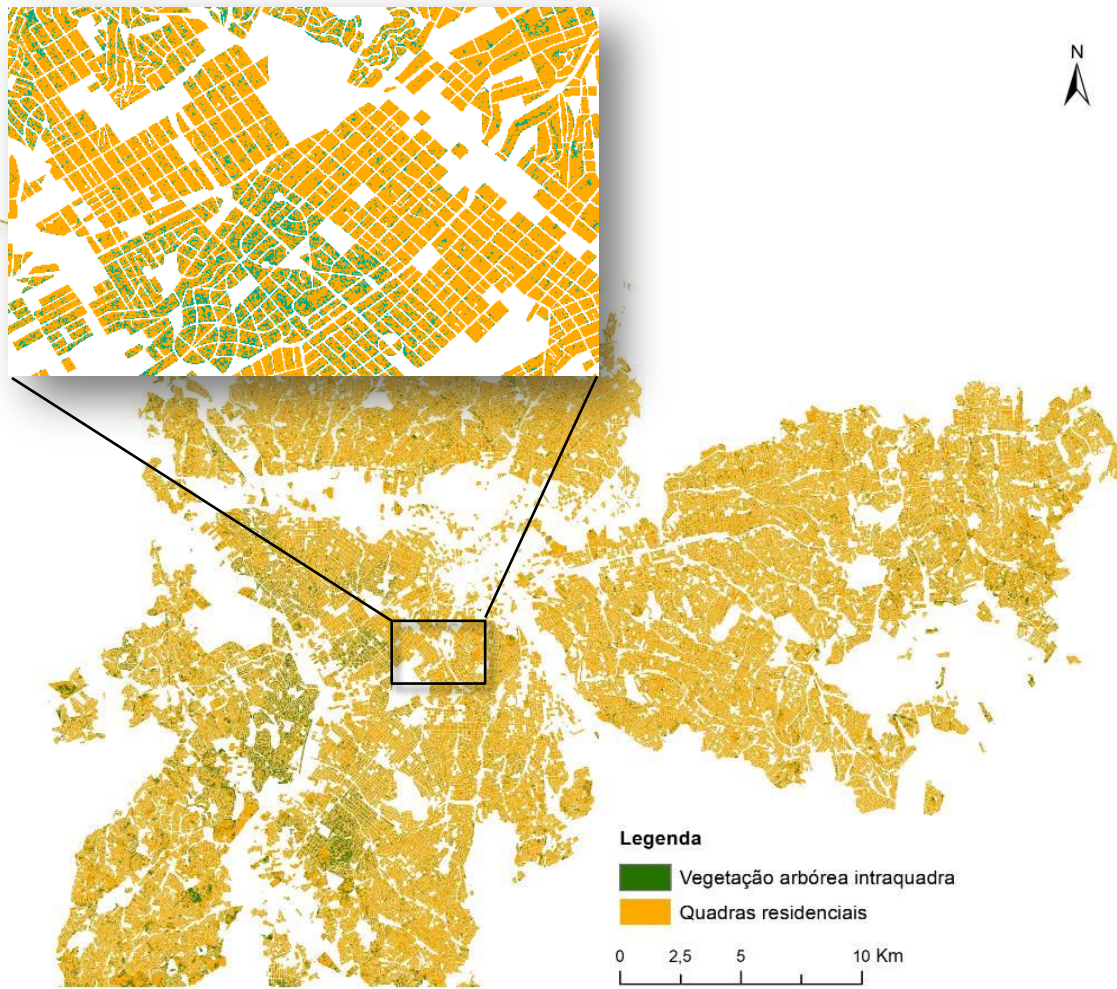


Figura 82. Mapa final da cobertura arbórea incidente apenas nas quadras residenciais e mistas.

ANEXO D.

DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS PARA AMOSTRAGEM estratificada

Os histogramas seguintes referem-se à distribuição da cobertura arbórea (%) obtida através do TVI e da densidade habitacional (domicílios/ha) de todos os setores ou quadras de cada tipo morfológico nas cidades de São Paulo, Brasília e entorno e Berlim.

As distribuições são distintas entre as cidades, com destaque para São Paulo e Brasília pela irregularidade e não normalidade da curva de distribuição.

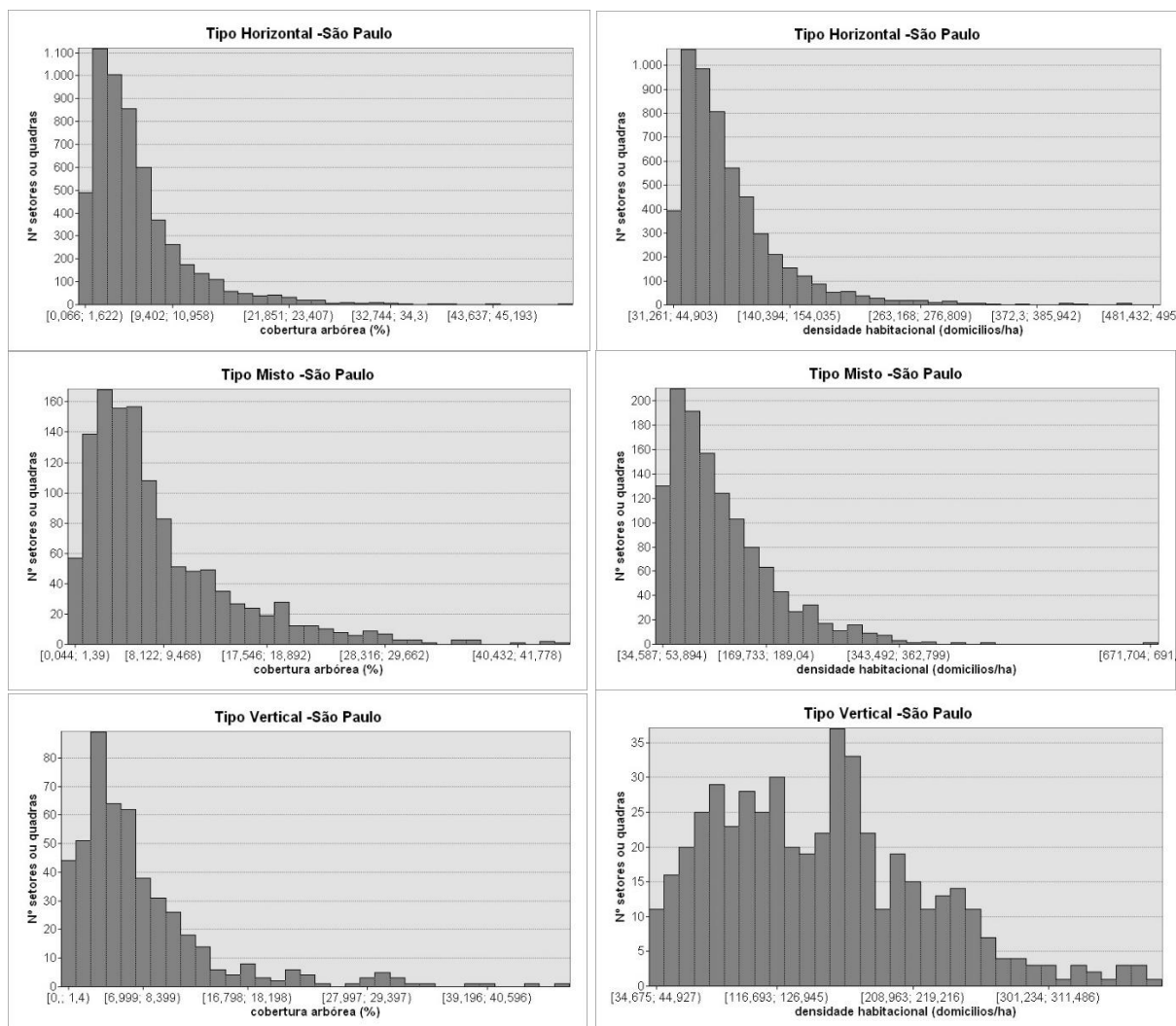


Figura 83. Histogramas das variáveis cobertura arbórea (%) e densidade habitacional (domicílio/ha) de cada tipo morfológico em São Paulo.

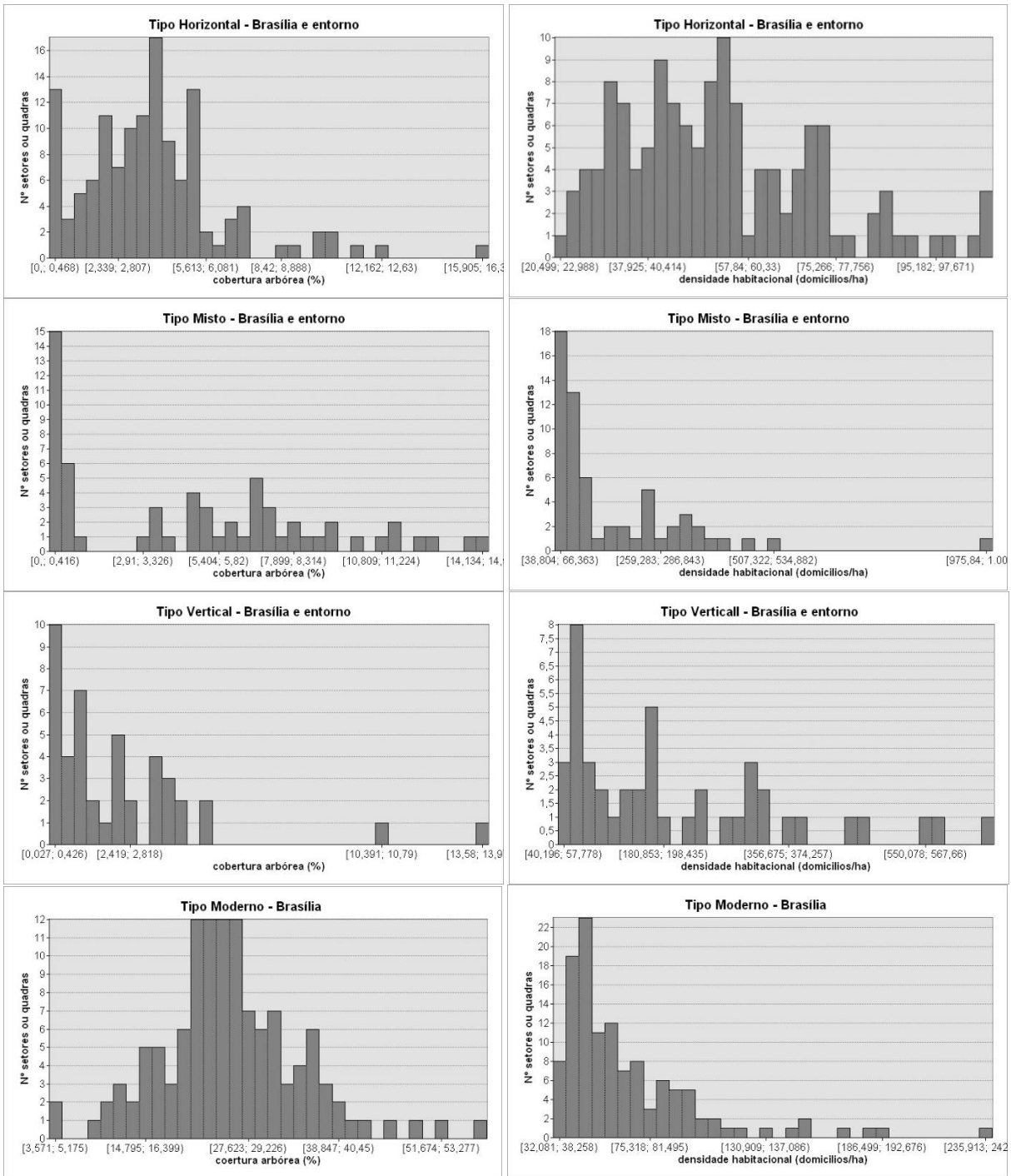


Figura 84. . Histogramas das variáveis cobertura arbórea (%) e densidade habitacional (domicílio/ha) de cada tipo morfológico em Brasília e entorno.

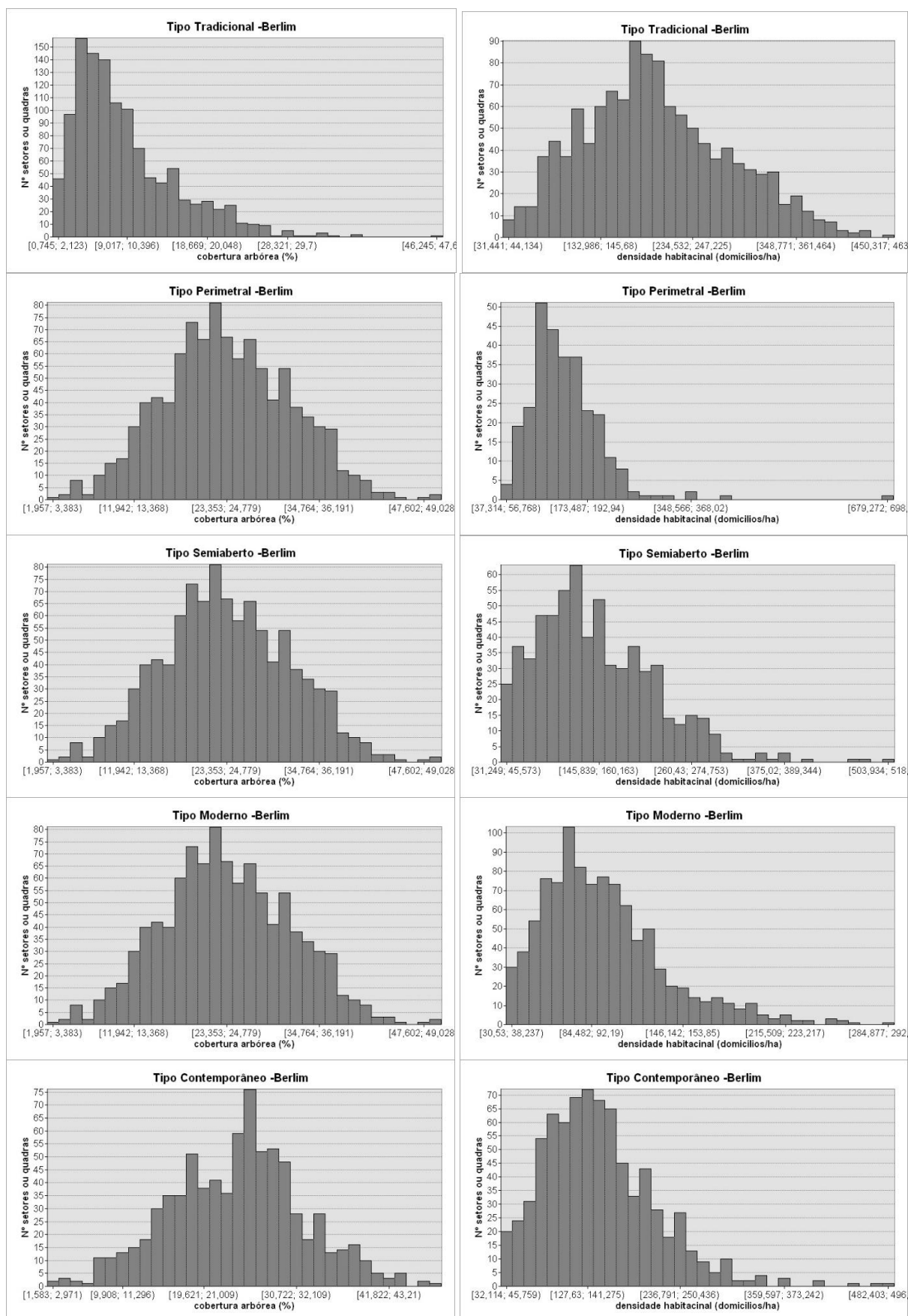


Figura 85. Histogramas das variáveis cobertura arbórea (%) e densidade habitacional (domicílio/ha) de cada tipo morfológico em Berlim.

ANEXO E.**TAMANHO DA AMOSTRA**

O método ótimo de amostragem para populações finitas (SOARES; NETO; SOUZA, 2011) é obtida pela seguinte equação:

$$n = \frac{t^2 \cdot (CV)^2}{(E\%)^2 + \frac{t^2 \cdot (CV)^2}{N}}$$

Em que:

n= tamanho da amostra (neste caso, número de setores censitários ou quadras)

E= precisão requerida ou erro admissível em torno da média (decisão arbitrária definida pela pessoa que realiza a amostragem. Neste caso, o erro adotado foi de 12%)

CV = coeficiente de variação

t=valor tabelado da estatística “t” de Student, a dado nível de significância ($\alpha=0,95$) e n-1 graus de liberdade

N= número total de unidades de amostra da população (neste caso, número total de setores censitários da tipo)

CV, por sua vez, é obtido a partir da seguinte equação:

$$CV = \pm \frac{S}{\bar{V}}$$

Em que:

S= desvio-padrão

\bar{V} =média aritmética estimada

Inicialmente, é lançado um “n” preliminar (piloto) para obtenção do CV , dos graus de liberdade e do valor de “t” de Student. A partir do resultado, o “t” é reajustado para chegarmos em um número final de unidades amostrais

O método acima indicou um “n” de 36 unidade amostrais para o caso mais desfavorecido, que foi o tipo Vertical em São Paulo, devido a uma variação e população de dado maior. Assim, adotou-se o “n” de 36 para todas as amostras dos tipos morfológicos.

ANEXO F.

CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA SUPERVISIONADA

Como já explorado no capítulo 3, a classificação automática supervisionada foi também utilizada nesta fase (capítulo 4) para obtenção da cobertura vegetal da cidade de São Paulo e de Brasília e seu entorno, uma vez que não se tinha estes dados disponíveis pelos órgãos de planejamento das respectivas cidades. Apesar deste tipo de classificação ser automática, ela é supervisionada pois é necessário que o pesquisador selecione previamente amostras para cada classe, denominada treinadores, a partir dos quais o algoritmo irá se balizar para realizar a classificação. Além disso, ela é orientada ao pixel, ou seja, a classificação ocorre pixel por pixel, baseado na sua resposta espectral.

As categorias de cobertura do solo definidas e que foram amostradas para classificação são: (1) árvore-arbusto; 2) herbáceas-gramíneas; 3) asfalto e outras pavimentações; 4) solo exposto; 5) sombra; 6) rio e lago; 7) piscina; 8) edificação-cobertura clara; 9) edificação-cobertura escura; 10) edificação-cobertura cinza; 11) edificação-cobertura cerâmica. No entanto, as únicas classes que foram utilizadas para esta etapa da pesquisa foram as duas primeiras, já que a edificação (compostas pelas classes 8,9,10 e 11) foi corrigida com o arquivo vetorial disponibilizado pelos órgãos competentes.

A combinação espectral das imagens utilizadas como base para classificação compreende as bandas azul, verde e infravermelho (no lugar da banda vermelha). O infravermelho é o intervalo espectral mais adequado e eficiente para identificar a cobertura vegetal, pois nesta faixa observa-se uma alta reflectância da vegetação, auxiliando na sua identificação e distinção de outros objetos com tons de verde, mas que não são vegetais, como pavimentos e coberturas na cor verde ou grama sintética.

Aplicou-se o filtro Closing, do módulo de extensão Dzetsaka (executado dentro do software QuantumGIS), nas imagens aéreas a fim de minimizar sombras e homogeneizar as superfícies, assim melhorando a qualidade da classificação.

No processo classificatório também foi utilizado o módulo de extensão Dzetsaka com o algoritmo Random Forest. No caso de Brasília, o processo foi feito separadamente para cada região urbana (Brasília-Plano Piloto, Guará, Taguatinga, Águas Claras, Samambaia e Ceilândia), devido a inviabilidade de processar a imagem inteira.

A acurácia da classificação foi satisfatória com índice Kappa de 99,81% para São Paulo, 86,43% para Brasília e 99,8% para Águas Claras, 99,48% para Ceilândia, 99,27% para Guará, 99,61% para Samambaia e 99,5% para Taguatinga. De acordo com Landis&Koch (1977) uma excelente acurácia encontra-se entre 80 e 100%. A Figura 86 apresenta, como exemplo, um recorte do produto final da classificação em São Paulo e Taguatinga.



Figura 86. Recortes ilustrativo das imagens de cobertura do solo de São Paulo (acima) e no entorno de Brasília, em Taguatinga (abaixo). A classe lago ou rio não aparece na legenda, pois nestes recortes não há incidência.

ANEXO G.

As camadas vetoriais de vegetação (2014) e de edificação (2014) foram fornecidas pelo Senate Department for Urban Development and Housing de Berlim e a obtenção destes dados provém de um procedimento metodológico que reúne dados espaciais e técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto que iremos explicar brevemente a seguir.

A base de dados espaciais contempla:

- Ortofotos provenientes de sobrevôo, ano de 2009/2010, com 4 bandas espectrais (RGB e infravermelho). Resolução espacial de 10 a 50cm, dependendo da área de cobertura em Berlim;
- Modelo digital da superfície (DSM), obtido pelo mesmo sensor que captou as imagens espectrais, e registra a elevação final de todos os elementos do solo;
- Mapa de Propriedades (ALK) que contém o registro georreferenciado atualizado dos edifícios, fornecendo a representação precisa do edifício no solo e alguns atributos, como o número de pavimentos. Neste mapa está incluso informações da rede viária e topográfica;
- Mapa das quadras com Sistema de Informações da Cidade e do Meio Ambiente de 2010 com as delimitações dos bairros e quadras, e atreladas a estas, informação da estrutura urbana e uso do solo;
- Mapa do modelo digital do terreno (DTM) (resolução espacial de 1m) que considera as elevações topográficas (relevo).

O primeiro passo consistiu na geração de um novo mapa digital denominado Modelo Digital Normalizado da Superfície (NDSM) a fim de obter as alturas apenas dos elementos elevados, como edifícios, árvores, estruturas, pontes, etc). Esse dado foi obtido por meio da subtração do DTM com DSM, conforme Figura 87.

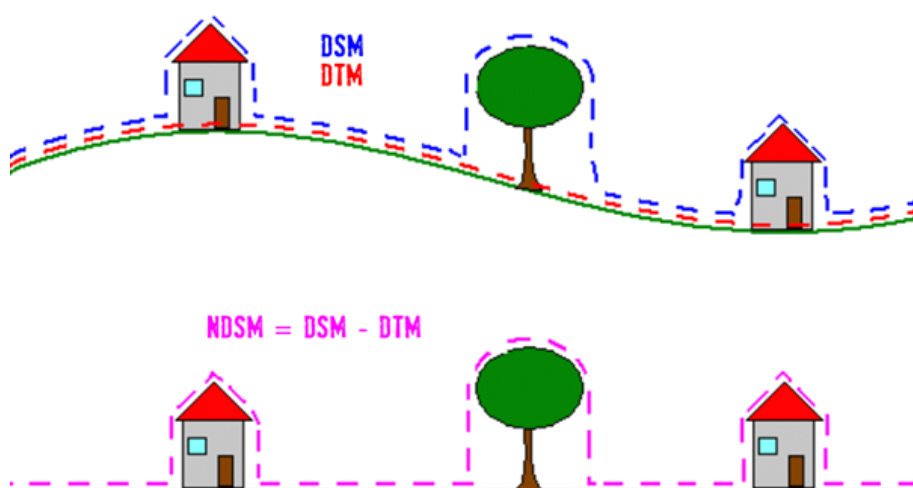


Figura 87. Princípio para geração do Modelo Digital Normalizado da Superfície (NDSM). Fonte: (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT, 2013)

O segundo passo compreendeu a segmentação, que é uma etapa anterior a classificação orientada ao objeto e não almeja a detecção do pixel, mas sim um conjunto de pixels homogêneos que formam um objeto. Foi

adotado o método Multi-Resolution Segmentation (MRS) com o auxílio do Software E-Cognition®. Nesta etapa se utilizou de dados espaciais adicionais para auxiliar no processo de segmentação, como Mapa das Propriedades (ALK), NDSM para identificar outros edifícios que não estavam mapeados pelo ALK, e a máscara de vegetação (*Vegetation mask*) gerada pelo NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). O NDVI tem finalidade semelhante ao TVI, possibilitando separar elementos vegetais e não-vegetais, auxiliando, assim, na classificação orientada ao objeto (Figura 88).

Outros dois métodos de segmentação, Contrast Split Segmentation e Multi-threshold segmentation, foram utilizados em sequência, a fim de obter diferentes níveis de altura da vegetação (Figura 81).

Após a formação dos segmentos (ou objetos), foi possível extrair deles outros atributos além da informação espectral, como geometria, textura, tamanho, etc. que auxiliam o algoritmo na classificação. O procedimento da classificação automática orientada ao objeto foi realizada com o auxílio do Software E-Cognition® gerando como produto dois arquivos espaciais vetoriais, de vegetação e de edificação, com informações atreladas de área, uso do solo e altura média (Figura 88), que foram utilizados nesta pesquisa.

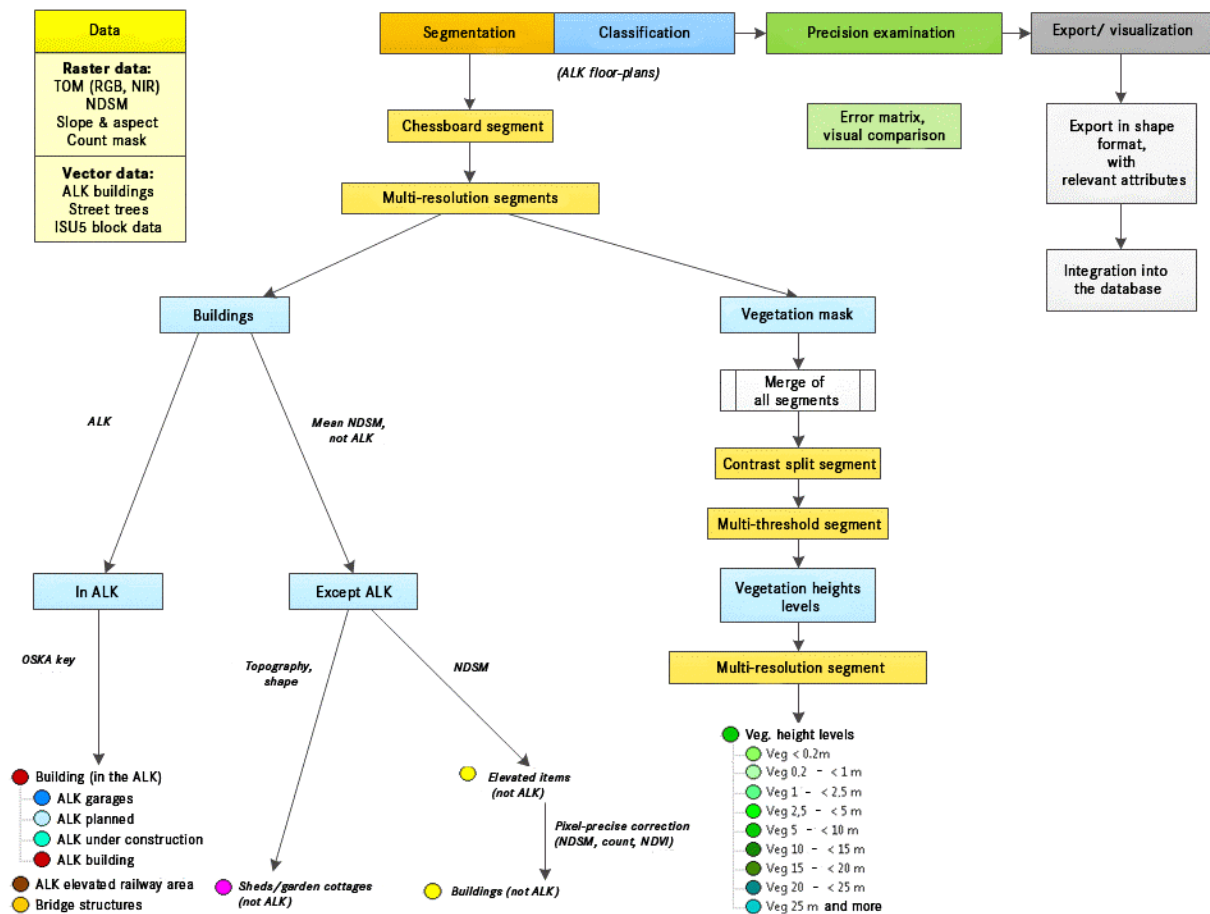


Figura 88. Fluxograma esquemático dos passos metodológicos para geração das camadas vetoriais de edificação e vegetação em Berlim.

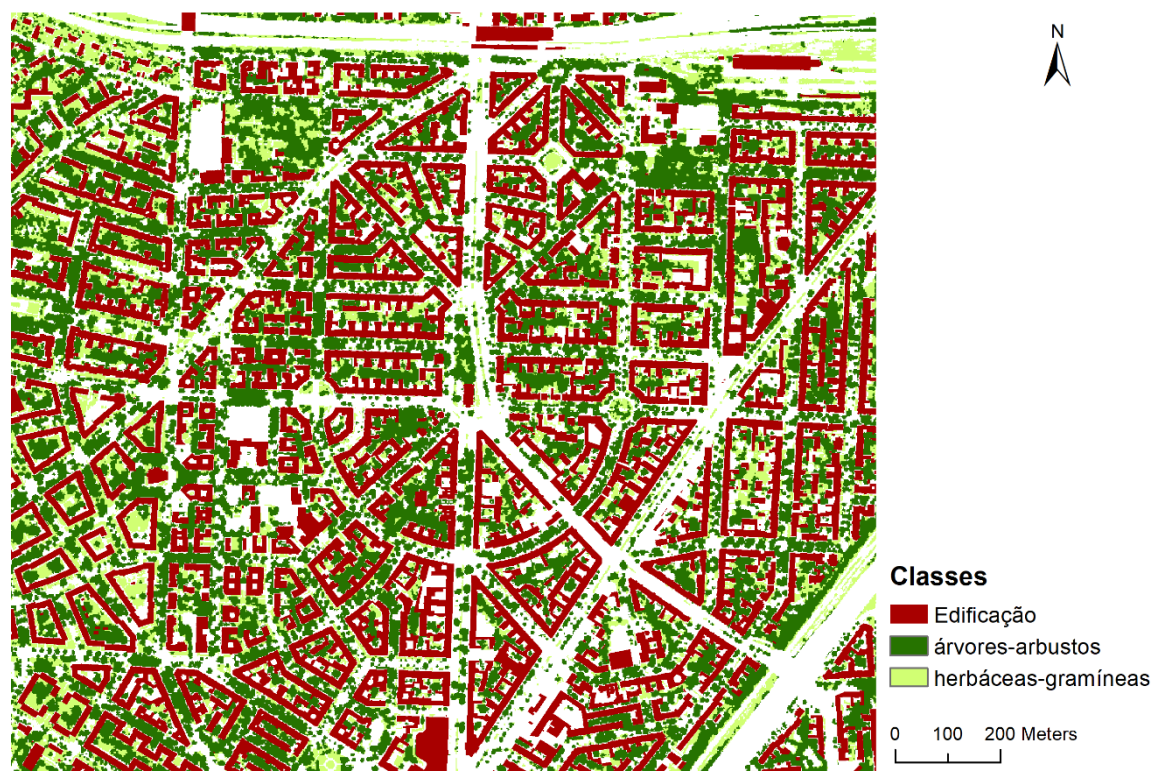


Figura 89. Imagem formada pelas camadas vetoriais de vegetação e de edificação geradas e fornecidas pelo Senate Department for Urban Development and Housing de Berlim, 2014.

ANEXO H.

As informações mais recentes de número de domicílios e habitantes em São Paulo e Brasília são do último Censo de 2010 do IBGE e estão atreladas aos setores censitários. Portanto, para o cálculo da densidade habitacional e populacional líquida foram extraídos os dados de domicílios e habitantes dos setores amostrados⁵² e divididos pela soma da área das quadras residenciais e mistas dentro de cada setor (Figura 90), possibilitando a comparação com a densidade líquida de Berlim, cuja unidade é a quadra.

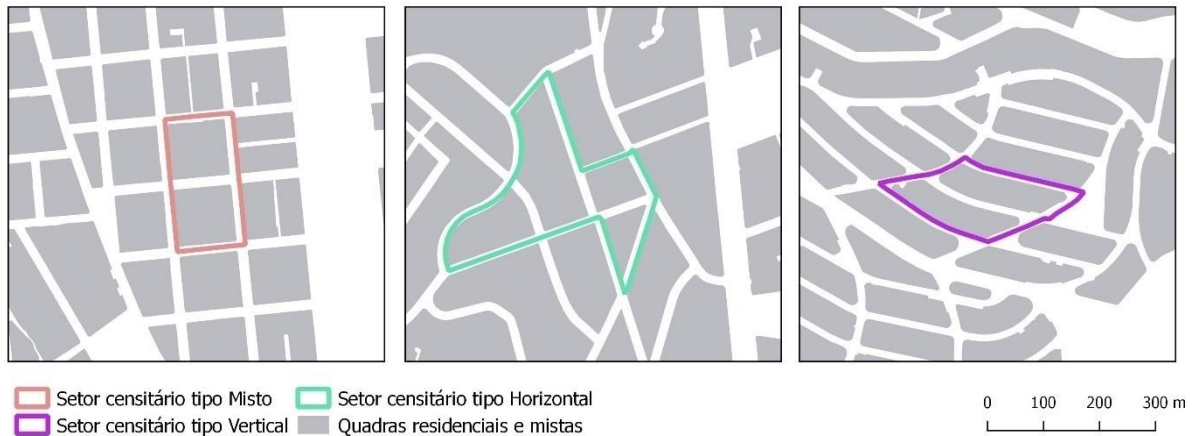


Figura 90. Exemplo de setores censitários amostrados em São Paulo. A área contabilizada para o cálculo da densidade líquida é a soma da área das quadras residenciais e mistas dentro do setor (em cinza).

Em Berlim, a fonte dos dados de domicílios e habitantes é do Censo de 2015, da agência de estatística de Brandenburg (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg) e estão atrelados a quadra urbana. O cálculo da densidade habitacional e populacional líquida foi a divisão do número de domicílios e de habitantes, respectivamente, pela área das quadras amostradas⁵³.

⁵² Os tamanhos dos setores censitários amostrados em São Paulo e Brasília variam de 1 a 7 ha.

⁵³ Os tamanhos das quadras urbanas amostrados em Berlim variam de 1 a 17 ha.

ANEXO I.

MATRIZ DE CORRELAÇÃO NO NÍVEL DE COBERTURA VEGETAL

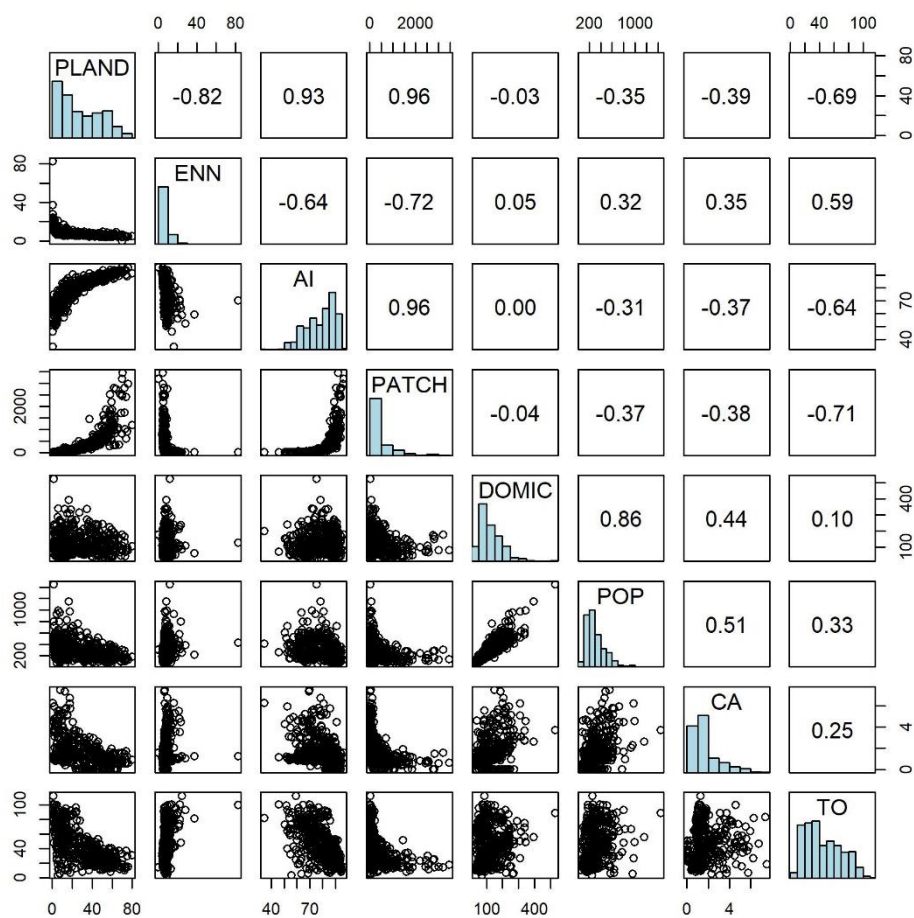


Figura 91. Matriz de correlação com o conjunto de dados no nível de cobertura vegetal.

ANEXO J.

O gráfico abaixo (Figura 92) apresenta o resultado do gráfico “Caixa-radar” para cada tipo, a partir do conjunto de dados da cobertura vegetal total (arbórea e gramíneas). Observa-se, que pelo formato das figuras geométricas, o desempenho entre os tipos é muito similar ao conjunto de dados que só considera a cobertura arbórea.

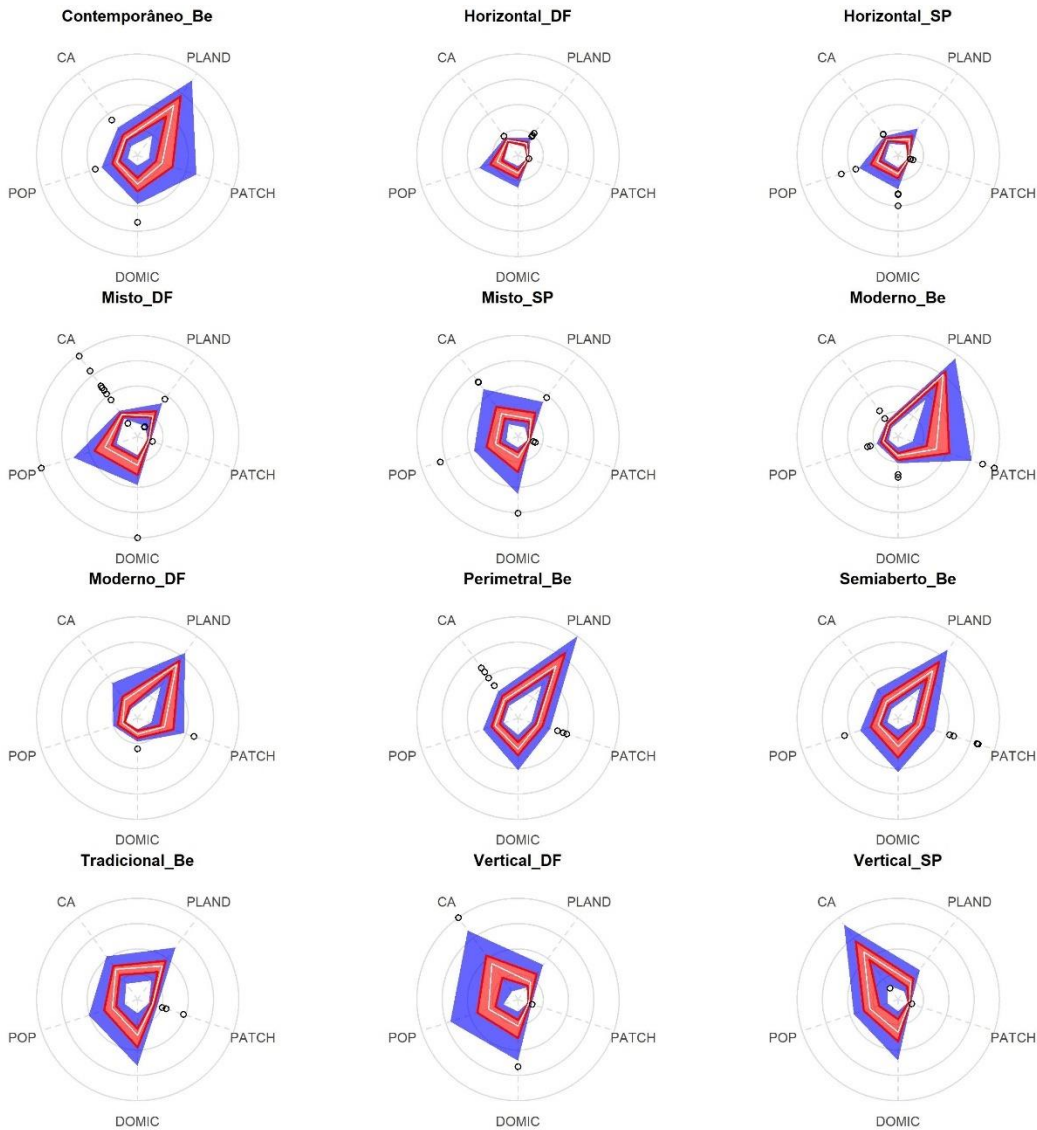


Figura 92. Gráfico “Caixa-radar” com a distribuição de cada variável para cada tipo morfológico e cidade em um radar, extraídos a partir do conjunto de dados de cobertura vegetal total.

ANEXO K.

O dendrograma é um modo simplificado de interpretarmos uma matriz de distância e nos mostra a similaridade entre os tipos(LINDEN, 2009). O comprimento dos ramos verticais representa a distância entre os grupos. Quanto maior é o comprimento do ramo, menos similar são os tipos entre si, e quanto mais curto, maior a similaridade entre ele. As linhas horizontais mostram os grupos e subgrupos hierárquicos aos quais os tipos pertencem. Abaixo temos o dendrograma resultante do conjunto de dados desta pesquisa a partir da técnica de agrupamento hierárquico (método Ward).

Percebe-se que em virtude das 432 unidades amostrais, a visualização da relação hierárquica deste dendrograma fica prejudicada. Com algum esforço percebe-se que o melhor nível para compreendermos as distinções entre os tipos é o nível hierárquico que separam os dados em três grupos (indicada pela linha pontilhada em azul), pois as cores (nome das observações) dentro de cada um dos 3 grupos o torna mais homogêneo. Por esta dificuldade de visualização e precisão, descartamos o método hierárquico e adotamos o método não hierárquico K-means recomendado pelos estudos de Reddy et al. (2018).

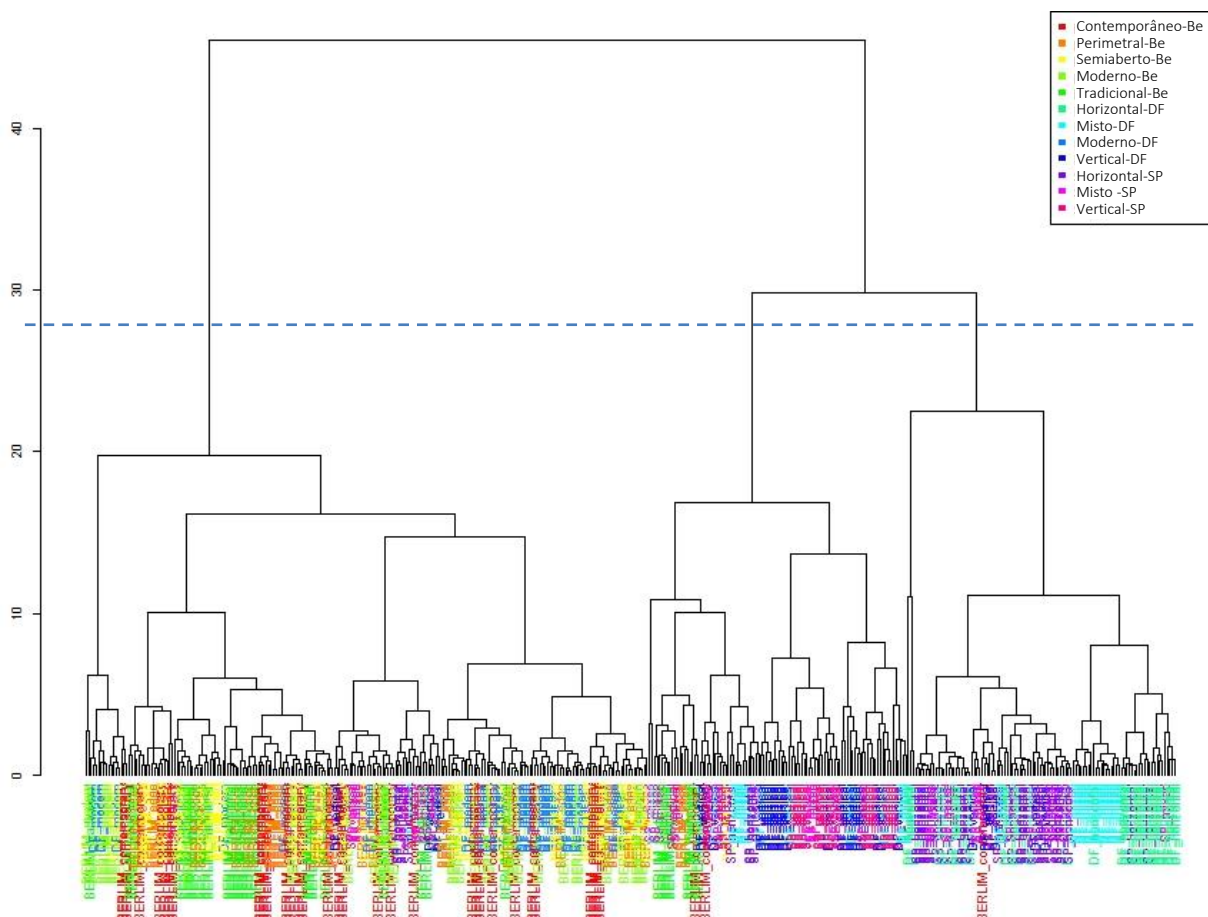


Figura 93. Dendrograma baseado nos dados de todas as unidades amostrais, a partir da técnica de agrupamento, método Ward.

ANEXO L.

Tabela 13. Autovetores das variáveis nas Componentes Principais (PC) e o percentual explicativo das PC's para o conjunto de dados no nível de cobertura vegetal.

Variáveis	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
PLAND	0.47	-0.18	0.15	-0.00	0.07	-0.17	-0.31	-0.76
ENN	-0.28	0.17	0.76	0.46	-0.28	0.00	-0.06	-0.06
AI	0.42	-0.25	0.20	-0.02	0.22	-0.64	0.38	0.33
PATCH	0.41	-0.12	0.32	0.21	0.64	0.40	0.12	0.28
DOMIC	-0.18	-0.65	0.16	-0.20	-0.03	-0.00	-0.61	0.31
POP	-0.30	-0.53	0.15	-0.23	-0.06	0.27	0.60	-0.33
CA	-0.28	-0.32	-0.35	0.70	0.28	-0.31	0.04	-0.08
TO	-0.37	0.22	0.26	-0.38	0.60	0.47	-0.00	-0.07
Proporção da variância	47,44%	22,80%	9,84%	8,38%	5,01%	3,92%	1,50%	0,98%
Proporção acumulada	47,44%	70,24%	80,00%	88,46%	97,52%	97,52%	99,02%	100%